
建設エンジニア用テキスト素案

建設エンジニア用カリキュラム骨子（テキスト目次）

I ICT概論

1 ICTの概要

- ・ICT推進の背景
- ・ICT活用工事の概要
- ・ICTの目指すもの

2 ICT活用工事（土工）の流れ

3 使用する機器及びソフトウェア

4 施工計画書の作成

- ・従来型UAV起工測量
- ・TLS起工測量
- ・TS起工測量

5 工事基準点の設置

- ・従来型UAV起工測量及び出来形管理
- ・TLS起工測量及び出来形管理

6 起工測量

7 3次元設計データの作成

8 施工計画書の作成

9 施工段階

- ・岩線計測・計測データの作成
- ・土（岩）の分類の境界、変化位置確認

10 出来形管理

II UAV探究

1 UAV測量の概要

- ・従来の測量とUAVによる測量
- ・UAV測量手順
- ・UAV測量のメリット

2 UAV飛行規程概要

- ・飛行ルール対象となる機体
- ・無人航空機の規定概要
- ・飛行空域と許可

第1章ICT概論

1 ICTの概要

(1) 我が国の現状

① 労働力過剰を背景とした生産性の低迷

少子高齢化社会を迎え、今後、明らかに労働力が不足することを考えれば、建設現場の生産性向上は、避けることのできない課題である。

しかしながら、バブル経済崩壊後の投資の減少局面では、建設投資が建設労働者の減少をさらに上回って、ほぼ一貫して労働力過剰となったため、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。

② 労働力過剰時代から労働力不足時代への変化

現在、建設現場で働いている技能労働者約 340 万人（2014 年時点）のうち、約 1/3にあたる約110万人が今後10年間で高齢化等により離職する可能性が高いことが想定されている。

現在はまだ55歳以上の方々が現場を支えることによって我が国の建設現場は成り立っているが、この方々の大部分が離職することが予想される 10 年後には、現在と同水準の生産性では建設現場は成り立たない。

第1章ICT概論

我が国の人口構造に起因するこの労働力不足は全産業に共通する課題であるが、建設産業においては、既に中高年層が現場を支える状況にあることから、より一層深刻な課題である。

③ 安全と成長を支える建設産業

激甚化する災害に対する防災・減災対策や老朽化するインフラの戦略的な維持管理・更新、そして、強い経済を実現するためのストック効果を重視したインフラの整備など、建設産業には、安全と成長を支える重要な役割が期待されている。

④ 安定的な経営環境

我が国の建設投資額は1992年度の約84兆円をピークに減少し、2010年度にはその 5 割以下となる約41兆円まで落ち込んだ。その後、増加に転じ2015年度はピーク時と比較し 6 割の水準である約48兆円となる見込みである。

また、12年連続で減り続けてきた公共事業予算が2015年度は 2 年連続で横ばいとなった。

このような建設投資、公共事業予算の状況の中、建設企業の業績も上向き、建設企業においても安定的な経営環境が実現し始めたことで、未来に向けた投資や若者の雇用を確保できる状況になりつつある。

第1章ICT概論

⑤ 生産性向上の絶好のチャンス

今後 10 年間で高齢化等による労働力の大幅減少が避けられない建設産業においては、いま生産性を向上させなければ、現場を維持し社会的使命を果たしていくことが困難な状況になると考えられる。

しかしながら、見方を変えれば、この人手不足はイノベーションのチャンスである。我が国は世界有数の I C T 技術を有しており、生産性向上のためのイノベーションに突き進むことができるチャンスに直面している国なのである。

建設企業の業績が回復し、安定的な経営環境が確保されつつある中で、生産性の向上に本格的に取り組むべき絶好の機会が到来したと言える。今こそ、我が国の建設現場が世界の最先端となるよう産学官が連携して i- Construction に取り組むべき時である。

第1章ICT概論

(2) i-Construction を進めるための視点

① 建設現場の宿命

建設産業においては、「一品受注生産」、「現地屋外生産」、「労働集約型生産」などの特性があり、製造業等で進められてきた、ライン生産方式、セル生産方式及び自動化・ロボット化などの生産性向上策に取り組むことが困難であると考えられてきた。

② 宿命を打ち破るため、建設現場へ I o T を導入

I o T の導入により、建設現場においても、「建設機械」と「設計データ」など「モノ」と「モノ」とがつながる。その結果、ICT 建機による 3 次元データを活用した施工・検査など自動化・ロボット化による生産性向上が期待される。

また、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて、3次元データを導入することで、建設生産システム全体を見通した施工計画、管理などコンカレントエンジニアリング、フロントローディング の考え方を実践していくことが可能となる。建設現場に I o T を導入することで、製造業で行われているような生産性向上の取組を実現し、宿命を打破できる可能性がある。

第1章ICT概論

開発等を国が中心となって戦略的に取り組むとともに、維持管理の基準類について、ICT 技術の進展等を踏まえて適宜改善を行うことが必要である。

ii) 建設現場へ最先端のサプライチェーンマネジメントを導入

建設現場では一品受注生産が基本であり、発注後、仕様の確認、製作という順となり、納期に時間がかかり、待ち時間が発生するという実態があった。

フロントローディングの考え方にに基づき、設計段階に施工性や品質管理を考慮した全体最適設計の考え方を導入し、部材等の規格の標準化等を行うことにより、例えば鉄筋のプレハブ化に伴う工場製作が導入しやすくなる。

最先端のサプライチェーンマネジメントの考え方を導入することにより、施工段階における原材料の調達、各部材の製作、運搬、部材の組立等の工場や現場における各工程が改善され、待ち時間などのロスが少なくなり、建設生産システム全体の効率化、生産性向上が実現できる可能性がある。

iii) 建設現場の2つの「キセイ」の打破と継続的な「カイゼン」

イノベーションを阻害し、最新の技術が考慮されていない従来からの基準などの「規制」や年度末に工期を設定するなどの「既成概念」を打破することで、更なる建設現場の生産性向上が実現できる可能性がある。

第1章ICT概論

このような現場の生産性向上を阻む「規制」や「既成概念」などの制度面の課題については、常に現場に携わる関係者が問題点を話し合い、継続的な「カイゼン」を行うことが重要である。

④ 留意すべき点

i-Constructionを進める上で、先に述べた3つの視点に加え、以下について留意する必要がある。

- 建設現場において多くの技能労働者による重機周りの作業や高所作業が行われていることが、労働災害による死傷者が多いという安全上の課題につながっている。建設現場における死傷事故率は、全産業の約2倍に達しており、更なる改善が必要である。
- IoT、ロボット、AI、ビッグデータなどの分野の技術は日進月歩で進化しており、技術開発と社会実装のサイクルが従来に無い早さで回っている。このため、国は、急速に進展する新技術の動向を踏まえ、技術の現場導入を進めるための柔軟な対応が必要である。

第1章ICT概論

(2) i-Constructionを進めるための視点

③ i-Constructionを進めるための3つの視点

i) 建設現場を最先端の工場へ

屋外の建設現場においても、近年の衛星測位技術等の進展とICT化により、ロボット技術やデータを活用した品質管理・工程管理が実現しつつある。

今後、インダストリに代表される世界の潮流を踏まえ、建設現場においてもICT技術の本格的な導入・普及を図ることによって、建設現場を自動化・ロボット化など技術集約型の最先端の工場へ転換できる可能性がある。

調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて、3次元データを導入し、ICT建機など新技術の活用が実現するとともに、コンカレントエンジニアリング、フロントローディングの考え方を実践していくことが重要である。

また、インフラの設計・施工段階から、維持管理を含めた最適化が図られるよう配慮することが必要である。

さらに、点検・診断のコスト縮減、修繕工事の工期短縮等を図るため、民間が開発した技術の試行・評価や、産学官による共同研究

第1章ICT概論

- 海外では、技術だけでなく、基準類、発注方式等パッケージでの展開が求められることが多い。

このため、i-Constructionの取組を進めるにあたっては、調査・測量・設計、施工・検査、維持管理・更新までの建設生産システムとして輸出することを前提に、国際標準化やパッケージ化等を考慮しながら、各取組を進める必要がある。

2 ICTの全面的な活用（ICT土工）

(1) 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。

第1章ICT概論

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、従来は測量、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。

(2) 直ちに取り組むべき事項

① 新基準の導入

調査・測量、設計、施工、検査、維持管理・更新のあらゆる建設生産プロセスにおいてICT技術を全面的に導入するため、3次元データを一貫して使用できるよう示すような新基準を導入することが必要である。

このため、国土交通省では、15の新基準を整備し、直轄事業に平成28年4月より導入した。これらの基準により、建設現場はICT建機やロボット技術を全面導入することで、大幅な生産性向上が期待される。

第1章ICT概論

なお、これらの基準については、ICT技術の進展等を踏まえて、適宜改善を行うことが必要である。

- ドローン等を活用した測量マニュアルの整備
 - 調査・設計等の3次元データによる納品要領の整備
 - 3次元データによる出来形管理基準と要領（土木工事施工管理基準等）の整備
 - 3次元データによる工事検査基準（土木工事施工管理基準）等の整備
- ② ICT土工に必要な企業の設備投資に関する支援
- 現状では、国が発注する土工の全てを行うために十分なICT建機が普及しているとは言えない。このため、ICT土工に必要なICT建機等の導入を促進するため、一定期間、3次元データに対応し、i-Constructionの推進に必要な経費を支援することが必要である。
- ICT建機を前提にしたICT建機用積算基準の導入

第1章ICT概論

③ ICT土工に対応できる技術者、技能労働者の拡大

ICT技術を全面的に導入するには、ドローン等の測量技術、3次元CAD等の設計技術ICT建機などに対応できる技術者・技能労働者やトータルでICTを使いこなし、工事全体をマネジメントして生産性向上を導き出す技術者が必要である。

このため、工事発注機関、建設企業、測量企業、建設機械メーカー、測量機器メーカー、建設機械レンタル企業等が共同し、共通の研修体制を構築し、ICT機器に対応できる様々な分野の技術者を育成するとともに、ICT施工やICT技術の知識、技能、実務経験を有する技術者、技能労働者を確保・評価・活用するための資格制度等を検討する必要がある。

- 官民による推進体制の構築
- 地方整備局や都道府県職員のための研修の充実（国土交通省における職21員研修の充実、全国建設研修センターなどの研修機関の活用）
- 民間機関等による研修の充実
- ICT建機等を導入した企業等からの技術的な問い合わせに対応できるような仕組みの検討

第1章ICT概論

- ICT施工やICT技術に精通した技術者・技能労働者の資格制度等の検討

④ 技術開発等

ICT技術の全面的な活用に向け、以下のことに取り組む必要がある。

- 測量技術について、ドローンなど特定の技術に限定せず、様々な新しい技術を取り入れることを可能にする基準類の整備
- 急速に進展する新技術の現場導入を進めるための柔軟な対応
- 土工から浚渫工など土工以外の工種への展開
- i-Construction を地方レベルの受発注者に展開する上でのプラットフォームの整備及び推進方策の検討
- 維持管理の効率化・生産性向上に向けた、維持管理の基準類の改善と技術研究開発の推進
- 現在、人が行っている補助的な作業を機械化していくための技術開発の推進

第1章ICT概論

3 i-Constructionの目指すべきもの

i-Constructionの目標は、生産性を向上させ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を図るとともに、安定した休暇の取得や安全な現場を実現することを目指している。

i-Constructionを推進するためには、i-Construction に取り組むことで建設現場がどのように変わり、それにより、建設現場で働く方々の処遇がどのように変わって行くのか明らかにし、関係者が共有することが重要である。

そのため、i-Constructionの個々の現場における取組状況については、随時、状況・効果を把握し、建設現場がどのように変わってきているかについて広く国民に公表し、情報共有すべきである。

第1章ICT概論

(1) 建設現場の生産性向上

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、全てのプロセスに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。

また、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。

また、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。

なお、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。

更にトッランナー施策で得られた知見をもとに、様々な「カイゼン」を進めることが重要である。

第1章ICT概論

例えば、工事契約当初における設計思想の伝達や情報共有を図るため、設計者・施工者・発注者が一堂に会する三者会議や、設計変更の手続きの迅速化のため、設計変更審査会を設置しているところである。

このような場を活用し、さらに多くの関係者が情報共有し、現場における業務の効率化や生産性向上を図っていくことが重要である。これらの取組は、将来にわたって不断の見直しを行うことが必要であり、継続的にカイゼンする仕組みを取り入れることが重要である。

(2) より創造的な業務への転換

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。

また、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。

第1章ICT概論

IoTの進展は、大量生産からカスタマイズ生産へのシフトをもたらすと言われている。今後は、国民のニーズ、現場のニーズも多様化する。例えば、インフラの維持管理であれば、単純な補修から大規模更新など多種多様な対応が求められる。

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。

(3) 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。

第1章ICT概論

(4) 十分な休暇の取得

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。

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仕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。

(5) 安全性の向上

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。

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によって、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を期待される。

第1章ICT概論

(6) 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。

(7) 地方創生への貢献

建設産業は地域のインフラを支える重要な役割を担うとともに、地域経済を支える産業の一つである。

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。

第1章ICT概論

(8) 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。

第1章ICT概論

注 釈

- ① 建設現場：
実際に施工を行っている工事現場のみを意味する言葉ではなく、調査・測量、設計、施工、検査、維持管理・更新の各々の段階（建設生産プロセス）の現場を表すものである。
- ② i-Construction
建設現場、すなわち調査・測量、設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて、抜本的に生産性を向上させる取組であり、建設生産システム全体の生産性向上の取組である。
- ③ 一品受注生産
異なる土地で、顧客の注文に基づき、一品毎生産
- ④ 現地屋外生産
様々な地理的・地形条件、及び日々変化する気象条件等に対処した生産

第1章ICT概論

⑤ 労働集約型生産

様々な材料、資機材及び施工方法と専門工事会社を含めた様々な技能を持った多数の作業員による生産

⑥ IoT (Internet of Things)

自動車、家電、ロボット、施設などあらゆるモノがインターネットにつながり、情報のやり取りをすることで、モノのデータ化やそれに基づく自動化等が進展し、新たな付加価値を生み出す。

⑦ コンカレントエンジニアリング

製品やシステムの開発において、設計技術者から製造技術者まですべての部門の人材が集まり、諸問題を討議しながら協調して同時に作業にあたる生産方式。開発のある段階が終わってから次の段階に移るのではなく、開発段階の最後のほうですでに次の段階をオーバーラップしながら開始していく。

第1章ICT概論

⑧ フロントローディング

システム開発や製品製造の分野で、初期の工程において後工程で生じそうな仕様の変更等を事前に集中的に検討し品質の向上や工期の短縮化を図ること。

CIMにおいては、設計段階でのRC構造物の鉄筋干渉のチェックや仮設工法の妥当性検討、施工手順のチェック等の施工サイドからの検討による手戻りの防止、設計段階や施工段階における維持管理サイドから見た視点での検討による仕様の変更等に効果が見込まれる。

⑨ インダストリ 4.0

第四次産業革命を意味し、モノのインターネットや生産の自動化技術を駆使し、工場内外のモノやサービスと連携することで、今までにない価値や、新しいビジネスモデルの創出を 狙った次世代製造業のコンセプト。

i-Constructionの取組概要

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

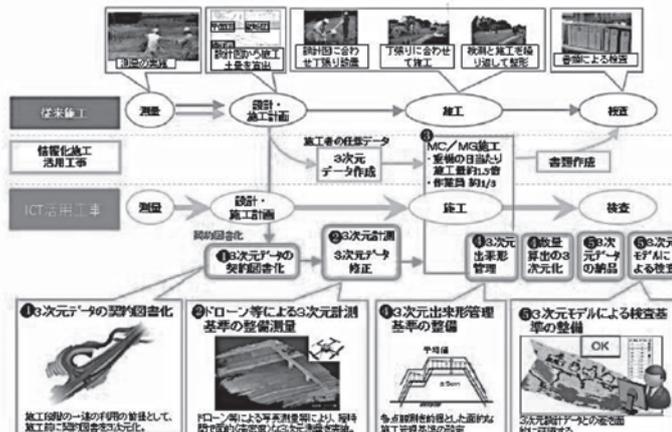
ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

ICT活用工事とは？

建設生産プロセスの下記①～⑤の全ての段階においてICTを全面的に活用する工事であり、入札公告・入札説明書と特記仕様書に明示することで対象工事とする。

- 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

※「ICT活用工事」において、上記①～⑤の一連の施工を行うことを「ICT活用施工」という。



ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

ICT活用工事【土木】の発注方法

(1) 対象工種

- 1) 河川土工、砂防土工、海岸土工(レベル2工種)・・・掘削工、盛土工、法面整形工
- 2) 道路土工(レベル2工種)・・・掘削工、路体盛土工、路床盛土工、法面整形工

(2) 対象工事

- ・土工(対象工種)を含む「一般土木工事」

(3) 発注方式

1) 発注者指定型

発注者の指定によって「ICT活用工事」を実施する場合、別途定める「ICT活用工事(土工)積算要領」により、必要な経費を当初設計で計上する。

2) 施工者希望型

受注者の希望によって「ICT活用工事」を実施する場合、別途定める「ICT活用工事(土工)積算要領」により、必要な経費を設計変更にて計上する。

このうち、土工量が一定以上の工事は、総合評価落札方式において「ICT活用施工」を評価項目とする。

◆ 施工者希望 I 型

総合評価で評価項目とする → 総合評価段階で希望(提案)する

※(特例措置)入札は従来施工の費用 → 希望(提案)業者が受注した場合、契約変更時に必要な経費を変更計上

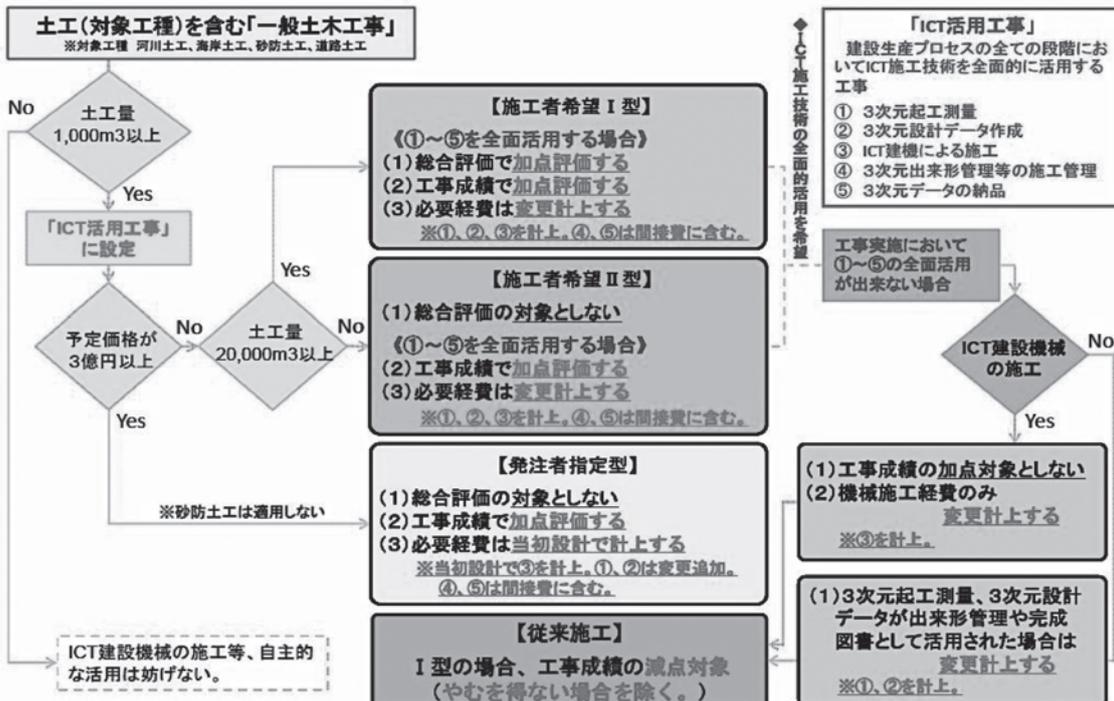
◆ 施工者希望 II 型

総合評価で評価項目としない → 契約後に希望(協議)する

※(特例措置)入札は従来施工の費用 → 協議が調った場合、契約変更時に必要な経費を変更計上

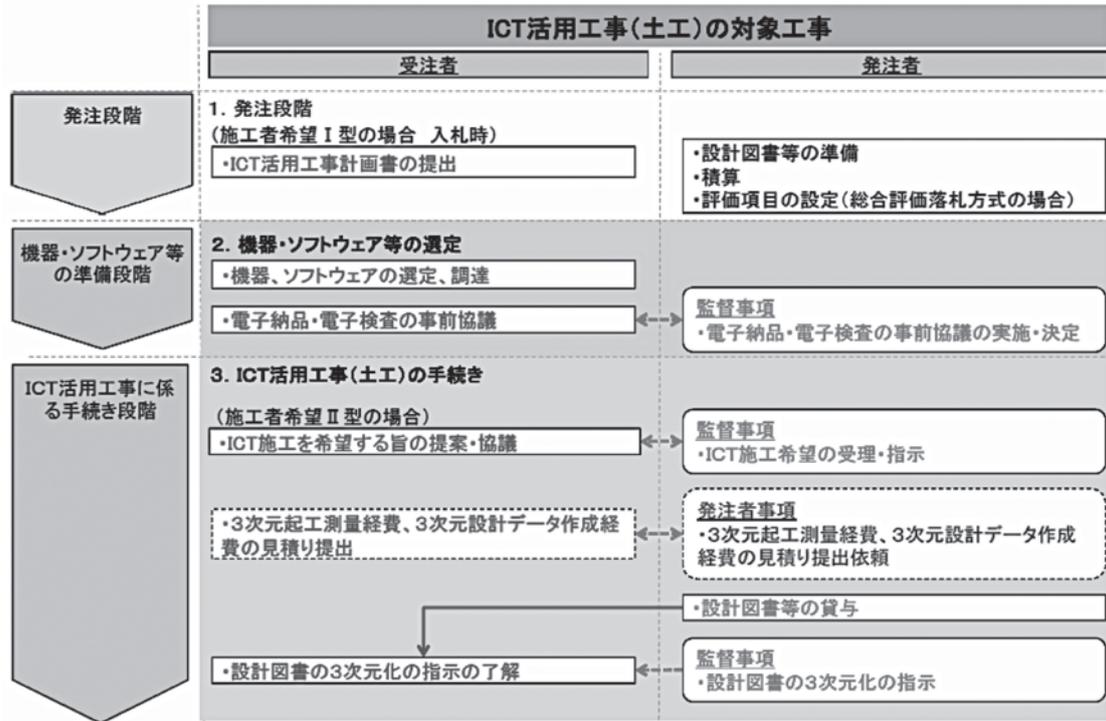
ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

ICT活用工事【土木】の実施方針



ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

ICT活用工事(土木)の流れ



ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

機器・ソフトウェア等の選定・調達等

機器・ソフトウェア等の選定の実施内容と解説事項

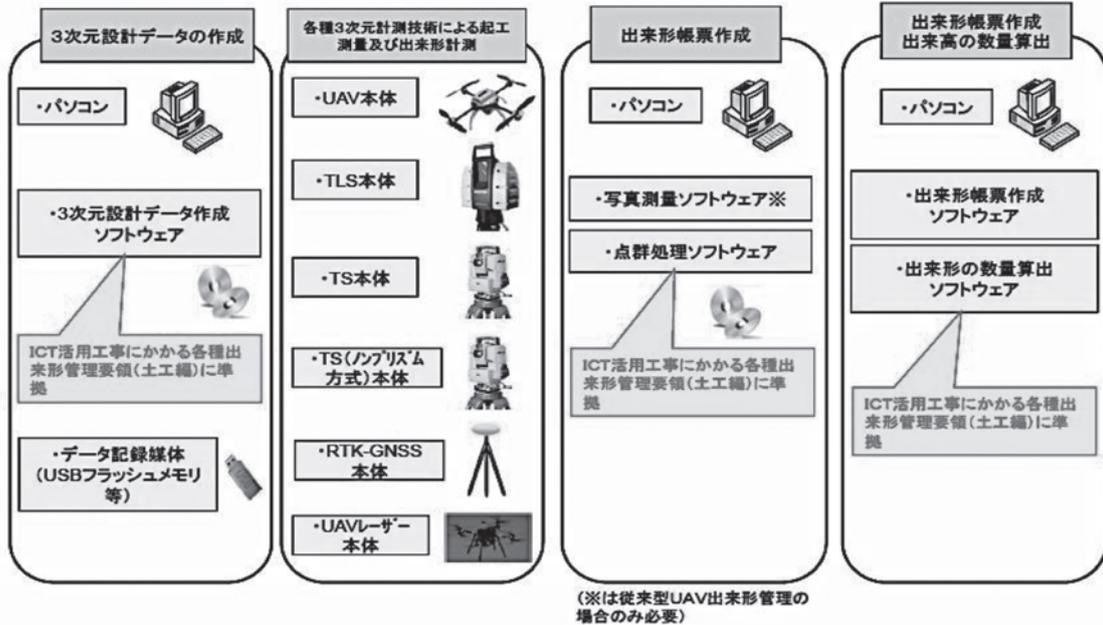
| フロー | 受注者の実務内容 | 監督職員の実務内容 |
|-----------------|-----------------|-----------------------|
| 機器構成、仕様の確認 | ・必要な機器構成、仕様の確認 | |
| 機器・ソフトウェアの選定・調達 | ・必要な機能の取捨選択 | |
| 電子納品・電子検査の事前協議 | ・電子納品・電子検査の事前協議 | ・電子納品・電子検査の事前協議の実施・決定 |

- 各種3次元計測技術を用いた出来形管理に必要な機器・ソフトウェアは、「従来型UAV」・「TLS」・「TS」・「TS(ノンプリズム方式)」・「RTK-GNSS」・「UAVレーザー」・「写真測量ソフトウェア」※・「点群処理ソフトウェア」・「3次元設計データ作成ソフトウェア」・「3次元出来形帳票作成ソフトウェア」・「出来高の数量算出ソフトウェア」です。(※は従来型UAV出来形管理の場合のみ必要)
- 要領・基準等に準拠した適切な機器・ソフトウェアを選定し、出来形計測精度及び機器やソフトウェア間の互換性の確保が必要です。
- 機器・ソフトウェアは測量機器販売店やリース・レンタル店、施工関連のソフトウェアメーカー等より、購入またはリース・レンタルにより調達が可能です。
- 各メーカーによって機器・ソフトウェアの操作性・機能・コストが異なることから、事前に各メーカーのカタログ、HPなどから情報収集し、またはデモ等のサービスを利用し、操作性や機能を事前確認が必要です。
- 電子納品及び電子検査を円滑に行うために、工事着手時に監督職員と受注者で事前協議し決定します。

ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

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



ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

施工計画書(起工測量編)の作成

▶ 施工計画書(起工測量編)時の実施内容と解説事項

| フロー | 受注者の実務内容 | 監督職員の実務内容 |
|---|------------------|---------------------|
| (TLS,TS(ノンプリズム方式)、UAVレーザーによる起工測量の場合) 精度確認試験結果報告書の作成 | ・精度確認試験結果報告書の作成 | ・精度確認試験結果報告書の確認・受理 |
| 施工計画書(起工測量編)の作成 | ・施工計画書(起工測量編)の作成 | ・施工計画書(起工測量編)の確認・受理 |

- ▶ 起工測量にTLSやTS(ノンプリズム方式)、UAVレーザーを使う場合、受注者は精度確認試験結果報告書を提出します。監督職員はその内容を確認します。
- ▶ 起工測量に従来型UAVを使う場合は、使用機器・ソフトウェア(UAV及び使用するデジタルカメラの計測性能、機器構成及び利用するソフトウェア)と、撮影計画(空中写真の撮影コース及び重複度等)が記載された施工計画書を受注者は提出します。監督職員はその内容を確認します。
- ▶ 起工測量にTLSやTS(ノンプリズム方式)、UAVレーザーを使う場合は、使用機器・ソフトウェア(LSの計測性能、機器構成及び利用するソフトウェア)が記載された施工計画書を受注者は提出します。監督職員はその内容を確認します。
- ▶ 起工測量にUAVレーザーを使う場合は、使用機器・ソフトウェア(UAVレーザー本体の計測性能、機器構成及び利用するソフトウェア)と、飛行計画(飛行経路、飛行高度、レーン間の計測範囲重複度等)が記載された施工計画書を受注者は提出します。監督職員はその内容を確認します。
- ▶ 施工計画書には、使用するシステムの機能および精度が要領に準拠していることを確認できる資料(メーカーカタログ等)を添付します。

ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

従来型UAVによる起工測量の場合

従来型UAVを使って起工測量を行う場合は、使用機器・ソフトウェア(UAV及び使用するデジタルカメラの計測性能、機器構成及び利用するソフトウェア)と、撮影計画(空中写真の撮影コース及び重複度等)を記載します。

機器構成、仕様確認時の留意点

機器構成

■ UAV

- ✓ 「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」許可要件に準じた飛行マニュアルが施工計画書の添付資料として提出します。
- ✓ UAVの保守点検記録が添付します。

■ デジタルカメラ

- ✓ 計測性能及び計測精度が下記と同等以上で、適切な点検管理が行われていることを示す書類が添付します。

・計測性能:表-1を参照
 ・測定精度:表-1を参照...精度確認試験を行う
 ・撮影方法:インターバル撮影または遠隔でシャッター操作が出来る

チェックポイント

■ ソフトウェア

- ✓ 出来形管理要領に対応する機能を有するソフトウェアであることを示すメーカーカタログあるいはソフトウェア仕様書が、施工計画書に添付します。

添付する書類

| | |
|---------|-----------------------------------|
| UAV | 飛行マニュアル 保守点検記録(製造元の点検(1回/年以上)) |
| デジタルカメラ | メーカー推奨の定期点検 |
| ソフトウェア | 「メーカーカタログ」または「ソフトウェア仕様書」 |

カタログ(例)

| デジタルカメラのカタログ | | ソフトウェアのカタログ |
|--------------|------------------------|-------------|
| 型式 | フラッシュ内蔵レンズ交換式デジタルカメラ | UAV MASTER |
| 使用レンズ | 100mmレンズ | |
| 撮像素子 | CMOSセンサー | |
| カメラ有効画素数 | 約2430万画素 | |
| 視野角 | 約24.7°(垂直) | |
| 撮像素子 | CMOSセンサー | |
| 撮像素子 | CMOSセンサー | |
| 記録画素数 | 8,000 × 4,000(2450万画素) | |
| 撮像素子 | CMOSセンサー | |

表-1

| 計測内容 | 計測性能 (地上画素寸法) | 測定精度 |
|-------------|------------------|----------|
| 起工測量時 | 2cm/画素以内 | ±100mm以内 |
| 岩線計測時 | 2cm/画素以内 | ±100mm以内 |
| 部分払い用出来高計測時 | 3cm/画素以内 | ±200mm以内 |
| 出来形計測時 | 1cm/画素以内 | ±50mm以内 |

ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

従来型UAVによる起工測量の場合

撮影計画の留意点

- ▶ 空中写真測量の撮影コース及び重複度等の記載の有無を確認します。
- ▶ 起工測量に利用する従来型UAVについては、以下の項目に留意し、撮影計画を作成し、施工計画書に添付されているか確認します。

①所定のラップ率、地上解像度が確保できる飛行経路及び飛行高度の算出結果を記載する。なお、所定のラップ率については、進行方向のラップ率90%以上であることを示す飛行計画、または、飛行後に進行方向ラップ率80%以上を確認するための確認方法、いずれかを記載すること。

②算出に使用するソフトウェアの名称を記載する。

③標定点の外観及び設置位置、標定点位置の測定方法を示した設置計画を記載する。

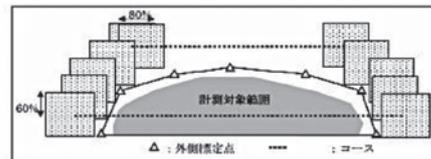
④同一コースは、直線かつ等高度の撮影となるようした計画を記載する。

⑤撮影区域を完全にカバーするため、撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル(2枚の空中写真の組み合わせ)以上設定した計画を記載する。

⑥対地高度は、50m程度を標準とし、地上画素寸法(出来形計測時1cm/画素以内、起工測量、岩線計測、部分払い出来高計測時2cm/画素以内)を確保出来ることを、使用するカメラの素子寸法及び画面距離から求めるものとし、撮影高度は、対地高度に撮影区域内の撮影基準面高を加えたものとした計画を記載する。

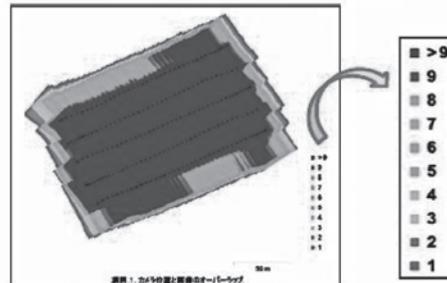
空中写真の重複度

- 空中写真の重複度は、同一コース内の隣接空中写真間で実際のラップ率を確認しない場合は90%以上、確認する場合は80%以上とし、隣接コースの空中写真間で60%以上と規定されている。



撮影する写真のイメージ(撮影後に実際の写真重複度を確認できる場合)

- 実際のラップ率値とは、撮影された写真から求められたラップ率のことで、確認方法は、例えばソフトウェアのレポートとして、計測対象範囲のモデル化に利用されている写真のラップ率や、ラップした枚数で確認できる(下図の確認例)こと等が考えられる。



写真のオーバーラップの確認例

ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

TSによる起工測量の場合

TLSを使って起工測量を行う場合は、使用機器・ソフトウェア(TLSの計測性能、機器構成及び利用するソフトウェア)が記載します。また、精度確認試験を実施して結果報告書が作成します。監督職員は精度確認試験を計測前6ヶ月以内に実施していることを確認します。

機器構成、仕様確認時の留意点

機器構成

■ TLS本体

- ✓ 計測精度が下記と同等以上で、適正な精度管理が行われていることを示す書類を添付します。

チェックポイント

- ・測定精度:計測範囲内で±20 mm以内
(起工測量及び岩線確認に利用する場合は±100mm以内)
- ・色データ:色データの取得が可能なこと
(点群処理時に目視による選別するために利用する)

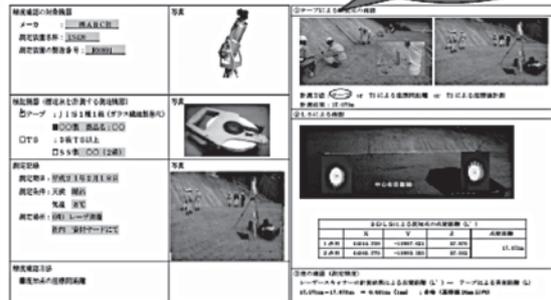
■ ソフトウェア

- ✓ 本出来形管理要領に対応する機能を有するソフトウェアであることを示すメーカーカタログあるいはソフトウェア仕様書を施工計画書に添付します。

添付する書類

| | |
|---------|----------------------------------|
| TLS計測精度 | 利用前6ヶ月以内に現場で精度確認を実施し、結果報告書を作成し添付 |
| TLS精度管理 | メーカー推奨の定期点検を実施 |
| ソフトウェア | 「メーカーカタログ」または「ソフトウェア仕様書」 |

精度確認試験結果報告書(例)



③差の確認(測定精度)
3Dレーザー抽出間距離(L') - テープ実測距離(L)
17.071m - 17.070m = 0.001m (1mm) ; 合格(基準値20mm以内)

カタログ(例)



ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

TSによる起工測量の場合

TS(プリズム方式)を使って起工測量を行う場合は、使用機器・ソフトウェア(TSの計測性能、機器構成及び利用するソフトウェア)を記載します。

機器構成、仕様確認時の留意点

機器構成

■ TS本体

- ✓ 国土地理院認定3級以上の認定品、又は3級と同等以上の計測精度を有する必要があります。
- ✓ 計測性能および精度管理の根拠となる書類を添付します。

チェックポイント

- ・計測性能:カタログ等で国土地理院3級の認定機種であることが明記されている資料、又は3級と同等以上の計測精度を有するとみなせる検査証明書、検査成績書
- ・精度管理:校正証明書あるいは検査成績書により、適正な精度管理(有効期限内)であることが明記されている資料

■ ソフトウェア

- ✓ 3次元データ計測技術に関する取扱いに対応する機能を有するソフトウェアであることを示すメーカーカタログあるいはソフトウェア仕様書を、施工計画書に添付します。

添付する書類

| | |
|--------|--|
| TS計測精度 | 国土地理院3級の認定機種であることが明記されている資料、又は3級と同等以上の計測精度を有するとみなせる検査証明書、検査成績書 |
| TS精度管理 | 校正証明書あるいは検査成績書を実施して添付 |
| ソフトウェア | 「メーカーカタログ」または「ソフトウェア仕様書」 |

カタログ(例)



ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

工事基準点の設置

▶ 工事基準点設置時の実施内容と解説事項

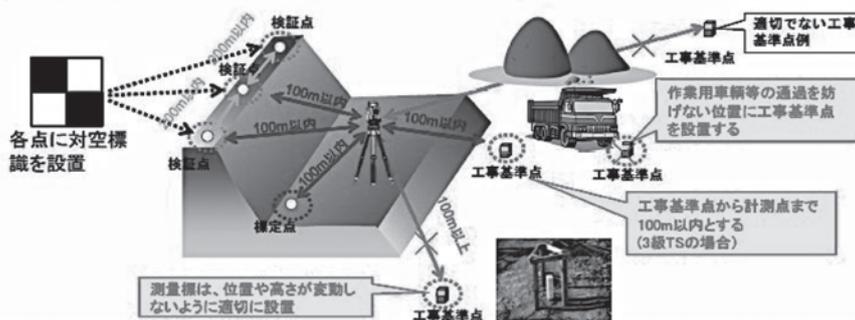
| フロー | 受注者の実務内容 | 監督職員の実務内容 |
|--|---|--|
| 工事基準点の設置 | <ul style="list-style-type: none"> 既設の基準点の検測 工事基準点の設置 (従来型UAVを使用する場合) 標定点・検証点の設置 (UAVレーザーを使用する場合) 調整用基準点、地上固定局 (キネマティック法の場合)の設置 | <ul style="list-style-type: none"> 基準点等の指示 |
| (GNSSローバーを使用する場合) GNSSローバーの精度確認試験結果報告書の作成 | <ul style="list-style-type: none"> GNSSローバーの精度確認試験結果報告書の作成 | <ul style="list-style-type: none"> GNSSローバーの精度確認試験結果報告書の受理・確認 |

- ▶ 従来型UAVやTLS等の3次元計測技術を用いた出来形管理では、工事基準点の3次元座標値から幅、長さ等を算出するため、出来形計測の精度を確保のため工事基準点の精度確保が重要です。
- ▶ 出来形計測が効率的に計測できる位置にTSが設置可能なように工事基準点を複数設置しておくことが有効です。
- ▶ 従来型UAVで標定点等を計測する場合は、基準点からTSまでの距離と、標定点等からTSまでの計測距離(斜距離)についての制限は、3級TSを利用する場合は100m以内(2級TSは150m)です。
- ▶ GNSSローバーの精度確認試験は、従来型UAVの場合で出来形計測以外(起工測量、岩線計測、部分払出来高)でGNSSローバーを用い標定点及び検証点を設置する場合に必要です。

ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

従来型UAVによる起工測量や出来形管理を行う場合

工事基準点等の設置時の留意点



- ・従来型UAVによる出来形管理では、出来形精度を確保するため、次の斜距離が3級TSを用いる場合で100m以内、2級TSを用いる場合で150m以内でなければならない。
- (1) TSの設置位置から工事基準点までの距離(TS設置時)
- (2) TSの設置位置から標定点までの距離
- (3) TSの設置位置から検証点までの距離

ワンポイント

従来型UAVによる出来形管理で利用するTSを確認して、工事基準点等を配置する。

- ・検証点は、既設の基準点や工事基準点を用いることができます。
- ・検証点は、標定点と兼ねることはできません。

出来形計測以外(起工、岩線、部分払)はGNSSローバーで標定点、検証点の設置が可能。

- ・GNSSローバーの精度確認試験が必要。

従来型UAVでGNSSローバーにより標定点等の設置を行う場合

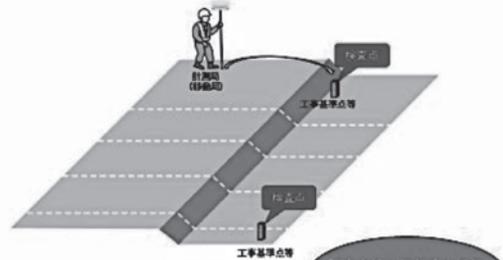
GNSS精度確認試験の留意点

GNSSの計測精度が測量全体の精度に影響するため、現場に設置した2箇所の既知点を使用し、GNSSによる計測結果から得られる既知点の座標と既知点座標を比較し精度点検を行う。

【測定精度】

平面座標 ±20mm以内
標高差 ±30mm以内

- ▶ 実施時期
 - ▶ 利用までに精度確認試験を行い、実施結果を提出します。
- ▶ 実施方法
 - ▶ 現場内の2箇所以上の既知点を利用し、GNSSによる計測結果から得られる既知点の座標を計測します。
- ▶ 検査点の設置
 - ▶ 真値となる座標値は、基準点あるいは、工事基準上などの既知点の座標値や、基準点および工事基準点を用いて測量した座標値を利用します。
- ▶ 評価基準
 - ▶ GNSSによる計測結果を既知点などの真値と比較し、その差が適正であることを確認します。



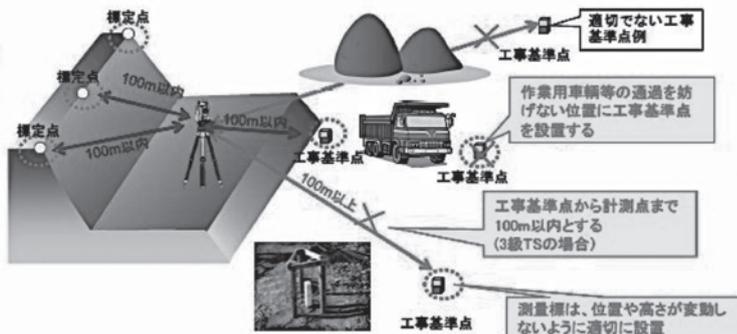
| GNSS精度確認試験結果報告書 | |
|---------------------|----|
| 測量事務所名、測量士名、測量士補名 | |
| 測量の概要、測量方法及び測量結果の概要 | |
| 測量目的(測量目的) | 測量 |
| 測量場所(測量場所) | 測量 |
| 測量日時(測量日時) | 測量 |
| 測量機材(測量機材) | 測量 |
| 測量結果(測量結果) | 測量 |
| 測量精度(測量精度) | 測量 |
| 測量結果の概要 | 測量 |

ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

TLSによる起工測量や出来形管理を行う場合

工事基準点等の設置時の留意点

- ※ TLSは機種により、計測可能距離が、100m~1000mまで差があります。
- ※ 標定点は、複数回の計測結果を合成する際に標定点が必要な場合に用います。
- ※ 後方交会法による位置決め機能を有する場合には、標定点は不要です。ターゲットは、工事基準点に設置します。



・TLSによる出来形管理では、出来形精度を確保するため、次の斜距離が3級TSを用いる場合で100m以内、2級TSを用いる場合で150m以内でなければならない。

- (1) TSの設置位置から工事基準点までの距離(TS設置時)
- (2) TSの設置位置から標定点までの距離

ワンポイント

TLSによる出来形管理で利用するTSを確認して、工事基準点等を配置する。

・LS本体にTSと同様にターゲット計測による後方交会法による位置決め機能を有している場合は、標定点を設置せず計測できます。この場合、ターゲットは基準点あるいは工事基準点上に設置します。

出来形計測以外(起工、岩線、部分払)はGNSSローバーで標定点の設置が可能。

・GNSSローバーの精度確認試験が必要。

起工測量

面的な地形測量時の留意点

- ▶ 着工前の現場形状を把握するための起工測量を面的な地形測量が可能な従来型UAVやLS等の3次元計測技術を用いて実施されます。
- ▶ 要求精度は、10cm以内
- ▶ 計測密度はいずれの3次元計測技術とも0.25㎡(0.5m×0.5mメッシュ)あたり1点以上とします。

ワンポイント

・設計照査のために、伐採後に地形測量を実施します。

面的な地形測量の計測データ作成時の留意点

- ▶ 自動でTINを配置した場合に、現場の地形と異なる場合は、TINの結合方法を手動での変更が可能です。
- ▶ 管理断面間隔より狭い範囲において、点群座標が存在しない場合は、TINで補完することができます。

ワンポイント

・UAVやLS等の3次元計測技術で計測した現況地形の計測点群データから不要な点を削除し、TINで表現される起工測量計測データが作成されます。

ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

従来型UAVによる起工測量の場合

標定点及び検証点の設置・計測の留意点

- ▶ 計測精度を確保するための標定点の設置の条件は、「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」(国土地理院)(以下UAVマニュアルとする)における要求精度を参考とし、以下を標準とします。
 - ▶ 標定点は、計測対象範囲を包括するように外部標定点として撮影区域外縁に100m以内の間隔となるように設置するとともに、内部標定点として天端上に200m間隔程度を目安に設置します。
 - ▶ 検証点については、UAVマニュアルにおける検証点として天端上に200m以内の間隔となるように設置します。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く、計測範囲が狭い場合については、最低2箇所設置します。精度確認用の検証点は、標定点として利用できません。
 - ▶ 出来形計測での標定点及び検証点の計測については、4級基準点及び3級水準点と同等以上の精度が得られる計測方法をとります
 - ▶ 出来形計測以外(起工測量、岩線計測、部分払出来高)については、上記計測方法によらなくてもよいものとし、各計測精度以内であればよいものとします。なお、GNSSローバーの利用も可能ですが、GNSSローバーの計測精度が測量全体の精度に影響するため「5-2. GNSSローバーによる標定点等の設置を行う場合」により精度確認試験を実施するものとします。



★型



X型

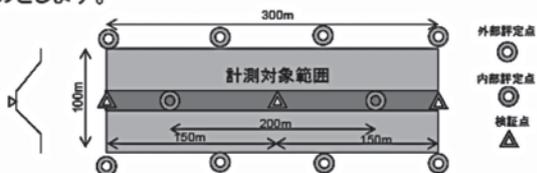


+型



○型

対空標識(評定点・検証点)の例



ワンポイント

・標定点および検証点は基準点、あるいは工事基準点からTSを用いて計測を行います。
 ・標定点および検証点は従来型UAVによる出来形計測中に動かないように固定します。

ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

従来型UAVによる起工測量の場合

従来型UAV精度確認試験の留意点

現場における従来型UAVの測定精度を確認するために、現場に設置した2箇所の既知点を使用し、空中写真測量から得られた計測点群データ上の検証点の座標と既知点座標を比較し精度確認試験を行われます。

【測定精度】

各座標値の較差±5cm以内

取得したデータの信頼度を担保します

| 項目 | 値 |
|-----------------|----------------------------|
| 既知点座標 (X, Y, Z) | 4000.120, 2100.000, 11.500 |
| 既知点座標 (X, Y, Z) | 4000.750, 2100.500, 11.500 |
| 検証点座標 (X, Y, Z) | 4000.120, 2100.000, 11.500 |
| 検証点座標 (X, Y, Z) | 4000.750, 2100.500, 11.500 |

実施時期

- 写真測量ソフトウェアから計測点群データを算出する際の実施します。
- 本精度確認は空中真測量 (UAV) により計測ごとに行います。

実施方法

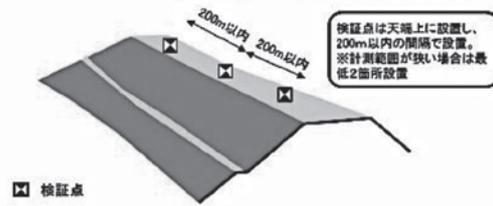
- 現場に設置した既知点を使用し、空中写真測量から得られた計測点群データ上の検証点の座標を計測します。

検証点の設置

- 真値となる座標は、基準点あるいは、工事基準などの既知点の座標値や、基準点および工事基準点を用いて測量した座標値を利用します。

評価基準

- 空中写真による計測結果を既知点などの真値と比較し、その差が適正であることを確認します。



精度確認試験の配置イメージ図

ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

従来型UAVによる起工測量の場合

カメラ位置計測を併用する従来型UAV精度確認の留意点

- SfM (Structure from Motion) の利用においてカメラ位置を直接計測できる手法を併用する場合は、標定点の設置は不要とすることができます。その場合、「カメラ位置計測を併用する従来型UAVの事前精度確認試験実施手順書(案)」により機器の検証を行うものとします。

実施時期

- 利用前6ヶ月以内に実施する。

実施方法

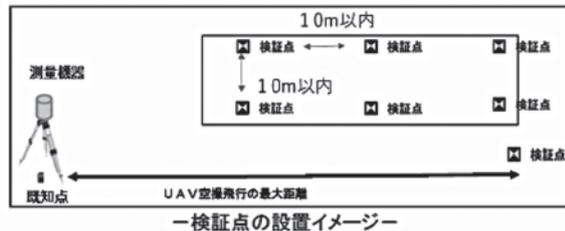
- 現場に設置した既知点を使用し、空中写真測量から得られた計測点群データ上の検証点の座標の計測を行う。

検証点の設置

- 精度管理用の検証点を、位置計測が可能な範囲について、10m 間隔に配置する。

評価基準

- カメラ位置計測を併用する従来型UAVによる計測結果を既知点などの真値と比較し、その差が適正であることを確認する。



一検証点の設置イメージ

| 比較方法 | 精度確認基準 | 備考 |
|---------|---------|----------------|
| 各座標値の較差 | ±5cm 以下 | 設置された検証点すべてで実施 |

取得したデータの信頼度を担保します

| 項目 | 値 |
|-----------------|----------------------------|
| 既知点座標 (X, Y, Z) | 4000.120, 2100.000, 11.500 |
| 既知点座標 (X, Y, Z) | 4000.750, 2100.500, 11.500 |
| 検証点座標 (X, Y, Z) | 4000.120, 2100.000, 11.500 |
| 検証点座標 (X, Y, Z) | 4000.750, 2100.500, 11.500 |

ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

従来型UAVによる起工測量の場合

空中写真測量の実施時の留意点

①撮影飛行

従来型UAVによる計測では、計測対象範囲に作業員や仮設構造物、建設機械などが配置されている場合は、地形面のデータが取得できません。このため、可能な限り出来形の地形面が露出している状況での計測を行います。また、次のような条件では適正な計測が行えないので十分気をつけます。

- 強風や突風の恐れのある気象条件
- 写真が鮮明に撮れないなど暗い場合
- 日差しが強く影部が鮮明に撮れない場合
- 草や木などで地面が覆われている場合 → 植生が繁茂して空中写真に地面が写らないような場所では、取得する標高データが不足します。

②自動航行を行わない場合の留意点

自動航行を行わない場合の計測精度を確保するための所定の条件は以下を標準とします。

- 同一コースは、直線かつ等高線の撮影となるように飛行します。
- 撮影区域を完全にカバーするため、撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル(2枚の空中写真の組み合わせ)以上形成できるように飛行します。

ワンポイント

・空中写真測量の実施にあたっては、航空法に基づく「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」の許可要件に準じた飛行マニュアルを作成し、マニュアルに沿って安全に留意して行います。

ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

建設エンジニア 従来型UAVによる起工測量の場合

計測点群データの作成時の留意点

①写真測量ソフトウェアに関する留意事項

- カメラキャリブレーションの結果は、計測精度に影響を与えるため、留意します。
- UAVの飛行ログデータを使用したデータ処理が行える場合は、利用することもできます。

②点群処理ソフトウェアに関する留意事項

- 処理する3次元座標は、出来形管理結果に影響するため、不要点除去時には留意します。

ワンポイント

・UAVにて撮影した空中写真を写真測量ソフトウェアに読み込み、地形や地物の座標値を算出し、算出した地形の3次元座標の点群から不要点等を除去し、3次元の計測点群データを作成します。

精度確認時の留意点

精度確認の結果、必要な精度を満たさない場合は、写真測量ソフトウェアでの処理を再度実施するなどの前のステップに戻って再度実施します。

ワンポイント

・UAVにて撮影した空中写真を写真測量ソフトウェアに読み込み、地形や地物の座標値を算出し、算出した地形の3次元座標の点群から不要点等を除去し、3次元の計測点群データを作成します。

ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

3次元設計データの作成時の実務内容

▶ 3次元設計データの作成時の実施内容と解説事項

| フロー | 受注者の実務内容 | 監督職員の実務内容 |
|-----------------------|------------------------|----------------------------|
| 3次元設計データの作成 または修正 | ・3次元設計データの作成 | |
| 3次元設計データの照査 | ・3次元設計データの照査 | |
| 3次元設計データの作成の成 果品作成 | ・3次元設計データの作成の成果品 作成 | ・3次元設計データの作成の成果品の 受理・確認 |
| 3次元設計データによる指示 | | ・3次元設計データによる指示 |

- ▶ 受注者は、3次元設計データ作成ソフトウェアを用いて、設計図書・基準点設置結果及び3次元起工測量に基づき3次元設計データを作成し、照査します。監督職員は受注者が照査を実施していることを確認します。
- ▶ 3次元設計データ作成の作業量は、現場条件(施工延長、変化点等)により異なります。
- ▶ 監督職員は、3次元設計データを契約図書に位置付けるため、受注者より提出されたデータにより施工すること指示する。

ワンポイント

・平成29年度ICT活用工事(土木)実施要領では、特記仕様書に3次元データを図面に定義するよう特記仕様書記載例が追加されています。

ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

施工計画書(工事編)の作成

▶ 施工計画書(工事編)の作成の実施内容と解説事項

| フロー | 受注者の実務内容 | 監督職員の実務内容 |
|---------------|--|-------------------|
| 施工計画書(工事編)の作成 | ・施工計画書(工事編)の作成 ・設計図書の照査、起工測量結果の 反映 | ・施工計画書(工事編)の受理・確認 |

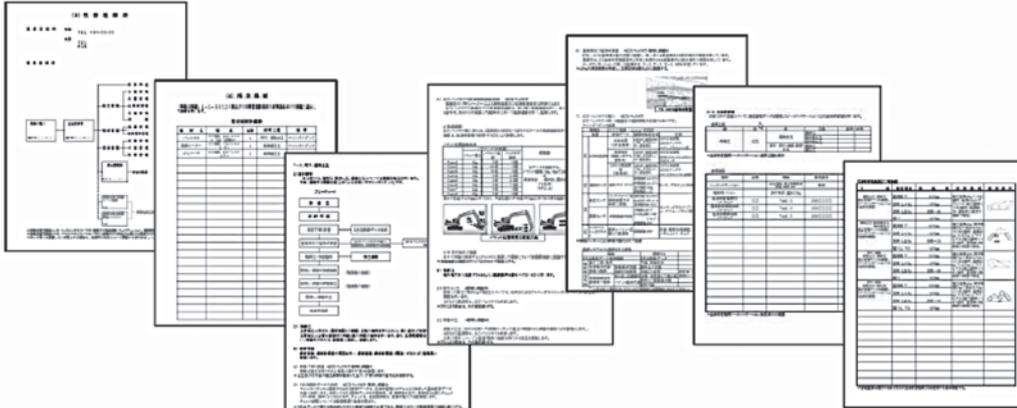
- ▶ UAVやTLS等の3次元計測技術による出来形管理では、施工計画書に適用工種、出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形写真管理基準が記載されています。監督職員はその内容を確認します。
- ▶ 施工計画書には、使用するシステムの機能および精度が要領に準拠していることが確認できる資料(メーカーパンフレット等)が添付されます。

ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

施工計画書(工事編)の作成

施工計画書(工事編)への記載事項

- 適用工種、出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形写真管理基準を記載します。
- 利用するUAV・TLS・TS・TS(ノンプリズム方式)・RTK-GNSS・UAVレーザー・ソフトウェア等を記載します。
- UAVまたはLS等の3次元計測技術による出来形管理の選定の際に確認した以下の資料等を添付します。
 - ・ソフトウェアの有する機能が記載されたメーカーパンフレット等
 - ・UAVやLS等の3次元計測技術の精度を適正に管理していることを証明する検定書あるいは校正証明書



施工計画記載例: <http://www.cbr.mlit.go.jp/kensetsu-ict/ict-proposal.html#04>

ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

施工段階

▶ 施工段階の実施内容と解説事項

| フロー | 受注者の実務内容 | 監督職員の実務内容 |
|---------------|--|---|
| ICT建設機械により施工 | <ul style="list-style-type: none"> ・岩線計測 ・部分払い用出来高計測 | <ul style="list-style-type: none"> ・確認立会 |
| 新技術活用効果調査表の作成 | <ul style="list-style-type: none"> ・新技術活用効果調査表の作成 | <ul style="list-style-type: none"> ・新技術活用効果調査表の受理・確認 |

- ▶ ICT建設機械により施工し、必要に応じて、岩線計測や部分払い用出来高計測を行います。
- ▶ 受注者は、ICT活用技術の活用が終わり次第、新技術活用効果調査入力システムを使って新技術活用効果調査表を作成し、提出します。
- ▶ 監督職員は、提出された新技術活用効果調査表の内容を確認し、発注者用の部分を入力して取りまとめ先に提出します。

岩線計測・計測データの作成

設計変更のために必要な場合は、岩区分の境界を把握するための岩線計測を、面的な地形計測が可能なUAVやLS等の3次元計測技術を用いて実施します。

岩線計測の留意点

- 面的なデータを使用して設計変更の根拠資料とする際は、設計形状を示す3次元設計データについて、監督職員との協議を行い、設計図書として位置付けます。
- 要求精度は、10cm以内とします。
- 計測密度は、0.25㎡(0.5m×0.5mメッシュ)あたり1点以上とします。



UAVやLS等の3次元計測技術で計測した岩線の計測点群データから不要な点を削除し、TINで表現される岩線計測データを作成します。

岩線計測データ作成の留意点

- 自動でTINを配置した場合に、現場の出来形計測と異なる場合は、TINの結合方法を手動で変更可能です。
- 管理断面間隔より狭い範囲においては、点群座標が存在しない場合は、TINで補完することができます。
- 別の計測日の計測点群データをそれぞれ重畳して1つの岩線計測データを作成することもできます。

ワンポイント

・UAVレーザーでは岩線を判別できるオルソ画像や色つき点群が計測できない為、岩線計測は対象外。

ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

土(岩)の分類の境界 変化位置確認

土(岩)質、変化位置確認

土(岩)質の確認と、変化位置の確認箇所のマーキング方法は従来と変わり有りません。



土(岩)判定



変化位置確認(測量)



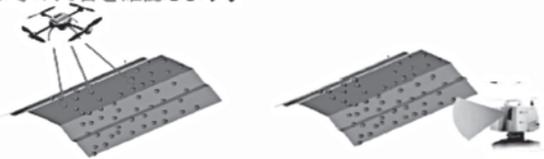
掘削(切土)施工中

出来形管理

▶ 出来形管理時の実施内容と解説事項

| フロー | 受注者の実務内容 | 監督職員の実務内容 |
|-------------------|---|---|
| 出来形計測 | <ul style="list-style-type: none"> ・施工管理3次元データのICT建機への搭載 ・従来型UAV、TLS、TS、TS(ノンプリズム方式)、RTK-GNSS、UAVレーザーによる出来形計測 ・データ処理 | |
| 出来形管理写真の撮影 | <ul style="list-style-type: none"> ・出来形管理写真の撮影 | |
| 出来形管理帳票の作成 | <ul style="list-style-type: none"> ・出来形管理帳票の作成 | <ul style="list-style-type: none"> ・出来形管理帳票の受理・確認 |
| 数量計算の方法の協議 | <ul style="list-style-type: none"> ・数量計算の方法の協議 | <ul style="list-style-type: none"> ・数量計算の方法の受理・確認 |
| 3次元設計データ及び設計数量の協議 | <ul style="list-style-type: none"> ・3次元設計データ及び設計数量の協議 | <ul style="list-style-type: none"> ・3次元設計データ及び設計数量の受理・確認 |

- ▶ 受注者は、出来形計測箇所をUAVやTLS等の3次元計測技術によって出来形管理を行い、出来形管理帳票を作成し、提出します。監督職員はその内容を確認します。

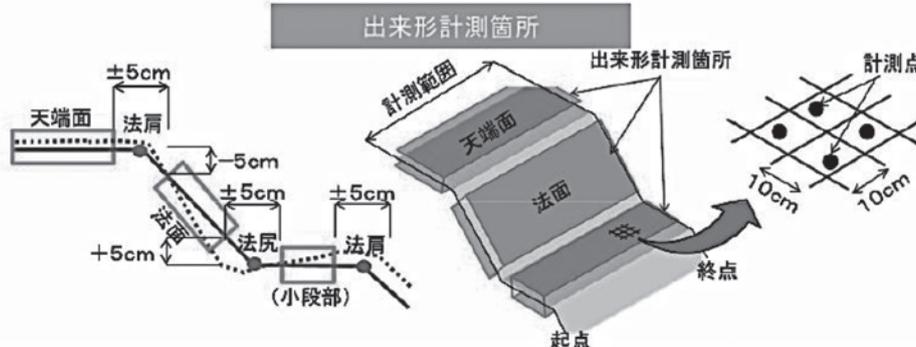


ICT活用工事(土木)の手引き 国土交通省四国地方整備局参考

出来形管理

出来形計測箇所の留意点

- UAVやTLS等の3次元計測技術による出来形管理で計測する3次元座標は、天端面、法面の全ての範囲で3次元座標値を取得し、出来形計測データを作成します。
- 法肩、法尻から水平方向にそれぞれ±5cm以内に存在する計測点は評価から外すことができます。
- また、法面の小段部に、側溝などの構造物が設置されるなど土工面が露出していない場合、小段部の出来形管理は、小段部に設置する工種の出来形管理基準及び規格値によることができます。



ワンポイント

・計測範囲は、3次元設計データに記載されている管理断面の起点から終点とし、全ての範囲で0.01㎡(0.1m×0.1mメッシュ)に1点以上の出来形座標値を取得します。

第2章UAV探求

1 UAV測量の概要

(1) 従来の測量業務とUAVでの3Dモデルによる測量

測量とは、地球表面上の点の関係位置を決めるための技術・作業の総称です。地図の作成、土地の位置・状態調査などを行うのに欠かせません。あらゆる事業において、測量は最上流部に位置しています。建物を作るのにも、道路やダムを整備するのにも、まず正確な測量を行わなければ先に進めることができません。そして、その測量成果には常に高い精度が求められます。

測量には、地形測量や工事測量が考えられますが、ここでは工事測量におけるUAVの活用について学習します。

① 従来の測量

従来であれば、トータルステーションやGNSS測量機器を用いて、現地の地形・地物を測定し、地形図（地図）をデータ化（CAD図面）しており、時には、紙や書類といった2次元の平面図や設計図に起こして、工事を進めていました。施工後には、膨大な書類をもとに、設計どおりに仕上がっているか検査を行っていました。

第2章UAV探求

② UAVでの3D測量にかかる期待

UAV測量の最大のメリットは、従来の測量に比べて、測定やデータ収集にかかる時間と費用を大幅に削減できる点です。

地上でトータルステーションやGNSS測量機器を用いて地上で測量するのと比較するとかなり時間をかけずに済みますし、セスナ等の航空機を飛ばして測量するには非常に高額なコストがかかります。

そういった今まで解消できていなかった負を解消できるのがドローンを用いた測量です。

また、詳細な3次元地形データを取得できるため、CIM (Construction Information Modeling) のデータとして活用し、土木構造物建設の効率化を図ることも可能です。

例えば、造成工事の場合、規模が拡大するに従って工事の進捗管理のための現場地形の測量と、それによる土量の算出を行う必要性が高まります。

従来はトータルステーション（TS）を用いた測量が行われ、測量・図面化・計算の一連の作業に膨大な人手と時間を割かなければならないという課題がありました。

第2章UAV探求

UAV測量の効果はデータ収集の効率化にとどまらず、工期を短縮する手段としても期待を集め、工事測量では、トータルステーションやレベルによる人力測定から、レーザー・UAVに移り変わりつつあります。

③ UAV写真測量の精度と所用時間

地上でのTS測量では、測定には3日程度かかり、さらに測量データをもとに断面図や横断図を作成し、使える状態にするまで3日程度かかります。

地上でのレーザー測量では、測定日数自体は人が点を拾って行くよりも短くなるものの、その後の成果作成には同様に日数を要します。

UAV測量では、撮影におよそ半日かかります。写真を撮って解析してしまえば、あとは3次元CADソフトを使って横断図や縦断面図を簡単に作れるので、大体1～1.5日で成果を得ることができ、非常にスムーズで低コストです。

④ UAV測量の精度と航空写真測量との違い

セスナなどを使った航空写真測量に比べると、ドローンは低空で撮影します。そのため写真自体の精度が非常に高く、解像度が高いので、詳細な地形データを得ることができます。具体的な解像度の違いは、作成できる地図の縮尺でも見て取れます。

第2章UAV探求

●セスナ：1/1000や1/2500になることが多い

➡大規模な市などの地図を作成するような場合に、広く使われる。

●ドローン：1/250や1/500と、非常に細かい精度で作成できる

➡造成して分譲地を作るために地図を作成するような場合に、よく使われる。

航空機に搭載する大きな測量用デジタルカメラ（1億円以上）と、UAVが搭載するレベルのデジタルカメラでは、GPSなどGNSSで取得できる位置や傾きの細かさが段違いのため、航空機の測量用カメラで撮影すると、それだけで高い精度のデータを得られます。

一方、UAVのカメラでは、地面に「対空標識」を設置して精度を高める必要があります。それは、写真に写った対空標識を頼りに、地上の実際の座標と合わせることで精度を保つ方法です。

(2) UAV写真測量手順

UAV写真測量には大きく2つの手順があります。

① ドローンなどのUAVに搭載されたデジタルカメラで、連続写真を撮る。

第2章UAV探求

- ② 撮影した写真をSfM (Structure from Motion) ソフトに読み込み、解析する。
撮影した画像を解析することで、地図、3次元点群データ、高度モデル、オルソ画像データなどを作成します。

(3) UAV測定のメリット

- ① 航空機より低空で撮影のためデータが高解像度に
低空での撮影により、写真が非常にきれいで、細かなデータの取得が可能です。
- ② 業務進捗などがわかりやすくなる(3Dモデル等)
3Dモデルを使って、例えば土量や、産業廃棄物の体積量などを取得できます。
どのくらいの時間でどのくらいの土量を運搬できたかや、堆積廃棄物の処理にどのくらい時間がかかったのかなどがわかり便利です。
- ③ 広範囲の撮影が容易に可能
ドローンでは大体3~4ヘクタールを撮るのに、1時間も要しません。これを地上で人が動いて行くと、大変な時間がかかるため、時間を大幅に短縮できます。

第2章UAV探求

- ④ 人が入れない箇所での測定データ取得が可能
例えば河川の奥ですが、なかなか人が入れなかったり、川を渡ったりする必要があります。そんな場所でも容易に測定が可能です。対空標識を置く必要がありますが、人が立ち入る箇所はかなり少なくなります。
- ⑤ 測定業務を行う場合に工事を止める必要がない
トラックや重機など、動いているものが写真に入る場合でも、特に影響はありません。
- ⑥ 従来手法での測定業務よりも安価にできる
地上で人がトータルステーションやGNSSの測定機を使って測定した場合と比べて、仮に全くコストが同じだとしても、UAVにメリットがあります。
それは、UAVでは3Dモデルの点群データを得られ、3DCADで扱いやすいデータになるためです。
人ではどう頑張っても1日に200~300ポイント程度しか取れません。一方UAVなら何百万点、何千万点という座標を取れます。

第2章UAV探求

2 UAVの飛行規程概要

(1) 飛行ルールの対象となる機体

平成27年9月に航空法の一部が改正され、平成27年12月10日からドローンやラジコン機等の無人航空機の飛行ルールが新たに導入されることとなりました。

今回の法改正により対象となる無人航空機は、「飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船であって構造上人が乗ることができないもののうち、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができるもの（200g未満の重量（機体本体の重量とバッテリーの重量の合計）のものを除く）」です。

いわゆるドローン（マルチコプター）、ラジコン機、農薬散布用ヘリコプター等が該当します。

(例)



(ドローン (マルチコプター)) (ラジコン機) (農薬散布用ヘリコプター)

第2章UAV探求

(2) 無人航空機の規定概要

日本では、無人飛行機（ドローン）を操縦際に決められた規定（ガイドライン）が存在します。

まず、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、以下のルールに従わなければなりません。

- ① 日中（日出から日没まで）に飛行させること。
- ② 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。
- ③ 人（第三者）又は物件（第三者の建物、自動車など）との間に30m以上の距離を保って飛行させること。
- ④ 祭礼、縁日など多数の人が集まる催しの上空で飛行させないこと。
- ⑤ 爆発物など危険物を輸送しないこと。
- ⑥ 無人航空機から物を投下しないこと。

第2章UAV探求

上記の条件下において無人航空機を飛行させようとする場合には、あらかじめ、地方航空局長の承認を受ける必要があります。

次に、有人の航空機に衝突するおそれや、落下した場合に地上の人などに危害を及ぼすおそれが高い空域として、次の空域で無人航空機を飛行させることは、原則として禁止されています。

(3) 無人航空機の飛行の許可が必要となる空域について

以下の「①～②」の空域のように、航空機の航行の安全に影響を及ぼすおそれのある空域や、落下した場合に地上の人などに危害を及ぼすおそれが高い空域において、無人航空機を飛行させる場合には、あらかじめ、国土交通大臣の許可を受ける必要があります。

① 空港等の周辺の空域

空港等の周辺の空域は、空港やヘリポート等の周辺に設定されている進入表面、転移表面若しくは水平表面又は延長進入表面、円錐表面若しくは外側水平表面の上空の空域、（進入表面等がない）飛行場周辺の、航空機の離陸及び着陸の安全を確保するために必要なものとして国土交通大臣が告示で定める空域です。

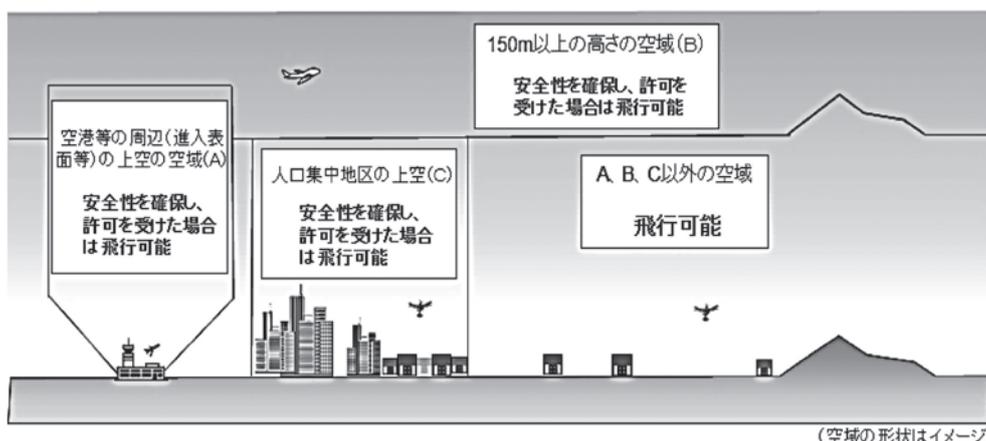
第2章UAV探求

② 地表又は水面から150m以上の高さの空域

地表又は水面から150m以上の高さの空域を飛行させる場合には、許可申請の前に空域を管轄する管制機関と調整が必要です。

③ 人口集中地区の上空

人口集中地区は、5年毎に実施される国勢調査の結果から一定の基準により設定される地域です。



第2章UAV探求

(4) 許可・承認手続きについて

航空法第132条に定める「飛行禁止空域」における飛行や同132条の2に定める「飛行の方法」によらない飛行を行おうとする場合、飛行開始予定日の少なくとも10開庁日前までに、申請書類を提出しなければなりません。

(5) 無人航空機の飛行に関するQ & A

Q1 航空法上の「無人航空機」とはどのようなものを指すのでしょうか。

A1 構造上人が乗ることができない機器であって、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができるものを指しますが、重量（機体本体の重量とバッテリーの重量の合計）200g未満のものについては、「無人航空機」には該当しません。

第2章UAV探求

Q2 従来の「ラジコン」も「無人航空機」に含まれますか。

A2 従来の「ラジコン」も重量200g以上のものは「無人航空機」に含まれます。

Q3 無人航空機を飛行させる場合は必ず許可・承認を取る必要があるのでしょうか。

A3 無人航空機の飛行については、
ア 空港等周辺や地表・水面から150m以上の空域、人口集中地区の上空で無人航空機を飛行させようとする場合所定の空域を飛行させる場合には許可の手続きが必要です。
イ 次の条件の下での飛行であれば、航空法上の許可・承認の手続きは不要です。
・日中に飛行させること
・目視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
・人又は建物、車両などの物件との間に距離（30m）を保持して飛行させること
・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

第2章UAV探求

Q4 ゴルフ練習場のようにネットで囲われたようなところで飛行させる場合も許可が必要ですか。

A 4 無人航空機が飛行範囲を逸脱することがないように、四方や上部がネット等で囲われている場合は、屋内とみなすことができますので、航空法の規制の対象外となり許可は不要です。

Q5 法第132条の2第1号において「日出から日没までの間」とはどのような時間帯でしょうか。

A 5 国立天文台が発表する日の出の時刻から日の入りの時刻までの間になります。このため、「日出」及び「日没」については、地域に応じて異なる時刻となります。

第2章UAV探求

Q6 法第132条の2第2号において「目視により常時監視」とは双眼鏡による監視や補助者による監視でもよいのでしょうか。

A 6 「目視により常時監視」とは、飛行させる者が自分の目で見えることを指し、双眼鏡による監視や補助者による監視は含みません。

なお、眼鏡やコンタクトによるものは「目視」に含まれますが、これらを常用されている方は、無人航空機を飛行させる際にも必要に応じて使用してください。

Q7 無人航空機を使って計測機器を設置する（置く）場合も物件投下に該当しますか。

A 7 無人航空機を使って設置する（置く）場合は、物件投下には該当しません。

第2章UAV探求

Q 8 飛行の空域や飛行方法に違反した場合、どのような罰則が科せられますか。

A 8 50万円以下の罰金が科せられる可能性があります。

Q 9 機体や操縦技能についての認定等が義務付けられるのですか。

A 9 航空法による義務付けはありませんが、安全飛行のため、飛行クラブや愛好者団体等が行っている機体や操縦技能の認定制度等への積極的な参加を推奨します。

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》が実施した平成30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。

平成30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 成果報告書

2019年 3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。
