

特集報文：建設マネジメントにおけるDXに関する取組み

建設現場におけるICT活用のさらなる推進

小塚 清・金森宗一郎・山下 尚

1. はじめに

国土交通省においては、平成27年度よりi-Constructionの一環として、土工を皮切りに工事の出来形管理・監督検査へICTを活用する取組みを進めている。以来、ICT活用工事の工種拡大を順次進めるとともに、実際の適用工事の事例に基づく基準類の改善を進めているところである。

同時に、ICT活用工事の普及進展と相まって、民間を中心に、ICTを活用した計測技術の開発や施工ノウハウの蓄積が急速に進められている。国土交通省では、これらの最新の計測技術や施工ノウハウなどを公共工事の基準類へ適時適切に反映できるよう、令和元年度より、新たにICTの活用に関する「民間等の要望を踏まえた基準の策定・改定」を進めているところである。

国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）では、上記の取組み全体について、実現場での適用性検証、その結果に基づき汎用性も考慮した出来形管理等の基準類案作成などのサポートを行っている。

本稿においては、「建設現場におけるICT活用のさらなる推進」に向けた当研究所の取組み状況等を紹介する。

2. ICT活用工事の適用工種拡大

国土交通省では、既に相当程度ICT活用工事が普及してきたUAV等を活用した土工のほか、レーザースキャナ等により取得する点群データや、ICT建設機械の施工履歴（刃先位置）等、面的に取得したデータを出来形管理に活用出来るよう、ICT活用工事の「3次元起工測量、3次元設計、情報化施工、3次元出来形測量、出来形管理・検査」それぞれのプロセスにおいて、具体的な方法を要領として新たに整理する取組みを実施している。その中で、従来の管理断面による基準値と同等の工事成果が得られるよう、面管理に必要な出来形管理規格値の案を新たに設定した。

令和元年度までに、実際の工事現場において、先進的に情報化施工が取り込まれている舗装工事、河川浚渫工事、地盤改良工（浅層、中層混合処理）、法面工（吹付工）等を対象に追加した。令和2年度には、新たに地盤改良工（深層）、法面工（吹付法枠工）、舗装修繕工等へ対象を拡大した。令和3年度には、ICT構造物工として、橋梁下部工（橋脚・橋台）を試行対象として拡大するとともに、路盤工における加速度応答法を用いた締固め管理へのICT活用の試行を開始した。今後、産学との協力の下、さらなる工種拡大を行うこととしている（図-1）。

平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度(予定)
ICT土工						
	ICT舗装工(平成29:アスファルト舗装、平成30:コンクリート舗装)					
	ICT浚渫工(港湾)					
	ICT浚渫工(河川)					
	ICT地盤改良工(令和元:浅層・中層混合、令和2:深層混合)					
	ICT法面工(令和元:吹付工、令和2:吹付法枠工)					
	ICT付帯構造物設置工					
	ICT舗装工(修繕工)					
	ICT基礎工・ブロック据付工(港湾)					
	ICT構造物工(橋脚・橋台)					
	ICT路盤工					
	ICT海上地盤改良工(圧入工・巻揚工)					
	ICT構造物工(橋梁上部(蓋工))					
民間等の要望も踏まえ更なる工種拡大						

図-1 ICT活用工事の工種拡大の経緯・予定²⁾

3. ICT活用工事の適用技術拡大

3.1 民間における新たな開発技術を実現場へ適用可能とするための技術基準案の作成

ICT活用工事の普及に伴い、民間において、自己位置を特定可能なUAV、移動体搭載型レーザースキャナ、レーザースキャナ搭載型のUAV、望遠鏡が搭載されていないトータルステーションなどが、新たに商品化されるとともに、計測精度の向上、計測時間の短縮などの技術開発が進められているところである。国総研では、これらの技術のうち、出来形管理において要求される精度へ対応可能なものについて、計測機器メーカー等から情報収集の上、実際の工事現場で円滑に出来形管理が実施できるよう、出来形管理要領の案を作成の上、国土交通省におい

て要領として発出している。

3.2 民間等の提案に基づく出来形等に関する基準類案の作成

3.2.1 民間提案制度の概要

ICTの活用については、公共工事に用いられる工種が多種にわたること、また、近年民間でのICTの進展が非常に早いことを踏まえ、国土交通省においては、3.1の取り組みと連動しつつ、令和元年度より、「民間等の要望を踏まえた基準の策定・改定」の取り組みを開始した。この取り組みを活用した、提案から基準類策定に至るまでの流れを図-2に示す²⁾。

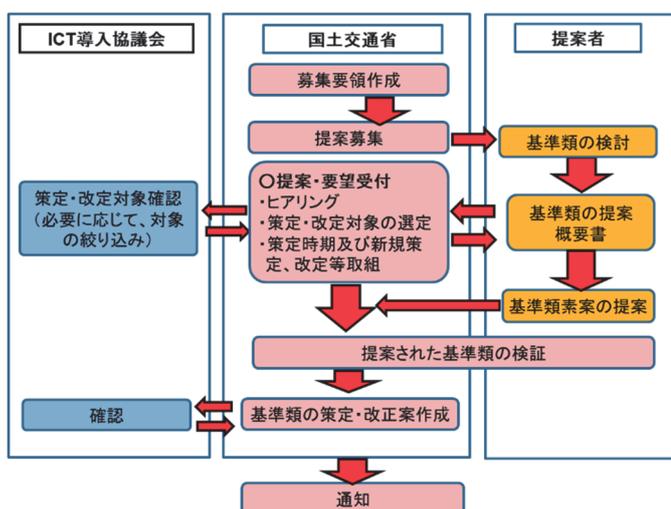


図-2 「民間等の要望を踏まえた基準の策定・改定」の基本的枠組み

この取り組みの中では、国土交通省から、ICTを活用する立場にある関係団体に対し、基準類に関する提案を募集し、募集に応じ提出された提案に対し、提案者からのヒアリングを行い、提案の意図、根拠となるデータの有無及び効果について確認を行う。この結果を踏まえ、ICT導入協議会において、提出された提案に対し、基準類の策定・改定の対象とする提案の選定、提案を踏まえた基準類の策定期間等を決定の上、基準類策定のために必要な現場検証等を経て、新規策定、改定等に至るといった仕組みとなっている。

国総研においては、提案者からのヒアリングを通し、提案技術の有効性、提案者のニーズ、提案による生産性向上効果等を把握した上で、基準化に向けた優先順位の提案を行うとともに、基準化に必要な提案内容・提供データの裏付けに必要な情報の収集を行っている。また、新たな面管理等規格値の設定が必要な場合等には、実際の工事現場等においてデータ収集を行った上で、基準案へ反映しているところである³⁾。

令和元・2年度提案のうち基準化が実現したものの概要を表-1に、令和3年度以降に基準化を予定しているものの概要を表-2に示す^{1) 2)}。

表-1 民間提案を踏まえた基準化の結果（出来形・出来高に関するもの）
（令和元・2年度に基準類への反映が実現したもの）

適用ICT	適用工種等	提案区分	提案団体	提案の概要	対応
無人航空機を活用した空中写真測量	土工	カイゼン	JCMA	・ 標定点の設置を緩和する提案（自己位置定位型UAV） ①RTK搭載型UAVによる削減提案 ②UAV写真計測時、GNSS搭載型標定点の活用による削減提案	要領（案）の追記
			日建連		
地上移動体搭載型レーザー扫描仪	土工	カイゼン	日建連	・ 重機搭載レーザー計測システムの適用を可能とする土工の出来形管理要領の提案	要領（案）への追記
	舗装工（修繕工）	適用拡大	道建協	・ 舗装工（修繕工）において、TLSやTS（ノンプリ）の他、MMSの利用可能性も考慮する要望	策定する要領により対応
地上移動体搭載ステレオ写真測量	土工	カイゼン	JCMA	・ スマートフォンによる動画データ等から点群を生成し、土工の出来高管理を行う技術への対応提案	要領（案）への追記
TS（ノンプリ）測量	構造物（トンネル）	適用拡大	日建連	・ TS（ノンプリ）を用いて計測した三次元座標を、構造物の計測に適用を拡大する提案	出来形計測要領測定対象の拡大
建設機械の施工装置位置履歴（フル・バックホウ）	土工（切土・盛土）	適用拡大	日建連	・ ICT建設機械の作業装置（刃先）の「施工履歴データ」を、出来形管理データとして活用する提案 ・ 任意の点を作業装置（刃先）の三次元座標を用いて計測、出来形管理等への適用拡大を提案	要領（案）への追記
			全建協		
			JCMA		
空中写真測量（無人航空機）	法枠工	カイゼン	JCMA	・ 斜面（法面等）に対してUAV搭載カメラを正対させて撮影する手法を認める	法枠工・護岸工について要領（案）への追記
空中写真測量（無人航空機）	護岸工・構造物工	適用拡大	日建連	・ 構造物の出来形（寸法）管理にUAV写真の適用を認める	試行要領（案）の策定
地上設置型レーザー扫描仪	構造物（橋梁下部工等）	適用拡大	JCMA	・ 寸法管理が行われている、各種現場打構造物を、TLSで計測した点群データで出来形管理。点群データ納品により写真管理省略。	試行要領（案）の策定
空中写真測量（無人航空機）	コンクリートダム	適用拡大	日建連	コンクリートダムで打設するコンクリート数量の算出に用いる、岩着部分の形状を空中写真測量（無人航空機）で実施することを認める	対応済

表-2 民間提案を踏まえた基準化の方針（出来形・出来高に関するもの）
（令和3年度以降に基準類への反映を予定しているもの、継続して検討するもの）

適用ICT	適用工種等	提案区分	提案団体	提案の概要	対応方針
建設機械の施工装置位置履歴（ローラ）	土工	適用拡大	日建連	・路体あるいは路床において、振動ローラの稼働軌跡データを、当該路体・路床の出来形データとする提案	・ICTローラの技術開発が必要 ・実用化された段階でバックデータの収集を実施
空中写真測量（無人航空機）	土工	カイゼン	日建連	・平面に対してUAV搭載カメラを斜めに設置する撮影手法を認める	・今後、データの蓄積が必要
空中写真測量（無人航空機）	土工	カイゼン	JCMA	・UAV写真計測時、使用するカメラのレンズにより、UAV写真撮影時の縦断・横断ラップ率を緩和する	・今後、データの蓄積が必要
空中写真測量（無人航空機）	構造物工	適用拡大	全建協	・将来的な要望として、構造物の面管理基準を新設し、UAV写真等の適用を認める	・点群データを用いた構造物の出来形管理手法の基準化（今後継続検討）
空中写真測量（無人航空機）	舗装工	適用拡大	日建連 道建協	・舗装の出来形（面管理）にUAV写真の適用を認める	・今後、データの蓄積が必要
地上設置型レーザーキャナ	トンネル	適用拡大	日建連	・地上設置型レーザーキャナの、トンネル覆工の出来形（幅・基準高）の断面管理への適用を認める	・今後、データの蓄積が必要
地上移動体搭載型レーザーキャナ	トンネル	適用拡大	日建連	・地上移動体搭載型レーザーキャナで、トンネル覆工の厚さを面的に管理する	・面管理規格値新設のための検討が必要 ・今後、データの蓄積が必要
無人航空機搭載型レーザーキャナ	土工	カイゼン	日建連	・UAVレーザーには2周波GNSSを搭載することが基準で定められているが、GNSSを搭載していない機体であっても、SLAM機能を持つUAVを許容する	・今後、データの蓄積が必要
RTK-GNSS、ネットワーク型GNSS（UAV写真測量実施時の標定点・検証点設置）	土工	カイゼン	全建協	・標定点・検証点の設置にRTK-GNSS、NW型RTK-GNSSを用いることを認める。 ・検証点の設置点数低減	・今後、データの蓄積が必要
ステレオ写真測量（地上移動体）	土工	適用拡大	JCMA	・バックホウに搭載したステレオカメラを土工の出来形管理に用いることを認める。	・今後、データの蓄積が必要

3.2.2 提案により基準化が実現した代表例

提案により基準化が実現した代表例として、令和元年度に基準化した「自己位置定位が可能なUAVによる出来形測量時における標定点の削減」（表-1中、黄色着色のもの）を紹介する。

(1) 提案の経緯及び趣旨

UAV写真測量による出来形等の計測に当たっては、空中写真と基準となる点（基準点及び工事基準点）とを対応づけるために、建設現場に多数の標定点を設置する必要があった。

具体的には、「空中写真測量（無人航空機）を用いた出来形管理要領（土工編）（案）」（以下「要領」という。）においては、標定点は、外側標定点として計測エリアの外周に100m以内に1点の割合で、内側標定点として天端上に200m間隔で設置する旨規定されていた。

一方で、標定点の設置とその測量には多くの時間

を費やし、設置自体が困難なケースもあるため、生産性向上の観点からは標定点を減らすことが課題であった。

こうした中、近年、ICT活用工事の普及と相まって、民間での技術開発が進み、GNSS測位等によりUAV写真撮影時のカメラ位置を導く技術を導入した製品の実用化が進められてきた。この技術を用いることにより、建設現場への標定点の設置を削減（もしくは省略）する旨の提案が、令和元年度に2団体から4件提出された。

(2) 基準化に至るプロセス

ア) 提案者へのヒアリング

提案受領後、提案を提出した者に対しヒアリングを行い、提出された提案資料の説明のみならず、要領における記載ぶりをどのようにすべきかなど、基準類改定の方針等に関し、意見交換を行った。ヒアリングを踏まえ、基準類改定に向けた大まかな方針を定めた。

イ) 現場における検証

国総研において、提案の実現性を確認するための検証を以下の手順で実施した。

工事現場を模した実験フィールドに標定点及び検証点（写真測量の精度を確認するために基準点をもとに実測した点）を設置した（図-3に設置図を示す）。自己定位型UAVにより、要領に定められた方法により写真撮影し、以下の3ケースの方法を用いて写真から生成した点群の座標と、比較対象となる検証点の座標とを比較した。結果を表-3に示す。

ケース1) 標定点を利用せず点群を生成

ケース2) 撮影範囲の中心1点を標定点として用い点群を生成

ケース3) 撮影範囲の4隅の座標を標定点として用い点群を生成（要領に沿ったもの）

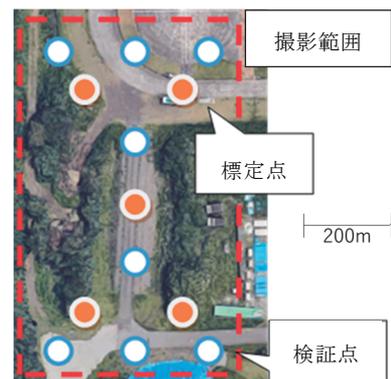


図-3 実験フィールドにおける標定点・検証点の配置

表-3 各検証点の真値と写真から生成した点群座標の較差

検証点 NO	鉛直方向較差(m) (実測値－写真からの生成値)		
	ケース1	ケース2	ケース3
1	-0.060	-0.002	0.001
2	-0.071	-0.014	-0.011
3	-0.069	-0.011	-0.007
4	-0.071	-0.013	-0.011
5	-0.069	-0.009	-0.003
6	-0.070	-0.002	-0.017
7	-0.074	-0.003	-0.012
8	-0.067	0.003	-0.008

検証の結果、自己定位型UAVでは、計測範囲内に標定点が1点以上あれば、出来形計測に必要な精度(±50mm)を確保できることが明らかとなった(ケース2)。一方、標定点を設置しない場合(ケース1)では、水平方向には出来形計測に必要な精度を超える較差は発生しなかったものの、鉛直方向には出来形計測に必要な精度を超える誤差が一様に生じ、鉛直方向の精度が要求精度を満たさない結果となった。

ウ) 要領改正の具体的内容の検討

現場検証の結果を踏まえるとともに、ヒアリング等において、検証点における誤差が必要な精度を満足すれば、標定点の設置数・設置方法にあえて縛りをかける必要はないとの意見もあったこと、また将来的な技術開発による標定点設置精度のさらなる向上への期待等を勘案し、要領の改定の検討を進めた。その結果、最終的な計測結果の精度確認を検証点により行うことを前提に、要領においては、以下の表現とした。

「カメラ位置を直接計測できる手法(RTK、

ネットワーク型RTK、PPK、自動追尾TS等)を併用する場合は、標定点の設置は任意とすることができる。」

その上で、精度よく出来形計測が実施可能な標定点の配置の考え方を要領の参考として例示することとした。

4. おわりに

i-Constructionの目的である「建設プロセスにおける生産性向上」を実現するためには、単に基準類作成の対象工種や対象技術を拡大するのみならず、工事の実例をもとにした基準類の検証、検証結果に基づく基準類の継続的な見直しが不可欠であると考えられる。

国総研においては、将来の技術発展へ適時適切に対応できるよう、民間企業や技術者と一体となり、最新の技術情報を収集し、基準類の見直し等に必要なデータ、ノウハウを蓄積するとともに、課題認識を常にアップデートし、基準類の改正に結びつける対応を進めているところである。

地道なプロセスではあるが、研究機関として今後ともこのような対応を進めて参りたい。

参考文献

- (1) 国土交通省：基準類の策定・改定の取組、ICT 導入協議会資料、2020.3
<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/content/001336352.pdf>
- (2) 国土交通省：ICT 施工の基準類の策定・改定の取組、ICT 導入協議会資料、2021.3
<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/content/001388975.pdf>
- (3) 小塚清：国土技術政策総合研究所における ICT 活用工事実現に向けた近年の取り組み、建設機械施工、2021.4

小塚 清



国土交通省国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター社会資本施工高度化研究室 主任研究官
KOZUKA Kiyoshi

金森宗一郎



研究当時 国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター社会資本施工高度化研究室 研究官 現 国土交通省総合政策局公共事業企画調整課係長
KANAMORI Soichiro

山下 尚



国土交通省国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター社会資本施工高度化研究室 室長
YAMASHITA Hisashi