

i-Construction における出来形管理に関する ソフトウェアの機能要求仕様の検討

国土交通省

国土技術政策総合研究所
国土技術政策総合研究所
国土技術政策総合研究所

○川邊 好世
森川 博邦
杉谷 康弘

1. はじめに

国土交通省では、i-Construction 施策として、平成 28 年度から ICT 土工を導入している。ICT 土工は、無人航空機による空中写真測量や地上型レーザースキャナーなど多点計測技術を起工測量や出来形計測に用いること、面的な出来形管理手法を導入した点が従前とは大きく異なる。このため、ICT 建設機械による情報化施工の取組では使っていなかったソフトウェアが必要になる。

国土技術政策総合研究所では、ICT 土工の出来形管理要領の策定に必要な検討を行ってきたが、ICT 土工の現場において適切なソフトウェアが選択される仕組みの構築を目的に、ソフトウェア開発者向けにソフトウェアの機能要求仕様を示し、併せて工事受発注者向けにソフトウェアの情報を提供するための検討も行った。

本稿では、ソフトウェア機能要求仕様の整備等に関するこれらの検討について紹介する。

2. 出来形管理要領に定めている機能

出来形管理要領は、無人航空機による空中写真測量や地上型レーザースキャナーなどの多点計測技術を用いた出来形計測及び出来形管理・出来高算出の方法を定めている。平成 30 年 3 月までに策定された出来形管理要領を表-1 に示す。

多点計測技術により取得される計測点群データは点ごとに 3 次元座標を保有している。その 3 次元座標データを利用することで出来形管理・出来高算出を行うことができるが、大量のデータを処理して出来形管理・出来高算出を行う必要があるため、専用のソフトウェアが必要となる。

2.1 出来形管理要領の概要

出来形管理要領は、ソフトウェアをデータ処理の段階により複数に分けている。

ソフトウェアは主に①点群処理ソフトウェア、② 3 次元設計データ作成ソフトウェア、③出来形帳票作成ソフトウェア、④出来高算出ソフトウェア

アで構成されている。地上型レーザースキャナーを用いた場合のソフトウェア構成を図-1 に示す。

表-1 出来形管理要領

ICT 土工における出来形管理要領 平成 30 年 3 月現在
地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)(案)
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)
無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)(案)
TS 等光波方式を用いた出来形管理要領(土工編)(案)
TS(ノンプリズム方式)を用いた出来形管理要領(土工編)(案)
地上移動体搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)(案)
RTK-GNSS を用いた出来形管理要領(土工編)(案)

【地上型レーザースキャナーを用いた場合のソフトウェア構成】

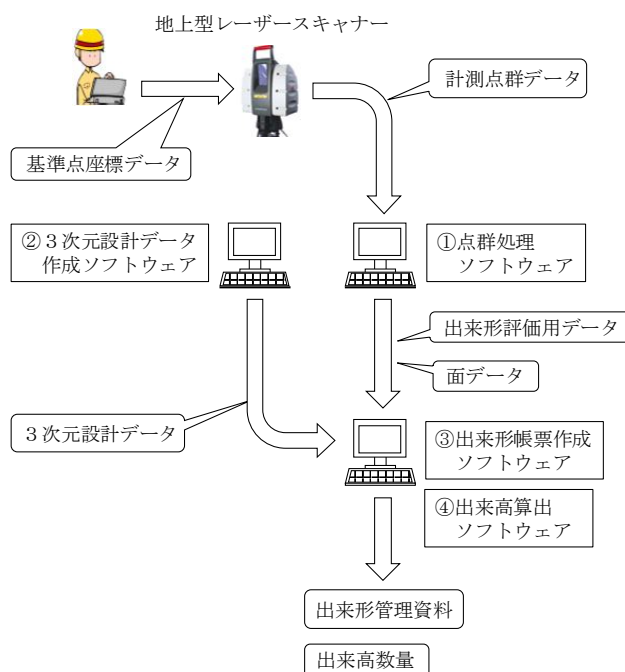


図-1 ソフトウェア構成

2.2 出来形管理要領に定めている機能

出来形管理要領に定めているそれぞれのソフトウェアが要求する機能を整理した(図-2)。

(1) 点群処理ソフトウェアの主要な機能

① 不要点を削除する機能

多点計測技術を用いて取得した計測点群データから出来形管理に関係のない樹木や建設機械などの点群を削除する。

② 代表値を算出する機能

不要点削除後の計測点群データから出来形評価に利用する代表値を算出する。

③ 点群データを面データに変換する機能

不要点削除後の計測点群データを面データに変換する。

(2) 3次元設計データ作成ソフトウェアの主要な機能

① 3次元設計データを作成する機能

設計図書や線形計算書などを基に設計形状を示す3次元設計データを作成する。

(3) 出来形帳票作成ソフトウェアの主要な機能

① 出来形を評価する機能

出来形評価用データ及び3次元設計データを基に出来形を評価する。

② 出来形分布図を作成する機能

出来形評価用データ及び3次元設計データを基に出来形を平面上に色分け表示する。

(4) 出来高算出ソフトウェアの主要な機能

① 出来高数量を算出する機能

現況地形及び出来形計測結果を基に出来高数量を算出する。

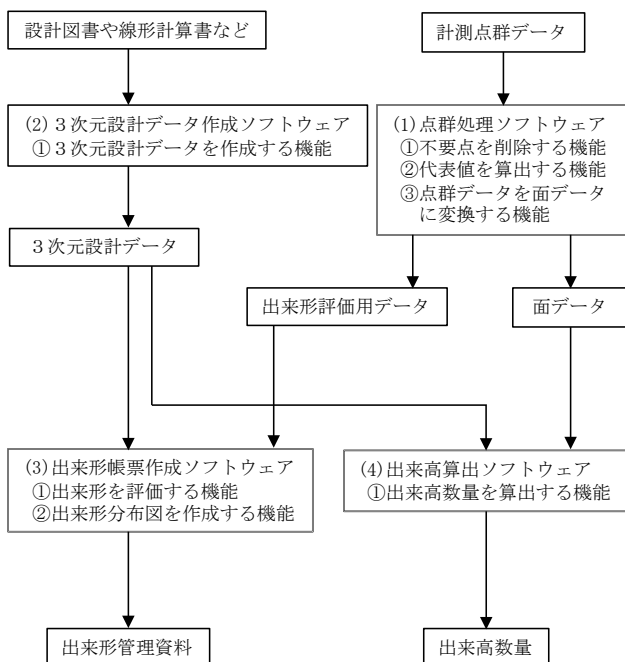


図-2 データ処理の流れ

3. 機能要求仕様の整備

機能要求仕様は、機能要求仕様書、機能確認ガイドライン及びサンプルデータによる構成とした。

3.1 機能要求仕様書に定める機能

出来形管理要領に定めている機能のなかで、機能要求仕様書に定める機能を選定した。また、出来形管理要領に具体的な計算方法が示されていない機能は、機能要求仕様書に計算方法を明示した。

(1) 機能要求仕様書に定める機能

機能要求仕様書に定める機能は、データ処理に人間の判断が介在する機能は対象外として、点群処理ソフトウェアの代表値を算出する機能、出来形帳票作成ソフトウェアの主要な機能及び出来高算出ソフトウェアの主要な機能を対象とした。

さらに機能要求仕様書に定める機能は、対象範囲を明確にするため、要求する機能を出来形評価に関する機能または数量算出に関する機能に分けて明示した。機能要求仕様書の適用範囲を図-3に示す。

① 出来形評価に関する機能

点群処理ソフトウェアの代表値を算出する機能及び出来形帳票作成ソフトウェアの主要な機能を、出来形評価に関する機能として補足説明を明示した。

② 数量算出に関する機能

出来高算出ソフトウェアの主要な機能を、数量算出に関する機能として補足説明を明示した。

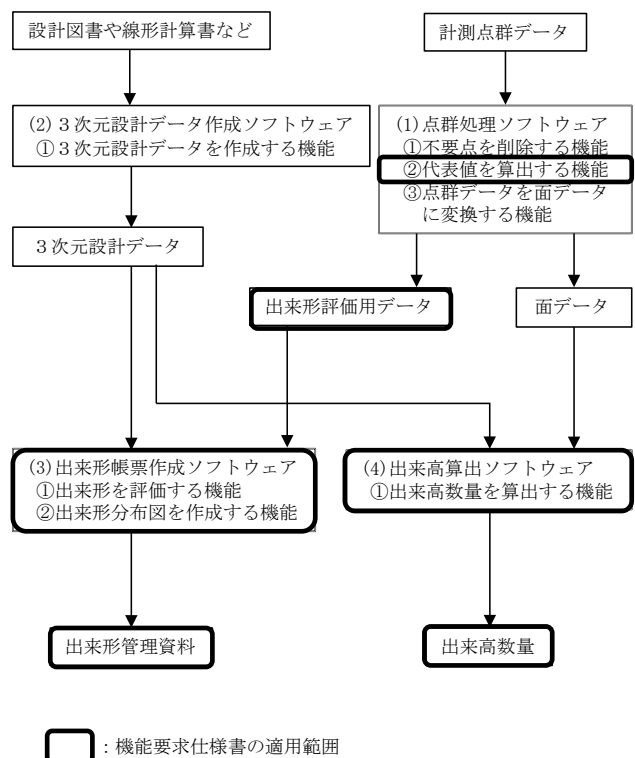


図-3 機能要求仕様書の適用範囲

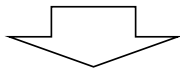
(2) 具体的な計算方法

点群処理ソフトウェアの代表値を算出する機能に関して、実在点を用いた算出方法の具体的な計算方法を4種類、機能要求仕様書に明示した。

機能要求仕様書に明示した具体的な計算方法を図-4に示す。

地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)(案)
2-3 点群処理ソフトウェアより

密度の変更方法は、用途によって様々な手法が開発されているが、座標値を変更するような処理をとってはならない。例えば、平面範囲(例えば出来形評価の計測密度である1㎡以内で鉛直方向の最下点や中央値を抽出することはよいが、平均処理を行ってはならない。



機能要求仕様書より
実在点を用いた算出方法

計算方法	内容
最上値	鉛直方向の最も標高が高い点の標高値
最下値	鉛直方向の最も標高が低い点の標高値
中央値	設計面との標高差の中央値をとる点の標高値
最頻値	設計面との標高差の最頻値をとる点の標高値

図-4 実在点を用いた算出方法

3.2 機能確認方法に関する検討

ソフトウェア開発者は、機能要求仕様書に準拠してソフトウェアを開発することとなる。機能要求仕様書に準拠していない機能が判明した場合、その機能を修正することとなる。このため、開発されたソフトウェアが、機能要求仕様書に準拠しているか簡易かつ迅速に確認できる方法が必要である。

すでに運用している、トータルステーションを用いた出来形管理を行うためのソフトウェアの機能要求仕様書を参考に検討した。

(1) TS出来形管理用ソフトウェアの機能確認方法

「TSによる出来形管理に用いる施工管理データ作成・帳票作成ソフトウェアの機能要求仕様書(土工編)」の機能確認方法は、機能確認ガイドライン及びサンプルデータで構成されている。

機能確認ガイドライン及びサンプルデータを利用して、ソフトウェア開発者が自ら機能確認を行っている。

(2) 機能要求仕様書の機能確認方法

機能確認ガイドライン及びサンプルデータを利

用する方法は、簡易かつ迅速に機能確認を行うことができる。そこで、ICT土工用ソフトウェアにおいても機能要求仕様書に沿った機能確認ガイドライン及びサンプルデータを策定した。

機能確認ガイドラインには、サンプルデータを利用しての機能確認方法を明示した。サンプルデータには、不要点削除後の計測点群データ、3次元設計データ及び現況地形データを作成した。

(3) サンプルデータ

サンプルデータは、開発されたソフトウェアに入力するデータである。期待される算出結果も準備している。サンプルデータを入力することで算出された結果と期待される算出結果を比較することで機能確認を行うことができる。

サンプルデータのイメージを図-5に示す。

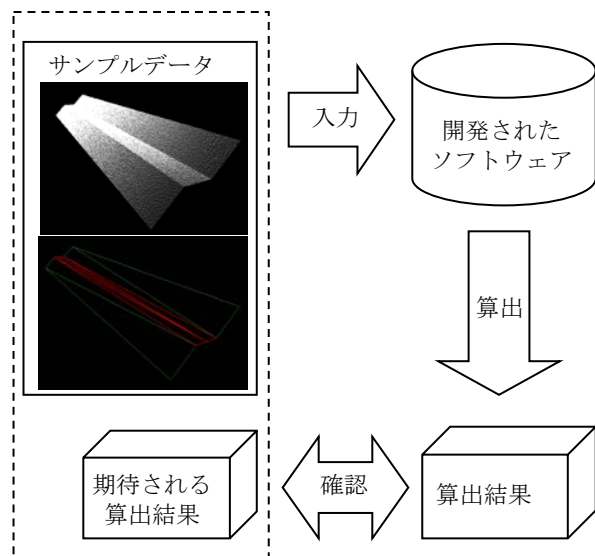


図-5 サンプルデータのイメージ

3.3 機能要求仕様の運用

(1) 検査職員の实地検査

出来形管理要領と合わせて運用されている監督・検査要領のなかで「検査職員は、施工管理データが搭載された出来形管理用TS等を用いて、現地で自らが指定した箇所の出来形計測を行い、3次元設計データの設計面と実測値との標高差が規格値内であるかを検査する。(ただし、この検査は、出来形帳票作成ソフトウェアの機能要求仕様書が配出され、計測データの改ざん防止や信憑性の確認可能なソフトウェアが現場導入されるまでの期間とする。)」と定めている。このため、本機能要求仕様を整備することで、検査職員の实地検査を省略することができるか検討した。

今回の機能要求仕様で整備した機能では、データ処理に人間の判断が介在する機能を対象外としている。このため、出来形管理要領に定めている全ての機能を整備しているものではなくデータ処

理に人間が介在する余地があるため、計算データの改ざん防止及び信憑性は確保できない。

したがって、検査職員の現地検査は、今回の機能要求仕様の整備のみでは省略できないと判断した。

(2) 受発注者向けの情報提供

受発注者向けの情報として、国土技術政策総合研究所ホームページに機能要求仕様を満たしたソフトウェアの一覧を閲覧できるように整備した。また、ソフトウェアごとに、搭載される機能を閲覧できるようにした。それにより、受発注者はソフトウェアの情報を効率的に確認することができる。ソフトウェア一覧のイメージを図-6に示す。

情報掲載の申請があったソフトウェア		企業HPへのリンク (ソフトウェア 紹介ページ)
企業名	ソフトウェア名+バージョン	
〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	-
□□□□□	□□□□□	□□□□□
△△△△△	△△△△△	-

〇〇〇〇〇に搭載される機能			[凡例] ○：有 -：無
1. 出来形評価機能			
確認項目	機能の有無※1	備考※2	
1) 計測点群データを読み込む機能	○	/	
2) 出来形評価のための代表値を算出する機能	○	①②⑤⑥	
3) 出来形を評価する機能	○	①②⑤⑥	
2. 出来形管理資料の作成機能			
確認項目	機能の有無※1	備考※2	
1) 出来形管理資料について、国土交通省国土技術政策総合研究所で公開されている「土木工事共通仕様書」を適用する請負工事に用いる帳票様式に準ずる帳票を作成する機能	○	/	
2) 出来形管理基準上の計算結果として、平均値、最大値、最小値、データ数、評価面積、棄却点数を算出する機能	○	①②⑤⑥	
3) 出来形分布図を作成する機能	○	①②⑤⑥	
4) 出来形管理資料を出力する機能	○	/	
3. 出来形評価用データの出力機能			
確認項目	機能の有無※1	備考※2	
1) 算出した出来形評価用データを電子データで出力する機能	○	①②⑤⑥	
4. 数量算出機能			
確認項目	機能の有無※1	備考※3	
1) 現況地形や出来形計測結果等（出来形計測データ、起工測量計測データ、岩線計測データ）の面データを読み込む機能	○	/	
2) 数量算出機能	○	①②	
※1：「機能の有無」とは、実装される機能のうち機能確認ガイドラインに基づき正しく算出できることが確認できた機能をいう。			
※2：「機能の有無」が「○」である機能の算出方法（下記①～⑩のとおり）。			
実在点：①最上値、②最下値、③中央値、④最頻値			
グリッドデータ化：⑤差の最頻値、⑥差の平均値、⑦最近隣法、⑧平均法、⑨TIN法、⑩逆距離加重法			
※3：「機能の有無」が「○」である機能の算出方法（下記①～④のとおり）。			
①点高法：四点平均法、②点高法：1点法、③TIN分割等を用いた求積、④プリズモイダル法			

図-6 ソフトウェア一覧のイメージ

4. まとめ

本稿では、機能要求仕様の整備にあたり、その構成や運用に関して論じてきた。ソフトウェア開発者向けには、機能要求仕様書、機能確認ガイドライン及びサンプルデータを策定した。受発注者向けには、ソフトウェアの情報を提供できるように整備した。

それにより、出来形管理要領に基づき施工する場合に使用するソフトウェアに関して、ソフトウェア開発者及び受発注者がそれぞれ必要とする情報を整備することができた。

今後、機能要求仕様書に準拠したソフトウェアが市場に供給され、出来形管理要領に基づく工事が円滑に進むことでICT土工がさらに普及することを期待している。

参考文献

- 1) 国土交通省：地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（土工編）（案）平成30年3月
- 2) 国土交通省：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）平成30年3月
- 3) 無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（土工編）（案）平成30年3月
- 4) TS等光波方式を用いた出来形管理要領（土工編）（案）平成30年3月
- 5) TS（ノンプリズム方式）を用いた出来形管理要領（土工編）（案）平成30年3月
- 6) 地上移動体搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（土工編）（案）平成30年3月
- 7) RTK-GNSSを用いた出来形管理要領（土工編）（案）平成30年3月
- 8) TSによる出来形管理に用いる施工管理データ作成・帳票作成ソフトウェアの機能要求仕様書（土工編）平成25年3月