2019年度　文部科学省委託事業

「専修学校による地域産業中核的人材養成事業」

～Society5.0等対応カリキュラムの開発・実証～

指導資料

学校法人誠和学院　日本工科大学校

【目　次】

『Ｓｏｃｉｅｔｙ5.0 社会を支えるエンジニア育成教育プログラム開発事業』

―　指導資料　―

Ⅰ　ＡＩ基礎

1　単元展開概要 …… 5
2　第１章「コンピュータ概論」 …… 7
3　第２章前半「ＡＩインターフェイス」 …… 33
4　第２章後半「ＡＩ基礎」 …… 53
5　第３章「ＡＩの仕組」 …… 95
6　理解度評価結果 …… 111

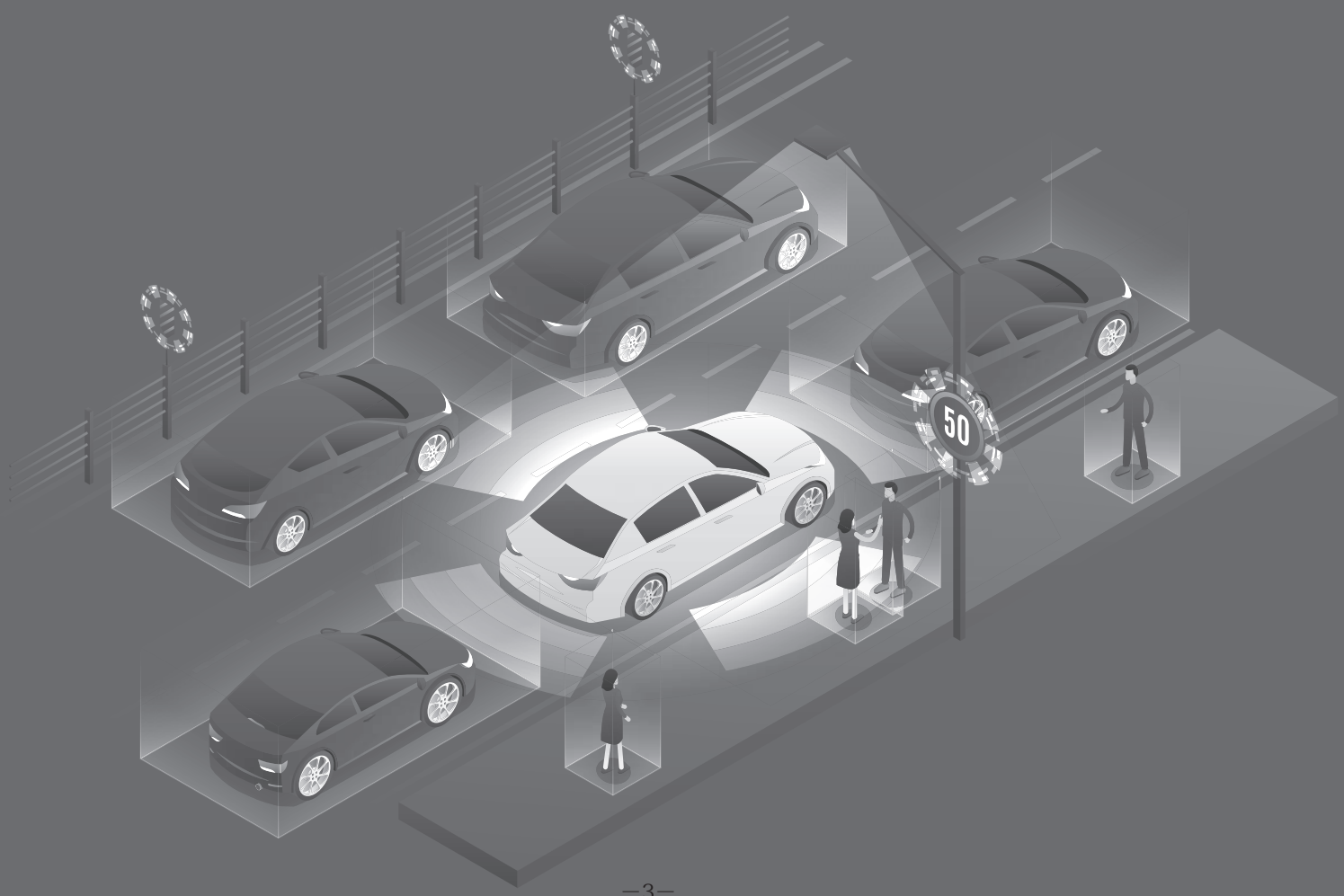
Ⅱ　ＩＴＳ・自動運転探究

1　単元展開概要（シラバス・コマシラバス） …… 129
2　初級編「自動運転技術の基礎」 …… 141
3　初級編「ＩＴＳ・自動運転の基本」 …… 149
4　初級編「自動車産業とモビリティ―サービス」 …… 165
5　初級編「ＩＴＳと自動走行システム」 …… 173
6　初級編－実習「自動運転公道実証運行」 …… 179
7　上級編－理論「自動運転技術 - プロパイロットの概要とエーミング技術実習」 …… 195
8　上級編－実習「機能点検と調整作業」 …… 213
9　理解度評価結果 …… 217

Ⅲ　ＵＡＶ・ＩＣＴ探究

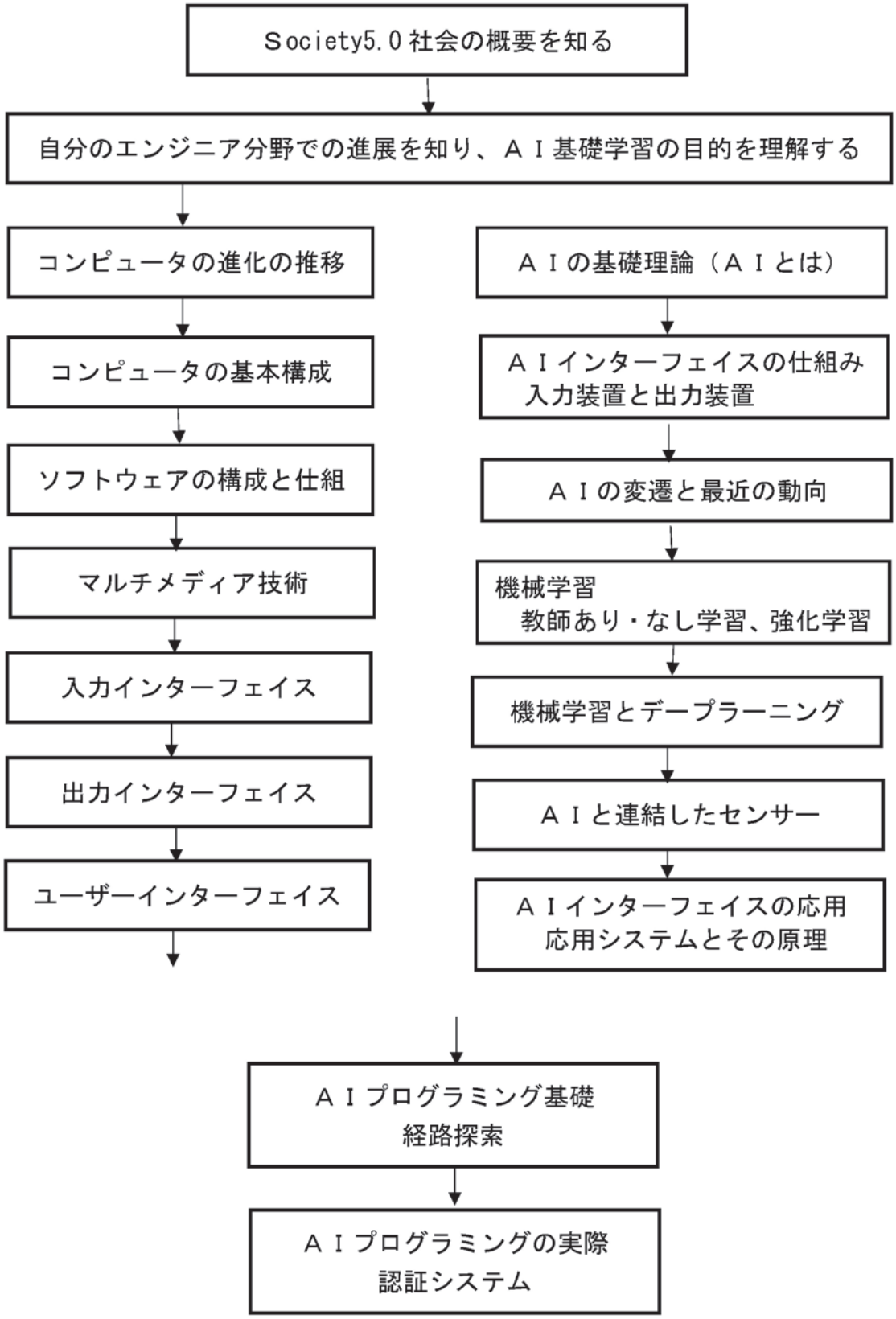
1　単元展開概要 …… 229
2　第１章「ＩＣＴ概論」 …… 231
3　第１章「先進技術を駆使した高効率で確実な造成工事」 …… 243
4　第２章「最新の測量技術」 …… 253
5　第２章「ＵＡＶの操作と写真の３次元処理」 …… 259
6　第２章「２次元図面から３次元設計データを作成」 …… 267
7　第３章「ＩＣＴ施工」 …… 283
8　第３章「３次元出来形管理」 …… 291
9　理解度評価結果 …… 305

ＡＩ基礎



単元展開概要

ＡＩ基礎・授業構成図


Society5.0社会の概要を知る
自分のエンジニア分野での進展を知り、ＡＩ基礎学習の目的を理解する
コンピュータの進化の推移
コンピュータの基本構成
ソフトウェアの構成と仕組
マルチメディア技術
入力インターフェイス
出力インターフェイス
ユーザーインターフェイス
ＡＩの基礎理論（ＡＩとは）
ＡＩインターフェイスの仕組み
入力装置と出力装置
ＡＩの変遷と最近の動向
機械学習
教師あり・なし学習、強化学習
機械学習とデープラーニング
ＡＩと連結したセンサー
ＡＩインターフェイスの応用
応用システムとその原理
ＡＩプログラミング基礎
経路探索
ＡＩプログラミングの実際
認証システム

第１章
「コンピュータ概論」

ＡＩ基礎・授業授業（第Ｉ章）

授業テーマ	コンピュータ概論 ・コンピュータと次世代エンジニアリング概要 ・基本入出力インターフェイス

授 業 目 標	・Society5.0 で実現する社会や技術の進歩による産業の変革を理解する。 ・コンピュータやインターネットの動作原理を理解する。

指導の順序	
Ｓｔｅｐ１ （50 分）	Society5.0 社会の概要 ・狩猟・農耕社会から工業・情報化社会へ ・生活・産業の進歩
Ｓｔｅｐ２ （50 分）	コンピュータ概論 ・コンピュータの歴史 ・ハードウェア、ソフトウェアの基本構成 ・マルチメディア技術
Ｓｔｅｐ３ （50 分）	出入力インターフェイス ・入力インターフェイス ・出力インターフェイス ・ユーザーインターフェイス
Ｓｔｅｐ４ （30 分）	ネットワーク概論 ・インターネット原理

指導過程：Ｓｔｅｐ１「Society5.0 社会の概要」

Society5.0 社会について学ぼう

【基本的事項】

◇Society5.0 社会とは

・Society5.0 が目指しているのは、新しい価値を生み出すこと。（価値とは利便性）

◇Society5.0 社会の進歩

・狩猟社会→農耕社会→工業社会（蒸気→石油）→情報社会（ｺﾝﾋﾟｭｰﾀ）→Society5.0 社会

◇Society5.0 社会

◇Ｓｏｃｉｅｔｙ1.0～5.0 社会

・フィジカ空間とサイバー空間の高度な融合
・プライバシーの問題は出るが利便性が高い。
・ＩＣチップにより「もの」が情報を送る社会
・ビッグデータをＡＩが分析（人の行動）
・新たな価値の創出（農業、医療、交通、食品、防災、小売店舗、ものづくり、エネルギー）
・ＩＯＴによる人とモノがつながる。これがＳociety4.0 との大きな違い。
・人工知能を発展させるだけでなく、いろんな分野に広めていこうとする方向性
・Ｓociety5.0 により経済発展と社会的な課題を解決

◇主な産業分野での進歩

・自分の専門分野の進歩について知り、その仕組みの概要を学ぶのが本教科であることを認識する。（目的の理解）

◇エンジニアの仕事の変化

・人の働き方の変化を話し合う。
・ＡＩは、特徴量をつかむ（特徴量計算）。情報処理ではなく、情報をもとに特徴をつかむ。
・自動化される可能性が高い職業に就いている労働人口は 47%である。

ＩＴとは、ＩＣＴとは、ＩＯＴとは、ＡＩとは。用語を整理しよう。

【基本的事項】

・ＩＴは、人間が関与するもの。
・ＩＣＴは、人間が操作しながら機械同士がコミュニケーションするもの。
・ＩＯＴは、人間が関与しないもの、機械と機械、ものとものが通信する。
・ＡＩは、ＩＯＴを使って判断するもの。
・ＩＯＴの発達によりＡＩが必要となってきた。人工知能がものを管理する。
・ＡＩは、すべての情報がデジタル化されなくてはならない。

◇Ｓociety5.0 を支えるＡＩ

技術スライド、ビッグデータ、巨大クラウド、エッジ末端、アクチュエータ、超小型高性能コンピュータ、量子計算

◇ＡＩ・ロボット学のトレンド

・対話サービスが一般化
・ビッグデータを分析し、未来を予測
・専門家の知的な業務を支援するＡＩ
・知的な行動ができるロボット

・人間を取り巻く環境自体がＡＩ化

◇次世代ニューテクノロジー

・センサは人間の五感など同じようなもの。
・人間ではできないことも、情報を得ることができる。
・センサをうまく使うことにより、発達した。
・コンピュータ技術より、センサ技術が上がってきた。
・コンピュータの処理は、インプット→パーソナルコンピュータ→アウトプット・アクチュエータ
・センサと駆動器であるアクチュエータで動いている

指導過程：Ｓｔｅｐ２「コンピュータ概要」

コンピュータはいつごろできたのか。コンピュータの歴史を調べよう。

【基本的事項】
・1946 年に真空管のハードウェアが生まれる。（第一世代）
・1960～70 年ごろトランジスターにより、小さくなる。（第二世代）
・ＩＣにより、基盤による総合回路ができる。（第三世代）
・ラージスケールＩＣ、ＬＳＩ（第四世代）
・チップセットという入力も出力もする集積化、モジュール化したものができ、価格が安くなる。モジュール化により人工知能が発達してきた。（第五世代）

・モジュール化によるブラックボックス化
・ワンチップマイコンは、家電製品に入っている組込コンピュータ
・自動運転は、組込コンピュータ

コンピュータの基本構成は、どうなっているのだろうか

【基本的事項「ハードウェアの構成」】
・演算装置：算術、論理計算を行う。・記憶装置：プログラムやデータを記憶
・入力装置：外部から情報を受け取る。・出力装置：外部へ情報を伝える。
・制御装置：全体の装置間の信号制御を行う。
・演算装置、制御装置はコンピュータの心臓部で中央処理装置とよぶ。

【基本的事項「ソフトウェアの構成」】
◇ソフトウェアとは、ハードウェアを動かすための総称。２種類に分類
・アプリケーションソフト（応用）：特定の作業や業務を目的としたもの。
・オペレーティングシステムソフト（基本）：ハードウェアの管理、
◇ソフトウェアを開発するにはプログラミング言語の環境が必要である。

【基本的事項「パソコンの構成」】
◇ハードウェアの上にオペレーションシステム（基本ソフト）があり、その上にアプリがある。
・第一層：ハードウェア層
・第二層：ディバイス・ドライバ
・第三層：オペレーティングシステム
・第四層ミドルウェア
・第五層：アプリケーションソフトウェア

・ハードは規格、ソフトは規約がある。
・コンピュータの入力は番号認識で、それをオペレータが文字として変換する。
・アプリケーションは、オペレーションに指示を出すもの。
・脳をモジュール化したものがオペレーティングシステム
・モジュール化することにより効率化が図れる。
・オペレーションとアプリケーションの間にミドルウェアがある。自動車もメーカによってミドルウェアが違う。

マルチメディア技術とは、何だろう。

【基本的事項「マルチメディア技術」】
◇マルチメディアとは、文字情報加えて音声や映像など、さまざまなデータを扱うこと。
◇マルチメディア技術とは、音声や映像などをデジタルデータとして扱うための技術
◇ＡＩに関するコンピュータ技術では、従来の業務管理、情報管理の手法だけでなく、人間の知覚処理のような音声や映像といったマルチメディアデータの認知・分類・判定を行うことが多い。
◇マルチメディア技術
・情報のデジタル化、情報圧縮技術、コンピュータ処理技術、ヒューマンインターフェイス技術

◇マルチメディア技術

・マルチメディア技術によりコンピュータにセンサを取り付け、人間の五感に近い機能ができるようになった。
・ＡＩ、ロボット、コンピュータの方が人間より機能が上だが、臭覚はない。
・すべての情報のデジタルにより処理できるようになった。そのため、圧縮通信ができる。
・デジタル通信は、圧縮しているので解凍するのに１秒間必要で、ずれが起きる。
・人間の目・耳はアナログ情報である。それを電気処理できるデジタル化するものがマルチメディア。デジタル化できると遠くに送れる。双方に通信できる。
・マルチメディアは、コンピュータに感覚を持たせるもの。
・ＡＩの機能は、マルチメディアが発達したから進化してきた。
・拡張現実をつくることができ、シュミレータ機能を高める技術が発達
・デジタル化により、情報の圧縮ができる。圧縮技術が進むと通信速度が速くなる。
・圧縮して送信（エンコーダ）、それを受信するには、それに適したミドルウェアを備えたレコーダが必要（デューダ）

指導過程：Ｓｔｅｐ３「出入力インターフェイス」

入力インターフェイスとは、何だろう。

【基本的事項「入力インターフェイス」】
・コンピュータシステムに情報を入力するために使用する仕組みの総称
・キーボード、マウス、タッチパネルなどがある。

◇標準入力

・ＵＳＢ：一番よくつかわれている。汎用化された。
・ＨＤＭＩ：ひとつのケーブルで映像と音声データを送ることができる。
・キーボード：信号を出力するインターフェイス
・ノートパソコン:パンタグラフ
・ディスクトップ；メカニカル、ソフトな感触、技術者向き
・ウェアラブキーボード：指はめて指の動きで文字が入力できる。
・マウス：無線、有線、ボール式、光学式、レーザ式、トラックボール、タッチパッドがある。
・ワイハイ接続：200 メートルぐらい届く。
・ブルートゥス接続：届く距離が短い
・トラックボール：大きな建設物のＣＡＤのオペレータが使用

・タッチスクリーン：触れることで操作できるユーザーインターフェイス。将来的には空間そのものがパネルになる

◇特殊入力

・音声入力機器：マイク

・映像入力：デジタルカメラ

銀塩フィイルムの代わりに撮影素子で撮影したデジタルデータとして記録するカメラ

色は、赤、緑、青の三原色からできていて、組み合わせるとすべての色が再現できる。

・ＷＥＢカメラ

ノートパソコン、スマートフォンに内蔵されている。

・触覚入力：データグローブ：医療での手術などで利用

◇センサ

・超音波センサ：距離を求めることができる。自動車にはレーザ系のものが使われている。

・光センサ：光の反射を利用

・距離センサ

・傾きセンサ

・ライダー：自動車にはレーザ系のものが使われている。

出力インターフェイスとは、何だ

【基本的事項「出力インターフェイス」】

◇標準出力

・コンピュータ上で実施されるプログラムの出力先で、ディスプレイ装置による文字表示が設定されている。

・画像表示方法は、ブラウン管、液晶ディスプレイ、ビデオプロジェクタ等。

◇出力装置

・コンピュータからデータを受け取って、人間に認識できる形で外部に物理的に提示する装置。

・光の像を投影して画面を映し出すディスプレイやプロジェクタ、印刷するプリンタ、音声を発するスピーカー等。

・ＧＰＩＯ

デジタル信号に関するピンのことで、入力も出力もできる。

マイクロコンピュータが使用されているさまざまな機器に使用されている。

ユーザーインターフェイスとは何だろう。

【基本的事項「ユーザインターフェイス」】
◇ユーザインターフェイス
・利用者が対象を操作するために接する部分。
・キーボード、ディスプレイなどの機械をどのように操作するかという手順、メニューなど゜の視覚的要素、警告音などの聴覚的要素を指す
◇ヒューマンユーザインターフェイス
・人間が使用するのに必要な安全性、信頼性、利便性などをもった機械システムを、人間の知覚、認知、行動を熟知したうえで、利用者と機械を含んだシステムとらえて、構築、研究する分野.

指導過程：Ｓｔｅｐ４「ネットワーク概論」

インターネットの通信原理を調べよう。

◇インターネットの基礎になっているのはデータ通信
・デジタルデータを音声、電気、光などの信号に変換して別のコンピュータに送信している。
◇ルーターの役割
・インターネットのように世界中にあるコンピュータにデータを届けるには、まず、データを送信する相手を見つけて、そのデータを送ってくれる仕組みが必要。
・ルーターがその役割を果たしている。
・家庭や会社などのネットワークの出入口にはこのルーターがあり、外部に出るデータをすべて受け取っている。
・受け取ったデータに書かれている宛先情報を見て、目的地に近い別のルーターに送り出すということを繰り返して、目的地までデータをリレーのようにして送っている。
◇海外に通信する仕組
・データを海外に送るには、海底ケーブルを利用する。
・海底ケーブルには、光ファイバーが詰まっていて、光の点滅でデータを伝えていく。
・海外に渡ったデータは、また現地のルーターからルーターへと次々にリレーされて、めでたく目的地のコンピュータまでたどりつく。

・携帯電話を使ったインターネットサービスにおいても同様。

◇各国への繋がり

・インターネットは、大手ＩＳＰ事業者同士が互いに無償で協力しあって、また、中小ＩＳＰ事業者が大手ＩＳＰ事業者にお金を払って、互いのネットワークを相互接続している。

・アメリカの大手ＩＳＰ事業者が相互接続したネットワークをＴier１ネットワークと呼び、Ｔier１ネットワークを形成するプロバイダのことをＴier１ＩＳＰ事業者と呼ぶ。このＴier１１ネットワークを頂点に、各国、各地域に広がっている。

◇言語：プロトコル

・インターネットでは、コンピュータ同士がお互いにやり取りする言葉（プロトコル）を決めている。

・ＴＣＰ／ＩＰというコンピュータ専用の言葉である。

◇ＩＰアドレス

・インンターネット上で通信する端末は必ずＩＰアドレスというインターネット上の住所が必要。

・インターネットで使われているネットワーク機器は、そのＩＰアドレスを手がかりに、目的のＩＰアドレスを持つ端末までデータを届ける。

◇グローバルＩＰアドレス

・インターネットに接続するために必須のもので、勝手に設定すると通信ができない。

・グローバル IP アドレスが重複しないように管理をしている。

・管理しているのは、ＩＡＮＡという組織。

・その下位組織としてアジア圏ではＡＰＮＩＣ、そのさらに下位組織として日本ではＪＰＮＩＣがいる。

・日本のＩＳＰ事業者はＪＰＮＩＣからＩＰアドレスを割り当ててもらい、それを再販する形でインターネットサービスを運営している。

◇モバイルアプリケーション

・スマートフォンやタブレット型端末向けのアプリケーションソフト。

・i0S またはアンドロイドなどの実行環境に対応したソフトがあり、コンテンツ配信サービスを通じてダウンロードして利用する。

ＡＩ基礎・実証授業アンケート「第１章」

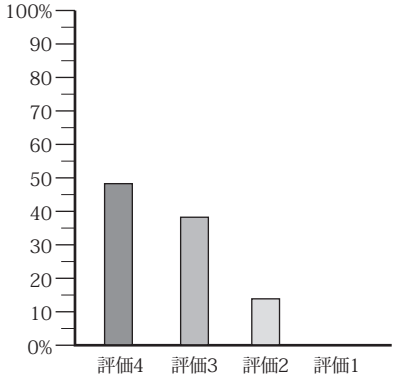
実 証 日：2019 年 9 月 20 日−180 分
対象学生：自動車工学科２年　21 名

１　アンケート調査結果

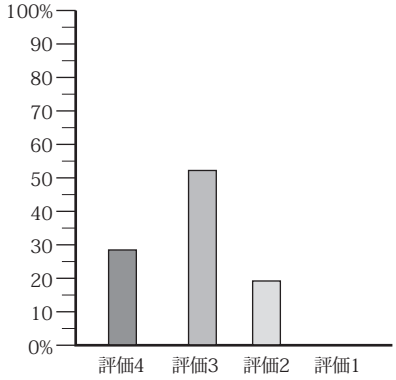
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	47. 6%	38. 1%	14. 3%	0. 0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	28. 6%	52. 4%	19. 0%	0. 0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	47. 6%	42. 9%	9. 5%	0. 0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	28. 6%	38. 1%	33. 3%	0. 0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	42. 9%	42. 9%	14. 3%	0. 0%

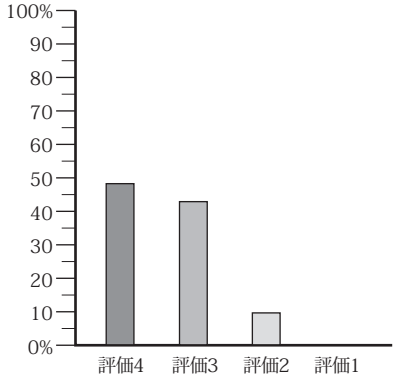
①探究心



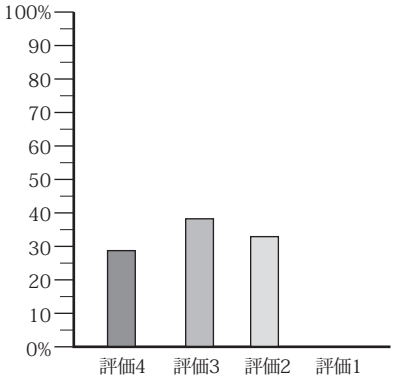
②目的性



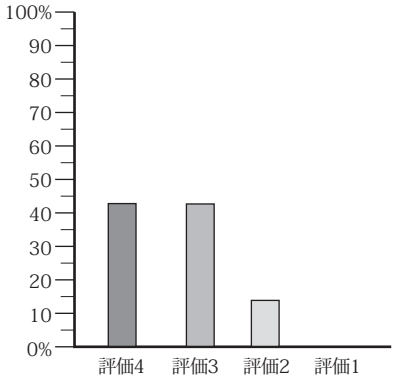
③理解度



④変化性



⑤満足感



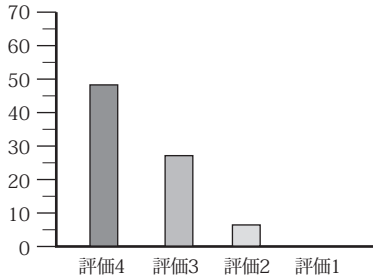
２　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

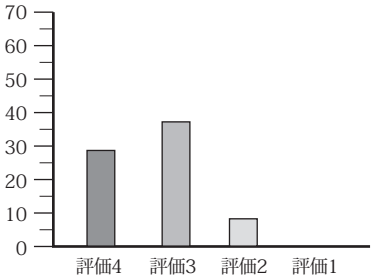
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	48	27	6	0	81
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	29	37	8	0	74
③理解度	授業は分かりやすかった。	48	30	4	0	82
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	29	27	13	0	69
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	43	30	6	0	79

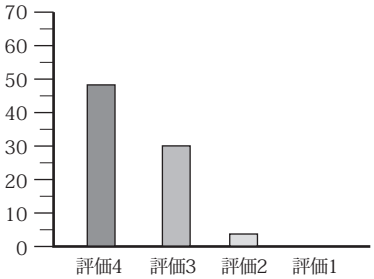
①探究心



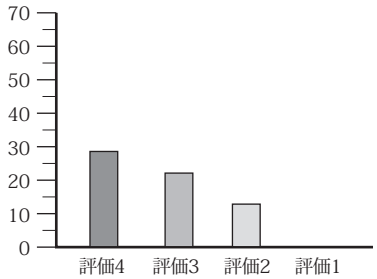
②目的性



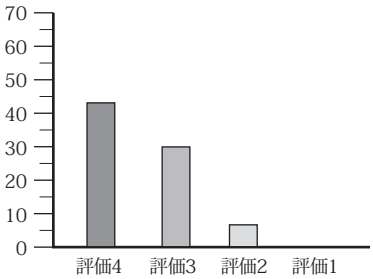
③理解度



④変化性



⑤満足感



3　学生の要望

①目標設定
・なぜ、この勉強をしているのかが分からない。
②板書・パワーポイントの課題
・パワーポイントの文字が小さくて見にくい。
・文字を大きくしてほしい。
③説明内容
・もう少し、かみ砕いて説明してほしい。
④授業構成
・説明を聞くだけの授業はきつい。
・聞くだけの授業だったが、練習問題や書き込みプリントなどを用意して、学生が活動する場面がある授業にしてほしい。
⑤授業時間
・100 分間連続した授業だったので疲れる。少し休憩をこまめにとってほしい。
⑥その他
・ドローンを操作してみたい。

4　今後の改善策

・授業が単調になっており、学生の要望にあるように作業プリント等を実施したり、具体物や事例映像を示したりして、かみ砕いた説明をするなどの工夫が必要である。

ＡＩ基礎・実証授業アンケート「第１章」

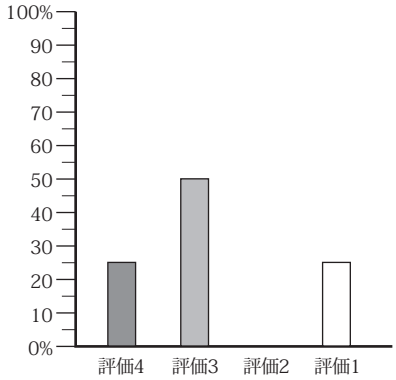
実 証 日：2019 年 10 月 4 日−180 分
対象学生：環境建設工学科土木コース２年　４名

１　アンケート調査結果

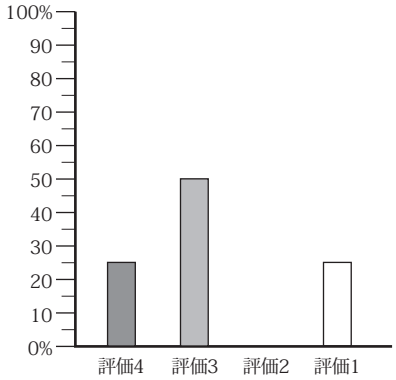
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	25.0%	50.0%	0.0%	25.0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	25.0%	50.0%	0.0%	25.0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	0.0%	75.0%	0.0%	25.0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	0.0%	25.0%	50.0%	25.0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	50.0%	25.0%	0.0%	25.0%

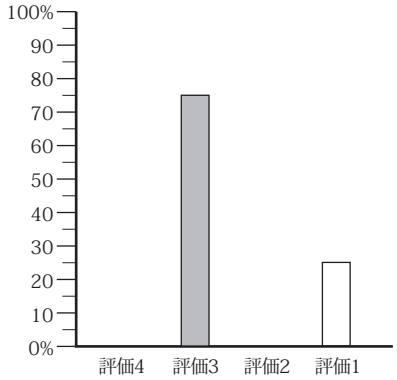
①探究心



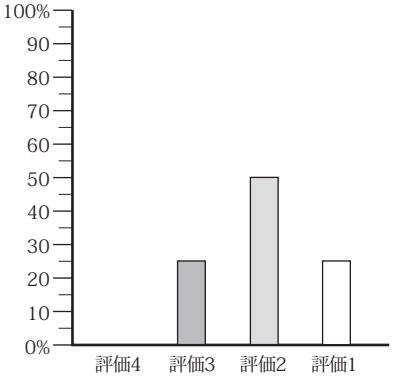
②目的性



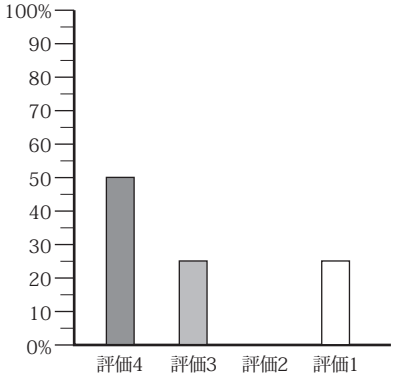
③理解度



④変化性



⑤満足感



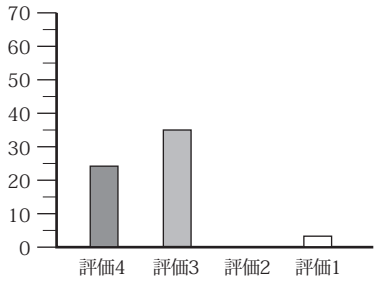
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

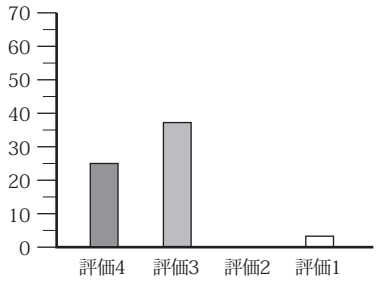
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	25	35	0	3	63
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	25	35	0	3	63
③理解度	授業は分かりやすかった。	0	53	0	3	56
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	0	18	20	3	41
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	50	18	0	3	71

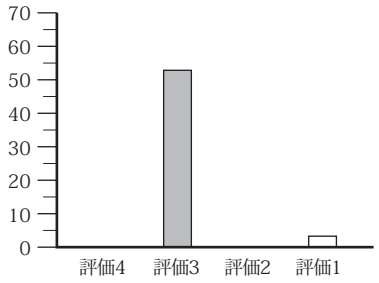
①探究心



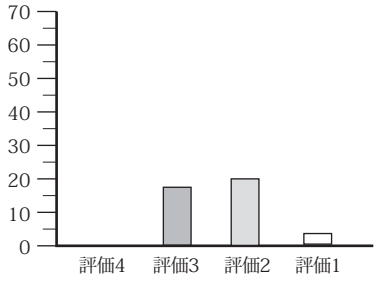
②目的性



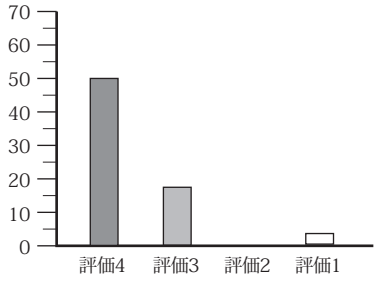
③理解度



④変化性



⑤満足感



3　学生の要望

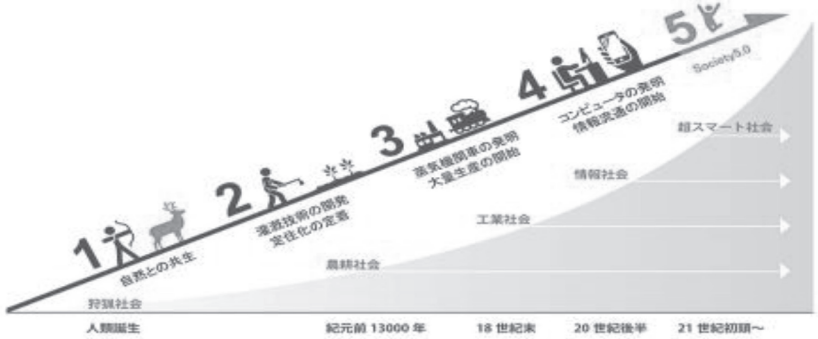
①目標設定
　・記載事項なし
②板書・パワーポイントの課題
　・パワーポイントの文字が小さくて見にくい。
③説明内容
　・難しい。
④授業構成
　・説明だけで授業が長く感じる。
　・実際にＡＩに触れることができる授業にしてほしい。
⑤授業時間
　・授業時間内におさまるように、計画して指導してほしい。

4　今後の改善策

・授業が単調になっており、学生の要望にあるように作業プリント等を実施したり、具体物や事例映像を示したりして、かみ砕いた説明をするなどの工夫が必要である。
・指導内容の精選が必要である。

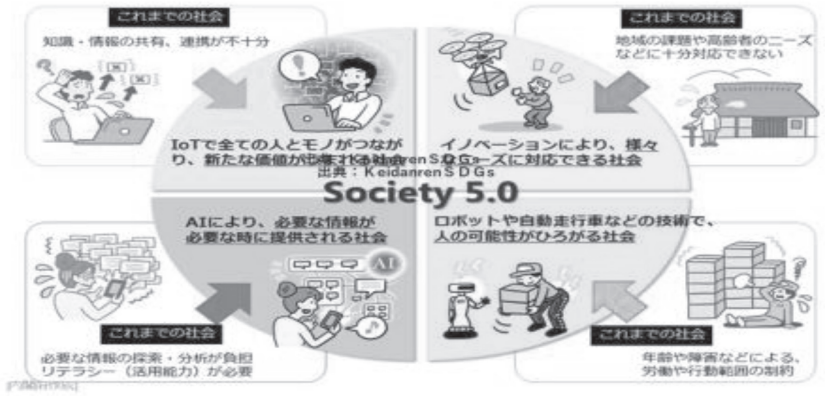
SOCIETY 5.0とは

サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（Society）



出典：KeidanrenＳＤGs

SOCIETY 5.0で実現する社会



出典：KeidanrenＳＤGs

出典：内閣府

SOCIETY 5.0のしくみ

出典：内閣府

経済発展と社会的課題の解決を両立する SOCIETY 5.0へ

経済発展	社会的課題の解決
● エネルギーの需要増加	●温室効果ガス（GHG）排出削減
● 食料の需要増加	●食料の増産やロスの削減
● 寿命延伸、高齢化	●社会コストの抑制
● 国際的な競争の激化	●持続可能な産業化
● 富の集中や地域間の不平等	●富の再配分や地域間の格差是正

IoT、ロボット、AI等の先端技術をあらゆる産業や社会生活に取り入れ、格差なく、多様なニーズにきめ細かに対応したモノやサービスを提供

「Society 5.0」へ

経済発展と社会的課題の解決を両立

出典：内閣府

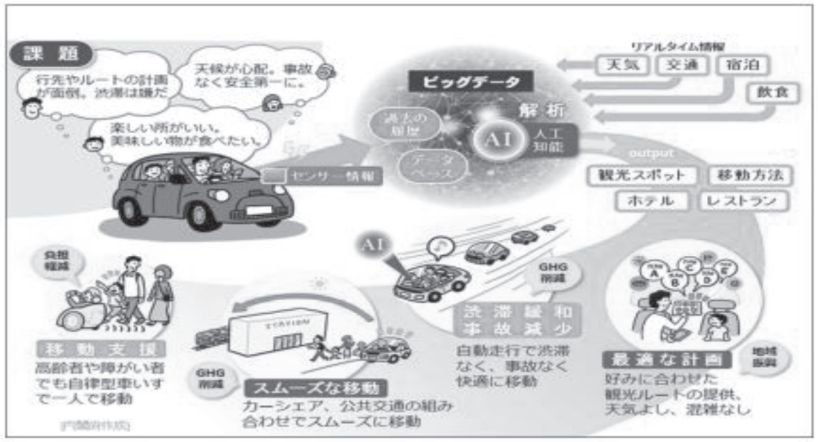
新たな価値で経済発展と社会的課題の解決を両立

出典：内閣府

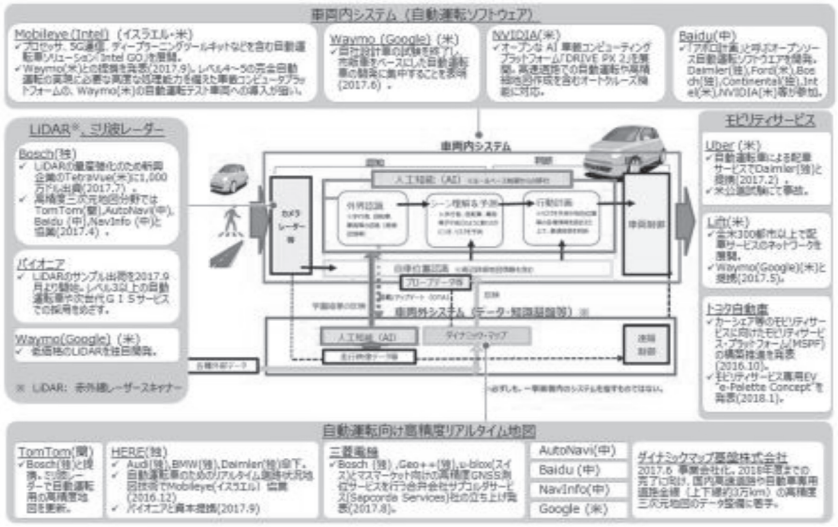
SOCIETY 5.0による人間中心の社会

出典：内閣府

新たな価値の事例（交通）



出典：内閣府



カップイン確実ゴルフボール（新聞記事）

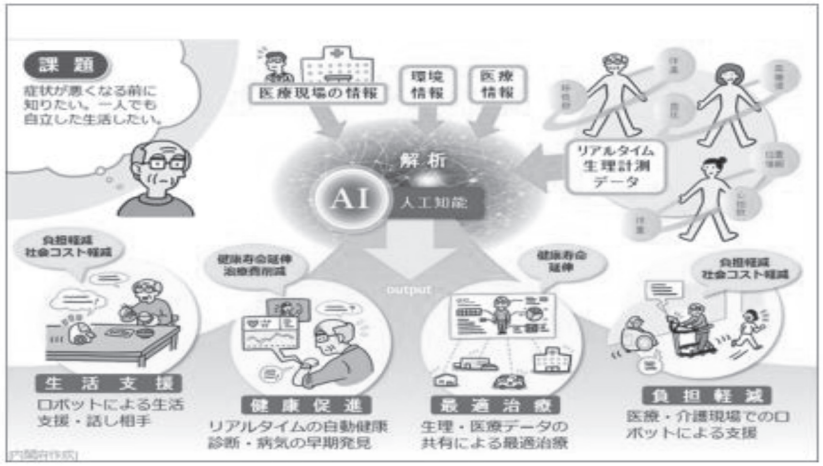
◇日産自動車は、独自の自動運転技術「プロパイロット2.0」を活用し、確実にカップインするゴルフボールを開発した。

◇カップインの様子
クラブを軽く当てたボールが芝の上を10mほど転がり、カップに吸い込まれる。

◇仕組み
・最新のプロパイロットは、一定の条件下で高速道路で手放し自動運転ができる。
・この技術で、グリーンの数メートル上にあるカメラでボールの位置を認識し、ボールに内蔵したセンサーでカップに誘導する。

出典：esponse.2019.8.24

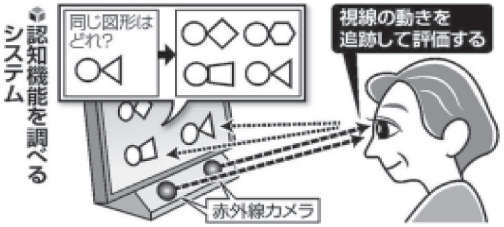
新たな価値の事例（医療・介護）



画面3分　認知症チェック（新聞記事）

◇モニター画面に映る映像を3分間ほど眺めるだけで認知機能をチェックできるシステムを開発（大阪大　森下教授研究チーム）

◇チェック方法
1　画面に映し出された図形の中から、同じものを選ぶなど、クイズ形式でアニメーション8問を解く。
2　モニターの下に設置した赤外線カメラで視線の動きを追跡。
3　その反応から、短時間の記憶や集中力、図形を読み取る力などを人工知能で評価。



出典：yomiDr.2019.9.17

新たな価値の事例（ものづくり）

住宅点検にロボット（新聞記事）

◇積水ハウスは、一戸建ての住宅点検に遠隔操作ができる小型走行ロボットと小型無人機ドローンを導入すると発表した。
◇目的・効果
・人手不足対策：作業員が床下に潜るといった手間を省く。
・一戸建てを購入した顧客向けの10年ごとの点検で使う。
・2人で2時間かかった点検が、1人で1時間45分ですむ。
◇導入する内容
・走行ロボットで床下を、ドローンで屋根と外壁をそれぞれ点検する。
・ドローンとロボットはカメラを搭載し、作業員がスマートフォンやタブレット端末で操作する。
・作業員はドローンやロボットで撮影した画像を、不具合を判定する専門の従業員ら送信し、その日のうちに顧客に結果を通知する。

出典：ROBOT WEDIA.2019.7.25

新たな価値の事例（農業）

スマート農業　40都道府県で実験（新聞記事）

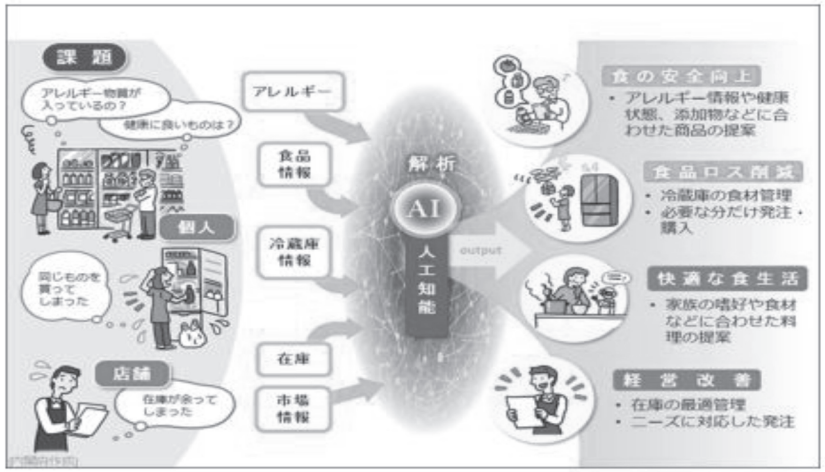
◇自動運転農機やロボットなどの最新技術を活用したスマート農業の取組が全国で本格化

◇目的
農家の高齢化や担い手の減少が続く中、作業を効率化して所得向上や地域活性化を後押しする。

◇事例
・自動運転のトラクタ、コンバインでコメ生産の省力化
・水センサーを使った自動での水管理
・ドローンや衛星画像での生育状況チェック
・高齢者や女性が重い収穫物を運ぶ時のアシストスーツ
・牛の自動餌やり機や搾乳ロボットの活用
・気象データと連動させた精密な栽培

出典：読売新聞.2019.8.18

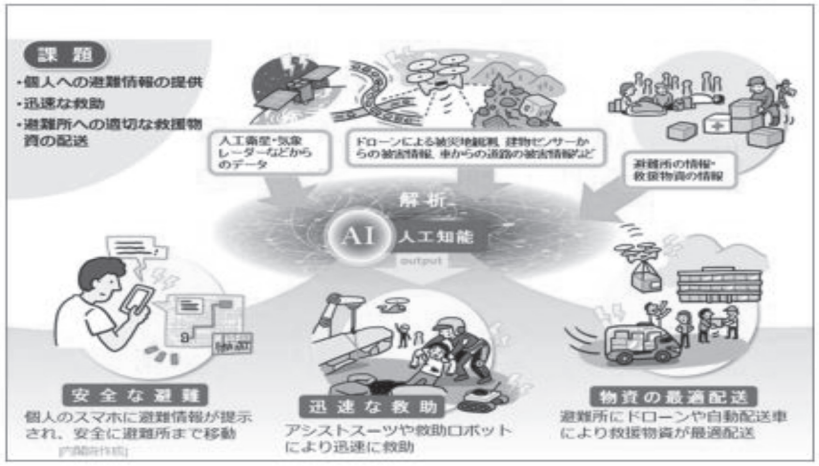
新たな価値の事例（食品）



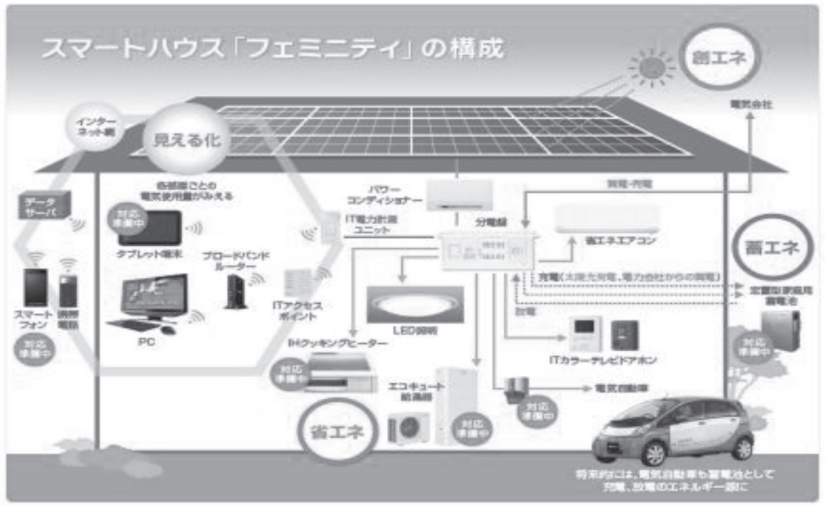
技術革新へ企業連携（新聞記事）

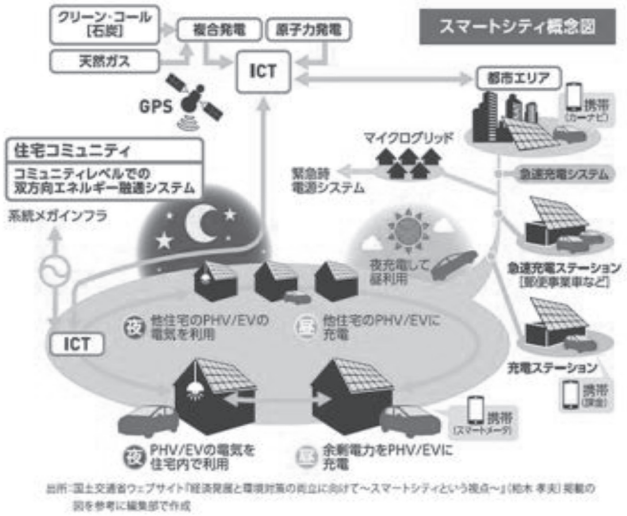
◇ソニーと日立
・冷蔵庫の扉が開けっぱになっていると、吠えて教えてくれる犬型ロボットアイボ
◇シャープと他者サービス
・スーパーの特売品を調べて、おすすめの献立を提案する冷蔵庫
・レシピサイトと連動して加熱時間などを調整するオーブン
◇村田製作所と凸版印刷
・手をかざすと、超音波の振動で実際に触れたような感覚が伝わるクラゲのホログラム
◇みずほ情報総研と科学警察研究所
・未来の顔を予測する「加齢シミュレーション」
・写真や画像を入力すると、顔の立体画像を自動的に作り出し、たるみやしわを加えて10年後の顔を表示

新たな価値の事例（防災）



新たな価値の事例（エネルギー）





出所：国土交通省ウェブサイト『経済発展と環境対策の両立に向けて～スマートシティという視点～』（松本 孝夫）掲載の図を参考に編集部で作成

新たな価値の事例（小売店舗）

優秀な店員の目をAIが実現し、店舗の売上向上・ロス削減をサポート

ネット上で「仮想試着」（新聞記事）

◇NTTドコモ関西支社は、インターネット上で服を自由に試着できるシステムを開発した。

◇方法

・選んだ服の画像を人工知能が個人の体形に合わせて合成し、実際に着ているような自然なシルエットにして表示。

・着た時にできるしわの位置なども、AIが解析して反映させる。

・平面に置いた服の画像から着用時の立体的な画像を作ることも可能。

◇活用

・アパレル業界では、ネット通販が拡大しているが、モデルの着用画像では、自分が着た時のイメージがわきにくいとの課題があった。

・試着を簡単にすることで、返品や店舗での試着室を減らせる効果も期待できる。

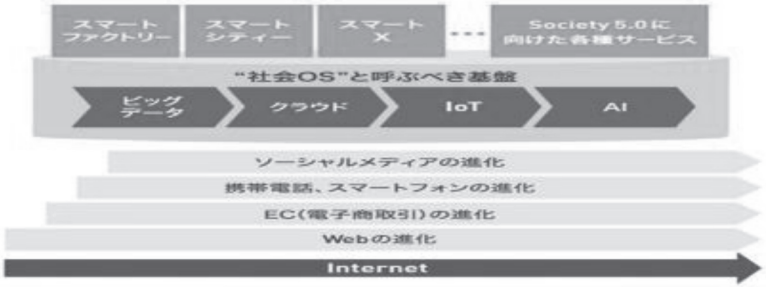
Ｓociety5.0時代に求められる人材

◇各分野・領域の知識・技能を持ちＡＩなどのテクノロジーを使いこなす力を身につけた人材
- ＩＣＴの仕組み・原理を理解した建設エンジニア
- ＩＴＳの仕組み・原理を理解した自動車エンジニア

◇自ら課題を見つけ、ＡＩなどを活用して課題を解決できる人材
- すべての高等教育機関で基礎的なＡＩ・情報科学・数学・生命科学等の必修化
- ＡＩ技術者やデータサイエンティストの加え、ＡＩやデータなどを各領域で応用できる人材の育成は急務の課題

Ｓociety5.0のまとめ１・今後の学習課題１

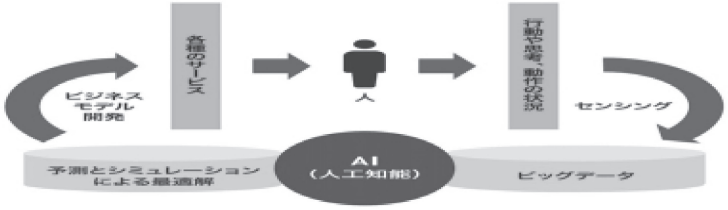
◇インターネット以後、デジタルテクノロジーの進化は“社会OS”とも呼ぶべき新たな基盤を生みだした



◇学習課題１
基盤となるビックデータ・クラウド・ＩｏＴ・ＡＩとは

Ｓociety5.0のまとめ２・今後の学習課題２

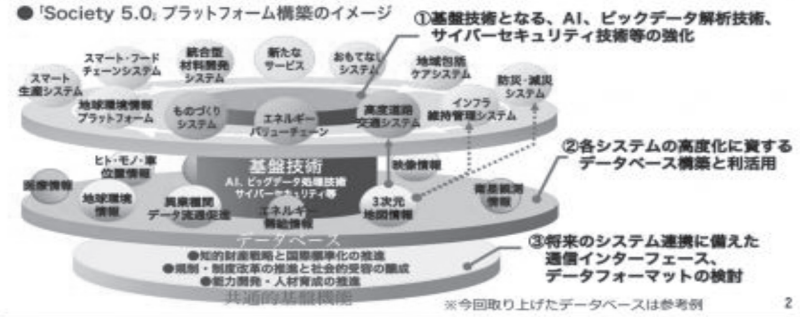
◇SOCIETY 5.0の駆動源あるいは“燃料”になるのはデータである。
◇多種多様なセンサーで集めたデータをビッグデータとして蓄積。それをAIで分析することで、これから起こるであろうことを予測したり、あるいはシミュレーションによって最適解を導き出したりする。
◇その結果に基づき、私たちが日々の暮らしで利用する新たなサービスが提供される。



◇学習課題２
燃料となるビックデータとは。それを分析するＡＩとは。

Ｓociety5.0のまとめ３・今後の学習課題３

◇IOTやAIの活用によって導かれる社会がSOCIETY 5.0。
◇そのIOTやAIもコンピュータの仕組みや使い方の一種である。



◇学習課題３
IoTやAIのベースとなるコンピュータの仕組みとは。

学習課題・計画の設定と確認

◇学習課題1：コンピュータの仕組みを探究しよう。
・コンピュータの歴史
・ハードウェアとソフトウェアの基本構成
・出入力インターフェイス

◇学習課題2：AIの基礎的な仕組みを探究しよう。
・AIインターフェイスの概要
・IoT・ビックデータの基礎
・AIの基礎理論

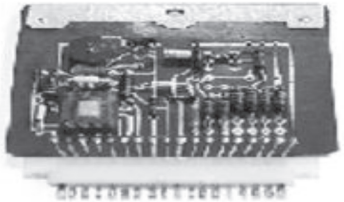
◇学習課題3：AIアルゴリズムを探究しよう。
・経路探索
・生体認証

コンピュータ概論・歴史

◇第一世代
ジョン・モークリーとジョン・エッカートの指揮のもとペンシルベニア大学で行われたENIAC開発・製作は、1943年から1945年末まで。
・30トンの重量のある巨大なマシンであり、18000個以上の真空管を使っている。そのため真空管の故障を最小化することが技術的な最重要課題となった。完成後は約10年間継続的に使われた。

◇第二世代: トランジスタ式

・1955年ごろからコンピュータの素子は真空管からトランジスタに移っていった。個別部品のトランジスタで作られたコンピュータを「第二世代」と呼ぶ。
・真空管と比較すればトランジスタには様々な長所がある。まず小さく、消費電力が少なく、結果として発熱量も少ない。
・シリコンの接合型トランジスタが登場すると真空管よりも信頼性が高く、長寿命になった。
・トランジスタ式コンピュータでは、より小さな空間に数十倍、数千倍の論理回路を詰め込むことが可能になった。トランジスタによってコンピュータの小型化・低価格化が進んだ。
・第二世代のトランジスタ式コンピュータは一般に多数のプリント基板で構成されている。



◇第三世代とその後：1960年代以降
・利用する素子のテクノロジによるコンピュータの世代分けでは、集積回路を主として使ったコンピュータを第三世代とする。
・第1世代が真空管、第2世代がトランジスターと磁気コアメモリー、第3世代がICやLSI、第4世代が超LSIを中枢にしている。

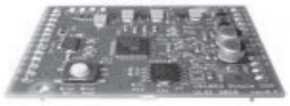
真空管

トランジスタ

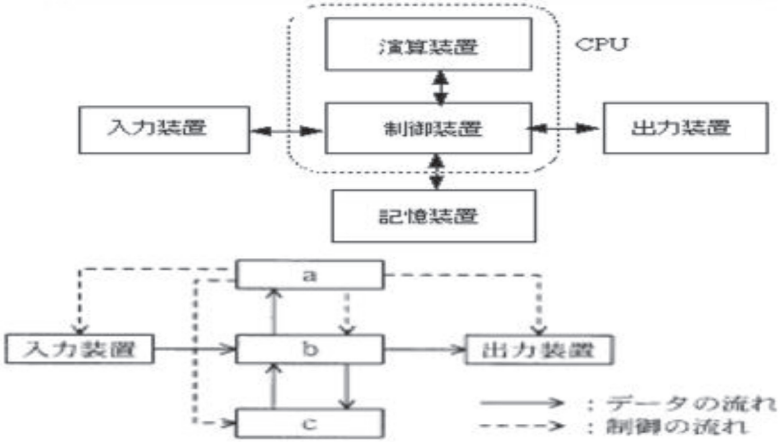
IC

LSI

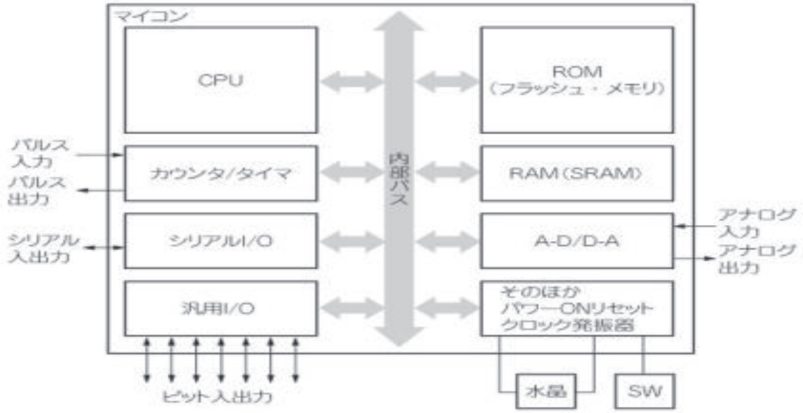
超LSI



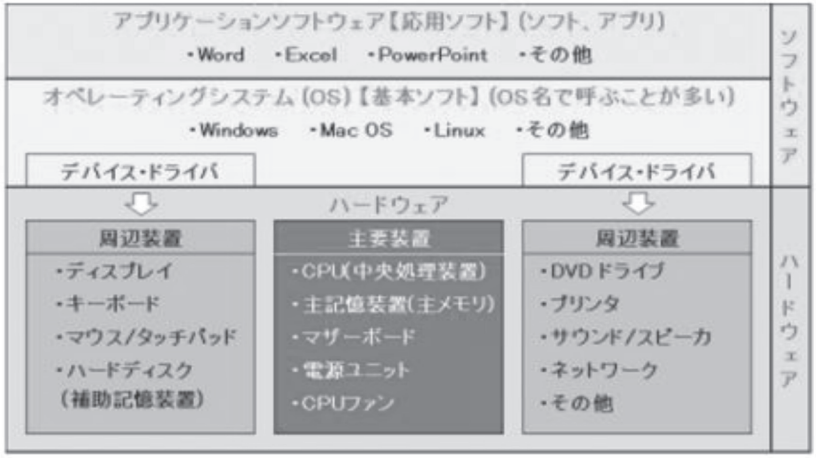
コンピュータの基本構造



ワンチップ構成のマイコン

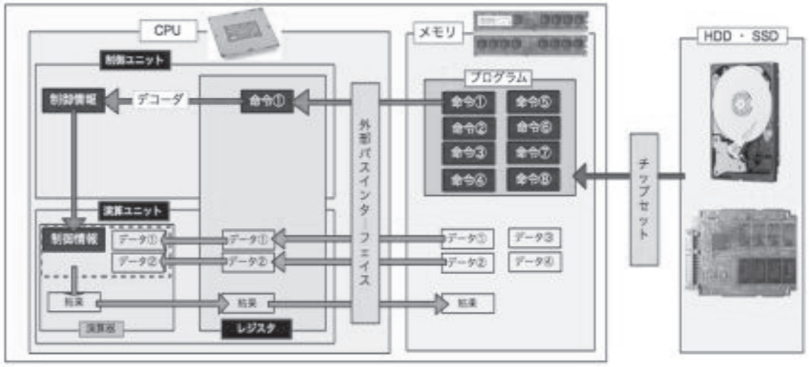


パソコンの構成



ソフトウェアとハードウェア

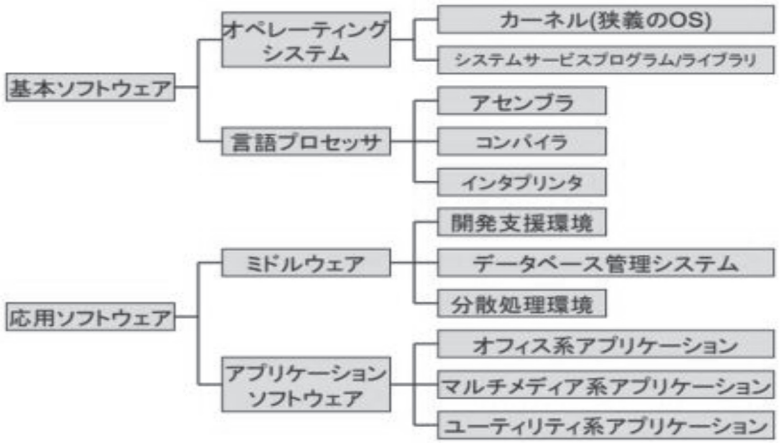
◇ソフトウェアとは、ハードウェアを働かせるためのプログラムの総称です。
そして、プログラムとは、データ、命令を並べたものを指します。
プログラムは，CPUが解釈、処理します。



ＢＩＯＳ

◇パーソナル･コンピュータの場合，プログラムの種類は役割に応じて、
BIOS、OS、アプリケーション 等々に分類することが出来ます。
･BIOSは、パーソナル･コンピュータに接続されたハードウェアを制御するためのソフトウェア

ソフトウェアの構造



BIOSとデバイスドライバの違い

◇デバイスドライバは、コンピュータ本体と周辺装置であるキーボードで、
ディスプレイ、マウス、プリンタ 等を動かし、制御するソフトウェア。
両者の決定的な違いは、プログラムの始動タイミング。

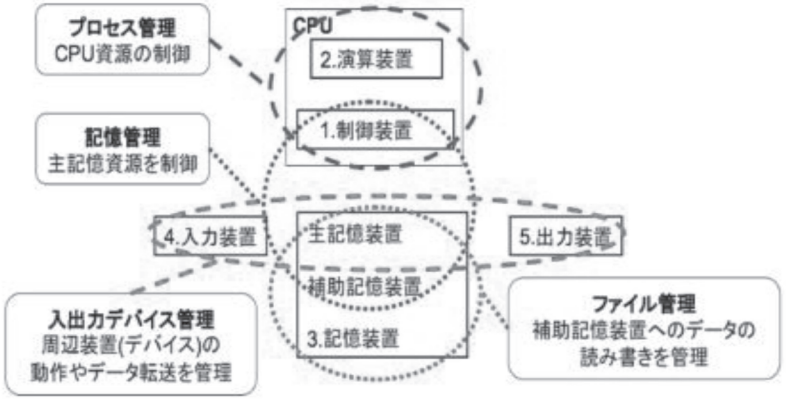
	BIOS	デバイスドライバ
プログラム始動タイミング	電源投入直後	OS起動後
特徴	基本的な製品に対してのソフトウェア	製品やOSの種類に合わせたソフトウェア

OS（オペレーションシステム）の管理対象リソース

OSの管理対象リソースは

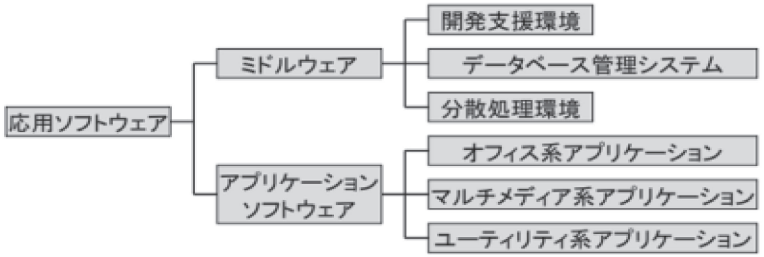
1　ファイルシステム
　記憶装置に記録されているデータを管理する。
2　ネットワーク
　コンピュータに内蔵されているネットワークカードに、IPアドレス等を割り当てる。
3　セキュリティ
　コンピュータ上で実行されているプログラム宛に送られてきたリクエストを受けるか、無視すべきかを判断し、必要な処理を行う。
4　グラフィカルユーザインタフェース(GUI)･･･
　出力装置の仕様を判断し、内蔵されているグラフィックカードのためのドライバを使用して、GUI環境を表示させる。

OSの主な役割



アプリケーション(応用ソフトウェア)

◇アプリケーションとは、OS上で動作するプログラムのこと。



◇アプリケーションを作成するプログラマは、OSの存在により、アプリケーションからハードウェアを用いる場合，直接ハードウェアを制御する必要は無く，OSのデバイス・ドライバを通してハードウェアを利用できる。

マルチメディア

◇マルチメディアとは、文字や音声、動画、静止画などの複数の媒体（メディア）を統合し、コンピュータを利用して表現する技術やシステムのことです。

・つまり、文字や音声、動画、静止画などの複数の媒体（メディア）を統合し、コンピュータを利用して表現する技術やシステムということになります。

◇音声処理
アナログな音声は標本化⇒量子化⇒符号化の処理によりデジタル化されます。

◇静止画処理
光の3 原色（Red、Green、Blue）と色の3 原色（Cyan、Magenta、Yellow）、画素（ピクセル）、解像度、階調など、コンピュータにおける画像表現の仕組み。

◇動画処理
フレーム、フレームレートなど、コンピュータにおける動画表現の仕組み。

◇情報の圧縮・伸張
メディアの種類に応じた圧縮・伸張、用途に応じて適切な圧縮方式を選択し，活用する。

◇マルチメディア応用
マルチメディアシステムの特徴，VR（Virtual Reality：バーチャルリアリティ），インターネット放送，ノンリニア画像編集システムなど。

第２章前半
「ＡＩインターフェイス」

ＡＩ基礎・実証授業（第２章前半）

授業テーマ	ＡＩインターフェイス・ＡＩ基礎 ・コンピュータとセンサ概論 ・ＡＩ基礎

授業目標	・人工知能に関する基礎的な仕組みを理解する。 ・インターフェイスやセンサの働きについて理解する。

指導の順序	
Step１ （60 分）	ＡＩ入門（２章前半） ＡＩとは、ＩｏＴとは
Step２ （90 分）	ＡＩインターフェイス（２章前半） 入力装置、出力装置、ユーザインターフェイス
Step３ （90 分）	ＡＩ基礎知識（２章後半） ＡＩの変遷と進化、機械学習、深層学習

指導過程：Ｓtep１「ＡＩ入門」

「ＡＩ」って何だろう。

【基本事項「ＡＩとは」】

◇人工知能とは、人間の脳が行っている知的な作業をコンピュータで模倣したソフトウェアシステム。（自然言語理解、論理的な推論、経験から学習するコンピュータプログラムなど）

・具体的には、人間の使う自然言語を理解したり、論理的な推論を行ったり、経験から学習したりするコンピュータプログラム。

・機械自らが学習し、人間を超える高度な判断が可能になる。（短時間に簡単なことを延々と繰り返すことにより、コンピュータが判断する。）

・計算という概念とコンピュータという道具を用いて『知能』を研究する計算機科学の一分野

・言語の理解や推論、問題解決などの知的行動を人間に代わってコンピュータに行わせる技術」

・計算機（コンピュータ）による知的な情報処理システムの設計や実現に関する研究分野

・ＡＩは、人間の脳の代わりをさせようとするもの。

・人間と比較し１秒間に１００万回の学習ができる

・人間の五感に相当するマルチメディア技術が高度化したことにより、人工知能・ロボットの可能性が高まった。
・ＡＩとは、電気的信号により人間の脳を模倣したもの。
・センサから入ってきたデータを処理し、学習、推論、認識、判断する。
・自動車など機械は単独で運行されるものから相互に情報を通信し、情報を共有していく社会に変わりつつある。（アクチュエータによる制御）
・ＡＩは、ソフトウェアの塊。
・推測値を導くのがＡＩ機能
・すべての熟練技術は不可能だが、ある程度はＡＩ技術に置き換えることができる。
・ＡＩ化された製造業が現れている。
・無条件反射レベルは人間よりコンピュータのほうが上である。
・人間は一つしか見ることができないが、ＡＩは瞬時に複数の情報を判断し、最適な行動ができる。

「ＩｏＴ」って何だろう。

【基本事項「ＩｏＴ」とは」】
　従来インターネットに接続されていなかった様々なモノ（センサ機器、駆動装置（アクチュエータ）、建物、車、電子機器など）が、ネットワークを通じてサーバやクラウドサービスに接続され、相互に情報交換をする仕組み。
・ＩｏＴは、インターネットに接続される仕組みで、・本質は人間が介在しない。
・ネットワークを通じてモノの情報を収集するもの。

・通信技術が向上し、すべての機械がインターネットにつながり、インターネットで外部ともつながる。その情報がサーバにつながり、様々な判断をするようになる。
・コンピュータ管理している事例
　建設機械、エレベータ使用、道路管理、アメダス、ヘルスケア、電力ガス使用量
・機械が機械を管理する例。：空調、自動運転
・自動制御例：操作の自動化、無人化
・センサネットワークがＭ２Ｍを爆発的に拡大させる。
・センシング技術が向上し、安価な小型のセンサが大量に出回る。
・ＩｏＴがクラウドによりつながり、データを分析できる。
・ビックデータ
大量データがサーバにつながる。蓄積され、データ分析により新たな価値が生まれる。
・ＡＩ、１oＴ、ビックデータ、ロボットのこの４つの技能が関連付けられ、第４次産業革命が進んでいる。

指導過程：Step２「ＡＩインターフェイス」

ＡＩインターフェイス「入力装置」とは何だろう

【基本事項「入力装置」】
・プログラムやデータを電気信号に変換する装置
例）キーボード、マウス、マイクロフォン。サウンドボード、カメラ・ビデオボード、イメージスキャナー、デジタルカメラ、センサ

・デジタルカメラは、ＲＧＰの赤、青、緑の　三原色を数値化し、その組み合わせで高い機能を発揮する。
・デジタルカメラには焦点距離がない。

◇特殊入力「各種センサ」

・温度センサ：空気の温度を測定する。
・湿度センサ：土の中の湿度を調べる。
・超音波センサ：音波が返ってくる時間で距離を計算する　音波は　広がる。レーザは真っすぐに進む。
・地磁気センサ：方角を知る
・光センサ：光の明るさによって電気の流れを変える。
・加速度センサ：スピードを測る。
・ジャイロセンサ：傾きを知る。
・ＧＰＳモジュール：青色ＬＥＤの開発によりフルカラーの液晶ができる。複数のセンサをモジュール化して使用。「みちびき」により誤差は数センチになる
・ＧＰＵ：三次元行列計算
・磁気センサ：地磁気センサは、東西南北がわかる。ＧＰＳと組み合わせると数センチ単位での誤差でわかる。とくに「みちびき」の働きが大きく、農業で使用できるようになった
・物体センサ：物体の移動にともに速度の変化を検知する。自動車が走行レーンを探すセンサでは夜や雨の日はわからないので、複数のセンサでも総合的に判断する。
・人ものセンサ：自動ドアで使われている。人間と動物に反応する
・ＬＩＤＡＲ：レーザを出して周り 360 度がわかる。

・ＡＩの原則は行列演算である。例えば、顔認識では、取り込んだ映像を行列に変える。データベースでその行列に近い行列を選んで本人と認定する。

ＡＩインターフェイス「出力装置」とは何だろう

【基本事項「出力装置」】
コンピュータからデータを受け取って、人間に認識できる形で外部に物理的に提示する装置。
例）ディスプレイ、プリンタ、ＶＲヘッドセット、３Ｄプリンタ

ユーザインターフェイスとは何だろう

【基本事項「ユーザインターフェイス」】
・ユーザとコンピュータの間で、情報をやり取りするための仕組み。
・人と機械との間に介在し、人への情報提供、機械への指令などをやり取りする部分で、機械を使いやすくするためのソフトウェアやハードウェア全般をさす。
・機械が情報を伝える手段としては液晶画面やメーター、ランプ、スピーカーなど。
・人間が指示を与える手段としてはスイッチやボタン、ハンドル、ダイヤル、ペダル、リモコン、マイク、キーボード、マウスなど。

・規格されたものはハードインターフェイス
・規約によりプログラムされたものがソフトインターフェイス
・ユーザインターフェイスは、規格も規約もない情報

インターフェイスを応用したものを調べよう

1　自動運転（オートドライブ）
認知、判断、操作の３つの処理を連動して行う。
・認知：ミリ波レーダーセンサ技術、衝突・車間調整・逸脱防止。
・判断：車をどう動かすかの意思決定、明確な交通ルールに基づく。
アルゴリズムによって判断するルールベースシステム技法を使用。
・制御：認知と判断の結果をもとに自動運転操作を行う。
2　ロボットアーム
サーボモータでジョイント（関節）を動かしてリンク（骨）で力を伝える。
サーボモータの開発により進展。

3　ドローン

ジャイロセンサや加速度センサ、ＧＰＳセンサなどが搭載されているため、高い操縦性である。自動化されてきている。

4　チャットボット（ｓｉｒｉなどの自然言語処理）

ＡＩを活用した自動会話プログラム。人間と話すような感覚でＡＩとの会話を通じて情報収集を行える。

5　物流ロボットピッキング

人間が行っていた倉庫内仕分けの肉体労働をロボットによる自動仕分けが進む。倉庫内は無人化。

6　仕分けロボットアーム

・アームの先に吸盤４個をつけ、形・材質によらずピッキング。
・ロボットのサイドにカメラを取り付け、認識情報を基にピッキング。

7　認識系・画像解析

ＡＩを用いた画像解析では、人間が事前にアルゴリズムを設定しておくだけで、機械学習によってＡＩが前処理から最終解析まで一貫して処理。判定はＡＩによる。（医療、気象、天文分野で活用）

8　認識系・音声合成・音声認識

・音声合成：機械の声を人の声に似せてつくる技術
・音声認識：文を音声にしたり、音声を分にしたりすること
・会話するロボット、小型の翻訳機、声を判定する会議記録音

9　ＡＩ通訳

ニューラルネットワークによって機械自体が学習する仕組みで、何度も翻訳を繰り返すことで制度が上がっていく。

10　コンシェルジュ（フロント業務アシスタントから生活全体へ）

・宿泊施設に代わって客からの問い合わせに答えるサービス。
・チャット形式で 24 時間、即時に自動で対応する。省力化。

◇実際の活用事例

・人型ロボットが受付をするホテル
・店舗商品の在庫管理。
・災害時に救援隊が入れない場所での利用
・今日の天気図と一番似ている過去の天気図を探して、気象予測し、商売に利用
・ＡＩアナウンサー：声と容姿は実際のアナウンサーをモデルにする
・人の流れを予測し、タクシーがどこに行けばお客を乗せられるか予測する。
・メガネに天気や交通情報が映し出される端末機。

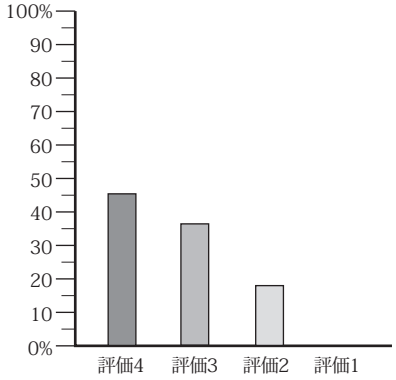
ＡＩ基礎・実証授業アンケート「第２章前半」

実 証 日：2019 年 9 月 27 日−180 分
対象学生：自動車工学科２年　22 名

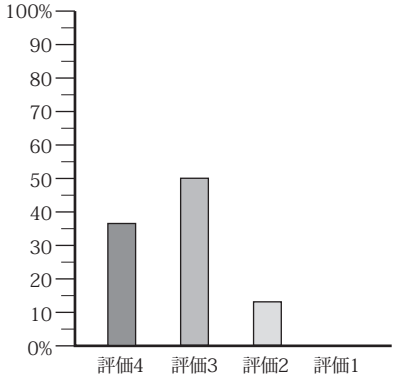
１　アンケート調査結果
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	45.5%	36.4%	18.1%	0.0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	36.4%	50.0%	13.6%	0.0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	31.8%	45.5%	22.7%	0.0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	18.1%	59.1%	13.6%	9.1%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	27.3%	50.0%	22.7%	0.0%

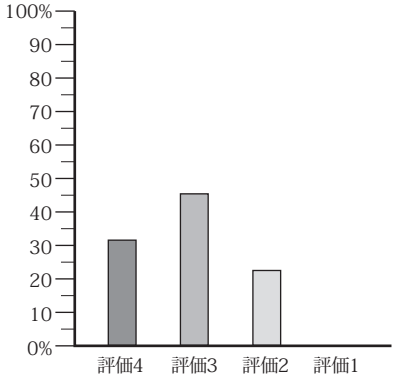
①探究心



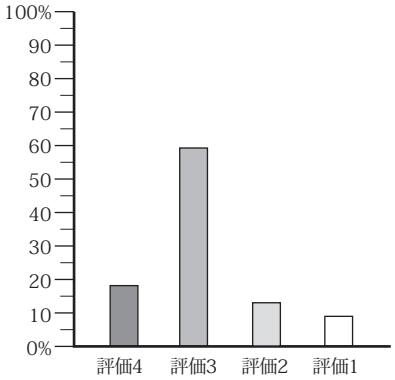
②目的性



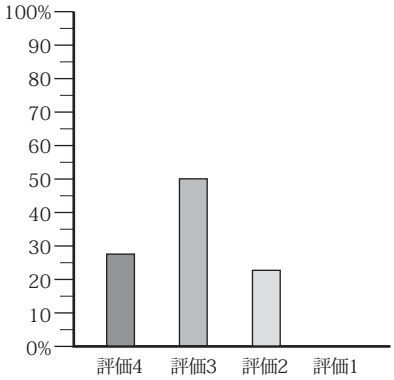
③理解度



④変化性



⑤満足感



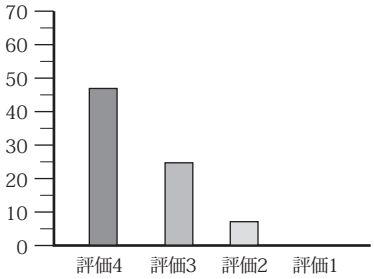
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

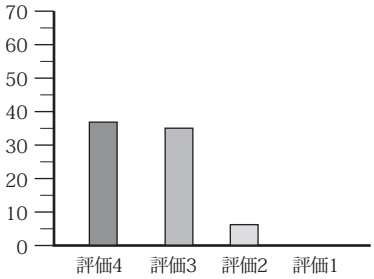
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	46	25	7	0	78
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	36	35	6	0	77
③理解度	授業は分かりやすかった。	32	32	9	1	74
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	18	41	6	0	65
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	27	35	9	0	71

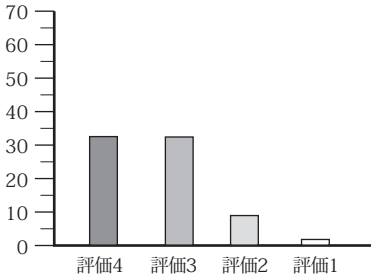
①探究心



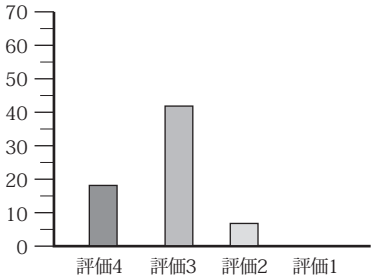
②目的性



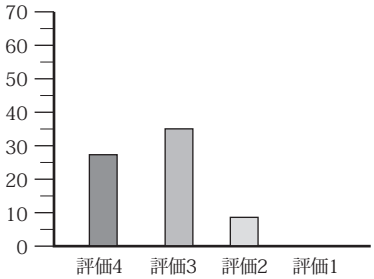
③理解度



④変化性



⑤満足感



３　学生の要望

①目標設定
・自動車との関連を目標にしてほしい。
②板書・パワーポイント
・パワーポイントの文字を大きくしてほしい。
・黒板に大切なことを書いてほしい。
③説明内容
・ＡＩやＩＴと自動車の関係を混ぜて話をしてほしい。
・もっと分かりやすく説明してほしい。
・細かすぎて、逆に分かりにくかった。
・ＡＩが 100%を目指さないことは、よく分かった。
・基礎が分かっていないと、ほとんどわからない授業だと思った。
④授業構成
・手を動かす作業学習を入れてほしい。
・体を動かしながら学習したい。
・ドローンを実際に動かすプログラムを学習したい。
・センサーの実験は面白かった。自分もやってみたい。
・休憩をもう少し入れてほしい。

４　今後の改善策

・全体的に第１章より学生評価は低くなっている。分かりやすく、操作活動をとり入れた授業構成を検討する必要がある。
・学生は自動車に関する興味・意欲は高いので、具体的にＡＩ・ＩＯＴを取り入れた自動車部品の仕組みを考えるところから、学習を開始していく構成に変える必要がある。

ＡＩ基礎・実証授業アンケート「第２章前半」

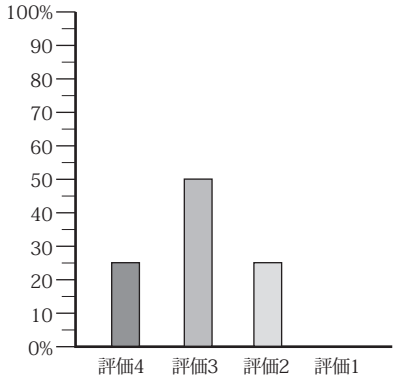
実 証 日：2019 年 10 月 11 日−180 分
対象学生：環境建設工学科土木コース２年　４名

１　アンケート調査結果

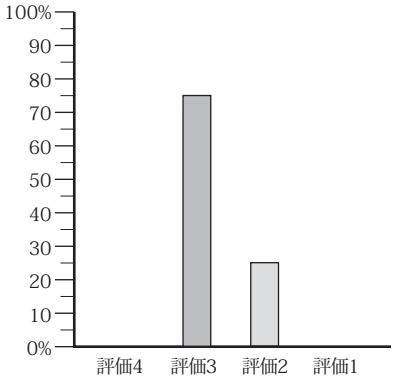
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	25.0%	50.0%	25.0%	0.0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	0.0%	75.0%	25.0%	0.0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	25.0%	25.0%	50.0%	0.0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだった。	0.0%	25.0%	75.0%	0.0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	0.0%	75.0%	25.0%	0.0%

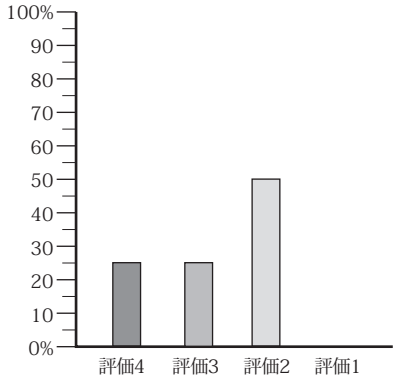
①探究心



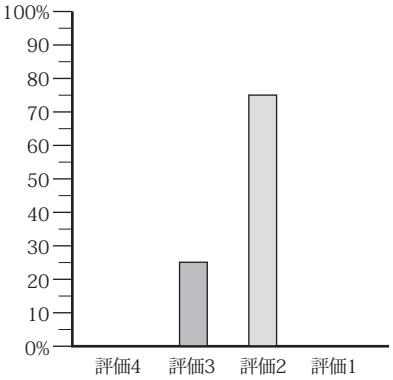
②目的性



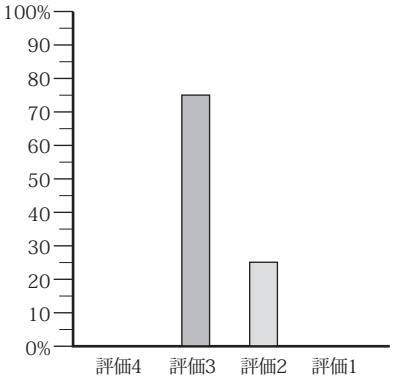
③理解度



④変化性



⑤満足感



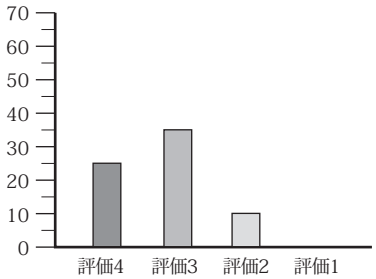
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

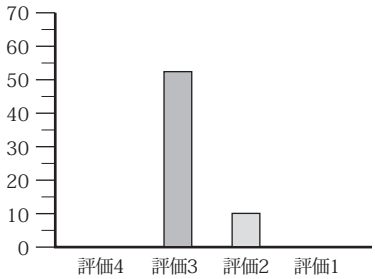
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	25	35	10	0	70
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	0	53	10	0	63
③理解度	授業は分かりやすかった。	25	18	20	0	63
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	0	18	30	0	48
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	0	53	10	0	63

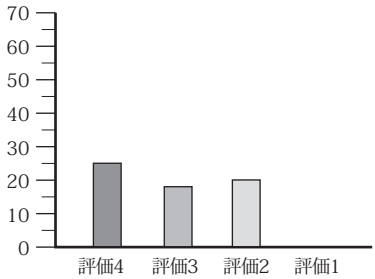
①探究心



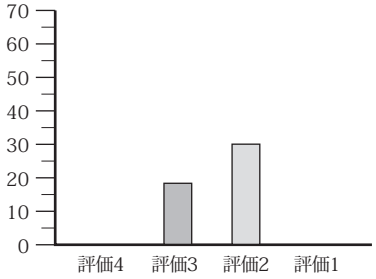
②目的性



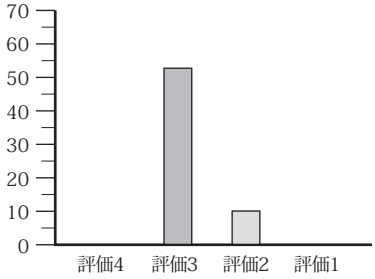
③理解度



④変化性



⑤満足感



3　学生の要望

記載事項なし

4　今後の改善策

・第１章と同様に、授業が単調になっている。説明内容は、様々な事例を用い、学生の興味を配慮したり、分かりやすくかみ砕いたりして、工夫しているのだが、説明を聞くだけの活動になっていることが原因と考えられる。

・少人数で、２回目で学生となじみが出てきたため、学生と言葉のキャッチボールをしながら授業を進められている。そのため、探究心は、前回より少し高くなっている。

コンピュータとインターフェイス

入力装置

◇プログラムやデータを入力し、電気信号に変換する装置が入力装置である。

・ほとんどのパソコンには、入力装置としてキーボードが使われており、さらに座標を入力するマウスや音声を入力するマイクロフォンとサウンドボード、画像を入力するカメラとビデオボードなどが備わっている。

・このほか、AI分野では、人間の五感（感覚器）の代わりとして様々なセンサーがある。
人間の感覚器（視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚）

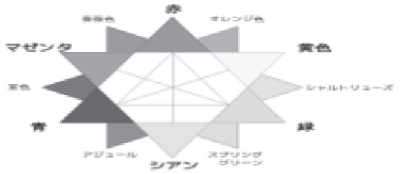
入力インターフェイス：デジタルカメラ

◇デジタルカメラとイメージスキャナのほとんどは、画像入力デバイスとしてCMOSセンサーやCCD（電荷結合素子）を使っている。
・これらは代表的なイメージセンサーであり、その表面には、小さな受光素子であるフォトダイオードが数十万個から数百万個以上並んでいる。
・そして、それぞれの受光素子は入射された光の強さに応じた信号電荷を発生し蓄えることができる。

入力インターフェイス：デジタルカメラの原理

◇CMOSセンサー
各画素のフォトダイオードに付属したスイッチを次々に切り替えて、信号電荷を高速に読み出す仕組みである。

◇CCD
受光部の端には、電極が並べられた転送部があり、ここにある転送信号を与えると、全受光素子が蓄えている電荷が順次となりの電極に移動し、電荷を外部に出力する仕組みである。
受光素子の前には、R（赤）、G（緑）、B（青）の3色のカラーフィルタがあり、各色に対応して送り出された電荷は、A-D変換器によってそれぞれ8ビットのディジタル情報に変換される。1画素につき24ビットの信号として出力される。



入力インターフェイス：デジタルカメラの原理・比較

◇フィルムカメラ
・レンズを通して被写体をフィルム上に写す。
・光によってフィルム内の物質に化学変化を起こさせて画像を記録している。

◇デジタルカメラ
・フィルムの位置に撮像素子が置かれ、光を電気信号に変換しデジタル化してメモリカードなどに記録する。
・デジタルカメラの性能は、内蔵している受光素子の画素数や感度で決るが、現在、1000万画素以上が一般的である。
・デジタルカメラの特徴は、液晶モニターが付いていることで、撮影画像の確認が容易にできる利点がある。
・撮影画像をパソコンに取り込んで加工したり、プリンタで出力したりすることが容易で、フィルムカメラのように現像の必要がない。

入力インターフェイス：イメージスキャナ

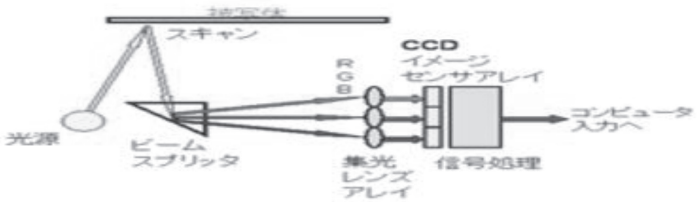
◇イメージスキャナは、紙に書いたり、印刷したりした文書や図面を光学的にスキャン（走査）して、このデータをA-D変換して画像としてコンピュータで取り込む装置である。単に、「スキャナ」とも呼ばれる。

・イメージスキャナは、出版物や広告デザインの制作やWebページなどのマルチメディア制作に欠かせない機器である。

・イメージスキャナは、ファクシミリのように読み取り機構を固定して原稿を自動的に動かす原稿移動タイプと、複写機のように原稿を固定して、読み取り機構を自動的に動かす原稿固定タイプの2種類がある。また、ハンディースキャナと呼ばれる読み取り装置を、手動で動かす小型タイプもある。

入力インターフェイス：イメージスキャナの原理

◇光源からの光を原稿に照射すると、光のあたった部分の反射光がレンズアレイを介してセンサアレイに入射し電気信号に変換される。
・このとき、原稿の濃淡に応じて反射光の強さが変わるので、濃淡に応じた情報を取り出すことができる。
・カラーフィルタを介して反射光を読み取れば、RGBの各成分のデータを得ることができ、カラー画像を読み取ることができる。

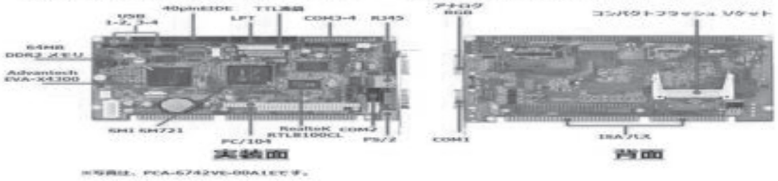


出入力インターフェイス：バス

コンピュータと外部との間のデータを入出力するための入出力インターフェースには、バス、ビデオボート、ネットワークアダプタなどがある

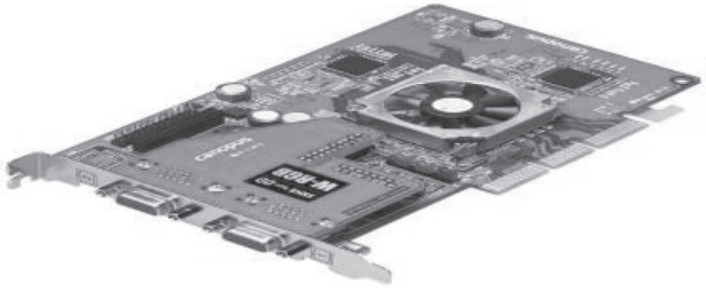
バス

◇バスは、パラレル信号線でコンピュータのボードに直接接続されており、いくつかの規格がある。
・ハードディスクドライブ（HDD）を接続するためのIDE バスは、フラットケーブルで増
設のHDDやCD-ROMドライブを接続する。
・I32ビットのデータ幅など仕様が改善されたPCIバスが、今では広く使われている。
・キーボード、マウスなどのインターフェースを1本にまとめ、新しい機器も接続できるようにしたUSB や、マルチメディアデータの高速通信が可能なIEEE 1394バス



出入力インターフェイス：ビデオボード

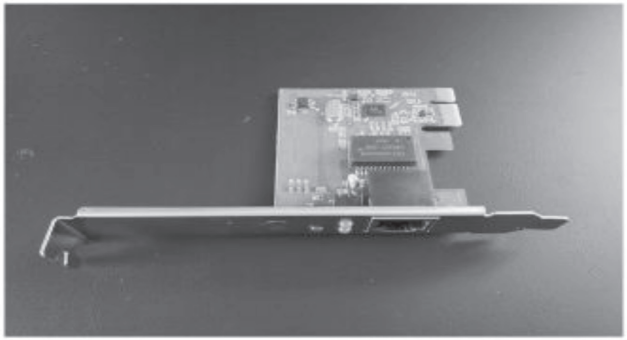
◇ディスプレイの表示サイズや表示色数を拡張したり、動画データを取り込んだりする基板を、ビデオボードという。
・ビデオボードは、パソコンの拡張スロットに差し込んで使用するが、すでに装備されているパソコンが一般的である。
・カメラを内蔵したパソコンも増えている。ビデオキャプチャボードには、テレビチューナを内蔵したものや、動画圧縮チップを搭載したボードもある。



出入力インターフェイス：ネットワークアダプタ

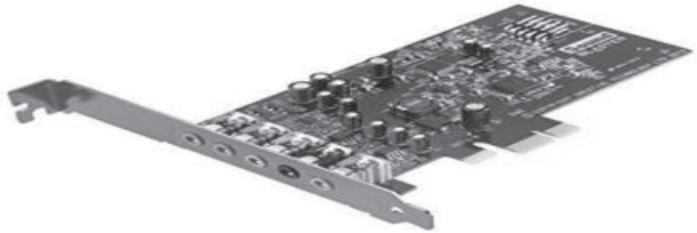
◇コンピュータをLANに接続するためのハードウェアを、ネットワークアダプタと言う。

・ほとんどのLANは、国際標準化された「イーサーネット」という規格である。「イーサーネット」には、使用するケーブルによって最大通信速度が決まり、10BASE-2、10BASE-T、100BASE- TXなどが規格化されている。



出入力インターフェイス：サウンドカード

◇オーディオ信号を入出力するための基板が、サウンドカードまたはサウンドボードである。
・拡張スロットに差し込んで使用する場合もあるが、最初からパソコンのボードに搭載されている場合がほとんどである。
・ボードにA-D変換器とD-A変換器を内蔵して、アナログ音声の入出力インターフェースを実現します。アナログ入出力インターフェースの先には、マイクロフォンやスピーカを接続し、音声の録音と再生を行う。



出入力インターフェイス：センサー

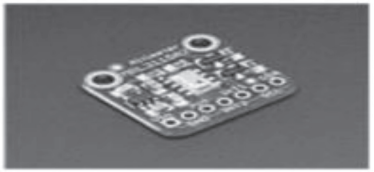
◇センサーは私たちの日常生活の至るところに存在している。
・エアコンには温度や湿度を計測する温度センサーや湿度センサーがある。
・玄関に設置されているインターホンにはカメラやマイクがあり、イメージセンサーや音センサーを備えている。夜になると自動的に点灯する外灯は、日照の明るさを光センサーで検知している。
・スマートフォンでは、現在地を確認するためのGPSや手ぶれ防止のためのジャイロセンサーがある。

◇従来、センサーは電化製品や工場設備等が所有する機能や性能を補完するモジュールであった。
・そのため、完成品メーカーから見ると単なる電子部品としての下請け的な役割でしかなく、完成品あってのセンサーという業界構成図だった。
・しかし、IoT時代が到来すると、センサー等のデバイスが直接インターネットにつながるようになり、その結果、活躍の場は完成品を超えてその先のネット社会へと広がっている。
・さらに、ディープラーニング等のデータ分析が発展するに伴って、データ自体にとても付加価値があると一部の専門家や産業界が気付き始めた。その価値あるデータを生成するのがセンサーであるため、今や白羽の矢が立ってIoT の主役に躍り出た。

◇温度センサー
・温度センサーとは、文字通り物や空気の温度を計測することが出来る機械です。主に、接触式と非接触式の二種類のものがある。
・接触式温度センサーには、熱電対、白金測温抵抗体、サーミスタ測温体、バイメタル式温度計、液体充満式温度計、水銀温度計等があり、広く使われている。
・非接触式温度センサーは、物体から発せられる赤外線を計測することで温度を測定する。

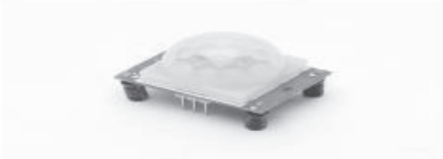
◇湿度センサー
・湿度（空気中の水蒸気の割合）を測定するセンサー。

◇圧力センサー
・気体や液体などの圧力を測定するセンサー。
・血圧計、洗濯機や風呂の水位測定。



◇光センサー
・光の強弱や断続を測定するセンサー
・受光部だけのものと、発光部と受光部を両方持つものがある

◇ひと・ものセンサー
・外灯、人やモノの有無検出



◇地磁気センサー
・方角を知るため地磁気を検知するセンサー
・カーナビ、スマートフォン

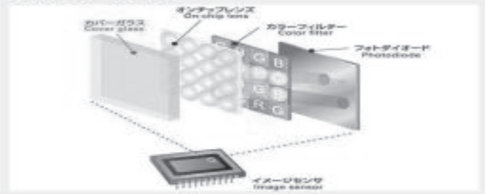
・地磁気を検知することにより、地球の磁力線が南から北の方に向いていることを利用して、北の方向を検知することができる。
・飛行機や、携帯電話、ロボティクスでは、この磁気センサーの情報を利用して、方位を検知するのに利用されている。
・地磁気センサーの種類は一般的に、2軸のものと、3軸のものがある。
・2軸の地磁気センサーは、センサーが地面に水平であることを仮定することで、方位を計算することができる。つまり、センサーそのものがrollやpitch方向に傾くと、上下方向の地磁気の影響で方位の精度が低下するという問題がある。
・3軸の地磁気センサーは、rollやpitchの情報が分かる場合は、その姿勢情報を利用して地磁気情報を補正することにより、センサーの姿勢が変化した場合にも、方位を推定することができる。

◇GPS(GLOBAL POSITIONING SYSTEM)
・人工衛星を利用した位置情報計測システム
・カーナビ、スマートフォン
・GPSは、地球上にたくさん回っている衛星からの電波を利用して、その衛星からの距離をもとに自分自身の位置情報を取得することができるしくみである。2009年12月の情報では、日本国内の測量で利用できる衛星の数は大体50個　前後らしいです。

◇加速度センサー
・物体の移動に伴う速度の変化を検知するセンサー
・カーナビ、エアバッグ（自動車）

・加速度センサーの一般的な測定方式は、バネと重りが一体化した部品に対して、加速度が発生した時の位置を測定するといったもの。
・それぞれの方向に取り付けた重りが、外部からの衝撃により移動することで、その位置変化をセンサー内部で測定。後はバネ係数などを考慮した力学の方程式（フックの法則）に数値を入力することで、加速度を導き出すことができる。

◇CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)
・画像を2次元の受光面に結像させ、電気信号に変換するセンサー
・デジカメ、Webカメラ、車載カメラ



◇ジャイロセンサー

・物体の回転を検出するセンサー。
・カーナビ、スマートフォン、デジカメ。

・物体の回転運動を知ることができるため、加速度センサーでは検知できない「回転の動き」を測定することが可能。
・スマホやタブレッドなどで画面を傾けると、自動で見やすい方向に位置が切り替わるのも、ジャイロセンサーの機能が応用されているからである。
・有名な活用法としてはカメラの手ぶれ補正やクルマの安全システムなど。また、ジャイロセンサーも加速度センサーと同様、MEMSによる繊細加工技術が用いられている。

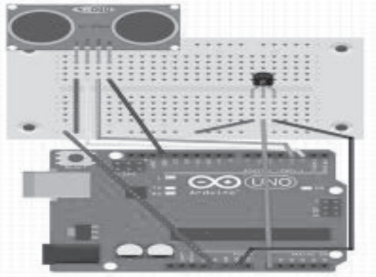
◇磁気センサー

・磁場（磁界）の大きさ・方向を計測することを目的としたセンサー。
・測定対象磁場の強さ、交流・直流の別や測定環境等、目的に応じて多種多様な磁気センサーが存在する。
・用途は、純粋な磁場計測のみならず、電流センサー、磁気ヘッド、移動体探知器等、電気・電子系をはじめとして、ありとあらゆる工学分野に亘っており、各種のセンサーの中でも極めて多彩な部類といえる

北の方角に向かってXYZ軸それぞれの向きを合わせたとき
センサの値（＝地磁気の強さ）が最大値になる

◇超音波距離センサー

・超音波式センサーとは、超音波を使用して距離を測定するセンサーである。
・センサーヘッドから超音波を発信し、対象物から反射してくる超音波を再度センサーヘッドで受信する。
・超音波式センサーは、発信から受信までの「時間」を計測することで対象物までの距離を測定している。
・超音波の発信から受信までに要した時間と音速との関係を演算することでセンサーから対象物までの距離を算出する。
・光学式距離センサーもある。投光部と受光部の2つがある。



◇身の回りにある超音波を使用した機器

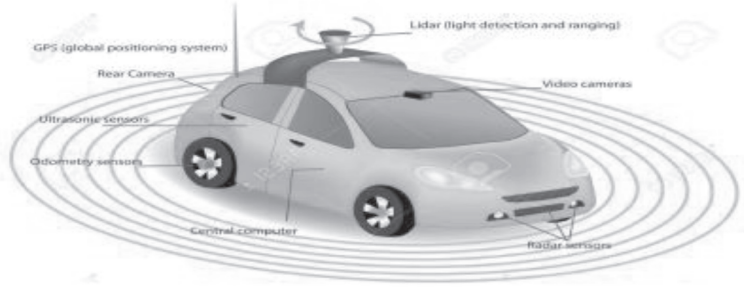
・私達の身近なところでは以下のような超音波センサーが使われている。
　魚群探知機（漁業やバスフィッシングで活躍）
　潜水艦のアクティブソナー（敵の潜水艦や戦艦を検出）
　車のバックソナー
　（バックしているときに障害物を検出して自損事故防止）

・超音波の特性
①色の影響を受けない
　光電センサーと比べた場合、検出対象物の色の影響なく検出をすることが可能である。例えばガラスのような透明な物体も黒のプラスチックも、形状が同じであれば、同じ設定で検出できる。
②広範囲にあるものを検出できる
　光電センサーに比べて、広範囲の音波の反射を検知するので、一度に広いエリアを確認できる。
③非接触で検出できる
　検出物体に機械的に触れることなく検出できるので、検出物体も傷つくことはない。

◇LIDAR

・光を用いたリモートセンシング技術の一つで、パルス状に発光するレーザー照射に対する散乱光を測定し、遠距離にある対象までの距離やその対象の性質を分析するものである。

・この技法はレーダーに類似しており、レーダーの電波を光に置き換えたものである。対象までの距離は、発光後反射光を受光するまでの時間から求まる。
・ライダーとレーダーの最も基本的な相違は、ライダーはレーダーよりも遥かに短い波長の電磁波を用いることである。典型的には紫外線、可視光線、近赤外線である。



◇データグローブ

・人間の手の単純な動作から情報入力を直感的に行なえるセンシング装置で、多様なセンサー技術が用いられている。
・片手だけものが多いが、両手で使用するものもある。比較的低価格のものは指の曲がりだけが計られるが、価格に応じて、指同士の角度や手首の動き、外部装置と組み合わされるなどして手の絶対位置や姿勢まで読み取れるものもある。
・指の曲がり具合は光ファイバや抵抗素子などで測定され、手の絶対位置や姿勢データは磁気センサーや慣性センサーといったモーション・トラッカーにより計測される。
・これらの動きは直ちに専用のソフトウエアによって解釈され、1つの動作から多数のデータが生じる。
・高機能なデータグローブは、グローブ内の指先を押すことで手が触った感覚を再現する、触覚フィードバック機能まで備え、情報入力だけでなく出力装置としても使用できるものがある。

出力インターフェイス

◇出力装置

・出力装置として代表的なものに、ディスプレイとプリンタがある。このほか、オーディオの出力装置として、スピーカやヘッドホン端子を備えたコンピュータが多くなっている。

出力インターフェイス・ディスプレイ

◇ディスプレイ

・コンピュータのディスプレイ上の文字や図形は、小さな点（画素、ピクセル）の集合体であり、この点が1インチあたり何個表示されるかで表示の密度がきまる。

ディスプレイの種類

分類	表示方式
受光型	透過型液晶(バックライト付き) 反射型液晶
自発光型	有機ELディスプレイ プラズマディスプレイ CRTディスプレイ

◇ CRTディスプレイ

CRTディスプレイは、テレビのブラウン管と同じで、管面の内側に塗られた赤(R)、緑(G)、青(B)の蛍光体に、細く絞った電子ビームをあて、これを順にスキャンして管面全体に文字や図形を描いている。
画面は、精細で明るく優れていますが、奥行きのサイズが大きく重いことが欠点で、消費電力も大きくなります。CRTディスプレイは、液晶ディスプレイに置き換わっている。

◇液晶ディスプレイ

液晶（LCD:Liquid Crystal Display）という言葉は、「液体でも結晶でもない中間の状態にある物質」をさしている。液晶の分子は、その並び方が電界によって変化する性質を持ち、電圧をかけて電界を与えることにより光の透過率が大きく変わる。
液晶ディスプレイは、この「電圧で透過光の量を調節できる性質」を利用し、電極をつけた液晶をひとつの表示画素として多数並べておき、RGBのカラーフィルタと組み合せて、フルカラー表示を可能としている。
液晶の電圧駆動方式には、STN（Super Twisted Nematic）方式とTFT（Thin Film Transistor）方式がある。各画素ごとに薄膜トランジスタを設け、個々に電圧を加えられるTFT方式が、画質や性能が高いので主流となっている。また、低温ポリシリコンで製造した薄膜トランジスタを使って、高精細な液晶ディスプレイも実用化されている。
液晶は、自から発光しないので、パネルの背面を蛍光管や発光ダイオード（LED）で照らすバックライト型と、自然光の反射を利用する反射型がある。反射型は、消費電力が小さいので、携帯機器に使われている。

◇プラズマディスプレイ

プラズマディスプレイ(PDP)は、透明で小さな多数の電極をもった2枚の板ガラスの間にガスを封入し、電極間に数100ボルトの電圧をかけて放電させ、内部のRGBの蛍光体が光り可視光を発生する仕組みである。したがって、PDPの原理はRGBの色を発光するきわめて小さな蛍光灯の集まりといえる。
PDPでは、自らが発光するというその発光原理から、視野角が広いという特徴がある。また高精細で薄型の大型ディスプレイも開発され、ディジタルテレビ放送などの高精細映像の表示用として製品化された。

◇ 有機ELディスプレイ

携帯電話やPDAなどの小型ディスプレイや、大型テレビのディスプレイで実用化されている有機EL(Electro-Luminescence)機能を用いたディスプレイが、有機ELディスプレイで。ある有機化合物に電圧をかけて発光させる発光ダイオードの一種で、薄型で軽量なメリットがあり、高いコントラストが実現でき視野角も広いという特徴がある。

出力インターフェイス・プリンタ

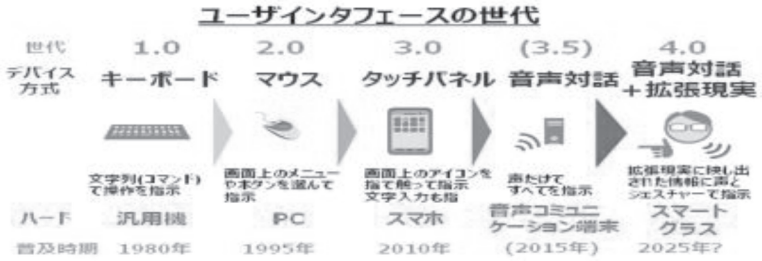
①現在、コンピュータのプリンタとして広く使われているものには、レーザープリンタとインクジェットプリンタがある。
②レーザープリンタ
　静電気を帯びた回転するドラムに、コンピュータからのプリントイメージ情報に従って、レーザー光を当てて不要な部分の電荷を中和する。
　次に、静電気が残っているところにトナーを付着させ、できたトナーの画像を紙に転写し、最後にトナーが取れないように熱を加えて定着させる。
　レーザープリンタは、音が静かで高品位で高速な印刷が可能である。しかし、価格が少し高く、消費電力が大きいことが欠点。
③インクジェットプリンタ
　ノズルからのインクを紙に吹き付けて印字する方式である。
　すなわち、圧電素子に電気信号を入力して振動を発生させ、押し出したインクをノズルで絞って紙に吹き付ける。
インクジェットプリンタは、動作音がきわめて静かで、しかも安価なため、家庭用として広く使われている
④3Dプリンター
　製造現場のあらゆる場面で活用されている。その理由の一つとして柔らかいゴム素材からアルミなど強度のある金属素材まで、様々な材料で造形物を出力できることが挙げられる。

出力インターフェイス・VRヘッドセット

・「VR」とは「virtual reality(バーチャル＝リアリティ)」の略だが、VRヘッドセット・VRゴーグルを使うことで、仮想空間にいるような体験できるもののことを言う。
・仮想空間にいるような体験とは、360度見渡せるコンテンツの中に入り込んだような体験や、自分の動作が仮想空間に反映される体験のことを言う。
・もともとは高度な処理ができるPCが必要で高価な機器を使わないと体験できないものだったが、スマホとレンズ付きのVRゴーグルを使って体験でき、独立型のVRヘッドセットも安くなってきており、日本でも普及の兆しをみせている。

ユーザインターフェイス

◇ユーザインターフェースとは
　人と機械の間に介在し、人への情報提供、機械への指令などをやりとりする部分を指す。
　簡単にいえば、人と機器をつなぐ部分、つまり機器の表示やユーザの操作を受け付ける部分のことで、パソコンのディスプレイ画面やキーボード、マウスなどである。

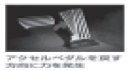


ユーザインターフェイス・応用事例

応用事例1：「インテリジェントペダル」として日産自動車が実用化した技術

①インテリジェントペダルは、昨年12月に発売された同社の高級乗用車「フーガ」に搭載されたもので、車両前部に設置したレーダーセンサーからの情報を元に、先行車両との車間距離や相対速度に応じてブレーキを制御し、追突を防止するというシステム。

②これまでにも試された多くのシステムと違うのは、アクセルペダルを踏んでいるときに危険を判断すると、ペダルを押し戻す力がかかり、ドライバへフィードバックを与える点。つまり、システムによる処理をドライバはその身体で直接知ることができる。



応用事例2：「ヘッドアップディスプレイ（HUD）」技術

自動車のフロントガラスに車速や進行方向などの情報を表示すれば、ドライバは速度計などへ視線を配ることもなくなり、前方視界に集中したまま運転できるため操縦性や安全性はかなり向上することになる。

ユーザインターフェイス・応用事例「自動運転」

1　基本的仕組み

自動運転（オートドライブ）に「認知」、「判断」、「操作」の3つの処理を連動して行う、というのが自動運転の基本的な仕組みである。

①まず、「認知」とは周囲の状況を検知することである。

ミリ波レーダーセンサーと呼ばれる技術は進歩がめざましく、現在すでに衝突予防システム、先行車両との車間を調整するシステム、車線からの逸脱を防止するシステムにも採用されている。

②「判断」は、検知によって得た情報から、どう車を動かすか意思決定を行うことである。

この判断は人工知能（AI）技術の活用が待たれるところだが、今のところは「ルールベースシステム」という手法が使われている。これは交通ルールとも重なる明確なルールを数多く用意し、それらに基づくアルゴリズムによって判断を下すというものである。

③「制御」は、認知と判断の結果を元に、自動で車の運転操作を行うことを指す。

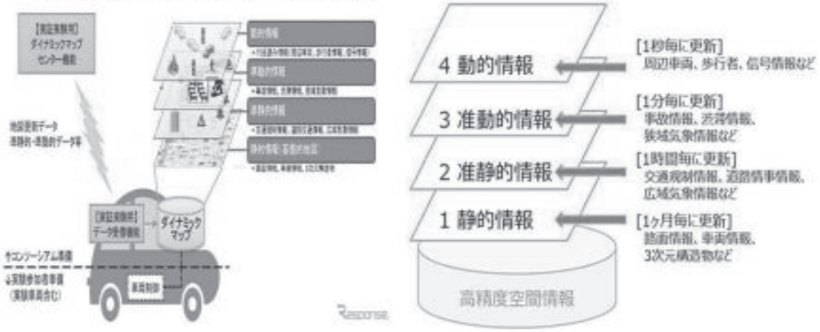
現在は、ある程度までの運転走行を制御する「半自動運転」が実現しているが、今後、実現すると考えられる完全自動運転では、車に乗る人はほとんど運転について関与せず、自動運転システムが車を動かすことになると予測されている。

ユーザインターフェイス・応用事例「自動運転のキー技術」

1　ダイナミックマップ

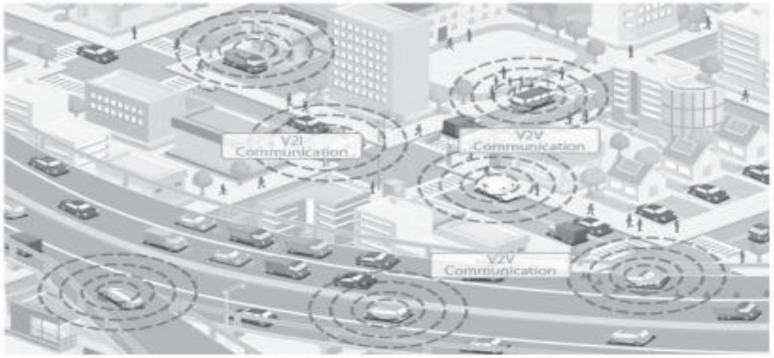
高精度の三次元空間情報を持つデジタルマップのことある。

カーナビなどに使用される3D地図だけでなく、交通事故、渋滞、周辺車両の進行状況、天候といった時間の経過によってリアルタイムに更新される情報を組み込んだマップデータである。



2　高度道路交通システム(ITS)

人と道路と自動車という3者間で情報をやり取りして分析・処理を行うことで、事故や渋滞を解消し、さらに省エネや環境対策も実現しようというシステムである。自動運転との関連では、ITSとの相互連携によって道路交通の最適化が行われる。



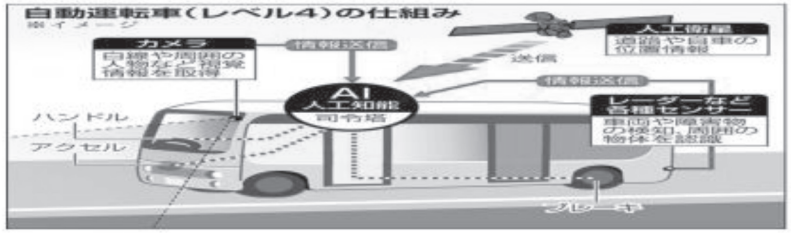
3　人工知能（AI）

自動運転システムにおいては、AIはまさにシステムを司る頭脳として機能する。中でも注目されているのは、「ディープラーニング」と呼ばれる技術であり、これはAIが自らネットワークなどから情報を取得し、学習することで判断の精度を高めていくというもので、自動運転システムにもこの技術が活用される可能性がある。

4　バイワイヤ化

バイワイヤとは「by wire」、ワイヤは電線のことを意味し、自動車における機械式制御を電気信号に置き換えて制御する技術を指す。

バイワイヤは「認知」、「判断」、「操作」の間をつなぐ「伝達」をスムーズに実現するために必要な技術といえる。



第２章後半
「ＡＩ基礎」

ＡＩ基礎・実証授業（第２章後半）

授業テーマ	ＡＩインターフェイス・ＡＩ基礎 ・コンピュータとセンサ概論 ・ＡＩ基礎

授業目標	・人工知能に関する基礎的な仕組みを理解する。 ・インターフェイスやセンサの働きについて理解する。

指導の順序	
Ｓtep１ （60 分）	ＡＩ入門（２章前半） ＡＩとは、ＩｏＴとは
Ｓtep２ （90 分）	ＡＩインターフェイス（２章前半） 入力装置、出力装置、ユーザーインターフェイス
Ｓtep３ （90 分）	ＡＩ基礎知識（２章後半） ＡＩの変遷と進化、機械学習、深層学習

指導過程：Ｓtep３「ＡＩ基礎知識」

ＡＩはいつごろから使われ始めたのだろうか

【基本事項「ＡＩの変遷」】
①第一次ＡＩブーム
・1950 年後半から 1960 年
・ＡＩの機能である推論、探索が可能となる。
②第二次ＡＩブーム
・1980 年代
・知識を与えることにより実用可能な水準に達する。
・クイズ番組で人間に勝つが、問題の意図は理解していない。
③第三次ＡＩブーム
・機械学習を高度にしたディープラーニング
・人工知能自身が知識を獲得する機械学習
◇過去２回のブームが終わった理由
・ＡＩが実現できる技術的限界よりも、社会がＡＩに期待する水準が上回っていたため

◇ＡＩが社会に浸透するための条件
・実用化のための開発や社会環境の整備が必要
◇実用化の背景
・コンピュータの機能が上がった。複数のコンピュータがつながった。
・情報収集、情報処理ができるようになった。

ＡＩの基礎的な知識を学ぼう

【基本事項「機械学習」】
◇機械学習とは
コンピュータが学修することで、予測や分類などのタスクを遂行するアルゴリズムやモデル学習をデータから構築する方法
・タスク：コンピュータが仕事をする最小の単位。仕事、職務
・アルゴリズム：問題を解決するための手法。数学的計算手順

◇機械学習の分類
教師あり学習、教師なし学習、強化学習の３種類がある。
ア　教師あり学習
学修データとして、入力値とともに正解が与えられる。
・正解として与えられたクラスに識別・分類する。
・２つの数値から現象を予測する。気温と売れ方など
イ　教師なし学習
正解となる出力データを与えられることなく、入力データから、そのデータの構造、特性、新たな知見を学習するアルゴリズム

【基本事項「大人のＡＩ、子供のＡＩ」】
◇大人のＡＩ
ビッグデータから一定のパターンを発見するもので、判断基準を人間が設定するタイプ。人間が裏で作り込みをしており、特徴量の設計が必要となる。
◇子供のＡＩ
背景知識のない状態から、ＡＩ自身が試行錯誤を繰り返して性能を向上させるタイプ。ディープラーニングという特徴量を自動で抽出できる技術の開発により、今後期待されている。

・学習する元となるデータには、正解がついていないにも関わらず、そのデータから特徴を見つけ出すこと
・類似性に着目して、複数のグループに分類する方法

ウ　強化学習

教師あり学習、教師なし学習のような固定的で明確なデータを元にした学習ではなく、プログラム自体が与えられた環境（＝現在の状態）を観測し、各行動の、評価を自ら更新していき、連続した一連の行動の結果、価値が最大化する（＝報酬が最も多く得られる）行動・方法を自ら学習

【基本事項「機械学習の分類」】

機械学習を学習した結果の出力値の種類で大きく分けると、次のように分類される。

ア　分類や認識（識別）：動物の種類、指紋など離散値（飛び飛びの値）

イ　予測（回帰）：降水量、株価など連続値（入力値と同じ数値）

◇械学習の分類にはさまざまな分類方法があるが、このアルゴリズムは回帰（予測）、分類（判定）、クラスタリングに分けられる。

・回帰：データから回帰曲線により予測すること。株価の予測など。
・分類：ここで線が引かれると分けること。猫と犬の分類など。
・クラスタリング：グループ分け。教師なし学習・
・外れ値が出る。その外れ値を処理しないと過学習となり、判断を誤る。データを100%採用すると過学習となる。特に自然現象。
・ＡＩは判断する働き。そのためのデータ処理・計算だが外れ値処理が重要。

◇回帰・分類の情報処理方法

・コンピュータは、関数でいえば二乗、三乗までを行う。
・一次関数では66、二次関数70%、三次関数は90%までの確率で当たる。
・四次関数で処理しても三次関数とあまり変わらない。
・変わらないのなら三次で終わるというのがコンピュータの考え方「妥当なところを探す」「説得力のある部分を探す」。
・四次関数は過学習になることもある。

◇教師あり・なし学習

・過去のデータから正解があるものが教師あり学習

温度とアイスクリームの売り上げの場合、人工知能は、データからクラスタリングと回帰曲線により、温度と売れ上げの予想を導き出す。

・正解がなくデータだけを与えるのが教師なし学習

紙おむつが売れるとビールが売れるというクラスターを導き出し、紙おむつとビールの売り場を近づける方法を導き出す。

・強化学習は、どれをすれば得点が上がるかを追及すること

◇機械学習の方法・10 のアルゴリズム

・決定木

・ランダムフォレスト：決定木を複数作ってする方法

・サポートベクタマシーン：分類のために線を引き、郡に分ける方法

・近　傍　法：近さを測定する方法

・平均法

・ニューラルネットワーク：人間の脳と似たシステム、データとデータをつないでいく。多くなったものがディープラーニング

・過学習：外れ値まで学習するとミスジャッジが起こる

◇強いＡＩ、弱いＡＩ

・強いＡＩ：汎用人工知能（相当先のこと）

・弱いＡＩ：特価型人工知能、人間の部分部分を真似る。

深層学習（ディープラーニング）とは何だろう

【基本事項「深層学習」】

・これまで人間が与えていたデータの特徴をＡＩ自身が見つけ出す仕組み。

・データから予測する過程で、多層ニューロンをつくる。多層ニューロンにより、データをベクトル化する。それを何回も繰り返すことを深層学習という。

・人の脳細胞を模倣し、械学習を何度も繰り返し、精度を上げていくのが深層学習

・ネットワークの中簡層を多層にすることにより、情報伝達と処理を増やし、特徴量の精度や汎用性を上げ、予想精度向上が可能となる。

・推論結果が正しいか何度も振り返り、学習していく

・普通のコンピュータでは何時間もかかる。
・最近は、意味がないことは途中でやめる判断もするようになっている。

◇深層学習の過程
①多次元データを主成分分析で、いくつかの要素にまとめ、次元を落とす。（３次元）
②それを何回も繰り返す。
③ベクトルデータ化する。方向性が決められ同じものを分類する。
④低次元になったデータをもとにして予測する。

ＡＩが音声・画像認識の仕組みを知ろう

・音声認識
　人間の会話の音声を認識して、それをテキストに変換する技術
　素音は、母音（アイウエオ）、撥音（ン）、子音（23 種）の単位で構成
・画像認識
　画像や動画から特徴をつかみ、対象物を識別する認識技術

ＡＩ基礎・実証授業アンケート「第２章後半」

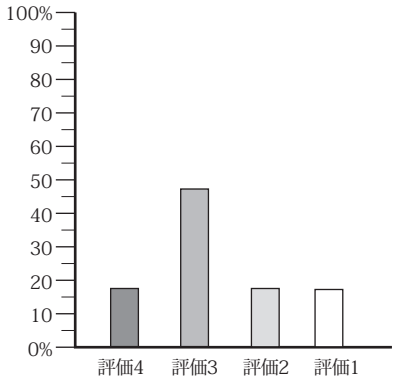
実 証 日：2019 年 10 月 4 日-120 分
対象学生：自動車工学科２年　23 名

１　アンケート調査結果

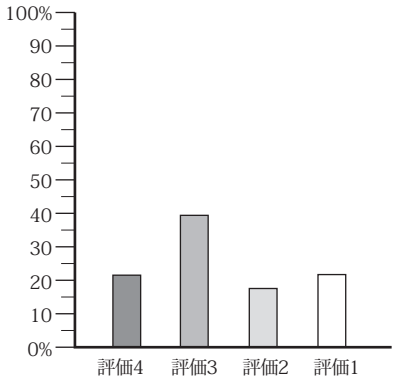
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	17.4%	47.8%	17.4%	17.4%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	21.7%	39.1%	17.4%	21.7%
③理解度	授業は分かりやすかった。	21.7%	47.8%	13.0%	17.4%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	17.4%	30.4%	21.7%	30.4%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	17.4%	39.1%	26.1%	17.4%

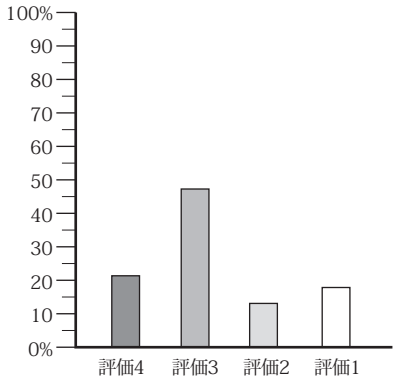
①探究心



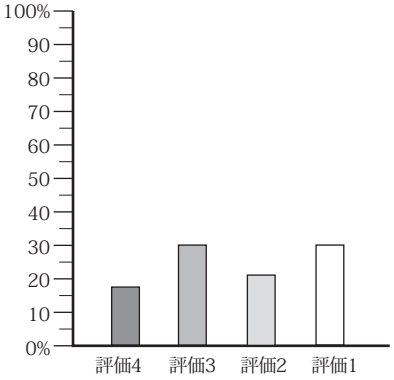
②目的性



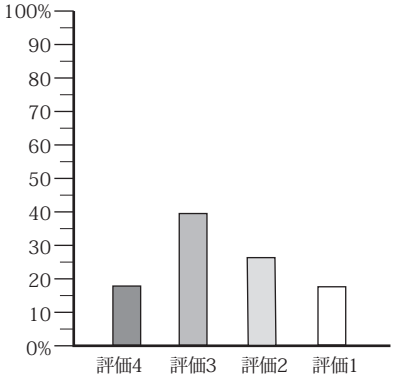
③理解度



④変化性



⑤満足感



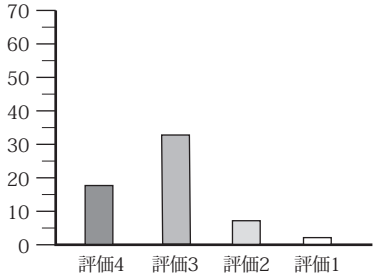
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

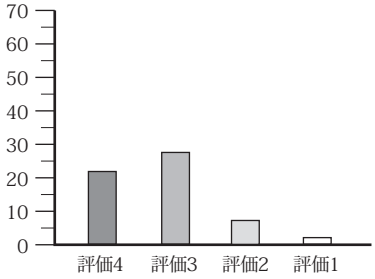
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	17	33	7	2	59
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	22	27	7	2	58
③理解度	授業は分かりやすかった。	22	33	5	2	62
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	17	21	9	3	50
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	17	27	10	2	56

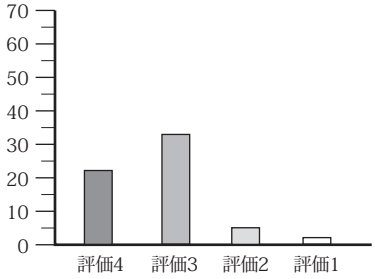
①探究心



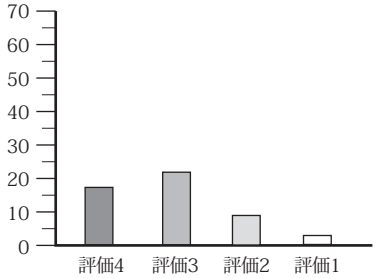
②目的性



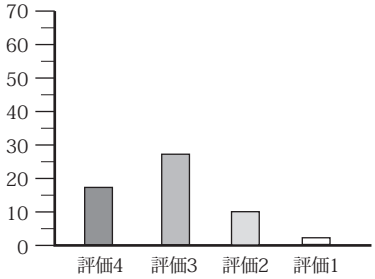
③理解度



④変化性



⑤満足感



3　学生の要望

①目標設定
・授業の必要性が感じられない。
②板書・パワーポイント
・パワーポイントの文字を大きくしてほしい。
③説明内容
・何のことを説明しているのかほとんどわからない
・難しい。
・もっとかみ砕いて、分かりやすく説明してほしい。
・ＡＩが100％を目指さないことは、よく分かった。
・基礎が分かっていないので、ほとんどわからない。
④授業構成
・難しいうえに説明が多すぎて、理解しにくい。
・先生の話が永遠に続くようで、退屈で、眠くなる。

4　今後の改善策

・全体的に第１章、２章前半より、学生評価はかなり低くなっている。学生のアンケートにあるように情報量が多すぎる面が見られる。情報を精選し、コンパクトな授業にするべきである。
・パワーポイントだけの授業のため、単調になっている。様々な方法を用い、授業に変化を持たせるべきである。

ＡＩ基礎・実証授業アンケート「第２章後半」

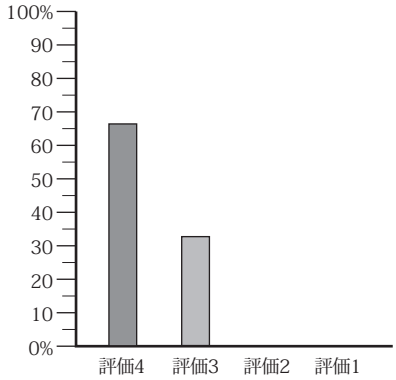
実 証 日：2019 年 10 月 18 日-120 分
対象学生：環境建設工学科土木コース２年　３名

１　アンケート調査結果

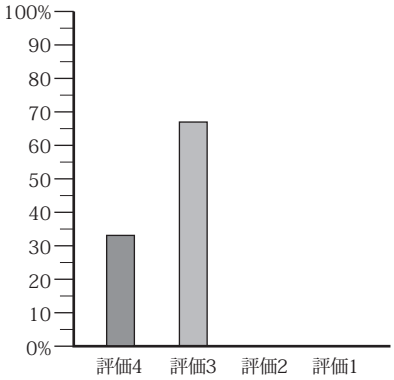
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	66. 7%	33. 3%	0. 0%	0. 0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	33. 3%	66. 7%	0. 0%	0. 0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	33. 3%	66. 7%	0. 0%	0. 0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだった。	33. 3%	66. 7%	0. 0%	0. 0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	66. 7%	33. 3%	0. 0%	0. 0%

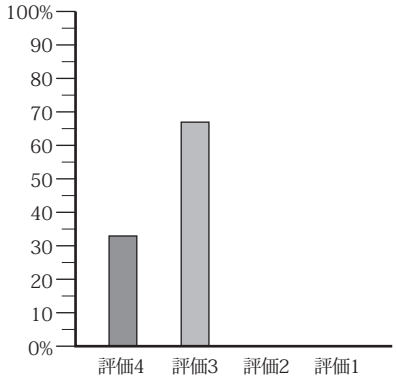
①探究心



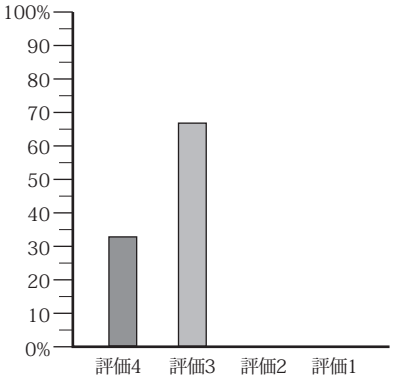
②目的性



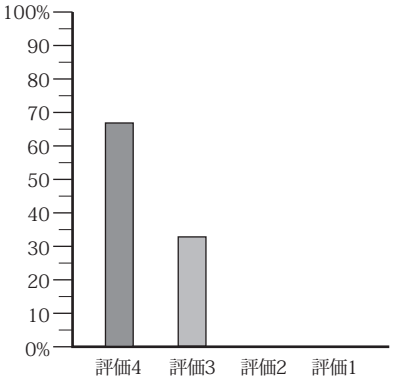
③理解度



④変化性



⑤満足感



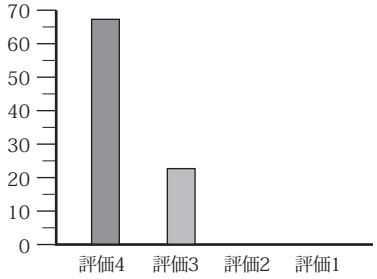
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

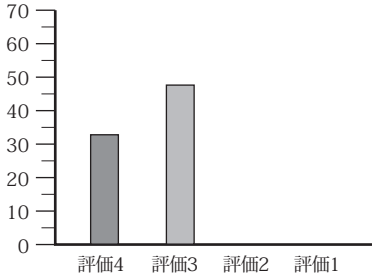
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	67	23	0	0	90
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	33	47	0	0	80
③理解度	授業は分かりやすかった。	33	47	0	0	80
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	33	47	0	0	80
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	67	23	0	0	90

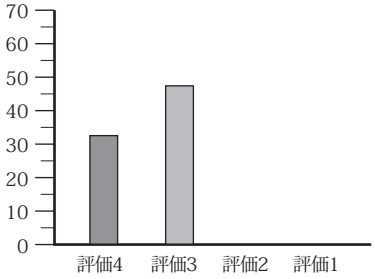
①探究心



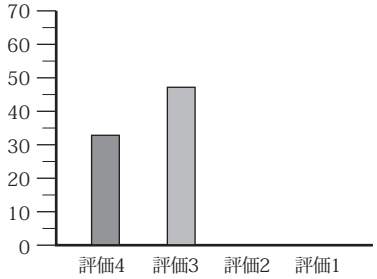
②目的性



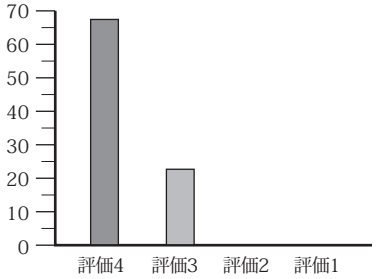
③理解度



④変化性



⑤満足感



３　学生の要望

記載事項なし

４　今後の改善策

今回は、すべて 80 点以上とこれまでにない高い評価となった。その原因は次の点にあると考えられる。

・まず、ＡＩとは何かについて学習し、次にＡＩの基礎理論である機械学習と深層学習について、そしてＡＩの変遷と学習の流れが分かりやすかった。
・理論と例示、理論と例示というパターンで指導し、例示が１ないし２事例であったので、学生が何について説明しているのか整理して学ぶことができた。
・板書で全体の説明をし、パワーポイントで例示するという流れで指導したため、何を学んでいるのかが明確となり、学生が混乱なく、学習できた。
・指導時間が 60 分で 5 分休憩し、20 分で 10 分休憩、次に 20 分して終了と、途中に休憩を多く入れ、授業時間を短くた切っていったため、難しい学習でも一定の集中力のもと学習ができた。

入力インターフェイス

◇入力インターフェイスとは
コンピュータに情報を入力するために使用する仕組みの総称

◇標準入力
・マウスとキーボードはパソコンの入力装置です。

・マウスは「ポインタ」と呼ばれる画面上の矢印を動かしたり、ボタンを押してクリックしたりします。キーボードは文字を打ち込むためのもの。

◇キーボード：メンブレン

・メンブレンキーボードは、多くのキーボードで採用されているキースイッチで、回路を張り巡らしたフィルムの間に、電気を通さない絶縁シートをはさみ、キーを押すことで上のシートが下のシートに接触して入力を判断する仕組みになっています。

・メンブレンキーボードは、安価なものが多いため、コストパフォーマンスでキーボードを選びたい方におすすめ。ただし、反発力が強めで直接指先に伝わるため、長時間の使用にはあまり向いていません。

キーボード：メカニカル

・メカニカルキーボードは、キーの一つ一つに金属製のバネが付いており、キーの反発力や耐久性に優れています。

・メカニカルキーボードと言ってもその種類はさまざまで、滑らかな軽いキータッチが特徴的な赤軸、ソフトな感触が特徴的な茶軸、はっきりとした感触があり、カチッと高い音がなる青軸、重いバネ圧を利用した高い反発力が特徴的な黒軸、などがあります。

・メカニカルキーボードは、高性能なキーボードなうえ、価格も1万円前後と高価なので、コストよりも機能性を重視する方におすすめ。

キーボード：静電容量無接点方式

・静電容量無接点方式キーボードは、静電容量の変化を検出するスイッチを採用しており、物理的な接点がないためスイッチ自体は半永久的に使うことができます。

・また、摩擦することがないため、タイピング音も非常に静かな特徴を備えています。

・しかし、一番安いものでも2万円弱、テンキーだけでも1万円弱と非常に高価なキーボードなので、一般向けというよりは、長時間パソコンを使って作業をするヘビーユーザーの方や、キーの押し心地を追及するマニア方向けのキーボードです。

マウスの種類

・画面で思った通りにポインタを動かし、素早いクリックを可能にするマウスは、パソコンでの作業になくてはならない存在です。

・マウスと一口に言っても以下のようにさまざまな種類があります。
有線マウス、無線マウス、Bluetoothマウス、ゲーミングマウス、テンキーマウス
有線/ワイヤレスマウス両対応マウス、トラックボールマウス、小型マウス
ペンマウス、空中マウス、3Dマウス

マウスの種類：有線マウスとワイヤレスマウス

・有線マウスとワイヤレスマウスは、パソコンとのつなぎ方が異なります。

・有線マウスは、パソコンとUSBケーブルで接続を行います。ケーブルで直接つなぐので動作が安定していることや、パソコンから電源供給するので電池が必要ないというメリットがあります。

・ワイヤレスマウスはパソコンとマウスを電波で接続します。限られたスペースでも、ケーブルを気にせずにコンパクトに使えることがメリットです。ワイヤレスマウスには、無線マウスとBluetoothマウスの2種類があります。

・無線マウスは、USBポートにレシーバーを挿して2.4GHz方式の無線で接続を行って使います。Bluetoothマウスは、多くのパソコンに標準で搭載されているBluetooth方式で接続を行います。USBポートがないスマートフォンやタブレットでも簡単に使えるので便利ですね。

・また、有線マウスとワイヤレスマウスの長所をあわせ持った有線/ワイヤレスマウス両対応マウスもあります。

マウスの機能

・マウスの基本的なボタンは「2ボタン+ホイール」の3つになります。

・機能としては、左クリック・右クリック・ホイールの縦スクロール・ホイールクリックの4つです。

・基本の構造にボタンや動きをプラスした多機能マウスもあります。ホイールが縦だけでなく横に倒して横スクロールができる「チルトホイール」機能は、横長のデータを扱う表計算ソフトなどに便利です。

・その他にも、ブラウザの「戻る」「進む」を操作できる「サイドボタン」、検索サイトをあらかじめ登録しておくと選択した文字を検索できる「検索機能ボタン」、マウスによるポインターの移動速度の調整ができる「DPI（dots per inch）切り替えボタン」などさまざまな機能を持ったマウスがあります。

マウスの読み取り方式

・マウスの読みとり方式の違いから、おもに以下の5種類に分かれます。

・ボール式はボールが回転して動くシンプルな構造で、値段が安いことが特徴です。ボールの部分に汚れがたまりやすい。

・ボール式に変わって一般的になったのが光学式です。赤色LEDが光源となり、カメラセンサーでその動きを検出してポインターが動きます。

・光学式と同じ感度で、省エネを実現したのがIR LEDです。赤色LEDよりも波長が長く、動作のための電圧が抑えられる赤外線LEDが使われています。面倒な電池交換が少ない。

・BLUE LEDは、IR LEDとは逆により波長が短い青色LEDを使うことで、光が拡散しやすくわずかなデコボコでも読み取りができるようになっています。他の読みとり方式のマウスに比べて、細かい動きも逃さない感度の良さが特徴です。

・レーザー式はレーザーを光源として採用していて、透明な場所以外のさまざまな場所で使えるようになっています。機能を強化するためにTOG(Track on Glass)レーザーセンサーを採用した、第2世代のレーザー式マウスもあります。

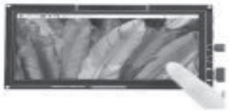
タッチスクリーン（タッチパネル）

・タッチスクリーンとは、ディスプレイのメニュー画面を直接触れることで操作できるディスプレイ装置のことである。キーボードやマウスよりも直感的な操作が可能になる。

・タッチスクリーンはタッチパネルと呼ばれる透明な薄膜を搭載することで接触を関知している。タッチパネルに埋め込まれた素子が圧力や静電容量などから入力を感知し、位置情報に変換して電気信号を送る。膜をかぶせる都合上、画面の制度が落ちるという難点もあったが、最近では赤外線などを用いて（実際には接触していなくても）感知できる方式が登場し、問題は改善されてきている。

・タッチスクリーンは一般で用いられる場合も多く、金融機関のATM、電車の切符売り場、シャープの「ザウルス」のようなPDAなどで多く採用されている。

・ゲーム機メーカーの任天堂が2004年にタッチパネルを搭載した携帯ゲーム機「ニンテンドーDS」を発売し大きな話題を集め、家庭で目にする機会も激に増えた。



タッチスクリーン（タッチパネル）の方式とその特徴

タッチ方式	超音波 表面弾性波 (SAW)	抵抗膜 (RT)	赤外線 (IR)
特　徴	パネル表面がガラスの為傷に強く、視認性も良い。手袋入力可能。高耐久性、マルチタッチ2点まで。	どのようなものでタッチしても反応する。表面がフィルムなので、破損しやすい、透過率も低い。他に比べ安価。	LED の発光部と受光部での構成のため、表示器表面の影響なし。逆にセンサー部と表示器に視差があるため、迷い誤入力しやすい。マルチタッチ可能。
透過率	90%以上	78%以上	89%以上
打鍵性能	5千万回以上	1千万回以上	LED 寿命による
耐久性	◎	×	○
不適切場所	雨・埃のある場所	フィルムに傷がつく可能性がある場所。日光	日光・虫・埃のある場所
価　格	◎	◎	◎

タッチ方式	静電容量 (Capacitive)	投影型静電容量 (PCAP)	投影型赤外線 （PIT）
特　徴	素手のみの反応となります。（アースが取れるもの）水滴や虫などの異物には反応せず誤動作少ない。	マルチタッチが可能。軽い操作にも反応。製造コストが高い。	マルチ2点～10点まで可能。Windows 8ロゴ対応可能。タッチスタイラス制限無し。感度がいい。
透過率	85%以上	90%以上	90%以上
打鍵性能	5千万回以上	5千万回以上	5千万回以上
耐久性	◎	◎	◎
不適切場所	手袋入力不可（静電気が発生し易い場所）	強電流が流れている近く、ノイズがある場所	特に無し
価　格	○	○	○

入力インターフェイス：映像入力機器

・映像入力機器は、外界からの画像や動画をコンピュータにデジタイズするために使われる。
・デジタイズされた画像や動画の情報は、ユーザーの要求に応じて様々なフォーマットで保存できる。

映像入力機器の種類の例としては以下のようなものがある:
・デジタルカメラ
・デジタルカムコーダ
・ポータブルメディアプレーヤー
・Webカメラ
・Kinect
・イメージスキャナ
・指紋スキャナ
・バーコードリーダー
・測域センサ
・光波測距儀
・視線トラッカ

入力インターフェイス：音声入力機器

・音声入力機器は音声をキャプチャーするために使われる。

・発せられた音声をキャプチャーするために、音声出力機器を音声入力機器として使える場合もある。

・音声入力機器によって、ユーザーは命令の処理、記録、または実行のためにコンピュータへ音声符号を送ることができるようになる。

・マイクロフォンのようなデバイスによって、ユーザーは声を録音したり、ソフトウェアを操作するためにコンピュータへ話しかけることできるようになる。

・音声入力機器は音声認識ソフトウェアと合わせて録音以外に利用することもできる。

・音声入力機器の種類の例としては、マイクロフォン、MIDIキーボード（英語版）などのデジタル楽器などがある。

入力インターフェイス：デジタルカメラ・一眼レフ

・現在カメラの主流となっている種類は「デジタルカメラ」です。

・フィルムカメラと違い、画像をデジタルデータとして管理するので、フィルムカメラのような現像が必要ありません。メラはメモリーカードの容量が多ければ、失敗も気にせずたくさんの写真が撮れます。

・デジタルカメラの種類は主に、一眼レフ、ミラーレス一眼、コンパクトデジカメの3種類にわけられます。

・デジタル一眼レフカメラは、撮影する実際の画像をファインダーで確認できるので、大事な一瞬を逃さず撮影できるメリットがあります。

・また、他の種類のカメラと比べても、使われている画像センサーのサイズが大きく、フィルムと同じ高画質での撮影が可能です。

・交換レンズの種類も多く、接近したマクロ撮影から、広大な風景の望遠撮影まで、あらゆるシーンで活用できる種類です。

・デメリットとしては、値段が高めで、重くかさばるという点にあります。

入力インターフェイス：コンパクトデジタルカメラ

◇コンパクトデジカメの特徴
・小さくて軽く、レンズ交換不要でカラフル
・レンズ交換ができない分、高倍率ズームレンズや、多彩な撮影モードなど機能が充実しています。

◇コンパクトデジカメを選ぶメリット／デメリット
・カメラの新製品が出回る3～5月にかけては、コンデジも多数新しいデザインが発表されるため、機能として遜色ない「型落ち」カメラが値下がりしやすいというメリットもあります。
・ただし、高品質のレンズを採用しているコンデジでは、型落ちした一眼レフカメラ0よりも高価な種類もありますので、購入の際は気を付けてください。
・コンパクトデジカメでは、使われる画像センサーが 1/1.7型～1/2.3型と小さく、本格的な撮影にはやはり不向きです。

入力インターフェイス：Webカメラ（ウェブカメラ）

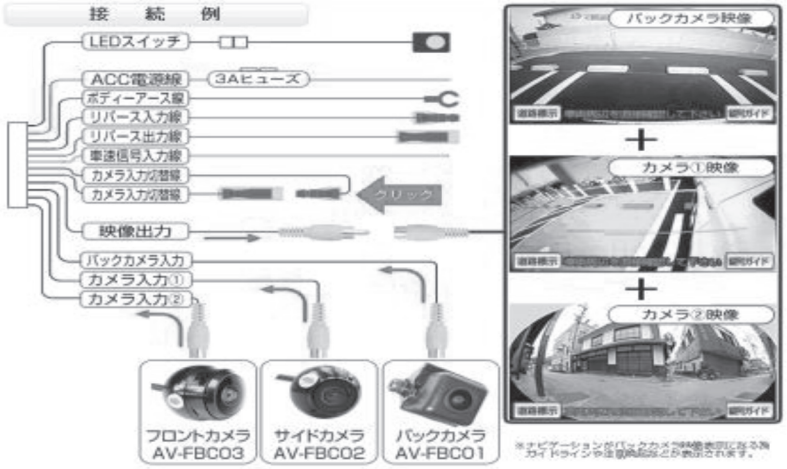
◇Webカメラ（ウェブカメラ）は、WWW、インスタントメッセージ、PCビデオ等を使用して、撮影された画像にアクセスできるリアルタイムカメラのこと。
広義にはライブカメラ（生中継カメラ）一般を指す。

・一般的に、撮影された画像は、リアルタイム、または一定間隔で保存される。PCに接続しリアルタイム画像転送の可能なUSB、IEEE 1394等のインタフェースを持ったカメラを指す。

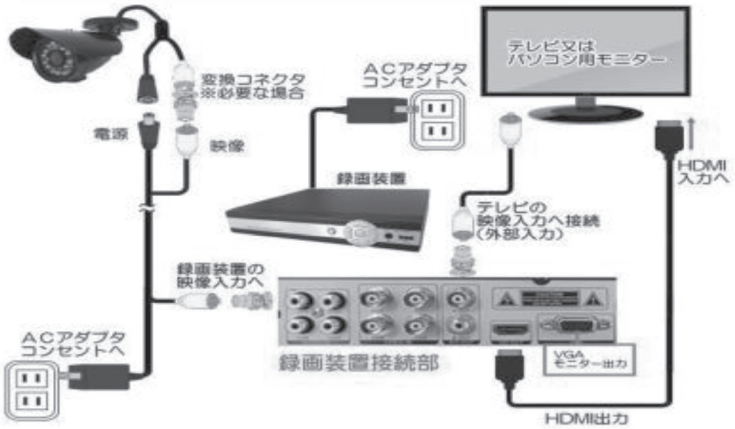
入力インターフェイス：その他のカメラ

無線対応のカメラ
_ネットワークケーブルの配線が不要で、場所を選ばず設置することが可能
防水防塵のカメラ
屋外対応の保護等級を持つカメラや、ハウジング一体型カメラなど、防塵・防水対応
コンパクトなカメラ
コンパクトで目立ちにくい。設置する場所を選ばず圧迫感を与えないメリット
フルHD高画質カメラ
高精細な画質で細かい部分まで確認することができる、フルHD画質に対応。
光学ズーム搭載カメラ
画像を劣化させることなく遠方を撮影することができる、光学18倍以上のズーム
逆光補正対応カメラ
逆光や明暗の差によって生じる、厳しい照明条件下でも鮮明な画像で撮影。
広角レンズ搭載カメラ
1台で広範囲を撮影することができる、画角100°以上を持つ広角レンズが搭載された。
暗所対応のカメラ
暗所・夜間などの低照度、人間の目では見えないようなほぼ真っ暗な環境下であっても撮影
360°全方位カメラ
_魚眼と呼ばれる超広角レンズを搭載し、1台のカメラで360°全方位を監視することができる。

入力インターフェイス：カメラ(センサー）例



入力インターフェイス：カメラ(センサー）例



入力インターフェイス：データグローブ

・18または22個の高精度センサーを内蔵した、高性能データグローブです。
・独自の抵抗屈折感知技術を用い、手や指の動きを関節角度のデジタルデータへリアルタイムで正確に変換します。
・パソコンに送られる関節角データは、ソフトウェアによって、グラフィックハンドとして表示され、操作者の微細な指の動きも正確に反映します。
・グローブに内蔵のセンサーは、1本の指につき3つの曲げセンサー、4つの外反センサー、手の平の反り（手掌弓）、そして曲げと反りを計測するセンサーから成ります。
・ケーブル接続タイプと、ワイヤレス接続の2機種が、それぞれ右手と左手用に用意されています。

MANUS VR

入力インターフェイス：データグローブの種類

（ワイアレス）	触覚フィードバックオプション
リチウムイオンバッテリーとチャージャー USB接続のワイヤレスBluetoothアダプタが付属します。	ワイヤレスマーカー バッテリー駆動によりマーカー単体での完全なワイヤレスオペレーションが可能

入力インターフェイス：超音波センサと光学式センサの比較

・距離を測定できる代表的なセンサは光学式になります。
・光学式センサと超音波式センサを比較した場合のメリット・デメリットは以下の表の通り。

項目	光学式（反射型）	超音波式
検出対象物	材質や色の影響を受ける	材質や色の影響を受けない
検出距離	～1000mm	～10m
精度	高い	低い
応答速度	速い	遅い
ホコリ・水	弱い	強い
測定範囲	小さい	大きい

入力インターフェイス：超音波センサ

◇超音波式センサとは、超音波を使用して距離を測定するセンサです。
・センサヘッドから超音波を発信し、対象物から反射してくる超音波を再度センサヘッドで受信します。
・超音波式センサは、発信から受信までの「時間」を計測することで対象物までの距離を測定しています。

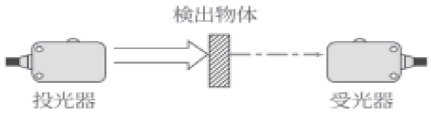
◇距離の求め方
・距離をL、発信から受信までの時間をT、音速をCとすると、
・距離　L＝1/2×T×Cの計算式で求めることができます。」（Tは往復の時間ですので、1/2をかけています）

◇特徴
・透明体の検出が可能。超音波なら、ガラスや液面でも反射して返ってくるので検出が可能です。
・ミスト・汚れに強い。多少のホコリや汚れなら、影響を受けずに検出できます。
・複雑な形状の検出体でも検出可能。メッシュ状のトレーやバネの有無なども、安定して検出が可能です

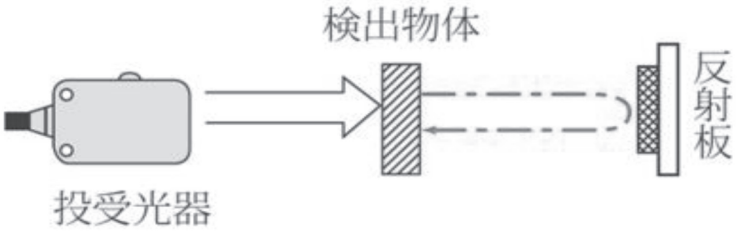
入力インターフェイス：光電センサの検出方式と特徴

◇光電センサとは、可視光線、赤外線などの“光”を、投光部から発射し、検出物体によって反射する光や、しゃ光される光量の変化を受光部で検出し出力信号を得るものです。

◇透過型
・対向する投光・受光器間の光軸を検出物体が遮ることで検出します。
・検出距離が長い。
・検出位置精度が高い。
・不透明体であれば、形状・色・材質に関係なく検出できる。
・レンズの汚れ、ゴミに強い。

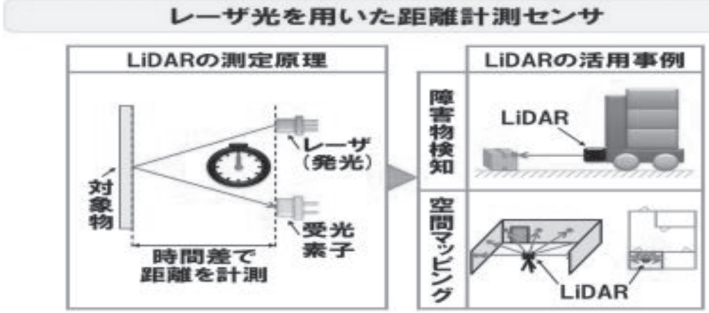


◇回帰反射型
・センサから出て反射板から戻ってくる光を検出物体が遮ることで検出します。
・片側が反射板なので狭いスペースに取り付けられる。
・配線が簡単で、反射型に比べ長距離検出。
・光軸合わせが容易。
・不透明体であれば、形状・色・材質に関係なく検出できる。



入力インターフェイス：LiDAR

◇LiDARは、レーザ光を用いた距離を測定するセンサで、測定原理は、照射したレーザが対象物に当たり、跳ね返ってきた光が受光素子に届くまでの時間から距離を計測するというもの。



出力インターフェイス：転送方式

◇出力インタフェースとは、コンピュータに周辺機器を接続するためのコネクタやケーブルの形状、伝送に用いる通信規格などを指します。
◇インタフェースは、コンピュータ本体と周辺装置との通信を整える働きをする部分で、データの転送方式には、シリアル方式と、パラレル方式とがあります。

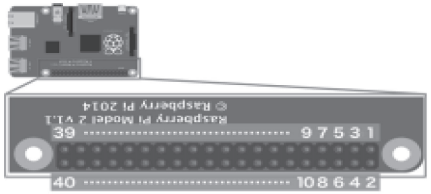
◇シリアルインタフェース
　1本の信号線を使って1ビットずつ順番にデータを転送する方式です。一度に転送するデータの量は少ないですが、ケーブルやコネクタの構造を単純化出来るので、高い動作周波数での転送速度を上げることが出来ます。
　例：USB、LANケーブル、シリアルATA
◇パラレルインタフェース
　複数の信号線を束ねたケーブルで、複数のビットを同時に転送する方式です。一度に転送するデータが多いので、動作周波数が低くてもデータを転送できます。しかし、シリアルインタフェースに比べ仕組みが複雑になること、ケーブルが太く、伝送距離が短いなどの短所もあります。
　例：SCSIケーブル、IDE、パラレルケーブル
◇通信速度
　データ通信の速度は「ビット／秒」（bps：bits per second）を単位として表します。
　1bpsは、1秒間に1ビットのデータを送ることが出来る速さです。

出力インターフェイス：USB

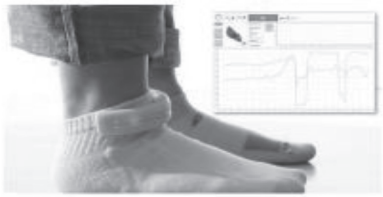
◇USBはコンピュータ用の入出力インタフェースとして広く使われている規格です。現在主流であるUSB2.0規格は最高480Mbpsの高速通信が可能です。
・USB2.0には3つの転送モードがあり、高速性の求められる外付けハードディスクなどには、480Mbpsのハイスピードモード、プリンタやスキャナなどには12Mbpsのフルスピードモード、低速なキーボードやマウスなどには1.5Mbpsのロースピードモードが使用されています。

出力インターフェイス：GPIO

◇GPIOは、集積回路やコンピュータボード上の一般的なピンであり、その動作（入力ピンであるか出力ピンであるかを含む）は、実行時にユーザによって制御可能である。
・GPIOは"General-purpose input/output"の略で、「汎用入出力」を意味する。マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、インタフェースデバイスは、外界と接続するための一つまたは複数のGPIOインタフェースを持っている。
・GPIOピンにはあらかじめ定義された目的がなく、デフォルトでは使用されない[1][2]。すでに構築済みのシステムにシステムインテグレータがデジタル制御線を追加したい場合に、あらかじめチップにGPIOをつけておけば、そのための回路を追加する必要がなくなる。例えば、RealtekのALC260チップ（音声コーデック用）には8つのGPIOピンがあり、デフォルトでは使用されない。



出力インターフェイス：これからのハードウェアは装着型



ユーザーインターフェイス

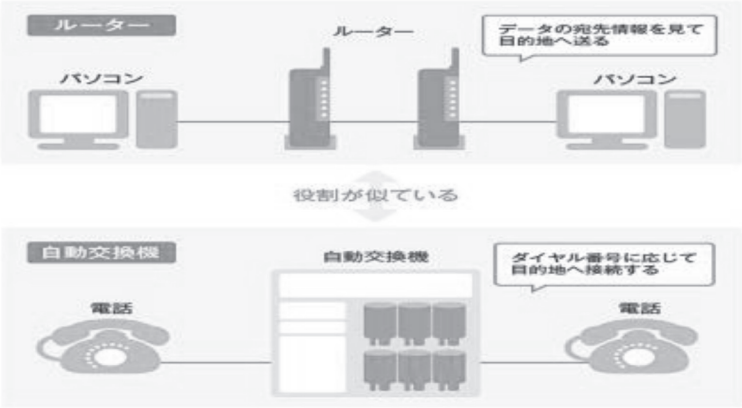
◇利用者が対象を操作するために接する部分。

◇パソコンの場合、マウスやキーボード、ディスプレーといった機械的な要素、どのように操作するかという手順、画面に表示されるメニューやアイコン、ウインドウといった視覚的要素、警告音や文字の読み上げといった聴覚的要素などを指す。

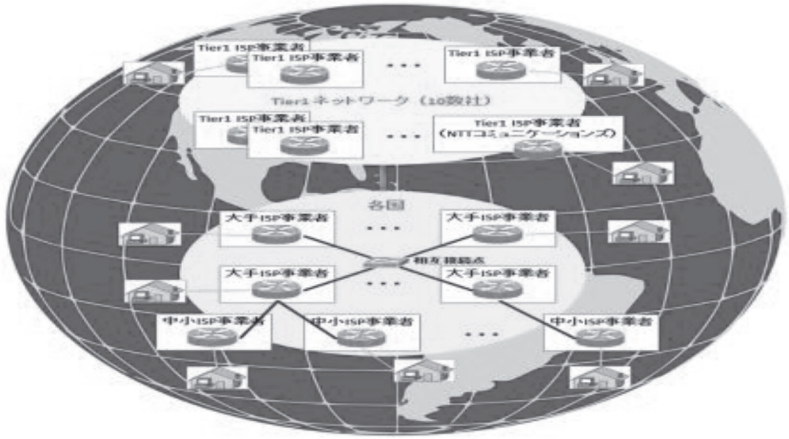
◇機械の性能だけでなく、UIの出来不出来も対象の使い勝手に大きく影響する。Windowsのように文字以外の視覚的要素を操作対象として利用するものを、グラフィカル・ユーザー・インターフェース(GUI)と呼ぶ。

◇インターフェイスは、大きくわけると3種類ある。
1.機械と機械を繋ぐ、ハードウェアインターフェイス。(ex. HDMIケーブル)
2. ソフトとソフトを繋ぐ、ソフトウェアインターフェイス。(ex. API)
3. 人間と何か (主にデバイス) を繋ぐ、ユーザーインターフェイス

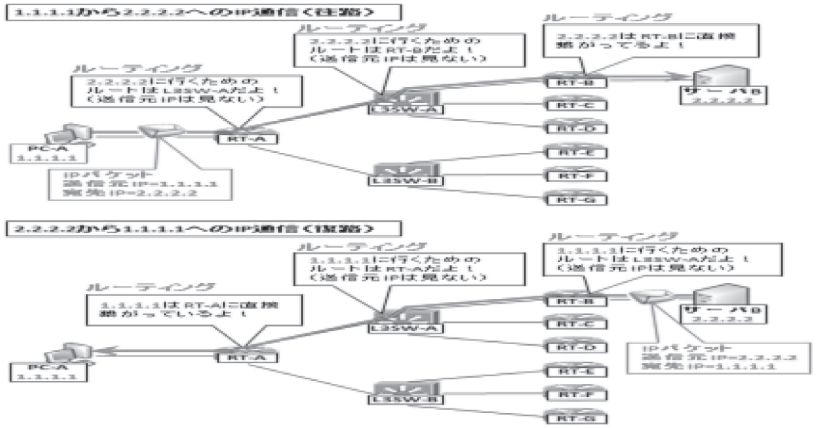
ネットワーク概論・インターネット原理



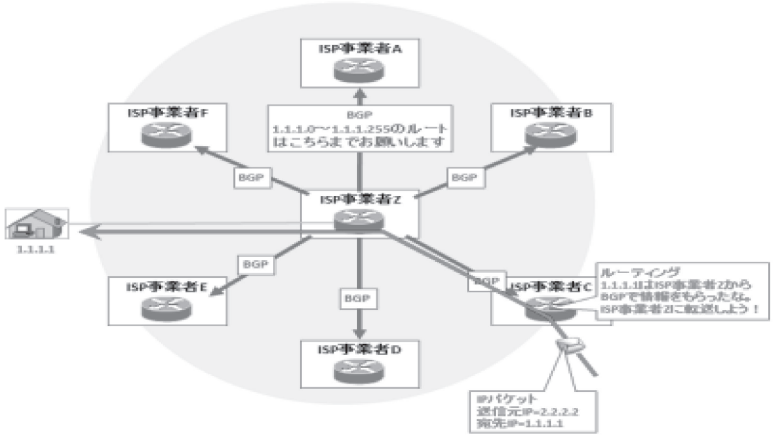
ネットワーク概論・Tier1ネットワーク



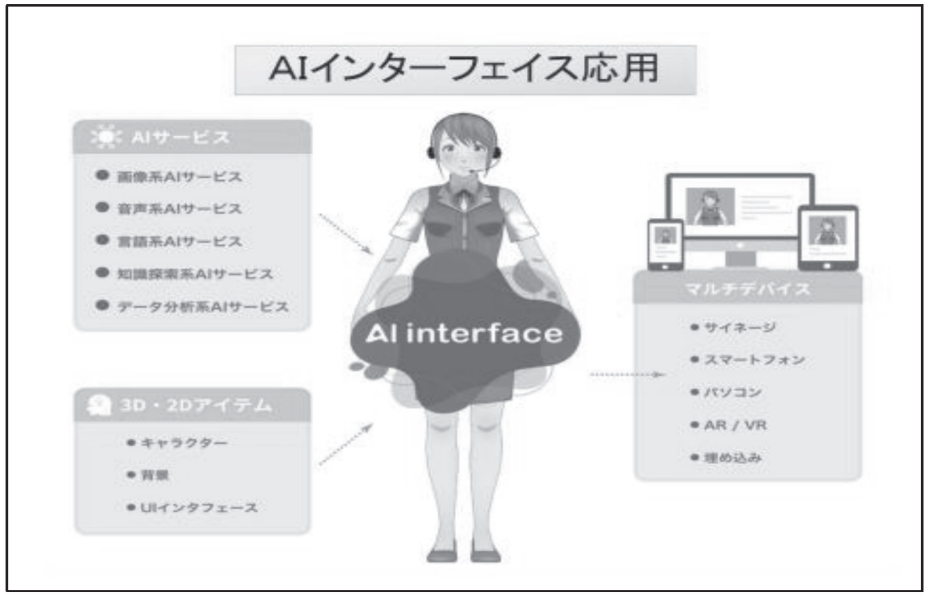
ネットワーク概論・ルーティング

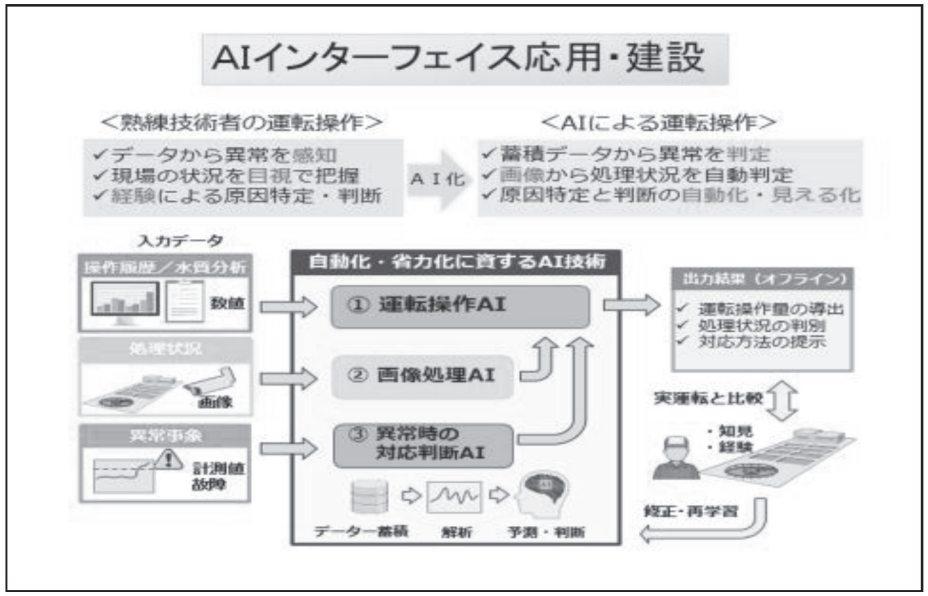


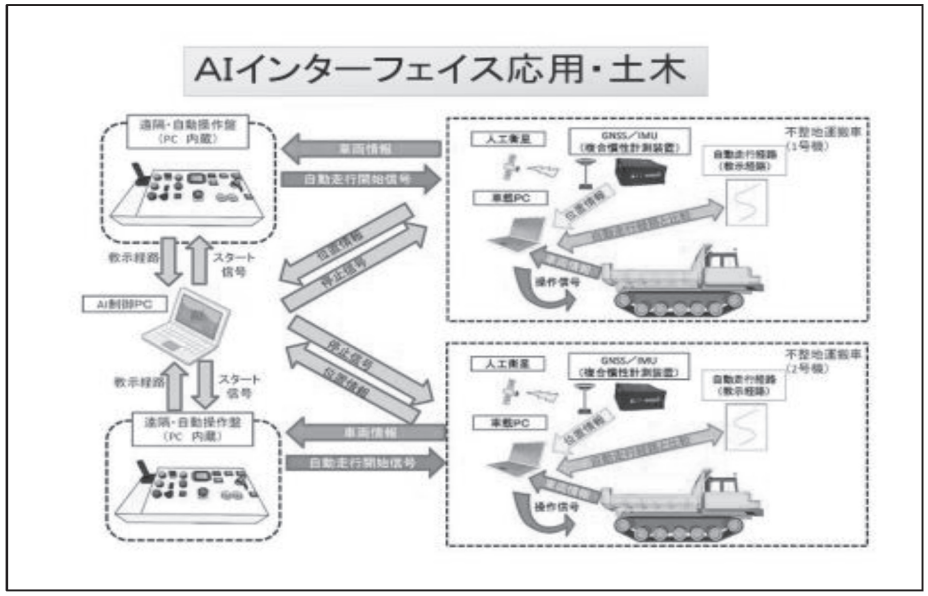
ネットワーク概論・グローバルIPアドレス

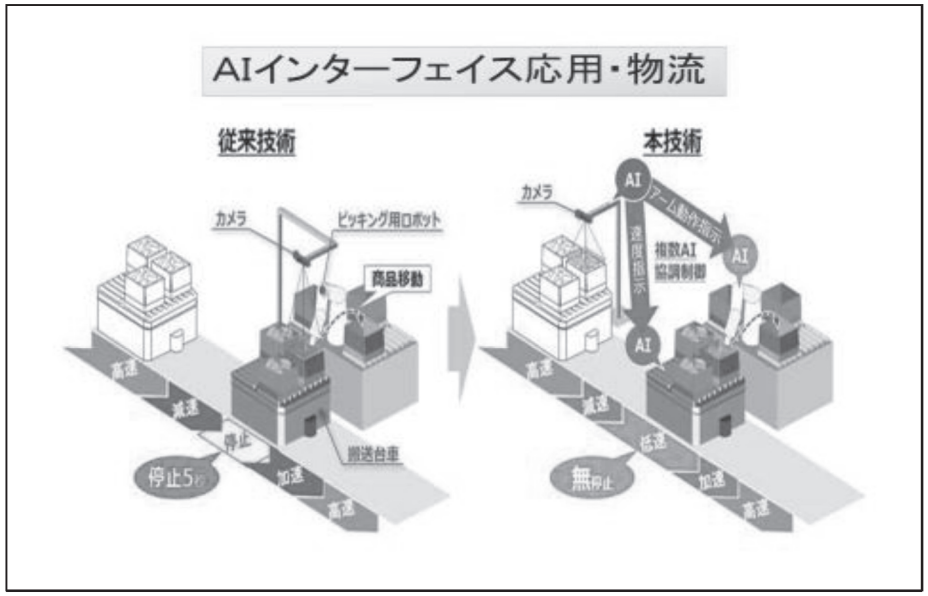


ネットワーク概論・モバイルネットワーク

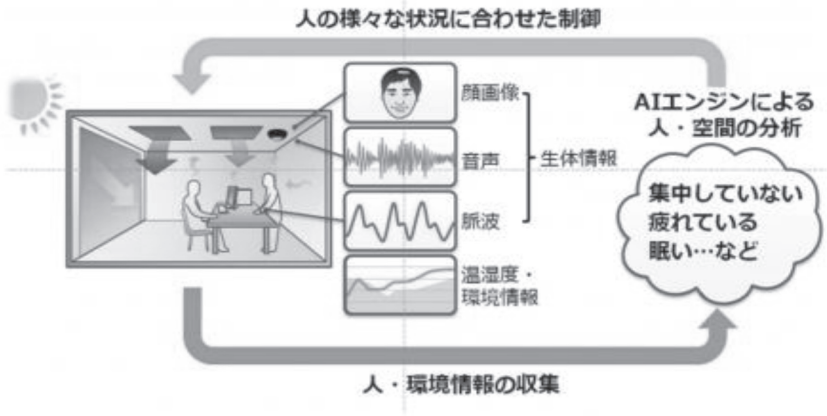

AIインターフェイス応用
AIサービス
画像系AIサービス
音声系AIサービス
言語系AIサービス
知識探索系AIサービス
データ分析系AIサービス
3D・2Dアイテム
キャラクター
背景
UIインタフェース
AI interface
マルチデバイス
サイネージ
スマートフォン
パソコン
AR / VR
埋め込み


AIインターフェイス応用・建設
<熟練技術者の運転操作>
✓データから異常を感知
✓現場の状況を目視で把握
✓経験による原因特定・判断
AI化
<AIによる運転操作>
✓蓄積データから異常を判定
✓画像から処理状況を自動判定
✓原因特定と判断の自動化・見える化
入力データ
操作履歴／水質分析
数値
処理状況
画像
異常事象
計測値
故障
自動化・省力化に資するAI技術
① 運転操作AI
② 画像処理AI
③ 異常時の
対応判断AI
データ蓄積
解析
予測・判断
出力結果（オフライン）
✓ 運転操作量の導出
✓ 処理状況の判別
✓ 対応方法の提示
実運転と比較
・知見
・経験
修正・再学習

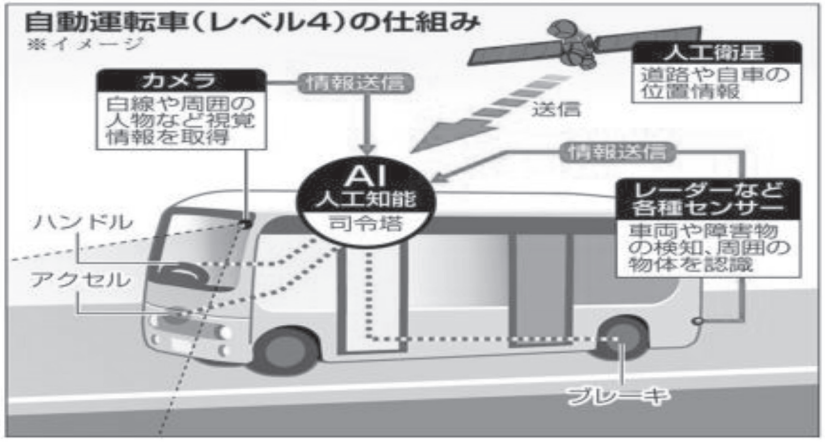

AIインターフェイス応用・土木
遠隔・自動操作盤
（PC 内蔵）
車両情報
自動走行開始信号
教示経路
スタート
信号
AI制御PC
位置情報
停止信号
外乱信号
人工衛星
GNSS／IMU
（複合慣性計測装置）
自動走行経路
（教示経路）
不整地運搬車
（1号機）
車載PC
操作信号
不整地運搬車
（2号機）


AIインターフェイス応用・物流
従来技術
本技術
カメラ
ピッキング用ロボット
商品移動
搬送台車
高速
減速
停止
停止5秒
加速
カメラ
AI
アーム動作指示
複数AI
協調制御
無停止

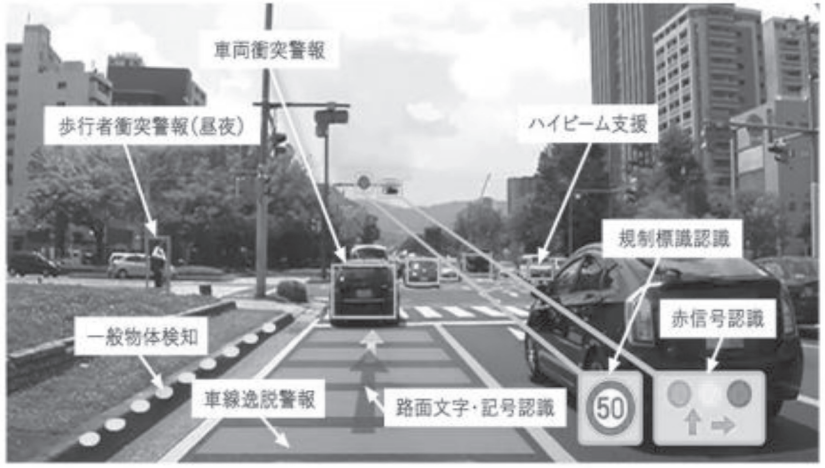
AIインターフェイス応用・生活



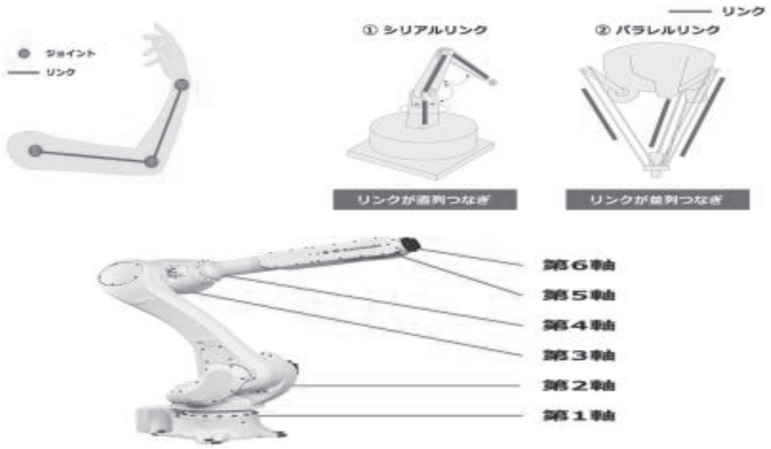
AIインターフェイス応用・自動車



AIインターフェイス応用・交通



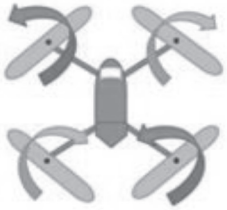
AIインターフェイス応用・ロボット



AIインターフェイス応用・ドローン

◇現在最も民間市場で人気が高いのは、クアッドコプターと呼ばれるヘリコプターのプロペラが4カ所につけられたタイプのもので、大きさや、搭載している機能はさまざまだ。

◇クアッドコプターの魅力は、何といってもその操作性の良さにある。プロペラが4個ある分、操縦が難しいと思われ気味だが、多くのものにはジャイロセンサーや加速度センサーなど、以前のラジコンヘリにはなかったようなセンサーが搭載されているため、抜群の操作性を誇る。

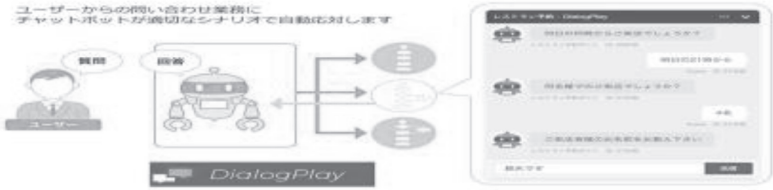


AIインターフェイス応用・チャットボット

◇「チャットボット（Chatbot）」とは、チャット（会話）とボット（ロボット）を組み合わせた言葉で、人工知能（AI）を活用した「自動会話プログラム」のことである。LINE（ライン）、Facebookなどでこのチャットボットを応用したサービスが提供されており、ユーザーはまるで人間と会話するような感覚でAIとの会話を通じて情報収集を行える。

◇チャットボットの仕組み

基本的にはアプリケーションとBot（ボット）といわれるシステムをAPIで連携し、ボットシステム内で問いかけの解釈・返答生成を行い、API経由でアプリケーションに戻される、という仕組みになっている。



AIインターフェイス応用・物流ロボット

◇今まで人の手によって行って来た倉庫内仕分け作業は、ロボットが肩代わり。早く、正確に、さらに丁寧に商品を吸い取る。

・物流の自動化、荷主のいる宅配便の仕分け、某巨大物流センターでは都内や航空貨物などで集められた荷物を全国70か所にあるターミナルに送るため、自動化による仕分けを行っている。

・荷物の行き先を識別し荷物のコードを読み込むことにより行き先を特定。

・eコマース（ネットショッピング）の宅配も急速にロボットによる自動化が発達している。

AIインターフェイス応用・ロボットアーム

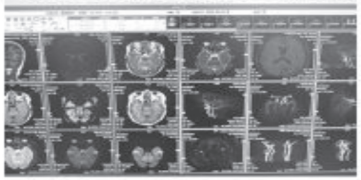
・ピッキングロボットは主に自動車工場で活動しているが、物流の世界ではアームの先（掴む部分）は吸盤4個が新しく使われている。

・従来では不可能だった商品も、この吸盤によりそれが可能となる。小物・袋・曲面物でも傷をつけず、正確・丁寧、そして早くピッキングできる。

AIインターフェイス応用・画像解析

◇画像から必要な情報を抽出し、統計的なデータを得る「画像解析」。
・1990年代にPCが普及してきた頃から取り組みが本格化し、多種多様な分野において活用されてきた。たとえば、天文写真からの新天体発見、航空写真や衛星写真を用いた観測情報の統計化、医療画像による診断、事件・事故に関する調査および証拠、身近なところでは画像から文字を読み取る光学的文字認識、指紋・虹彩・顔認証をはじめとする各種生体認証システムなども、画像解析の活用例といえる。

◇AIを用いた画像解析では、人間が事前にアルゴリズムを設定しておくだけで、「機械学習」によってAIが前処理から最終的な解析までの各工程を一貫して処理できるようになる。たとえば顔を認識させる場合、目/鼻/口の位置や形など"特徴点"となる部分が抽出できるように設定しておけば、あとはPC側で背景と顔の判断を行ってくれるわけである。



医療診断

【AIの実用化が比較的早いと考えられる領域】

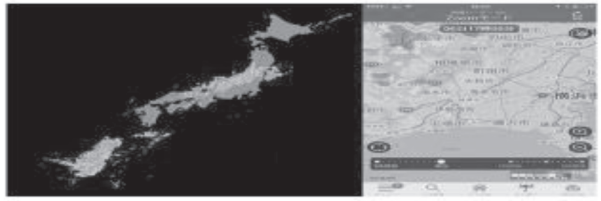
領域	我が国の強み（○）/課題（△）	AIの開発に向けた厚生労働省の主な施策 （民間企業におけるAI開発を促進するための基盤を整備）
①ゲノム医療	△欧米に比べて取組に遅れ	・国立がん研究センターに**がんゲノム情報管理センターを整備**し、ゲノム情報を集約 ・がんゲノム情報管理センターが**臨床情報や遺伝子解析情報等を横串で解析する知識データベースを構築**
②画像診断支援	○日本の高い開発能力 ○診断系医療機器の貿易収支も黒字（1,000億円）	・関連医学会（日本病理学会、日本消化器内視鏡学会、日本医学放射線学会、日本眼科学会）が連携して**画像データベースを構築** ・厚生労働省が、**医師法上や医薬品医療機器法上の取扱を明確化**
③診断・治療支援 （問診や一般的検査等）	△医療情報の増大によって医療従事者の負担が増加 △医師の地域偏在や診療科偏在への対応が必要 △難病では診断確定までに長い期間	・日本医療研究開発機構（AMED）研究費により、**難病領域**を幅広くカバーする**情報基盤を構築** ・厚生労働省が、**医師法上や医薬品医療機器法上の取扱を明確化**
④医薬品開発	○日本は医薬品創出能力を持つ数少ない国の1つ ○技術貿易収支でも大幅な黒字（3,000億円）	・国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所が、**創薬ターゲットの探索**に向けた**知識データベースを構築** ・国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所、理化学研究所、及び京都大学が中心となり、**製薬企業とIT企業のマッチングを支援**

【AIの実用化に向けて段階的に取り組むべきと考えられる領域】

⑤介護・認知症	△高齢者の自立支援の促進 △介護者の業務負担軽減	・厚生労働科学研究費補助金により、介護における**早期発見・重症化予防**に向けた**データ収集及び予測ツールの開発**
⑥手術支援	○手術データの統合の取組で日本が先行 △外科医は数が少なく、負担軽減が必要	・厚生労働科学研究費補助金等により、手術関連データを相互に連結するための**インターフェースの標準化を実施**

気象観測

・従来は、"物理の方程式"を解くことで天気を予測していた。気象レーダーが観測した雨雲のデータと、日本各地に1,300箇所ある気象庁の観測機「アメダス」が取得した気温・風速のデータを"方程式"に入れて計算するのである。
・ところが、よくよく考えたら雨雲のデータは画像（上の画像・左）である。ですから、それをAIに画像認識させればいいじゃないかという発想で、従来の物理方程式や気温・風速などのデータのことをいったんすべて忘れて、ただ画像だけをAIに学習させ、画像Aと画像Cがあったら、その間にある画像Bはこうなるだろうと、予測した。
・すると、非常に高い予測精度が出ることがわかった。実際にはAIだけを使っているわけではなく、従来のさまざまな"方程式"をベースに、場合によってAIの予測画像を使って補完するという運用をしている。



AIインターフェイス応用・音声認識

発言者	発言内容	重要度	TODO
Aさん	今から見積の会議を始めます。		
Bさん	見積の前提はXXXXとなります。	★★★	
Cさん	前提が曖昧なのでもっと明確にして欲しい。	★★★	
Bさん	承知しました。明日、15時までに修正を行います。	★★	★★★
Aさん	会議を終わります。		

AIインターフェイス応用・音声合成・音声認識

音声合成

◇機械の声を人の声に似せてつくる技術のこと。
一方、音声認識は、テキスト（文字）を音声にしたり、音声をテキストにしたりすることをいう。音声合成と音声認識は全然別の技術ではないが、異なる点は多い。
◇音声合成技術については、「そのような技術は以前からあったはず」と感じる人もいると思う。しかし、AI（人工知能）を使った音声合成を体験すれば、従来の音声合成といまの音声合成がまったくの別物であると実感できるだろう

AI通訳とは

◇AI通訳とは、“人工知能によって稼働する通訳・翻訳プログラム”である。
記憶や学習を司る人間の脳神経（ニューロン）の働きを機械で再現した「ニューラルネットワーク」によって、機械自体が人間と同じように事象を学習するという仕組みになっている。さらにAI通訳は常に学習するため、何度も翻訳を繰り返すことで、より翻訳の精度が上がっていく。
◇従来の機械通訳では、人間が定期的に情報をインプットし続けない限り、新しい言葉や概念の誕生に翻訳が追いかない。
◇AI通訳は自動学習機能を獲得したことで、データベースの常態的な更新とほぼ無制限のデータ蓄積が可能になり、学習するたびに翻訳精度を上げられるようになった。

AIインターフェイス応用・顔認識

AIインターフェイス応用・画像合成

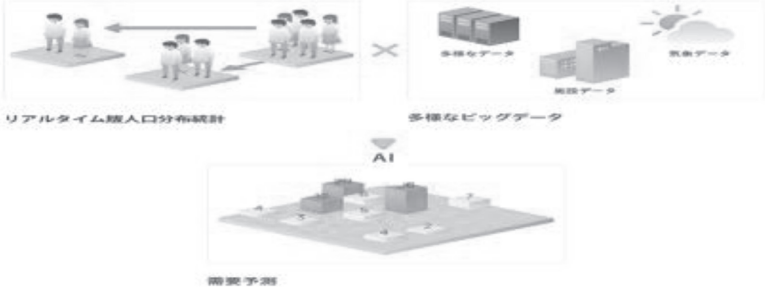
・数の写真を組み合わせて各場面の決定的なイメージをつくる。
・多くの写真を照合することによって、暗い場所での撮影を邪魔するノイズをソフトウェアが識別して除去する。
・このプロセスを経てつくられる鮮明な合成画像のクオリティを、機械学習の助けを借りてさらに向上させる。

中国の新華社と検索サイトの捜狗（Sogou）はこのほど、北京で世界初の人工知能（AI）合成女性アナウンサーを発表した。

AIインターフェイス応用・予測

◇各通信事業者(キャリア)は自社の携帯電話(スマートフォン)のユーザーがどの基地局の通信エリア内にいるかを把握している。

・これを集計すると、個人を特定できる情報は除外するとしても、いつ・どの地域にどれくらいの人がいるのか、性別や年齢別など属性別にリアルタイムでわかる。「モバイル空間統計」と呼んでいる。このビッグデータを活用できることは通信事業者の大きな強み

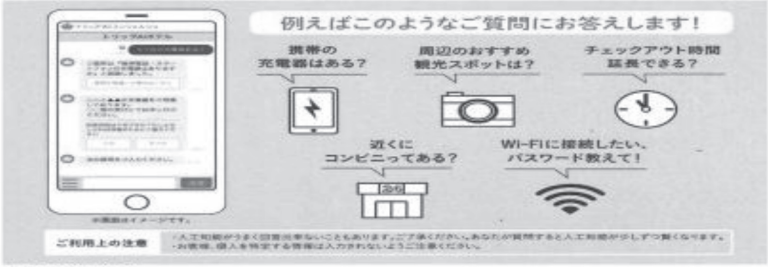


AIインターフェイス応用・コンシェルジュ

◇宿泊施設に代わってお客様からの問い合わせに答えるコンシェルジュサービス。

・AIが問い合わせ内容を判別し、チャット形式で24時間、即時に自動で応答する。宿泊施設は、お客様からの質問が集中するフロント業務を軽減し、その分、目の前のお客様に接する密度を高めることができるようになる。

・業務負荷の大きい問い合わせ業務をAIでサポートする同サービスを開発は、「従業員の省力化」と「利用客の満足度の向上」を両立させ、宿泊施設が本来の業務である付加価値の提供に注力できるようにした。



人工知能（ＡＩ）基礎：ＡＩとは

◇人工知能(Artificial Intelligence)とは

1　人間の脳が行っている知的な作業をコンピュータで模倣したソフトウェアやシステム。

2　具体的には、人間の使う自然言語を理解したり、論理的な推論を行ったり、経験から学習したりするコンピュータプログラムなどのことをいう。

3　学習、推論、認識、判断など、人間の脳の役割を機械に代替させようという研究分野、あるいはそのコンピューターシステムを云う。

4　つまり、人工的に人間と同様の知能を実現させる基礎技術である。

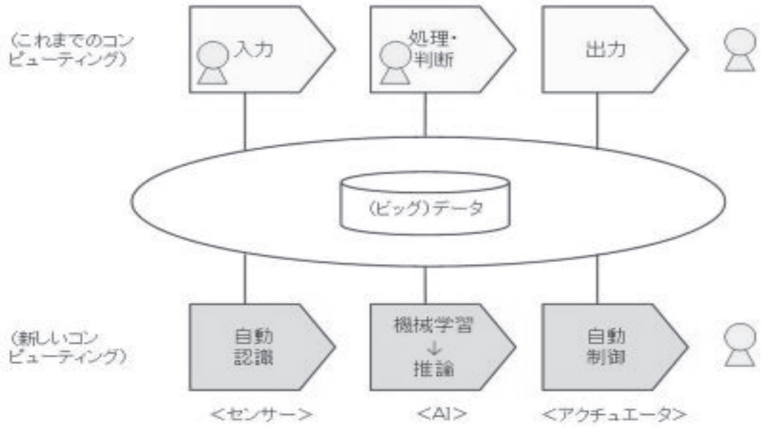
人工知能(AI)による能力拡張

AIやロボットが実現しようとしていること

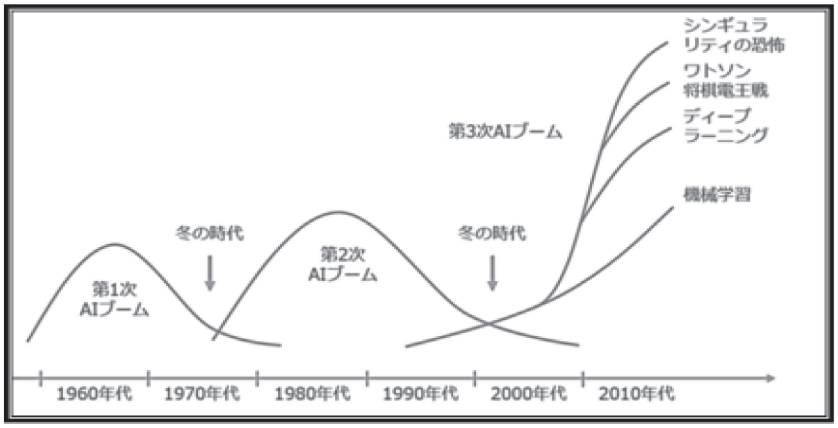
1　「人間にしかできなかったこと」を代替し、**“人間の作業を効率化する”**こと。

2　「人間にはできなかったこと」を実現し、**“人間の能力を拡張する”**こと

人工知能（ＡＩ）基礎：ＡＩとｺﾝﾋﾟｭｰﾃｨﾝｸﾞ



人工知能（ＡＩ）の変遷



人工知能の変遷・第一次ＡＩブーム

◇第一次AIブームの中心は、「探索」と「推論」の研究。

ア　探索とは、最初に与えられた状態から、目的の状態に至るまでの状態の変化を、場合分けを行いながら探し出すこと。

イ　推論とは、既知の知識をもとに、未知の事柄を推し量り、答えを導くこと。

ウ　「探索」と「推論」を用いた一例として、オセロがあります。まず、コンピュータにオセロの基本的なルールのみをインプットします。そして、白黒2枚ずつ置かれたゲーム開始の状態から勝利に至るまでを、あらゆる打ち手を試行錯誤しながら探っていきます。そして、ゲームを進める毎に、勝利に辿り着くためにはどこにコマを置くのが良いかを推し量っていく。

◇第一次AIブームの終焉

ア　当時は解きたい問題を探索・推論の形で正確にプログラムに記述できれば、コンピュータはそれに従って処理をすることが出来た。

イ　しかしこの探索と推論のアプローチだけでは、「トイ・プロブレム（おもちゃの問題）」と呼ばれるゲームのような問題しか扱えず、複雑な現実世界の問題は解けませんでした。**やがて**、AIへの期待感は失われ、第一次AIブームは終焉を迎えた。

人工知能の変遷・第二次ＡＩブーム

◇コンピュータの知識に獲得を目指した第二次AIブーム

AI研究は、1980年代になると再び勢いを取り戻し、第二次AIブームが到来した。

◇「知識」を中心とする第二次AIブーム

ア　第二次AIブームの中心を担ったのは、「知識」であった。
第一次AIブームにおける「複雑な現実世界の問題を解けない」という課題に対し、現実世界の知識（情報）を機械に大量にインプットすることによって、解決を図った。

イ　そのきっかけとなったのは、ELIZA（イライザ）という対話システム。人間が「A」と言ったら「α」と返す、といったように対話のルールを記述することで、あたかも人間と会話しているように見えるプログラムである。これは、今日のチャットボットやSiri、スマートスピーカーの先駆けといえる。

ウ　そして、この時代を象徴するものの一つが、エキスパートシステム。エキスパートシステムとは、ある専門分野の知識を大量にインプットし推論を行うことにより、専門家のように振る舞うプログラムのことである。有名な例として、伝染症血液疾患を診断するMYCIN（マイシン）がある。

人工知能の変遷・第二次ＡＩブームの衰退

◇知識獲得することの難しさ「知識獲得のボトルネック」

1　インプットする知識量の多さ

・当時のコンピュータは、必要な知識を自ら収集して蓄積することは出来なかったため、必要な知識は全て人の手でインプットしなければならなかった。

・インプットする知識を専門家からヒアリングするのにも膨大なコストを要した。

・また、エキスパートシステムは高度な専門知識が求められる限られた分野では力を発揮したものの、一般常識などを必要とする「あいまいな問い」に答えることは困難であった。

2　意味を正しく理解できるように表現することも大きな障壁となった。

・「シンボルグラウンディング問題」と「フレーム問題」である。

・「シンボルグラウンディング問題」とは、記号（シンボル）を実世界の意味と結びつけられない（グラウンディング）という問題。コンピュータにおいては「青りんご」という記号を与えられただけでは、それは単なる記号の羅列に過ぎないため、それが「青いりんご」を指すとは理解できない。

・「フレーム問題」とは置かれた状況を理解し、枠（フレーム）を適切に設定し、関係ある知識だけを選び出すことが難しいという問題である。
この例は、人間が無意識に行っている知識（情報）の取捨選択をコンピュータが行うことの難しさを示している。

人工知能の変遷・第三次ＡＩブーム

◇今日まで続く第三次AIブームの到来
2010年代になると再びAIへの期待が高まり、第三次AIブームに突入した。

◇ディープラーニングの登場による第三次AIブームの到来

ア　ブームの背景には「データ量の増大」「計算資源の進化」「アルゴリズムの進化」があった。

イ　とりわけ、アルゴリズムの進化の一つである「ディープラーニング」の登場は、AI研究にブレイクスルーを起こした。

ウ　第二次AIブームの一つの大きな課題は、インプットした情報の中から「どの特徴に注目して適当な情報を使えば良いのか」を機械が判断することができない点にあった。

・その注目すべき特徴を機械学習の世界では「特徴量」という。

・そしてディープラーニングは、状況に応じた適当な特徴量を機械が自ら選び出すことを可能にしつつあり、これにより一気にAI研究は加速している。

第三次ＡＩブーム・過去との違い

◇過去のブームとの大きな違い
ア　大きな違いは「実社会にすでに数多く実装されている」点にある。
イ　今回のAIブームはまだまだ課題もあるものの、単なる一時の流行ではなく、まさに今大きな変革期にある。

現在の波が過去の波と似ている点	現在の波が過去の波と異なる点
■ 人間の知に対する過小評価	■ 機械学習の限界がまだ見えないこと
■ AIだけが先鋭的に取り上げられる風潮	■ 限定されたタスク領域について、機械の優位性が示せたこと
■ 何をもってAIと呼ぶのかによって経済効果の大きさがかなり変わること	■ インターネット、クラウド、高性能デジタルセンサなど、多様なデジタル技術が利用可能なこと
■ 学習に時間がかかること	■ ビッグデータ、IoTの重要性拡大とマッチしていること
■ ハードウェア・ボトルネックが最大の課題	■ 応用分野がはるかに広く想定されていること
■ それが一般には理解されないこと	■ 研究開発や使用における制度・倫理が現実の課題になること
■ ブームに乗って急に「AIとは何か」論、「人間の方が偉い」論、「人間への脅威」論を述べる人が多いこと	■ 米国ビッグインダストリーが存在すること、また彼らの戦略の一環の面が強いこと

人工知能（ＡＩ）の２つの分類
特化型人工知能（Narrow AI）と汎用人工知能（AGI）

1　特化型人工知能（Narrow AI）
・個別の領域に特化して能力を発揮する人工知能のことで、既に人間以上の能力を持つものが数多く実用化されている。
・例えば、コンピュータ将棋（チェス）、Googleカー（自動運転自動車）、医療診断など。

2　汎用人工知能（AGI）
・異なる領域で多様で複雑な問題を解決する人工知能のこと。
・この汎用人工知能は、人工知能（AI）自身による自己理解、自律的自己制御ができるもので、人間が設計した時の想定をも超える働きを期待することができる。

この「汎用人工知能」を作ることこそ、人類が人工知能を作り始めた目的でもある。

人工知能の考え方による分類

強いAI ⟷ **弱いAI**

強いAIの場合はAI自身が私たちのような知能や意識を獲得したことで、人間と同等の振る舞いをするものを指す。

知能や意識は関係なく、機械的に人間と同じように振る舞うものを指す。

汎用人工知能 ⟷ **特化人工知能**

あらゆる問題を解くことができるAIのことを指す。

囲碁のAIであれば囲碁を打つことはできますが、文字を認識することや英語から日本語へ翻訳することはできない。

人工知能（AI）の4つのレベル

レベル1：単純な制御プログラム
具体的には、マイコン制御のエアコンや洗濯機など。

レベル2：古典的なAI
診断プログラムに使われるエキスパートシステムなど、対応のパターンが多彩なAI。将棋のプログラムや掃除機。

レベル3：機械学習を取り入れたAI
機械学習を取り入れたAIとは、事前に学習した対応パターン、特徴量を使い、新しい入力を出力と自動的に結びつけ、学習していくもの。
具体的には、検索エンジンや、ビッグデータ分析に使われている。

レベル4：ディープラーニングを取り入れたAI
プログラム自体が大量のデータのインプットと特徴量抽出を繰り返すことで、レベル3のAIでは、人間がすべて設定する必要があった「特徴量」の学習を行う。
ある程度の学習は、事前に人間がさせる必要があるが、レベル3と異なり、コンピュータに任せられる部分が増える。
具体的には、顔画像認識や天気予報など。

人工知能と機械学習

◇人工知能と機械学習
・人工知能は、人間の知能と同じ特徴を持つ複雑なマシンを構築すること。

・機械学習は、その人工知能を実現するための方法の1つ。

◇機械学習が注目される大きな理由
大量のデータから自動的に短時間で正確な結果を得ることができる。

人工知能・機械学習とは

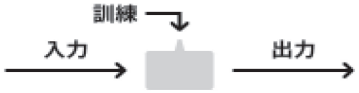
◇機械学習 とは－ AIのプログラム自身が学習する仕組み
・機械学習とは、その字が表すとおり「機械（コンピュータ）が学習する」こと。
・機械が学習するためには、学習の元となるデータを入力値として用いる。
・そして、この学習した処理を使うことで、学習後に入力された未だ学習していないデータに対しても、分類したり識別したりすることができるようになる。

◇機械学習の成長を説明する3つの要因
1　コンピューター処理能力の向上：短時間で大量のデータを処理
2　大量データの出現：多数のセンサーにより大量データを収集
3　AI技術の進化：ﾃﾞｨｰﾌﾟﾗｰﾆﾝｸﾞ技術のﾆｭｰﾙﾈｯﾄﾜｰｸの登場と進化

◇機械学習の3つの種類
1　教師あり学習（Supervised Learning）
2　教師なし学習（Unsupervised Learning）
3　強化学習（Reinforcement Learning）

人工知能・機械学習・教師あり学習

◇示された正解データを元に、AIのアルゴリズムは、入力データの特徴やルールを学習する。



◇回帰：物事を予測する
・物事のトレンドを予測することが可能である。
・トレンド予測の活用例としては：不動産価値、商品価格、株価、会社業績等がある。

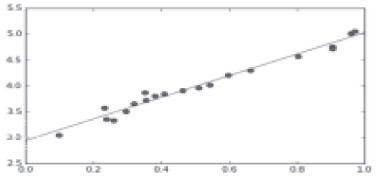
◇分類：物事を分ける
・物事をカテゴリ別に分けることが可能である。
・果物をサイズ別に分けたり、画像や音声を種類別に分けたり、正常なもので不正常なものを分けたりできる。

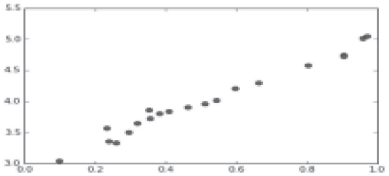
教師あり学習・事例

◇教師あり学習は、学校のテスト勉強に似ている。
・問題集を解いて学習してからテストに挑む。これが教師あり学習。
・問題と答えのセットから傾向を学習し、新しいデータがどこに分類されるか予測をおこなう。

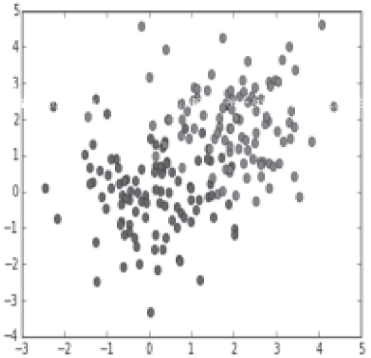
◇教師あり学習は、分類問題と回帰問題に分けられる。

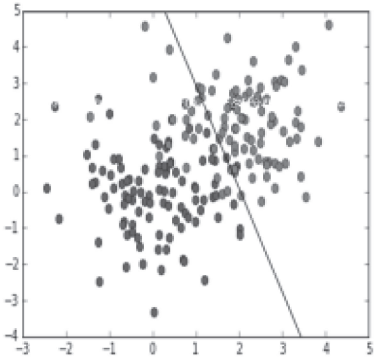
◇回帰問題
データ群から線を求めるのが回帰問題というもので、株価の予測とか明日の気温の予測などに使われている。





◇分類問題
・青と緑の境目のところに線を引く。
・新しいデータが線の左側にきたら青に近しいデータ、線の右側にきたら緑に近しいデータと分類できる。
・スパムメールの分類とかに使われている。





人工知能・機械学習・教師なし学習

◇正解データなしで、AIのアルゴリズムはデータの特徴やルールを　学習する。

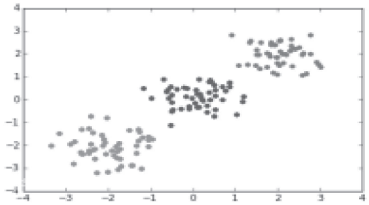
◇クラスタリング
・機械学習のニューラルネットワークを活用したアルゴリズムは、人による指導なく、自律的に類似性のあるデータをクラスタリング（グルーピング）する。
・例えば、犬に類似したものは「犬」というクラスターに収集する。猫に類似したものは「猫」というクラスターに収集する。

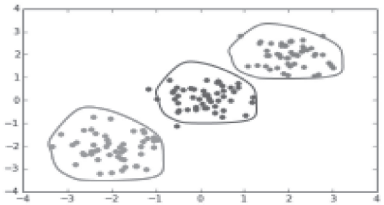
◇異常検知
・機械学習のニューラルネットワークを活用したアルゴリズムは、人による指導なく、自律的に正常なものと不正常なもの（異常）を検知する。
・機械の異常を検知することもあれば、ベルトコンベアーを流れる製品の異常も検知するなど、ほかにも活用例は多くある。

教師なし学習・事例

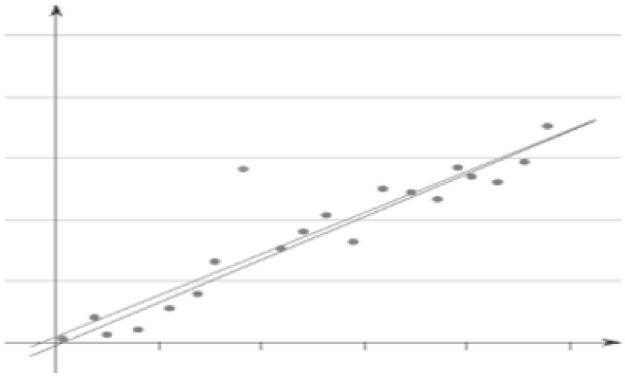
◇教師なしというのは、正解不正解のデータがないことである。
・そのままデータをつっこんでしまうのがこの学習方法。
・クラスタリングしたり、外れ値検出したりして、なんとなく傾向をつかむことができる。

◇クラスタリング



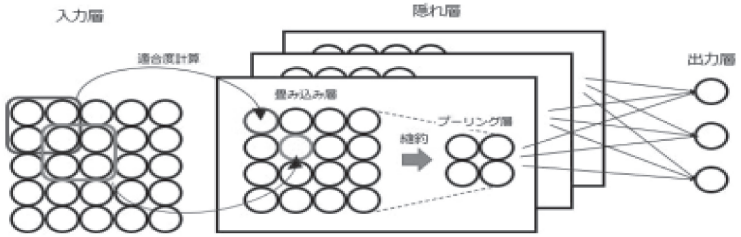


◇外れ値
センサーの異常値検出などにつかわれる。



教師なし学習アルゴリズム
畳み込みニューラルネットワーク（ CNN ）

◇ニューラルネットワークにおいて、隠れ層が、畳み込み層＋プーリング層 から形成されているもの。
◇畳み込み層では、入力層からのデータをあらゆる部分でスキャンして、特徴との適合度を計算する。
◇プーリング層では畳み込み層のデータをあるサイズに縮約する。
◇畳み込み層とプーリング層を交互に繰り返すことで、隠れ層を形成する。



人工知能・機械学習・強化学習

◇報酬か罰を与えることで、AIのアルゴリズムは最良の方法を学習していく。

◇「強化学習」では、失敗や成功を繰り返し、それに対して報酬を与えることで学習効率を上げていくことが可能です。この学習方法は最短経路の探索やゲームの攻略に力を発揮します。

◇**広告配信**
・WEB広告の効果（クリック率）は多数の要因（ユーザの在住地、時間帯、掲載サイト等々）によって決まります。
・要因に「報」と「罰」をつけることによって、より効率的で効果の高い広告配信が可能になります。

◇**分別ロボット（例：ゴミと野菜の分別）**
・強化学習を使用することによって、ロボットやドローンなどの機械は「報」と「罰」を活用した強化学習で「成長」していくことが可能になります。

強化学習・事例

◇強化学習ではその時点で貰える報酬（**即時報酬**などと呼びます）ではなく、将来に渡る価値を最大化する。
◇よって、単に即時報酬が多くもらえる近視眼的な行動ではなく、より**未来を考えた価値**を最大化する行動を取る。

◇**アルゴリズム**
・**状態** s∈Ss∈S とは、環境が今どうなっているのかをあらわすものです。株の売買の例では、各株式の今の値段や、持っている株式の数が状態にあたる。
・**行動** a∈Aa∈A とは、エージェントが環境に対してどのような行動を起こすことができるのかをあらわす。株の売買の例では、株の売り買いの判断やその量にあたる。
・**報酬** r∈Rr∈R とは、ある状態においてエージェントが行動を起こした結果、どれくらいの報酬が得られるのかをあらわす。株の売買の例では、売買の結果の儲けにあたる。

機械学習・その他の方法

◇モンテカルロ法
・シミュレーションや数値計算を乱数を用いて行う方法である。
・行動によって得られた報酬経験データだけを頼りに状態価値、行動価値を推定する方法として適用されている。強化学習の一種。

◇転移学習（トランスファーラーニング）
・ある領域で学習したこと（学習済みモデル）を別の領域に役立ち効率的に学習させる方法である。
・機械学習では、強化学習が目覚ましい進化を遂げていますが、転移学習が人間の力に近づくには大きな可能性を持っている。
・複数の領域を並行して学習して共通する要素を抽出して学習する方法は、マルチタスク学習という。

◇不完全情報ゲーム
・麻雀、ポーカー、人狼、大貧民など対戦相手の持ち駒などの情報が提供されないゲーム。不完全情報ゲームで人工知能が上達すれば、実世界でも役に立つことになる。

人工知能・深層学習（ﾃﾞｰﾌﾟﾗｰﾆﾝｸﾞ）

◇深層学習（ディープラーニング）とは
- 人間の脳神経回路をモデルにした多層構造アルゴリズム「ディープニューラルネットワーク」を用い、特徴量の設定や組み合わせをAI（人工知能）自ら考えて決定する。
- 機械学習では、着目点を指示する必要があったが、深層学習の場合は指示をしなくても自動で学習する。
- ただし、精度を高めるには大量のデータが必要になり、読み込ませるデータによって学習の方向性も変わるので慎重に選ぶ必要がある。

◇学習の深化
- 深層学習は、ニューラルネットワークの構造を深くすることで実現する。
- 近年、多層ニューラルネットワークの学習の研究や、学習に必要な計算機の能力向上、および、Webの発達による訓練データ調達の容易化によって、十分学習させられるようになった。
- その結果、音声・画像・自然言語を対象とする問題に対し、他の手法を圧倒する高い性能を示し、2010年代にさらに普及しました。
- バックプロパゲーションにより推論結果が正しいか見つめ直して、アルゴリズムでどこが悪くどこを修正したらよかったかを学習する。

AIが深層学習、ヒトを超える？（新聞記事）

◇深層学習開発の突破口
- 2012年の画像認識技術コンテストで、カナダのヒントン教授チームが圧勝し、深層学習が一躍脚光を浴びた。

◇深層学習のイメージ
【従来】犬や猫を区別して画像を読み込ませ、判断基準を細かく定義して学習させる。
【深層学習】脳の神経回路の働きをモデルとしたもの。
- 種類を区別せずに対象の画像を読み込ませ、正解となる出力との差を小さくすることを繰り返し精度を高め、 自ら犬の概念を学習

◇AIの画像認識制度は、特定の条件下ではヒトを超えるレベルに達した。

AIが深層学習、機械が目を持った（新聞記事）

◇深層学習による画像認識技術の向上は、機械が目を持ったことになる。
- 十分なデータがあれば、ロボットとの組み合わせで、すべての作業が自動化される可能性がある。

【活用例】
食材加工、物流仕分け、エックス線撮影画増や磁気共鳴画像の分析、顔認証決済

◇AIによってなくなる仕事があるが、新たな技術は新たな仕事を生む。

古文書の崩し字を解読（新聞記事）

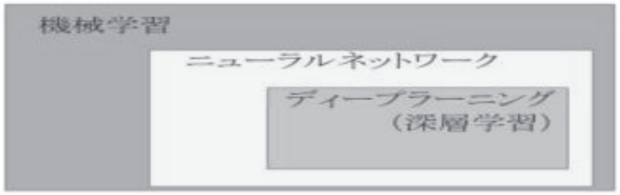
◇古典の解読は、専門家でも1ﾍﾟｰｼﾞあたり10分程度かかる。

◇崩し字の解読ソフトを開発、このAIなら1ﾍﾟｰｼﾞ1秒間で解読

- 早稲田大学に留学のタイ出身のタリンさんが、崩し字の解読に長時間を要した経験から、ﾃﾞｰﾌﾟﾗｰﾆﾝｸﾞの仕組みを学び、効率よく解読するシステムを開発
- 崩し字、約2400種を認識し、江戸時代の文献なら90%の精度で解読できる。
- 崩し字は前後の文字が繋がっていて切れ目が分かりにくい。1文字の領域を決めるのが難しく解読が止まってしまうことがある。
- そこでタリンさんは、文字の領域を決めずに、いきなり解読することを試みた。
- この方法を使うと、見つけた文字からどんどん解読していくことが分かった。

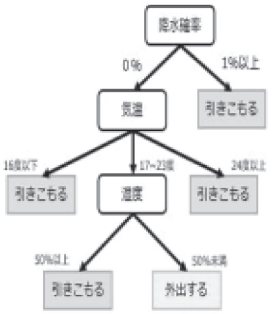
深層学習と機械学習の違い

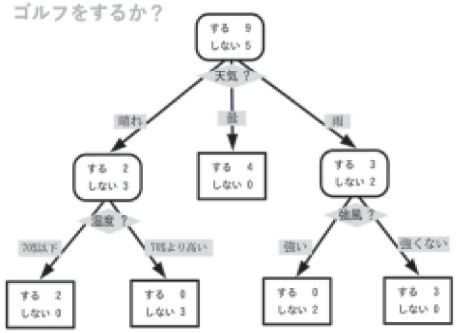
◇機械学習は、開発者が全ての動作をプログラムするのではなく、データをAI自身が解析し、法則性やルールを見つけ出す、つまり、トレーニングによって特定のタスクを実行できるようになる人工知能をさす。
◇深層学習は機械学習の中の一手法で、一連のニューラルネットワークとその関連技術の発展形。
◇従来の機械学習と異なり、人間の神経を参考にしたニューラルネットワークを何層も重ねることにより、データの分析と学習を強化した人工知能。
◇なお、深層学習は、分析の対象を区別するための特徴量を自動で見つけ出す、と言われることもあるが、深層学習も人間が大部分の特徴量を決めなければ、実はきちんと機能しない。



機械学習・10のアルゴリズム 決定木

◇分岐処理をツリー状に形成し、トップから再帰的に対象データを分岐させて最終的なクラスを決定する手法。



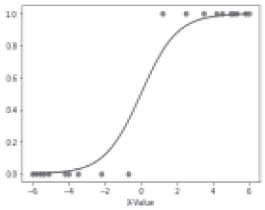


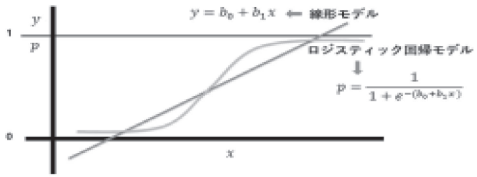
機械学習・10のアルゴリズム ランダムフォレスト

◇分類や回帰に使える機械学習の手法。
◇訓練データからランダムにデータを選んで決定木を複数作り、それぞれの決定木で予測された結果の多数決により、最終的なクラスを判定する手法。
◇大量のデータを必要とするが、精度の高い予測/分類を行えるという特徴がある。

機械学習・10のアルゴリズム ロジスティック回帰

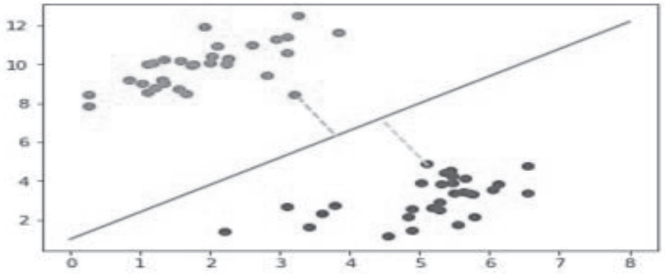
◇2択の予測において（負け / 勝ち，売れない / 売れる）、ロジスティック曲線を使用して片方（勝ち・売れる）になる確率を0から1の値で算出する。
◇ロジスティック回帰は一般に以下のような場面で実際に使われている。
・クレジットスコアリング
・マーケティングキャンペーンの成功率の測定
・特定の製品の収益予測
・特定の日に地震が起こるか否かの予測





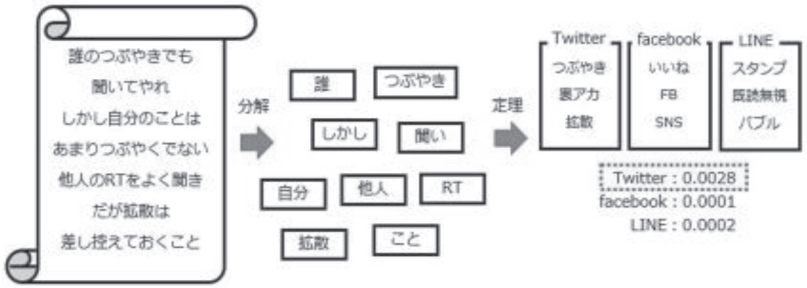
機械学習・10のアルゴリズム
サポートベクターマシン（SVM）

◇教師あり学習を用いるパターン認識モデルの一つ。
◇データを分類するための境界線を決定する際に、境界線から一番近いサンプルデータまでのマージンの和が最大になる線を境界線とする手法。分類も回帰にも利用できる。



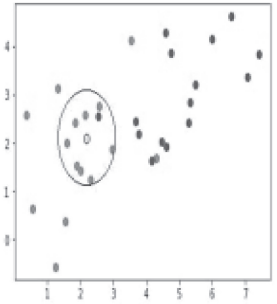
機械学習・10のアルゴリズム
ナイーブベイズ分類器

◇対象データを独立的な各要素に区切り、各要素の条件付き確率をベイズの定理に当てはめることで、判定対象がどのクラスへ分類されるかを判定する手法。
◇主にテキスト分類やWebに投稿された記事のタグ付けなど文章の分類で使用される。

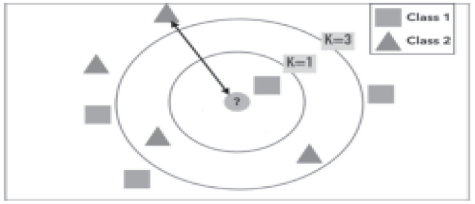


機械学習・10のアルゴリズム
K近傍法

◇自分から最も近い複数のデータのクラスの多数決で、分類する手法。
◇機械学習アルゴリズムの中でも簡単なアルゴリズム。

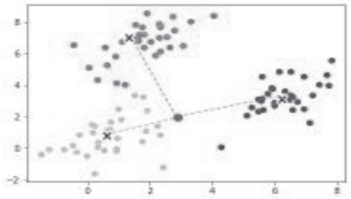


1.既知のデータを赤と青としてプロットする。
2.Kの数を決める。K=1とか。
3.未知のデータとして緑丸が得られたら、近い点から1つ取得する。
4.そのクラスの多数決で、属するクラスを推定。
今回は、未知の緑の丸はClass 1に属すると推定



機械学習・10のアルゴリズム
K平均法

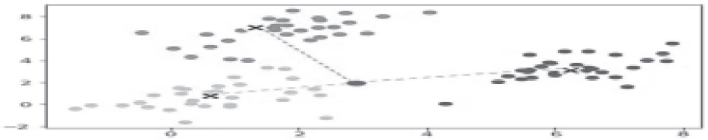
7.k平均法（K-means）
クラスタの個数を決めておき、訓練データからクラスタ個数分、ランダムなデータを選び、一旦、代表点と定める。他のデータは代表点との距離が1番近いクラスタに属させる。
クラスタにデータが追加された時、その中心点を新しいクラスタの代表点とする。これを、代表点が動かなくなるまで繰り返すことで、クラスタが作られる。
未知のデータに対して、同じく、各代表点との距離が1番近いクラスタに分類する手法。



機械学習・10のアルゴリズム
K平均法

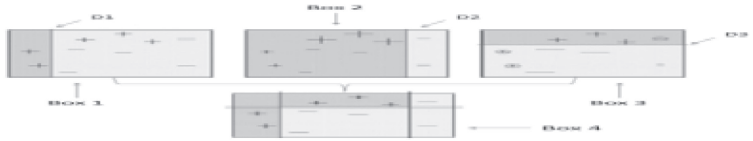
◇データを性質の近い分類同士でグループ分けするためのアルゴリズムのひとつ。
クラスタリングの最も簡単な手法の一つであり，教師なし学習です。

ステップ1：クラスターの「核」となるk個のサンプルを選ぶ。
ステップ2：全てのサンプルとk個の「核」の距離を測る。
ステップ3：各サンプルを最も近い「核」と同じクラスターに分割する。
ステップ4：k個のクラスターの重心点を求め、それを新たな核とする。
ステップ5：重心点の位置が変化したら、ステップ2に戻る。（重心が変化しなくなるまで繰り返す）
ステップ6：重心が変化しなくなったので終了する。



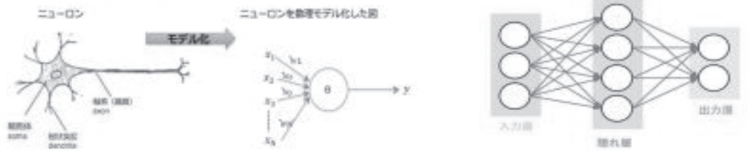
機械学習・10のアルゴリズム
アダブースト

◇アダブーストはランダムよりも少し精度がいいような弱い識別機を組みわせて、強い識別機を作成しようとする機械学習モデルです。
◇作り方の流れは、まず、弱い識別機の適用させ、誤分類してしまったものの重みを増やし、そして、次にその重みがついたものを優先的にみて、分類する。ということを繰り返します。
例）・最初にD1で弱い識別機を使って、分類し、D2で誤分類した '+' 1個と '−' 2個の　重みを増やしていく。
・次にその誤分類された3つを優先的に考えて、また分類していく。
・さらに、D3では、D2で誤分類された '−' 3個の重みを増やすと同時に他のものの、重みは減っている。
・その繰り返し行った分類の重みを元に、強い識別機というものを作る。



機械学習・10のアルゴリズム
ニューラルネットワーク

◇ニューラルネットワークとは、人間の脳神経系のニューロンを数理モデル化したものの組み合わせのこと。
◇人工のニューラルネットワークは生物学的な脳とは異なり、データの伝達方法は事前に層、接続、方向について個別に定義され、それと異なる伝達はできない。
◇ニューラルネットワークは、一つの層のすべてのニューロンが次の層のニューロンに接続するような一連のニューロンの層で構成されている。
◇図は、3つの入力ニューロンと、隠れ層に2つのニューロン、2つの出力ニューロンで構成されています。
計算は次の順に行われます。左の入力層から開始し、そこから値を隠れ層に渡してから、隠れ層は出力層に値を送り最終出力となる。



機械学習・10のアルゴリズム
マルコフ連鎖

◇マルコフ連鎖は、一連の確率変数 X1, X2, X3, ... で、現在の状態が決まっていれば、過去および未来の状態は独立であるもの。

◇マルコフ連鎖の具体例
・昨日以前の天気は翌日の天気に影響しない。
・今日晴れ→翌日晴れる確率は 0.7，曇の確率は 0.3，雨の確率は 0
・今日曇→翌日晴れる確率は 0.4，曇の確率は 0.4，雨の確率は 0.2
・今日雨→翌日晴れる確率は 0.3，曇の確率は 0.3，雨の確率は 0.4

強化学習ｱﾙｺﾞﾘｽﾞﾑ・ Deep Q-Network

◇DQN（Deep Q-Network ）はGoogle傘下のDeepMind社が開発した**強化学習の一手法**。

◇DQNが新しい技術といわれるのは、Q学習（強化学習の一つ）と、ディープラーニングを組み合わせている点。
- CNN（畳み込みニューラルネットワーク）のような多層ニューラルネットワークは学習が遅く、また学習率を大きくしても学習が発散するため、自分でデータを集めて学習する従来型のオンライン型強化学習では高速化が困難だった。
- そこでDQNはバッチ強化学習、つまり十分な数のデータがあることにしてサンプル追加せず、既存データだけで最適方策を学習することにした。
- DQNで使われているNeural Fitted Q Iterationでは、各最適化中では完全に教師あり学習になっており、非常に学習が安定していると考えられる。
- こうしてDQNは、予備知識のない状態からブロック崩しゲームを膨大な回数こなすことで、ゲームのルールを認識し、最終的には人間の出しうる得点を凌駕できるまでになった。Atari 2600のゲーム49種類のうち、半数以上のゲームで、人間が記録したスコアの75%以上を獲得している。

人工知能・機械学習・過学習

◇機械学習では、任意のデータをINPUTして学習させるが、学習させすぎるとその学習データに特化しすぎてしまい、幅を持たせたデータの分類結果、予測結果が間違ったものとなる。

◇例えば、「犬」のテストデータを与えて、画像解析させたケース。
- このケースで、テストデータを学習させすぎると「犬」の細かい特徴まで捉えてしまう。（過学習）
- 結果、何かのテストデータをINPUTして判定させたときに、細かい特徴の差異を判断してしまい、正しい結果を出せなくなってしまう。
- よって、機械学習させるときに、過学習を防ぐ考慮が必要となります。

過学習・回避方法

回避方法①　ホールドアウト法
- 学習用データを7:3くらいの割合で訓練データと評価データに分けて学習させる事によって、精度をチェックする。

回避方法②　K-分割交差検証
- 学習用データをk個に分割して交互に訓練データ、評価データに分けて学習させる事によって、精度をチェックする。

回避方法③　正則化
- 学習用データの内、複雑なデータ、滑らかでないモデルに罰則を与えて、重みを下げる。
- 言い換えると、学習用データの内、他と余りにもかけ離れたデータは無視、または重要度を下げて学習モデルを複雑にしない、滑らかにする。
- 機械学習においては、主にL1正則化、L2正則化を使用

  L1正則化(Lasso回帰)
  他と余りにもかけ離れたデータの重みを0にする事で、学習用データから削除する。

  L2正則化(Ridge回帰)
  他と余りにもかけ離れたデータの大きさに応じて0に近づけて、学習結果を滑らかにする。

IoTとは

◇ネットワークを通じてモノの情報を収集するのがIoT

◇IoT（Internet of Things）はモノのインターネット、いろんなモノが通信機能を持ち、ネットワークにつながる世界

① IoTはセンサーやアクチュエータがインターネットに接続される仕組みである。

② IoTの本質は人間が介在しない「自動認識」「自動制御」などの自動化にある。

③ IoTはネットワークを介して（クラウド）サービスとして提供される。

IoTに繋がる

◇IoTシステムとは、インターネットにセンサーやアクチュエータと呼ばれる様々な機器が接続されるシステムである。

◇IoTのポイント、

①IoTはシステムの一部としてとらえる
IoTはそれだけで完結するものではなく、システムの一部にIoT（機器）が組み込まれるというとらえ方をする。

②接続される機器には、センサーとアクチュエータとがある
IoTでは「センサー」だけでなく、「アクチュエータ」も接続されるということが重要である。（アクチュエータとは、扇風機のようにモータのついた機器）

③パソコンやスマートフォン（によるデータの入力）はIoTに含めない
パソコンやスマートフォンは人が操作するものであるのに対し、IoT機器は自動で動くものという大きな違いがある。

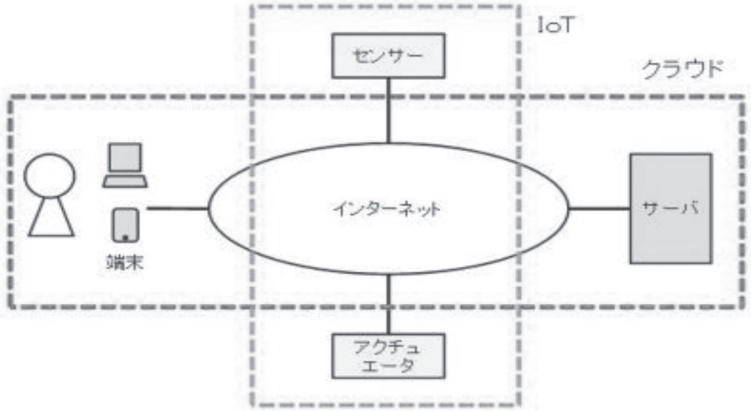
IoT・自動認識・自動制御・無人化

1　自動認識　ー　情報の自動収集
これまでのように、キーボードやマウスや指を使って人間がデータを入力していたのと違い、IoTではセンサーが自動で情報を収集する。人間が意識しないところで情報が集められているとも言える。

2　自動制御　ー　操作の自動化
IoTでは動力のあるモノ（アクチュエータ）に指示を与えて、自動で動かすこともある。車の自動運転も自動制御の例。

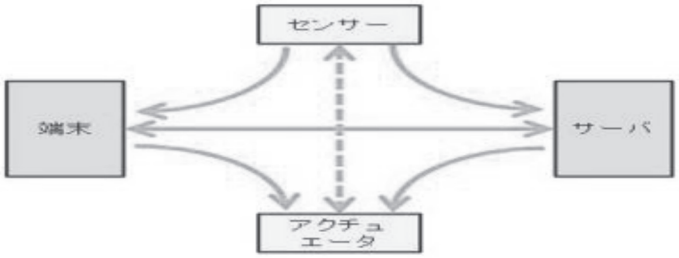
3　無人化
自動化を突きつめると人間が全く介在しないシステム。センサーとアクチュエータが会話をしながら仕事をするようなイメージである。

IoTシステムの構造



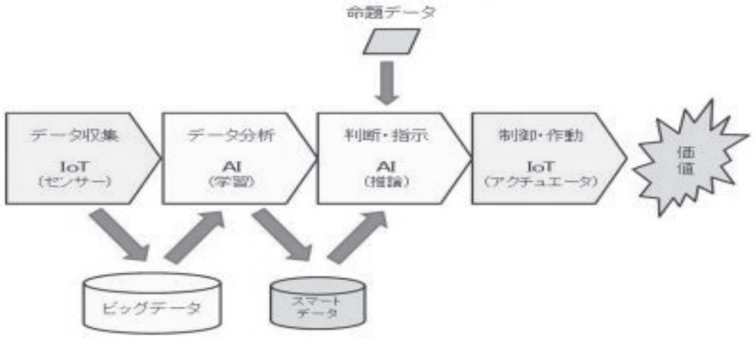
IoTシステムの情報の流れ

◇IoTシステムでは、4つの要素（サーバ、端末、センサー、アクチュエータ）の間を情報が行きかう



ＩｏＴシステムにおける情報の流れ

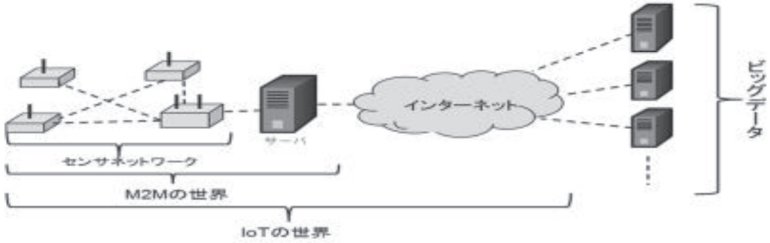
新たなシステムによる価値創造プロセス



IoT機器（センサー）によって集められた（ビッグ）データは、AIの（機械）学習に使われ、その結果として知識（スマートデータ）が生成されます。そのスマートデータを使ってAIの推論や判断が行われ、場合によってはIoT機器（アクチュエータ）の制御が行われます。

IoTとM2Mの関係

1 機械同士で情報をやりとりするのがM2M（M2Mは機械同士の接続の世界）
2 IoTは機械同士の情報をインターネットやクラウドサーバーに情報を集めてビッグデータ化する世界
3 そして、M2MとIoTを理解するためには、センサーネットワークとビッグデータについても理解する必要がある。
4 センサーネットワーク：センサー同士が互いに繋がり、情報を収集する技術
5 ビッグデータ：センサーネットワークから収集されてアップロードされた全てのデータ



M2Mの進展がIoTに繋がる

◇IoTは、M2Mの進展によるところが大きい。

◇M2Mの進展した理由

1 センシング技術が向上した
M2Mを支えるセンシング技術が向上し、安価で小型、高性能なセンサーが大量に出回るようになった。

2 通信技術が向上した
特に無線通信においては、携帯電話の普及で通信モジュールの価格が下落し、機械に内蔵してもコスト面での不利が無くなった。

ビッグデータ

◇ビッグデータは、典型的なデータベースソフトウェアが把握し、蓄積し、運用し、分析できる能力を超えたサイズのデータを

◇質量ともに多く、処理される速度も段違いであるのが「ビッグデータ」
- high-volume（データ量の多さ）
- high-velocity（データ処理速度の速さ）
- high-variety（データ種類の多さ）の

◇ビッグデータは、IoTやクラウドの発達で容易に収集できるようになり、AIの発達によって分析・活用されつつある。

◇活用例
- GPSの利用だけではなく、自動車の運転状況から車両の位置や速度、通行実績、交通量等のデータを収集して、個々の自動車に個別化された情報を提供
- Webサイトの訪問履歴やECサイトにおける購買履歴などのオンライン行動をオフラインの購買行動と結びつけることで、オンライン・オフラインを横断する「カスタマージャーニー分析」が実現

AIとIoTによる社会の発展

経済産業省の「新産業構造ビジョン」

1　実社会のあらゆる事業・情報がデータ化され、ネットワークを通じて自由にやりとり可能になる（IOT）

2　集まった大量のデータを分析することにより、新たな価値が生まれる（ビッグデータ）

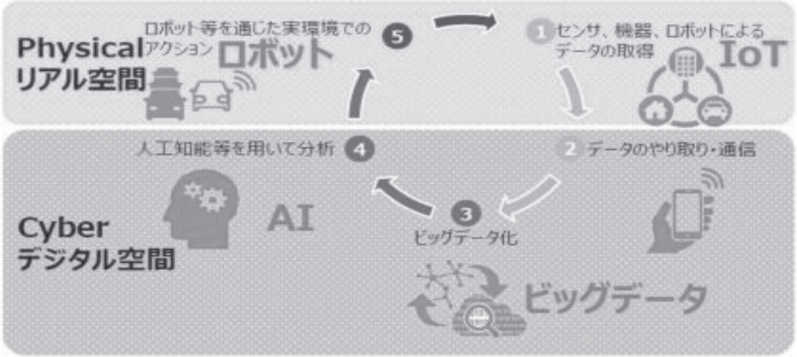
3　機械が自ら学習し、人間を超える高度な判断が可能になる（人工知能（AI））

4　多様かつ複雑な作業についても自動化が可能になる（ロボット）

※この4つのキーワードは、実際には相互に密接に関連している。

AIとIoTによる社会の発展・関連

IoT（センサー）により取得されたデータは、通信によって集約されてビッグデータとなり、AIにより分析され、ロボット等により現実にアクションする。



第３章
「ＡＩの仕組」

ＡＩ基礎・実証授業（第３章）

授業テーマ	ＡＩの仕組み

授業目標	・ＡＩの経路探索を通じて、ＡＩの情報処理方法を理解する。 ・ＡＩの各種の認識機能の開発情況から、ＡＩによって自分たちの生活が変わっていくことに気づく。

指導の順序	
Step１ （45 分）	経路探索
Step２ （45 分）	ＡＩの認識機能

指導過程 Step１「経路探索」

人間のしている思考方法とコンピュータとの違いは何だろうか。

【基本事項「思考方法の違い」】
・人間はこれまでの経験等に基づき、直観を使いながら、良いと思うものを選択する。
・コンピュータは、可能性のある全部の件数を探索し、その中から確率の高いものを選択する。

◇ナビゲーターによる経路探索◇「動的探索法」
全体の大枠を決め、複数の小さな問題細かい部分を決めていく方法。
◇経路探索例
・ＡからＹまで行くのに、どれが一番短いかを探す。
・コンピュータは、全部の経路を探す。
・コンピュータは、番号の小さいほうから進み、行くところがなくなる。と、その手前まで戻る。
・二回目は、最初の分岐点まで戻り、探査する。
・戻るところがコンピュータの探索手順の特徴で、これを繰り返す。
・スタートまで戻ると、検索は終了する。そして最も短いものを選び出す。
・コンピュータ将棋や碁もこのような方法で、どれがいいかすべて検索し、確率の高いものを選び出す。

◇見積点
・初期の段階では全件検索をしていたが、今は見積点をつけている。
・実際のカーナビは、点数を入れていく「見積点」がある。
・見積は、地図の場合は、直線距離で見積点をつくる。
・見積点の点数は、ＧＰＳの地点とゴールの緯度、経度を出し、ピタコラスの定理で計算する。つまり、その地点からゴールまでの予測負荷値。
・ナビの会社では、実際に走った時間データによって見積点を作っている。
・そして、距離に見積点を足して負荷知の小さいほうを選んで探索していく、
・将棋では、棋譜情報もとに期待値の点数をつける。過去のある対戦での棋譜情報をもとに見積点を出していく。

指導過程 Step２「認証」

ＡＩによる認証システムの開発状況を調べよう

【基本事項「生体認証」】
◇生体認証の条件
・全ての人が持つ特徴であること
・同じ特徴を持つ他人がいない
・時間によって特徴が変化しない
◇複数の認証をあわせて使っている。

【顔認証】
２　認証（分類）
・顔認証：台湾の地下鉄で実験されている。姿と歩き方で 0.5 秒で認証する。・・・
・パスポートは顔認証している。犯罪者のチェックも行っている。昔は、名前によるチェックだった
・応用範囲は広く、将来的には、コンビニの清算、電車の切符、金融機関、出退管理なども顔認証システムができる。

◇見積点

・初期の段階では全件検索をしていたが、今は見積点をつけている。
・実際のカーナビは、点数を入れていく「見積点」がある。
・見積は、地図の場合は、直線距離で見積点をつくる。
・見積点の点数は、ＧＰＳの地点とゴールの緯度、経度を出し、ピタコラスの定理で計算する。つまり、その地点からゴールまでの予測負荷値。
・ナビの会社では、実際に走った時間データによって見積点を作っている。
・そして、距離に見積点を足して負荷知の小さいほうを選んで探索していく、
・将棋では、棋譜情報もとに期待値の点数をつける。過去のある対戦での棋譜情報をもとに見積点を出していく。

指導過程 Step２「認証」

ＡＩによる認証システムの開発状況を調べよう

【基本事項「生体認証」】

◇生体認証の条件

・全ての人が持つ特徴であること
・同じ特徴を持つ他人がいない
・時間によって特徴が変化しない

◇複数の認証をあわせて使っている。

【顔認証】

２　認証（分類）

・顔認証：台湾の地下鉄で実験されている。姿と歩き方で 0.5 秒で認証する。・・・
・パスポートは顔認証している。犯罪者のチェックも行っている。昔は、名前によるチェックだった
・応用範囲は広く、将来的には、コンビニの清算、電車の切符、金融機関、出退管理なども顔認証システムができる。

ＡＩ基礎・実証授業アンケート「第３章」

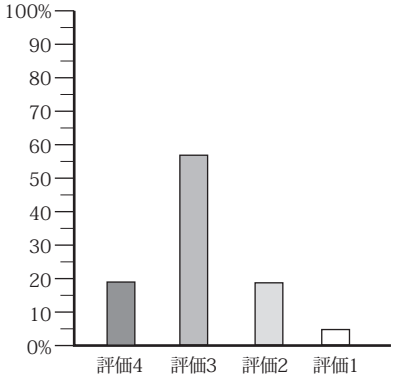
実 証 日：2019 年 10 月 11 日-90 分
対象学生：自動車工学科２年　23 名

１　アンケート調査結果

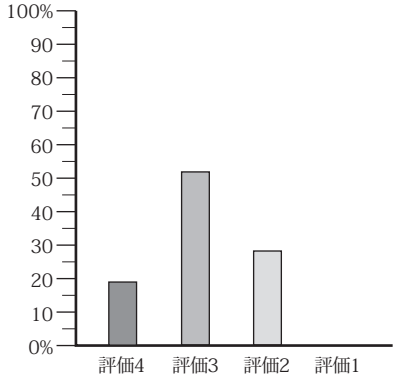
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	19.0%	57.1%	19.0%	4.8%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	19.0%	52.4%	28.6%	0.0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	14.3%	66.7%	19.0%	0.0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	14.3%	42.9%	42.9%	0.0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	14.3%	61.9%	23.8%	0.0%

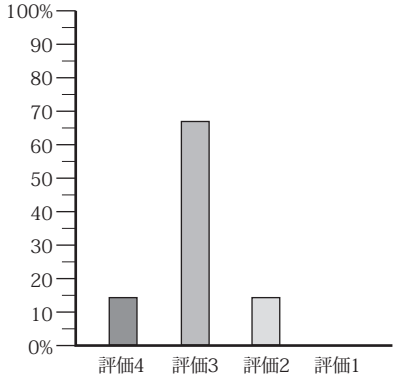
①探究心



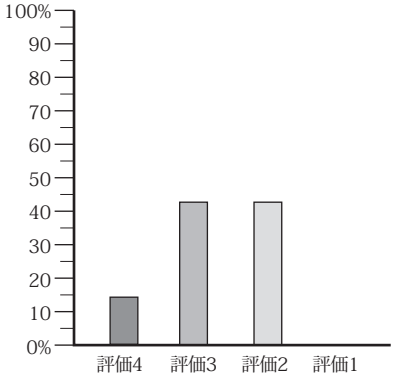
②目的性



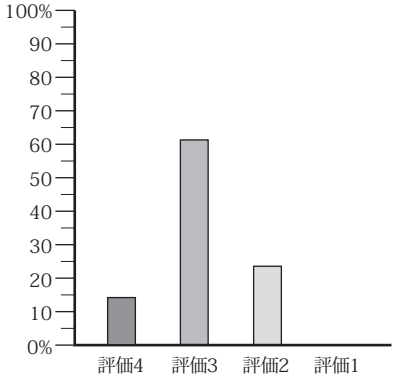
③理解度



④変化性



⑤満足感



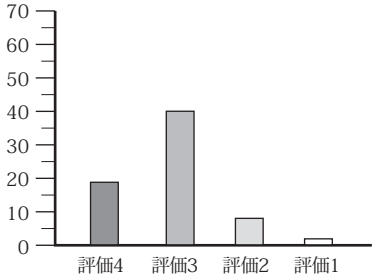
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

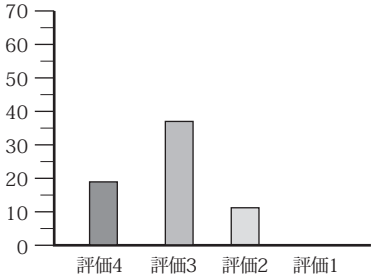
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	19	40	8	1	68
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	19	37	11	0	67
③理解度	授業は分かりやすかった。	14	47	8	0	69
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	14	30	17	0	61
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	14	43	10	0	67

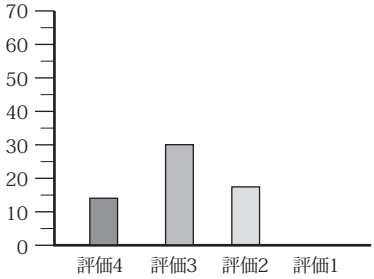
①探究心



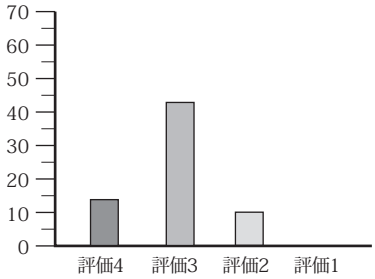
②目的性



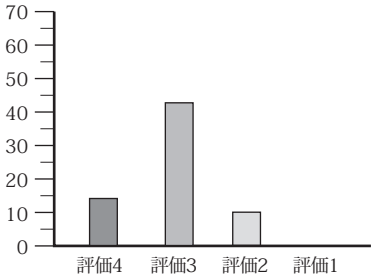
③理解度



④変化性



⑤満足感



3　学生の要望

①目標設定
・授業の必要性が感じられない。
②板書・パワーポイント
・パワーポイントの文字を大きくしてほしい。
③説明内容
・何のことを説明しているのかほとんどわからない
・難しい。
・もっとかみ砕いて、分かりやすく説明してほしい。
・ＡＩが 100%を目指さないことは、よく分かった。
・基礎が分かっていないので、ほとんどわからない。
④授業構成
・難しいうえに説明が多すぎて、理解しにくい。
・先生の話が永遠に続くようで、退屈で、眠くなる。

4　今後の改善策

・全体的に第１章、２章前半より、学生評価はかなり低くなっている。学生のアンケートにあるように情報量が多すぎる面が見られる。情報を精選し、コンパクトな授業にするべきである。
・パワーポイントだけの授業のため、単調になっている。様々な方法を用い、授業に変化を持たせるべきである。

ＡＩ基礎・実証授業アンケート「第３章」

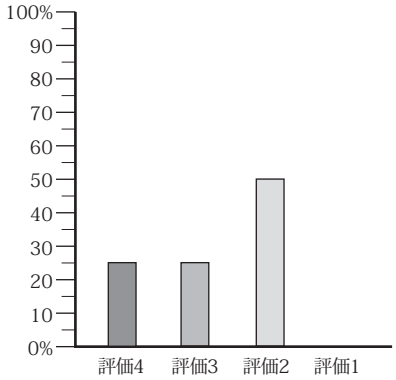
実 証 日：2019 年 11 月 1 日-120 分
対象学生：環境建設工学科土木コース２年　４名

１　アンケート調査結果

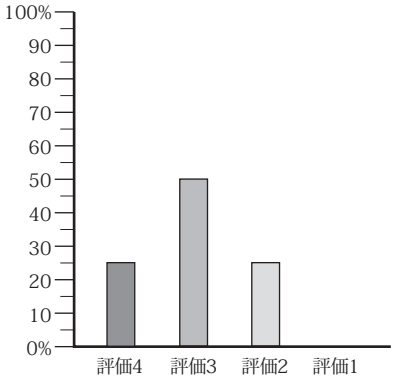
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	25.0%	25.0%	50.0%	0.0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	25.0%	50.0%	25.0%	0.0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	25.0%	25.0%	50.0%	0.0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだった。	25.0%	50.0%	25.0%	0.0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	25.0%	25.0%	50.0%	0.0%

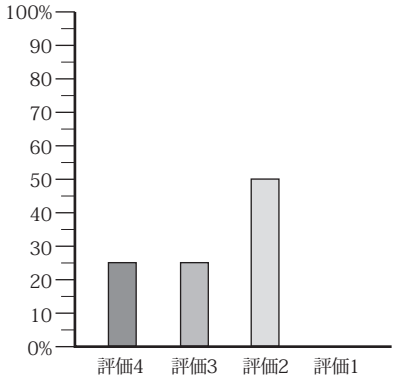
①探究心



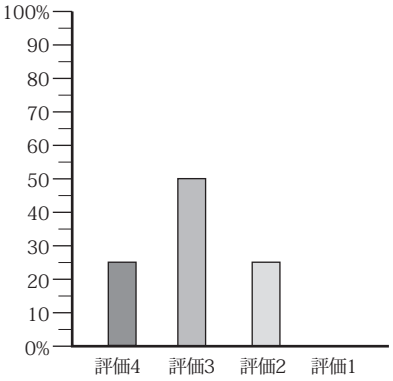
②目的性



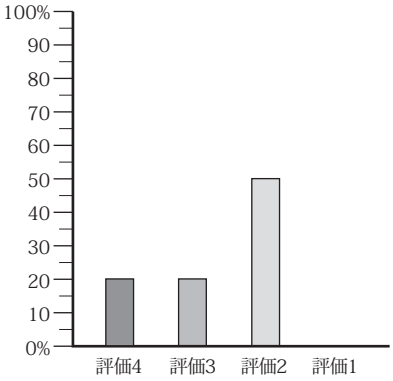
③理解度



④変化性



⑤満足感

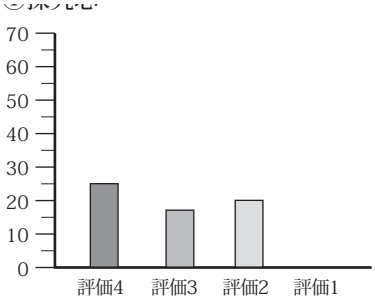


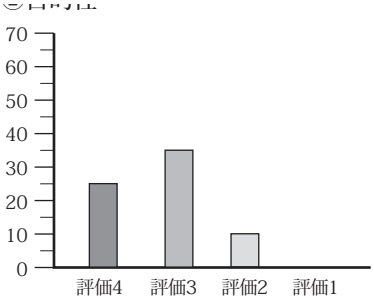
2　100 点満点換算

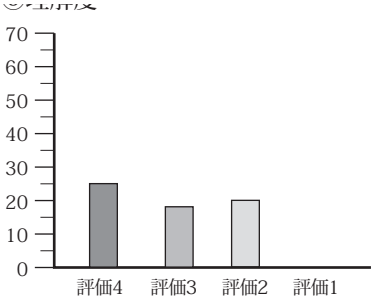
◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

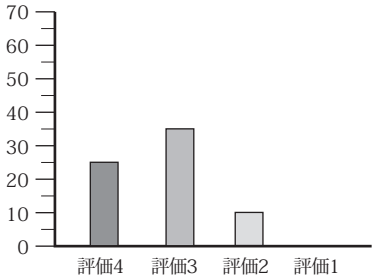
授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	25	18	20	0	63
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	25	35	10	0	70
③理解度	授業は分かりやすかった。	25	18	20	0	63
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	25	35	10	0	70
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	25	18	20	0	63



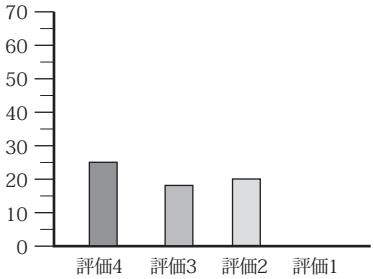




④変化性



⑤満足感



3　学生の感想

【新しく分かったこと】
・音声認識
・血管認識
・彩光認識
・生体認証
・ＡＩが自分たちの生活に関わっていること。
・ＤＮＡ鑑定の限界

【もっと詳しく学びたいこと】
・ＡＩを体験してみたい。
・顔認証を作りたい。

4　今後の改善策

・学修の流れがスムースで、板書もあり、分かりやすい指導であった。また、学生との対話も多くの部分で行われており、一方的な指導に陥ることなく授業ができた。
・しかし、ＡＩの仕組みは難解な部分が多く、学生には、すっきりと理解できていない部分が多くあったようで、学生評価は低くなっている。
・身近なもの、例えば携帯電話や建設機械、測量などと関係づけた指導ができれば、学修意欲は高くなったものと思われる。

プログラミングとは

◇コンピュータのプログラミングとは、コンピュータプログラムを作成することにより、人間の意図した処理を行うようにコンピュータに指示を与える行為。

◇コンピュータ上での「プログラム」とは、コンピュータがするべき仕事の手順や内容が書いてある文章
・まずはじめに何をして、その次に何をして…という指示が、コンピュータが理解できる言葉で順番通りに書かれているもの

プログラミングが実行される流れ

1 プログラミングでコンピュータに指示
2 コンピュータは、プログラミングの指示通りプログラムを作成
3 コンピュータは、指示されたとおりに結果を表示

プログラミングでできること

・プログラムの自動処理 ： 指定された動作を自動で行う
・プログラムの遠隔処理 ： インターネットで各端末へ処理結果を反映
・プログラムの高速処理 ： 高速で高度な計算や分析を行う

プログラミング言語

◇コンピュータは、すべての情報を0(ゼロ)と1(イチ)で扱っている。
◇コンピュータが直接理解できるこの0(ゼロ)と1(イチ)が並ぶ情報を**「機械語」**という。

◇しかし、機械語は直接人間が見てスムーズに理解することは不可能。
◇そこで、人間に書きやすく、また機械語にも変換しやすい、中間の言語として「プログラミング言語」というものが作られた。

プログラミング言語の基本

◇プログラミング言語はコンピュータを操作する命令を伝えるための言語なので、コンピュータへの命令を正確に表現できるようシンプルに表現出来るようになっている。
◇ほとんどのプログラミング言語で動作を動詞と目的語の単語で表する。
◇動詞を先に持ってくるのは、コンピュータが主に英語圏の国で発展したため。

例:「こんにちは」→プログラム言語「REFLECT　HELLO」

プログラミング言語の種類

◇用途に応じて色々なプログラミング言語がある。

フロントエンド言語
ユーザーに見える画面をつくる

◇HTML　Hyper Text Markup Languageの略で、WEBページの言葉の部分を作成するためのプログラミング言語。

◇CSSとはCascading Style Sheetsの略で、HTMLでWEBページに書いた言葉に色を付けたり、見出しを作ったりするプログログラミング言語。

◇JavaScriptの最も一般的な使われ方が、WEBページに動きを付けること。写真をスライドさせて表示したり、WEBページにあるボタンなどに動きを付ける動作は、JavaScriptなどで制作されている。

バックエンド
ユーザーに見えないサーバーやデータベースを管理

◇PHPは基本的なことを知っていれば、「Java」などの言語よりも比較的.簡単に習得することができる。
・構文がシンプルでプログラミングが未経験でも学習しやすい言語
・PHPはWeb制作やWebアプリ制作に多く使われる言語

◇Rubyは、文法的にとても読みやすく、学習しやすい言語。
・Rubyで作れるものは多く、SNSサービスや求人サイトやマッチングサイトなど多方面で活躍している。

◇ Pythonは、人工知能を作るプログラミング言語。
・文法に関しても、読みやすく、規則がきっちりと決まっているため初心者でも学びやすい言語。
・機械学習に関しても様々なライブラリ（使い回しできるコードの辞典のようなもの）がたくさん用意されており、イメージよりもはるかに参入しやすい言語。

◇C言語はコンピューターの機器そのもの(ハードウェア)を考えながらプログラムを書いていく必要がある言語。
・そのため、パソコンの仕組みに詳しくならなければいけない。
・C言語は、今あるプログラミング言語の中で最速の処理速度を誇る。
・そのため、今でもOSやシステムの組み込みなどに広く使われている言語。
・文法的にも決して読みやすいとは言えないため、難易度的にも最高レベル。

◇Java言語は2019年現在、一番使われている言語で、シェアNo.1。
・作れるものとしては、「業務システム」「Webアプリケーション」「Androidアプリ」と幅広い。
・文法の特徴としては、オブジェクト指向が必要。
・オブジェクト指向とは、プログラムでモノを組み立てていくプログラミングの考え方。この考え方ができるようになれば、効率的にプログラムを組むことができるようになってくる。
・Javaも処理速度はかなり早い。C言語には劣るが、他の言語と比べてもトップクラス。

プログラムが動く仕組み

ただの文字列でしかないプログラムが、どうやって機械を動かしているのか。

1　機械を動かしたり、パソコンを動かすためにはCPUを動かす必要がある。
・このCPUは、2進数のみを理解するように設計されており、プログラミング言語（ソフト）が登場する。

2　プログラミングソフトは、人間が書いた文字列（コード）を、CPUでも理解できるように 2進数に変換してくれる。
・そのおかげで、人間の思い通りにCPUを動かし、そして機械やパソコンを動かすことができる。
・ここで重要なことは、コンピュータの理解する言葉は、1 か 0 で、はっきりしており、コンピュータの場合は誤字脱字があると人間の期待する結果を出力してくれない。

プログラミング学習の実際

Pythonによるプログラミング演習

1 環境構築

2 変数の基礎

3 配列の基礎

4 関数の基礎

5 関数の引数の基礎

6 関数の戻り値の基礎

7 条件

Pythonとは・メリット

1 Pythonはコードの読みやすさを重視した言語。
文法がシンプルで必要最低限のものしか用意されていないので、読みやすく書きやすい言語。

2 文法のシンプルさと可読性の高さから**プログラミング初心者にもわかりやすく、学びやすい。**

3 Pythonはインタプリタ型の言語のため、コンパイルの必要がなくプログラムを作成したらすぐに動作確認ができる。そのため、初心者でも扱いやすい。
・プログラミング言語は大きく分けて**インタプリタ型とコンパイラ型**の2つがある。
・インタプリタはプログラム実行時にソースコードを読み込むため、コンパイルの必要がなくすぐにプログラムの動作を確認できる。

4 Pythonはライブラリがとても充実している。目的に合わせてライブラリを使用することで、プログラミングをより効率よく進められる。
（ライブラリとは、汎用性の高いプログラムを一つにまとめたもの）

Pythonとは・デメメリット

1 Pythonはインタプリタ言語のなかでも特に実行速度が遅い言語。
・そのため、企業向けの基幹システムなどには不向きであり、実際に導入事例もほとんどない。
・Pythonの実行速度が遅い要因としては、動的型付けの言語であるということが大きく、多様性に対応するために、速度を犠牲にした。

2 Pythonでは、オフサイドルールがあるため、**インデント**が必須となる。
・インデントとは、行頭に空白を入れて文字を入れて字下げを行うこと。
・オフサイドルールとは、プログラミング言語において字下げによって文などのかたまりの範囲（ブロック）を示す規則

◇Pythonでできること
「Webアプリケーション」、「デスクトップアプリケーション」、「組み込みアプリケーション」、「ゲーム」、「機械学習（人工知能）」

環境設定・Python のダウンロード

1 URL へアクセス　http://www.python.org/

2 画面上部に表示されているメニューの中から「Download」にマウスを合わせるとメニューが表示される。メニューの中から「Windows」をクリックする。
・Windows 向けの Python の色々なバージョンのダウンロード用リンクが掲載されたページが表示される。

3 最新バージョンの Python をダウンロードする。画面に表示されている「Latest Python 3 Release – Python 3.7.3」をクリックする。
・Python 3.7.3 のページが表示される。

4 一番下までスクロールすると、ソースコードや OS 毎に用意されたダウンロード用リンクの一覧が表示される。

5 今回は Windows10（64bit）向けのインストーラー付きのものをダウンロードしする。
「Windows x86-64 executable installer」と書かれたリンクをクリックする。

6 ダウンロードが開始されるので任意の場所に保存する。

環境設定・Python のインストール

1　ダウンロードした python-3.7.3-amd64.exe ファイルをダブルクリックするとインストーラーが起動してインストールが開始される。（最初の画面が表示）

2　Python をインストールしたあと Path を自動で設定してもらえるように「Add Python 3.7 to PATH」にチェックする。
・今回はインストール先を変更したいので「Customize installation」をクリックする。

3　オプション機能を選択する。今回はすべてチェックが入ったままにするが不要なものがあれば外す。選択が終わったら「Next」をクリックする。

4　次の画面で、最初に「Install for all users」にチェックする。
その後で Python のインストール先を変更する場合は設定する。設定が終わったら「Install」をクリックする。

5　インストールが開始される。

6　「Close」をクリックしてインストールを終了

環境設定・Python のインストール

1　ダウンロードした python-3.7.3-amd64.exe ファイルをダブルクリックするとインストーラーが起動してインストールが開始される。（最初の画面が表示）

2　Python をインストールしたあと Path を自動で設定してもらえるように「Add Python 3.7 to PATH」にチェックする。
・今回はインストール先を変更したいので「Customize installation」をクリックする。

3　オプション機能を選択する。今回はすべてチェックが入ったままにするが不要なものがあれば外す。選択が終わったら「Next」をクリックする。

4　次の画面で、最初に「Install for all users」にチェックする。
その後で Python のインストール先を変更する場合は設定する。設定が終わったら「Install」をクリックする。

5　インストールが開始される。

6　「Close」をクリックしてインストールを終了

人工知能(AI)による能力拡張

AIやロボットが実現しようとしていること

1　「人間にしかできなかったこと」を代替し、“**人間の作業を効率化する**”こと。

2　「人間にはできなかったこと」を実現し、“**人間の能力を拡張する**”こと

人工知能（AI）の4つのレベル

レベル1：単純な制御プログラム
　　具体的には、マイコン制御のエアコンや洗濯機など。

レベル2：古典的なAI
　　診断プログラムに使われるエキスパートシステムなど、対応のパターンが多彩なAI。将棋のプログラムや掃除機。

レベル3：機械学習を取り入れたAI
　　機械学習を取り入れたAIとは、事前に学習した対応パターン、特徴量を使い、新しい入力を出力と自動的に結びつけ、学習していくもの。
　　具体的には、検索エンジンや、ビッグデータ分析に使われている。

レベル4：ディープラーニングを取り入れたAI
　　プログラム自体が大量のデータのインプットと特徴量抽出を繰り返すことで、レベル3のAIでは、人間がすべて設定する必要があった「特徴量」の学習を行う。
　　ある程度の学習は、事前に人間がさせる必要があるが、レベル3と異なり、コンピュータに任せられる部分が増える。
　　具体的には、顔画像認識や天気予報など。

AIの仕組み・動的計画法(DP;Dynamic Programming)

◇動的計画法とは
そのままでは解けないような大きな問題を複数の小さな問題(部分問題と呼ぶ)に分解し，部分問題を解くことで元の大きな問題を解く手法の総称である。

◇動的計画法を用いることで、多項式時間で解くことができない一部の問題について，類似多項式時間で最適解を求めることができる。
・多項式時間とは、多項式で表される計算時間を指し，多項式時間アルゴリズムとは入力サイズ(長さや個数)をNとした時，計算時間(ステップ数)の上界がNの多項式時間で表現できるアルゴリズム

◇問題のある手法が動的計画法であるかどうかを判断する際には，分割統治法とメモ化の2つを満たしているかどうかが条件となる。
・分割統治法とは対象の問題を部分問題に分割する手法
・メモ化とは計算結果をメモリ上などに保持し，あとから再利用する手法

動的計画法・分割統治法

◇分割統治法
　対象の問題を部分問題に分割する手法

◇事例「最短経路問題」

1　スタートから、まずbから進むことができる経路のみを考え，ここでも最もコストが低い経路を選択する．今回の例ではb→gを選択する。

2　このように全経路を考える問題をある時点から進むことができる経路のみを考える問題(部分問題)に分割するような手法を分割統治法と呼ぶ．

動的計画法・ダイクストラ法

◇ダイクストラ法は、動的計画法の一種で最短経路問題を効率よく解く手法

1　まずSTARTから伸びるエッジでつながるノード(a, b, c)についてSTARTからの最短経路を求める

経路	コスト
START→a	4
START→b	3
START→c	9

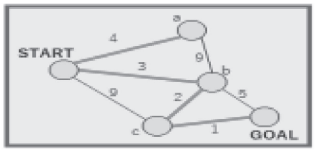
2　次に先ほど確定したノードbからたどり着けるノードa, c, GOALについて最小コストを求める。

経路	コスト
START→a	4
b→a	12(3+9)

経路	コスト
START→c	9
b→c	5(3+2)

経路	コスト
b→GOAL	8(3+5)

3　STARTからノードcへの最小コストは5と確定しているため，ノードGOALへ遷移するコストは6となり，ノードGOALが確定する。



経路	コスト
c→GOAL	6(5+1)

生体認証

◇生体認証では、通常「テンプレート」と呼ばれる情報を事前に採取登録し、認証時にセンサで取得した情報と比較することで認証を行う。

生体認証・条件

◇生体認証への利用に適した生体情報の条件としては、「すべての人が持つ特徴」であること、「同じ特徴を持つ他人がいない」こと、「時間によって特徴が変化しないこと」である。

・「一卵性双生児の身体的特徴は同じではないか」という疑問が挙げられるが、指紋・虹彩・静脈パターン・ほくろの位置や数などはDNAの塩基配列で決定されないので、遺伝子が完全に一致する一卵性双生児でも異なっている。

・単独では十分かつ確実な認識率を得られない場合、しばしば他の生体認証方法やその他の認証方法と組み合わせて使用される。

生体認証・利用される生体情報

1　指紋
犯罪捜査などにも用いられ、手軽だが信頼性の高い認証方式である。
・また、欺瞞の方法も数多く編み出されているが、それに対する認証機器の改善も進んでいる。

2　DNA
DNA型鑑定として犯罪捜査に多用されている。
・最も確実で究極的な生体認証の手段であるが、確認のためにはサンプル（血液や唾液などの対象者の体の一部分）を得て化学的に詳細に分析する必要があり、リアルタイムに認証できる装置は、まだ開発されていない。
・一卵性双生児を識別できない欠点がある。

3　掌形
手のひらの幅や、指の長さなどを用いて認証する方法。
・成長期や加齢により認識率が低下するため、定期的更新が必要（米国で広く用いられ、1年間有効）。

4　網膜
目の網膜の毛細血管のパターンを認識する方法。
・網膜は眼球の奥に位置するため、そのパターンを撮影するには目をセンサーに近接させる必要があり、装置も大掛かりになるため、普及率はあまり高くない。

5　虹彩
虹彩パターンの濃淡値のヒストグラムを用いる認証方式。
・双子でも正確な認証を行えることから、高い認証精度を有している。
・網膜と同様に従来は大掛かりな装置が必要で指紋や静脈などの認証方法と比べると登録運用コストが高くなる傾向にあったが、眼球の奥に位置する網膜とは異なり虹彩は眼球の表面側に位置する情報であることから、網膜に比べると撮影が容易であり、近年ではスマートフォンに搭載されるカメラでも認証が可能となってきた。

6　顔
眼鏡や顔の表情、加齢による変化などによって認識率が低下する。
・また、一卵性双生児の場合に両者を同一人物と認識しやすい。簡易な認証方法や、犯罪捜査などに使用される。

7　血管
近赤外光を手のひら、手の甲、指に透過させて得られる静脈パターンを用いる技術が実用化されている。

8　音声
声紋を利用したものが良く知られている。
・健康状態によって認識率が低下することがある。
・声帯など発声器官の構造に由来しており、基本的には身体的特徴であるが、行動的特徴の要素も有る。
・簡易な認証方法に使用される。

9　耳形
耳介の形状を用いて認証する方法。

10　体臭
体の臭いの化学的な成分構成をもとに認証を行う技術が研究されている。
・検査対象者自身の行動を必要としないため、空港などのセキュリティチェックで犯罪歴のある者を発見する場合などで利用それる可能性が高い。

生体認証・実用例

- パーソナルコンピュータのログイン時に、専用デバイスを用いて指紋認証を行う。
- 携帯電話やスマートフォンを使用する際に、携帯電話の一部分に指を押し当てたり、虹彩認識を行って、ロック解除や決済の認証をするものがある。簡易な顔認証、音声認証は標準装備されているものがある。
- 銀行のATMで暗証番号と共に指ないし手のひらの静脈の形を読み取って本人確認を行う。
- 国や企業で、個人情報や極秘情報を取り扱う部屋に入るために網膜認証を利用している。
- 奈良市では、環境局において、勤務中の中抜けや勤務時間の不正申告などを防止するため、出退勤時のチェックに静脈認証を導入することを決めている。これに対し、職員の間からは「犯罪者扱いだ」などの反発の声もある。
- 日本赤十字では、献血者の本人確認のため、指静脈認証を採用している。
- 日本の法務省では、指紋と顔を用いた出入国管理システム「J-BIS」を日本の空港に導入している。
- 「インド固有識別番号庁」は2010年、国民一人一人の指紋や虹彩による生体認証と組み合わせた12桁のアドハー番号の付与を開始した。全人口の9割以上をカバーしており、出生届など身分を証明する書類が不備な貧困層も社会保障など行政サービスを利用でき、不正防止や手続き効率化の効果を上げている。

理解度評価結果

ＡＩ実証授業・到達度確認テスト「第１章」

実 証 日：2019 年９月 20 日 13:00～16:20
対象学生：自動車工学科２年　21 名

１　テスト結果

問	内容	正答	到達度	誤答例
1	①Ｓciety1.0 社会	（選択問題）		
	①Ｓciety1.0 から 5.0 の内容	工業	76%	情報
	②　　〃	情報	62%	ＩＴ
	③Ｓociety5.0 社会の内容	ＩＯＴ	19%	ＡＩ
	④　　〃	知識	71%	技術
	⑤　　〃	情報	67%	価値
	⑥Ｓociety5.0 社会の意義	価値	33%	技術
2	コンピュータの基本構成	（選択問題）		
	基本構成図はどれか	制御→記憶→演算	33%	制御→演算→記憶
3	マルチメディア	（選択問題）		
	①ﾏﾙﾁﾒﾃﾞｨｱｼｽﾃﾑとは	音声、	100%	なし
	②　　〃	静止画	100%	なし
	③　　〃	動画	81%	電子
	④　　〃	複数の媒体	90%	電子
	⑤ﾏﾙﾁﾒﾃﾞｨｱｼｽﾃﾑの内容	電子	33%	包括的
	⑥　　〃	インタラクティブ	48%	ﾌﾟﾚｾﾞﾝﾃｰｼｮﾝ
4	出入力インターフェイス	（選択問題）		
	①機器、ﾃﾞｨﾊﾞｲｽ意味　ｷｰﾎﾞｰﾄﾞ	Ｆ	100%	なし
	②　　〃　　マウス	Ｃ	86%	Ａ
	③　　〃　タッチスクリーン	Ｄ	81%	Ｂ
	④　　〃　　センサ	Ｅ	71%	Ｇ
	⑤　　〃　　ＵＳＢ	Ｂ	52%	Ｈ
	⑥　　〃　　ＧＰＩＯ	Ａ	48%	Ｅ
5	ユーザインターフェイス	（選択問題と記述）		
	Ａの説明は何か	ハードウェアインターフェイス	0%	ＵＳＢ
	Ｂの説明は何か	ＩＯＴ	19%	ＡＩ
	Ｃの説明は何か	インターネット	14%	ＩＣＴ
	Ｄの説明は何か	ユーザインターフェイス	57%	ＧＵＩ

2　考察

①80％を超えた項目は、23 項目中、7 項目、30％であった。これは、学習が終始、スライドを使った説明で、重要部分を板書する、学生に記録させる、音読させる、といった知識・概念を定着させる指導の工夫がなかったためだと考えられる。説明だけの授業を見直す必要がある。

②また、全体的に正答率が低かった原因の一つは、学習目的が明確化されていなかったことである。授業導入時に、自動車とＡＩやＩｏＴとの関係性の意識化を図ることが必要である。

③一方、指導者は、網羅的に説明している傾向が見られる。自動車エンジニアにとってこの部分は最低限、理解を深めておく必要がある、といった事前の指導の重点化について検討しておく必要がある。

④ＩＯＴに関する部分が特に低く、学生にＩｏＴが何なのかの概念が形成できていないと思われる。ＩＯＴとは何であるかを学生相互に話し合わせたり、具体的事例を示したりする必要がある。また、類似用語との違いを学生に考えさせる場面を設けるなどの工夫が必要である。

⑤問題５の正答率が特に低い。これは、短答式の記述問題であることも関係しているが、指導が単調で用語概念がイメージ化されていないためである。

⑥また、問題５のＡは、正答率 0％である。正統は、ハードウェアインターフェイスだが、学生はそのような用語は、授業で指導してもらっていないと言っている。基本的で重要な用語であるならば、学生に意識づける指導の工夫が必要であり、指導と問題作成の関連が不明確である。

ＡＩ実証授業・到達度確認テスト「第１章」

実 証 日：2019 年 10 月 4 日 9:00～12:15
対象学生：環境建設工学科土木コース２年　４名

１　テスト結果

問	内容	正答	到達度	誤答例
1	①Ｓciety1.0 社会	（選択問題）		
	①Ｓciety1.0 から 5.0 の内容	工業	75%	ＩＯＴ
	②　　〃	情報	50%	技術
	③Ｓociety5.0 社会の内容	ＩＯＴ	50%	ＡＩ
	④　　〃	知識	75%	情報
	⑤　　〃	情報	50%	技術
	⑥Ｓociety5.0 社会の意義	価値	50%	情報
2	コンピュータの基本構成	（選択問題）		
	基本構成図はどれか	制御→記憶→演算	75%	制御→演算→記憶
3	マルチメディア	（選択問題）		
	①ﾏﾙﾁﾒﾃﾞｨｱｼｽﾃﾑとは	音声、	100%	なし
	②　　〃	静止画	100%	なし
	③　　〃	動画	100%	なし
	④　　〃	複数の媒体	100%	なし
	⑤ﾏﾙﾁﾒﾃﾞｨｱｼｽﾃﾑの内容	電子	25%	包括的
	⑥　　〃	インタラクティブ	100%	ﾌﾟﾚｾﾞﾝﾃｰｼｮﾝ
4	出入力インターフェイス	（選択問題）		
	①機器、ﾃﾞｨﾊﾞｲｽ意味　ｷｰﾎﾞｰﾄﾞ	F	100%	なし
	②　　〃　　マウス	C	100%	なし
	③　　〃　タッチスクリーン	D	75%	B
	④　　〃　　センサ	E	75%	D
	⑤　　〃　　ＵＳＢ	B	100%	なし
	⑥　　〃　　ＧＰＩＯ	A	75%	E
5	ユーザインターフェイス	（選択問題と記述）		
	Ａの説明は何か	ﾊｰﾄﾞｳｪｱｲﾝﾀｰﾌｪｲｽ	0%	無回答
	Ｂの説明は何か	ＩＯＴ	0%	無回答
	Ｃの説明は何か	インターネット	0%	無回答
	Ｄの説明は何か	ﾕｰｻﾞｲﾝﾀｰﾌｪｲｽ	50%	無回答

２　考察

①遅刻者が１名おり、その学生は全体的に誤答が多かったが、他の学生はＳociety5.0 社会の内容やコンピュータの基本構成、出入力インターフェイスの内容はほぼ理解できて

いる。

②問題５の正答率が特に低い。これは、短答式の記述問題であることも関係しているが、授業の時間配分がうまくすかず、最後のユーザインターフェイスの内容は、十分に指導できていなかったためである。また、問５は、全員の学生が、問題をきちんと読み解答していない傾向が見られる。この部分は学習していないことから、問題を解こうとしなかったようである。

ＡＩ実証授業・到達度確認テスト「第２章」

実 証 日：2019 年 9 月 27 日　13:00～16:20
10 月 4 日　13:00～14:40
対象学生：自動車工学科２年　23 名

1　テスト結果

問	問題	正答	達成率	誤答例
1	ＡＩインターフェイス　（選択問題）			
	Ａの説明文は何か	センサ技術	22%	認識技術
	Ｂの説明文は何か	情報処理技術	87%	インターフェイス技術
	Ｃの説明文は何か	インターフェイス技術	78%	センサ技術
2	ＩＴＳ関係のセンサ　（選択問題）			
	1 を感知するセンサ	歩行者衝突情報	91%	一般物体検知
	2 を感知するセンサ	一般物体検知	43%	レーン認識
	3 を感知するセンサ	車線逸脱警報	35%	ハイビーム支援
	4 を感知するセンサ	路面文字・記号認識	70%	レーン認識
	5 に設置しているセンサ	ハイビーム支援	52%	一般物体検知
	6 を感知するセンサ	規制標識認識	100%	なし
	7 を感知するセンサ	信号認識	100%	なし
3	機械学習　（選択問題）			
	Ａの説明文は何か	機械学習	43%	強化学習
	Ｂの説明文は何か	深層学習	48%	機械学習
	Ｃの説明文は何か	強化学習	43%	深層学習
4	ＩＯＴ等で使用される　センサ（選択問題）			
	1 の用途のセンサ	光センサ	100%	
	2 の用途のセンサ	ひとものセンサ	100%	
	3 の用途のセンサ	ＧＰＳ	96%	距離センサ
	4 の用途のセンサ	ジャイロセンサ	96%	ＧＰＳ
	5 の用途のセンサ	距離センサ	96%	ジャイロセンサ
5	教師あり／なし学習　（選択問題と記述）			
	Ａの説明文は何か	教師なし学習	52%	教師あり学習
	Ｂの説明文は何か	教師あり学習	65%	教師なし学習
	Ｃの説明文は何か	回帰	0%	強化学習

2　考察

①センサ関係の設問は、身近で見たり、使ったりしているものなので、正答率が高かった。

②正答率が低かったのは機械学習に関する問題である。ＡＩ独特の用語や定義、考え方に

ついては、説明だけでなく、書く、話し合う、問題を解くなどのいろいろな学習活動を構成する必要がある。また、全体的なイメージを持たせるためには、ＡＩの機能、考え方等を構造化する必要があり、まとめの部分での構造図の作成が効果的ではないかと考えられる。

ＡＩ実証授業・到達度確認テスト「第２章」

実 証 日：2019 年 10 月 11 日　9:00～12:10
10 月 18 日　9:00～11:00
対象学生：環境建設工学科土木コース　２年３名

１　テスト結果

問	問題	正答	達成率	誤答例
1	ＡＩインターフェイス　（選択問題）			
	Ａの説明文は何か	センサ技術	0%	認識技術
	Ｂの説明文は何か	情報処理技術	67%	インターフェイス技術
	Ｃの説明文は何か	インターフェイス技術	67%	センサ技術
2	スマートホームデバイス（選択問題）			
	1 を感知するセンサ	ゲートウェイ（ハブ）	33%	スマートスイッチ
	2 を感知するセンサ	スマートロック	100%	なし
	3 を感知するセンサ	センサ類	67%	無回答
	4 を感知するセンサ	カメラ	33%	スマートスピーカー
	5 に設置しているセンサ	スマートスピーカー	0%	スマートスイッチ
	6 を感知するセンサ	スマートリモコン	67%	無回答
	7 を感知するセンサ	スマートライト	67%	無回答
3	機械学習　（選択問題）			
	Ａの説明文は何か	機械学習	67%	強化学習
	Ｂの説明文は何か	深層学習	33%	機械学習
	Ｃの説明文は何か	強化学習	67%	深層学習
4	ＩＯＴ等で使用される　センサ（選択問題）			
	1 の用途のセンサ	光センサ	67%	
	2 の用途のセンサ	ひとものセンサ	100%	
	3 の用途のセンサ	ＧＰＳ	67%	距離センサ
	4 の用途のセンサ	ジャイロセンサ	67%	ＧＰＳ
	5 の用途のセンサ	距離センサ	67%	ジャイロセンサ
5	教師あり／なし学習　（選択問題と記述）			
	Ａの説明文は何か	教師なし学習	67%	教師あり学習
	Ｂの説明文は何か	教師あり学習	0%	教師なし学習
	Ｃの説明文は何か	回帰分析	0%	強化学習

２　考察

①センサ関係の設問は、身近で見たり、使ったりしているものなので、正答率が高かった。

②機械学習については、およその概念は身についているが、明確に認識しているとは言え

ない。学生に問題を解かせる活動をまとめとして実施すれば、明確な認識に深まると考えられる。

③スマートホームデバイスについては、具体的なイメージとしてとらえられていない。映像資料を用いて指導すると、より認識が深まったと考えられる。

ＡＩ実証授業・到達度確認テスト「第３章」

実 証 日：2019 年 10 月 11 日　13:00～14:30
対象学生：自動車工学科２年　21 名

１　テスト結果

問	問題	正答	達成率	誤答例
1	経路探索	（記号・図記述問題）		
	Ａからの経路	Ｂ	95%	Ｘ、Ａ
	Ｂからの経路	Ｃ	91%	Ｂ
	削除経路	Ｃ－Ｄ	81%	Ｄ－Ｅ
	探索し直し	Ｘ－Ａ－Ｂ	67%	Ａ－Ｂ－Ｇ
	Ｂからの経路	Ｇ	95%	Ｃ
	２本目のルート図記載	省略	67%	ルートを戻って探索していない
	３本目のルート図記載	省略	19%	ルートを戻って探索していない
2	見積距離を踏まえた予	想コスト（数字問題）		
	Ｘ－Ａ予想コスト	850	57%	800
	Ｘ－Ｂ予想コスト	900	52%	850
	Ｘ－Ｆ予想コスト	950	52%	900
	Ｘ－Ｇ予想コスト	970	57%	770
	一番安いコスト	Ｆ	81%	Ｇ、Ｂ
	Ｘ－Ｆ－Ｇ予想コスト	950	52%	770
	Ｘ－Ｇ－Ｈ予想コスト	1050	48%	1560
	Ｘ－Ｇ－Ｋ予想コスト	970	48%	650
	Ｘ－Ｋ－Ｉ予想コスト	1570	48%	1740
	Ｘ－Ｋ－Ｙ予想コスト	1020	38%	1320
3	生態認証	（選択問題）		
	生態認証の条件	２（すべての人の特徴）	52%	１
	〃	４（同じ特徴がいない）	57%	３
	〃	５（特徴が変化しない）	48%	６
4	生態認証	（選択問題）		
	普及率が低い	Ｆ・網膜	81%	Ｄ
	犯罪捜査に使う	Ｇ・指紋	86%	Ｅ、Ａ
	ヒストグラム	Ｄ・虹彩	43%	Ｂ、Ｈ
	一卵性双生児識別不可	Ｈ・ＤＮＡ	91%	Ｃ、Ｄ
	健康状態で認識低下	Ｅ・音声	86%	Ｃ、Ｆ
	加齢で認識率低下	Ｂ・掌形	57%	Ａ、Ｇ
	顔の表情で認識率低下	Ａ・顔	67%	Ｄ、Ｈ
	近赤外線光の透過	Ｃ・血管	62%	Ｂ、Ｆ

2　考察

①ナビゲータの仕組みを理解するため、経路探索の学習を行ったのだが、一部の学生は何のために、この学習をしているのかが理解できていない。授業導入部分のＡＩとナビゲータの仕組みをもっと丁寧に指導し、意識づける必要がある。

②２本・３本目のルート図作成や見積距離を踏まえた予想コストの問題が低かった。授業で講師は繰り返し説明を行ったり、学生に考えさせたりしていたが、個々の学生が実際にルート図を作成したり、予想コストを計算したりする活動はしていない。そのために自分で問題を解くことになると、勘違いが多く、定着度が低くなったのではないかと推測される。授業の途中で練習プリントをさせる時間を設けることが必要であった。

③生態認証では、ぼんやりとした理解に留まっている。各認証を比較しながら、メリット、デメリットを整理するといった、まとめ的な学習場面を設定すればもっと理解は深まったと考えられる。

ＡＩ実証授業・到達度確認テスト「第３章」

実 証 日：2019 年 11 月 1 日　9:00～10:30
対象学生：環境建設工学科土木コース２年　４名

１　テスト結果

問	問題	正答	達成率	誤答例
1	経路探索	（記号・図記述問題）		
	Ａからの経路	Ｂ	100%	なし
	Ｂからの経路	Ｃ	100%	なし
	削除経路	Ｃ－Ｄ	50%	Ｄ－Ｅ
	探索し直し	Ｘ－Ａ－Ｂ	25%	Ａ－Ｂ－Ｇ
	Ｂからの経路	Ｇ	75%	Ｃ
	２本目のルート図記載	省略	0%	無回答
	３本目のルート図記載	省略	0%	無回答
2	見積距離を踏まえた予	想コスト（数字問題）		
	Ｘ－Ａ予想コスト	850	100%	なし
	Ｘ－Ｂ予想コスト	900	75%	850
	Ｘ－Ｆ予想コスト	950	75%	900
	Ｘ－Ｇ予想コスト	970	75%	770
	一番安いコスト	Ｆ	75%	Ｇ
	Ｘ－Ｆ－Ｇ予想コスト	950	75%	770
	Ｘ－Ｇ－Ｈ予想コスト	1050	25%	1560
	Ｘ－Ｇ－Ｋ予想コスト	970	25%	650
	Ｘ－Ｋ－Ｉ予想コスト	1570	25%	1740
	Ｘ－Ｋ－Ｙ予想コスト	1020	25%	1320
3	生態認証	（選択問題）		
	生態認証の条件	２（すべての人の特徴）	75%	１
	〃	４（同じ特徴がいない）	75%	３
	〃	５（特徴が変化しない）	100%	なし
4	生態認証	（選択問題）		
	普及率が低い	Ｆ・網膜	75%	Ｄ
	犯罪捜査に使う	Ｇ・指紋	100%	なし
	ヒストグラム	Ｄ・虹彩	0%	Ｂ、Ｈ
	一卵性双生児識別不可	Ｈ・ＤＮＡ	100%	なし
	健康状態で認識低下	Ｅ・音声	100%	なし
	加齢で認識率低下	Ｂ・掌形	75%	Ａ
	顔の表情で認識率低下	Ａ・顔	50%	Ｄ、Ｈ
	近赤外線光の透過	Ｃ・血管	25%	Ｂ、Ｆ

2　考察

①ナビゲータの仕組みを理解するため、経路探索の学習を行ったのだが、一部の学生は何のために、この学習をしているのかが理解できていない。授業導入部分のＡＩとナビゲータの仕組みをもっと丁寧に指導し、意識づける必要がある。

②２本・３本目のルート図作成や見積距離を踏まえた予想コストの問題が低かった。授業で講師は繰り返し説明を行ったり、学生に考えさせたりしていたが、個々の学生が実際にルート図を作成したり、予想コストを計算したりする活動はしていない。そのために自分で問題を解くことになると、勘違いが多く、定着度が低くなったのではないかと推測される。授業の途中で練習プリントをさせる時間を設けることが必要であった。

③生態認証では、ぼんやりとした理解に留まっている。各認証を比較しながら、メリット、デメリットを整理するといった、まとめ的な学習場面を設定すればもっと理解は深まったと考えられる。

ＩＴＳ・自動運転探究

単元展開概要
（シラバス・コマシラバス）

系	自動車系	シラバス
科	自動車整備等	人工知能やロボット等の科学技術の急速な進歩は、サイバー空間と物理的空間とが調和した「Ｓociety5.0」社会の実現を可能にしつつあり、経済発展と社会的課題の解決が期待されている。 例えば、車輌の高知能化やコネクテッド化により、交通事故件数の減少や渋滞を制御することができる。また建築現場では、ＩＣＴ技術の全面的活用により、危険リスクが高い仕事を遠隔操作ロボットが行い、事故を減らしたり、ＵＡＶによる３次元測量により作業の高効率化を図るなど生産システム革命が既に始まっている。 しかし、自動車整備士や建設技術者を養成する専修学校等のカリキュラムは、これらの科学技術の進歩に追いついてないのが現状であり、このままでは、「Ｓociety5.0」社会を支えるエンジニアの人材不足や専門性の欠如が大きな問題となる状況が確実に生じ、経済活動にも大きな影響を及ぼすことが予想される。 専門的職業人を育成する使命がある専修学校においては、これらイノベーションの状況を踏まえ、現在の自動車整備士や建設技術者の専門教育の中に科学技術の進歩に対応する教育プログラムを付加し、「Ｓociety5.0」社会の実現を支えるエンジニアの育成に早急に取り組まなければならない。 目標とスキル ①ＡＩや高度道路交通システムに関する基礎知識を備え、自動運転車の整備ができる自動車エンジニア。
年度	2019年度	
学年		
期		
教科名	自動車工学	
科目名	ITS概論（初級）	
単位		
履修時間	7コマ+履修判定	
回数	7回+履修判定	
選択		
省庁分類		
授業形態	講義・実習	評価方法
作成者	プロジェクト実施委員会	筆記試験100点満点　合格点60点以上
教科書	オリジナルテキスト	

コマシラバス				
50分/ｺﾏ	コマのテーマ	項目	内容	教材・教具
1 （2コマ）	ＩＴＳの基本概念	1.シラバスとの関係	ＩＴＳの基本概念とＩＴＳを活用した安全運転支援技術の基本を学ぶ	オリジナル・テキスト（初級編）
		2.コマ主題	ＩＴＳの進化と基本概念理解及び安全運転支援技術	
		3.コマ主題細目	①ファーストステージからセカンドステージへ ②ナビゲーションシステムの高度化 ③安全運転の支援（協調型ＩＴＳ） ④安全運転の支援（ＥＴＣ2.0、ＤＳＳＳ）	
		4.コマ主題細目深度	①ＩＴＳ実用化促進から普及への道のりを理解し、今後の課題や取り組みを理解する。 ②ＩＴＳによる様々なサービスの中で、ナビゲーションの高度化による、通信型ナビゲーションの仕組みを理解する。 ③ＩＴＳを活用した安全運転支援（協調型ＩＴＳ）を中心に通信によるＩＴＳの基本技術・機能を理解する。 ④ＥＴＣ2.0、ＤＳＳＳ、ＩＴＳ　Ｃｏｎｎｅｃｔ等、の安全運転を支援するための基本技術・機能を理解する。	
		5.次コマとの関係	ＩＴＳの安全運転支援の概念と技術を学んだあと、自動運転の意義や自動運転レベル、実用化に向けての現状を通して、自動運転の今後を学ぶ。	

コマシラバス詳細				
学科項目		項目	学科習得内容	学習時間
ＩＴＳの基本概念	１節 ＩＴＳの役割	1、ＩＴＳ 2、日本のＩＴＳの過程	①ＩＴＳ（高度道路交通システム）の役割について、人⇆道路⇆車両の問題解決の為に重要な役割について理解する。 ②ＩＴＳのファースト・ステージの過程について、年表を用いて理解する。	5分
		3、ＩＴＳ開発・展開計画9分野	①ナビゲーション・システムの高度化について、ＶＩＣＳシステムを中心に理解する。 ②自動料金収容システムについては、ＥＴＣの電子料金収容システムを中心に理解する。 ③安全運転の支援については、ＤＳＳＳシステムを中心に自動運転を中心とした、安全運転支援について理解する。 ④交通管理の最適化については、車載器や情報提供装置によるドライバーの誘導やＭＯＤＥＲＡＴＯによる信号の制御を理解する。 ⑤道路管理の効率化については、道路交通の「管理」ではなく道路の維持・補修などの維持に関しての情報提供について理解する。※間違いポイントに注意 ⑥公共交通の支援については、京都市営バスの事例を参考に案内システムについて理解する。 （特に定時運行を目的として） ⑦商用車の効率化については、物流サービスによる渋滞を回避するための運行管理について理解する。 ⑧歩行者等の支援については、素行者検知システムなどを参考に運転者から見えにくい場所にいる歩行者を検知して、交通事故を未然に防ぐシステムについて理解する。 ⑨緊急車両の運行支援については、緊急通報システムを活用しリアルタイムな誘導を行う支援について理解する。 （災害が発生した時の緊急車両も同じ）	30分 映像資料 ①ＶＩＣＳ光ビーコン(4分)
	２節 ＩＴＳの基本理念（3つの柱）	1、ファーストステージからセカンドステージへ 2、セカンドステージ（普及）	①ＩＴＳ推進の指針である「安心・安全」「環境・効率」「快適・利便」に基づいて、9つの分野の開発が進んでいることを理解する。 ②「安全・安心」のキーワードはＤＳＳＳ、などの安全運転支援システムなどを理解する。　※間違いポイントに注意 ③「環境・効率」のキーワードはＣＯ2削減などの環境問題について理解する。 ④「快適・利便」のキーワードはＥＴＣやナビゲーションシステムについて理解する。 ⑤1995年からファーストステージが開始され、2004年以降セカンドステージ期になり2013年からは次世代のＩＴＳとなっている推移について理解する。	10分
	３節 ＩＴＳを活用した安全運転支援	1、協調型ＩＴＳ	①「協調型ＩＴＳ」はクルマのセンサーでは捉えきれない情報をインフラとクルマ、クルマとクルマの双方向通信により、ドライバーに知らせて、交通事故を防止することを理解する。	10分 映像資料 ①トヨタの考えるITS(4分30秒)

コマシラバス詳細				
学科項目		項目	学科習得内容	学習時間
ＩＴＳの基本概念	３節 ＩＴＳを活用した安全運転支援	2、ＥＴＣ2.0	①確実な情報で安全運転支援を行うことを理解する。 ア）カーブの先などの渋滞に対して、画像と音声で情報提供。 ※間違いポイントに注意 イ）これから向かう先の天候情報やトンネル内の渋滞状況は静止画で提供されることを理解する。 ウ）障害物情報はその障害物の手前のＩＴＳスポットから提供されることを理解する。 ②事故多発地点での注意喚起を行う。例えば事故が起きやすいカーブなどの手前で注意喚起の情報をカーナビと連携して提供することを理解する。 ③災害時の安全な避難を支援する。これは災害発生と同時に、緊急の規制情報や走行可能ルート、避難地情報などをカーナビを通じて提供することを理解する。	15分 映像資料 ②交通情報収集 (1分30秒)
		3、ＤＳＳＳ	①ドライバーセーフティサポートシステム（安全運転支援システム）は道路に設置されたセンサーや通信機器と車載器を備えた車との路車間通信により、見通しの悪い交差点等での交通事故を未然に防止するシステムであることを理解する。 ア）ドライバーの見落としを感知して注意喚起する。 イ）ドライバーが危険回避の行動を取り遅れた時の注意喚起。 どちらも、ブザーと画面表示にて。	15分 映像資料 ①ＤＳＳＳインフラと車両との協調について (1分40秒)
		4、ＩＴＳ　Ｃｏｎｎｅｃｔ	①道路インフラからの路車間通信システムを利用して、右折時や赤信号などの情報のやり取りをするシステム。 ※間違いポイントに注意 ②車車間通信システムは下記の2つのシステムがある。 ア）通信利用型レーダークルーズコントロールについて イ）緊急車両存在通知について	15分 映像資料 ①ＩＴＳコネクト他 (2分20秒) (1分10秒)

コマシラバス				
50分/ｺﾏ	コマのテーマ	項目	内容	教材・教具
2 （2コマ）	自動運転の基本	1.シラバスとの関係	自動運転とは何なのか？また自動運転が実現したら社会にどう影響を及ぼすのかを中心に、自動運転の現状を理解し、今後開発される自動運転について学ぶ。	オリジナル・テキスト（初級編）
		2.コマ主題	自動運転の基本を学ぶ	
		3.コマ主題細目	①自動運転の意義（自動運転のレベルとは） ②自動運転のもたらす影響（交通事故への影響） ③自動運転の実用化レベルは（自動車メーカーの開発は） ④自動運転を目指す2つの流れ（運転支援か自律走行か）	
		4.コマ主題細目深度	①自動運転とは何なのか？、自動運転のレベルとは？、自動運転の効果について理解する。 ②自動運転がもたらす影響について、モビリティ社会への影響や交通事故への影響、産業構造の変化や高齢化社会への影響などのついて理解する。 ③自動運転が実用化されている現状、自動車メーカーが開発している技術、普及状況などについて理解する。 ④今後自動運転社会を目指す2つの流れについて、モビリティ企業やＩＴ企業、運転支援か自律走行かを具体的事例を参考に理解する。	
		5.次コマとの関係	自動運転の概要を理解した後、自動走行システムの種類や内容、今後必要とされる環境整備について理解する。	

コマシラバス詳細				
学科項目		項目	学科習得内容	学習時間
自動運転の基本	1節 自動運転	1、自動運転の意義 2、自動運転とは	①自動運転を実現することによって、より安全で円滑な運転を車社会にもたらすことの意義を理解する。 （注）次項４でも説明あり ア）自動運転の実現により、ヒューマンエラーによる交通事故の大幅削減ができることを理解する。 イ）高齢化は進む地方都市での公共交通サービスの維持や運転に不安のある高齢者の移動手段として期待できることを理解する。 ウ）宅配便の集荷・配達業務の増大による、トラックドライバーの負担軽減や人手不足解消などが可能なことを理解する。 エ）渋滞の緩和や解消など、快適な移動や輸送の効率化。 ②自動運転について、ドライバーが操作しなくても自動で動くクルマであること。つまり運転席などなくてもいい車であることを理解する。	15分 映像資料 ①2030年近未来のモビレイティ世界 (4分00秒)
		1、自動運転レベル	①自動運転レベルの考え方について理解する。 近年は安全運転支援システムを搭載した自動車に対して、「自動運転」ではなく「運転支援」を使うよう国土交通省より通達があったことを理解する。 レベル２相当の「自動運転」は「運転支援」となる。 ※間違いポイント注意	

コマシラバス詳細				
学科項目		項目	学科習得内容	学習時間
自動運転の基本	1節 自動運転	3、自動運転レベル 4、自動運転により期待される効果 5、自動運転のもたらす影響	②自動運転レベル０～５の考え方について理解する。 （表を見ながら少し詳しく） レベルはアメリカのＳＡＥに準ずることを理解。 ア）自動運転レベル０は運転者がすべて運転タスクを実行することを理解する。 イ）レベル１は自動で止まる。車線をはみ出さない。前方車両に追随することができることを理解する。 ウ）レベル２は特定条件下（例えば高速道路など）で、レベル１を自動で行えることを理解する。 エ）レベル３はレベル２を高次元で実施できることを理解。 （例えば、高速道路などで、遅い車がいれば、自動で追い越す。分合流を自動で行うなど） （注）このレベル３までが、ドライバーによる監視が必要。 オ）レベル４はシステム全体が自動となるが、作動が困難となった時はすぐに運転者が介入できる状態となっている。 カ）レベル５は完全自動運転となる。 （注）レベル４と５はシステムによる監視が重要となる。 ③自動運転により期待される効果は、上記の自動運転の意義でも説明しているが、ここでは交通事故の件についてテキストの表を参考にして数値の推移を確認する。 ア）死亡事故発生件数の９７％は運転者に責任あり。 イ）トラックドライバーの約４割が５０歳以上。 ウ）高齢者等の移動支援について。 エ）国際競争力の強化について。 オ）渋滞の解消・緩和　※間違いポイントに注意	25分 映像資料 ①自動運転レベル0～5詳しく解説 (3分50秒)
		6、自動運転のレベルと実用化の現状	①実用化が見込まれる自動運転技術について理解する。 ア）レベル１では自動ブレーキ、車間距離維持、車線の維持は市販車に搭載されている。 イ）レベル２では高速道路におけるハンドルの自動操作は一部一般車に搭載されている。 ウ）レベル３は２０２０年度を目標に、自動追い越し、自動合流・分流について市販車に搭載が計画されている。 エ）レベル４については、２０２５年以降を目標に開発が進むことについて理解する。 ②自動車メーカーが現在開発中の技術について、簡単に理解する。 ③今の技術（レベル２相当）の普及状況について理解する。 ア）対車両自動ブレーキについては２０１５年度に販売された新車の約４３％に装着されていて、かなり進んでいることについて理解する。 イ）アクセル踏み間違い防止装置については、同じく２０１５年の新車に約３１％装着されていることについて理解する。 ウ）レーンキープアシスト（車線維持装置）に関しては、まだ新車の４．２％にしか装着されていないことを理解する。 エ）しかしながら、ＡＣＣ（アダプティブクルーズコントロール）は高速道路走行を前提にして、新車の約１７％に装着されたことについて理解する。	20分 映像資料 ①自動運転コンセプトムービー (3分30秒)

コマシラバス詳細				
学科項目		項目	学科習得内容	学習時間
自動運転の基本	2節 自動運転を目指す2つの流れ	1、タイプＡについて	①自動運転を目指す２つの流れについて理解する。 タイプＡとタイプＢがあり、まずタイプＡの特徴から理解。 ア）開発の中心は大手メーカーが中心であらゆる場所での自動運転を目指す。 イ）自動運転の開発が企業にとって合理的なビジネスモデルとなる。 ②自動運転の技術的な課題について理解する。 道路工事中の図を見ながら、自動運転の課題について理解する。 ア）天候や季節、時間帯によって条件が変わってくる。 イ）地域（自治体等）によって道路の補修状況や条件が微妙に異なる。 ウ）歩行者や自転車、バイクなど他の交通にも注意が必要となる。 結果：すべての危険に対して、正しい認識をするのは極めてむずかしい。 ③自動運転の高度化の背景について理解する。 従来の車は自分が望めばあらゆる場所に行くことができる。 自動運転もあらゆる場所で作動しなければ意味がない。 この問題を解決するにはまだまだ問題が多い。 したがって、現状は「運転支援」を目指さざるを得なくなる。 ④人間と自動運転との間の相互作用の難しさを理解。 画像を見ながら ア）自動運転中のドライバーの挙動について、時間が経つと反応が鈍くなることを理解する。 イ）自動運転に異常が発生した場合のドライバーの反応は自動運転の時間が長い場合、非常に悪くなる。 ⑤段階的自動運転技術の高度化の難しさについて理解する。 通常の運転に対しては、刺激が多いため集中力が持続するが、自動運転時間が長くなると、人間は集中力の維持が難しい。そこえもって監視タスクが増えると集中力を維持することはより難しくなる。（利用者に価値はあるのか？） ⑥導入コスト・費用対効果の課題について理解する。 ア）仮に完全自動運転車両が開発されたとして、今のコストは膨大。 イ）自動運転車両を買うより運転手を雇った方が賢明。 ウ）メンテナンス費用は？社会のニーズは？	20分
		2、タイプＢについて	①Ｂタイプの開発の中心はＩＴ企業や、ベンチャー企業が中心。 ②目指すは、地域の足の維持、安全で、基本スタイルは無人で動作できることである。 ③既存のビジネスモデルにとらわれず、柔軟な発想と組織が合理的である。 ④タイプＢの開発車両（プリウス）について簡単に説明する。 ⑤タイプＡもＢもシステムの構成については大差はないが、Ａはあらゆる場所を想定しているため、情報処理は高コストになる。 ⑥各企業の取り組み（実証実験）について説明する。	20分 映像資料 ①群馬大学の取り組み (1分50秒)

コマシラバス				
50分/ｺﾏ	コマのテーマ	項目	内容	教材・教具
3 （2コマ）	ＩＴＳと自動走行システム 次世代ＩＴＳとＡＩ技術	1.シラバスとの関係	自動運転技術の協調型の重要性を理解し、先進運転支援システムについて理解する。	オリジナル・テキスト（初級編）
		2.コマ主題	協調型自動運転支援システムの理解	
		3.コマ主題細目	①自動走行技術の概要 ②ＡＣＣ技術とＣＡＣＣ技術 ③ＡＤＡＳとは ④自動走行に向けた環境整備 ⑤次世代ＩＴＳ技術とＡＩ技術	
		4.コマ主題細目深度	①自律型自動運転と協調型運転との違いについて理解する。 ②車間自動制御システムと協調型自動制御システムからＡＤＡＳ高度運転支援システム）またＣＡＣＣを利用した隊列走行システムについて理解する。 ③ＡＤＡＳ（先進運転システム）の特徴、種類、応用などについて理解る。 ④自動運転レベル3以上の自動運転車両の安全性及びこれから必要になる自動運転に係る周辺の環境整備について理解する。 ⑤次世代ＩＴＳ技術を活用したインフラ技術や情報セキュリティ、ＩＣＴを活用した新しい技術などについて理解する。	
		5.次コマとの関係	先進安全運転システムに基本を学んだ後、実習車両にて、カメラ、セサーの位置確認から機能確認までを理解する。	

コマシラバス詳細				
学科項目		項目	学科習得内容	学習時間
ＩTSと自動走行システム	1節 自動走行技術の概要	1、自律型自動運転 2、協調型自動運転	①自律型自動運転の概要について理解する。 ②協調型自動運転の概要について理解する。 特に外部から提供される情報を通信技術を使って取得して走行するシステムは重要。※間違いポイント注意	6分 映像資料 ①自動運転を支援する道路インフラ (2分30秒)
	2節 ＡＣＣとＣＡＣＣ	1、ＡＣＣとは 2、ＡＣＣの制御	①ＡＣＣは高速道路や自動車専用道路で使用することを前提に開発され、前方車両との車間距離を自車のセンサーやカメラを使用して一定に保つ機能がある。 ②ＡＣＣは自動車の先端部に設けられた、ミリ波レーダー及び光学式カメラセンサーなどの情報を専用のコンピュータが処理してアクセルやブレーキを制御することを理解する。	10分 映像資料 ①トヨタセーフティセンス (30秒) ②運転支援システムとは (3分30秒)
		3、ミリ波レーダーの特徴 4、光学式カメラセンサの特徴	①ミリ波レーダーは雨や霧などの悪天候や夜間に強く、照射距離は２００m前後と長い特徴を理解。 ※間違いポイント注意 ②光学式カメラセンサは車の認識だけではなく、白線や標識が認識でき、前方の車のブレーキランプの赤色も認識できる。	
		5、ＣＡＣＣとは 6、ＣＡＣＣの特徴	①ＣＡＣＣはＡＣＣの機能に前方車両からの情報を通信して、自車の制御を行うことが出来る。 ②ＣＡＣＣの特徴は高速道路などでのトラックの隊列走行など、前の車と車間距離を開けなくても、前の車の運転状況が通信によって後方の車に伝達されることを理解する。	

コマシラバス詳細				
学科項目		項目	学科習得内容	学習時間
ＩＴＳと自動走行システム	3節 ＡＤＡＳについて	1、ＡＤＡＳとは 2、ＡＤＡＳの特徴	①ＡＤＡＳ（エーダス）の言葉の意味を理解する。 ②ＡＤＡＳは車の運転操作に必要なクルマの制御について、人が行う認知、判断、操作の一部または全部をアシストすることである。 ※間違いポイント注意	6分 映像資料 ①ホンダのＡＤＡＳシステム (2分50秒)
		3、ＡＤＡＳの種類	①クルーズコントロールはアクセルペダルを踏み続けなくても、一定速度を維持する機能。 ②衝突被害軽減ブレーキはカメラやレーダーなどのセンサーを使用して、前方の障害物を検知し、衝突の危険がある時にドライバーに警告を行うシステム。 ※間違いポイント注意 ③車線逸脱防止支援システムはドライバーの不注意などで、車線から逸脱するのを防止するシステム。 ④駐車支援システムは駐車する際に、ハンドル操作や周囲の状況を運転者にわかりやすく伝えるシステム。 ⑤ブラインドスポットモニターはドライバーの死角を補って事故を防止するシステム。 ⑥カーナビゲーションはＧＰＳやＶＩＣＳなどの情報を入手し、安全で効率的なルートを運転者に知らせるシステム。 ⑦車両間通信システムは車両同士の通信システム ⑧道路標識認識システムはカメラにて標識を認識するシステム。 ⑨居眠り運転検知システムはドライバーの動きをＡＩが解析して、居眠りを感知した場合、警告するシステム。 ※間違いポイント注意	10分 映像資料 ①トヨタセーフティセンス (30秒) ②運転支援システムとは (3分30秒)
	4節 ＬＴＣについて	1、ＣＡＣＣとＬＴＣとは 2、隊列走行	①ＬＴＣはあらがじめ決められたラインに沿って走行するようプログラミングすることで、ＣＡＣＣと連携することで、高速道路でのトラック隊列走行が可能となる。	4分 映像資料 ①トラックの隊列走行紹介 (1分50秒)
	5節 自動走行に向けた環境整備	1、レベル３以上の自動運転車両の安全性	①安全要件や安全確保のための各種方策。 ア）高度な自動運転技術を持つ車両の安全性が必要。 イ）自動運転技術を開発するための考慮すべき要件。 ウ）基準に適合しているかどうかの確認手法。	6分 映像資料 ①ホンダのＡＤＡＳシステム (2分50秒)
		2、自動運転に対応する自動車整備・検査の高度化	①自動ブレーキ搭載車の普及状況とそれに対応した適切な機能確認が必要。 ②自動車整備工場の環境整備を整える必要性。 ア）自動車メーカーが定める、整備要領書の提供。 イ）汎用の故障診断器の開発。 ウ）自動車整備士の育成・研修。 ③自動運転技術に対応した、新たな検査技術の検討。	5分
		3、自動運転に係るルール整備について	①ドライバーによる運転を前提にした制度からシステムによる運転も想定した制度へ。	5分

コマシラバス詳細				
学科項目		項目	学科習得内容	学習時間
ＩＴＳと 自動走行 システム	5節 自動走行に向けた 環境整備	4、官民ＩＴＳ・構想 ロードマップ2017	①２０２５年までの自家用車・物流サービスの自動運転実現 へのシナリオ。 ②自動運転に係る制度整備大綱	5分
		5、制度整備大綱 する自動車整備 ・検査の高度化	①車両の安全確保の考え方 ア）ガイドラインを２０２０年度までに制定 イ）国際基準を日本が先導。 ウ）現在の使用過程車の在り方。 ②交通ルールの在り方。※間違いポイント注意 ア）国際的な論議（ジュネーブ条約）にて引き続き関係国と連携していく。 イ）無人自動運転移動サービスに関する考え方について。 ③安全性の一体的な確保。（走行条環境件等の検討・策定） ④責任関係 ア）万一の事故の際の迅速な被害者救済。 イ）刑事責任の検討。 ウ）走行記録装置の義務化。	5分
		6、自動運転車の安全 技術ガイドライン	①自動運転車の安全性に関する基本的な考え方。 ②自動運転車の安全性に関する要件（１０項目）	3分
次世代 ＩＴＳと ＡＩ技術	1節 社会的課題への 対応	1、持続可能なモビリ ティ社会の実現	①事故が起こった時の責任は誰がとるのか？（運転車？、自動車側？）。 ②自動運転システムをハッキング。 ③自動運転システムを武器に。（自爆テロ、無人兵器） ④ＡＩ（人工知能）に潜む危険性について （ＡＩが間違ったら、ＡＩが暴走したら） ※間違いポイント注意 ⑤インフラ整備（予算、時期等） ⑥法律の整備（ジュネーブ道路交通条約）	20分 映像資料 ①自動運転 は本当に 必要？ (4分53秒) ②2020年の 実用化 自動運転 レベル3 (1分47秒)
	2節 ＩＴＳ技術と ＡＩ技術	2、ＩＣＴを活用した 次世代ＩＴＳ	①自動走行システムが実現した時に期待される効果について理解する。※間違いポイント注意 ②次世代ＩＴＳの実現に向けて進められる取り組みについて理解する。 ③先進安全自動車（ＡＶＳ）の実用化・普及促進について理解する。 ④国の取り組み（日本再興戦略）に於いての位置づけについて。 ⑤自動走行システムに必要な通信技術について理解する。 ア）車車間通信の技術的課題について理解する。 イ）車路間通信の技術的課題について理解する。 ウ）上記通信の通信技術の課題について理解する。 ⑥歩車間通信技術の開発について。	5分 映像資料 ①先進安全 自動車 （ＡＳＶ） の運転 (0分59秒)

コマシラバス				
50分/ｺﾏ	コマのテーマ	項目	内容	教材・教具
3 （1コマ）	実習車両による 機能点検（実習編）	1.シラバスとの関係	自動運転に必要なシステムとは何なのか？実際の実習車両を使用して、機能部品の位置、役割、システムの関連性を理解する。	オリジナル・テキスト（初級編） 実習車両 日産： セレナ トヨタ： プリウス 日産自動車（プロパイロット）、トヨタ自動車（セーフティ・センス） 技術解説書
		2.コマ主題	自動運転（先進安全運転支援の基本を学ぶ）	
		3.コマ主題細目	①先進安全運転支援システムの概要 ②先進安全運転支援システムの部品の役割 ③先進安全運転支援システムの制御 ④ＡＤＡＳコンピュータの役割 ⑤ＡＤＡＳコンピュータの作動概要	
		4.コマ主題細目深度	①日産自動車のセレナを使用して、プロパイロット・システムにおける先進安全支援システムについて確認する。 ②日産自動車のセレナを使用して、先進安全運転システムに使用される部品について、取付位置、機能、役割等を実車にて確認する。 ③日産自動車のセレナを使用して、先進安全運転システムに使用されるＣＡＮ通信について、実車にて確認する。 ④日産自動車のセレナを使用して、先進安全運転システムに使用されるＡＤＡＳコンピュータについて、実車にてその機能と役割について確認する。 ⑤日産自動車のセレナを使用して、先進安全運転システムに使用されるＡＤＡＳコンピュータについて、実車にてその作動条件や解除条件などについて確認する。	
		5.次コマとの関係	自動運転の概要、自動走行システムの種類や内容、今後必要とされる環境整備等について理解し、実車にて機能を確認した後、履修確認をする。	
4 （0.5コマ）	履修判定試験 アンケート記入	1.シラバスとの関係		
		2.コマ主題		
		3.コマ主題細目	履修判定試験	
		4.コマ主題細目深度		
		5.次コマとの関係		

初級編

「自動運転技術の基礎」

ＩＴＳ・自動運転概論「第１コマ」授業記録
自動運転技術の基礎

１　日　時：2019 年 10 月 18 日（金）13:00-15:00
２　対　象：自動車工学科２年　22 名
３　講　師：名古屋大学未来社会創造機構招聘教員　本丸　勝也　氏

学習項目	主な内容	指導教材
自動運転のレベル	自動運転レベル１～５の説明 ・ステリングが回るのはレベル３以上 ・国内の実証実験はレベル３以上 ・レベル４は人が乗っていなくてもよいレベル ・レベル５はまだ実現されていない ・自動運転は総合技術	・パワーポイント
自動運転の社会的期待	自動運転の特徴 ①安全かつ円滑な道路交通社会 ・交通事故の削減 ・交通渋滞の緩和 ・環境負荷の低減 ②快適に移動できる社会 ・運転の快適性の向上 ・高齢者の移動支援 ③産業規模・波及性が高い汎用的な技術 ・産業競争力の向上 ・関連産業の生産性向上	・パワーポイント
実現はいつか	①自家用車 ・2020 年まで:レベル２ ・2025 年まで：レベル４ ・東京オリンピックに合わせてレベル４が実施される。 ②物流サービス ・2021 年までにレベル２以上のトラック友人隊列走行 ・2022 年以降に無人隊列走行 ③移動サービス ・2020 年まで:限定地域でのレベル４の無人自動運転サービス	◇映像：ＩＴ業界はどんどん開発、自動車業界は安全性重視 ◇映像：スウェーデン 運転席すらない自動運転トラック ◇映像：ボルボ 自動運転トラック（バックできる） 40 キロ走る ◇映像：中国

	・過疎地、空港施設内などのエリア	自動運転タクシー ◇映像：ボルボバック 自動運転バス

自動運転の技術	自動運転を支える代表的なセンシング ①ライダー レーザー光線を出して、当たって帰ってくるまでの時間から距離を計算 ②ミリ波レーダー 波長の長い電波を照射し、物体に反射して帰って電波を検出することにより、物体の距離と方向を検出 ③超音波 超音波を対処物に向けて発信し、対象物の有無と距離を把握。測定距離が 10 mと短い。 ④カメラ 周囲の車両、歩行者、交通標識、白泉などを検出。 ⑤ステレオカメラ ２台のカメラの映像の視差から物体までの距離を測定。 ⑥ＧＮＳＳ+ＩMU ＧＮＳＳは測位衛星 ＩMUはジャイロで角速度、角加速度計で加速度を測定する装置	◇映像 自動運転車両のデータ

自動運転に必要な環境	①車間通信 車両同士の無線通信により位置､速度、制御情報等を取得。Ｖ２Ｖ、Ｖ２Ｘ ②路車間通信 車両とインフラ設備との無線通信により、運転者に安全運転支援を行うシステム。Ｒ２Ｖ ③５Ｇ 10Ｇbps を超える超高速データレートや超多数の末端接続のサポート	◇映像：５Ｇ ソフトバンクのトラック隊列走行

自動運転に求められる技術	①ＲＯＳ ロボット開発のデファクトスタンダード。ほとんどの自動運転車はこのミドルウェア上で動いている。 ②自己位置推定 走行中の資料の位置、向きを推定	◇映像：停止義務 ◇映像：衝突回避 ◇映像：人の検出 ◇映像：オブジェクト認識とトラッキング

	③経路生成 経路を３次元で生成する。経路上に速度情報などを仮想的に埋め込む。 ④アルゴリズム 前方センシング、全周センシング、ルート	◇映像：Ｓ字曲線 ◇映像：シームレスな移動と輸送

技術的な問題	①緊急車両への対応 ②回避不可の渋滞 ③道路の破損 ④高さ制限 ⑤天災・横風 ⑥逆走車両 ⑦カルガモの行進 ⑧法整備　等	◇トラブル時の責任・都市計画、インフラ協調 ◇映像：論理的な課題 どちらに行っても、よけ切れないとき、どうするか。 ◇映像：モラルマシーン

自動運転とは	オートメイド（自動）ではなく、オートモース（自律） 	◇マース 5000 円なら車乗り放題、10000 円ならすべて乗り放題 ◇街づくり 自動運転のためのテストできる街づくり・オートモースシティ（自律都市） ◇自律移動ロボット 宅配や仮想点字ブロックによる歩行支援 ◇東京都内で大規模実証実験

ＩＴＳ・自動運転探究・実証授業アンケート「第１回」

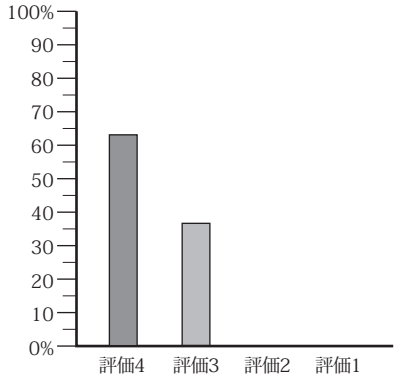
実 証 日：2019 年 10 月 18 日 13:00～15:00
対象学生：自動車工学科２年　23 名

講義テーマ	：	自動運転技術の基礎と課題
講　　師	：	名古屋大学未来社会創造機構招聘教員　本丸　勝也　氏

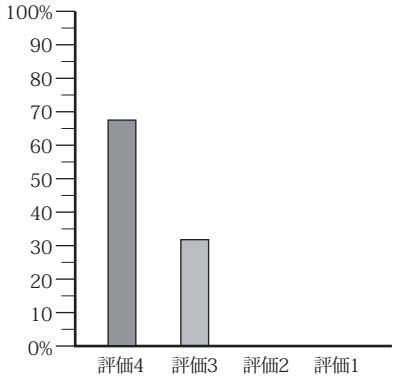
１　アンケート調査結果
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	63. 6%	36. 4%	0. 0%	0. 0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	68. 2%	31. 8%	0. 0%	0. 0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	63. 6%	36. 4%	0. 0%	0. 0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	59. 1%	40. 9%	0. 0%	0. 0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	50. 0%	50. 0%	0. 0%	0. 0%

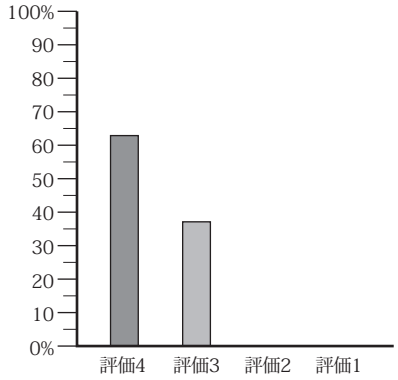
①探究心



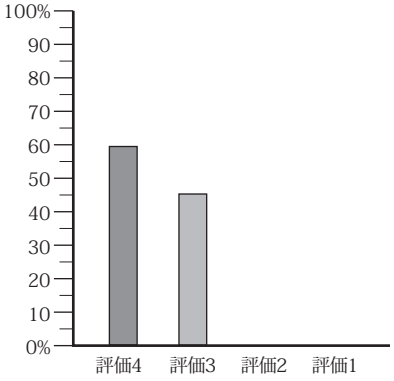
②目的性



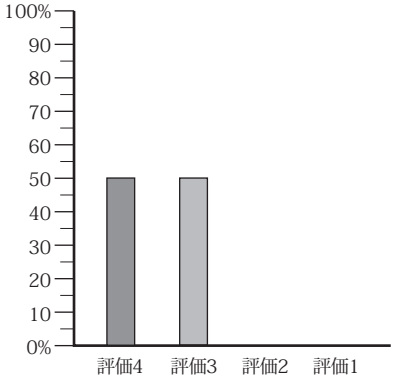
③理解度



④変化性



⑤満足感



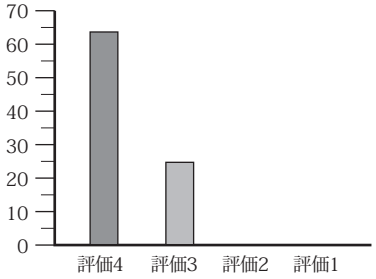
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

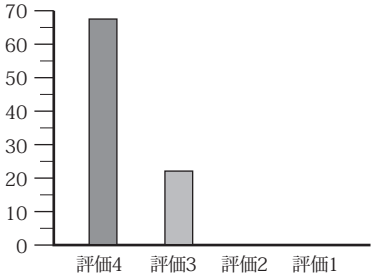
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	64	25	0	0	89
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	68	22	0	0	90
③理解度	授業は分かりやすかった。	64	25	0	0	89
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	59	29	0	0	88
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	50	35	0	0	85

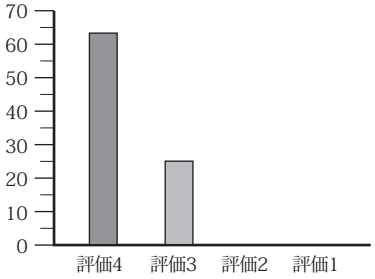
①探究心



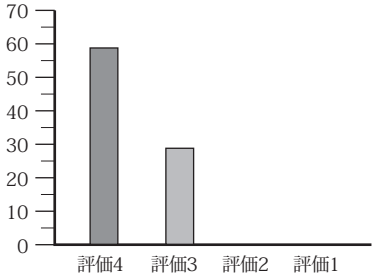
②目的性



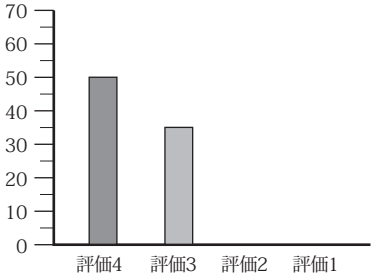
③理解度



④変化性



⑤満足感



3　学生の感想

①自動運転のこれからのことを知ることができた。
②自動運転にレベルがあることを初めて知った。
③自動運転が増えると、自動車整備士も自動運転車を直していかなければならないので、学べてよかった。
④海外の自動運転の進歩がすごい。
⑤実物を見てみたい。
⑥日本独自の規則などで、自動運転技術が世界と差がつくのは、よくないと思った。

4　今後の改善策

・全体的に学生評価は高い点数であった。これは、映像資料を多く用い、イメージとして自動運転の進歩の状況を指導できたことが一因と考えられる。
・本講義で、自動運転に興味を持ち、ＡＩ基礎講義で学習したセンサーのことを思い出している学生が多く見られる。本講義をＡＩ基礎講義の前の単元導入時に行い、自動運転がＡＩの進歩と深く関係していることを知れば、難しいＡＩ基礎を学ぶ意欲が高まったと考えられる。
・本講義とＡＩ基礎は重なる部分が多く見られる。本丸氏とＡＩ講師とがティームを組み、掛け合い指導をすると、魅力的な授業になるのではないかと思われる。

初級編

「ＩＴＳ・自動運転の基本」

ＩＴＳ・自動運転探究「第２コマ」授業記録
「ＩＴＳ・自動運転の基本」

１　日　時：2019 年 11 月 8 日（金）13:00-15:00
２　対　象：自動車工学科２年　22 名
３　講　師：日本工科大学校教員　稲岡　正人　氏

学習項目	主な内容	指導教材
ＩＴＳの役割	ＩＴＳの意味と役割についての説明 ・現在の道路交通がかかえる問題点、特に交通事故や環境対策を解決することの重要性がＩＴＳに託されている。 日本のＩＴＳの過程について説明 ・ＩＴＳ世界大会での決定	・パワーポイント
ＩＴＳの開発	展開計画の９分野の特徴 ①ナビゲーションシステムの高度化 ・ＶＩＣＳシステムを活用した渋滞情報や交通規制情報、駐車場の空き状況の提供 ②自動料金収容システム ・料金書での自動料金収受システムにより交通滞留の解消 ③安全運転の支援 ・走行環境情報の提供 ・自動運転 ・車間、路車間通信 ④交通管理の最適化 ・交通流の最適化 ・交通事故時の交通規制情報の提供 ⑤道路管理の効率化 ・道路維持管理者の効率化 ・特殊車両の管理 ⑥公共交通の支援 ・公共交通利用情報の提供 ・公共交通の運行・運行管理支援 ⑦商用車の効率化 ・商用車の運行管理支援 ・商用車の連続自動運転 ⑧歩行者等の支援	・パワーポイント （動画挿入） ◇映像：ＶＩＣＳ光ビーコン

	・前方歩行者を検知し、ドライバーへの警告や自動ブレーキ操作による危険防止 ⑨緊急車両の運行支援 ・緊急時自動通報 ・緊急車両経路誘導・救援活動支援	

ＩＴＳ基本概念	ファーストステージからセカンドステージへ ・1996 年からのファーストステージ（実用化推進） ・2004 年からセカンドステージ（普及と社会還元加速） ・2010 年から次世代ＩＴＳ（社会的課題への対応）	

ＩＴＳを活用した安全運転支援	協調型ＩＴＳ ・インフラとクルマ、クルマとクルマの双方向通信による、安全運転支援 ＥＴＣ2.0 ・道路側ＩＴＳスポットとクルマの双方向通信により、渋滞回避支援、安全運転支援を提供 ＤＳＳＳ ・道路とクルマが通信する安全運転支援 ＩＴＳコネクト ・ＩＴＳ専用の無線通信を活用した、安全運転支援	◇映像：トヨタ自動運が考えるＩＴＳ ◇映像：交通情報収集 ◇映像：ＤＳＳＳインフラと車両との協調について ◇映像：ＩＴＳコネクト ◇映像：レーダークルーズコントロール

自動運転の基本	自動運転の意義 ・安全で円滑な運転を車社会にもたらす ・高齢化社会での地域の生活支援の新たな手段 ・トラック配送など、ドライバーの負担軽減と人手不足会解消 自動運転とは ・ドライバーの操作がなくとも自動で動くクルマ 自動運転のレベルとは ・レベル 0 から 4 まで	

自動運転の基本	自動運転により期待される効果は ・交通事故の低減 ・渋滞の緩和・解消 ・少子・高齢化への対応（生産性の向上） ・国際競争力の強化 自動運転のもたらす影響 ・モビリティ社会への影響 ・交通事故への影響 ・産業構造の変化 ・高齢化社会への影響 自動運転実用化の現状 ・レベル１は実用化済 ・レベル 2～4 は 2020 年度までに（但し 4 はエリア限定） ・自動車メーカーが実用化している技術（普及状況） ・今後の課題	

自動運転を目指す2つの流れ	タイプＡについて ・あらゆるところで自動運転可能 ・自動車メーカーが主体 ・従来の自動車ビジネスモデル Ａタイプの問題点 ・あらゆる所での危険認識の難しさ ・操作する人間とのインタラクション Ｂタイプについて ・ＩＴ企業、ベンチャー企業が中心 ・無人で動作することを目指す ・既存のビジネスモデルにとらわれない発想	

備考	自動運転実証実験の紹介事例	◇映像：群馬大学の実験車両走行実験

ＩＴＳ・自動運転探究・実証授業アンケート「第２回」

実 証 日：2019 年　11月8日　13:00～15:00
対象学生：自動車工学科２年　22名

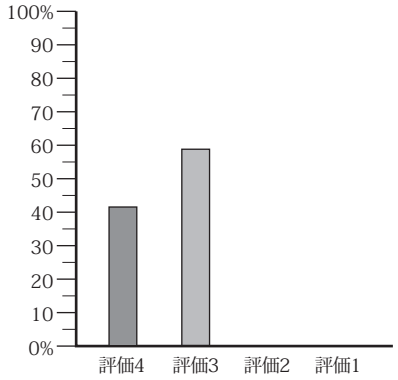
講義テーマ	：　ＩＴＳの基本概念・自動運転の基本
講　　師	：　日本工科大学校　学部長　稲岡　正人　氏

１　アンケート調査結果

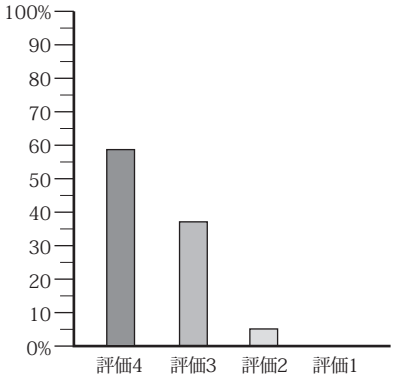
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	41%	59%	0%	0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	59%	37%	5%	0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	59%	41%	0%	0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	55%	37%	9%	0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	37%	59%	5%	0%

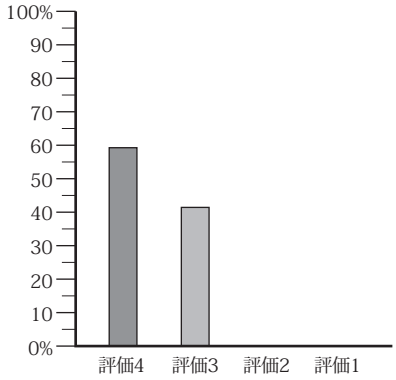
①探究心



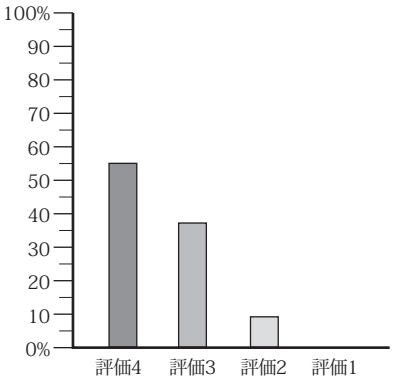
②目的性



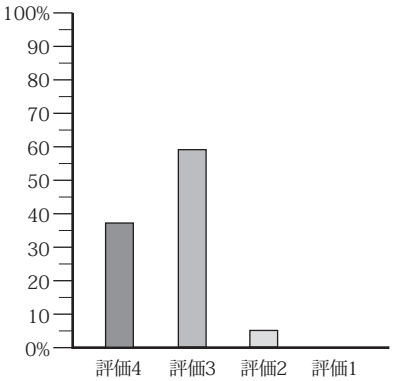
③理解度



④変化性



⑤満足感



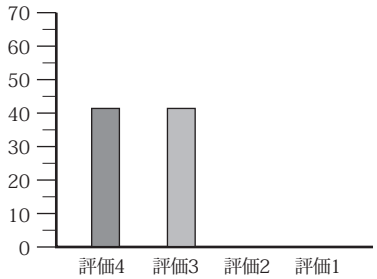
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

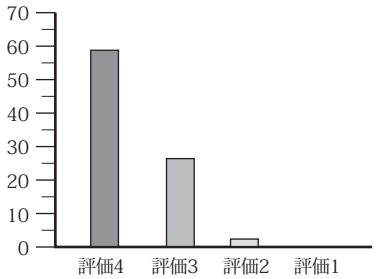
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	41	41	0	0	82
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	59	26	2	0	87
③理解度	授業は分かりやすかった。	57	29	0	0	88
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	55	26	4	0	85
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	37	41	2	0	80

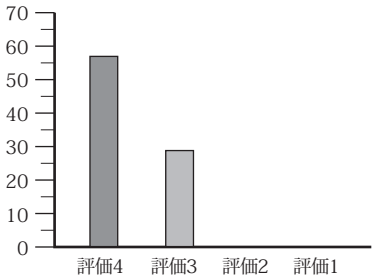
①探究心



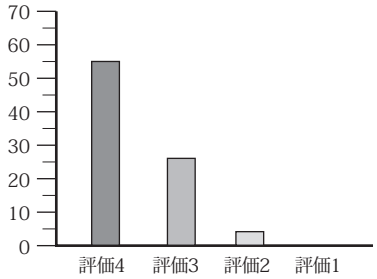
②目的性



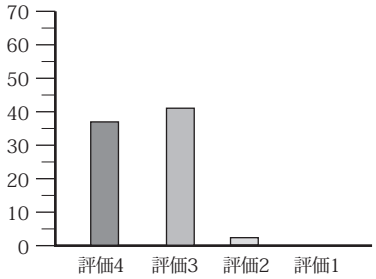
③理解度



④変化性



⑤満足感



3　学生の感想

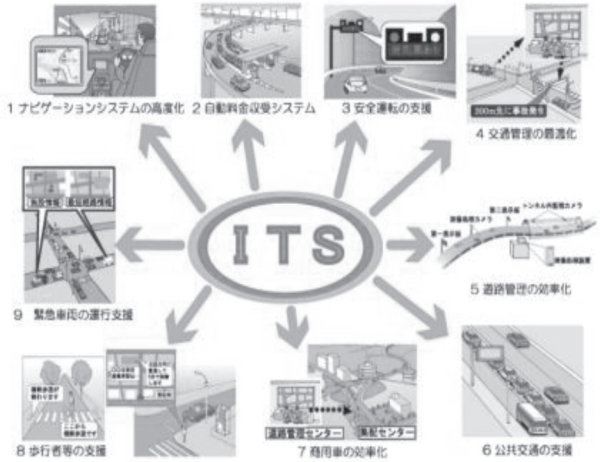
①基礎から学べたので分かりやすかった。
②自動運転への取組みを動画を通して分かりやすく学ぶことができた。
③今回の学修を一番初めにしてほしかった。
④学修資料を手元に欲しい。
⑤プロジェクターの文字が見えにくい。
⑥実物を見てみたい。

4　今後の改善策

・全体的に学生評価は高い点数であり、分かりやすく授業であった。これは１ＴＳの基本的な内容について、順序立てて整理して指導をしたためだと考えられる。
・ＡＩ基礎の授業と関係づけることが必要であり、学生の感想にあるように、単元導入時に位置付け、ＩＴＳや自動運転の基礎的な知識を学んだ後に、その原理としてＡＩ基礎を学ぶほうがよかったように思われる。

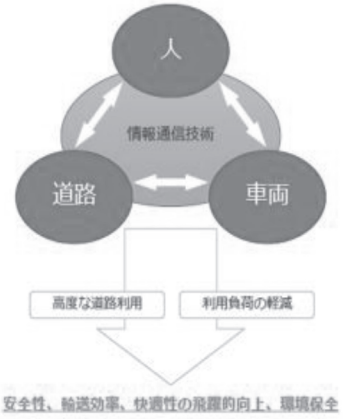
― ITS 概論（初級編） ―

1 『ITSの基本概念』

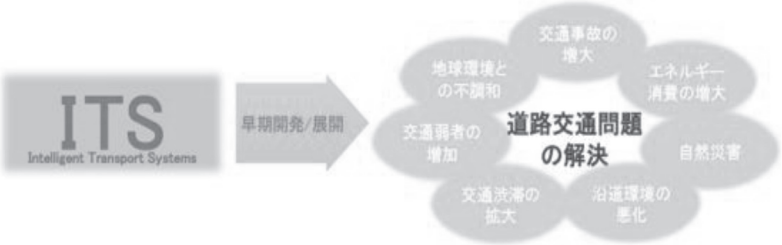


ITS
Intelligent Transport Systems
高度道路交通システム

人と道路と自動車の間で情報の受発信を行い、道路交通が抱える事故や渋滞、環境対策など、様々な課題を解決するためのシステムとして考えられました。常に最先端の情報通信や制御技術を活用して、道路交通の最適化を図ると同時に、事故や渋滞の解消、省エネや環境との共存を図っていくものです。関連技術は多岐にわたり、社会システムを大きく変えるプロジェクトとして、新しい産業や市場を作り出す可能性を秘めています。

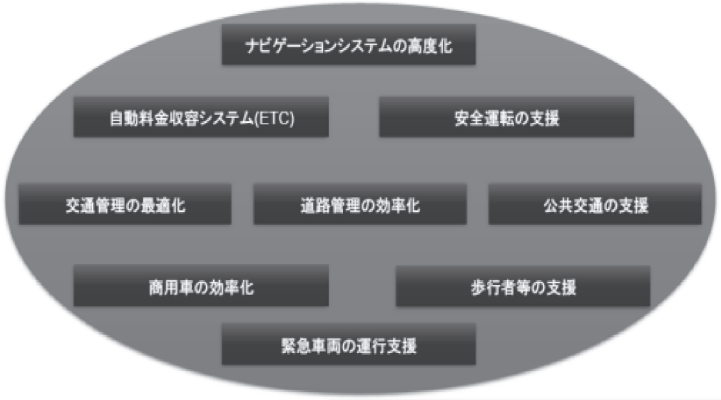


ITSは、交通事故の増大、交通渋滞の拡大、沿道環境の悪化、地球環境との不調和、エネルギー消費の増大といった深刻な道路交通問題解決の切り札として期待されるものであることから、可能な限り早期に開発・展開を行っていく必要があり、産学官のITS関係者が共通の努力目標の下で、積極的に取り組みを行っていくことが重要です。このため、9つの開発分野ごとにシステムの実用化実績や研究開発等の進捗状況、さらには、海外での類似システムの開発状況等を勘案し、システムの実用化時期等に関する開発・展開目標を設定しています。



日本のITS分野の研究開発は、1970年代の初めから始まりました。当初はITSといった用語もありませんでしたが、1995年横浜の第2回世界会議を機に、日本人の研究者からITSという用語が提唱され、世界共通の用語として定着しました。
1996年7月に策定された「ITS推進に関する全体構想」により、関係省庁の動きが一本化されました。これ以降をITS推進のファーストステージとして、開発9分野を設定し、開発・実用化・普及のロードマップが策定され、産官学民協力のもと国家プロジェクトとして推進されるようになりました。

ITSの開発・展開計画としては、9つの開発分野ごとに開発・展開の必要性を整理した上で、各開発分野の利用者サービスに対応したITSとしてのシステムの概要及び開発・展開の目標を提示しています。

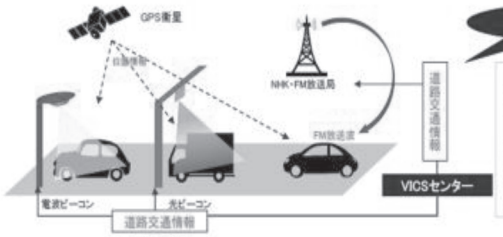


高度道路交通システム(ITS)推進に関する全体構想より(1996年)

①ナビゲーションシステムの高度化

- 課題
  - 交通渋滞による経済損失、時間損失
- サービス
  - 交通関連情報、目的地情報の提供
- サービス概要
  - 各経路の渋滞情報、所要時間、交通規制情報、駐車場の満空情報等を、オンデマンド等に対応したナビゲーションシステムや情報提供装置により提供する
  - 車載機等への「交通関連情報の提供」を順次全国へ展開する

VICSシステム(Vehicle Information and Communication System:道路交通情報通信システム)



今はVICS WIDE

・交通渋滞・規制情報、駐車場の満空状態等をカーナビを介してドライバーにリアルタイムに提供

・運営主体として平成7年7月に財団法人道路交通情報通信システムセンター(VICSセンター)が設立され、電波ビーコン、光ビーコン及びFM多重放送の3メディアでVICSサービスを提供

②自動料金収容システム

- 課題
  - 料金所での渋滞発生、管理コストの負担
- サービス
  - 自動料金収容
- サービス概要
  - 有料道路の料金所の渋滞解消及びキャッシュレス化によるドライバーの利便性の向上、管理コストの低減等を図るため、有料道路等の料金所で一旦停止することなく自動的に料金の支払いを可能とする

今はETC2.0

ETC (Electronic Toll Collection System:電子料金収容システム)

入口料金所
●アンテナ⇒車載器(入口情報を送信)

出口料金所
●車載器⇒アンテナ(入口情報を送信)
●アンテナ⇒車載器(料金情報を送信)

③安全運転の支援

- 課題
  - 交通事故による死亡者数の増加
  - 高齢化社会における事故の防止
- サービス
  - 走行環境情報の提供
  - 危険警告
  - 運転補助
  - 自動運転
  - 車車間・路車間通信

1～5にレベル分け

DSSS
(Driving Safety Support Systems
安全運転支援システム)

ドライバーの認知・判断の遅れや誤りによる交通事故を未然に防止することを目的とするシステム

- サービス概要
  - 道路及び車両の各種センサにより道路や周辺車両の状況等の走行環境を把握し、車載器、道路情報提供装置により、リアルタイムで運転中の各ドライバーに走行環境情報の提供、危険警告を行う
  - 車両に自動制御機能を付加することにより、自車両及び周辺車両の位置や挙動、障害物を考慮して危険な場合には自動的にブレーキ操作等の速度制御、ハンドル制御などの運転補助を行い、ドライバーの運転操作を支援
  - 運転補助機能を発展させ、周辺の走行環境を把握し、自動的にブレーキ、アクセル操作等の速度制御、ハンドル制御を行うことにより自動運転を実現

④交通管理の最適化

- 課題
  - 交通渋滞による経済損失、時間損失、沿道環境悪化、地球環境との不調和、エネルギー消費の問題
- サービス
  - 交通流の最適化
  - 交通事故時の交通規制情報の提供
- サービス概要
  - 渋滞や環境悪化が著しい地域のみならず、道路ネットワーク全体として最適な信号制御を行う
  - 車載器や情報提供装置によりドライバーの経路誘導を行う
  - 交通事故による二次災害を防止するため、交通事故の発生を素早く検出し、それに係わる交通規制を実施する。また、交通規制情報を車載器、情報提供装置等により、ドライバーに提供する

MODERATO(Management by Origin-DEstination Related Adaptation for Traffic Optimization)
交差点への流入交通量と 信号待ち行列長から計算される負荷率という量に基づいて、信号青時間を決定する。信号待ち行列長を考慮しているので、渋滞が発生している交差点流入路により多くの青時間を割り当てることができる。

⑤道路管理の効率化

写真：NEXT西日本

- 課題
  - 道路の維持・補修など道路間に関するコストの増加
  - 特殊車両の許可手続きの迅速化、通行許可の適性化
- サービス
  - 維持管理業務の効率化
  - 特殊車両等の管理
  - 通行規制情報の提供
- サービス概要
  - 路面状況や作業用車両の位置等を的確に把握し、最適な作業時期の判断・作業配置の策定、車両への指示を行う
  - 災害時に道路施設や周囲の被災状況を把握し、道路復旧用車両の効率的配置等、迅速かつ的確な復旧体制の構築を行うなどの道路管理を行う
  - 特殊車両の通行許可申請及び事務処理の電子化、通行許可経路のデータベース化及び許可車両の実際の通行経路の把握、車重計等による通過車両の積載量等の自動的な把握
  - 雨、雪、霧、風等の状況やこれによる通行規制に関わる情報を車載器、情報提供装置等でドライバーに提供する

⑥公共交通の支援

- 課題
  - バス等公共交通の定時制の損失による総輸送人員の低下
- サービス
  - 公共交通利用情報の提供
  - 公共交通の運行・運行管理支援
- サービス概要
  - 公共交通機関の運行状況、混雑状況、運賃、料金、駐車場等の情報を家庭やオフィスの端末、あるいは移動中の車載器、携帯端末機、道路やターミナル、バス停、高速道路のサービスエリア等に設置された情報提供装置等により提供する
  - 運行状況をリアルタイムに収集し、必要に応じて優先通行を実施するとともに、公共交通事業者に基礎データとして提供する

バス到着案内システム(京都市営バス事例)

⑦商用車の効率化

- 課題
  - 物流サービスの多様化と渋滞発生等による積載効率の低下
  - 物流事業におけるコストの増大、ドライバーの高齢化
- サービス
  - 商用車の運行管理支援
  - 商用車の連続自動運転
- サービス概要
  - トラック、観光バス等の運行状況等をリアルタイムに収集し、輸送事業者等に基礎データとして提供する
  - 高度化・自動化・システム化された物流センターの整備、共同配送・帰り荷情報等の提供等によつ物流の効率化
  - 自動走行機能を持った複数の商用車等が適切な車間距離を保ちながら、連続走行を行う

物流事業者車両のプローブ情報(走行位置などの情報)を高速道路上に設置されたITSスポット(通信アンテナ)で収集し、プローブ処理装置を経由してリアルタイムで情報提供

⑧歩行者等の支援

- 課題
  - 歩行者・自転車交通事故死者の半数である65歳以上の高齢者への支援
- サービス
  - 経路案内
  - 危険防止
- サービス概要
  - 携帯端末機や磁気、音声等を用いた施設案内や誘導による支援
  - 携帯端末機等による歩行者用信号の青時間の延長等の支援
  - 前方の歩行者を検知し、ドライバーへの警告や自動的なブレーキ操作による危険防止

歩行者検知システム：運転者から見えにくい場所にいる歩行者の検知

GPS携帯電話で歩行者の存在を検知し、車両のナビゲーションと連動

日産自動車㈱: 将来技術
GPS携帯協調歩行者事故低減システム

カメラセンサーで信号交差点や横断歩道での歩行者を検知

フリアーシステムズ
C-Walk / SafeWalk

⑨緊急車両の運行支援

- 課題
  - 災害等による道路遮断等のような緊急時の対応
- サービス
  - 緊急時自動通報
  - 緊急車両経路誘導・救援活動支援
- サービス概要
  - 車両等自らが自動的に緊急メッセージを関係機関へ通報し、災害、事故などの認知と地点等の特定までに要する時間を短縮する
  - 道路状況、被災状況等をリアルタイムに収集し、関係機関への伝達、復旧用車両等の現場への誘導等を迅速に行う

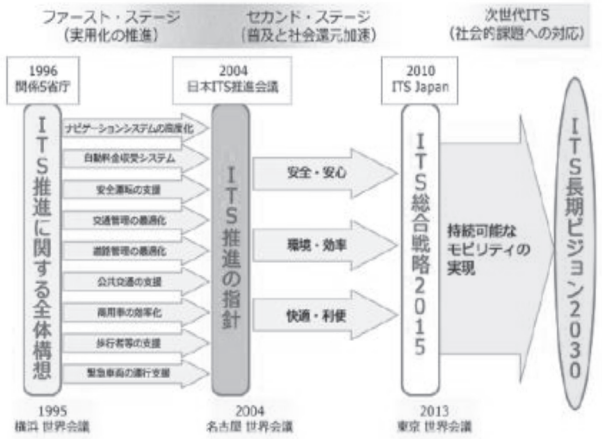
緊急通報システム/メーデーシステム(Mayday system)

■ファーストステージからセカンドステージへ

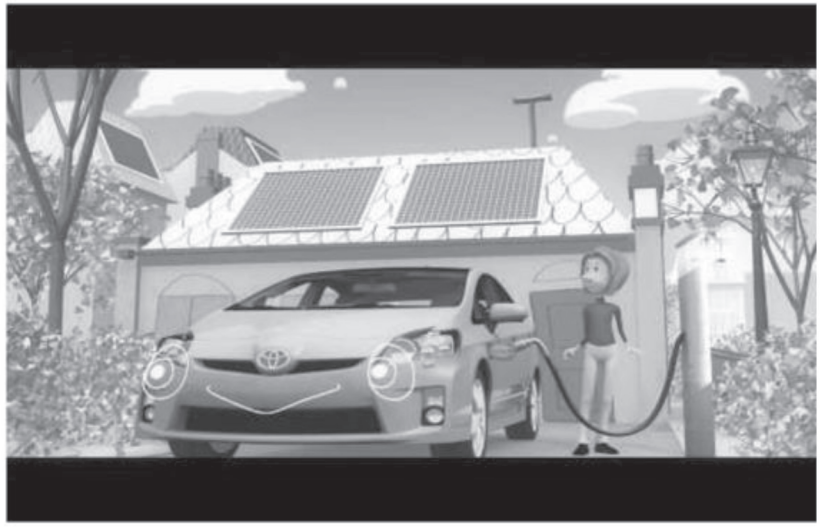
ファーストステージの実用化、普及に残された課題に対して、関係者がこれまでの成果を評価しセカンドステージの取り組みの方向性として「安全・安心」「環境・効率」「快適・利便」を基本概念とする「ITS推進の指針」が取りまとめられました。この指針が、2006年1月の「IT新改革戦略」に反映され、ITSは安全・環境・利便達成に貢献する技術として位置づけられ、「世界一安全な道路交通社会」を目指すインフラ協調安全運転支援の実用化プロジェクトが官民連携のもと進められています。

9つの分野を「安全・安心」「環境・効率」「快適・利便」の3つの柱を指針として開発・展開を行っています。

■セカンドステージ(普及と社会還元加速)



参照:ITS-TEA(一般財団法人 ITSサービス高度化機構

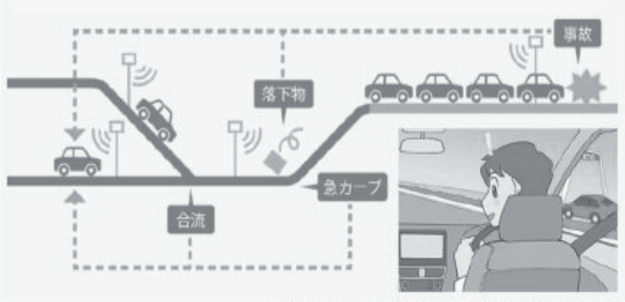


■協調型ITS

「協調型ITS」とは、クルマのセンサーでは捉えきれない情報を、インフラとクルマ、クルマとクルマの双方向通信により、ドライバーに知らせることで安全運転を支援し、事故の防止につなげるシステムです。

■ETC 2.0

ETC2.0は、道路側のアンテナであるITSスポットとクルマの双方向通信により、渋滞回避支援や安全運転支援、自動料金収受(ETC)を提供するサービスです。



参照:ITS-TEA(一般財団法人 ITSサービス高度化機構

①確実情報で安全運転支援

高速道路を走行中、予想していなかった車線合流や急カーブ、さらには落下物や車両事故に遭遇する場合があります。高速道路ではこのようなことが大きな事故につながることも少なくありません。ETC2.0では、走行中のリスクにつながる様々な情報をいち早くドライバーに伝えることで、運転中のヒヤリを大幅に減らします。情報伝達の確実性も高く、道路の路側情報板による情報提供では50%のドライバーしか危険を認知できないのに対して、ETC2.0の車載器は80%以上の方が危険を認知して、的確な回避行動を取ることができるという調査結果もあります。

参照:ITS-TEA(一般財団法人 ITSサービス高度化機構

②事故多発地点での注意喚起

カーブ先やトンネル出口など、見通しが悪い地点では、渋滞末尾への追突といった事故が多発します。このような場所ではETC2.0と連動したカーナビが事前に注意を喚起することで、事故の発生を防ぎます。例えば、首都高速道路における交通事故のワーストワンだった参宮橋カーブでは、カーブ先の渋滞情報の提供によって、交通事故を6割も減らすことができました。

③災害時の安全な避難を支援

ETC2.0では、災害発生と同時に災害発生状況とあわせて緊急の規制情報や走行可能ルート、避難地情報など様々な支援情報を提供します。

参照:ITS-TEA(一般財団法人 ITSサービス高度化機構

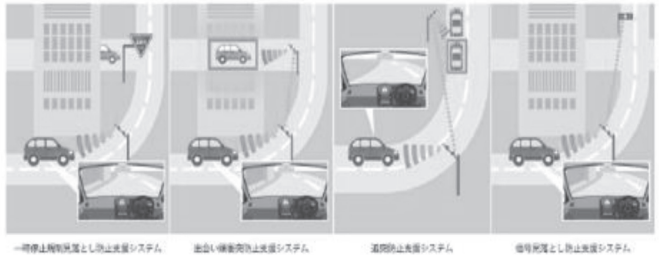
■DSSS

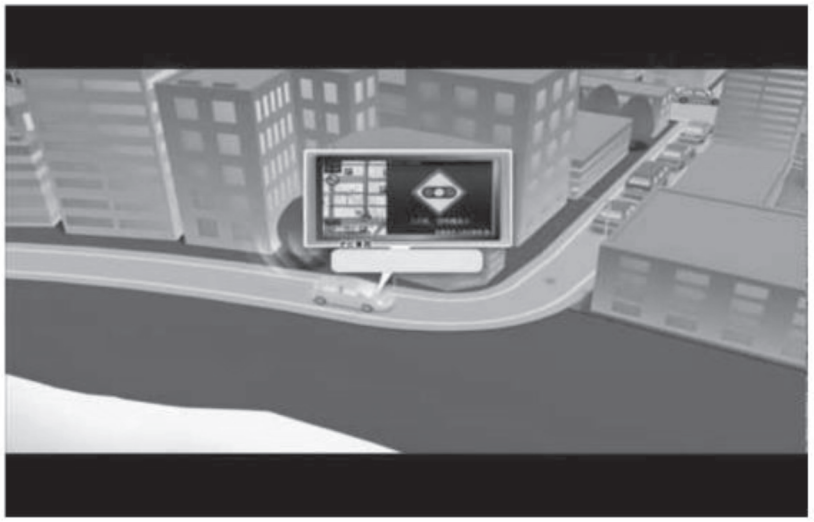
Driving Safety Support Systems

道路が車と通信する安全運転支援

安全運転支援システム(DSSS)とは、道路に設置されたセンサーや通信機器等(路側インフラ)と、車載器を備えた車との路車間通信により、見通しの悪い交差点等で起きやすい交通事故を未然に防止することを目的とするインフラ協調型のシステムです。

ドライバーが視認困難な位置にある車両や歩行者をセンサー等で検知し、ドライバーに知らせ、注意喚起します。





①センサ情報を用いた交差点での
安全運転支援Ⅰ

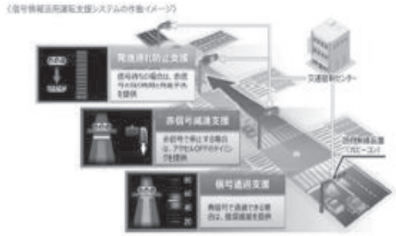
交差点右折待ち時の対向車や歩行者情報により、ドライバーの見落としを感知して、表示とブザー音で注意喚起

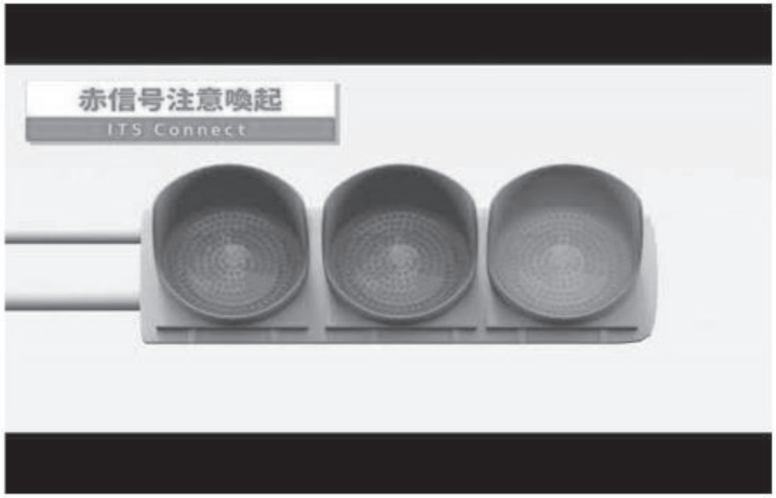
・右左折時衝突防止支援
・一時停止見落し防止支援
・出合頭衝突防止支援
・歩行者横断見落し防止支援

②センサ情報を用いた交差点での
安全運転支援Ⅱ

交差点赤信号を確認時、ドライバーがアクセルを踏み続け、停止行動を取らなかった場合、表示とブザー音で注意喚起

・信号通過支援
・赤信号減速支援
・アイドリングストップ支援
・発進遅れ防止支援





■ ITS Connect

ITS専用の無線通信(760MHz帯)を活用して、安全運転を支援する新しいシステムです。右折時に見えにくい対向直進車や、見通しの悪い交差点での歩行者など、クルマのセンサーでは捉えきれないクルマや人の存在、信号機の情報を把握し、事故の防止、低減に貢献します。また、通信利用型レーダークルーズコントロール機能によって、燃費の向上や円滑な走行なども可能にします。

①ITS Connect の役割

1 道路インフラから情報を得る路車間通信システムを利用

・右折時注意喚起
・赤信号注意喚起
・信号待ち発信準備案内

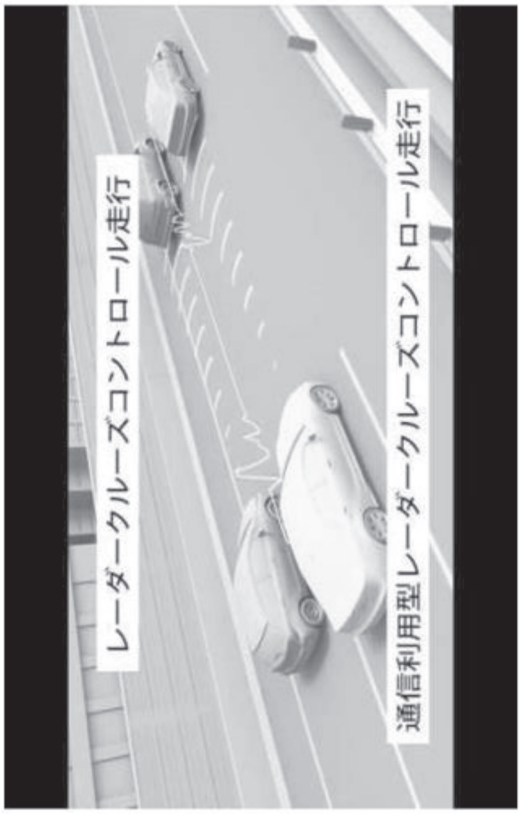
2 車から情報を得る車車間通信システム(CVSS)

・通信利用型レーダークルーズコントロール

レーダークルーズコントロールで先行車両に追随している時、先行車両が通信利用型レーダクルーズコントロール対応車両であれば、車車間通信により取得した先行車両のデータ(加減速情報)に素早く反応して車間距離や速度の変動を抑制」し、スムーズな制御が可能。

・緊急車両存在通知

サイレンを鳴らして走行する緊急車両がある場合、ブザー音と自車両に対するおおよその方向・距離・緊急車両の進行方向を表示する。


レーダークルーズコントロール走行
通信利用型レーダークルーズコントロール走行

初級編

「自動車産業とモビリティ―サービス」

ＩＴＳ・自動運転探究「第３コマ」授業記録
「自動車産業とモビリティサービス」

１　日　時：2019 年 11 月 22 日（金）13:00-15:00
２　対　象：自動車工学科２年　18 名
３　講　師：自動車新聞社　井上　佳三　氏

学習項目	主な内容	指導教材
モビリティ・・サービス 	1　背景 ・ 基本的には稼働率が事業性を左右、人口減少局面ではますます厳しくならざるを得ず。 ・IoTやAIを活用し稼働率を高めることで、既存事業も収益性の向上が見込める可能性。 ・ 移動サービスに移動以外の需要を取り込む（例えば病院送迎や買い物支援など）ことで、事 業性が向上し、地域の移動サービス高度化と経済活性化の好循環を生み出せる可能性。 2　実施に向けて ・地域特性を踏まえ、導入すべき適切なサービスを見極めることが重要。 ・ただし、先験的に分かる ことには限界あり。具体的な地域特性を踏まえて計画的なトライアルを実行、その検証結果を 踏まえ、ビジネスモデルの見直しや環境整備等にフィードバックをかけていくことが重要。 3　適用の可能性 ・複数移動手段を統合・連携し最適化する「マルチモーダルサービス」 ・移動に必要なビークルを共同で利用する「シェアリングサービス」 ・公共交通のデマンド化・相乗り ・準公共交通としての自動車の利用 ・物流サービスとの連 4　実施上の今後の視点 ・自動車産業の役割:コネクテッド化の進展	・鹿児島県肝付町は、移動利便性向 上による町の活性化を担う新交通とし て、利用者が呼びたいタイミングで専用 のスマートフォンアプリまたは電話による 予約を行い、リアルタイムに最適な車両配車をするシステムを実証。 ・マツダ、広島県、三次市が連携し、配車を予約する専用アプリを活用 して、利用者とドライバーを結びつけるマッチングアプリによる移動サービ ス（交通空白地域において、既存 法令の枠内で実施）の取組を実施。 ・トヨタと西日本鉄道は、交通および 店舗・イベント情報のサービサー8 社と協力し、「移動手段の検索・ 予約・決済」の一連の機能を提供 するアプリの実証実験を福岡市で 開始。タクシー配車アプリ、駐車場 予約アプリ、シェアサイクルサ

	や将来的な自動運転の実現によって、クルマの準公共的役割が拡大。 日本の自動車産業として、これらの分野に積極的に取り組むことが重要。 ・グローバル市場での挑戦:新興国都市部を中心に移動課題は深刻、ビジネスチャンスも大きい。日本のプレイヤーは、 アジアを始めとしたグローバル市場での新しいモビリティサービスの展開にも積極的に挑戦すべき。 ・スマートシティ構築への貢献:都市全体のデジタライゼーションを進める「スマートシティ」構築の潮流の中で、モビリティ 分野は基幹的役割。データ連携基盤を作りこむことで、都市全体のアーキテクチャ構築に貢献。 5　推進上のポイント 【ﾎﾟｲﾝﾄ1】多様な移動手段の確保 ・ 新技術導入により、公共交通の利便性・収益性向上を図り、持続可能なものに。多様 な移動手段が確保されれば、アプリでつなぐメリットも増大 【ﾎﾟｲﾝﾄ 2】「公共交通」と「クルマ」のシナジー ・公共交通」と「クルマ」を対立概念として捉えることなく、両者の組み合わせによるシナジー を追求。利便性向上による需要を掘り起こし・移動の最適化を図る。 【ﾎﾟｲﾝﾄ3】モビリティ×非モビリティで経済を活性化 ・移動のみでは収益化は必ずしも容易ではなく、観光・医療・小売などの移動先や不動産、 物流等地域の多様な経済活動と連携し収益性を確保することが重要。 【ﾎﾟｲﾝﾄ4】地域・事業者協業シナジー ・地域内外のプレイヤーの協業ポテンシャルを引き出すため、自治体のイニシアティブが重要 【ﾎﾟｲﾝﾄ5】デジタル投資促進と基盤整備 ・更なる利便性の向上や、全国大も見据えたマルチモーダルサービス間の連携、非モビリティ 分野との連携を促進させていくには様々なデータが共有され、連携	ービス とも連携 ・東急電鉄は「郊外型MaaS 実証実 験」を、東京都市大学、株式会社 未来シェアと協力して実施。ハイグ レード通勤バス、オンデマンドバス、パーソナルモビリティ、カーシェアの４つのモビリティを組み合わせたモビリティサービスの構築を目指す。 ・NTT ドコモと NEDO は、横浜市と共同 で AI 運行バス(オンデマンドバス)を実 証実験。リアルタイムで最適な車両・ ルートを導き出すAI配車機能に加え、店舗・商業施設が施設情報や集客 用クーポンをリアルタイムに利用者に伝 える情報配信機能を統合。 ・みちのり HD は、岩手県北自動車、エ ムティーアイーと提携し、バス検索から 予約・支払・発券までを行い、さらに は沿線の観光施設の紹介およびクーポンの発行といった機能をスマートフォ ンひとつにまとめた次世代交通サービ スの提供を開始。

	していくことが必要。 ・データ連携・利活用拡大に向けては、各プレイヤーのインセンティブ設計に配慮しながら、 連携の範囲及びルールの整備、データ形式や API 仕様の標準化、データプラットフォー ムの構築等が必要となる。	

自動運転技術	1　自動ブレーキ（衝突被害軽減ブレーキ） ・前方の車両との衝突を予測して、自動でブレーキを作動 することにより衝突時の被害を軽減する装置 2　ペダル踏み間違い時加速抑制装置 ・駐車場など不適切な場所で、アクセルの強い踏込を検知 した場合に加速を自動で抑制する装置 3　アダプティブ・クルーズ・コントロール（ACC） ・高速道路等において速度や前走車との車間距離を 自動制御する装置 4　レーンキープアシスト ・高速道路等において車線の中央付近を走行するよう 自動制御する装置 5　ローカライゼーション・位置特定 ・車両がその時点で走行または駐車している位置を特定するための技術。 ・位置特定には GPS（全地球測位システム）などが活用されることが多いが、高精度（HD）地図を使った自車位置の推定技術も進化している。 6　パーセプション・認識技術 ・障害物の位置や動きを認識したり、周辺の歩行者や自転車の状況を把握したり、道路などの状況を確認したりと、求められる解析対象は多岐にわたる。 ・センサーとして搭載されるのは、ステレオカメラやレーダー、光技術を活用した LIDAR（レーザーレーダー）など。 7　人工知能（AI）技術	・政府は、高齢運転者による事故防止対策の一環として、自動ブレーキ等の先進安全 技術を搭載した自動車を「安全運転サポート車」と位置付け、官民をあげて普及に取り組むこととしている。 ・特に、自動ブレーキについては、2020 年までに新車乗用車搭載率を9割以上とする 目標を掲げている。 ・例えば、高速道路で鹿を検知したときと、一般道などを走行中にどこかから飛んできた紙袋を検知したときでは、ブレーキ操作に対する判断は異なるべきであると言える。システム側だけでは判断がつきにくい。

	・認識技術を活用して障害物の検知を行うとき、非常に重要な役割を担うのが人工知能（AI）技術。 ・障害物を検知するときに急ブレーキを踏むべきかどうかなどの判断にも、AI が活躍する。 8　予測技術 ・予め歩行者や自転車の飛び出しや事故が発生する可能性などを予測し、諸条件が重なったときにシステム側で減速するなどの処理を行う。 ・さらに、自動運転で走行時の天候や路面状況、災害情報も鑑みて発生しうる危険を予測する。安全走行のためには欠かせない技術。 9　プランニング技術 ・車線・経路を走行したら最も安全かなどを自動運転車のシステム側がリアルタイムに算出し、実際の走行ルートに反映させていくための技術のこと。 10　ドライバーモニタリング技術 ・特に自動運転レベル 2（部分運転自動化）からレベル 3（条件付き運転自動化）へのステップアップに必要とされる技術。 ・自動運転レベル 3 では、走行の責任主体はシステム（車）側にあるが、緊急時には運転手（人）が運転操作を担う。そのためシステム側は、自動走行時には運転手の状況を常に監視しなければならない。 11　外部との通信ネットワークで ・車両センサーで検知した情報がクラウド上に送信されて混雑状況や事故状況などに関するビッグデータが作られる。それぞれの自動運転車はそのビッグデータから必要な情報を取得し、事故リスクなどを避けた走行を実行する。車-車間（V2V）、道路-車間（V2I）、歩行者-車間（V2P）、車-ネットワーク間（V2N）をつなぐ「V2X 通信」と呼ばれるシステムの開発も必要	・近くを走る走行車両や障害物・歩行者・自転車の位置を認識技術として活用して検知することなどにより、膨大なデータを基に総合的に安全な走行車線やルートが判断される。プランニング技術で技術的ハードルが高いとされることの一つが、自動運転車両が予想外の事態に陥ったときの対応など。プランニング技術にも AI 技術は関わってくる。

	になる。	

EVの自動運転車でMaaSを実装するには
MaaS Platform
※問題用紙には書き込まない。
① 過去問1回分を実施
② 自己採点を行い、間違えた問題と
答合わせ前の解の紙に記入。
合わせて自己管理点数表にも記入。
③ 教科書を見ながら見直し。
レポート用紙に適切な文章を書いて覚える。
くり返し

ＩＴＳ・自動運転探究・実証授業アンケート「第３回」

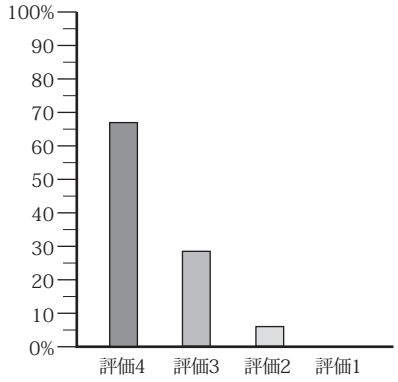
実 証 日：2019 年 11 月 22 日 13:00～15:00
対象学生：自動車工学科２年　18 名

講義テーマ	自動運転の現状と今後
講　　師	自動車新聞社　代表取締役　井上　佳三　氏

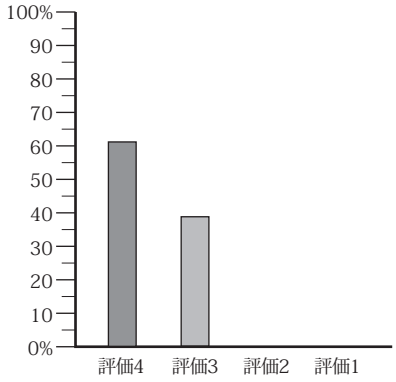
１　アンケート調査結果
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	67%	28%	6%	0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	61%	39%	0%	0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	67%	28%	6%	0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	61%	33%	6%	0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	67%	28%	6%	0%

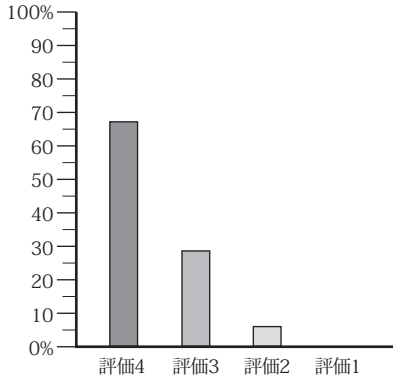
①探究心



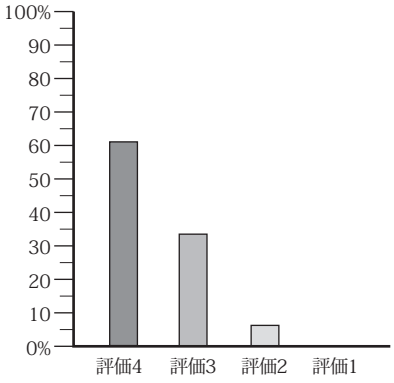
②目的性



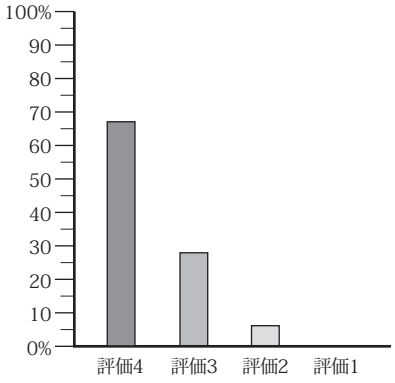
③理解度



④変化性



⑤満足感



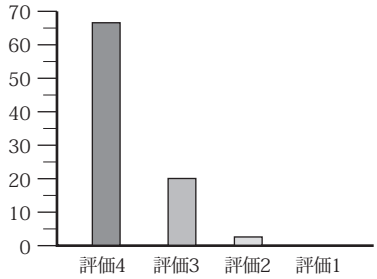
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

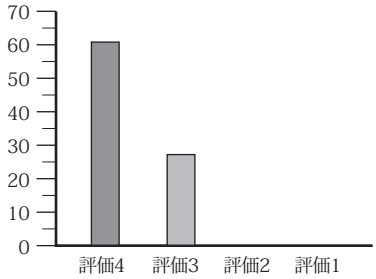
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	67	20	2	0	89
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	61	27	0	0	88
③理解度	授業は分かりやすかった。	67	20	2	0	89
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	61	23	2	0	86
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	67	20	2	0	89

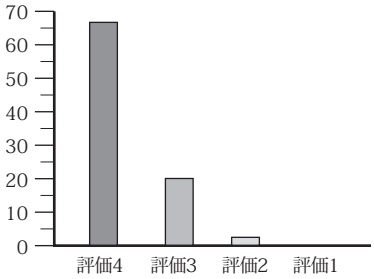
①探究心



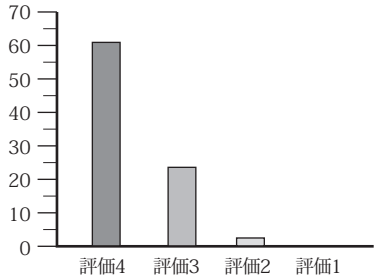
②目的性



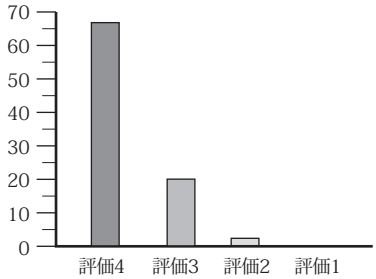
③理解度



④変化性



⑤満足感



3　学生の感想

①完全自動運転の自動車の形が今までのものとは全く違う形だったので、驚いた。
②自動運転が近い将来、実現することが分かった。
③たいへんためになった。

4　今後の改善策

・学生評価は高い点数であり、分かりやすく授業であった。各場面で映像を入れ、自動運転の進化や研究状況をイメージとして捉えさせることができたためだと考えられる。
・前回も自動運転の基本的なことについて学修したのだが、そのことと比較して今回の講義を聴くと、自動運転が人間との関係で新たな展開を見せていることに気づくはずであるが、そのような点を捉えた学生は数人であったのではないかと思われる。

初級編

「ＩＴＳと自動走行システム」

ＩＴＳ・自動運転探究「第４コマ」授業記録
「ＩＴＳと自動走行システム」・「次世代ＩＴＳとＡＩ技術」

１　日　時：2019 年 11 月 28 日（金）9:00-10:40
２　対　象：自動車工学科２年　20 名
３　講　師：日本工科大学校教員　稲岡　正人　氏

学習項目	主な内容	指導教材
自動走行技術の概要	自律型自動運転と協調型自動運転の違いについての説明 ・カメラやレーダーを使用して車単独で作動するシステムと、外部からの情報を通信技術を使って取得して走行するシステムの違いについて	・パワーポイント （動画挿入） ◇映像：Ｖ２Ｉシステム紹介
ＡＣＣとＣＡＣＣ	１．ＡＣＣについての機能説明 ２．ＡＣＣの制御についての説明 ３．ＡＣＣに使用されるミリ波レーダーの特徴についての説明 ４．ＡＣＣに使用される光学式カメラの特徴についての説明 ５．ＣＡＣＣについての機能説明 ６．ＣＡＣＣの特徴についての説明	・パワーポイント （動画挿入） ◇映像：トヨタセーフティセンスとは
ＡＤＡＳ	１．ＡＤＡＳについての機能説明 ２．ＡＤＡＳの特徴についての説明 ３．ＡＤＡＳの種類 ①クルーズコントロール ②衝突軽減ブレーキ ③車線逸脱防止システム ④駐車支援システム ⑤ブラインドスポットモニター ⑥カーナビゲーション ⑦車両間通信システム ⑧道路標識認識システム ⑨居眠り運転検知システム について説明	・パワーポイント （動画挿入） ◇映像：安全運転支援システムとは？ ホンダセーフティセンスとは？

ＣＡＣＣとＬＴＣ	１．ＣＡＣＣとＬＴＣの機能及び連携について ２．隊列走行について ①隊列走行の実証実験について	◇映像：隊列走行実証実験映像

自動走行に向けた環境整備	１．レベル３以上の自動運転車両の安全性についての説明 ①安全要件や安全確保のための方策 ２．自動運転技術に対する自動車整備・検査の高度化 ①自動ブレーキ搭載車の割合 ②自動車整備工場の環境整備 ③自動車整備・検査に用いられる電子機器の取り扱い手法について ３．自動運転に係るルール整備について ４．2025 年までの高度自動運転に向けた官民の取り組みシナリオについて ５．制度整備大綱に基づいた主な取り組みについて ①車両の安全確保 ②交通ルールの在り方 ③安全性の一体的な確保 ④責任の所在 ６．自動運転の安全技術ガイドライン ７．その他の環境整備について	

次世代ＩＴＳとＡＩ技術	１．社会的課題への対応について ①事故が起こった場合の責任について ②自動運転システムのハッキングについて ③自動車が武器に変わる ④ＡＩ（人工知能）に潜む危険性について ⑤自動運転に係るインフラの整備について ⑥自動運転に係る法整備について	・パワーポイント（動画挿入） ◇映像：自動運転はほんとに必要？ 2020 年実用化、自動運転レベル３

ＩＴＳ技術とＡＩ技術	１．ＩＣＴを活用した次世代ＩＴＳ ①次世代ＩＴＳの目的について ②次世代ＩＴＳの実現に向けて ③先進安全自動車（ＡＳＶ）とは ④次世代ＩＴＳの国家戦略について ⑤自動走行システムに必要な技術の今後の課題について	・パワーポイント（動画挿入） ◇映像：ＡＳＶ自動車とは？

	ア）車間通信技術 イ）路車間通信技術 ウ）歩車間通信技術 エ）インフラレーダーシステム	

ＩＴＳ・自動運転探究・実証授業アンケート「第４回」

実 証 日：2019 年 11 月 29 日　9:00～12:00
対象学生：自動車工学科２年　20 名

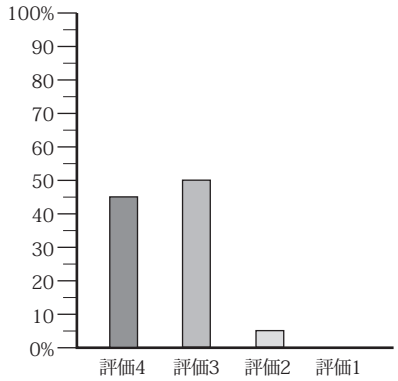
講義テーマ　：	ＩＴＳと自動走行システム 次世代ＩＴＳとＡＩ技術
講　　師　：	日本工科大学校　自動車学部長　稲岡　正人　氏

１　アンケート調査結果

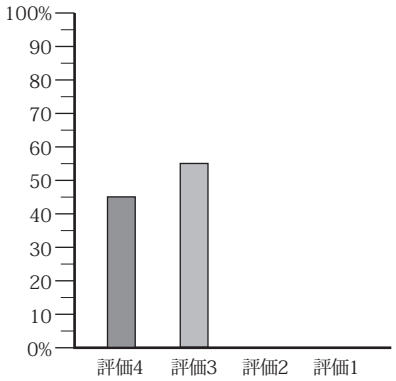
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	45%	50%	5%	0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	45%	55%	0%	0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	35%	60%	5%	0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	45%	45%	10%	0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	40%	60%	0%	0%

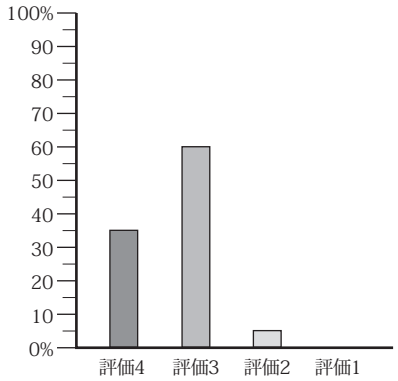
①探究心



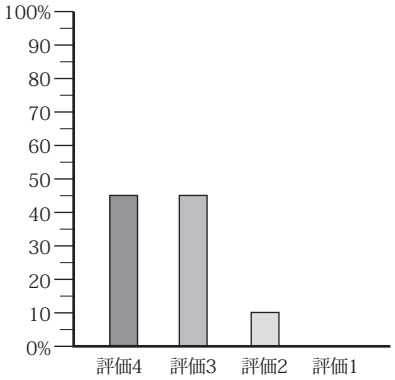
②目的性



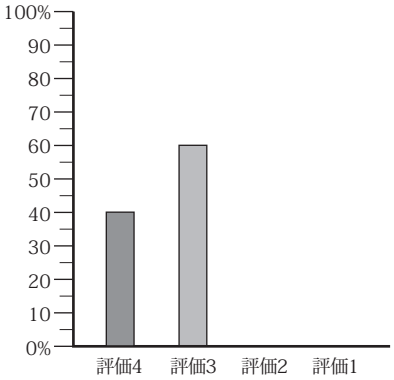
③理解度



④変化性



⑤満足感



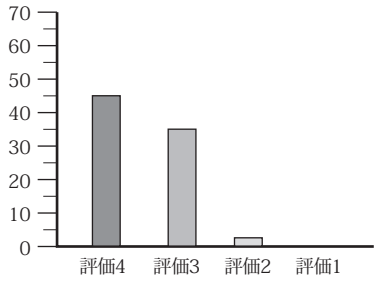
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

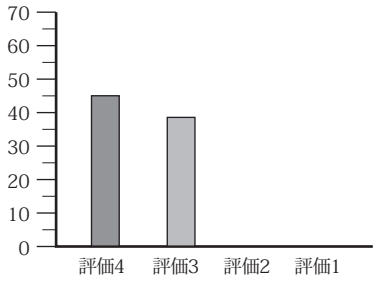
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	45	35	2	0	82
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	45	39	0	0	84
③理解度	授業は分かりやすかった。	35	42	2	0	79
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	45	32	4	0	81
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	40	42	0	0	82

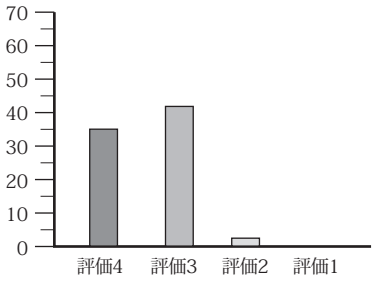
①探究心



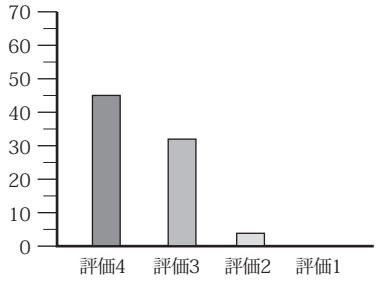
②目的性



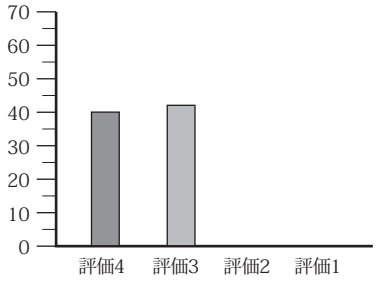
③理解度



④変化性



⑤満足感



3　学生の感想

①自動運転の基礎が学べてよかった。
②レベル３の自動運転車が世界中に走り出すのも、もうすぐだなと思った。
③自動運転の良いところしか考えなかったが、悪用する人も出てきそうだから、工夫が必要だと思った。

4　今後の改善策

・学生評価は高い点数であり、分かりやすく授業であった。自動走行システムの概要や次世代ＩＴＳについて、映像や写真、図を用い、具体的に説明したためだと思われる。

初級編－実習
「自動運転公道実証運行」

ＩＴＳ・自動運転探究・授業記録
「自動運転公道実証運航」試乗

１　日　時：2019 年 12 月 6 日（金）13:30-15:10
２　対　象：自動車工学科２年　16 名
３　講　師：日本工科大学校教員　稲岡　正人　氏

学習項目	主な内容	指導教材
自動運転公道実証運行市場体験	都市内の公道において、同乗ドライバー監視のもとでの自動運転の実証運行の実証車両に試乗しました。 ・下図において、芝生広場を出発し、３Ｋｍ離れた理化学研究所を折り返して戻ってくるルートを、法定速度以下、４０分間隔で運行する実験車両に試乗体験。 ・市販マイクロバに埼玉工業大学が自動運転システムを搭載した車両に試乗。 ・自動運転ソフトウェア「Ａｕｔｏｗａｒｅ」と事前に作成した３Ｄ地図により走行。 ・自己位置推定、障害物認識（停止・回避）等の機能搭載。 ・乗車人数は１５名。 	使用車両 エリッセⅡ

自動運転公道実証運行市場体験	ドライバーは基本的には車のシステムに任せて運転するが、危険と思われる場合はいつでも介入できるよう、アクセル・ブレーキ・ハンドルの操作準備をして運転席に座っている。 	使用車両 エリッセⅡ

小型自動運転ＥＶ車試乗体験	限定区域内で、ドライバーなしの自動運転走行の乗車体験。 ・市販電動ゴルフカートに自動運転システムを搭載。 ・自動運転ソフトウェア「Ａｕｔｏｗａｒｅ」と事前に作成した３Ｄ地図により走行。 ・自己位置推定、障害物認識（停止・回避）等の機能搭載。 ・走行速度は最大時速１９Ｋｍ/ｈ （今回の試乗は７Ｋｍ/ｈ） ・乗車人数は４名。 	使用車両 Ｍｉｌｅｅ （マイリー）

ＩＴＳ・自動運転探究・実証授業アンケート「第５回」

実 証 日：2019 年 12 月 6 日　13:30～15:30
対象学生：自動車工学科２年　19 名

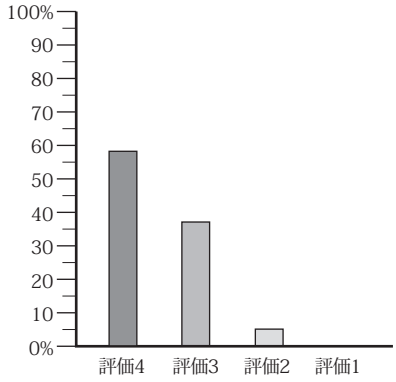
講義テーマ　：　自動運転公道実証運行及び小型自動運転ＥＶ車の実際	
講　　師　：　兵庫県企業庁、神姫バス（株）等	

１　アンケート調査結果

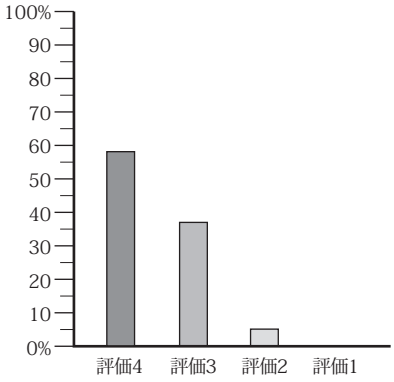
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	58%	37%	5%	0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	58%	37%	5%	0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	42%	53%	5%	0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	63%	32%	5%	0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	63%	26%	11%	0%

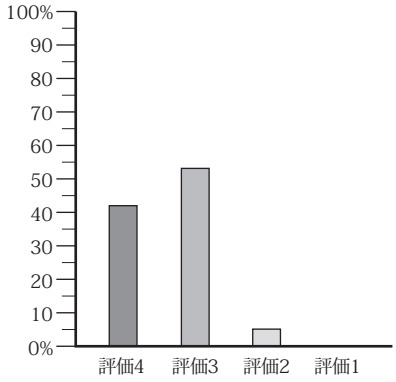
①探究心



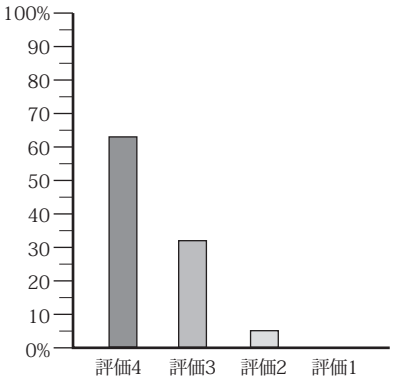
②目的性



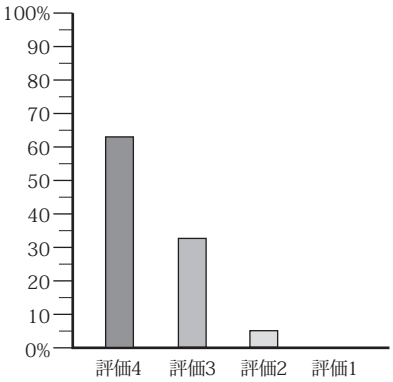
③理解度



④変化性



⑤満足感



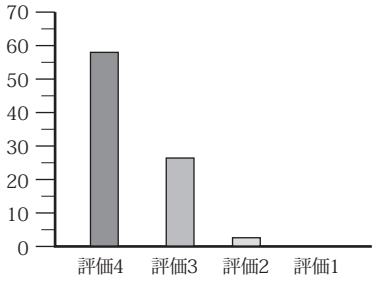
２　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

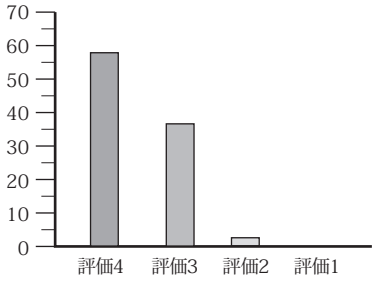
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	58	26	2	0	86
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	58	26	2	0	86
③理解度	授業は分かりやすかった。	42	37	2	0	81
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	63	22	2	0	87
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	63	18	4	0	85

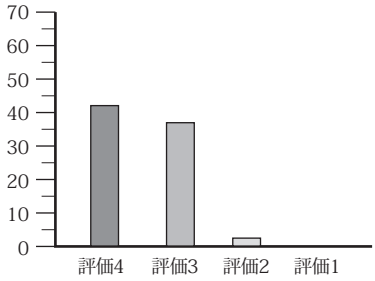
①探究心



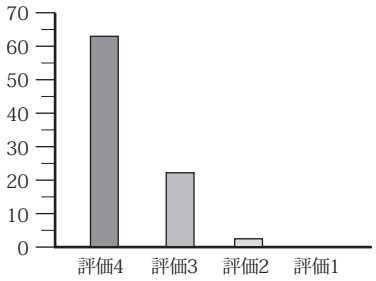
②目的性



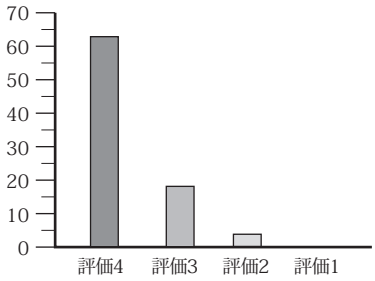
③理解度



④変化性



⑤満足感



3　学生の感想

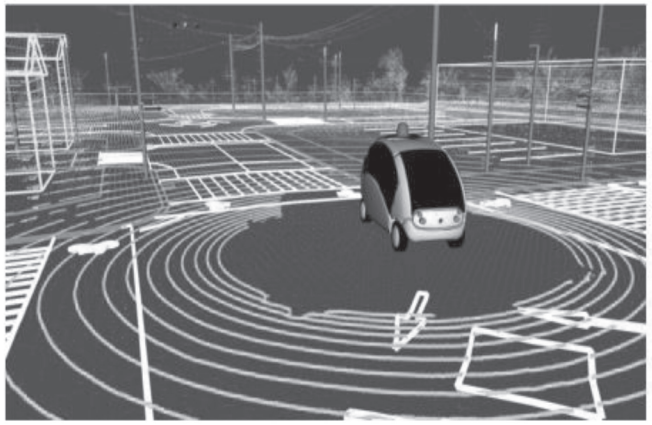
①自動運転は、運転できないので面白くないと思っていたけれど、車の中で自分のことをしていたら目的地に着くので、良いと思った。 ②怖かった。 ③最新技術の自動運転に触れられて感動した。 ④コンピュータでの制御・操作を見ることかでき、不安がなくなった。 ⑤ブレーキの振動が大きくて驚いた。 ⑥自動運転はすごいと思った。 ⑦電動キックボードやミニセグウェイも楽しい乗り物だった。

4　授業後の考察

・自動運転技術を活用した新たなモビリティサービスの実用化に向けた公道実証運行に参加して、学習したことが身近で実証実験していることに驚き、自動運転技術が進化している様子を感じ取れたようである。

・ＡＩ基礎の学習で学んだセンサーや制御技術を自動運転技術の進化と結び付けて捉える機会と思われるが、今後、調査が必要である。

2『自動運転の基本』

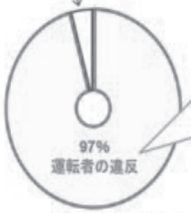


自動運転の目的

- ○ 死亡事故発生件数の大部分が「運転者の違反」に起因
- ○ 自動運転の実用化により、運転者が原因の交通事故の大幅な低減効果に期待
- ○ 渋滞の緩和や国際競争力の強化の効果に期待

法令違反別死亡事故発生件数
（平成28年）

3%：歩行者、その他に起因



『平成29年版交通安全白書』より

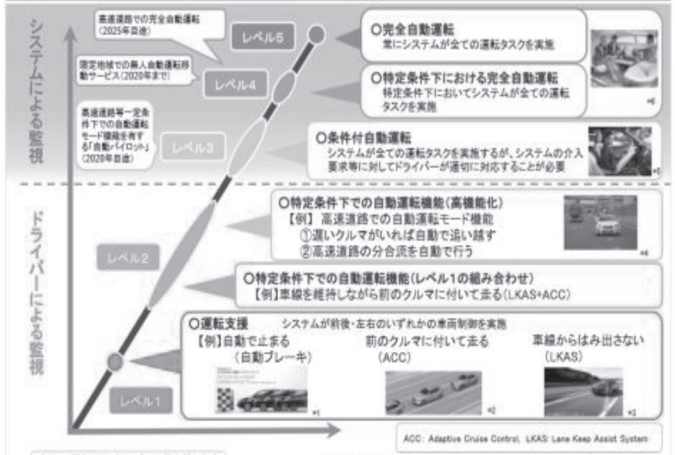
平成29年の交通事故死傷者・負傷者数

死者数	3,694人
負傷者数	579,746人

自動運転の効果例

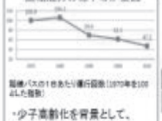
自動運転のレベル分けについて

国土交通省
【別添3】



自動運転の実現により期待される効果

国土交通省

交通事故の低減	渋滞の解消・緩和	少子高齢化への対応 生産性の向上	国際競争力の強化
現在の課題	**現在の課題**	**現在の課題**	**現在の課題**
交通事故により年間4,000人超が死亡（※1） → 交通事故の96%は運転者に起因	渋滞による経済活動の阻害、沿道環境の悪化等 → 不適切な車間距離や加減速が渋滞の一因	地方部を中心として高齢者の移動手段が減少 → 公共交通の衰退、加齢に伴う運転能力の低下等が要因	日欧米において自動運転の開発・普及に向けた取り組みが活発化 → 我が国の基幹産業である自動車産業の競争力確保が必要
			
官民ITS構想・ロードマップ2015（平成27年6月7日戦略本部）より		・少子高齢化を背景として、トラック等の運転者の不足	
期待される技術	**期待される技術**	**期待される技術**	**期待される取組**
・自動ブレーキ ・安全な速度管理 ・車線の維持 など	・安全な車間距離の維持 ・適切な速度管理（急な加減速の防止） など	・公共交通から目的地までの数km程度の自動運転 ・高速道路での隊列走行　など	・我が国主導の下、自動運転に係る国際基準の策定 ・自動運転関連技術の開発の促進およびパッケージ化
効果	**効果**	**効果**	**効果**
運転者のミスに起因する事故の防止	渋滞につながる運転の抑止	・高齢者の移動手段の確保（公共交通の補完） ・ドライバーの負担軽減 ・生産性の向上	技術・ノウハウに基づく国際展開

※1 平成28年実績、警察庁調べ

4

○ 自動運転技術の実用化により、安全性の向上、運送効率の向上、新たな交通サービスの創出等が図られ、大幅な生産性向上に資する可能性。
○ これらの実現に向けて、ルールの整備やシステムの実証を進める。

政策課題

将来ビジョンと実用化に向けた課題

【将来ビジョン】（自動運転技術の活用例）

トラックの隊列走行

ラストワンマイル自動走行

安全に効率良く運ぶ

新たな交通サービス

【課題1】自動運転車が満たすべき技術基準や事故時の賠償のルールが定まっていない。 → ルールの整備が必要

【課題2】自動運転車の安全性・信頼性等について、社会的にまだ十分認知されていない。 → システムの実証が必要

実用化に向けた取組

【ルールの整備】

○ 平成28年9月に、G7交通大臣会合において、民間投資を促進し、安全で、国際的に調和した未来志向の規制の策定という一つの方向に向けて努力を強化することに合意。

○ 自動車の基準を早期に策定するため、国連における自動運転に関する議論を主導し、国際基準の策定を進める。
（平成28年5月に設立した自動運転基準化研究所を活用し、関係省の連携を強化。）

例：日独が主導し、ハンドルの自動操作に関する国際基準を策定（平成28年～平成30年）

G7交通大臣会合

○ 自動運転車が、人に損害を与えた場合の責任のあり方について検討するため、平成28年11月に「自動運転における損害賠償責任に関する研究会」（有識者、関係省庁等から構成）を設置。

【システムの実証】

○ トラックの隊列走行等の実現に向け、技術開発・実証実験等を行う。
（平成29年～平成30年　テストコースにおける実証
平成30年～平成32年　公道における実証（安全性の確保が大前提））

○ 道の駅や高速バス停を拠点とした自動運転サービスの実証実験を行う。

○ 公道における実証に当たり、実施者が提案する実証計画等に応じた安全かつ円滑な実証走行を行うための条件等を検討するため、平成28年6月に「自動走行事公道実証ワーキング・グループ」（有識者、関係省庁等から構成）を設置。

3

自動走行技術の開発状況

国土交通省

官民 ITS 構想・ロードマップ 2016（平成 28 年5月高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部決定）を踏まえ作成（※1）

	現在（実用化済み）	2020年まで		2025年目途
実用化が見込まれる自動走行技術	【レベル1】 ・自動ブレーキ ・車間距離の維持 ・車線の維持 （本田技研工業HPより）	【レベル2】 ・高速道路におけるハンドルの自動操作 －自動追い越し －自動合流・分流 （トヨタ自動車HPより）	【レベル4（エリア限定）】 ・限定地域における無人自動走行移動サービス（遠隔型、専用空間） 	【レベル4】 ・完全自動走行 （Kinopeed社HPより）
開発状況	市販車へ搭載	試作車の走行試験	IT企業による構想段階	課題の整理
政府の役割	・実用化された技術の普及促進 ・正しい使用法の周知	・ハンドルの自動操作に関する国際基準（※2）の策定（2016～2018年） → 日本・ドイツが国際議論を主導	・2017年までに必要な実証が可能となるよう制度を整備 ・技術レベルに応じた安全確保措置の検討 ・開発状況を踏まえた更なる制度的取扱の検討	・完全自動走行車に対応した制度の整備 －安全担保措置 －事故時の責任関係

（※1）「世界最先端IT国家創造宣言工程表」（2013年6月高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部決定）中の「10～20年程度の目標を設定した官民ITS構想・ロードマップを検討し、策定する」との記載を踏まえ策定。
（※2）現在の国際基準では、時速10km超での自動ハンドル操作が禁止されている。

7

自動車メーカーが開発・実用化している自動運転技術

国土交通省

	市販化※1	開発中 ※2
トヨタ ホンダ 富士重	・車線維持＋車間維持（高速道路） 	・車線維持、車間維持、車線変更、分流、合流（高速道路）【2020年頃】
日産	・車線維持＋車間維持（高速道路） ・渋滞時の前走車追従（高速道路） 	・車線維持、車間維持、車線変更、分流、合流（高速道路）【2018年】 交差点を含む一般道での自動運転【2020年】
BMW	・車線維持＋車間維持（高速道路） ・渋滞時の前走車追従（高速道路） ・リモコン自動駐車 	・完全自動運転車も視野に、2021年の生産開始を目指す
ベンツ	・車線維持＋車間維持（高速道路） ・渋滞時の前走車追従（高速道路） ・車線変更（高速道路） ・リモコン自動駐車 ・ドライバー異常時対応システム 	（非公表）
テスラ	・車線維持＋車間維持（高速道路） ・渋滞時の前走車追従（高速道路） ・車線変更（高速道路） ・リモコン自動駐車 	（非公表）
フォード	・車線維持＋車間維持（高速道路） 	・2021年に完全自動運転車の開発を目指す

※1 いずれも、ドライバー責任の下、システムが運転支援を行う機能（自動運転レベル2）
※2 各社のHP、プレスリリース等による。

8

運転支援技術の普及状況

国土交通省

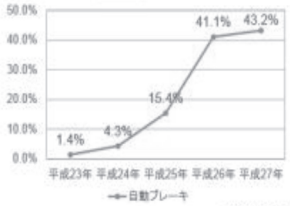
対車両自動ブレーキ※

前方の車両との衝突を予測して、衝突被害を軽減する装置

作動イメージ図

新車搭載台数（平成27年）
1,903,955 台
（生産台数の43.2%）

※対歩行者は想定していない



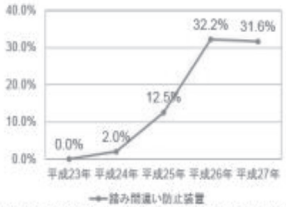
踏み間違い防止装置

アクセルの強い踏込を検知した場合に、加速を抑制する装置

作動イメージ図

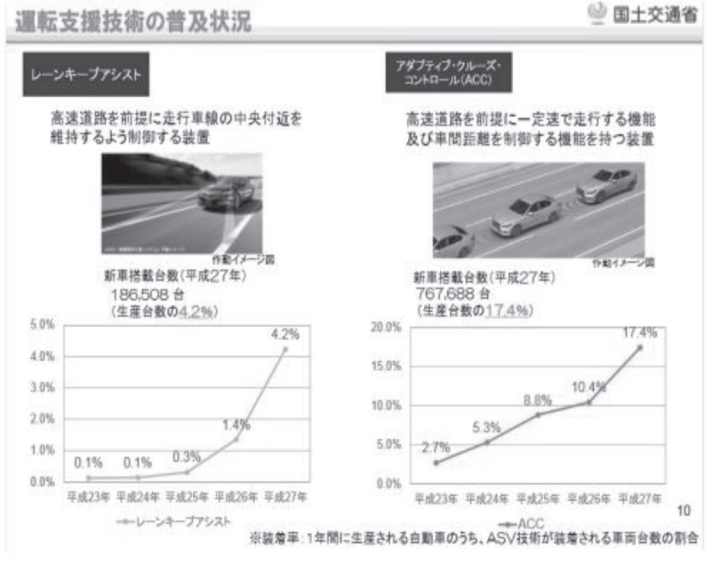
新車搭載台数（平成27年）
1,393,792 台
（生産台数の31.6%）

※機構や性能はメーカーや仕様により異なる

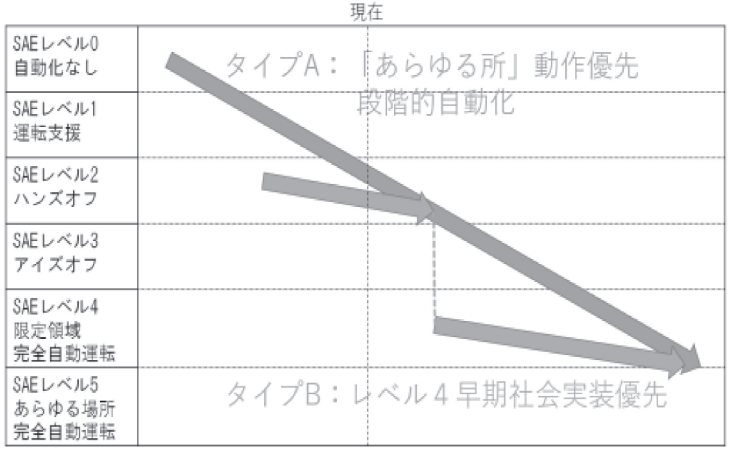


9

※装着率：1年間に生産される自動車のうち、ASV技術が装着される車両台数の割合



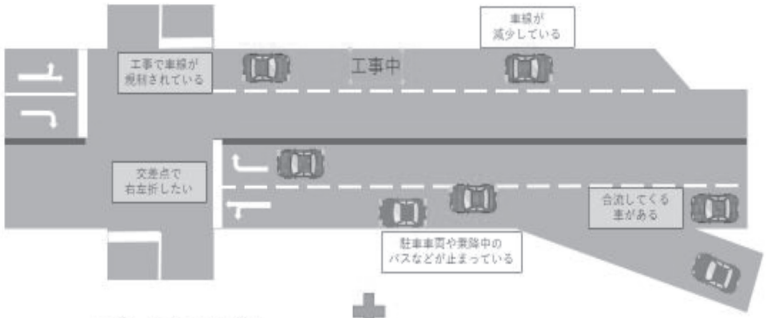
自動運転実用化を目指す２つの流れ



タイプAの特徴

- 背景
  カーメーカーを中心とした従来の流れ
- 目的
  運転負荷の軽減、安全の向上が主な目的
- 特徴
  - あらゆる所で動作することを指向している
  - 運転者主体が前提のアプローチのため、通過点にレベル３が存在する（運転者の究極の負荷軽減はアイズオフ）
  - 従来の自動車のビジネスモデルにとって合理的な流れ
（「あらゆる所」に行けることが売りの自動車という商品にとって、なるべく「あらゆる所」で自動運転を動作させるには、運転者がいることが重要となる）

自動運転の技術的課題



・天候、季節、時間帯
・地域（道路敷設を施工する自治体、施工主で微妙に異なる）
・他の交通（歩行者、自転車など）

あらゆる所で全ての危険の正しい認識を保証することは極めて難しい

27

段階的自動運転高度化の背景

従来の自動車は「あらゆる所」に行けるのが売りだった

当然、自動運転も「あらゆる所」で動作しなくてはならない

あらゆる所で全ての危険を認識する汎用的なアルゴリズムの難しさ
- 運用環境不定で100%の安全性は保障することは極めて難しい

利用される車両の台数もコントロールできず、事故率は高くなる

安全性を証明できなければ、ドライバに補助がなくてはならない

運転支援型を目指さざるを得ない（段階的自動運転高度化の流れ）

29

人間と自動運転との間のインタラクションの難しさ

出典:大前学ら,"自動車の自動運転システム利用時における操舵制御異常に対するドライバ反応時間の評価" 自動車技術会論文集 Vol.36 No.3 (2005) 157-162.

- 自動運転＋遠隔操縦システムにより自動運転中のドライバ挙動を評価
- HMIによる情報提示のない状態で自動運転中に操舵異常が発生した場合の反応時間の評価

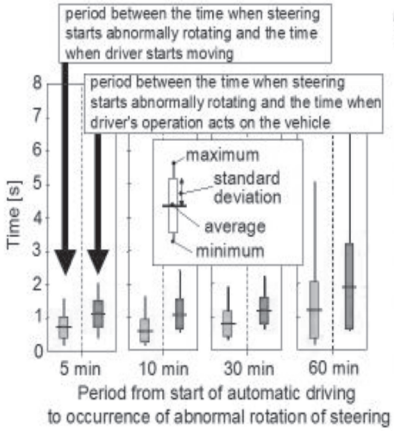
実験開始5分後異常発生

実験開始60分後異常発生

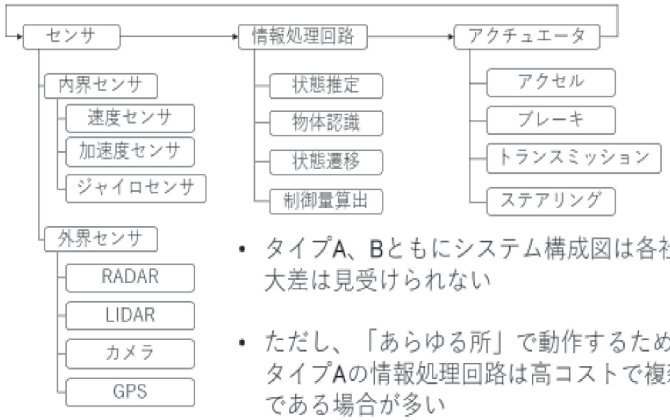
31

人間と自動運転との間のインタラクションの難しさ

出典:大前学ら,"自動車の自動運転システム利用時における操舵制御異常に対するドライバ反応時間の評価" 自動車技術会論文集 Vol.36 No.3 (2005) 157-162.

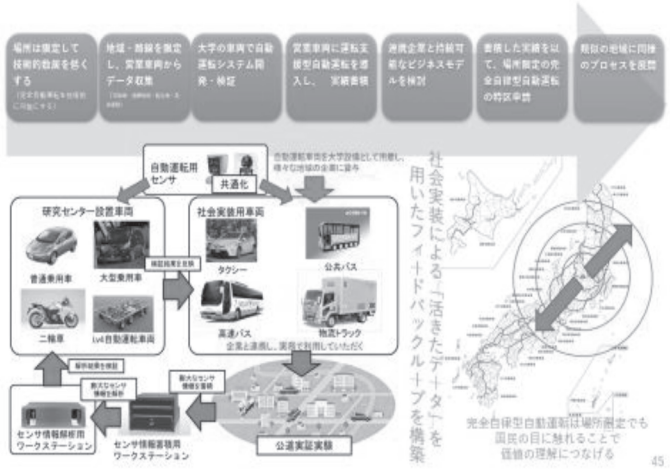


車両のシステム構成図



- タイプA、Bともにシステム構成図は各社で大差は見受けられない
- ただし、「あらゆる所」で動作するためにタイプAの情報処理回路は高コストで複雑である場合が多い

群馬大学の完全自律型自動運転の普及アプローチ



自動運転社会実装PJスケジュール

2017年度
- 「有人」「白ナンバー」「大学外運用者」「障害物回避なし」を条件とした公道実証実験モデルの確立

2018年度
- 「有人」「緑ナンバー」「大学外運用者」「障害物回避あり」を条件とした公道実証実験モデルの確立

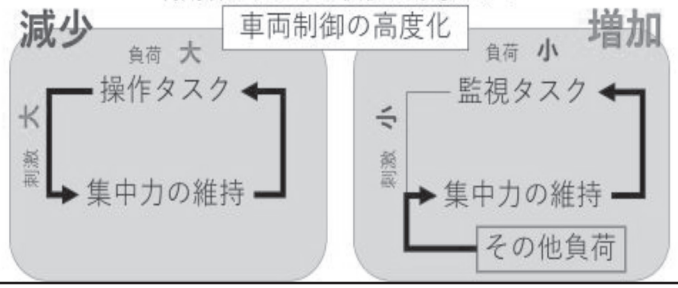
2019年度
- 「無人」「白ナンバー」「大学外運用者」「障害物回避あり」を条件とした公道実証実験モデルの確立

段階的自動運転高度化の難しさ

- 操作タスクは負荷が多いが、刺激が大きいため、集中維持が容易
- 監視タスクは負荷が少ないが、刺激が少ないため、集中維持が困難
- 監視タスクは集中力を維持するための他の負荷が増える

車両制御が高度化しても負荷は消えない

利用者にとっての価値はあるのか？



33

導入コスト・費用対効果の課題

出典: Carnegie Mellon Tartan Racing Wins $2 Million DARPA Urban Challenge (http://www.cmu.edu-)

出典: Sandstorm (http://www.cs.cmu.edu)

完全無欠のスーパー自動運転自動車の完成。しかし、価格は数千万円～数億円

自動運転自動車を買うより運転手を雇ったほうが割安かつ責任問題も明確化

仮に一般的に手が届く値段で自動運転機能を自動車に追加できたとする

それでも外界センサは汚れや傷で機能不全に陥るため
自動車のメンテナンス周期が高くなる

自家用車としての社会的ニーズの確保は難しい？

タイプBの特徴

- 背景
  IT企業、ベンチャー企業を中心とした新しい流れ
- 目的
  地域の足の維持向上、安全の向上が主な目的
- 特徴
  - 無人で動作できることに指向している（運用場所は徐々に拡大する）
  - 段階的自動運転高度化で課題となるLv.3はスキップする
  - 既存のビジネスモデルに囚われない組織にとって合理的
（「あらゆる所」に行きたい、運転する喜びの市場ではなく、地域と足としての利用を目指すことで、潜在的なニーズを満たしえる）

車両の特徴

神戸北区での自動運転実証実験

取り組みの背景となる社会状況

人口減・高齢化に伴う運転手不足等により、路線バスの維持が困難になり、廃止や減便による交通空白地域が拡大し、移動に不便を抱える方が増加。

人口減少　高齢化　運転手不足

交通空白地域※1に居住する人は、全国で700万人超※2

※1 交通結節点までの距離1km以上に居住する人
※2「総務省統計局平成25年住宅・土地統計調査確報集計全国編」及び「平成26年国民生活基礎調査の概況」を基に試算

交通空白地域は、地方だけでなく都市部においても拡がっている。

<例：東京都の交通空白地域>

図に置いて赤い箇所が公共交通空白地域（100mメッシュ人口が0の地域は除く）

<引用：東京都都市整備局作成資料「地域公共交通の改善」抜粋の上、一部編集>

<引用：2016年11月6日豊道資料「ラストマイル自動運転移動サービスの実証実験概要について」抜粋>

筑紫が丘の状況とプロジェクトの目的

人口の40%が65歳以上であり、普通免許を返納するなどでマイカーを手放す住民も増える一方、同地区には坂道が多いことから、ラストマイルの移動手段の確保を望む声が高まる。

<筑紫が丘の年齢別人口（2015年10月時点）>

<引用：平成27年国勢調査結果をもとに作成>

<筑紫が丘地域の写真イメージ>

ラストマイル自動運転移動サービス実証実験により、
住民の日常生活としてのラストマイル交通のニーズを満たせるかを検証

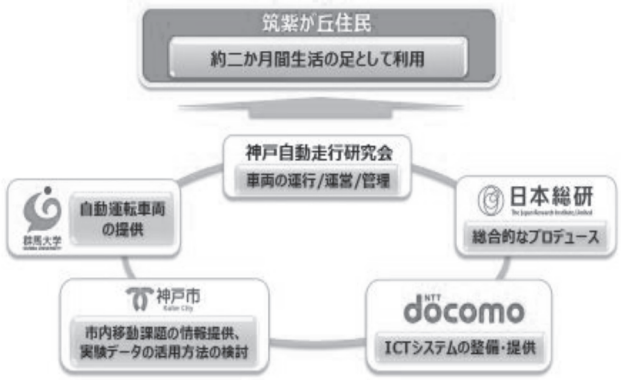
<引用：2016年11月6日豊道資料「ラストマイル自動運転移動サービスの実証実験概要について」抜粋>

住民からの声（事前ヒアリング調査結果）

地域内の移動で困っていること	■ 地域内には病院に行くのも困難な人もいて、近所の人が送迎していたりする。 ■ ごみステーションまで距離がある人は大変。 ■ 自宅からバス停まで遠い人は車で送迎してもらっていたりする。
運転に対する不安	■ 夜の運転は神経を使うようになった。 ■ まだ運転できるがもう少し年を取って車を手放したらこの地域に住むことはとても不便になる。 ■ 免許返納し、かなり不便になった。
地域内移動サービスのニーズがあるエリア	■ イオンや病院から遠いエリアになると不便。イオンや病院にくるというのが移動の多くだから、やはり離れているエリアの人たちは坂もあるし大変。 ■ １丁目は坂もきつい。ごみステーション行くのも遠い。
当サービスの必要性	■ 身体が自由に動く間は特に必要性は感じないが、5年ほどしたら必要となる。 ■ 高齢化率が全国に先駆けて高く、必要だ。

<引用：2016年11月6日豊道資料「ラストマイル自動運転移動サービスの実証実験概要について」抜粋>

実施体制と役割分担



<引用：2016年11月6日報道資料「ラストマイル自動運転移動サービスの実証実験概要について」抜粋>

運行計画概要

運行期間：2017年11月7日～12月24日の約2か月間（運休日有）
運行時間：9時～17時
運行速度：筑紫が丘内を最速20km/h程度で運行

<11月7日～11月28日>
時刻表に基づく、定ルート走行型移動（路線バス型）

<12月4日～12月24日>
乗りたい時にバスを呼ぶ、呼出走行型移動（オンデマンド型）

<引用：2016年11月6日報道資料「ラストマイル自動運転移動サービスの実証実験概要について」抜粋>

プロジェクトの特徴

特徴1 実施主体	■ 住民が主体となって実施
特徴2 実施場所・期間	■ 約6,000人（約2,000世帯）が居住する地域での実証 ■ 11～12月の約2か月間に渡り、実際に住民が生活に活用
特徴3 技術	① ＡＩを駆使した安全運行を実現する技術 ② 自動運転技術と運転者教育 ③ 歩行者目線の安全 ④ 運行効率化のための技術

<引用：2016年11月6日報道資料「ラストマイル自動運転移動サービスの実証実験概要について」抜粋>

本実験における本学の取り組みの要点

自動運転技術

1. レベル４（一般車混在下で地域限定での無人走行）を目指したシステム
※ただし本PJでは、レベル２（運転者の監視下での有人走行）で運用

2. 定ルート走行型の全路線を自動走行可能
※ただし本PJでは、状況によって手動に切り替えて走行する場合があります

3. 多くの右左折や狭路を含む、全国の実証実験でも屈指の難度を誇る路線において安定走行を実現

住民のニーズを起点として、それに合わせ自動運転を構築するモデルを実現した、
世界でも珍しい例

本実験における本学の取り組みの要点

〈自動運転車両〉※同機種２台

〈自動運転走行可能ルート〉
一周約8km間　60分で周回する

本実験における本学の取り組みの要点

運転者教育

1. 地域で実証実験の運転者を募集し、教育する**全国初**の試み
※地域に根付く自動運転移動サービス実現を可能にした

2. 自動運転実証実験運転者テキストと教育プログラムを**全国初**で策定し、教育を実施した
※教育プログラムは、座学、実技、試験（筆記及び実技）、完熟走行の四項目

3. 全国で実施されている自動運転実証実験の運転者教育品質の安定化と向上のため、教育プログラム実施で得た成果は公開する予定

本実験における本学の取り組みの要点

〈群馬大学 自動運転実証実験運転者テキスト教育プログラムに基づく教習〉

取り組みから見えてきたこと

- 我々のシステムは大学外運用に耐える安定性を確保した
（運用条件等厳しい制約は設けている）
- 自動運転車両の運転者（運用者）教習を修了できる人は約４割（筆記の時点で６割に）
- 地域の高齢者が運用者としての役割を担うことは極めて難しい
- 複雑な機能（障害物回避など）を付加するほど、正しく運用できる人材は著しく減る
- Lv.3の自動運転の実用化は極めて難しい

札幌市の中心市街地での実証実験

（自動運転車両）

【自動走行ルート】

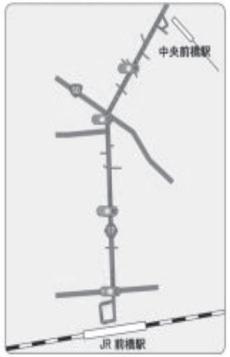
札幌市の中心市街地での実証実験

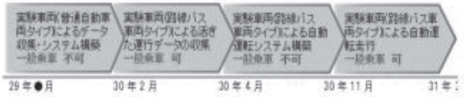
前橋市での路線バスの実証実験 枠組み構築

【公道実証実験実施協定の実施主体】

【公道実証実験の役割分担】

実施主体	役　割
前橋市	実験フィールドの提供、公共機関等関係機関との調整、情報発信 等
日本中央バス株式会社	運行に関する支援および車両運転者等の提供、車両運転に関する技術の提供 等
群馬大学	自動運転システム実証実験パッケージの提供および実証実験の実施、その他関連する自動運転実証実験事業 等 （群馬大学と共同開発を行っている株式会社NTTデータは本実証実験に参画予定）





上級編－理論
「自動運転技術 - プロパイロットの概要と
エーミング技術実習」

ＩＴＳ・自動運転概論「第６コマ」授業記録
自動運転技術－プロパイロットの概要

1　日　時：2019 年 12 月 13 日（金）13:00-16:00
2　対　象：自動車工学科２年　21 名
3　講　師：兵庫日産自動車株式会社　　土井　広行　氏
　　トヨタカローラ姫路株式会社　　小林　弘章　氏
　　兵庫県自動車整備振興会　　松尾　貴宏　氏

学習項目	主な内容	ワンポイントコメント
1　セフティ・シールドコンセプト	(1) 自動運転の流れ ・2016 年にプロパイロットができた。 ・2019 年は、高速道路を手放しできる運転技術が出た ・2020 年には、無人運転の車が出てくる。 (2) 自動運転の背景 ・環境「ゼロエミッション」から、排ガスの出ない電気自動車を開発 ・安全「交通死亡事故ゼロ」から、知能化技術により自動運転車を開発 (3) セフティ・シールドコンセプト ・危険がないときは、サポート機能 明るさ感知によるトンネル内の点灯など危険物を知らせるソナーシステム ・危ない状態を安全に戻す機能 手前からブレーキをかけるエマージョンシーブレーキ、横滑り防止装置 ・衝突が避けられない状態の機能 エアバック、シートベルト	電動化技術 ・電気自動車 ・e-ＰＯＷＥＲ ・ハイブリッド車 ・スマートシンプルハイブリッド車 知能化技術 ・自動運転 ・プロパイロット ・インテリアエマージョンブレーキ等 コンセプト ・通常運転から衝突後まで、車が状態に応じて様々なバリア機能を働かせ、少しでも危険に近づけないようにサポート
2　走行支援システム	(1)インテリジェントエマージョンブレーキ ・フロントガラス上部のマルチセンシングカメラにより、車両や人を感知し、回避を促す。 ・安全回避できなかった場合にブレーキ作動させ被害を最小限にする。 ・カメラタイプは人にも対応できる。	・車速 10～60 キロの範囲で作動 ・60 キロ以上では歩行者に作動しない。

	【システム構造】 ・フロントカメラ：目の機能 ・ＡＤＳＥＣＵ：判断機能 カメラ情報をもとにユニットをコントロール ・ＶＤＣ：ブレーキ制御機能 (2) 車線逸脱警報 ・フロントガラス上部のマルチセンシングカメラにより、レーンを検知し、近づいたと判断すると警報する (2) 踏み間違い衝突防止アシスト ・低加速抑制機能 障害物を感知していると車速が上がることを抑える。 ・低速衝突軽減ブレーキ機能 障害物を感知し、使用突する恐れがある時に、警報、エンジン出力の制御、およびブレーキをかけて衝突を回避する。 【システム構成】 ・フロントソナー・リヤソナー：目の機能 ・ソナーＣ／Ｕ：障害物との距離を検出 ・ＡＤＳＥＣＵ：判断機能 ・ＥＣＭ：スロット制御 ・ＶＤＣ：ブレーキ制御 (3) インテリジェントパーキングアシスト ・縦列駐車や車庫入れ時にシステムがステアリングを操作し、運転者を補助する機能 ・アラウンドビューモニター上で目標とする駐車位置を設定すると、必要なスペース、ステアリングの操舵量を演算する。 【システム構造】 ・フロントカメラ、左右のサイドカメラ・リヤカメラ：目の機 能 ・ＡＶＭＥＣＵ：カメラ情報をもとにステアリング操舵量を演算 ・ＡＤＳＥＣＵ：判断機能 ・ＥＰＳ：ステアリング制御	・カメラで有無と距離を計測 ・仕様と津の危険が高まるとブレーキを制御 ・60 キロ以上の時に作動する ・スカイラインはハンドルとモータがつながってないので、ハンドルを操作しなくても車線内に戻す。 ・現在の自動車は、ドライバーの足とエンジンは連動していない。 ・スロットバブルを開けないようにして加速しないようにする。 ・操舵方法 ①車を止めＩＰＡを設定 ②シフトをＲレンジにする。 ③クリープで走行、ブレーキで速度調整

	⑤ 故障診断器にてエーミング確認 ターゲットの位置確認 	

ＩＴＳ・自動運転探究・実証授業アンケート「第６回」

実 証 日：2019 年 12 月 13 日　13:00～16:00
対象学生：自動車工学科２年　21 名

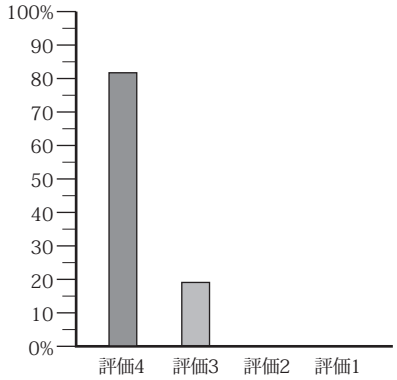
講義テーマ	：	**自動運転技術－プロ・パイロットの概要**	
講　　師	：	兵庫日産自動車株式会社	土井　広行　氏
		トヨタカローラ姫路株式会社	小林　弘章　氏
		兵庫県自動車整備振興会	松尾　貴宏　氏

１　アンケート調査結果

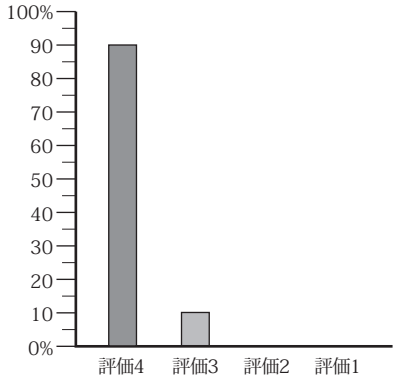
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	81%	19%	0%	0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	90%	10%	0%	0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	90%	10%	0%	0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	76%	24%	0%	0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	81%	19%	0%	0%

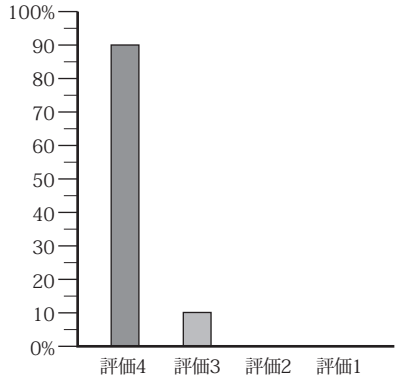
①探究心



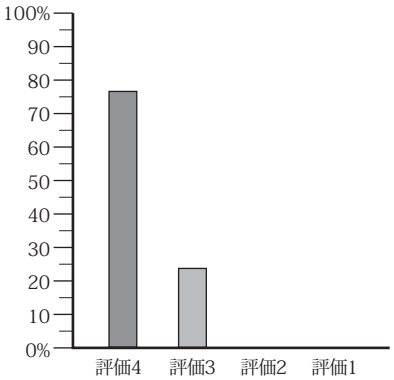
②目的性



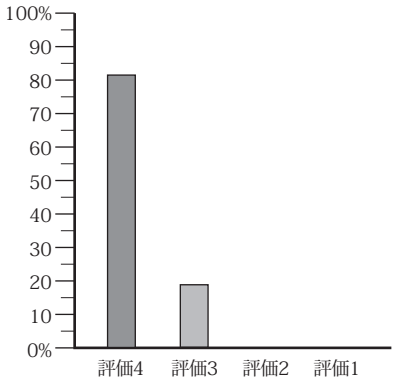
③理解度



④変化性



⑤満足感



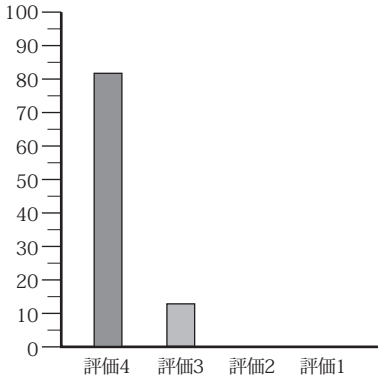
２　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

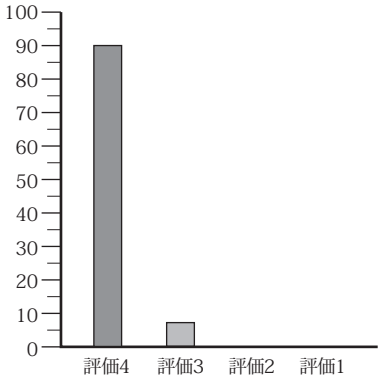
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	81	13	0	0	94
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	90	7	0	0	97
③理解度	授業は分かりやすかった。	90	7	0	0	97
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	76	17	0	0	93
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	81	13	0	0	94

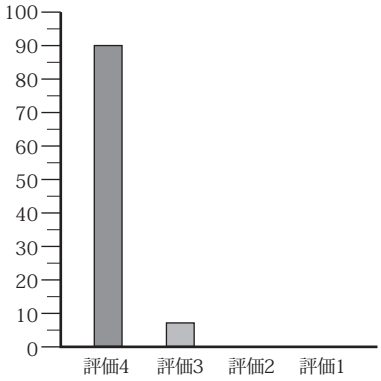
①探究心



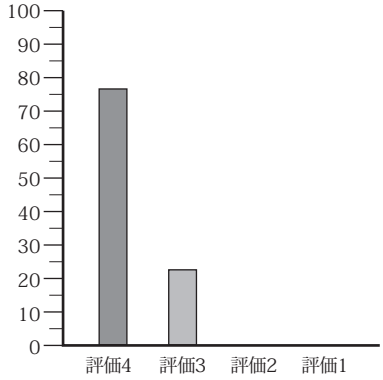
②目的性



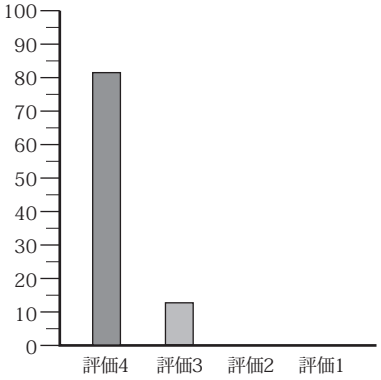
③理解度



④変化性



⑤満足感



3　学生の感想

①設定まで難しい作業だった。 ②簡単にエーミングができる機械があれば、儲かると思った。 ③実際にエーミングを体験するとこができてよかった。 ④エーミング調整がトヨタと日産では違うことを知った。 ⑤カメラの確認作業やミリ波レーダの前準備が意外と大変だと感じた。 ⑥技術が進んでいると感じた。 ⑦自動運転のエーミングが、アナログだったことに驚いた。

4　授業後の考察

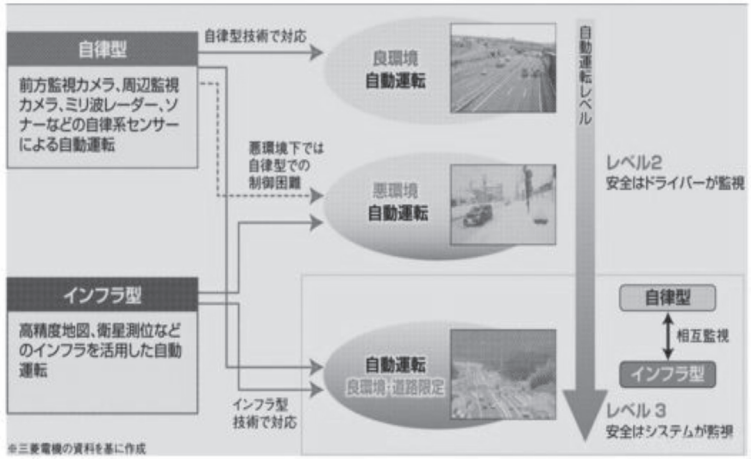
・実習を伴った講義であったため、どの項目も90%を超える高い評価となった。

・講義の部分は、指導内容が多かったため、後半部分は駆け足になったようである。時間をもっと多く設定するか、指導内容の重点化を図るかについて、検討する必要がある。

・実習部分は、エーミングが非常に緻密で大変な作業であることに驚いたようである。多くの学生が貴重な体験をしたことに、「よかった」と感想を述べている。

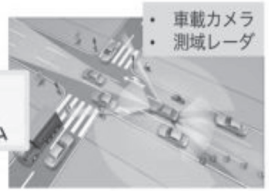
3 『ITSと自動走行システム』

1 自動走行技術の概要



- 先進安全技術の車両への搭載
  - 自動ブレーキ (ABS)
  - 前者追随走行 (ACC)
  - 車線逸脱検知システム

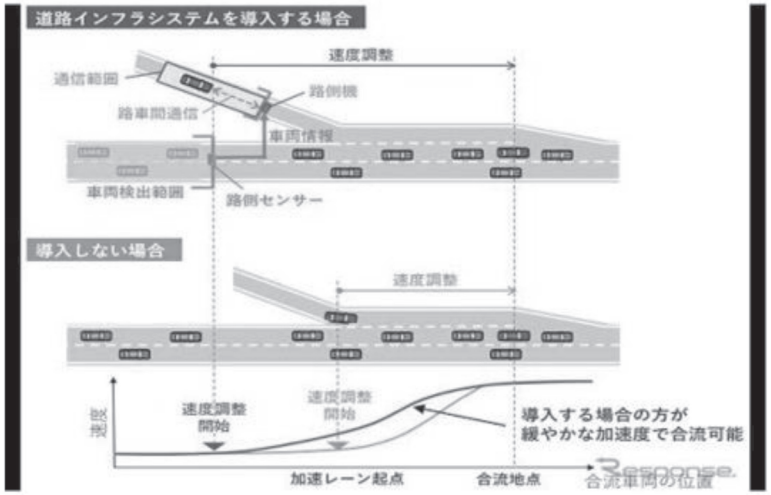
自律型システム



＋

- 車両間協調による周辺状況把握
  - Connected Vehicle : つながる車
  - Vehicle Cloud
  - 交通情報の事前取得

協調型システム



2 ACC(車間自動制御システム)とCACC(協調型ACC)

■ACCとは

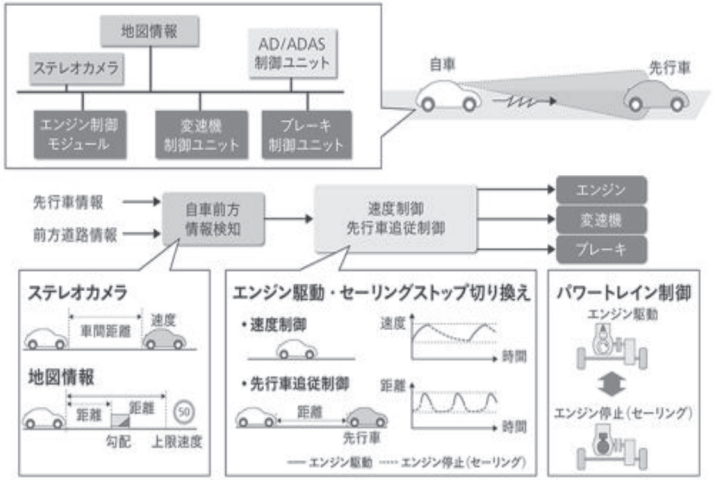
ACC(Adaptive Cruise Control／アダプティブ・クルーズ・コントロール)は正式名称を「定速走行・車間距離制御装置」と言い、高速道路や自動車専用道路で使用することを前提に開発されたもので、車間距離を一定に保つためのセンサーとCPU(コンピューター)が車に搭載されていて、車間距離を一定に保ちつつ、定速走行を自動でする装置です。

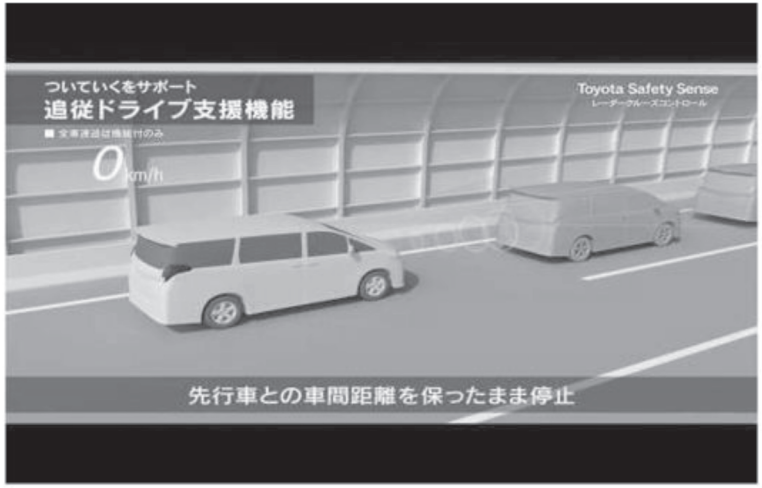
■CACCとは

CACC(Cooperative Adaptive Cruise Control／コーペラティブ・アダプティブ・クルーズ・コントロール)です。従来のACCの機能に加えて、前を走る車と通信する(車々間通信)ことで、ACCよりも車間距離をきめ細かく制御することができます。

日本で実用化が検討されているCACCでは、ミリ波レーダーセンサーが検知できる範囲(200m前後)内で、760MHzの無線電波を用いて前車と通信することが検討されています。

■ACCの制御





■ADASとは

ADASとは「Advanced driver-assistance systems」の略称で、一般的に「エーダス」と呼ばれる。先進運転支援システムを指し、事故を未然に防いだり運転の負荷を軽減したりするための機能の総称である。

■ADASの特徴

クルマの運転には大きく「認知」「判断」「操作」の各動作が必要で、ドライバーは通常、目や耳で周囲の状況を認知し、加速や停止、右折などの判断を脳で行い、そして手や足を使ってハンドルやアクセルペダルなどを操作してクルマを制御する。

この認知、判断、制御のいずれか、あるいは全てをアシストするのがADASで、例えばカメラやレーザーなどのセンサーで前方の車両を検知した際、ドライバーに警告を出したり加減速制御を行ったりする。制御を行う場合も、あくまで運転の主体はドライバーであり、基本的にはドライバーの意思が優先される。

また、位置情報システムや通信機能を用いて交通情報をドライバーに伝えたり、居眠りなどドライバーの挙動がおかしい場合に警告を出したりするシステムなども、安全な運転を支援するものとしてADASに含まれる。

⑥カーナビゲーション

全地球測位システム（GPS）や道路交通情報通信システム（VICS）などにより位置情報や交通情報を入手し、安全で効率的なルートを提示するほか、交通安全支援システム（DSSS：Driving Safety Support Systems）により周辺の交通状況を配信し、渋滞末尾への追突防止や出会い頭の衝突防止など支援する。

また、従来の機能に加え、クラウドを介して各車両の走行情報を蓄積するなどコネクテッド化の一端を担うケースや、他のADASと連動するケースなどが今後増加するものと思われる。

⑦車両間通信システム（車車間通信・路車間通信システム）

車両同士が無線通信によって情報をやり取りし、安全運転を支援するシステム。信号機情報や規制情報などインフラからの情報を路側機から得る路車間通信もある。

⑧道路標識認識システム

カメラで速度制限や進入禁止、一時停止などの交通標識を読み取り、その情報をディスプレイに表示し、制限速度の超過などをドライバーに警告するシステム。

⑨居眠り運転検知システム

カメラ画像から測定したドライバーの瞬きや表情などをAI（人工知能）を用いて解析し、眠気を感知すると警告音や振動などで注意を促すシステム。また、ハンドルの操舵状況からドライバーの疲労度を計測するシステムや、警告音などでドライバーの快適性を損なうことなく覚醒状態を維持させるための眠気制御システムの開発なども進められている。

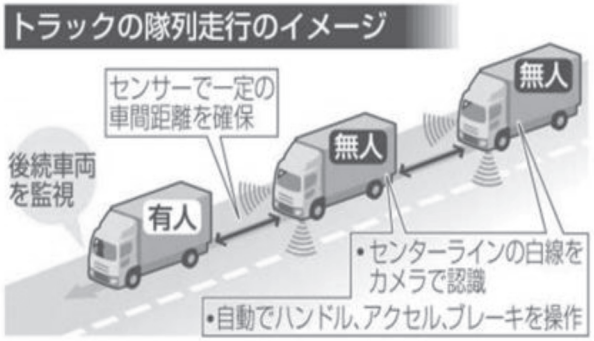
■CACCとLTC

LTC（レーントレースコントロール）は、自動運転技術を利用した全く新しいシステムで、カメラやミリ波レーダーの高性能化、制御ソフトの高度化などにより、あらかじめ適正な走行ラインを算出。そのラインに沿って走行するよう、ステアリングと駆動力、制動力を、全車速域で適切に制御する。

CACCによる先行車両と無線通信しながら追従走行する「通信利用レーダークルーズコントロール」と全車速域で道路の白線などをセンサーで検出し、あらかじめ算出された最適なラインを走行するよう操舵を支援する「レーントレースコントロール(Lane Trace Control)」との連携により、安全運転の支援や運転負荷の軽減を行う。

■隊列走行

CACCとLTCを使ったトラックの隊列走行



3 自動走行に向けた環境整備

■レベル3以上の自動運転車両の安全性

2020年を目途としてレベル3以上の高度な自動運転を実現するという政府全体の目標を達成するためには、安全基準や交通ルール等の多岐にわたる交通関連法規について見直しが必要となる。

レベル3の自動運転車両は、あらかじめ設定された条件においてシ ステムが運転操作を行うことができるが、走行環境の悪化等、システ ムによる運転の継続が困難になった場合には、ドライバーが適切に 運転操作を引き継ぐことが必要。

このため、レベル3の自動運転車両については、例えばドライバーが居眠りをしていないなど、システムからの運転操作の引き継ぎを適切に出来る状態にあることを監視するためのHMI（ヒューマン・マシン・インターフェイス）を搭載すること等の安全要件の設定が必要。

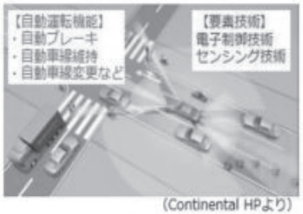
■安全要件や安全確保のための各種方策

①高度な自動運転システムを有する車両の安全性に関する基本的な考え方 。
②自動運転システムの安全性に関する要件（制御システムの安全性、サイバーセキュリティ、HMI（ヒューマン・マシン・インターフェース）等に関し、設計・開発の際に考慮すべき要件）
③基準適合性の確認手法、使用過程車の安全確保のあり方、ユーザーへの情報提供のあ り方

■自動運転技術に対応する自動車整備・検査の高度化

①自動ブレーキなど自動運転技術の進化・普及が急速に進展しているが、故障した場合には、誤作動による重大 事故等につながるおそれがあることから、適切な機能確認が必要。

高度化する自動車技術



（Continental HPより）

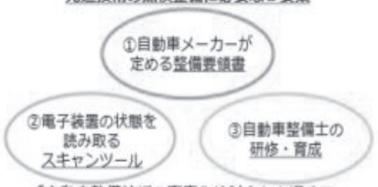
自動ブレーキ、自動車間距離制御機能（ACC）
新車（乗用車）搭載率

②自動車整備工場が先進技術の点検整備を適切に実施する環境を整えるため、引き続き、

・自動車メーカーが定める 整備要領書の提供。
・外部から電子制御の状態を読み取るための汎用の「スキャンツール」の開発。
・自動車整備士 の研修・育成を推進。

が必要となる。

先進技術の点検整備に必要な３要素



「自動車整備技術の高度化検討会」を通じて、自動車整備工場の技術力向上を支援

③現在の自動車の検査(車検)は、自動運転技術等に用いられる電子装置の機能確認には対応していないため、新たな検査手法を検討しなければならない。

「車載式故障診断装置（OBD）」とは

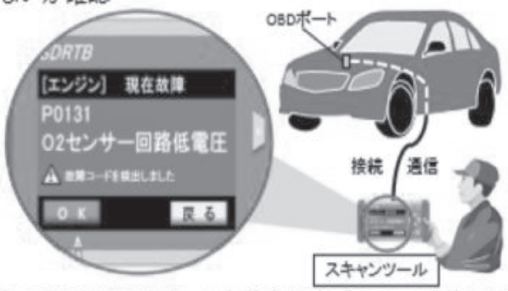
最近の自動車には、電子制御の状態を常時監視し、故障を記録する「車載式故障診断装置（OBD：On-Board Diagnostics）」が搭載されている。

車載式故障診断装置(OBD)：
自動車の電子制御を監視し、異常があった場合には「故障コード」を記録

記録された故障コードは、**スキャンツール**で読取可能

車検における活用イメージ

車検時にスキャンツールを接続して基準不適合となる故障コードが残っていないか確認



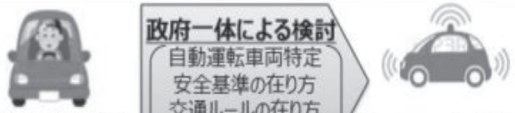
「車載式故障診断装置を活用した自動車検査手法のあり方検討会」において、OBDを活用した新たな検査手法の検討を開始（平成29年12月～）

④自動運転に係るルール整備について

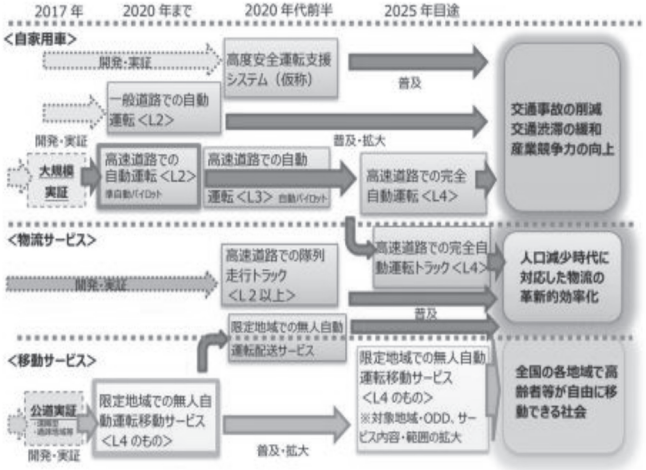
1、2020年を目途とした高度な自動運転システムの実現にあたっては、これまでの「ドライバーによる運転」を前提 とした制度から「システムによる運転」も想定した制度へと、交通関連法規の多岐にわたる見直しが必要。

＜政府全体の制度整備大綱＞

- **2020年の高度自動運転の市場化を見据えて、交通関連法規の見直しに向けた政府全体の制度整備大綱を、2017年度目途に策定**



2、「官民ITS・構想ロードマップ2017」において、高度な自動運転の実現に向けてのシナリオ。



3、高度な自動運転の早期実現に向けた環境整備として、国土交通省としては、今後、レベル3以上の自動運転の実用化に向け、交通関連法規の見直しに向けた具体的な検討を行うことが決定された。
（自動運転に係る制度整備大綱）

4、制度整備大綱に基づいた主な取り組み事項

（1）車両の安全確保の考え方

①安全性に関する要件等のガイドラインを2020年度までに制定。
②日本が議論を主導し、車両の安全に関する国際基準を策定。
③使用過程車の安全確保の在り方について検討。

（2）交通ルールの在り方。

①自動運転システムが道路交通法令の規範を遵守するものであることを担保するために必要な措置を検討。国際的な議論（ジュネーブ条約）にて引き続き関係国と連携してリーダーシップを発揮し、その進展及び技術開発の進展等を踏まえ、速やかに国内法を整備。

②無人自動運転移動サービスにおいては、当面は遠隔型自動運転システムを使用した現在の実証実験の枠組みを事業化の際にも利用可能とする。

(3)安全性の一体的な確保(走行環境条件の設定)

①自動運転の安全性を担保しるための走行環境条件(低速、限定ルート、昼間のみ等)を検討・策定。

(4)責任関係

①万一の事故の際にも迅速な被害者救済を実現。

②関係主体に期待される役割や義務を明確化し、刑事責任を検討。

③走行記録装置の義務化の検討。

5、自動運転車の安全技術ガイドライン

「自動運転車に係る制度整備大綱」を受けて、国土交通省では、国際基準が策定されるまでの間の、安全なレベル3以上の自動運転の開発・実用化を促進するため、平成30年9月に「自動運転車の安全技術ガイドライン」を策定した。このガイドラインでは、世界で初めて「自動運転システムが引き起こす人身事故がゼロになる社会の実現を目指す」という安全目標を設定し、自動運転車の開発・実用化の意義を明確化するとともに、運行設定領域(ODDの設定)やヒューマン・マシーン・インターフェース、データ記録装置の搭載、サイバーセキュリティ等の10項目を対象として「自動運転車の安全性に関する要件」を設定した。

自動運転車の安全性に関する基本的な考え方

- 「自動運転システムが引き起こす人身事故がゼロとなる社会の実現を目指す」ことを目標として設定する
- 自動運転車が満たすべき車両安全の定義を、「自動運転車の運行設計領域(ODD)において、自動運転システムが引き起こす人身事故であって合理的に予見される防止可能な事故が生じないこと」と定め、自動運転車が満たすべき車両安全要件を設定し、安全性を確保する

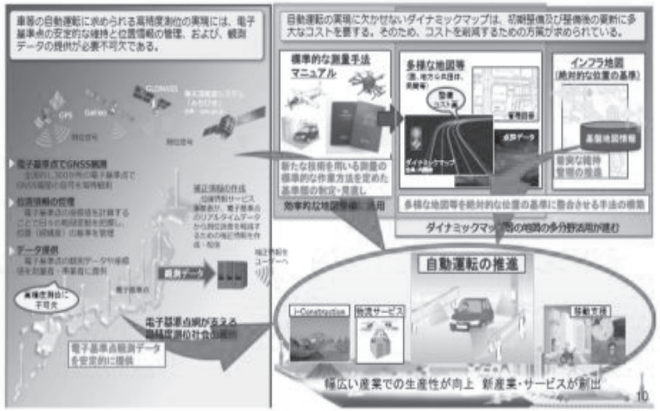
自動運転車の安全性に関する要件(10項目)

自動運転車は、次の安全性に関する要件を満たすことにより、その安全性を確保しなければならない

① 運行設計領域(ODD)の設定　② 自動運転システムの安全性
③ 保安基準等の遵守等
④ ヒューマン・マシン・インターフェース(ドライバー状態の監視機能等の搭載)
⑤ データ記録装置の搭載　⑥ サイバーセキュリティ
⑦ 無人自動運転移動サービス用車両の安全性(追加要件)
⑧ 安全性評価　⑨ 使用過程における安全確保
⑩ 自動運転車の使用者への情報提供

(6)その他の環境整備(地理空間情報活用)

自車位置がGNSSで正確に求まる高精度測位社会に向けて、引き続き電子基準点網を安定的に維持する。また、ダイナミックマップ等の地図の効率的な整備に必要な基準類を制定するとともに、ダイナミックマップを多分野で活用できるよう、基盤地図情報への整合手法を検討する。



4章 次世代ＩＴＳとＡＩ技術

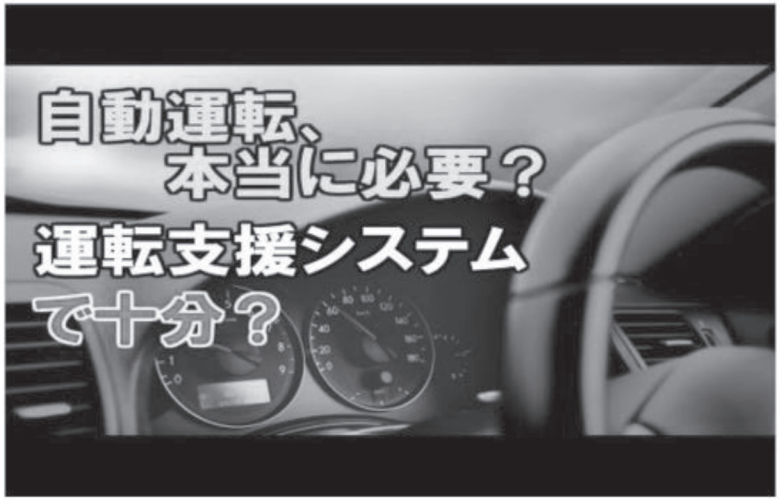
1節 社会的課題への対応

1、持続可能なモビリティ社会の実現

（1）事故が起こった時の責任

自動運転のクルマが事故を起こしたら誰が責任をとることになるのでしょう。今までであれば運転をしていたドライバーに賠償責任が発生しました。正しく自動運転のルールに則って、クルマを自動運転をしていたら、解釈によっては、クルマを提供する自動車メーカー側に責任がある、とも言えそうです。システムの不具合、誤作動、ＡＩの判断ミス、などさまざまな不具合を予想することができます。

①自動運転車が事故を起こしたら
ア）運転者の責任？
イ）自動車側の責任？



政府は30日、自動運転中の車の事故について、原則として車の所有者に賠償責任を負わせる方針を決めた。一般自動車と同じ扱いとする。外部から車のシステムに侵入するハッキングで事故が発生した場合、損害は政府が補償する。自動運転に関する賠償制度の土台が固まり、メーカーが過大な責任を負う懸念が薄れたことで、事業化の動きが加速しそうだ。

30日の未来投資会議で「自動運転にかかわる制度整備大綱」を示した。安倍晋三首相は会議で「具体的な法制度整備に着手し、国際的なルール作りを積極的にリードしてほしい」と指示した。2019年にも国会に関連法案を提出する。

⊕画像の拡大
ハッキングで事故が発生した場合の損害は政府が補償する方針だ

大綱は自動運転車が普及し始める20～25年に向けて、法整備や規制の方向性を示す内容。自動運転の段階で見ると、運転手が乗った状態で限られた条件で運転を自動化する「レベル3」までが主な対象。

（2）自動運転システムをハッキング

自動運転とは人の手を介さず、コンピューターのシステムでクルマを動かすことです。人の手を必要としない、ということは、人が乗っていなくてもクルマが動かせてしまいます。そこで懸念されているのが、遠隔操作によるクルマの盗難になります。

盗難集団にシステムをハッキングされてしまうと、かんたんに盗まれてしまうリスクが生まれます。遠隔操作をされた無人のクルマが勝手に動き出し、容易に他人の手に渡ってしまうかもしれないのです。

（3）自動運転システムを武器に

ハッキングにより自動車が武器に改造されてしまうおそれがあります。

世界各地で起こる自爆テロ。自動運転車両は危険物や爆発物を運ぶための車両として、無人兵器となります。

システムがハッキングされると、さまざまなことが可能になります。

交通ルールを無視した事故や、他人の車への衝突など、自在に車をコントロールし損害をあたえます。

（4）ＡＩ（人工知能）に潜む危険性

世界中で自動運転の試験運転が行われていますが、ＡＩ（人工知能）による自動運転車だから無事故かと言えば決してそんなことはなくすでに死亡事故も起きています。

事故があっても人間の側に過失の要素が強ければＡＩ（人工知能）の危険性のは薄れます。しかし車道に歩行者が突然飛び出してくるようなケースで、ＡＩ（人工知能）が歩行者とドライバーのどちらの命を優先するかという選択になった場合どうなるのでしょう。

ＡＩ（人工知能）の合理的な判断が、車体とドライバーの安全を優先して歩行者の命を軽んじるような挙動をしたとなれば、それはＡＩ（人工知能）に潜む危険性を示すことになります。

またＡＩ（人工知能）は、膨大なデータからディープラーニングでさまざまな概念や仕組みを学ぶのがＡＩ（人工知能）となります。間違った情報によるＡＩ（人工知能）の暴走が起こる可能性があります。

（5）インフラの整備

自動運転はクルマだけが進化すればいいというわけではありません。絶えず変化する交通事情に対して、クルマと通信する信号機器が必要になります。一時停止ラインで止まるには、クルマと通クルマと通信する明確な標識が必要です。

自動運転を車輌に内蔵されたレーダーとカメラだけで実現させるには限界があります。街中にあるたくさんのインフラ公共物にも協力してもらわなくてはならないのです。その他にもナビを随時更新するシステム、通行場所の詳細な情報、ＧＰＳ衛星、あらゆるものを共立してはじめて高度な自動運転が成り立ちます。これらのインフラを整備するには膨大なお金がかかります。

（6）法律の整備

現在自動運転（自立走行）している車の多くは、建設現場など閉塞された所に限られます。一般道路で走行できる完全自動運転車は、法的に規制されており走ることができません。一般人が公道で走行できる自動運転車はジュネーブ道路交通条約で、一単位として運行される車両、または連結車両には、それぞれ運転者がいなければいけない。など厳格に運転者について規制があります。

２節 ＩＴＳ技術とＡＩ技術

１、ＩＣＴを活用した次世代ＩＴＳ

（1）目的

①自動走行システムには、、、

ア）交通事故の削減
イ）環境負荷の低減、
ウ）高齢者等の移動支援
エ）運転の快適性の向上

という効果が期待され、特に超高齢化社会を迎える中、世界一安全な道路交通社会を目指す我が国にとって、関連技術の開発やその普及に向けた環境整備は極めて重要である。

自動走行システムを実現するためには、従来の自動車単体での運転支援技術（自律型）の更なる高度化に加え、車と車、インフラ、歩行者等をつなぐ高度な無線通信技術を活用した運転支援技術（協調型）の早期実用化が不可欠である。

（2）次世代ＩＴＳの実現に向けて

安全・安心、円滑な道路交通の実現のため、ＩＴＳスポットサービスの普及促進を行うとともに、ビッグデータである車両の走行履歴や挙動履歴等の大量のプローブ情報を収集・分析することで、きめ細やかな道路管理等に資する取組みが進められている。

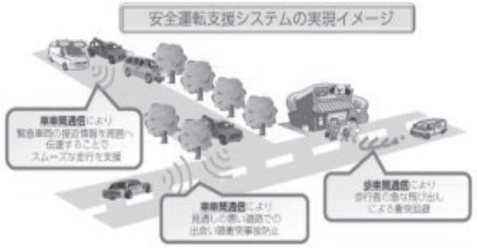
また、ＡＣＣ（車間距離制御システム）搭載車両を使用した渋滞解消について、官民連携による技術検討及び開発を進めるとともに、高速道路上の自動運転に関する課題整理等が国によって行われている。

（3）先進安全自動車（ＡＳＶ）の推進
（Advansed Safety　Vehicie／アドバンスド・セィフティ・ビークル）

ＡＳＶ推進計画に基づき、ＩＣＴ技術等の先進技術を利用してドライバーの安全運転を支援する先進安全自動車（ＡＳＶ）の開発・実用化・普及が進んでいる。具体的には、ドライバー異常時対応システム、ドライバーの過信、システムの複合化、車車間通信・歩車間通信等の通信利用型安全運転支援システムの開発促進が今後の課題となる。また、車車間・路車間・歩車間通信でやりとりする情報やインフラレーダーで収集する情報等を組み合わせたシステムを開発し、ＩＣＴを活用した高度な安全運転支援システムの実現を目指しています。

（4）国の政策的位置づけ

「日本再興戦略」（平成２５年６月１４日閣議決定）において、車車間通信、路車間通信等を用いた安全運転支援装置・安全運転支援システム及び自動走行システム、渋滞予測システム、物流システムの構築によるヒト・モノの安全・快適な移動の実現を国家プロジェクトとして進めることとされている。また、世界最先端ＩＴ国家創造宣言（平成２５年６月１４日閣議決定）において、車の自律系システムと車と車、道路と車との情報交換等を組み合わせ、運転支援技術の高度化を図るとともに、実用化に向けた公道上での実証を実施することとされている。



（5）自動走行システムに必要な車車間通信・路車間通信技術

自動走行システムの実現に必要な高い信頼性を有する車車間通信・路車間通信技術を確立するため、公道における実証実験を通じて、多数の自動車が存在する状況等において車車間通信・路車間通信のメッセージセットの妥当性や、アプリケーションの成立性の検証を行うとともに、通信された情報を自動車の制御に反映するために必要な通信技術の開発を行い、その結果を踏まえ通信プロトコルを策定する必要がある。

①車車間通信の技術的課題

車車間通信を利用した自動運転（自動走行）・安全運転支援システムの実用化するためには、車車間通信に必要とされる性能要件の明確化が必要である。具体的には、多数の自動車が存在する状況において、対象とする自動車の情報を的確に伝えるための要件や、車載機搭載車両と非搭載車両が混在している状況で必要とされる要件、様々な場面における支援に必要な情報をドライバーへ報知するタイミングや方法等の要件を検討し、実用化に向けたガイドラインを策定する必要がある。

②車路間通信の技術的課題

自動運転（自動走行）を実現するためには、路側に設置したセンサにより自動車の見通し外も含めた周囲の状況を把握し、自動車に対して交通事故防止に資する交通情報をリアルタイムに提供することが不可欠である。そこで、電波を活用し、「右・左折時衝突防止支援システム」や「歩行者横断見落とし防止支援システム」など、交差点において刻々と変化する安全情報を自動車に提供するシステムに必要な路車間通信の要求条件の検討を実施する。

具体的には、車車間/路車間の混在環境条件での通信性能の要求条件の検討を実施する。

③車車間通信及び車路間通信の通信技術的課題

交差点、合流部等が混在する複雑な道路環境下および、時々刻々と変化する交通状況の中、多様な車両等が存在する公道において、自動走行システム・700MHz 帯安全運転支援システムを実現していくためには、車同士、車両と路側装置間で多数の情報を伝達し合う環境下においても、車両の適切な通信相手を判断し、確実に動作を可能とする通信プロトコルの開発が必要である。

（6）歩車間通信技術の開発

見通しの悪い交差点等で発生する歩行者・自転車事故を削減するため、歩行者・自転車の位置・速度等の情報を自動車に提供し衝突を回避するなどの歩車間通信技術について、専用端末を利用した直接通信型、携帯電話ネットワーク利用型のそれぞれについて開発を行う必要がある。歩行者・自転車等は、自動車に比べ移動の自由度が高く、従来のＧＰＳをベースにした位置計測技術では精度が不十分である。このことから、準天頂衛星などを複合的に組み合わせる方法や新たな方式を考案するなどの高度位置精度技術の開発が必要である。

（7）インフラレーダーシステム技術の開発

交通事故死者数削減のため、人や車といった小さな対象物を検知可能な79GHz 帯高分解能レーダーを用いて、交差点等の様々な交通環境や気象・環境条件下で信頼性高く対象物検知・識別を行うことが可能なインフラレーダーシステムの実現に向けて、検出信頼性、耐干渉性および耐環境性に優れたインフラレーダー技術の開発を行うとともに、安全運転支援に資するための路車連携技術の開発を行う必要がある。

上級編－実習
「機能点検と調整作業」

ＩＴＳ・自動運転探究「第５コマ」授業記録
「実習車両による機能点検実習」
「走行支援システムの機能限界と取り扱い実習」

１　日　時：2019 年 12 月 13 日（金）13:00-16:00
２　対　象：自動車工学科２年　20 名
３　講　師：兵庫日産自動車株式会社　土井　広行氏、トヨタカローラ姫路株式会社　小林弘章氏、兵庫県自動車整備振興会　松尾　貴宏氏

学習項目	主な内容	指導教材
実習車両による機能点検	実習車両を使用しての機能確認 Ａ班（日産自動車、セレナ） Ｂ班（トヨタ自動車、プリウス） Ａ班 実習車両を使用して、各装置（先進安全支援装置に必要な部品の場所・機能を確認 ・フロントガラス上部のカメラ ・バンパー内のソナー Ｂ班 実習車両を使用して、各装置（先進安全支援装置に必要な部品の場所・機能を確認 ・フロントガラス上部のカメラ ・フロントグリル部のミリ波レーダーセンサー ・バンパー内のソナー 	・日産自動車 セレナ Ｃ27 型 先進安全支援装置（プロパイロット） ・トヨタ自動車 プリウス ＺＶＷ50 型 トヨタセーフティセンス

実習車両による調整作業１	実習車両を使用しての各センサー･カメラの位置調整作業を実際に体験 Ａ班（日産セレナ） ・日産自動車の発行の作業手順書（ＣＤロム）を使用し、手順通り作業を実施 ① 各センサーの状態点検 ② 車高等（車の状態点検、タイヤエアー等） ③ カメラエーミング調整ターゲット設置 （前方、タイヤ下部） ④ 故障診断器を使用してカメラエーミングを実施 ⑤ コンサルト３に表示された数値にて確認	・日産自動車 セレナ Ｃ27 型 ・故障診断器 日産コンサルト３ ・調整に必要な備品 （ターゲット等）

実習車両による調整作業２	実習車両を使用してのミリ波レーダー･カメラの位置調整作業を実際に体験 Ｂ班（トヨタ自動車プリウス） ・トヨタ自動車の発行の作業手順書（ＣＤロム）及びバンザイ製ＭＳＴ3000 取り扱い説明書を使用し、手順通り作業を実施 ① 車の前方に規定作業スペースが確保できるか確認 ② 床面の規定位置にマーキングを実施 ③ 車両に故障診断器を接続して、データ入力 ④ 故障診断の指示に従い、ターゲットを設置	・トヨタ自動車 プリウス ＺＶＷ50 型 ・故障診断器 （汎用型） バンザイ製 ＭＳＴ3000 ・調整に必要な備品 （ターゲット等）

	⑤ 故障診断器にてエーミング確認 ターゲットの位置確認 	

理解度評価結果

ＩＴＳ・自動運転探究・実証授業　達成度調査「第２回」

実 証 日：2019 年 11 月 8 日 13:00～15:00
対象学生：自動車工学科２年　22 名

講義テーマ　：　ＩＴＳの基本概念・自動運転の基本	
講　　師　：　日本工科大学校　学部長　稲岡　正人　氏	

問題(選択式)	正解	回答	割合
1　ITS（高度道路交通システム）の説明として適切なものを選びなさい。		人	%
(1) ITS とは Information Technology　Ｓｙstems の略称である		0	0
(2) ITS とは Intelligent Transport Systems の略称である。	○	20	91
(3) ITS とは Information Traffic Systems の略称である。		0	0
(4) ITS とは Intelligent Technology Systems の略称である。		2	9
2　ITS（高度道路交通システム）の開発・展開計画 9 分野として不適切なものを選びなさい。		人	%
(1)緊急車両の運行支援とは、緊急時自動通報、緊急車両経路誘導、救援活動支援などがある。		7	32
(2)歩行者等の支援は、運転者から見えにくい場所にいる歩行者の検知や経路案内などがある。		7	32
(3)公共交通の支援とは、公共交通利用情報の提供や公共交通の運行・運行管理支援などがある。		5	23
(4)道路管理の効率化とは、渋滞や交通規制情報を提供することである。	○	3	14
3　ITS（高度道路交通システム）の基本理念の 3 つの柱の内容として不適切なものを選びなさい。		人	%
(1)快適・利便には、安全運転支援などが含まれる。		6	27
(2)安全・安心には、ナビゲーションシステムの高度化などが含まれる。		8	36
(3)環境・効率には、緊急車両の運行支援などが含まれる。	○	4	18
(4)安全・安心には、交通管理の最適化		4	18
4　ITS（高度道路交通システム）を活用した安全運転支援（ＥＴＣ2.0）について不適切なものを選びなさい。		人	%
(1)カーブの先などで渋滞がある場合に、画像と警告音で情報を提供します。	○	1	5
(2)天候情報やトンネル内の渋滞状況も、静止画像でわかりやす		16	73

くお知らせします。			
(2)道路上の障害物情報をその障害物の手前のＩＴＳスポットから提供します。		5	23
(4)災害発生と災害発生状況とあわせて緊急の規制情報などを提供します。		0	0
5　ITS（高度道路交通システム）を活用した安全運転支援について不適切なものを選びなさい。		人	%
(1)ＤＳＳＳは道路に設置されたセンサーや通信機器と、車載器を備えた自動車との路車間通信により見通しの悪い交差点などで起きやすい交通事故を未然に防ぐことができる。		1	5
(2)ＩＴＳコネクトは専用の無線通信（760MＨｚ帯）を活用し、運転者から把握しにくい交差点などでの左折巻き込み等の注意喚起を行う。	○	10	45
(3)協調型ＩＴＳは、車のセンサーでは捉えきれない情報を、車と車の双方向通信により、ドライバーに知らせる。		5	23
(4)ＥＴＣ2.0は災害発生と災害発生状況とあわせて緊急の避難地情報などを提供します。		6	27
6　自動運転のレベルの考え方について適切なものを選びなさい。		人	%
(1)国土交通省は2018年度に「自動運転」の早期定着を図るため、自動車メーカーに積極的にＰＲするよう通達した。		1	5
(2)自動運転レベル2から運転主体は自動車のシステムとなる。		5	23
(3)国産メーカーは自動運転レベル2までのシステムに関して「運転支援」としている。	○	9	41
(4)自動運転レベル4は「システムが全ての動的運転タスクおよび作動継続が困難な場合への応答を無制限に実行する」完全自動運転となる		7	32
7　自動運転のもたらす影響ついて適切なものを選びなさい。		人	%
(1)交通事故のおよそ96%はヒューマンエラーに起因するため自動車がいくら良くなっても交通事故は減らない		6	27
(2)産業構造が変化し、新しい産業が創出され、新たに人材が必要になるため、人材不足は解消されない。		1	5
(3)高齢化社会への影響として、地方の交通機関の移動手段が増加し、高齢者の足の確保が簡単になる	○	15	68
(4)高速道路など不適切な車間距離や急加減速などの影響で、渋滞が発生しやすくなる		0	0
8　自動運転のレベルと実用化の現状について適切なものを選び		人	%

なさい。			
(1)2020年後半までに、自動運転レベル4の実用化を目指している。		11	50
(2)国産自動車メーカー各社は、現在車線維持、車間維持、車線変更、分流・合流（高速道路）について実用化している。		4	18
(3)ＡＣＣは一定に走行する機能及び車間距離を抑制する機能をもつ装置で、一般道路の交通渋滞緩和に効果を発揮する。		4	18
(4)前方の車両との衝突を予測して、衝突の被害を軽減する自動ブレーキは2015年度に販売された新車の約43%に装着されている。	○	3	14
9　自動運転を目指す各企業、学校、の取り組みについて不適切なものを選びなさい。		人	%
(1)自動運転の開発には、その目指す目的や技術開発の方向の違いから大きく分けて2つの方向性がある。		3	14
(2)あらゆる所で自動運転が作動することを目的に開発を進めているのが、大手自動車メーカーである。		2	9
(3)大手自動車メーカーが開発する自動運転は、運転者主体が前提の段階的自動運転の高度化でレベル3はスキップして開発されている。	○	13	59
(4)特定の地域の足の維持確保や安全性の向上を主な目的とした自動運転の開発に力を入れているのがＩＴ企業やベンチャー企業である。		4	18
10　自動運転について不適切なものを選びなさい。		人	%
(1)自動運転とは、ドライバーの操作がなくとも自動で動く車のことをいう		7	32
(2)自動運転の今後の課題は、自動運転車が満たすべき技術基準や事故時の賠償・責任のルールが決まっていないことである。		2	9
(3)自動運転の実現は、より安全で円滑な運転を車社会にもたらすことにより、様々な社会課題の解決が期待される。		4	18
(4)自動車メーカーが開発している自動運転技術には、地域を限定した無人自動走行も含まれている。	○	9	41

【考　察】

ア　達成率

達成率が 20%未満の問題が半数近くあり、授業内容を理解できていない。

80%以上の達成率	１問
60%以上～80%未満の達成率	１問
40%以上～60%未満の達成率	４問
20%以上～40%未満の達成率	０問
20%以下	４問

イ　達成率が低い原因

学生へのアンケート調査では、授業が分かりやすかったという学生が多く、学生授業評価は 80 点を超えていた。しかし、達成度調査では、点数が低く２つの調査が全く違った結果となった。

これは、達成度調査の確認テストが、ＩＴＳや自動運転の概要を問う問題ではなく、かなり詳細な内容を問う問題となっていたためではないかと考えられる。

これだけは確実に理解させたいという、基本的な内容に限定して調査問題を作成すべきである。

ＩＴＳ・自動運転探究・実証授業　達成度調査「第２回」

実 証 日：2019 年 11 月 29 日　9:00～12:00
対象学生：自動車工学科２年　20 名

講義テーマ	：　ＩＴＳと自動走行システム、次世代ＩＴＳとＡＩ技術
講　　師	：　日本工科大学校　学部長　稲岡　正人　氏

問題（選択式）	正解	回答	割合
１　自動走行技術についての説明として適切なものを選びなさい		人	%
(1) 自律型自動運転は、外部から提供される情報を通信技術を使って走行します。		1	5
(2) 協調型自動運転は、自動運転レベル２相当の自動運転に対応した技術である。		4	20
(3) 協調型自動運転で、車車間通信を行う場合、双方の車に同様のシステムが搭載されていることが必要となる。	○	11	55
(4) 自律型自動運転は、協調型自動運転に比べ、広範囲の道路情報が得られるメリットがある。		4	20
２　ＡＣＣ（車間自動制御システム）とＣＡＣＣ（協調型ＡＣＣ）の説明として不適切なものを選びなさい。		人	%
(1) ＡＣＣとはアダプティブ・クルーズ・コントロールといい、高速道路や自動車専用道路で使用することを前提に開発されたものである。		1	5
(2) ミリ波レーダー・センサーを使用したＡＣＣの特徴は、雨や霧などの悪天候の影響を受けやすいことである。	○	9	45
(3) 光学式カメラセンサーを使用したＡＣＣの特徴は、カメラが映した情報をそのままデジタル化して認識できることである		6	30
(4) ＣＡＣＣはＡＣＣに比べて、車同士が通信することが可能なので、車間距離を細かく制御することができる。		4	20
３　ＡＤＡＳ（先進運転支援システム）の説明として不適切なものを選びなさい。		人	%
(1) ＡＤＡＳは、ドライバーが運転中に行う「認知」「判断」「操作」のいずれか、または全てをアシストする。		2	10
(2) ＡＤＡＳは一般的に「エーダス」と呼ばれ、事故を未然に防いだり、運転の負荷を軽減する機能の総称である。		1	5
(3) ＡＤＡＳの特徴は、あくまで運転支援システムでるため、運転の主体はドライバーにある。		2	10
(4) ＡＤＡＳの特徴は、「認知」「判断」「操作」を車が行う非常に	○	15	75

優れた運転支援システムで、運転の主体は車となる。			
4　ＡＤＡＳ（先進運転支援システム）の種類の説明として適切なものを選びなさい。		人	%
(1)衝突被害軽減ブレーキは、カメラやレーダーなどのセンサーにより、前方の障害物を検知し、衝突の危険性がある場合は、ドライバーに警告する。	○	7	35
(2)駐車場などで車を止める場合、カメラで速度制限や進入禁止などの交通標識を読み取り、その情報をドライバーに表示する。		3	15
(3)ブラインドスポットモニターはドライバーの瞬きや表情などを解析し、眠気を感知すると警告音などで注意を促す。		3	15
(4)クルーズコントロールとは、道路上の白線に沿って、車を走らせる機能で、車線逸脱の場合、ドライバーに警告を与える。		7	35
5　自動走行に向けた環境整備の内容について不適切なものを選びなさい。		人	%
(1)レベル３以上の自動運転車両の安全性について。		4	20
(2)自動運転技術に対応する自動車整備・検査の高度化。		0	0
(3)無人走行（レベル５）を前提としたルール整備	○	14	70
(4)安全要件や安全確保のための各種方策。		2	10
6　自動走行に向けた環境整備についての説明として不適切なものを選びなさい。		人	%
(1)レベル３以上の自動運転の実現に向けて、走行環境の悪化や自動運転を継続できなくなった時のドライバーへのスムーズな運転操作の引継ぎが課題となる。		2	10
(2)早期にレベル３以上の自動運転を実現するために、安全基準や交通ルール等の交通関連法規について見直しが必要になる。		3	15
(3)レベル３の自動運転からドライバーに運転操作を引き継ぐためのドライバー監視システムは現在全ての車に装着されている。	○	15	75
(4)レベル３での自動運転を実用化するためには、ヒューマンインターフェースなどの安全要件の設定が必要となる。		0	0
7　自動走行に向けた環境整備の中で、自動車整備関連の考え方について不適切なものを選びなさい。		人	%
(1)自動ブレーキなどの誤作動は重大事故につながる為、適切な機能確認が必要。		0	0
(2)自動車整備工場は先進技術の習得が必要な為、メーカーの系列の整備工場のみに適切な情報が提供される。	○	16	80

(3)現在の自動車の検査は、自動運転技術等に対応していない。		4	20
(4)交通関連法規も自動運転に対応したものが早急に必要になる。		0	0
8　高度な自動運転を早期に実現させるための国の取り組みについて不適切なものを選びなさい。		人	%
(1)車両の安全確保。		2	10
(2)自動運転による輸送サービスの安全性と利便性の確保。		2	10
(3)損害賠償責任の明確化のためのルール整備。		2	10
(4)各国によって交通ルールが違うため、日本独自の交通ルール作りが必要。	○	14	70
9　自動運転を実施するための課題について不適切なものを選びなさい。		人	%
(1)自動運転で事故が起こった場合の賠償責任について。		2	10
(2)人工知能はあらゆる場面で、合理的な判断を下す可能性がまったくない技術であることについて。	○	15	75
(2)現在の法律では、一般道路での完全自動運転車が法的に規制されていることについて。		3	15
(4)自動運転車両がハッキングされ、武器として使用されることについて。		0	0
10　自動走行システムの目的について不適切なものを選びなさい。		人	%
(1)交通事故の削減。		1	5
(2)環境負荷の低減。		7	35
(3)運転の快適性の向上。		3	15
(4)労働者の利便性向上。	○	9	45

【考　察】

1　達成率(各設問ごとの達成率)

80%以上の達成率	1問　(10%)
60%以上～80%未満の達成率	5問　(50%)
40%以上～60%未満の達成率	3問　(20%)
20%以上～40%未満の達成率	1問　(10%)
20%以下	0問　(0%)

・達成率が高かった問題は、自動走行と自動車整備の考え方を問う問題が多く、低かった問題は、自動走行の部品・技術関係の問題が多かった。自動運転に関するおよその概念は形成できているが、知識は不十分な学生が多いものと思われる。

・また、問10の「自動走行システムの目的」は達成率が低いが、これは自動走行と環境

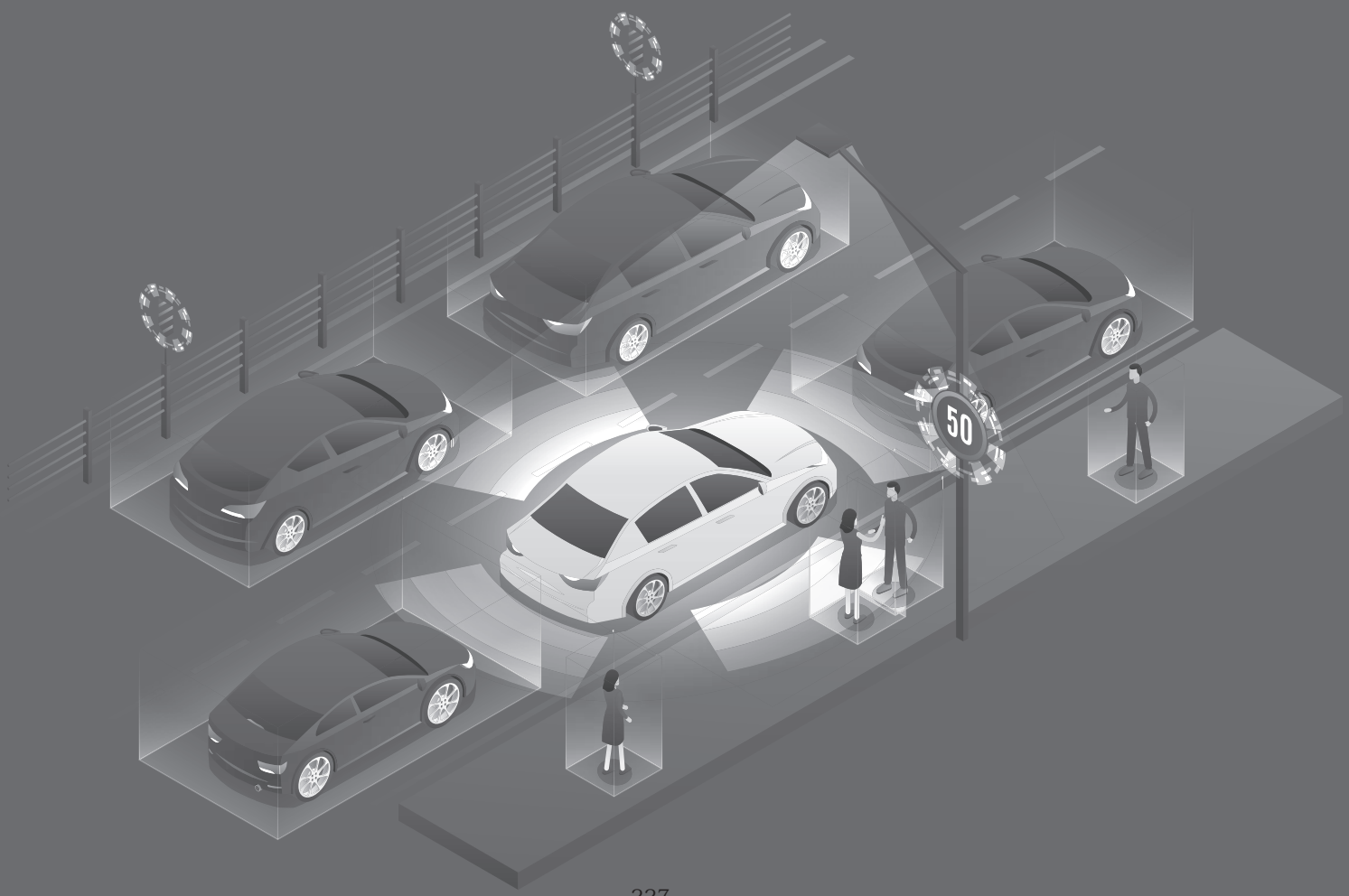
負荷の低減が結びついた知識となっていないためではないかと思われる。

2　習得率(個人点数)

100%の習得率	0人　(0%)
90%の習得率	4人　(20%)
80%の習得率	1人　(5%)
70%の習得率	2人　(10%)
60%の習得率	5人　(25%)
50%の習得率	5人　(25%)
40%の習得率	3人　(15%)
30%以下	0人　(0%)

・習得率の高い学生と低い学生とが二極化している傾向が見られ、中間層が少ない。自動運転に興味・関心が低い学生が1/3程度いるか、授業の難度が高いかのどちらかが原因しているものと思われる。
・また50%を下回っている学生は、一文に２つ以上の要素が入っている問題(「～して～する」等)での誤答が多い。例えば、一番誤答率が高かった問４の(4)では、「クルーズコントロールとは、①道路上の白泉に沿って車を走らせる機能で、②車線逸脱の場合はドライバーに警告を与える。」と２つの要素が一文に入っている。達成度調査の問題は、簡潔な文章とし、問題数を多く出題するほうが、読解力の低い学生には適しているものと思われる。

ＩＣＴ・ＵＡＶ探究



単元展開概要

ＩＣＴ・ＵＡＶ探究授業構造図

ｉ－Ｃｏｎｓｔｒｕｃｔｉｏｎの推進
・我が国の現状
・今後の方向性と目標
ｉ－Ｃｏｎｓｔｒｕｃｔｉｏｎの概要
（45 分）

現場実習
先進技術を駆使した機器による高効率的な造成現場を見学・体験し、ｉ－Ｃｏｎｓｔｒｕｃｔｉｏｎのイメージをつくる。（270 分）

↓

ＵＡＶ写真測量（３次元起工測量）
・ＵＡＶ写真測量の基礎知識
・ＵＡＶの飛行規程概要
（45 分）

現場実習
ドローンを使った写真測量方法を体験し、ＵＡＶによる写真測量の基本的な技術を知る。（180 分）

↓

ＵＡＶ写真測量（３次元起工測量）
・３次元データファイルの作成
・写真測量の原理
（45 分）

技能実習
３次元形状点群生成の方法をモデル的に体験する。
（180 分）

↓

レーザー測量
・レーザー測量の特徴
・写真測量とレーザー測量の違い
（45 分）

現場実習
レーザー測量の実際を見学し、機器等の特徴を知る。（90 分）

↓

ＩＣＴ設計
・３次元設計データの作成方法
・作成上ののポイント
（45 分）

技能実習
２次元データから３次元設計データを作成する方法をモデル的に体験する。（180 分）

↓

ＩＣＴ建設機械
・マシンコントロール
・マシンガイダンス
（45 分）

現場実習
造成現場等でマシンガイダンス・マシンコントロール建設機械を体験する。（180 分）

↓

ＩＣＴ施工
・品質管理、出来形管理（45 分）

技能実習
３次元データを使った品質管理、出来型管理を体験する。（180 分）

第１章
「ＩＣＴ概論」

ＩＣＴ・ＵＡＶ探究・実証授業（第１章①）
i-constructionの概要

１　日　時：2019年10月25日（金）9:00-12:10
２　対　象：環境建設工学科　土木コース２年　４名
３　講　師：西尾レントール株式会社　山口　秀樹　氏

学習項目	主な内容	ワンポイントコメント
１ i-constructionの概要	(1)i-constructionとは 測量から設計、施工、検査、維持管理に至る全ての事業プロセスでＩＣＴを導入することにより建設生産システム全体の生産性向上を目指す取組み (2)ＩＣＴ活用工事プロセス ・３次元起工測量 ・３次元設計データ作成 ・ＩＣＴ建設機械による施工 ・３次元出来形管理等の施工管理 ・３次元データの納品 (3)ＩＣＴ活用工事の目的 ・生産性の向上 建設は、労働力過剰により生鮮性の低迷 ・労働災害の減少 全産業の２倍の死傷事故率 ・労働力不足への対応 技能労働者340万人のうち、110万人の高齢者が今後10年間で離職	・建設業は４～９月は暇で10月～３月が忙しい。その忙しいときの仕事を消化する人員を雇っているため、労働力が過剰な月があり、平準化が図られていない。 ・戦後、土木工事で戦前より速くなったのは、機械が使われるトンネル工事（シールド工法）

２　プロセス① ＩＣＴ起工測量	(1)測量方法 ドローンやレーザスキャナーで行う３次元測量 (2)ＵＡＶ・ドローンとは ・無人航空機のこと。 ・静止画、動画撮影ができる。 ・リモートセンシングにより遠隔操作ができる。	・起工測量では、どこに建てるか、盛土量などを測量により決めなくてはいけない。 ・従来は、レベルやトータルステーションで一点一点測量していたが、ドローンやレーザにより一

負荷の低減が結びついた知識となっていないためではないかと思われる。

2　習得率(個人点数)

100%の習得率	0人　(0%)
90%の習得率	4人　(20%)
80%の習得率	1人　(5%)
70%の習得率	2人　(10%)
60%の習得率	5人　(25%)
50%の習得率	5人　(25%)
40%の習得率	3人　(15%)
30%以下	0人　(0%)

・習得率の高い学生と低い学生とが二極化している傾向が見られ、中間層が少ない。自動運転に興味・関心が低い学生が1/3程度いるか、授業の難度が高いかのどちらかが原因しているものと思われる。
・また50%を下回っている学生は、一文に2つ以上の要素が入っている問題(「～して～する」等)での誤答が多い。例えば、一番誤答率が高かった問4の(4)では、「クルーズコントロールとは、①道路上の白泉に沿って車を走らせる機能で、②車線逸脱の場合はドライバーに警告を与える。」と2つの要素が一文に入っている。達成度調査の問題は、簡潔な文章とし、問題数を多く出題するほうが、読解力の低い学生には適しているものと思われる。

	(3) ドローンの構造 ・機体：ＧＰＳ、ＩＭＵを搭載 ・ブロボ：カメラ画像の伝送 ・カメラ：一眼レフ、ジンバルをつけている。 ・飛行時間は、バッテリの持続時間で 20 分程度 ・風速７メートルぐらいでは飛べる (4) ドローンの測量機能 ・１点１点の測量が、飛ぶだけでくまなく測量できる。 ・ドローンは５センチ程度の誤差でやや大雑把になる。 ・災害時の危険な操作・確認作業で活用 (5) 飛行規制 航空法により規制。規制・管理されている ・空港の周辺の禁止 ・人口密集地での禁止 ・高度１５０メート以上の空域禁止 （禁止地域は国交省の許可が必要） ・夜中の飛行禁止 ・見える範囲での飛行 ・イベントでの飛行禁止 ・危険物の輸送禁止 ・物の投下禁止 ・重要インフラ周辺の禁止 ・高圧線、変電所周辺の禁止 ・地方自治体の指定場所の禁止 (6) ドローンの飛ばし方 ・フライト計画と自動飛行（オートパイロット）の設定 ・飛行設計ソフトがあり入力する。 ・飛行ルートをドローンに転送する。 (7) ドローンの写真測量イメージ ・ラップしていろいろな角度で撮影することで、３次元データとなる ・測量精度を高めるため、位置や大きさを補正する。事前に 100 メートルに１	気にできるようになる。 ・ドローンやレーザは無数の点で測量できる。従来の数千、数万倍の測量が一気にでき、正確なデータがとれる。 ・ＵＡＶによる写真測量は、高精度で信頼性の高い。 ・リモートセンシングとは、遠隔からセンサーを使って感知するこ技法・技術のことで、災害時の調査や労働環境調査、池などの水採取検査に利用されている。 ・ＩＭＵとは、3 軸のジャイロと 3 方向の加速度計によって、3 次元の角速度と加速度が求められる装置。 ・測量データは、歪がない 画像であるオルソー画像が必要。 ・ドローンは、全景が見える、人が行けない場所でも撮影でき、災害現場撮影などによく活用される。 ・ドローンの映像は、アナ ログテレビ程度の解像度である。 ・水の中は通常のドローンで撮影ではできない

	つタイトを置いておき、それを座標に落とす (8) 画像解析ソフトの利用 ・歪みがない３Ｄモデルが一瞬にして出来上がる。 ・解析図を見ると、写真のようだが、一つひとつの点からできている。 ・写真の測量なので、後で色を落とすことができる。 ・点一つひとつがデータを持っているので、幅や長さが一瞬にして出せる。 ・すべての点が高さデータを持っているので断面図面ができる (9) ３Ｄスキャナー ・陸上から測量する機器 ・上部は撮れないが側面は撮れる。 ・ドローンは上部を撮れるが側面は撮れない (10) レーザスキャナーの仕組み ・光波の跳ね返ってくる時間・方向で測量 ・スキャナーは、くるくる回るので線となる。 ・１秒間に数万のデータを得ることができる。 ・複数点の計測点、基準点、バック点が必要となる ・レーザスキャンの誤差は１センチ程度	が、海中の測量ドローンも出てきた。 ・最近は、標点が必要ない ドローンも出来てきた。 ・自動車にレーザスキャナー設置したものもある。 ・ＵＡＶにレーザスキャナー設置したものもある。 ・舗装道路は、４ミリ以下の誤差が必要でレーザが必要になる

3　プロセス② ３次元設計データ作成	(1)作成の方法 ・設計データ作成ソフトを利用する。 ・パラメータを入力していくと３次元設計となっていく。 ・誤入力してしまうと違った設計モデルになるので、単に打ち込む作業だが、間違えないよう精査する必要がある。 (2)３次元設計データの特性 ・平面図、横断図（横切り図）、縦断図（縦切りず）を作成できる。 ・３次元的に見えたほうがわかりやすく、使いやすい。	

4　プロセス③ ＩＣＴ建設機械による施工	(1)マシンガイダンスとは トータルステーションや GNSS の計測技術を用いて、施工機械の位置情報・施工情報、及び現場状況（施工状況）と設計値（三次元設計データ）との差異を車載モニタを通じてオペレータに提供し、操作をサポートする技術。 ・バックホウ ・ブルドーザー ・油圧ローラー (2)マシンコントロールとは マシンガイダンスの技術に施工機械の油圧制御技術を組み合わせて、設計値（3 次元設計データ）に従って機械をリアルタイムに自動制御し施工を行う技術。 ・ブルドーザー ・モータグレーダー ・バックホウ ・アスファルトフィニッシャ ◇マシンコントロールの利点 ・丁張り設置の軽減 ・複雑なカーブやインターチェンジにも対応	・従来は目安となる木の杭、丁張りをピッチごとに必要だが、ＩＣＴ建機丁張が必要ない。 ・マシンガイダンスは、マシンコントローとは違いあくまでガイダンス（案内）のみを行うので、実際の機械の操作はオペレータが行う。 ・ＩＣＴ建機を使うと施工効率が上がり、国からお金も出る。 ・マシンコントロール施工を行うためには、３次元設計データの作成が必要。 ・３Ｄ制御は、３次元設計データの設計面を基準として変化がある面を施工することができる。

	・高精密な仕上げ ・出来形確認計測の軽減 ・オペレータの熟練度に左右されない ・安全性の向上 (3)マシンガイダンスの実際 ◇ＧＰＳ方位の検出 ・１つのＧＰＳでは１０メートル程度の誤差で、精度をよくするために、確定点のデータを教えてやると、補正する。基地局と移動局５点以上あれば精度が高まる。 ◇マシンガイダンス：オペレータ画面 ・コントロールボックスには、モニタ画面が表示され、直観的にわかる。 ・ＵＳＢで設計モデルをマシンに教える ・画面上にリアルタイムで作業内容が見られる。 ・切り出し位置を画面上に示シ、一目でわかる。 ・測量機が重機に乗っているようなものである。 (4)マシンコントロールの実際 ・作業機の位置を計測し、システムが油圧を制御し、自動でコントロール。 ・取り込んだデータを基に排除板を自動でコントロール。 ・オペレータは、手元のオートスイッチを入れるだけ。 ・粗均しは手動、仕上げはオートに切り替える。 ・品質が一定で、施工効率が高くなる。	・全部で６０個ぐらいの衛星が地球を回っている。日本の上を中心に回っている「みちびき」の機能により、ＧＰＳ精度が高くなった。 ・建機のＧＰＳが２つついているのはなぜか。ブルドーザーは１つだが、バックホウに２つあるのは、方向を検出するため。また、角度計をつけてやることで刃先の誤差が５センチぐらいまでにおさまる。 ・施工を行う際には、重機の位置、排土板の現況の高さを測定するために、トータルステーションもしくはＧＰＳを設置する必要がある。 ・仕上げ面で使うことが多い。粗均らしの段階で均らした後、マシンコントロールで仕上げる。 ・排除版の高さが重要となる。

		・法面の作業など、以前の半分の時間で作業できる

4　プロセス④ ３次元出来形管理	(1)出来形管理のフロー ①出来形計測 ②出来形管理写真の撮影 ③出来形管理帳票の作成 ④数量計算の方法を協議 ⑤３次元設計データ及び設計数量の協議	光波を利用 出来形評価でも、規格に収まっていない部分を色付けして、一瞬にわかる

ＩＣＴ・ＵＡＶ探究・実証授業アンケート「第１回」

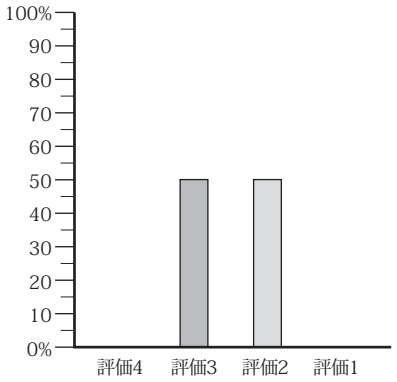
実 証 日:2019 年 10 月 25 日 9:00～12:10
対象学生：環境建設工学科土木コース２年　４名

講義テーマ	i-constructionの概要
講　　師	西尾レントオール(株)氏　建設ＩＣＴ営業推進部長　山口　秀樹　氏

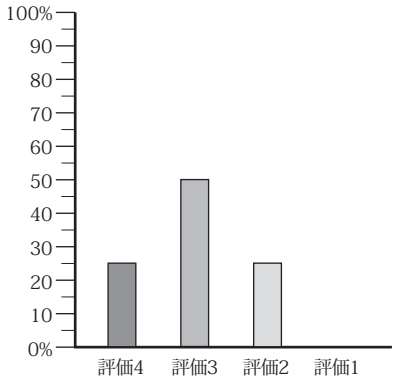
１　アンケート調査結果
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	0.0%	50.0%	50.0%	0.0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	25.0%	50.0%	25.0%	0.0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	25.0%	50.0%	25.0%	0.0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	0.0%	50.0%	25.0%	25.0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	0.0%	50.0%	50.0%	0.0%

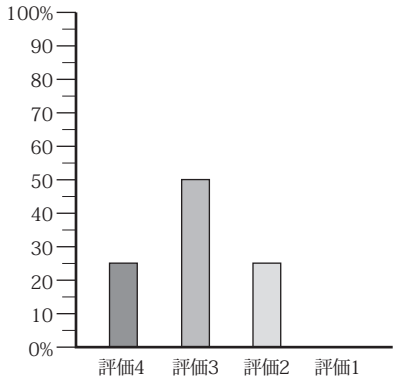
①探究心



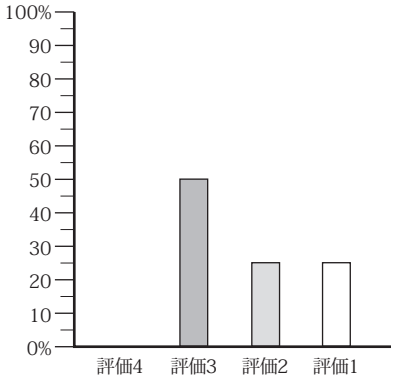
②目的性



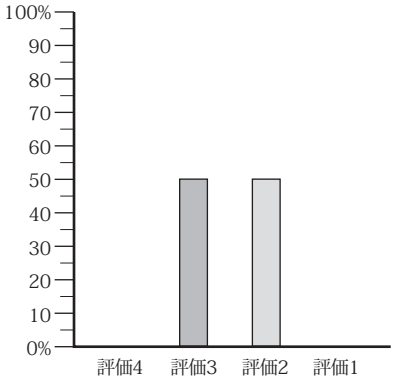
③理解度



④変化性



⑤満足感



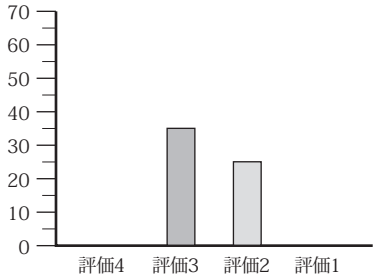
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

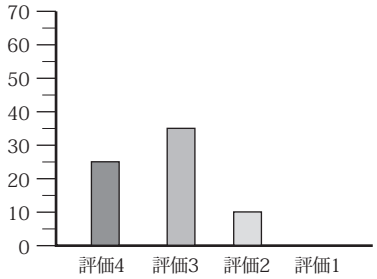
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	0	35	20	0	55
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	25	35	10	0	70
③理解度	授業は分かりやすかった。	25	35	10	0	70
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	0	35	10	3	48
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	0	35	20	0	55

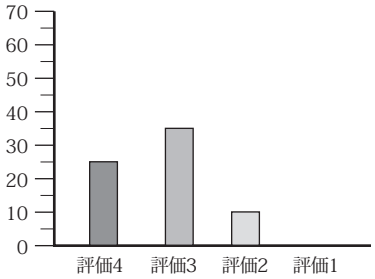
①探究心



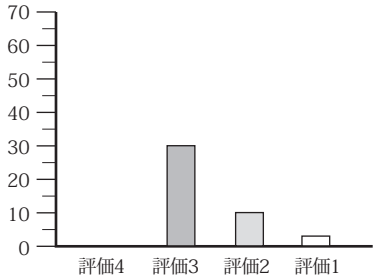
②目的性



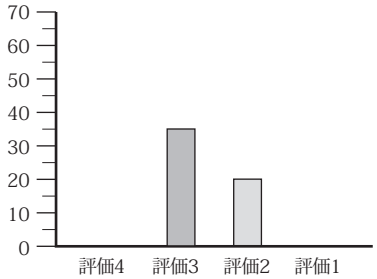
③理解度



④変化性



⑤満足感



3　学生の感想

【新しく分かったこと】
①ドローンの活用方法
②建設機械の技術の進歩
③あらゆる工事で自動化が進んでいること。
④建設業界の生産性の伸びが小さいこと。
⑤建機がコンピュータと連動していること。
⑥建設業での危険性が減少したこと。
⑦遠隔操作により建機が動くこと。
⑧自動化した建機がレンタルできること。
⑨５Ｇにも対応した建機の開発を行っていること。

【もっと詳しく学びたいこと】
①ドローンの操縦方法
②無人化施工の具体的な方法
③学んだことを実際に体験してみたい。

4　今後の改善策

・測量から出来形管理までの i-construction の大まかな流れは、理解できたと思われる。しかし、パワーポイント中心の座学であったため、学修意欲や達成感・成就感にややこしく欠ける授業であった。３次元起工測量、３次元設計データ作成、ＩＣＴ建設機械による施工、３次元出来形管理と i-construction の概要、流れを簡潔に指導する 90 分程度の授業の方が授業にリズムができてよかったように推測される。そして、各項目については、実際の現場で実物に触れながら、詳しく学修を進めるという流れが適切ではなかったかと思われる。
・次回は、西尾レントオールの実験場で具体的な学修を行う計画であるが、座学で何を指導し、現場では何を指導するのか、明確な位置づけのもと指導することが必要である。
・i-construction について、どの程度の知識を持っているのかを事前に調査し、学生の実態を踏まえながら指導計画を立てることが必要である。

第１章

「先進技術を駆使した高効率で確実な造成工事」

ＩＣＴ・ＵＡＶ探求「第２コマ」授業記録
先進技術を駆使した機器による高効率で確実な造成工事

１　日　時：2019 年 11 月 7 日（木）10:30-12:00、13：00～15：00
２　対　象：環境建設工学科　土木コース２年　５名
３　場　所；ひょうご小野産業団地造成工事現場
３　講　師：兵庫県企業庁　北播磨・臨海建設事務所　所長補佐　森本　登志也　氏
　　飛島建設株式会社・福井建設株式会社　職員　２名

学習項目	主な内容	ワンポイントコメント
１　造成工事概要 	・120 万立方メートルを動かす造成工事 ・山を造成し、谷に埋め、外に土を出さないバランスのとれた工事 ・山を造成するので、保水能力が低下しないよう池も造っている。	・工場用地のための造成工事 ・植栽も行う予定 ・外周道路は小野市が整備する。
２　最新技術の活用概要	(1) 品質確保 測量：３次元測量 施工：ICT 建機による施工 検査：検査日数・書類の削減 (2) 工期短縮 ・大型重機の採用：山積バックホウ等 ・特殊機械の採用：自走式土質改良機 ・ドローンを用いた施工管理 (3) 環境対策 伐採木をバイオマス発電用燃料チップに利用	◇使用するマシーンコントロール建設機械 ・ブルドーザ ・バックホウ ◇その他の建設機械 ・振動ローラ ・スクレーブルドーザ ・キャリーダンプ ・アーティキュレートダンプ
３　ドローンによる土量管理 	(1) 従来のＵＡＶ測量 ・従来のクラウド処理：31 時間必要 ・データ転送に時間がかかる。 ・評定店の現場座標系データの取り込みが必要 (2) 日々ドローン ・30 分～60 分で可能 ・Ｅdge１で一括・高速処理ができ、標定点を必要としない。 ・Ｅdge１は、インターネット経由まＲＴＫ方式で設置座標を取得できる。任意の場所で可能。	・ドローンで毎日 500 枚の写真を撮影 ・平面、横断面、縦断面を撮影し、３次元設計データにすることができる。 ・ドメーンのデータはアイパットに入ってくる。それをコンピュータにアップする

4　ドローン撮影と活用の実際 	(1) Ｅdge１の設置 ・自分の位置をＲＴＫを利用して瞬時に補足 ・高性能ＧＰＵを搭載し、現場ですぐに点群生成が可能 ・データはドコモ回線でクラウドにアップロード (2) ドローンのコントロール ・アイパットで飛行ルートを入力 ・自動で計画通りに撮影 ・飛行時間は最大 17 分 ・１日に１回、飛ばし、土量のデータを調査する。 (3) データのクラウドアップ ・毎日の掘削、盛土の土量の仕事量が分かる。 ・そのデータに基づき施工管理、建機の見直し、工程管理を行う。	・Ｅdge１で基地局をつくる。50 センチ程度の誤差がある。 ・さらに正確なデータが必要な場合は、標定点が必要である。 ・10 分で 500 枚の写真を撮影する。 ・風が５メートル以上の時、雨の日、衛星の関係などで飛ばすことは難しいこともある。 ・ドローンの着地は、手動でコントロールする。 ・データを構成してクラウドに表示するまで１時間以上を要する。 ・データは毎日とるが１日１日の比較ではなく、一定のスパンで管理することか大切である。

5　建設機械	(1) 基地局無線機 ・現場に３か所設置し、Wi-Fi を飛ばす。 ・リチウムイオン電池を使用 (2) ブルドーザ ・自動で高さ５センチ以内の誤差とすることができる。 (3) バックホウ ・設計以上に削ることができないように設定されている。 (4) 振動ローラ ・４回圧縮すると赤色になるように設定	

	している。 ・色がついていない部分は、圧縮していないことがよくわかる。 (5)その他 ・最新技術でかなりコントロールされているが、仕事の手順の指示や機器のトラブル発生など対応のため、熟練技術者は必要である。 ・ローラの圧縮回数などは、工事に係る前に、現場の土を使い、何回圧縮すれば必要な強度の土になるのかを実験し、圧縮回数を決めている。	

土木監督の仕事と心構え	・基礎となる測量技術・知識のうえに、３次元ＣＡＤを使えないと業務ができない状況となっている。 ・監督者の仕事は、 ①どこで、だれが、何をしているかを把握しておくこと ②どこをどの機械で工事しているかを把握しておくこと ③工期を期日までに間に合わせる工程管理をすること。 ④下請けの人たちとのコミュニケーションを密に行うこと。 ⑤トラベルへの対応 ⑥安全管理	・近い将来、発注者の図面も３次元になっていくことが現実のものとなっている。

ＩＣＴ・ＵＡＶ探究・実証授業アンケート「第２回」

実 証 日：2019 年 11 月 7 日 10:30～15:00
対象学生：環境建設工学科土木コース２年　５名

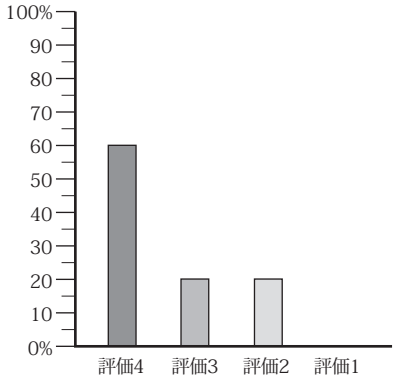
講義テーマ	：	先端技術を駆使した機器による高効率で確実な造成工事
講　　師	：	兵庫県企業庁　北播磨・臨海建設事務所　森本　登志也氏
		飛島建設株式会社・福井建設株式会社　職員　２名

１　アンケート調査結果

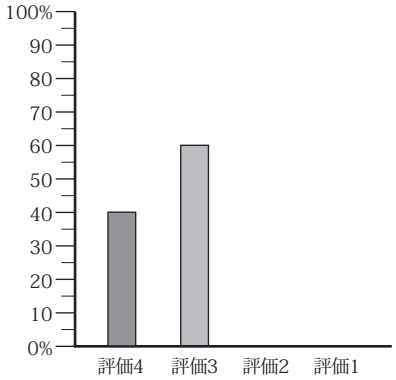
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	60.0%	20.0%	20.0%	0.0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	40.0%	40.0%	20.0%	0.0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%

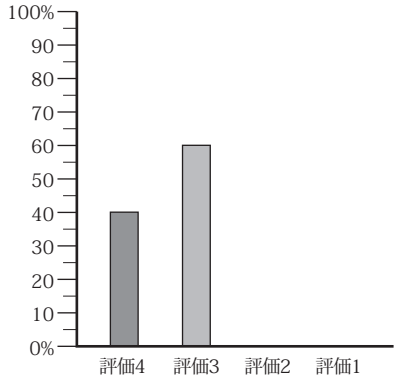
①探究心



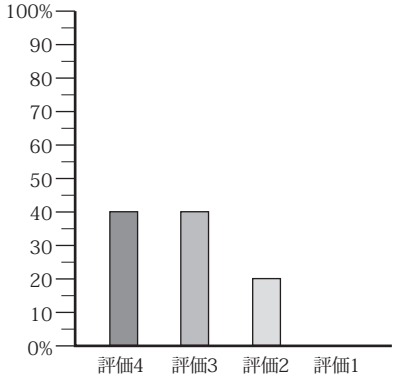
②目的性



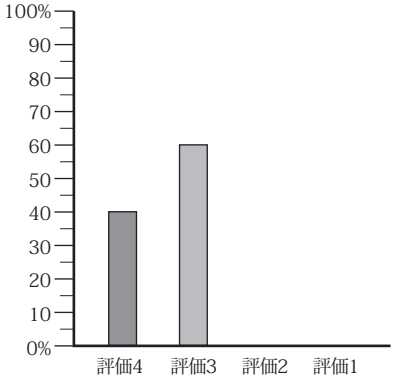
③理解度



④変化性



⑤満足感



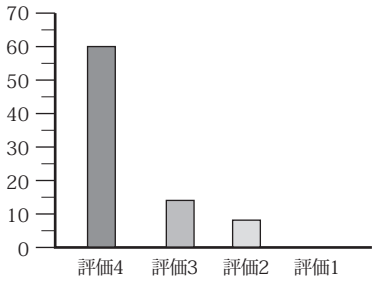
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

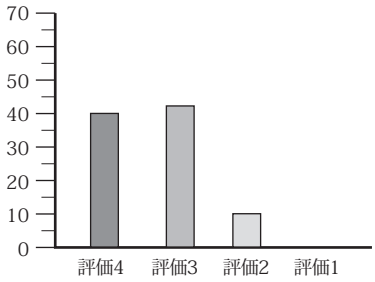
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	60	14	8	0	82
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	40	42	0	0	82
③理解度	授業は分かりやすかった。	40	42	0	0	82
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	40	28	8	0	76
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	40	42	0	0	82

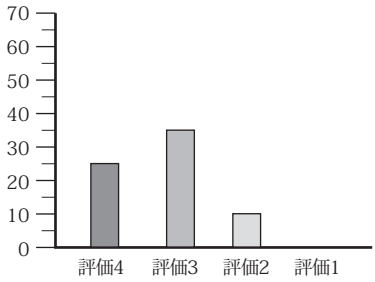
①探究心



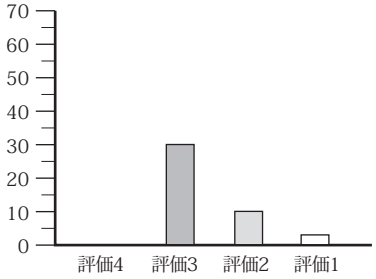
②目的性



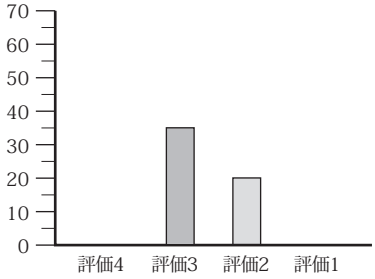
③理解度



④変化性



⑤満足感



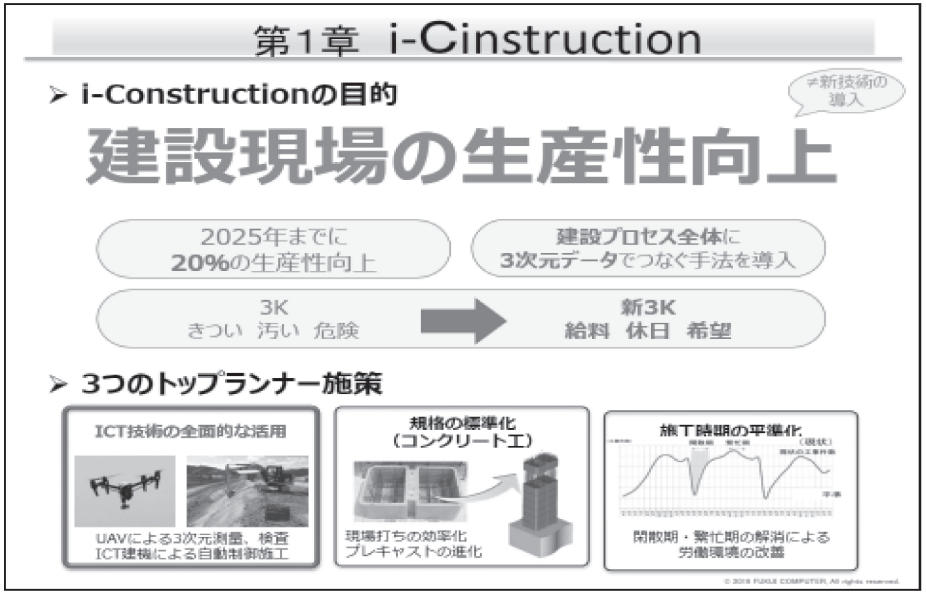
3　今後の改善策

・学生の評価は大変高い数値となっている。これは、造成現場で具体的にドローンによる測量とデータ処理の方法を学んだり、ＩＣＴ建設機器による造成作業を実際に見たりして、先進技術による高効率で確実な造成工事の様子が実感できたためである。

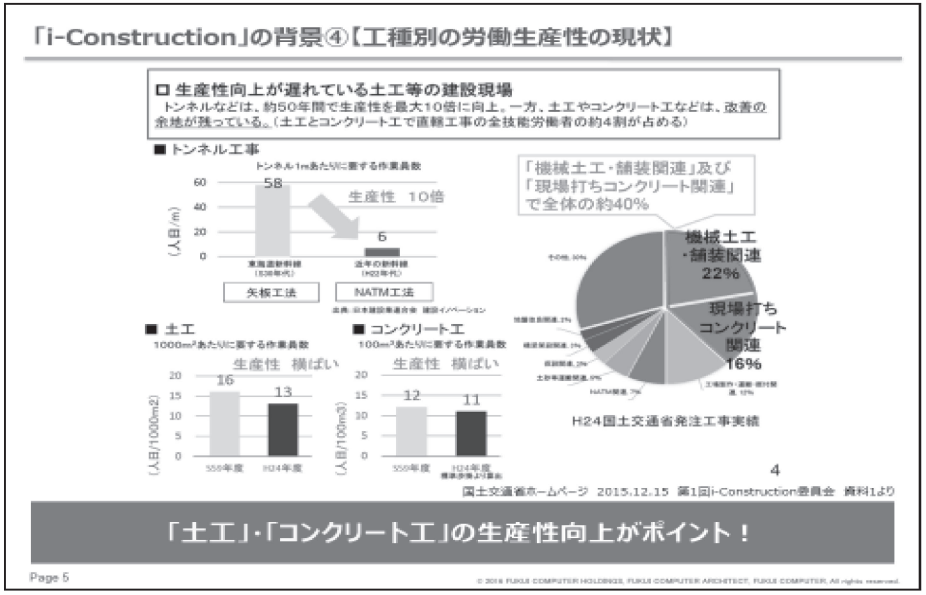
・また、前の授業（座学）で学んだことを実際の現場で目にすることにより、より理解が深まったものと思われる。

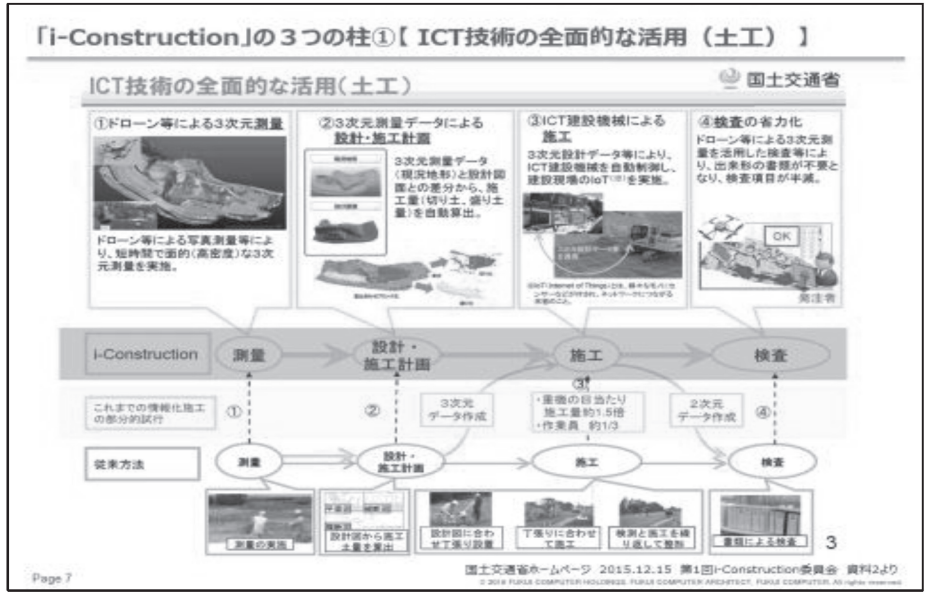
・現場体験の最後には、土木関係企業の現場監督の方から、土木工事に関する体験談や心構えなどを聞くこともでき、就職が決まっている学生にとっては、貴重な就職前研修の場ともなった。

・ただ、スポット的な体験であったため、知識が断片的になっている可能性がある。
設計前の調査段階からの造成の流れを順に追って学び、その過程でどのようなＩＣＴ建機を使うのか、また、そのためにどのような機器の操作作業があるのかを知るといった、時系列的な形で学んでいくと基本的な概念として定着していくのではないかと思われる。このような時系列的な学修は、体験後の振返り学修として座学で行うことも考えられる。


第1章 i-Cinstruction
i-Constructionの目的
≠新技術の導入
建設現場の生産性向上
2025年までに
20%の生産性向上
建設プロセス全体に
3次元データでつなぐ手法を導入
3K
きつい 汚い 危険
新3K
給料 休日 希望
3つのトップランナー施策
ICT技術の全面的な活用
UAVによる3次元測量、検査
ICT建機による自動制御施工
規格の標準化
（コンクリート工）
現場打ちの効率化
プレキャストの進化
施工時期の平準化
閑散期・繁忙期の解消による
労働環境の改善

「i-Construction」の背景③【工種別の労働生産性の現状】
□ 生産性向上が遅れている土工等の建設現場
土工や現場打ちコンクリート工の施工現場では、丁張りや足場の設置などに多くの人手を要している。
土工において人手を要する作業
コンクリート工において人手を要する作業
丁張り※
※工事を着手する前に、盛土の高さ等を示す目印の杭を設置する作業
鉄筋
品質・出来形管理
型枠
5
国土交通省ホームページ 2015.12.15 第1回i-Construction委員会 資料1より
Page 3


「i-Construction」の背景④【工種別の労働生産性の現状】
□ 生産性向上が遅れている土工等の建設現場
トンネルなどは、約50年間で生産性を最大10倍に向上。一方、土工やコンクリート工などは、改善の余地が残っている。（土工とコンクリート工で直轄工事の全技能労働者の約4割が占める）
■ トンネル工事
トンネル1mあたりに要する作業員数
58
6
生産性 10倍
矢板工法
NATM工法
■ 土工
1000m³あたりに要する作業員数
生産性 横ばい
16
13
■ コンクリート工
100m³あたりに要する作業員数
生産性 横ばい
12
11
「機械土工・舗装関連」及び「現場打ちコンクリート関連」で全体の約40%
機械土工・舗装関連 22%
現場打ちコンクリート関連 16%
H24国土交通省発注工事実績
4
国土交通省ホームページ 2015.12.15 第1回i-Construction委員会 資料1より
「土工」・「コンクリート工」の生産性向上がポイント！
Page 5


「i-Construction」の３つの柱①【 ICT技術の全面的な活用（土工） 】
ICT技術の全面的な活用（土工）
国土交通省
①ドローン等による3次元測量
②3次元測量データによる設計・施工計画
③ICT建設機械による施工
④検査の省力化
i-Construction
測量
設計・施工計画
施工
検査
従来方法
3
国土交通省ホームページ 2015.12.15 第1回i-Construction委員会 資料2より
Page 7

「i-Construction」の３つの柱②【 規格の標準化（コンクリート工） 】

規格の標準化（コンクリート工）

国土交通省

○効率的な工法による省力化、工期短縮（施工）

5

Page 9

国土交通省ホームページ 2015.12.15 第1回i-Construction委員会 資料2より

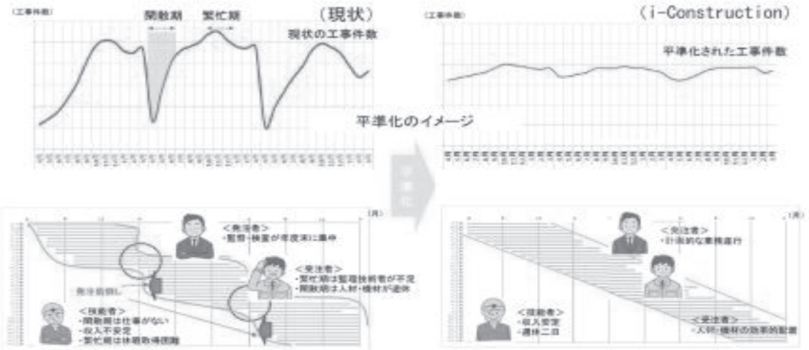
© 2016 FUKUI COMPUTER HOLDINGS, FUKUI COMPUTER ARCHITECT, FUKUI COMPUTER, All rights reserved

「i-Construction」の３つの柱③【 施工時期の平準化 】

施工時期の平準化

国土交通省

○2カ年国債の活用等により、4～6月の閑散期、年度末の繁忙期を解消し、資機材・人材の効率的な活用を図ると共に、労働環境の改善を図る。



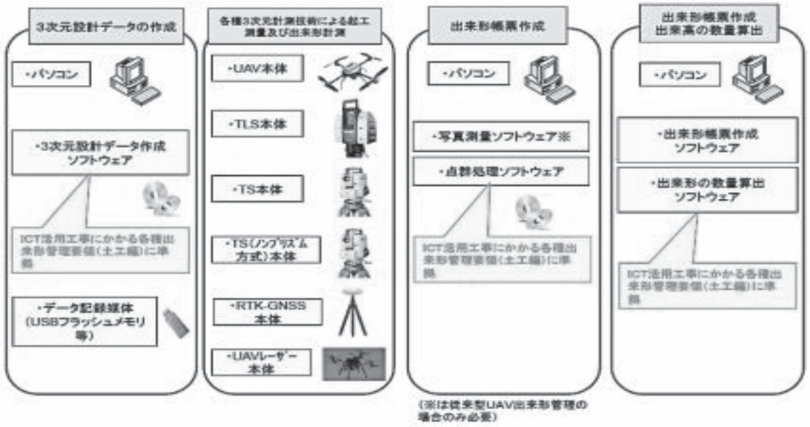
Page 11

国土交通省ホームページ 2015.11.24建設記者クラブ配布資料より

© 2016 FUKUI COMPUTER HOLDINGS, FUKUI COMPUTER ARCHITECT, FUKUI COMPUTER, All rights reserved

機器・ソフトウェア等の選定・調達等

機器構成、仕様確認時の留意点



i-Constructionの目指すもの

Ⅰ　建設現場の生産性向上

1　ICT技術の全面的な導入により、仕事の仕方が大きく変わる。例えば、すべてのプロセスに3次元データを一貫して使う現場においては、ドローン等で3次元の測量データを入手し、3次元の設計データとの差分を瞬時に計算して、最適な施工計画を立案し、3次元の設計データ通りに自動で重機の作業が進む。

2　監督や検査においても、GNSSローバーやドローン等を使って現状の出来形の3次元データをごく短時間で収集し、施工管理や検査の労力を大幅に減らすことがで きる。

3　受注者の負担が大きい工事完成時の検査書類もICTや工場製作品の活用によって削減が進むと考えられる。

4　これまでの情報化施工の施工結果から試算すると、将来的には、生産性は2倍になる見込みであり、施工時期の平準化による効果とあわせ、1人当たりの生産性が 約5割向上することが期待できる。

Ⅱ　より創造的な業務への転換

1　ICT技術の全面的な活用により、これまで人が行っていた危険の伴う作業や厳しい環境で行う作業などの負担が軽減され、これらの作業に費やしていた時間をより創造的な業務に活用することが可能となる。
2　施工履歴等データのリアルタイムでの記録や保存が可能となることで、建設現場に係る多様なニーズに対応することが可能となるなど、一層の生産性向上を図ることが可能となる。
3　機械に任せることができない創造的な業務を人が行う、というやりがいのある建設現場 へ変えていくことが期待される。

Ⅲ　賃金水準の向上

i-Constructionによって建設現場で働く一人一人の生産性が大幅に向上するとともに、施工時期の平準化が進むことで、年間を通じて仕事量が安定することで、企業の経営環境を改善し、現場で働く方々の賃金水準の向上が期待される。

Ⅳ　十分な休暇の取得

1　施工時期の平準化が進むことで、年間を通じて計画的に仕事を進めることが可能となる。土工については、ICTの全面的な導入により、年間を通じて建設工事を効率的に 進めることが可能となる。
2　コンクリート工においては、現場打ちの場合、工程が天候などに影響を受けるが、これを 工場製作に置き換えることで、天候に左右されず計画的に工事を進めることが可能とな る。
このような取組により、安定した休暇の取得が可能な環境づくりが期待される。

Ⅴ　安全性の向上

1　建設業における労働災害発生要因の内、墜落と建設機械等の転倒、接触で約4割を占める。重機事故で最も多いのはバックホウと作業員の接触であり、全体の半数を占めている。ICT建機の活用により、丁張り等、重機周りの作業が減少する。
2　コンクリート工においては、規格の標準化により、現場での作業が工場製作に変わることで、高所作業などが減少する。平準化により繁忙期における工事の輻輳等が軽減される。
このような取組により、安全性向上につながることが期待される。

Ⅵ　多様な人材の活躍

i-Construction の導入により、建設現場に必要な技術の習得に要する時間が短縮されるとともに危険の伴う作業や厳しい環境で行う作業も無くなることから、建設現場において、若者や女性や高齢者等の多様な人材の活躍が期待される。

Ⅶ　地方創生への貢献

i-Constructionの導入により、地域の建設産業の生産性を向上させることによって、建設現場に関わる一人一人の賃金の向上を図るなど魅力ある建設現場を実現させ、地域の活力を取り戻すことに貢献できると考えられる。

Ⅷ　希望がもてる新たな建設現場の実現

i-Constructionの取組を通し、魅力ある建設現場を実現することで、「きつい、危険、　給料が安い、休暇が取れない」と表現されることもある現状を大幅に改善し、新たな建設現場のイメージ、「給与が良い、休暇がとれる、希望がもてる」現場に変わることが期待される。

ＩＣＴ技術の全面的な活用にあたっての課題

これまでの情報化施工は、施工段階のみにＩＣＴ技術を導入しているため、本格的に導入するためには、以下のような課題を解消する必要がある。さらに、全面的な活用を進めるにあたっては、ＩＣＴ土工に精通した技術者・技能労働者を拡大する必要がある。

① 監督・検査基準等の未整備
現状の監督・検査や施工管理は、紙の図面を前提とした基準に従い実施しており、ＩＣＴ土工に対応した監督・検査基準等が未整備である。
また、従来の測量、設計成果が２次元で作成されており、ＩＣＴ土工に必要な３次元測量、設計データを作成する基準等も整備されていない。

② ＩＣＴ建機の普及が不十分
通常建機と比較し割高などのことから、ＩＣＴ建機が十分普及していない。

今こそ生産性向上のチャンス

□労働力過剰を背景とした生産性の低迷
- バブル崩壊後、建設投資が労働者の減少を上回って、ほぼ一貫して労働力過剰となり、省力化につながる建設現場の生産性向上が見送られてきた。

□生産性向上が遅れている土工等の建設現場
- トンネルなどは、約50年間で生産性を最大10倍に向上。一方、土工やコンクリート工などは、改善の余地が残っている。（土工とコンクリート工で直轄工事の全技能労働者の約4割が占める）（生産性は、対米比で約8割）

□依然として多い建設現場の労働災害
- 全産業と比べて、2倍の死傷事故率（年間労働者の約0.5%（全産業約0.25%））

□予想される労働力不足
- 技能労働者約340万人のうち、約110万人の高齢者が10年間で離職の予想

- 労働力過剰時代から労働力不足時代への変化が起こりつつある。
- 建設業界の世間からの評価が回復及び安定的な経営環境が実現し始めている今こそ、抜本的な生産性向上に取り組む大きなチャンス

プロセス全体の最適化

□ICTの全面的な活用
- 測量、設計から施工、検査、さらには維持管理・更新までの全てのプロセスにおいてICT技術を導入

□規格の標準化
- 寸法等の規格の標準化された部材の拡大

□施工時期の平準化
- 2カ年国債の適正な設定等により、年間を通じた工事件数の平準化

プロセス全体の最適化へ

従来：施工段階の一部 ➡ 今後：調査・設計から施工・検査、さらには維持管理・更新まで

i-Constructionの目指すもの

- □一人一人の生産性を向上させ、企業の経営環境を改善
- □建設現場に携わる人の賃金の水準の向上を図るなど魅力ある建設現場に
- □死亡事故ゼロを目指し、安全性が飛躍的に向上

第２章

「最新の測量技術」

ＩＣＴ・ＵＡＶ探求「第３コマ」授業記録
最新の測量技術

１　日　時：2019 年 11 月 15 日（金）9:10-11:30
２　対　象：環境建設工学科　土木コース２年　５名
３　講　師：神栄開発株式会社　営業総務部長　坪内　成司　氏
　　測量調査課長　坪田　浩一　氏

学習項目	主な内容	ワンポイントコメント
１　Ｓｔｅｐ１ ン実習 	(1) ドローンとトランシットの組み合せによるＵＡＶ測量 ・従来は標定点を何か所も置き、ＵＡＶ測量していたが、トランシットトラッキングで基準点を定めることにより、短時間で測量できるようになった。７時間が 25 分に短縮。 (2) 従来法のＵＡＶ測量計測の工程 ①トータルステーション設置 ②標定点設置・測量 ③検証点設置・測量 ④ＵＡＶ空撮 ⑤ＵＡＶロガー同期 ⑥画像選択 ⑦自動標定（ＳＩＭ） ⑧標定点画像計測 ⑨標定結果チェック ⑩点群データ生成	・バッテリは冬と夏とは消耗度が違い、夏の方が長持ちする。 ・高圧線の周辺は誤作動するためドローンを飛ばさない。 ・午前中は風が穏やかなので午前中に飛ばすことが多い。５メートル以上の風の場合は中止する。

	(3) 新システムによるＵＡＶ測量計測の工程 ①トータルステーション設置 ②検証点設置・測量 ③ＵＡＶ空撮 ④カメラ位置同期 ⑤画像選択 ⑥自動標定（ＳＩＭ） ⑦標定結果チェック ⑧点群データ生成	

2　Ｓｔｅｐ２ レーザスキャナー実習 	(1) ３Ｄレーザスキャナーの測定原理 レーザを発射し、測定対象部に反射して返ってくるまでの時間で距離を算出。また、スキャナーの移動方向からレーザを発射した角度を算出する。この二つの情報から３次元位置情報を求める。（トータルステーションと同じ原理） (2) ３Ｄレーザスキャナーを使用する場面 ・ＵＡＶでは危ない場所 ・ＵＡＶより精度が高いので、精度の高いデータを取得したい場合。 ・木などがあり、ＵＡＶでは撮影できない場合 ※工事現場ではＵＡＶと３Ｄレーザスキャナーを併用している。	 ・水やガラスはレーザが跳ね返ってこないのでデータをとることができない。

3　Ｓｔｅｐ３ ＩＣＴ土工の方法	(1) ＩＣＴ土工の工事手順 ①２次元テータを入手する。 ②ＵＡＶ測量により平面図、縦断面図、横断面図を作成する。 ③その図をコンピュータに取り込み３次元モデルをつくる。 ３次元完成イメージをつくる。 ④そのデータを重機に取り込み、モデル通り重機を動かす。 (2) 従来の土工の方法 丁張を設置し、その丁張の面まで作業ができているかを重機から降りて確認していた。	・水の中は、グリーンレーザーで測量する。 ・１速線だけで多方面にレーザ線が出ないので測量が難しい。 ・ラジコンボートによるレーザ測量は効果的にできるのだが、漁業の関係で使用できない。

ＩＣＴ・ＵＡＶ探究・実証授業アンケート「第３回」

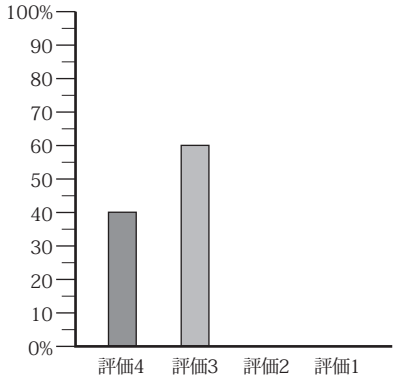
実 証 日:2019 年 11 月 15 日 9:10～11:30
対象学生：環境建設工学科土木コース２年　５名

講義テーマ　：　最新の測量技術
講　　師　：　神栄開発株式会社　営業総務部長　坪内　成司　氏
　　測量調査課長　坪田　浩一　氏

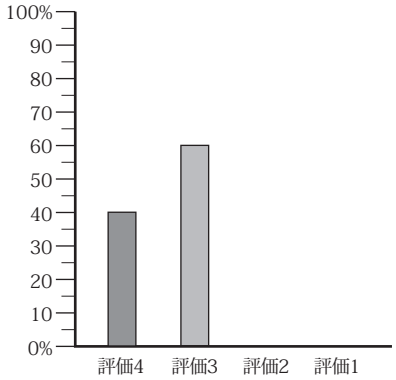
１　アンケート調査結果
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%

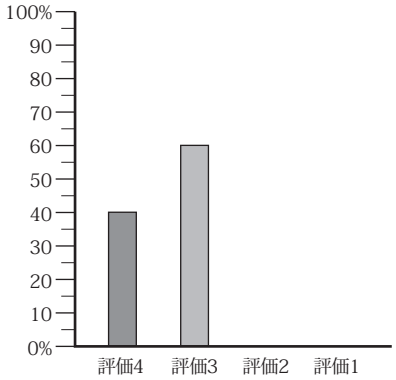
①探究心



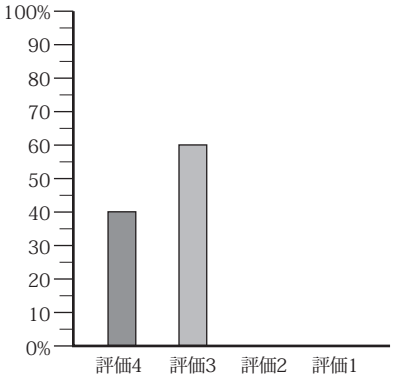
②目的性



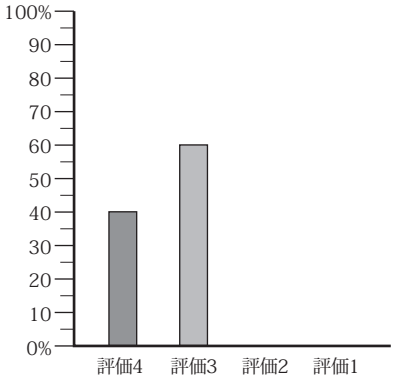
③理解度



④変化性



⑤満足感



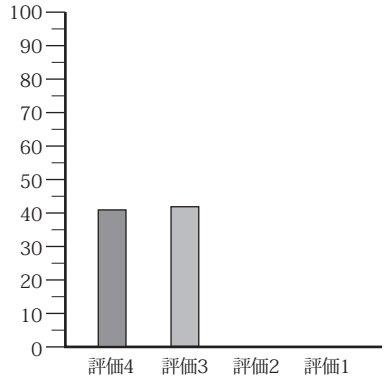
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

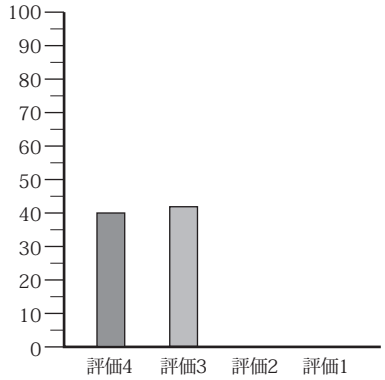
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	40	42	0	0	82
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	40	42	0	0	82
③理解度	授業は分かりやすかった。	40	42	0	0	82
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	40	42	0	0	82
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	40	42	0	0	82

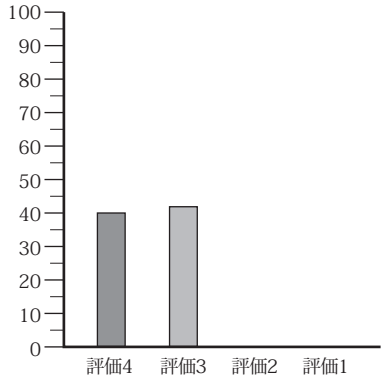
①探究心



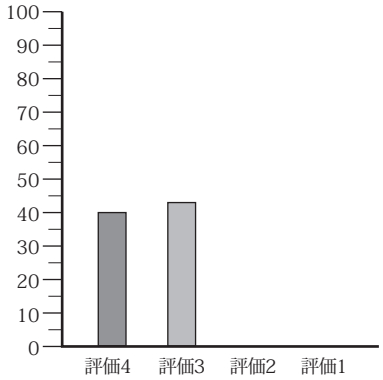
②目的性



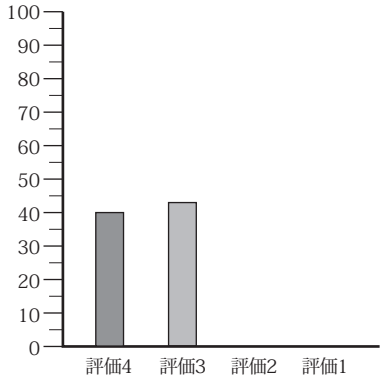
③理解度



④変化性



⑤満足感



3　今後の改善策

・授業の 2/3 は実習であったので、学生の授業評価点数は高くなっている。

・また、今回の授業は、全体の流れの中でＵＡＶやレーザスキャナがどのように使用されているかを指導願ったので、分かりやすい授業であった。今後は、全体の流れを図示し、この授業ではこの部分の指導である旨を事前に学級担任が指導しておくと、学んだことが繋がっていくのではないかと思われる。

・機材等の関係で、測量したデータをどのように３Ｄデータ化するかの部分が、ブラックボックスになっている。学生に３Ｄデータ化する活動を体験させる必要があり、協力企業を探すことが必要である。

第２章
「ＵＡＶの操作と写真の３次元処理」

ＩＣＴ・ＵＡＶ探求「第５コマ」授業記録
UAVの操作と写真の3次元処理について

１　日　時：2019年11月28日(木)10：30－15:00
２　対　象：環境建設工学科　土木コース２年５名
３　講　師：ＴＰフォールディングス株式会社
　　ＩＣＴ事業部　　山田　義久　氏

学習項目	主な内容	ワンポイントコメント
１　Step1 ＵＡＶについて	(1)ＵＡＶの基礎知識 ア　飛行機が飛ぶ仕組みと原理 　ベルヌーイの定理 イ　ＵＡＶの種類と特徴 ・空撮用ドローン ・完全自動運航を実現したヘリコプタ ・ＶＴＯＬドローン ウ　ＵＡＶの基本構成 ・電気系：バッテリ、モータ、ＥＳＣ ・制御系：ＧＰＳ、磁方位センサー、ジャ 　イロ、加速度センサー、気圧センサー ・操縦系：Ｃ２－ＬＩＮＫ (2)リポバッテリ ア　リポバッテリの特徴 ・作動電圧が高い ・エネルギー密度が高い ・自己放電が少ない ・メモリー効果がない ・電解液がン可燃物 イ　バッテリの取り扱いの注意事項 ・指定の充電池を使用する ・バッテリを充電率100%に近い状態で保管しない ・定期的にバランス充電を行う。 ・劣化したり、衝撃を受けたりしたバッテリは使用しない ・バッテリは産業廃棄物	・揚力が重力を上回ることにより浮かび上がる。 ・燃焼する危険があることなど８つの注意事項について理解させる。

2　Step２ 機体の操作方法について	(1)ＵＡＶの前進方法 (2)ＵＡＶの左移動 (3)ＵＡＶの右回転 	・モード１と２があることと、正しい操作について理解する。

3　Step３ ＵＡＶを用いた写真測量	(1)ＵＡＶを用いた写真測量の作業フロー ・標定点・検証点の設置：ＧＮＳＳＴＳ ・フライト計画・自動航行：飛行計画ソフト・ＵＡＶ ・三次元形状復元（点群発生）：画像解析ソフト ・点群データ編集：点群編集、成果作成 (2)空中写真を取得するための技術要素 ・自動航行時の飛行安全性 ・点群作成の解析ソフト ・高解像度カメラ ・機体のぶれ・振動を抑える高性能ジンバル (3)高精度の成果を得るための技術要素 ・ＵＡＶの性能 ・品質の高い写真画像 ・解析ソフトウエア (4)カメラのセンササイズと撮影高度 撮影高度＝地上画素寸法m÷使用するデジカメの１画素のサイズ寸法m×使用店距離m (5)高品質な空中写真を取得するために ・ＵＡＶの安定した自動航行	・飛行計画をもとに自動航行する。

	・高解像度カメラ ・高性能ジンバルによるカメラワーク (6)高精度・高解像度写真のポイント ・被写体の色 ・形状の正確な把握 ・写真のマッチング精度の向上 (7)３次元形状復元計算（ＳＦＭ解析） ・特徴点の抽出 ・標定点の観測 ・外部標定要素の算出 ・３次元点群の作成 ・３次元復元計算結果の点検	

４　Step４ ＵＡＶを用いた３次元点群作成	(1)Pix4DMAPPER について ア　撮影位置を自動で修正 イ　高精度自動写真マッチンク (2)３次元形状復元計算（ＳＦＭ解析） ・特徴点の抽出 ・標定点の観測 ・外部標定要素の算出 ・３次元点群の作成 ・３次元復元計算結果の点検 (3)　３次元形状復元計算時の留意点 ・ＳＦＭ解析に用いる画像素子寸法、画素数はデジタルカメラのカタログ値を採用 ・ＳＦＭ解析は、分割して実施しないことが標準 ・カメラキャブリブレーションは、ＳＦＭ解析してセルフキャブリブレーションを行うことが標準	・特徴物･地物の色から撮影位置を自動判断する。 ・10 枚以上の写真を根拠に点データを作成

ＩＣＴ・ＵＡＶ探究・実証授業アンケート「第５回」

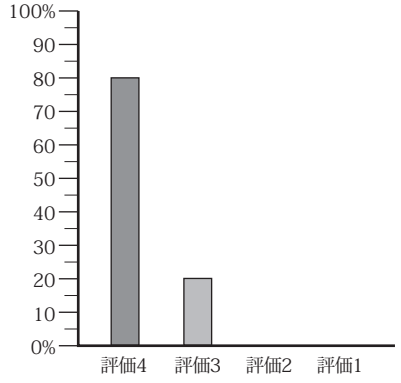
実 証 日:2019年11月28日10:30～15:00
対象学生：環境建設工学科土木コース２年　５名

講義テーマ　：　建設ＩＣＴ
講　　師　：　ＴＰホールディングス株式会社
ＩＣＴ事業部　　山田　義久　氏

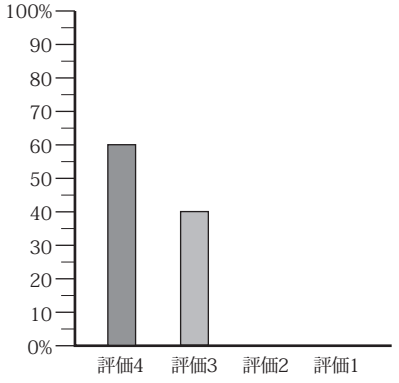
１　アンケート調査結果
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	80.0%	20.0%	0.0%	0.0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	60.0%	40.0%	0.0%	0.0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	60.0%	40.0%	0.0%	0.0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	80.0%	20.0%	0.0%	0.0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	80.0%	20.0%	0.0%	0.0%

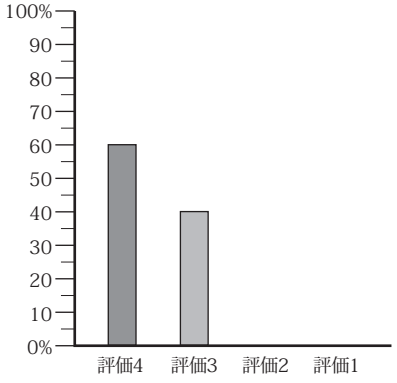
①探究心



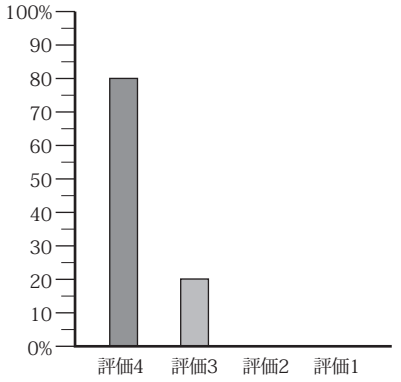
②目的性



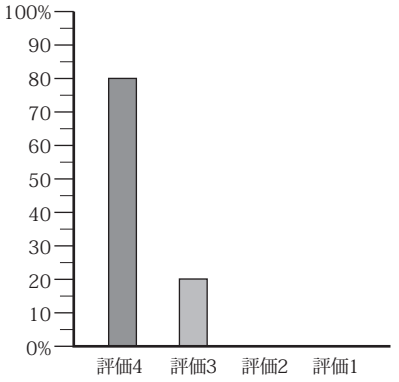
③理解度



④変化性



⑤満足感



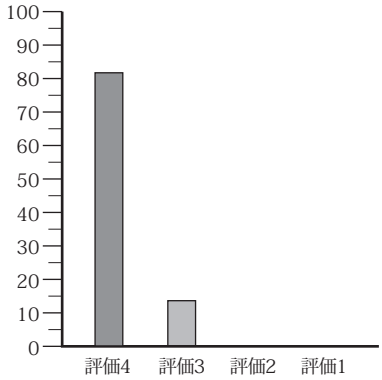
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

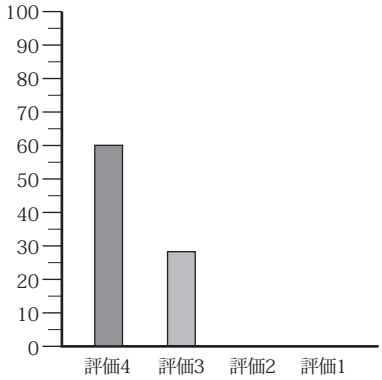
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	80	14	0	0	94
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	60	28	0	0	88
③理解度	授業は分かりやすかった。	60	28	0	0	88
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	80	14	0	0	94
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	80	14	0	0	94

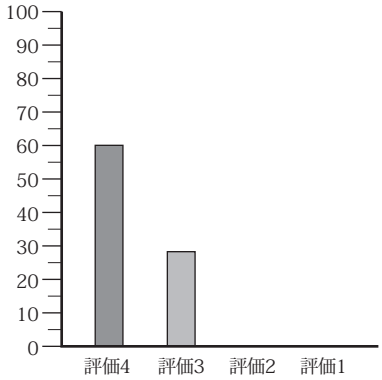
①探究心



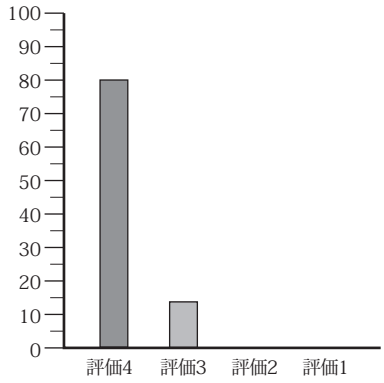
②目的性



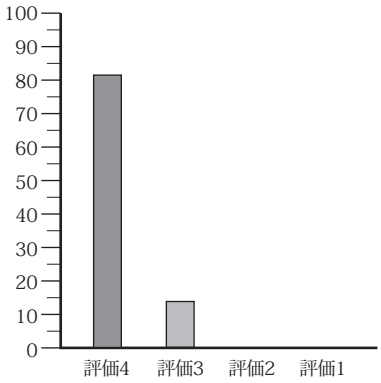
③理解度



④変化性



⑤満足感



３　学生の感想

(1) 新しく分かったこと

・ドローンが飛ぶ原理
・強風時のドローンの操作
・ドローンによる写真測量を３Ｄデータにする大まかな方法
・ヘリコプター型のＵＡＶがあること。
・冬はバッテリの減り方が早いこと。
・ドローンを操作するときの目線（手元ではなくドローンを見る）

(2) もっと詳しく学びたいこと

・ドローンの使い分け
・大型ドローンの操縦方法
・点群データの処理方法
・ドローン操縦技術向上の方法
・実際に仕事をする流れで体験したい。
・パソコンへデータを移す方法
・ﾄﾞﾛｰﾝからＡＵＴＯ－ＣＡＤへのデータ移動の仕方

第２章

「２次元図面から３次元設計データを作成」

ＩＣＴ・ＵＡＶ探求「第６コマ」授業記録
２次元図面から３次元設計データを作成

１　日　時：2019 年 12 月 11 日（水）9:00-12:00
２　対　象：環境建設工学科　土木コース２年　５名
３　講　師：福井コンピュータ(株)　関西営業所　上席主任　久保田　謙一　氏

学習項目	主な内容	ワンポイントコメント
１i-constraction について	(1)建設業の現状 ・2025 年までに生産性を上げることが必用となっている。 ・2025 年には、団塊の世代が定年退職する。建設人口の 1/3 が退職するため。 ・３人でしていた仕事を２人でしなくてはならなくなる。 ・インフラは重要で、誰かが造ったり、メンテナンスしないといけない、それが土木の仕事。 ↓ (2)i-Construction 目的 ・i-Construction により、生産性を向上させ、人手不足、３Ｋの解消を図る。 ・生産性が向上すると、給料が上がり、休日もあり、将来への希望も持てる。(新３Ｋ) ・i-Construction 目的の２つ目は、コンクリートで、プレキャストを使うと簡素化できる・ ・i-Construction の目的の３つ目は、仕事の平準化。忙しい時期、暇な時期をなくしていこうということ。 ・企業は、忙しい時期に合わせて人を雇えない。暇なときに遊んでしまうから。	・土木工事は、なぜ冬にするか。 以前は、冬になると農家の人が暇になるので、出稼ぎに来れるから雇用の受け皿だったため。 ・インフラが整ってているから日本人が豊かに暮らせる。インフラが途絶えると、大変なことになる。 ・建設にいいイメージはない人が多ため建設業には人手不足となる。 ・i-Construction は、2016 年から始まり、毎年進化している。 ・とりあえず製品を出してみて、だめだったら改善していくという方法で進めている。

2　３次元データ	(1) ３次元データ作成の考え方 ・ＩＣＴ化の分野が増えている。 ・３次元に慣れて、イメージ化することが重要 ・３次元起工測量は、ドローで撮った写真から点群をつくる・ (2) ３Ｄのメリット ・理解しやすい、イメージしやすい。 ・現地と同じリアルサイズなので、遠くの現場に行かずに情報を得ることができる ・少ない職員で測量できる。 ・山の中の現場で仕事することが多いが、現場に行かなくても、できることが多くある。 ・現場に行かなくても仕事ができ、半分の人数で仕事ができれば給料が上がる。	・土木工事は、山の中の現 場で仕事することが多いが、３次元起工測量だと現場に行かなくても、多のことができる。 ・現場に行かなくても仕事ができると、半分の人数で仕事が可能となり、給料が上がる。

3　写真から３次元データを作成	(1) ３次元データを作成 ・ドローンは、精度１センチの誤差で写真撮影ができる。 ・少しずつずれた写真を撮って、ずれた写真をフォトスキャンで解析すると３Ｄができる。 (2) 座標の変換 ・ドローンを飛ばす前にマーク点を決め、位置を測量機ＧＰＳで測量しておく。 ・日本の測量系座標のゼロ度は、時計の12時、縦がＸ軸で、横がＹ軸。 ・外国では数学系の座標軸を採用しており、縦がＹ軸で、横がＸ軸。 ・写真を返還するメタシェイブというソフトは、巡航ミサイルに使っていたソフトなので、数学系の座標軸で表される。 ・よって、画像処理する前に測量系のＸ軸とＹ軸に入れ替える必要がある。	・人間の目と同じで、違い により立体的に認識できる。 ・座標は、掲示物を張るの と同じで、間違えると逆さまになったり、捻じれたりする。

	(3)座標変換の手順 ・写真に現地で緯度・経度を測量したマークしたデータを付け加える。 ・１枚ごとにマークが必要であり、写真が多いと作業量が多くなる。 ・よいドローンで高いところから撮ると写真が少なくて、作業量が少なくて済む。 ・マークに番号をつけておくと処理しやすく、データに取り込むときに間違えない。 ・エラーボタンを押すと誤差が出てくる。誤差が確認できたら、高品質ボタンを押すと３Ｄ化してくる。 ・現場に測量機を持ち込まなくてもドローンで正確に測量、再現できる。 ・事務所の中でできる。	・写真で写ってないところは、白くなる。ドローンは上から撮るので、障害物があると３Ｄ化されない。 ・現場に測量機を持ち込まなくてもドローンで正確に測量でき、事務所の中で再現できる。

４　写真から３次元データを作成する実習	(1)空撮写真をメタシェイプのウィンドウにドラッグ＆ドロップ (2)写真のアライメントを選択し、精度最高を選択 (3)写真データに含まれる位置情報を座標系に変換 (4)インポートをクリックして、座標付の作業、Ｘ、Ｙの入替作業 (5)標定点と検証点を配置 (6)エラーボタンをクリック マーカー内のチェックを外す。 (7)モデルタブを選択し、高密度クラウドボタンをクリック。	・写真が入ったことを確認する。 ・写真が多いと時間がかかる。 ・測量した座標は、測量系座標なのでＸとＹを入れ替えて読み込む。 ・標定点を拡大して配置していく。写真の枚数分行う。 ・出来上が他った点群が確認できる。

５　３Ｄデータの有効性	(1)３Ｄデータの有効性 ・地域の方々に説明するのに、わかりやすく説明できる。 ・２次元の図面を見て、３次元のイメー	

	(3)座標変換の手順 ・写真に現地で緯度・経度を測量したマークしたデータを付け加える。 ・１枚ごとにマークが必要であり、写真が多いと作業量が多くなる。 ・よいドローンで高いところから撮ると写真が少なくて、作業量が少なくて済む。 ・マークに番号をつけておくと処理しやすく、データに取り込むときに間違えない。 ・エラーボタンを押すと誤差が出てくる。誤差が確認できたら、高品質ボタンを押すと３Ｄ化してくる。 ・現場に測量機を持ち込まなくてもドローンで正確に測量、再現できる。 ・事務所の中でできる。	・写真で写ってないところは、白くなる。ドローンは上から撮るので、障害物があると３Ｄ化されない。 ・現場に測量機を持ち込まなくてもドローンで正確に測量でき、事務所の中で再現できる。

4　写真から３次元データを作成する実習	(1)空撮写真をメタシェイプのウィンドウにドラッグ＆ドロップ (2)写真のアライメントを選択し、精度最高を選択 (3)写真データに含まれる位置情報を座標系に変換 (4)インポートをクリックして、座標付の作業、Ｘ、Ｙの入替作業 (5)標定点と検証点を配置 (6)エラーボタンをクリック マーカー内のチェックを外す。 (7)モデルタブを選択し、高密度クラウドボタンをクリック。	・写真が入ったことを確認する。 ・写真が多いと時間がかかる。 ・測量した座標は、測量系座標なのでＸとＹを入れ替えて読み込む。 ・標定点を拡大して配置していく。写真の枚数分行う。 ・出来上が他った点群が確認できる。

5　３Ｄデータの有効性	(1)３Ｄデータの有効性 ・地域の方々に説明するのに、わかりやすく説明できる。 ・２次元の図面を見て、３次元のイメー	

	ジがわくのに、10年かかるが、３Ｄを使うとベテランでなくても読める。 (2)学生の間に備えておく能力 ・少なくとも10年後には、全職員が３Ｄ技能を必要になる。 ・回転、ズーム、移動などの３Ｄの基本操作を身に着けておく。 ・ＣＡＤで一番使う拡大と縮小に慣れ、好きなアングルに難なく操作できるようにしておく。	・ベテランは２次元図面で全てわかる。

6　２次元図面から３次元図面をつくる実習	(1)実習イメージ ・平面図：道路には線形・中心線がある。 ・路線計算するとＸＹ座標がわかる ・縦断図は標高がわかる ・平面図に縦断図を載せると背骨がわかる。 ・横断図によりあばらがわかる。 ・平面、断面、横断により３Ｄになる。 (2)実習 ①平面図の座標から路線計算する。 ＤＰ、ＩＰ、ＢＰを拾う ・ＩＰにＲ1260を入れる ②次に縦断の情報を加えていく。 ・開始点の計画高、終点の高さを入れると高さが入る。 ③次に横断の情報を入れていく。 ・河川はＮの字の順に並んでいる。 ・法尻、法肩、反対の法肩、法尻を拾う。 ・横断図一つ一つを作業していく。 ・横断図が多いほど作業時間がかかる。 ③３Ｄができる。 ・路線を組む、縦断を加える、ＸＹＺができる。 (3)３次元図面の活用 ・設計データは、建機に入れることで、建機はその面になるように作業する。	 ・３Ｄデータのメリットは、出来上がりのイメ

	それがＩＣＴ施工。 ・ＩＣＴ建機は測量機と同じ。建機の操作パネルに座標が出てくる、建機の座標を見ればわかる。 ・仕様来は、無人施工が当たり前になっていき、現場監督は、無人施工のヤードを管理する仕事になるかもしれない。	ージがわかることと、建機が仕事をすること。

7　土量計算	(1) これまでの方法 ・今までは、横断測量して断面図、横断図をつくって、平均断面法で土量を算出する。 (2) ３次元データから土量を計算 ・施工では、毎日、土量の変化を調べる。 ・３次元データに 50 センチのメッシュをつくって瞬時に正確に計算していく。 ・縦断を確定し、横断を指定する ・土木では大きなものを造るので、20 メートルピッチが一般的。(100 メートルでは粗すぎる。) (3) その他 ・ベテランは３Ｄにしなくても、仕事ができる。 ・３Ｄ化により一人前になるのに 10 年かかるのが、２年程度で一人前になる。 ・３次元か普及しても２次元がなくなることはない。２次元の図面も読めるようにしておく。	・採石場でどれくらい砕石できるか調べるには、その部分を選んで、データ上ですぐに体積がわかる。

ＩＣＴ・ＵＡＶ探究・実証授業アンケート「第６回」

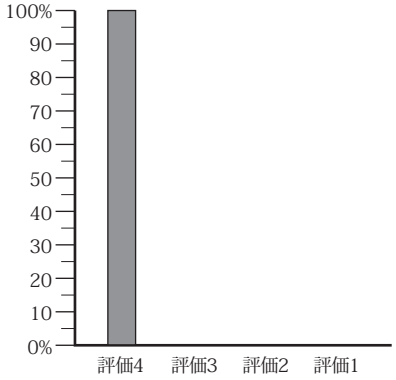
実 証 日:2019 年 12 月 11 日 9:00～12:00
対象学生：環境建設工学科土木コース２年　５名

講義テーマ　：　２次元図面から３次元設計データを作成
講　　師　：　福井コンピュータ　関西営業所
上席主任　　久保田　謙一　氏

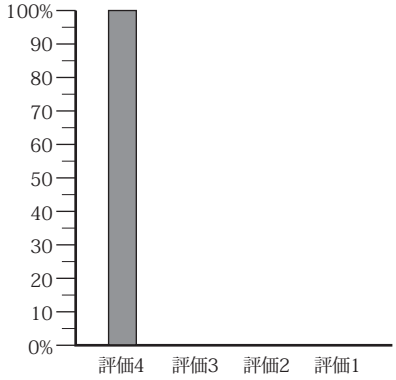
１　アンケート調査結果
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%

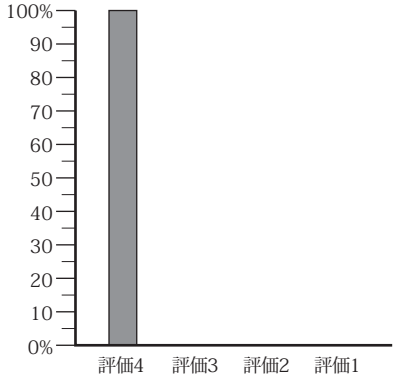
①探究心



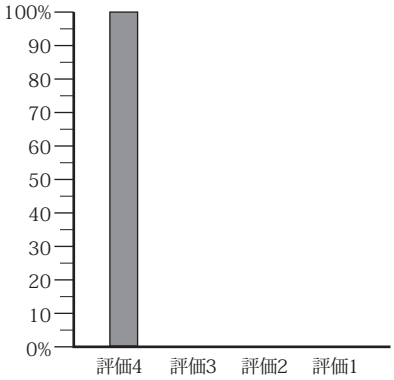
②目的性



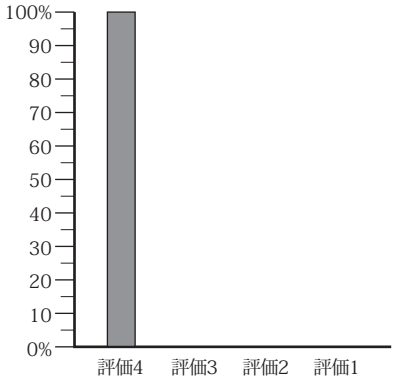
③理解度



④変化性



⑤満足感



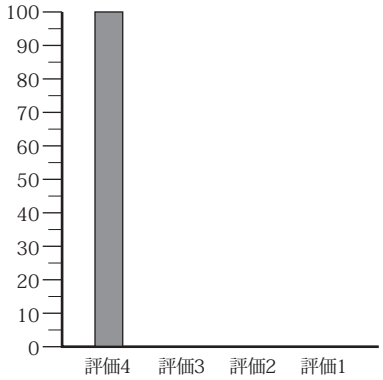
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

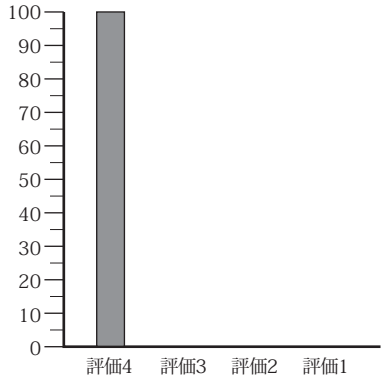
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	100	0	0	0	100
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	100	0	0	0	100
③理解度	授業は分かりやすかった。	100	0	0	0	100
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	100	0	0	0	100
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	100	0	0	0	100

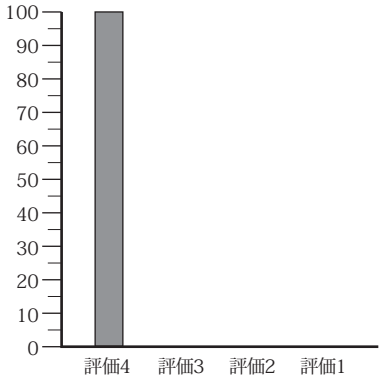
①探究心



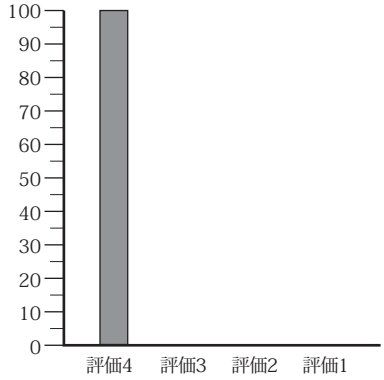
②目的性



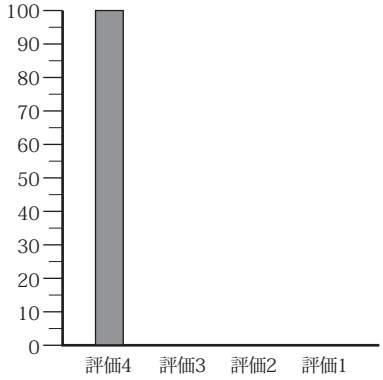
③理解度



④変化性



⑤満足感



3　学生の感想

(1) 新しく分かったこと

・２Ｄから３Ｄデータへの変換の仕方と流れ
・３Ｄ－ＣＡＤの操作が難しいこと
・点群データの作り方、操作
・土木の仕事の重要さが分かった。

(2) もっと詳しく学びたいこと

・ＩＣＴ施工、・ＣＡＤの使い方、無人施工について
・大きい工事の場合の実際の変換処理の仕方

4　授業の振返り

・大変に分かりやすい授業であったため、学生評価は、最高の 100 ﾎﾟｲﾝﾄであった。それは、企業で行っている操作をそのまま指導するのではなく、学生用にレベルダウンし、簡略化・シンプル化して指導をしたためだと考えられる。
・また、指導のスピード、順序、話し方、例示なども、適切であったため、満足度の高い授業となった。

Society5.0社会を支えるエンジニア育成事業

第2章ICT土工・起工測量

工事を始める前に現況を測量する起工測量

1　工事着手前の現場の形状を把握し、その後の施工計画の立案やコスト計算をするための重要な作業。

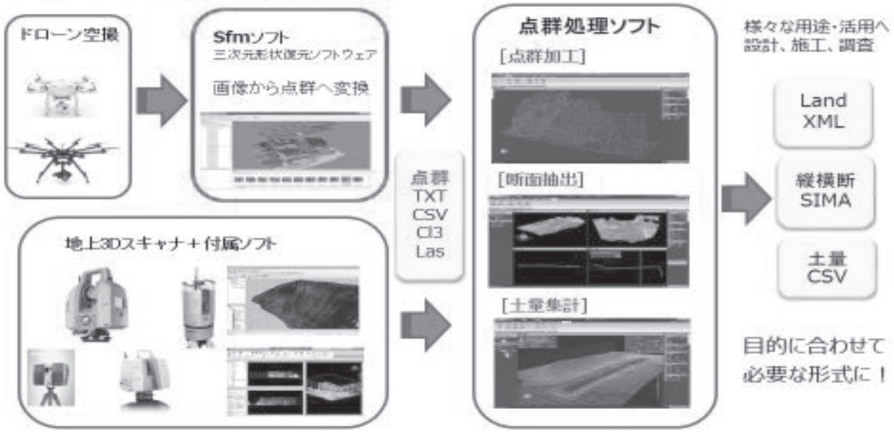
2　i-Constructionの起工測量では、3次元測量が行われる。

3　起工測量で現況の3次元データを手に入れることで、後に3次元設計データと重ね合わせたり、比較したりするなど、作業の大幅な効率化が図れる。

4　測量方法としてはドローンを使った空中写真測量が一般的。
広大な場所を、1回のフライトで測量でき、ほぼオートマチックに3次元データを入手することができる。

3次元測量（点群データ作成）

◆ドローン空撮≠点群データ



ドローンを使った3次元測量（空中写真測量）

1　始めに、測量を行う土地の踏査を行う。
・測量対象物の確認と合わせて、障害物も調査する。
・空中写真測量では、そもそも地面が写真に写らないと測量できない。
・現地に藪や茂み、地面を覆い隠す構造物などがある場合は、撤去しておく必要がある。

2　同時に、「標定点」の位置を選定する。
・これを「選点」作業という。標定点は、3次元モデルを実際の座標
・(X,Y,Z)に合わせるための基準になるポイント。
・ドローンから撮影する写真に写るように、決められた間隔で複数設置する。設置した標定点は、3次元データの精度を高めるために重要な役割を果たす。

3次元測量・標定点と対空標識が精度のカギ

1　ドローンによる3次元の地形データは、測位衛星（GNSS）の情報を元にするため、時には1m以上もの誤差が生じる。
2　これを補正するためには、厳密に3次元座標がわかっている「基準」が必要になる。
3　それが、調査時の選点作業で決める「標定点」。
4　標定点は、施工現場の中や外周を囲うように複数を設置する。
5　設置したらその場所に杭を打ち、役所から指定された基準点や、国土地理院が公共的に設置している基準点を元に、その場所の正確な3次元座標を求めておく。
6　この標定点はドローンから撮影する写真に写し込む必要があるが、サイズも十分に大きく、写真にはっきり写っていなければならない。
7　フライトを終えて写真をコンピュータに取り込み、3次元モデルを作成する際に、あらかじめ求めておいたそれぞれの3次元座標を埋め込む。するとデータ全体に補正がかけられ、3次元モデルがぴったり現実と同じ座標を持つようになる。

UAVを用いた公共測量マニュアル（案）③

「UAVを用いた空中写真による三次元点群測量」とは、無人航空機を用いて撮影した空中写真から三次元形状復元ソフトにより三次元点群データファイルを作成する作業

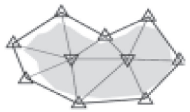
UAVを用いた空中写真による三次元点群測量

作業計画

作業計画は、作業着手前に作業の方法、使用する機器、要員、日程等について適切な作業計画を立案し、これを差計画期間に提出してその承認を得なければならない。

標定点と検証点とは

- TS等で現地に対空標識とともに設置
- 標定点：空中写真の撮影状態の再現に必要であり、写真に座標付けするための点
- 検証点：精度を検証するための点
- 配置方法はマニュアル内で決められている
- 標定点は最低4点、検証点は最低2点必要であり、要求される精度により点数が規定
- 精度5cmの場合、外部標定点は100m以内



標定点配置例

対空標識の例

まずは標定点の設置計画から！要求精度は5cm！

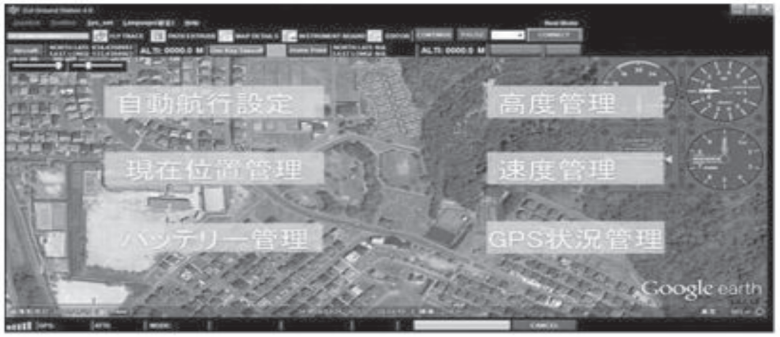
国土地理院　UAVを用いた公共測量マニュアル（案）より

© 2018 FUKUI COMPUTER HOLDINGS, FUKUI COMPUTER ARCHITECT, FUKUI COMPUTER, All rights reserved.

3次元測量・フライトプランの作成

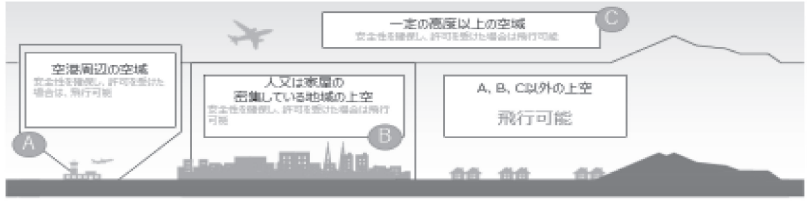
1　地図を元にしてフライトプランの作成に入る。

2　地形の上を、決められた高度と間隔で飛行し、写真同士が規定通りの重なりになるように計画する。

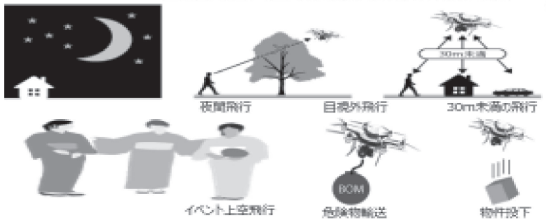


UAV飛行の注意事項

■国土交通大臣の許可が必要な空域



■国土交通大臣の承認が必要な飛行方法



※ ただし、事故や災害時の国や地方公共団体による操作救助等の緊急性がある場合は適用除外

出典：国土交通省　無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール

3次元測量・フライト

1　選定した標定点に、目印となる「対空標識」を設置。
2　フライトプランに従って現地を自動飛行させる。
3　ドローンの飛行中に、機体に搭載したカメラを使って、地形の写真を撮影する。
4　ドローンを移動させながら、適切な頻度でシャッターを切り、大量の連続写真を撮影する。

UAVを用いた公共測量マニュアル（案）④

撮影の際に留意すべき点

撮影高度

基本一定。比高の大きい箇所では数コース単位で設定
高度は要求精度、カメラの1画素のサイズ、カメラの焦点距離によって決定

「撮影高度＝（地上画素寸法／カメラの１画素あたりのサイズ）×焦点距離」
地上画素寸法0.01m、カメラの1画素あたりのサイズ0.000006m、焦点距離0.035mの場合

撮影高度＝（0.01／0.000006）×0.035＝58.3m≒60m

撮影時の気象条件

日当たりや明るさや風速、風向、地形や建物の影の影響により
作成される点群の品質に差が生じることを認識する必要があります

影がそのまま
点群化される

墜落の危険や
品質に影響を及ぼす

Page 17

国土地理院　UAVを用いた公共測量マニュアル（案）より

© 2018 FUKUI COMPUTER HOLDINGS, FUKUI COMPUTER ARCHITECT, FUKUI COMPUTER, All rights reserved.

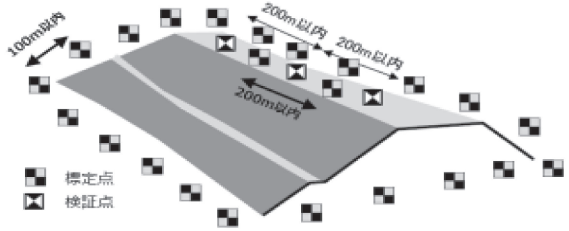
【写真測量】標定点・検証点の設置

■写真測量における標定点・検証点

空中で撮影した写真と地上点を対応付けするために必要な基準点または水準点のことを標定点という。また、精度確認に用いる基準点を検証点という。

■標定点・検証点の設置方法

標定点は、計測対象範囲を包括するように、撮影区域外縁に100m以内の間隔となるように設置するとともに、天端上に200m間隔程度を目安に設置する。検証点は、天端上に200m以内の間隔となるように設置する。標定点として設置したものと交互になるようにすることが望ましい。計測範囲が狭い場合については、最低２箇所設置する。



出典：建設システム株式会社

3次元測・量写真撮影時のオーバーラップ

1 ドローンの空中写真測量では、撮影した写真同士はある程度重なり合っていなければならない。

2 I-Constructionの場合、ドローンの縦方向（進行方向）に隣り合った写真は80%以上重なっている必要がある（オーバーラップ率）。

3 また、左右に隣り合った写真同士は60%以上重なるようにする（サイドラップ率）。

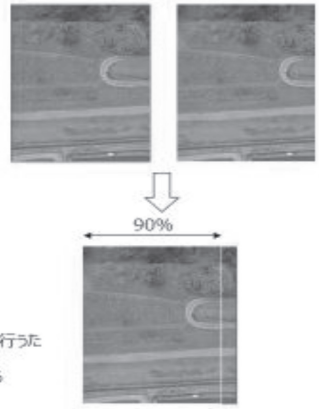
4 このように十分な重なりを確保することで正確な3次元モデルの作成が可能になる。

UAVを用いた公共測量マニュアル（案）⑤

撮影の際に留意すべき点

空中写真の重複度

・重複度は整合処理の確実さに影響する
・同一コース内の隣接写真で90%（オーバーラップ）
・隣接コースの空中写真間で60%（サイドラップ）
・計測対象範囲外で1枚以上撮影



・点群化を行う際には重複点を用いて高さデータを得るための演算処理を行うため、重複の生じない箇所が無いようにコースを設定する
・写真枚数が多くならないようにコース数が少なくなるように方向を選定する
・撮影飛行は自律飛行を原則とする

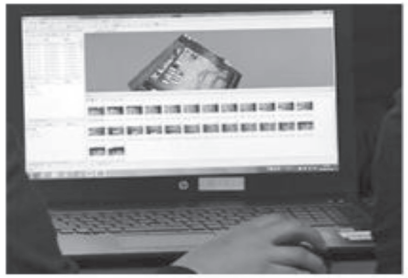
Page 23

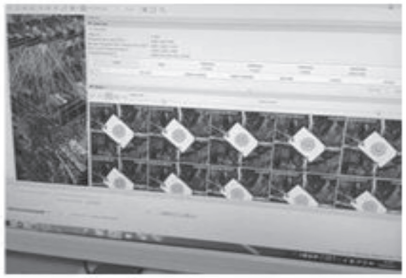
国土地理院　UAVを用いた公共測量マニュアル（案）より

© 2018 FUKUI COMPUTER HOLDINGS, FUKUI COMPUTER ARCHITECT, FUKUI COMPUTER, All rights reserved.

写真を元に3次元モデルを作成

ドローンで撮影した写真をコンピュータに取り込み、専用のソフトウェアで解析、合成して3次元モデルを作る。





点の集まりで3次元形状を再現

1 ドローンで撮影した写真をコンピュータで処理して得られた3次元データは、点群データ（点群モデル）と呼ばれる。

2 たくさんの点で構成された3次元データで、構成する点の一つ一つが正確な3次元座標を持っている。

3 これはビューワーを使ってあらゆる方向から確認することができ、現状把握と施工計画の重要なデータになる。

点群の編集

不要な点の削除・必要な点の抽出といった、点群処理のスタートをスムーズに

多種多彩なフィルター機能

高性能なフィルター機能（ごみ取り）を豊富に搭載し、効率よく点群データを加工できます。

【カラー】フィルター

※指定したRGB値、受光強度を持つ点を抽出・削除します。

【格　子】フィルター

※格子で区切った中の最低・最高標高以外の点を抽出・削除します。

【地表面】フィルター

※地表面から離れている点を抽出・削除します。樹木を消す場合などに有効です。

【間引き】フィルター

【日　動】フィルター

【出　度】フィルター

※点密度の低い領域の点を自動で抽出・削除します。

【ノイズ】フィルター

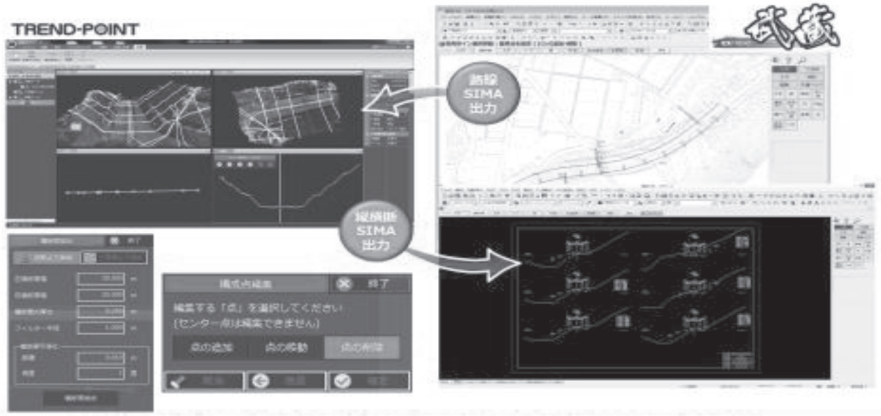
【近傍点】フィルター

実際に「現場で使える点群データ」に！

© 2018 FUKUI COMPUTER. All rights reserved.

縦横断抽出

計画の路線SIMA読込みで、点群から縦横断を自動作成（任意線形も可能）



従来の起工測量の手間を軽減！「摺り付け・補間」に活用！

© 2018 FUKUI COMPUTER. All rights reserved.

レーザスキャナ（LS）という選択肢

1 ドローンを使った空中写真測量の他に、レーザスキャナを使うという選択肢もある。
2 レーザースキャナとは、レーザ光線を周囲に飛ばし、跳ね返ってくる時間差から地形などを測量する装置。
3 現地に三脚に載せたレーザスキャナを設置して、周囲の地形を測量する。
4 レーザスキャナは、「写らなければ測量できない」写真測量と違い、茂みや芝生があったとしても、レーザ光線が地面に到達する透き間があれば測量可能。
5 1回の測量で100万から200万点を図れるため精度も高い。
6 レーザスキャナをドローンに搭載して空中からレーザスキャナを使うシステムもある。
7 ドローンとレーザスキャナと状況によって使いわけたり、併用したりすることでより精度の高い測量が可能になる。

３次元測量機器の選定

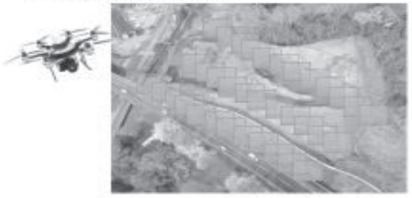
- **主な3次元計測手法**
  - 地形の主な計測手法としては、**2箇所以上から撮影した写真から地物の３次元の形を計測する「写真測量」**と、**レーザ測距装置を利用した「レーザ測量」**に大別されます。
- **３次元測量機器の選定**

出典：株式会社建設システム

3次元計測の違い

○ 写真測量とは？

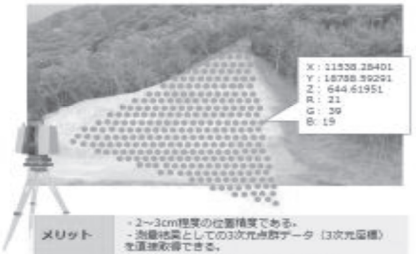
ＵＡＶ等に搭載したデジタルカメラで連続した写真を撮影し、専用のソフトウエアで画像解析を行うことで、３次元点群データを作成することができます。写真は、80%～90%ずつ重複させながら撮影します。撮影後写真測量ソフトで各写真の特徴点抽出と写真間の対応付けを自動的に行うことで、カメラ位置を推定し、ポイントクラウドとよばれる、３次元座標をもった点を大量に得ることができます。



メリット	・人が立ち入れない箇所でも、計測が可能。
デメリット	・高架線や民家が障害している場合など計測できない場所がある。 ・測量結果として3次元点群（3次元座標）を取得するためには写真測量ソフトで処理が必要であるため結果取得までに時間がかかる。

• レーザ測量とは？

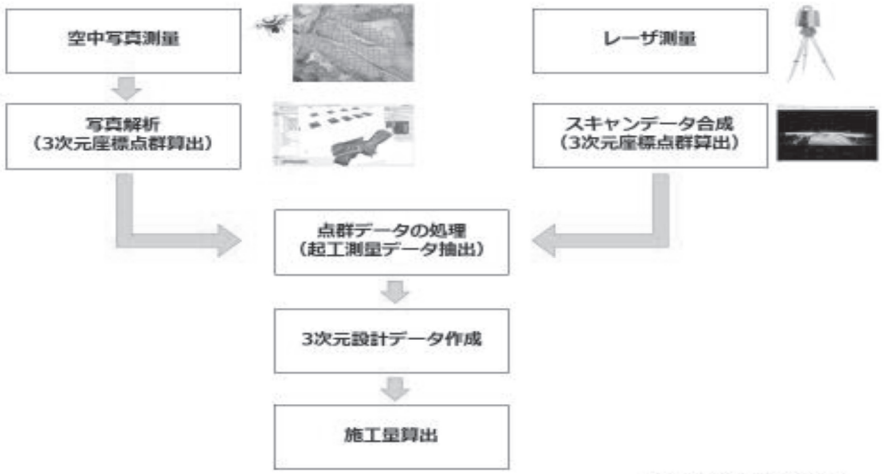
レーザスキャナ本体で指定した範囲にレーザを連続的に照射し、その反射波より対象物との相対位置（角度と距離）を面的に取得することで一度に大量の点群を取得することができます。この点群データは、座標値（X、Y、Z）を保持していて、同時に写真撮影することでその点に色（RGB）の情報を持たせることができます。



メリット	・2~3cm程度の位置精度である。 ・測量結果としての3次元点群データ（3次元座標）を直接取得できる。
デメリット	・計測箇所をピンポイントに計測できない。 ・取得データの計測密度にばらつきがある。 ・機材設置の移動が多くなると、その都度、標定点の計測が必要となるため非効率になる場合がある。

出典：株式会社建設システム

3次元起工測量~施工量算出の流れ



出典：株式会社建設システム

第３章
「ＩＣＴ施工」

ＩＣＴ・ＵＡＶ探求「第４コマ」授業記録
建設ICT施工について

１　日　時：2019 年 11 月 22 日(金)12：00－15:00
２　対　象：環境建設工学科　土木コース２年５名
３　講　師：西尾レントオール株式会社
関西土木営業部 ICT 施工専任営業係長　田中　健一　氏
関西支店主任 ICT 施工主任者　小西　伸之　氏

学習項目	主な内容	ワンポイントコメント
１　Step1・講義 i-Construction について 	(1)建設業の生産性の向上 ア　建設業は社会資本の担い手 イ　建設業の賃金水準の向上、休日の拡大等による働き方改革 ウ　国土交通省は建設現場のＩＣＴを推進	・建設現場の生産性は 2025 年度までに 2 割向上を目指す。
	(2)　国土交通省 TEC-FORCE の活動状況 ・小田川堤防の緊急対策工事 ・倉敷市真備町地内の啓開作業	・災害や危険地域では無人化施工が行われている。
	(3)ICT を活用した作業機械・ICT で変わる現場	・ドローンや、レーザスキャナによる測量が拡大。
	(4)i-Construction の概要 ア　２次元発注図書→３次元データ作成 ３次元モデル→施工計画・数量算出 イ　ＩＣＴ施工の技術について ウ　３次元モデル→出来形各種数量算出	
	(5)ＩＣＴ用語について ア　情報通信技術：ＩＣＴ イ　拡張実現：ＡＲ ウ　仮想現実：ＶＲ	・時間軸を加えた４Ｄ　ＢＩＭ ・コスト削減軸を加えた５Ｄ　ＢＩＭ

	エ　３Ｄデータを活用する建築設計：３Ｄ　ＢＩＭ オ　ＢＩＭの建設土木の分野に適した表現：ＣＩＭ (6)測量機械 ア　測量機器とセオドライト機能が一つになった測量機：ＴＳ イ　人工衛星を利用した測位システム：ＧＮＳＳ ウ　測量データの保存、設計データ入力、切盛量の確認：データコレクター (7)重機搭載３次元設計データ ・ＴＩＮデータ ・路線データ ・３D制御マシンコントロール ・マシンコントロール ・マシンガイダンス ・バックホーマシンガイダンス (8)転圧回数管理マシンガイダンスシステム ・位置情報を車載パソコンに表示 ・軽圧箇所、軽圧回数を標示 ・エリア境界線内が赤くなるように転圧 ・重機からデータを出力して事務所で帳票作成 (9)杭ナビＬＮ－100 ・自動追尾でプリズムを計測 ・無線LAN通信で計測情報をスマホ端末へ送信	・ＴＳ：トータルステーション ・ＧＮＳＳ Ｇ：グローバル Ｎ：ナビゲーション Ｓ：サテライト Ｓ：システム ・データコレクター ワンマン測量で活用 ・ＭＣ：作業機の位置を計測、システムが油圧を制御し、作業機を自動コントロール ・ＭＧ：作業機の位置を計測し、表示・誘導するシステム。 ・一人で杭打ち作業や、座標の取得が ・高低差±10m ・整備範囲±3度

２　Step２・実習 ＩＣＴ作業機械体験研修 	ＩＣＴ建設機械による施工 ・ブルドーザ ブレードに設置した事故位置計測装置により位置と高さを計測し、事前に入力した敷き均し目標(高さ)になるようにブレードを自動制御する。 ・バックホウ掘削工のマシンガイダンスシステム バックホウに設置したＧＰＳ、ストロークセンサから得られる刃先位置を、重機に搭載したモニタに設計形状と比較表示する。現地丁張り無しの施工が可能になる。	

ＩＣＴ・ＵＡＶ探究・実証授業アンケート「第３回」

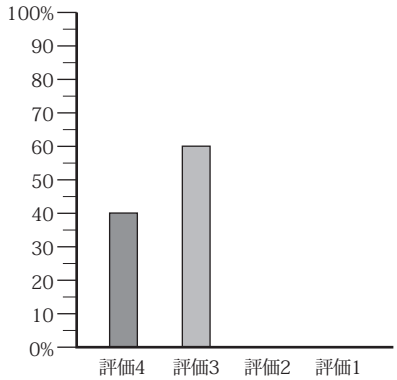
実 証 日:2019 年 11 月 15 日 9:10～11:30
対象学生：環境建設工学科土木コース２年　５名

講義テーマ　：　最新の測量技術
講　　師　：　神栄開発株式会社　営業総務部長　坪内　成司　氏
　　測量調査課長　坪田　浩一　氏

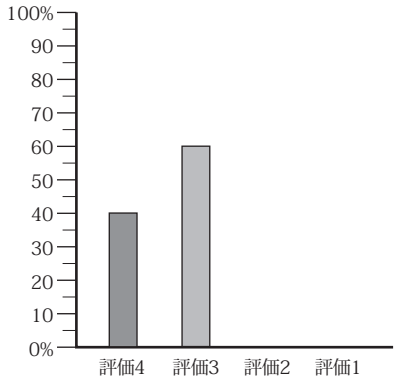
１　アンケート調査結果
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%

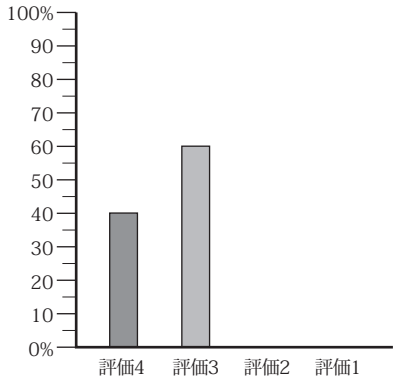
①探究心



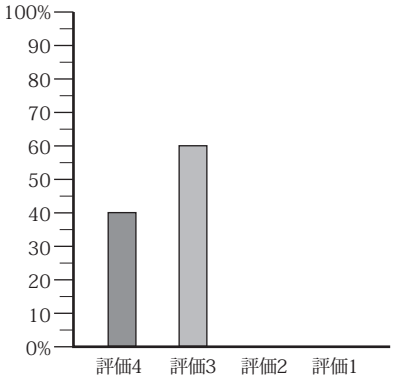
②目的性



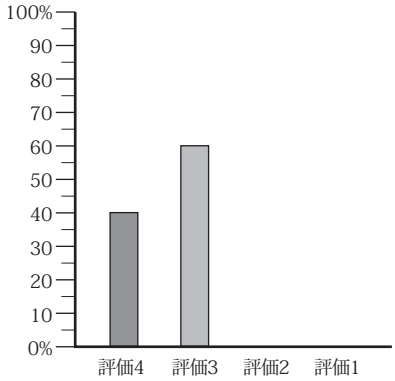
③理解度



④変化性



⑤満足感



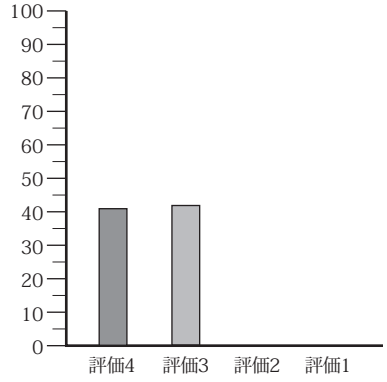
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

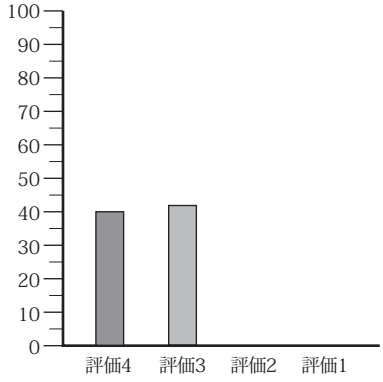
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	40	42	0	0	82
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	40	42	0	0	82
③理解度	授業は分かりやすかった。	40	42	0	0	82
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	40	42	0	0	82
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	40	42	0	0	82

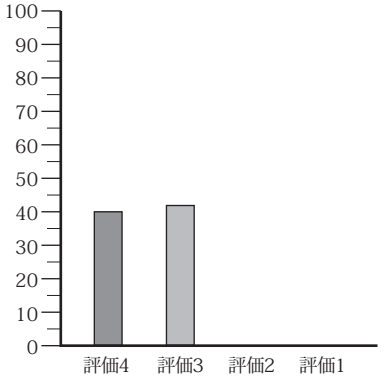
①探究心



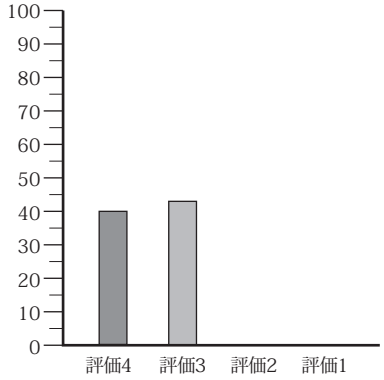
②目的性



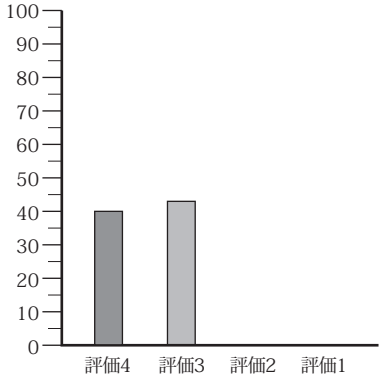
③理解度



④変化性



⑤満足感



3　今後の改善策

・授業の 2/3 は実習であったので、学生の授業評価点数は高くなっている。

・また、今回の授業は、全体の流れの中でＵＡＶやレーザスキャナがどのように使用されているかを指導願ったので、分かりやすい授業であった。今後は、全体の流れを図示し、この授業ではこの部分の指導である旨を事前に学級担任が指導しておくと、学んだことが繋がっていくのではないかと思われる。

・機材等の関係で、測量したデータをどのように３Ｄデータ化するかの部分が、ブラックボックスになっている。学生に３Ｄデータ化する活動を体験させる必要があり、協力企業を探すことが必要である。

第３章

「３次元出来形管理」

ＩＣＴ・ＵＡＶ探求「第２コマ」授業記録
3次元設計データ作成について

１　日　時：2019 年 12 月 18 日(水) 9 ：00－12:00
２　対　象：環境建設工学科　土木コース２年５名
３　講　師：株式会社建設システム(神戸市中央区雲井通 4-1-2)
　　営業部兵庫営業所所長　　大石　富一　氏

学習項目	主な内容	ワンポイントコメント
１　Step1 i-Construction について 	(1) i-Construction の取り組み概要 ア　建設業の課題 イ　i-Construction の３つの施策について ウ　i-Construction の目指すもの (2) ICT 活用工事の発注から工事完成までのデータの流れ (3) ICT 活用工事とは (4) i-Construction が目指すもの	・ICT で丁張りをしなくてもよくなった。 ・女性が建設業に就くようになった。 ・書類整理がスムーズにできる。 「きつい、危険、きたない」から「給与が高い、休暇が取れる、希望が持てる」を目指す。

２　Step1 ３次元データ作成	(1) ３次元設計データ作成 ア　３次元起工測量 ①ＵＡＶ ②レーザスキャナ ③起工測量点群処理 イ　３次元設計データ作成 ①３次元データの構成要素 ②３次元データ作成の注意点 ③３次元設計データ（ＴＩＮ） ④３次元設計データ作成の注意点 ⑤３次元設計データ作成の照査	座標管理 ↓ 平面図作成 ↓ 縦断図作成 ↓ 横断図作成 地盤高と計画高の数

	⑥３次元土量算出 (2) ＩＣＴ建機とは ①３次元設計データを用いて、ＩＣＴ建設機械により施工を実施する。 ②３次元設計データを搭載したトータルステーションなどにより、任意な箇所の標高差を瞬時に確認する。 (3) ３次元出来形管理 ①面施工チェック ②３次元出来形測量の実施（地上型レーザスキャナ、航空機レーザスキャナ、ＵＡＶ） ③出来形点群処理 ④出来形点群処理 ⑤ＴＳ、ＧＮＳＳによる出来形管理 ⑥出来形実地検査 ⑥納品	値入力に注意する。 曲線部では管理図面の間を細かい断面に分割する。 i-Constructionに関する電子成果品の作成規定は「工事完成図書の電子納品等要領」による。

ＩＣＴ・ＵＡＶ探究・実証授業アンケート「第４回」

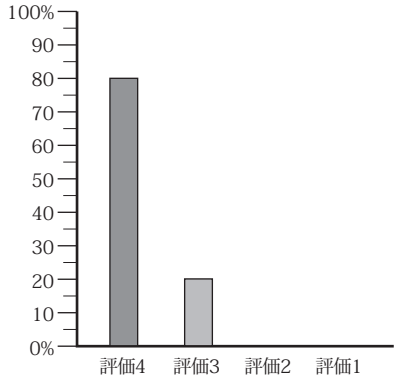
実 証 日:2019年11月22日12:00～15:30
対象学生：環境建設工学科土木コース２年　５名

講義テーマ　：　建設ＩＣＴ施工
講　　師　：　西尾レントール株式会社
関西土木営業部ＩＣＴ施工専任営業係長　田中　健一　氏
関西支店主任ＩＣＴ施工主任者　小西　伸之　氏

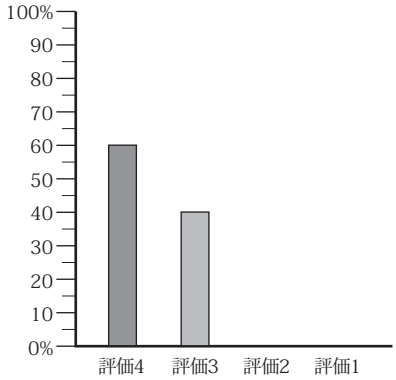
１　アンケート調査結果
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	80.0%	20.0%	0.0%	0.0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	60.0%	40.0%	0.0%	0.0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	80.0%	20.0%	0.0%	0.0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	80.0%	20.0%	0.0%	0.0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	80.0%	20.0%	0.0%	0.0%

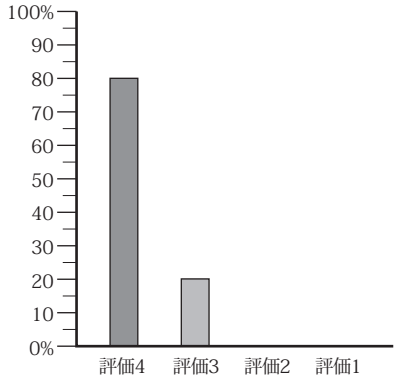
①探究心



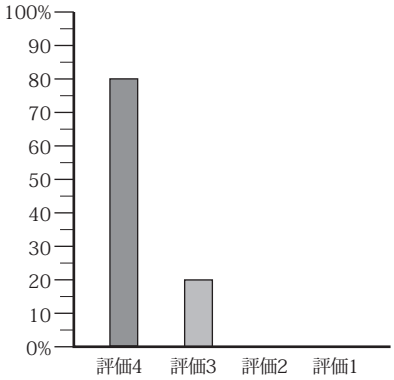
②目的性



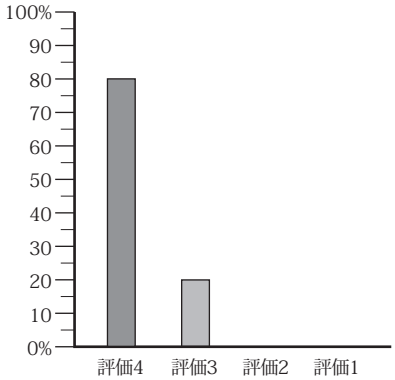
③理解度



④変化性



⑤満足感



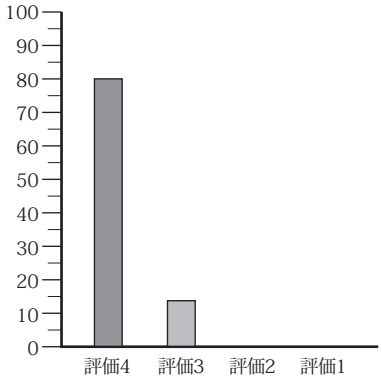
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

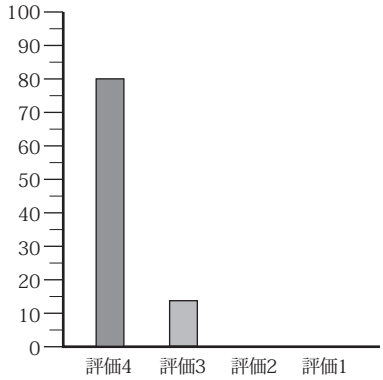
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	80	14	0	0	94
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	80	14	0	0	94
③理解度	授業は分かりやすかった。	80	14	0	0	94
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	80	14	0	0	94
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	80	14	0	0	94

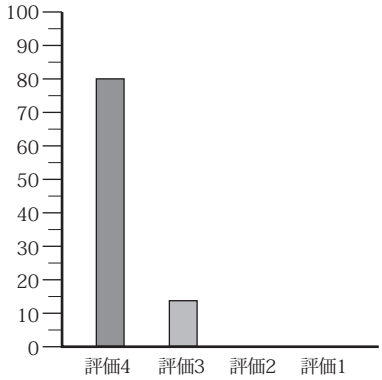
①探究心



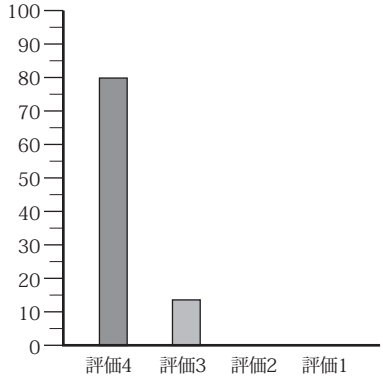
②目的性



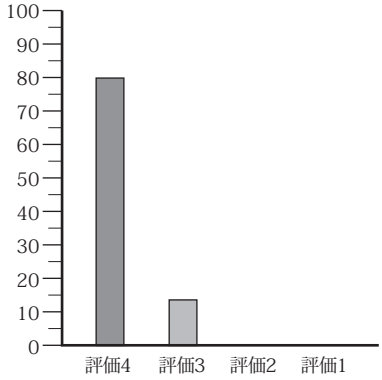
③理解度



④変化性



⑤満足感



3　学生の感想

(1) 新しく分かったこと

・簡単な操作方法だった。
・データの流れがよく分かった。
・３Ｄデータの作り方が分かった。

(2) もっと詳しく学びたいこと

・１回だけでは分かりにくいので、何回か練習したい。
・３次元設計ソフトは、何種類ぐらいあるのか知りたい。
・他の種類のソフトでも３Ｄデータを作ってみたい。

4　授業の振返り

・実際に３次元設計データを作る活動であったので、充実した、満足感の持てる授業となった。
・３次元設計データの作成は、２回目となるので、理解しやすかったようである。
・前の３次元設計データ作成とは違うソフトによる実習であったので、ソフトによる操作の違いに興味を持ち、さらに他のソフトでも学んでみたいという学生が多かった。

ＩＣＴ・ＵＡＶ探究・実証授業アンケート「第６回」

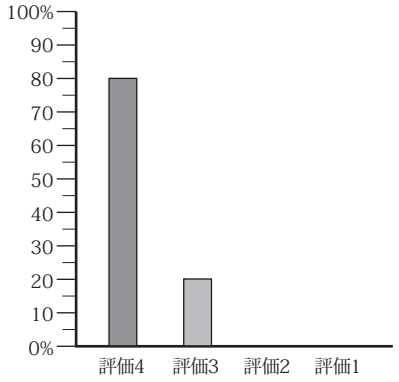
実 証 日：2019 年 12 月 18 日 9:00～12:00
対象学生：環境建設工学科土木コース２年　５名

講義テーマ　：　３次元設計データ作成
講　　師　：　株式会社建設システム　営業部　兵庫営業所長　大石　富一　氏

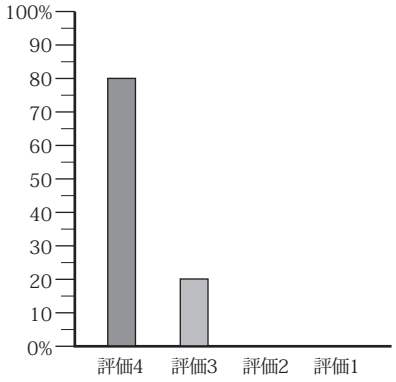
１　アンケート調査結果
◇評価基準　４：そう思う　３：ややそう思う　２：ややそう思わない　１：そう思わない

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	80.0%	20.0%	0.0%	0.0%
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	80.0%	20.0%	0.0%	0.0%
③理解度	授業は分かりやすかった。	80.0%	20.0%	0.0%	0.0%
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	80.0%	20.0%	0.0%	0.0%
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	80.0%	20.0%	0.0%	0.0%

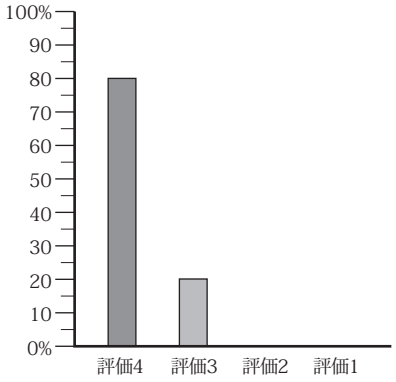
①探究心



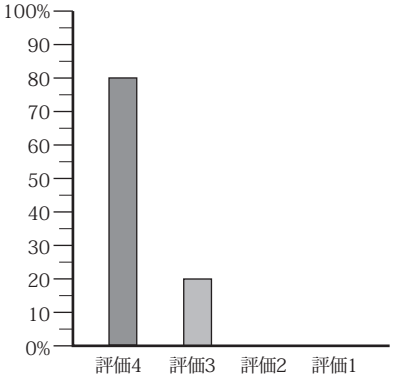
②目的性



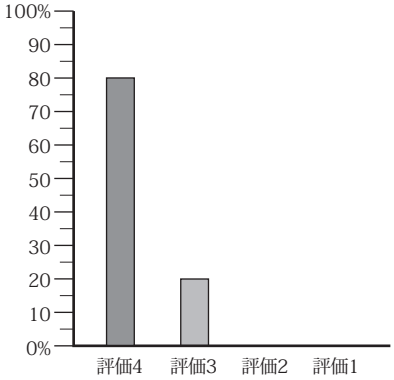
③理解度



④変化性



⑤満足感



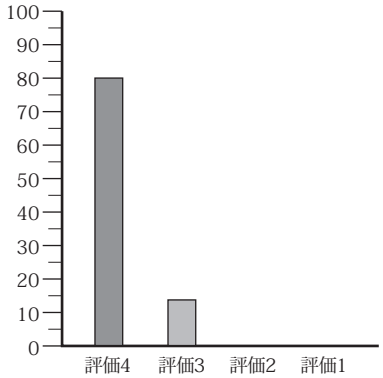
2　100 点満点換算

◇各項目の満点を次のように定め、100 点満点に換算

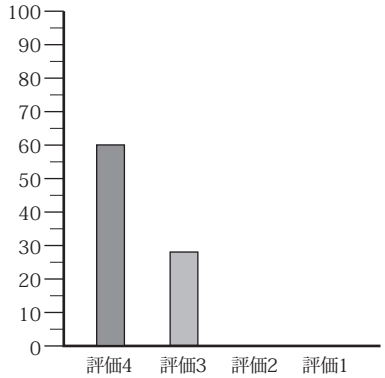
評価４：100 点、評価３：70 点、評価２：40 点、評価１：10 点

授業内容	評価の観点	評価４	評価３	評価２	評価１	合計
①探究心	学修意欲が高まる授業だった。	80	14	0	0	94
②目的性	学修目標・課題が明確な授業だった。	60	28	0	0	88
③理解度	授業は分かりやすかった。	80	14	0	0	94
④変化性	授業は変化があり、あきないものだ。	80	14	0	0	94
⑤満足感	学んでよかったと、満足感を持てた。	80	14	0	0	94

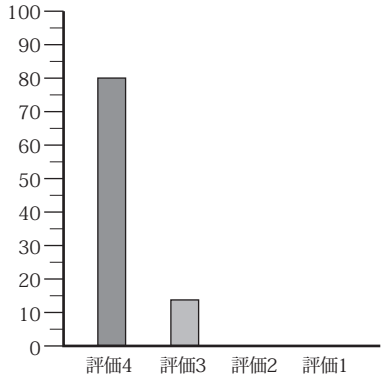
①探究心



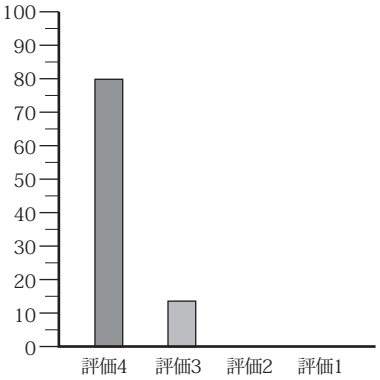
②目的性



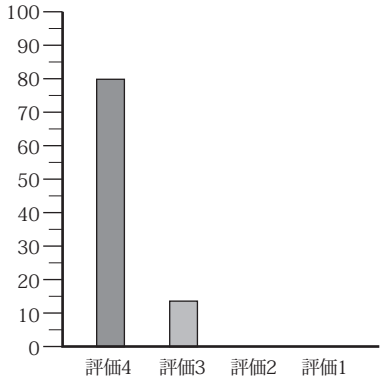
③理解度



④変化性



⑤満足感



3　学生の感想

・無人のユンボがあることに、びっくりした。
・ブルドーザのマニュアル運転ンがうまくて、すごかった。
・ＩＣＴで実際に使われている建機に乗ることができて、といもいい経験になった。
・ＩＣＴ建機のレンタル費用を知ることができて、勉強になった。
・ＩＣＴのことが学べてよかった。就職したら仕事に生かしていきたい。

4　今後の改善策

今までの講義で学んだことを実際の現場で体験することができ、理解が深まったようで、アンケート調査では高い点数となっている。特に、実物を見るだけではなく乗ることができたことにより、魅力ある授業となったようである。

Society5.0社会を支えるエンジニア育成事業

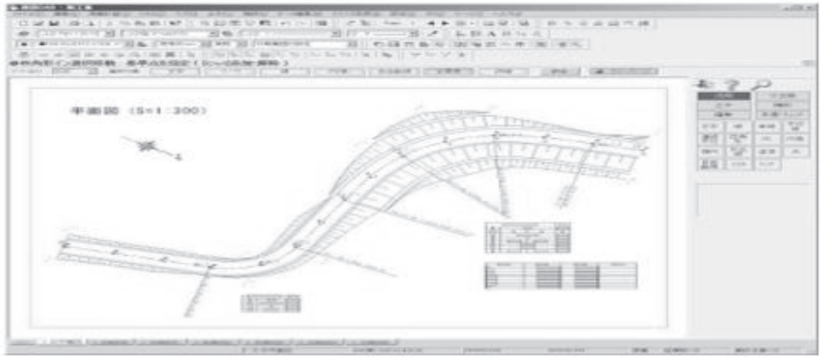
起工測量から3次元設計データの作成

2次元から3次元設計データの作成

1　i-Constructionでは、将来的には契約図書の三次元化が検討されるが、当面は、これまで通り紙図面の2次元設計で実施される。
2　施工者が、2次元設計図書から3次元データを作成することになる。

2次元のCAD図面から3次元座標データを作成

◇ICT建機を現場で動かすためには、2次元平面、縦断、横断図から、マシンコントロール(MC)、マシンガイダンス(MG)等の3次元座標データを作成する必要がる。



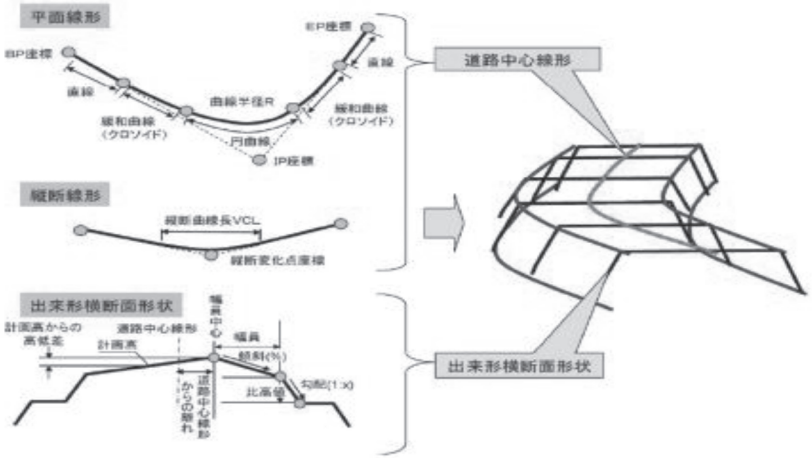
図面の確認と照査

1　まず図面の確認と照査を行う。

2　平面図の照査は、座標リストと曲線要素を確認する。
・座標確認では線形の始点(BP)、終点(EP)、単曲線の始まり(BC)、終わり(EC)、クロソイド曲線の始まり(KA)、終わり(KE)がきちんと記入されているか確認する。
・要素としては曲線半径(R)、パラメータ(曲率の変化率)(A)を確認する。

3　縦断図は、現況の地盤高に対する計画高や、基点からの各曲線要素の追加距離などが記入してある。
・計画変化点の測点名や、縦断の曲線について、曲線長(VCL)、曲線半径(R)が記入してあるか確認する

4　横断図は、勾配、道路中心などとともに記入されており、現地盤と計画地盤の差や地盤を切り土するのか、盛り土するのかなどが分かる。
・照査としては横断図の形状が記載寸法に合っているかを、CAD機能から2点間距離計測という機能を使って確認する。



図面の3D化

①設計図面（CAD図面）の確認・照査

↓

②主要座標入力（役杭、IP点、基準点など）

↓

③路線線形入力（曲線要素を元に入力）

↓

④縦断線形入力（勾配変化点の入力）

↓

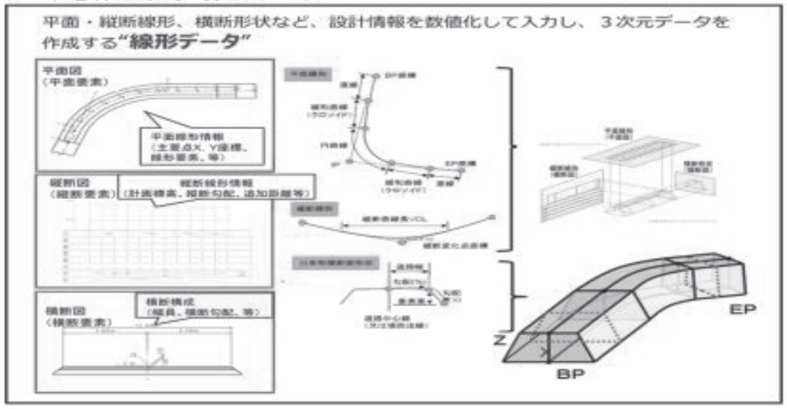
⑤横断形状入力（図面より取得）

↓

⑥形状確認・属性設定後、データ出力

3次元設計データ作成方法は二種類

平面・縦断線形、横断形状など、設計情報を数値化して入力し、3次元データを作成する“線形データ”



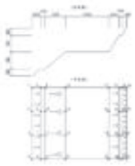
3次元座標を有する三角形の面の集合で構成された面データ“TINデータ”

三次元座標を有する三角形の面の集合で構成された面データ

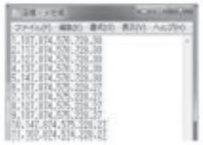
“TINデータ”

作成方法

①計上変化点座標をCAD図等から抽出



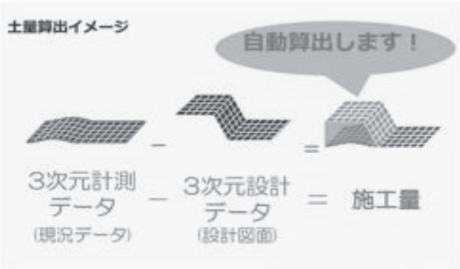
②変化点座標(X,Y,高さ)をCSVデータに整理

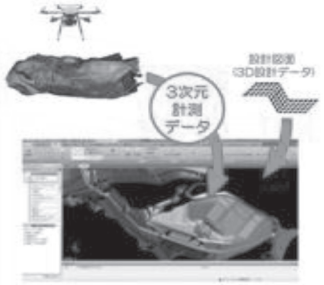


③３次元設計データ作成ソフトウェアにCSVデータを読み込んで読み取った点で面を構成。

施工量算出

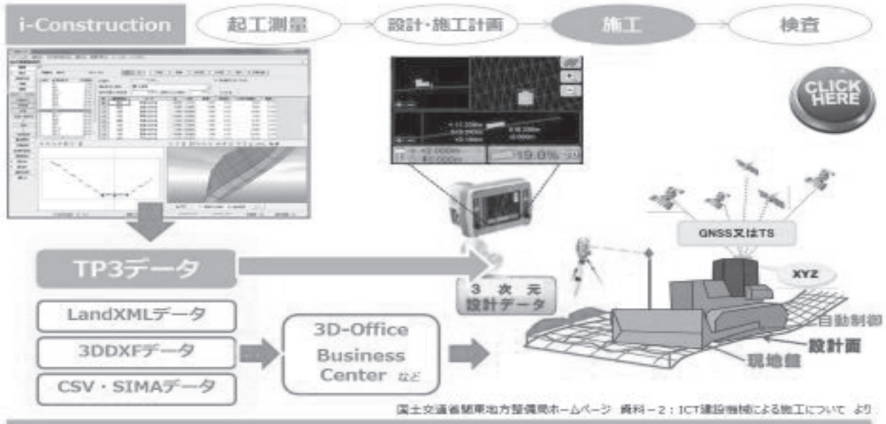
設計段階ではソフトウェア上で、三次元計測(写真測量)の結果と2次元の設計図面から作成した、3次元設計データとの差分から施工量を算出する。





▲施工量算出

ICT施工・出来形管理



国土交通省関東地方整備局ホームページ 資料－2：ICT建設機械による施工について より

３次元設計データをICT建機に出力・情報化施工で活用

3DMC（マシンコントロール）と、3DMG（マシンガイダンス）

1 ICT建機は、3DMC（マシンコントロール）と、3DMG（マシンガイダンス）の2つに大別できる。

2 3DMC（マシンコントロール）と3DMG（マシンガイダンス）は、自動車でいうところの自動運転（マシンコントロール）と、カーナビゲーション（マシンガイダンス）に近い感覚。

3 3DMC（マシンコントロール）、3DMG（マシンガイダンス）どちらに関しても、その現場においてどのような施工をするか設計図面データを入れる。

・3Dは、バケットの刃先の位置をGPSによって読み取っているため、どこの現場に行っても、設計図面データさえコントロールボックスに入れてしまえば、施工することが可能。

3DMG（マシンガイダンス）

自動追尾式TSやGNSSなどの 位置計測装置を用いて建設機械の位置情報を計測し、施工箇所の設計データと 現地盤データとの差分をオペレータへ提供するシステム

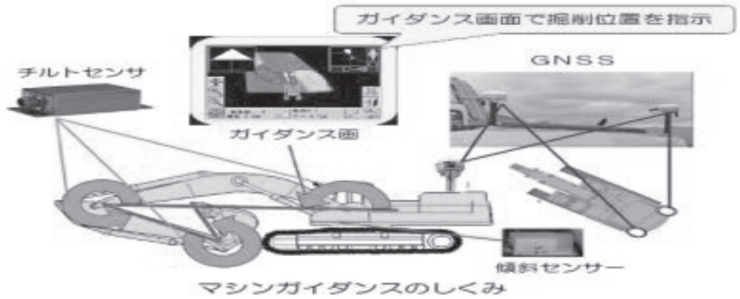
1 3DMG（マシンガイダンス）は、自動車でいうカーナビゲーション。
2 操作をするのは自分自身。だが、設計の位置にバケットがいくと、ここが設計図面の位置ですよと教えてくれる。

3DMG（マシンガイダンス）のメリット・デメリット

3DMG（マシンガイダンス）のメリット
1 オペレーターの腕が落ちない。　2 丁張が不要。
3 経費は安く抑えられる。

3DMG（マシンガイダンス）のデメリット
操作するのは人間であるため、オペレーターにより施工仕上がりの差が出る。

◇MG技術が適用される建設機械は、ブルドーザとバックホウである。



マシンガイダンスのしくみ

3DMC（マシンコントロール）

マシンコントロール技術とは、自動追尾式のTS（トータルス テーション）やGNSS（汎全地測位航法衛星システム）などの位置計測装置を用い て、建設機械の位置情報を計測し、施工箇所の設計データと現地盤データとの差分に基づき、排土板の高さ・勾配を自動制御するシステムである。

1　3DMC（マシンコントロール）は、建設機械をコントロールをしてくれる。
2　乗ってるだけで全てをコントロールしてくれるわけではなく、設計の数値でバケットの位置が自動的に止まって、設計よりも深く掘ろうとしても掘れないようになっている。
3　操作レバーにボタンがついており、施工面に近づくと、バケットの傾きや位置を設計図面に合わせてくれて、アシストしてくれるイメージ。

◇MC技術が適用される建設機械は、モータグレーダとブルドーザである。

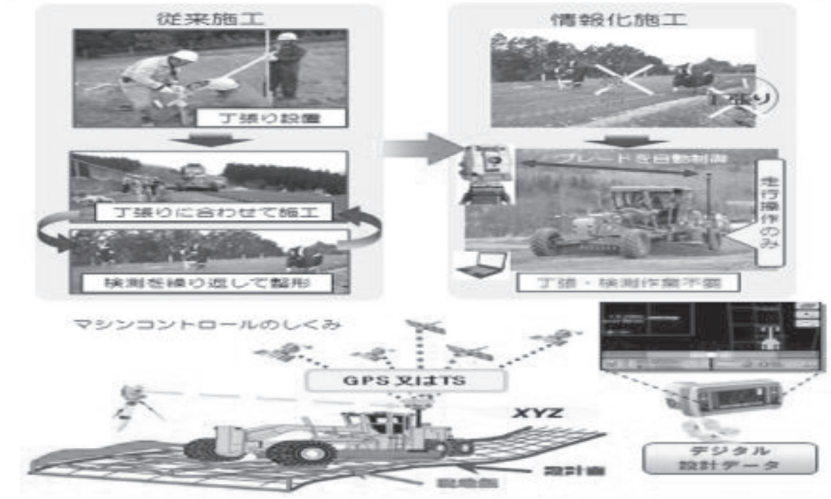
3DMC（マシンコントロール）のメリット・デメリット

3DMC（マシンコントロール）のメリット

1　操作技術が低いオペレーターであっても設計通りの施工が可能。
2　丁張がなくても施工が出来る。

3DMC（マシンコントロール）のデメリット

1　オペレーターの腕がICT建機に頼りきりになると明らかに落ちてしまう。
2　導入費用が高額



出来形管理の監督・検査要領より①

監督職員の実施項目：空中写真測量（UAV）の場合

受注者の空中写真測量（UAV）による出来形管理作業フロー	監督職員の実施項目
施工計画書	①施工計画書の受理・記載事項の確認 ・適用工種、出来形計測箇所、出来形管理基準・規格値・出来形管理写真基準等 ・使用機器・ソフトウェアについて施工計画書の記載及び添付資料等により確認 ・撮影計画（撮影方法、計測性能、飛行の安全確保等）
準備工 ①工事測量 ②工事基準点設置 ③設計照査	②基準点の指示 ・基準点の指示 ③設計図書の3次元化の指示 ・3次元設計データに基づいた設計照査や出来形管理、数量算出結果を受け取るために、設計図書を3次元化することを受注者に指示
工事測量による修正	④工事基準点等の設置状況の把握 ・工事基準点の測量成果及び設置状況の把握 ・空中写真測量に必要な標定点および検証点の測量成果及び設置状況の把握
3次元設計データ入力	⑤3次元設計データチェックシートの確認 ・3次元設計データが設計図書を基に正しく作成されていることを、3次元設計データチェックシートにより確認
（施　工）	（通常工事の監督業務）
出来形計測	⑥カメラキャリブレーションおよび精度確認試験結果報告書の把握
出来形帳票作成等	⑦出来形管理状況の把握 ・出来形管理図表の把握

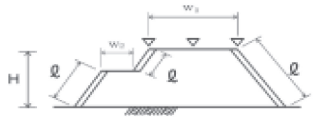
Page 15

© 2018 FUKUI COMPUTER HOLDINGS, FUKUI COMPUTER ARCHITECT, FUKUI COMPUTER. All rights reserved.

面管理による出来形管理とは

従来

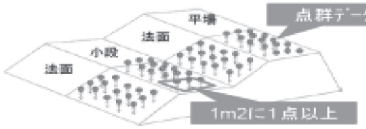
既存の出来形管理基準では、代表管理断面において高さ、幅、長さを測定し評価



＜例：道路土工（盛土工）＞
測定基準：測定・評価は施工延長40m毎
規格値　：基準高(H)：±5cm
法長（ℓ）：-10cm
幅（w）：-10cm

ICT土工

UAVの写真測量やTLS等で得られる３次元点群データからなる面的な竣工形状で評価



＜例：道路土工（盛土工）＞
測定基準：測定密度は1点/m2以上、評価は平均値と全測点
規格値　：設計面との標高較差（設計面との離れ）
平場 平均値：±5cm 全測点：±15cm
法面 平均値：±8cm 全測点：±19cm
※法面には小段含む

引用元：国土交通省『i-Constructiouの概念と目指す土工施工～ICT活用工事（土工）について～』

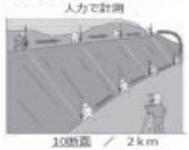
ICT検査①

ICT検査

国土交通省

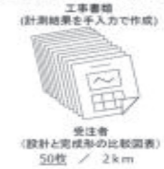
ICT機器を活用し、3次元モデルを用いた検査に対応するように要領・基準を改定。
⇒受発注者双方にとって、検査の大幅な省力化を図る。

検査日数が大幅に短縮



監督・検査要領（土工編）（案）等の導入により、検査にかかる日数が約１／５に短縮
（2kmの工事の場合 10日→2日へ）

検査書類が大幅に削減



監督・検査要領（土工編）（案）等の導入により、検査書類が１／５０に削減

国土交通省ホームページ 2016.3.30 報道発表資料一式より

Page 19

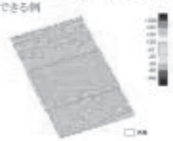
© 2016 FUKUI COMPUTER HOLDINGS, FUKUI COMPUTER ARCHITECT, FUKUI COMPUTER. All rights reserved.

3次元管理のばらつきを評価

工事成績評定要領の運用

出来形合否判定総括表による

③ICT活用工事の例
出来形合否判定総括表の分布図や計測点の個数によりばらつきを判断
ばらつきが50%以下と判断できる例

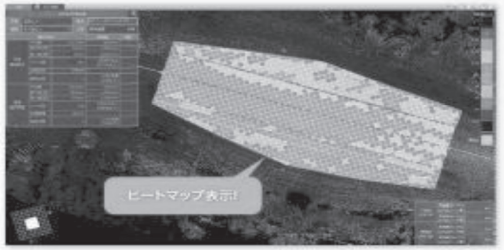


天端のばらつき	規格値の±40%以内のデータ数	1000
	規格値の±50%以内のデータ数	997
法面のばらつき	規格値の±40%以内のデータ数	1100
	規格値の±50%以内のデータ数	1300

工事成績評定要領の運用について（改定箇所）平成28年3月より

ヒートマップと評価／計算結果の数値表示

出来形点群と設計の差異が規格値に対してどの程度収まっているかをグラデーション（段彩）で表現し、3Dで確認できます。平均値や最大値、最小値、データ数、評価面積や棄却点数等、出来形管理要領で求められる評価情報も画面上に表示できます。



i-Construction　今後の展望②

8（2）. i-Constructionに伴うビックデータの活用

国土交通省

○　調査・測量・設計、施工・検査、維持管理・更新の建設生産プロセスや各生産段階（例えば施工段階）において作成される3次元データ等のビッグデータをデータベース化することにより、更なる生産性の向上や維持管理・更新等に有効活用。

○課題
- オープンデータ化
- セキュリティ確保
- データ所有権の明確化
- 官民連携によるデータ管理の確立

○ビッグデータ活用事例（案）
- 施工履歴データによる現場の見える化・効率化
- 事故や異常発生時に、同種・類似のリスクを有する施設の特定
- 将来的にはクラック等の経時変化累積機能を付加し、点検履歴（クラック、漏水等）を参照して維持管理の更なる効率化

13

Page 23

国土交通省ホームページ 2016.3.9 第3回i-Construction委員会 資料3より

© 2016 FUKUI COMPUTER HOLDINGS, FUKUI COMPUTER ARCHITECT, FUKUI COMPUTER. All rights reserved.

理解度評価結果

到達度確認テスト　第１章

1　ICT(i-construction)について

(1)　i-Construction とは

国土交通省は、建設現場の生産性の向上を目指し、建設工事における測量、設計・施工計画、施工、検査の一連の工事の工程において（　①　）データなどを活用する「i-Construction」導入を表明しました。

トンネル工事などでは、約 50 年間で生産性を最大 10 倍に向上させているが、土工や（　②　）工事では、生産性向上の遅れた部分が残っており、生産性の 50%の向上を目指すものです。

ここの現場では情報化施工やプレキャスト化されているなどの実績もあり、生産性向上の可能性があると考えられています。

また「i-Construction」導入の推進に向けた新たな基準の導入や積算基準の見直しも進められています。

(2)　i-Construction 導入メリット

生産性の 50%向上により、よりよい業界の実現を目指します。

①　一人一人の（　③　）を向上させて企業の経営規模を改善。

②　建設現場に携わる人への（　④　）水準の向上を図るなと魅力ある建設現場に。新3K の実現へ。

③　建設現場での（　⑤　）事故ゼロに安全性の飛躍的な向上

【語群】

生産性　　コンクリート　　建築　　賃金　　死亡　　３次元

◆到達状況

	①	②	③	④	⑤
正答・率	３次元、80%	ｺﾝｸﾘｰﾄ、60%	生産性、100%	賃金、80%	死亡、100%
誤答・率	ｺﾝｸﾘｰﾄ、20%	建築、40%		３次元、20%	

考　察	・i-Construction の内容について、理解が不十分な学生が見られる。特に、基本である「３次元データ」を間違えた学生が 20%いたことは問題である。 ・i-Construction の導入メリットについては、ほぼ理解しているものと思われる。

(3) ICT技術の全面的な活用

土木工事では、2008 年より「情報化施工」が導入されました。

「情報化施工」では、施工段階で「ICT(Information and Communication Technology;情報通信技術)」を活用することで高効率(1日当たり最大(①)倍)・高精度の施工が確認されています。

「i-Construction」では、この「ICT」を土工における「(②)、設計・施工計画、施工、(③)」の全工程で導入し使用することにより、3次元データを一貫として使用することにより、生産性の向上を目指します。

【語群】

2	検査	1.5	測量

◆到達状況

	②	②	③
正答・率	1. 5、60%	測量、100%	検査、100%
誤答・率	2、40%		

考 察	・i-Construction の全工程の流れは全員が理解している。

(4)　i-Construction の実現に向けて

国土交通省は i-Construction の実現（３次元データの活用）に向けて、2016 年度から新たな「15 の新基準と積算基準」を設定し基盤整備を進めています。

ア　新たに導入される基準

３次元データの全工程導入に向けて（　①　）測量マニュアルや監督・検査基準などで新たな基準の策定や改訂がなされています。

イ ICT土工用の新たな積算基準の策定

ICT建機の普及に向けて、ICT建設機械の（　②　）料などに関する新たな積算基準や既存の施工パッケージ型の積算基準をICT活用工事に補正する積算基準が策定されました

ウ 施工パッケージ型とは

直接工事費について施工単位毎に（　③　）経費、労務費、材料費を含んだ施工パッケージ単価を設定し積算する方法

エ　この積算基準の中で新たに下記の費用について基準が設けられました。

・バックホウのマシンコントロール・マシンガイダンス技術の機械経費・初期設定費など

・ブルドーザのマシンコントロール・マシンガイダンス技術の機械経費・初期設定費など(監督職員の指示があった場合)

・3次元（　④　）測量、3次元データの作成費用

(5) 今後のICT活用工事(土工)の実施方針

・予定価格3億円以上の工事はすべてICT活用工事を標準化とする「（　⑤　）者指定型」

・3億円未満の工事は、土工量2万㎥が基準となり、以下に分けられる(地域により扱いが異なる場合がある)

・施工者希望Ⅰ型：土工量2万㎥以上の工事はICTを活用する場合に総合評価で2点の加点

・施工者希望Ⅱ型：土工量2万㎥未満は契約後に設計変更を協議

【語群】

リース	発注者	受注者	起工	機械	公共

◆到達状況

	①	②	③	④	⑤
正答・率	公共、80%	リース、80%	機械、60%	起工、40%	発注者、100%
誤答・率	リース、20%	機械、20%	起工、20%	機械、40% 公共、20%	

考　察	・国土交通省の新基準については、理解が不十分な学生が見られる。

到達度確認テスト　第２章

1　最新測量技術（３次元計測技術）について

(1)　３次元計測が必要な理由

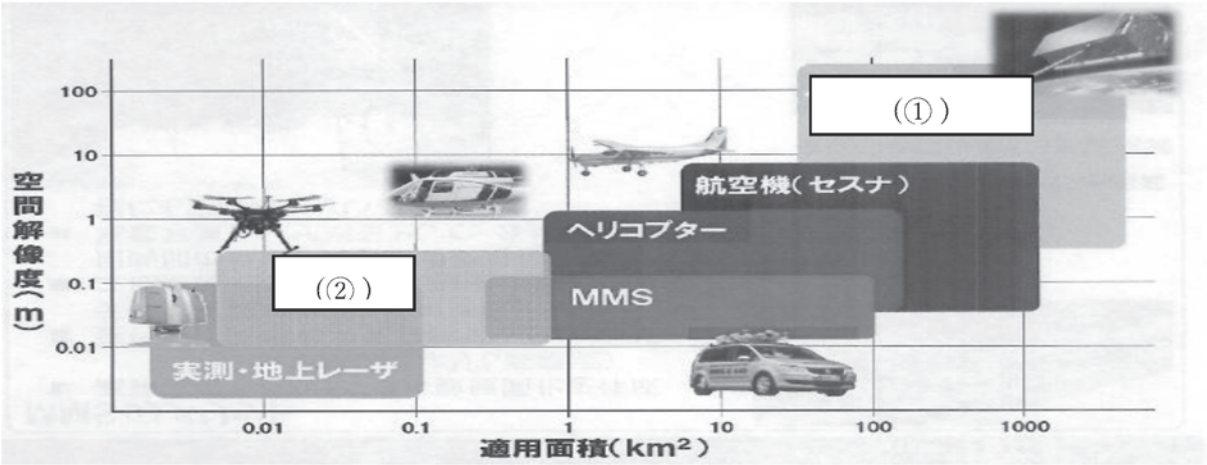
ア　「未来投資戦略 2018－「Society 5.0」「データ駆動型社会」への変革」が閣議決定

イ　国交省　３次元データ利活用方針(2017.11)

ウ　平成 30 年度(4 月版)土工数量算出要領(案)　{国土交通省}

エ　測量計測のための各種撮影機材の概要

オ　各種測器材の適用範囲のイメージ



カ　公共測量の側面からの確認:公共測量の種類

(2)　最新技術紹介と活用事例

ア　モービルマッピングシステム(MMS)の活用場面

①　正確な（　③　）地図の作成　　②　路面性常調査、

③　道路防災点検(法面・（　④　）調査)　④ 道路の付属物の調査、管理支援

⑤　下水道マンホール蓋調査　　⑥　i-Construction　盛土出来形計測への活用

⑦　MMS点群からの道路 3Dモデル作成　⑧　３次元施設管理

⑨　被害状況把握　　⑩　（　⑤　）運転への活用

【語群】　ドローン　自動　擁壁　道路　人工衛星　日本

◆達成状況

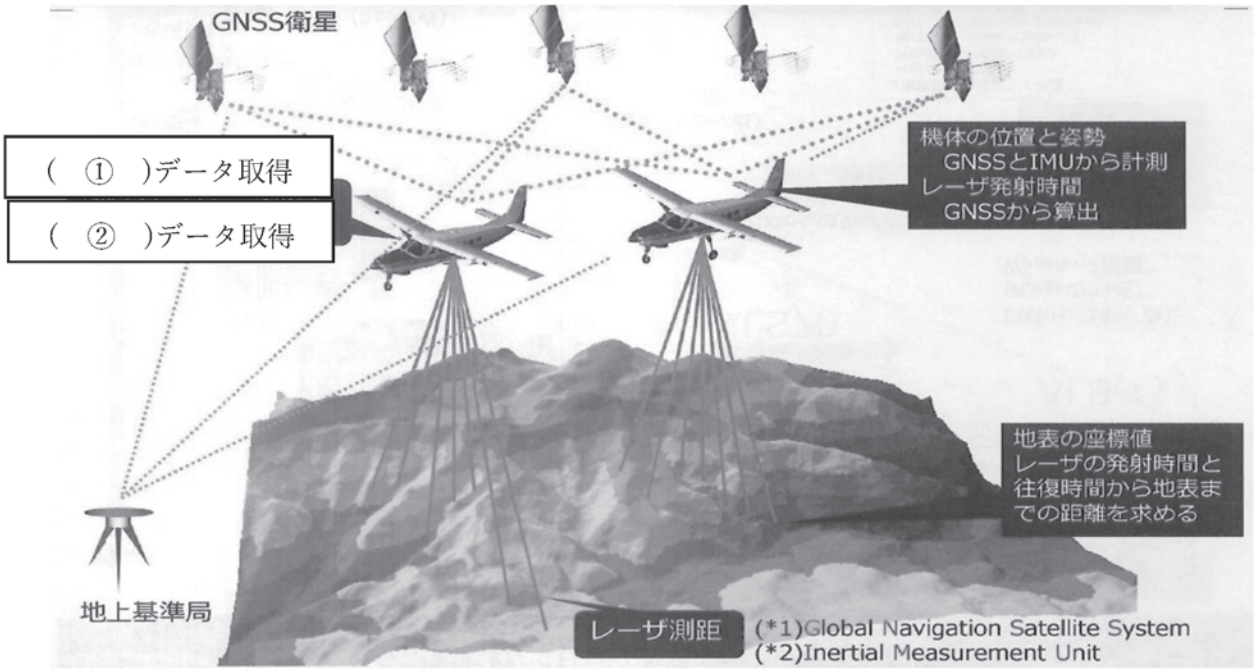
	①	②	③	④	⑤
正答・率	人工衛星、100%	ﾄﾞﾛｰﾝ、100%	道路、40%	擁壁、100%	自動、100%
誤答・率			日本、60%		

考察	３次元測量機材やＭＭＳの活用については、概ね理解できているものと思われる。

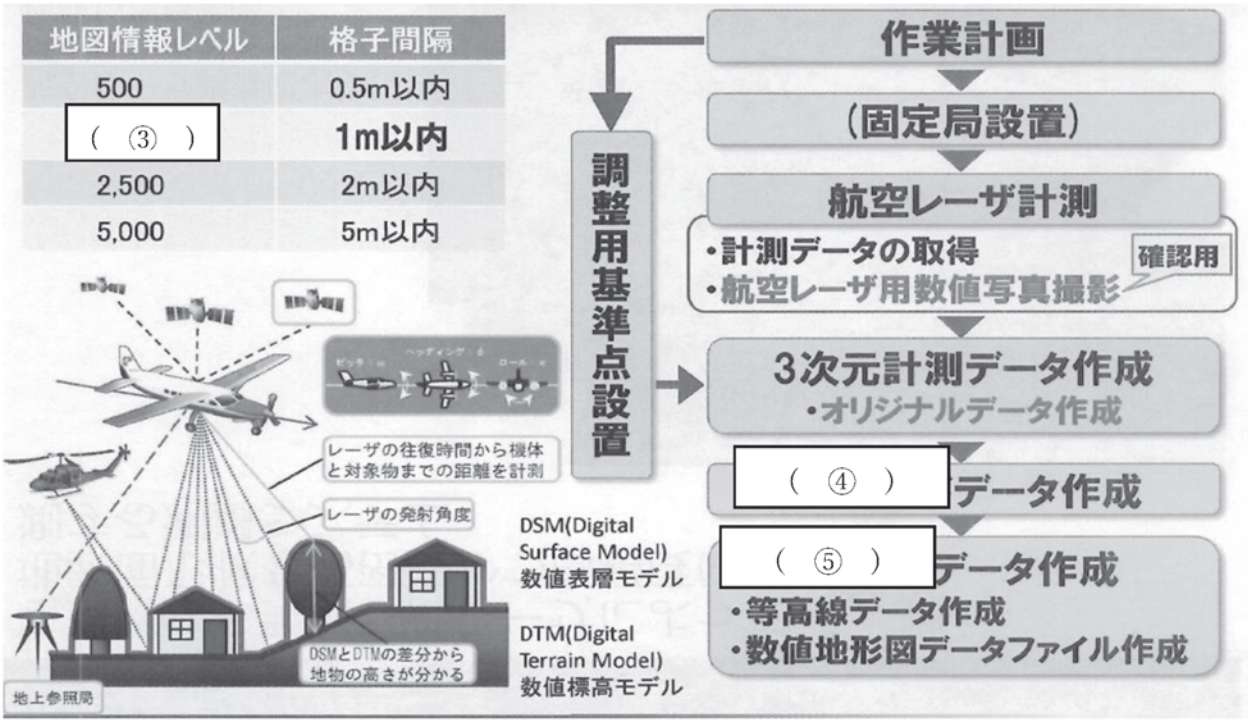
イ　航空レーザ測量

（ア）　航空レーザ測量とは

（イ）　航空レーザの構成



（ウ）航空レーザの流れ



【語群】　IMU　グリッド　グラウンド　1000　1500　GNSS

◆達成状況

	①	②	③	④	⑤
正答・率	GNSS、80%	IMU、80%	1000、20%	ｸﾞﾗｳﾝﾄﾞ、20%	ｸﾞﾘｯﾄﾞ、20%
誤答・率	ｸﾞﾘｯﾄﾞ、20%	ｸﾞﾗｳﾝﾄﾞ、20%	1500、80%	ｸﾞﾘｯﾄﾞ、60% ＩＭＵ、20%	ｸﾞﾗｳﾝﾄﾞ、60% ＧＮＳＳ、20%

考　察	航空レーザ測量の取得データについては概ね理解しているようだが、航空レーザの流れについては、ほとんど理解できていない。

到達度確認テスト　第３章

1 ドローンの利活用について

(1) ドローンとは

ドローンとは、(①)で遠隔操作や、自動制御によって飛行できる航空機の総称で別の言い方で(②)とも言います。

(2) ドローン活用の広がり

ア 土木工事へのドローンの活用(ICT施工)

(ア) 3 次元(③)測量

(イ) 3 次元(④)データ作成

(ウ) ICT建設機械による施工

(エ) 3 次元(⑤)管理等の施工管理(UAV測量)

【語群】	設計　出来形　　ＵＡＶ　マルチコプタ　起工　　無人

◆達成状況

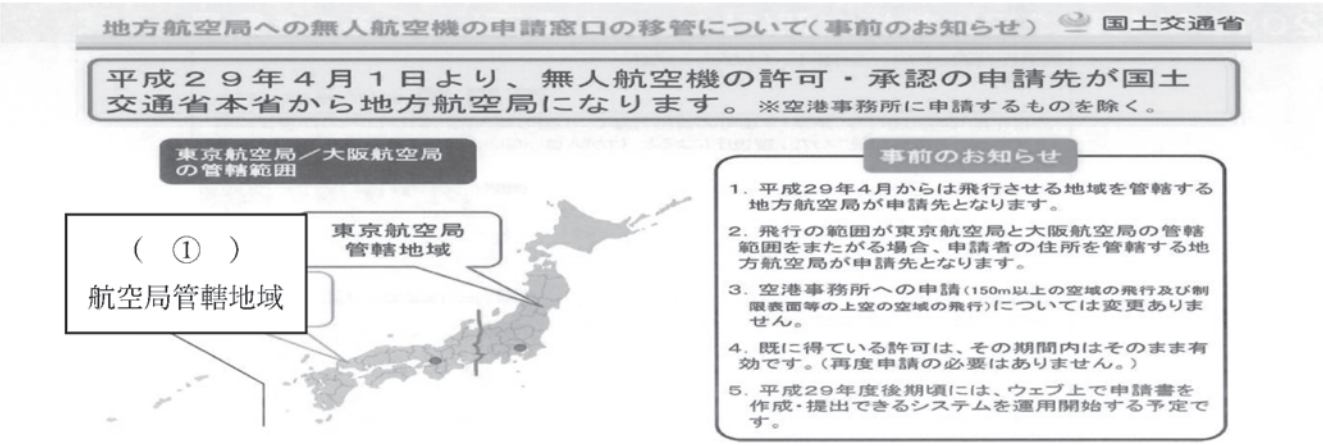
	①	②	③	④	⑤
正答・率	無人、100%	UAV、20%	起工、80%	設計、100%	出来形、80%
誤答・率		ﾏﾙﾁｺﾌﾟﾀ、80%	出来形、20%		ＵＡＶ、20%

考　察	・ＵＡＶの達成率が低かったのは、航空測量全般の学習からドローンへと学習を進めずに、ドローン学習の中で航空測量を取り扱ったためだと考えられる。 ・ＩＣＴ施工の流れは、概ね理解できている。

2 ドローンを安全に使用するために(法規制等)

(1) 日本におけるドローン飛行規制のきっかけ

(2) 無人飛行機の飛行ルールに関する航空法の規定



(3)　無人飛行機の安全な飛行のためのガイドライン

ア　飛行禁止区域

（A）地表または水面から（　②　）m以上の高さの空域

（B）（　③　）周辺の空域

（C）（　④　）集中地域の上空

イ　兵庫県の人口密集地（ＤＩＤ地区）

ウ　飛行方法

飛行させる場所に関わらず、無人航空機を飛行させる場合には、以下のルールを守ることが必要です。

- ⑤（日出から日没まで）に飛行させること
- 目視（直接肉眼による）範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させること（目視外飛行の例：ＦＰＶ(First Person’s View)、モニター監視）
- 第三者又は第三者の建物、第三者の車両などの物件との間に距離⑥を保って飛行させること
- 祭礼、縁日など多数の人が集まる催し場所の上空で飛行させないこと
- 爆発物など危険物を輸送しないこと
- 無人航空機から物を投下しないこと

これらのルールによらずに無人航空機を飛行させようとする場合には、安全面の措置をした上で、国土交通大臣の承認を受ける必要があります。

（夜間飛行）（目視外飛行）（30m未満の飛行）（イベント上空飛行）（危険物輸送）（物件投下）

エ　注意事項

無人航空機を安全に飛行させるためには、航空法を遵守することはもちろんですが、周囲の状況などに応じて、さらに安全への配慮が求められます。具体的には、以下の事項にも注意して飛行させましょう。

- 操縦ミスなどで無人航空機が落下した際に、下に第三者がいれば大きな危害を及ぼすおそれがあります。第三者の上空では飛行させないでください。⑦病院等の不特定多数の人が集まる場所の上空では飛行させないでください。
- ⑧や新幹線等に、万が一無人航空機が落下したりすると、交通に重大な影響が及び、非常に危険な事態に陥ることも想定されます。それらの上空及びその周辺では無人航空機を飛行させないでください。
- 鉄道車両や自動車等は、トンネル等目視の範囲外から突然高速で現れることがあります。そのため、それらの速度と方向も予期して、常に必要な距離（30m）を保てるよう飛行させてください。また、運転中に視界に入るとわき見運転の原因となる為、ドライバーに対する配慮も必要となります。
- 高圧線、変電所、⑨及び無線施設等の施設の付近では、電波障害等により操縦不能になることが懸念されるため十分な距離を保って無人航空機を飛行させてください。
- 強風の場合は飛行させない（風速7～8m/sが限界）

オ　その他関係法令の遵守等

●電波を利用して無人航空機を飛行させる場合、電波法を遵守することが求められます。

●自治体が、その管理する公園等の上空におけるドローンの飛行を禁止していることがあります。また、重要文化財を含む神社仏閣等の管理者が、敷地上空での無人航空機の飛行を禁止する看板を掲示している場合もあります。土地の所有者等が、その土地の上空での無人航空機の飛行を禁止する旨の表示等を行っている場合には、その土地の上空では無人航空機を飛行させないようにしましょう。（第三者の所有する土地の上空で無人航空機を飛行させる場合、所有権の侵害とされる可能性があります）

●無人航空機を利用して映像を撮影し、インターネット上で公開する場合は、「『ドローン』による撮影映像等のインターネット上での取扱いに係るガイドライン」（総務省）に従って、⑩のプライバシー等に注意しましょう。

●無人航空機により他人の身体や財産に危害を加えることは、処罰の対象になる可能性があります。

【語群】　第三者　人口　空港　大阪　学校　高速道路　150　電波塔　30m　日中

◆達成状況

	①	②	③	④	⑤
正答・率	大阪、80%	150、100%	空港、100%	人口、100%	日中、100%
誤答・率	電波塔、20%				

	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
正答・率	30m、100%	学校、80%	高速道路、100%	電波塔、100%	第三者、100%
誤答・率		大阪、20%			

考　察	ドローンに関する法令は、概ね理解できている。

3　ドローンの取り扱いについて

(1)　ドローンの墜落の要因について

平成30年度無人航空機に係る事故一覧（報告件数：50件）

- バッテリーの不具合
- 機体の操縦ミス
- 機材トラブル（制御不能、信号途絶え）　・・・等

H29年度：63件発生

情報元：国土交通省HP
無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール
http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html
・平成30年度無人航空機に係る事故等の一覧

墜落事故の三大要因

1. （　①　）（知識・操縦技術）
2. 機材トラブル（保守・点検）
3. 運用環境の変化（気象条件等）

(2)　ドローンの安全管理について

(3)　ドローンで使用される電波帯について

(4)　バッテリについて（リチウムイオン電池の特性）

バッテリ使用時の注意点

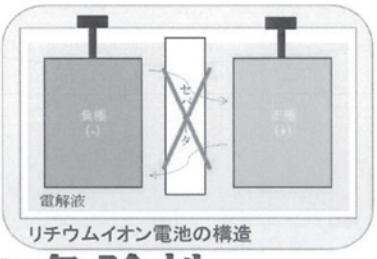
使用すべきでない電池

- 変形したもの
- 衝撃うけたもの
- 漏水したもの
- 漏液したもの

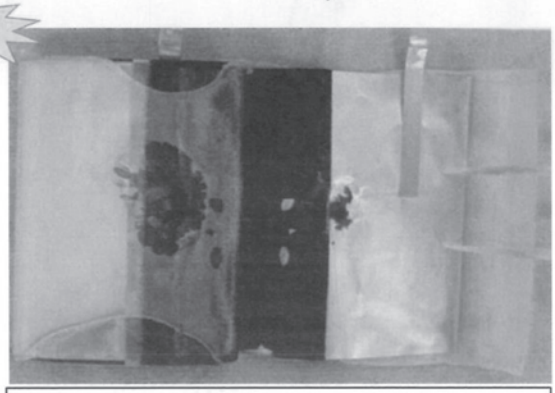
落下

衝撃

傷や凹みのある電池を使用すると・・・



リチウムイオン電池の構造



画像出典元：測量調査分野におけるUASの安全運航に関する講習会

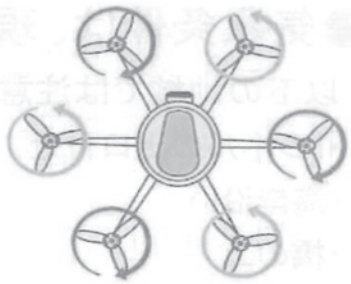
（　②　）や発火の危険性

※外部に凹みや傷等異常がみられる場合、
ただちに使用を中止する！　怪しいときは使用しない！

(5)　飛行に関する安全管理

(6)　ドローンの飛行性能と気象の関係

【ドローンの原理】



出典元
飛ぶ！撮る！
ドローンの購入と操縦
はじめて買って飛ばすマルチコプター
高橋亨監修　株式会社技術評論社 出版

● ドローンの原理

✓ ドローンは複数枚のロータを使用する

✓ 隣合うロータ同士が反対方向に回転し、反トルクを打消しあっている

✓ 機体ロータの回転数を変え前後左右に移動

●ドローンの弱点

・(③)に弱い

・強風環境（風速7～8m/sが限界）

・羽が一つでも壊れると安定性を失い落下

(④)がドローンに与える影響は大きい

・機体性能以上の風速時は、飛行しない

(⑤)の状態が不安定な時は、飛行しない

【語群】　大気　ヒューマンエラー　風　上昇気流　発熱　下降気流

◆達成状況

	①	①	②	③	④
正答・率	ﾋｭｰﾏﾝｴﾗｰ、100%	発熱、100%	上昇気流、100%	風、100%	大気、100%
誤答・率					

考　察	ドローンの飛行性能と気象の関係は、よく理解できている。

本報告書は、文部科学省の生涯学習振興事業委託費による委託事業として、≪学校法人誠和学院　専門学校日本工科大学校≫が実施した　２０１９年度「専修学校による地域産業中核的人材養成事業」の成果をとりまとめたものです。

2019年度　文部科学省委託事業「専修学校による地域産業中核的人材養成事業」
～Society5.0等対応カリキュラムの開発・実証～

Ｓociety5.0社会を支えるエンジニア育成事業　指導用資料

２０２０年　２月発行

発行所 ・ 連絡先
学校法人誠和学院　専門学校日本工科大学校
〒672-8001　兵庫県姫路市兼田383-22
TEL 079-246-5888　　FAX 079-246-5889
http://www.seigaku.ac.jp/

本書の内容を無断で転記、転載することを禁じます。