

多点計測技術を用いた出来形管理に関するソフトウェアの
機能要求仕様書（ICT土工編）

Ver. 1.0

平成 30 年 7 月

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

はじめに

本書は、「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」および「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」、「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」、「T S 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」、「T S（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」、「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」、「R T K - G N S S を用いた出来形管理要領（土工編）（案）平成 30 年 3 月」の実施において、使用するソフトウェアに必要となる機能の要求仕様をとりまとめたものである。

目 次

1. 適用の範囲	1
2. 出来形評価に関する機能	3
2.1 出来形評価機能	3
2.2 出来形管理資料の作成機能	6
2.3 出来形評価用データの出力機能	8
3. 数量算出に関する機能	9
3.1 数量算出機能	9

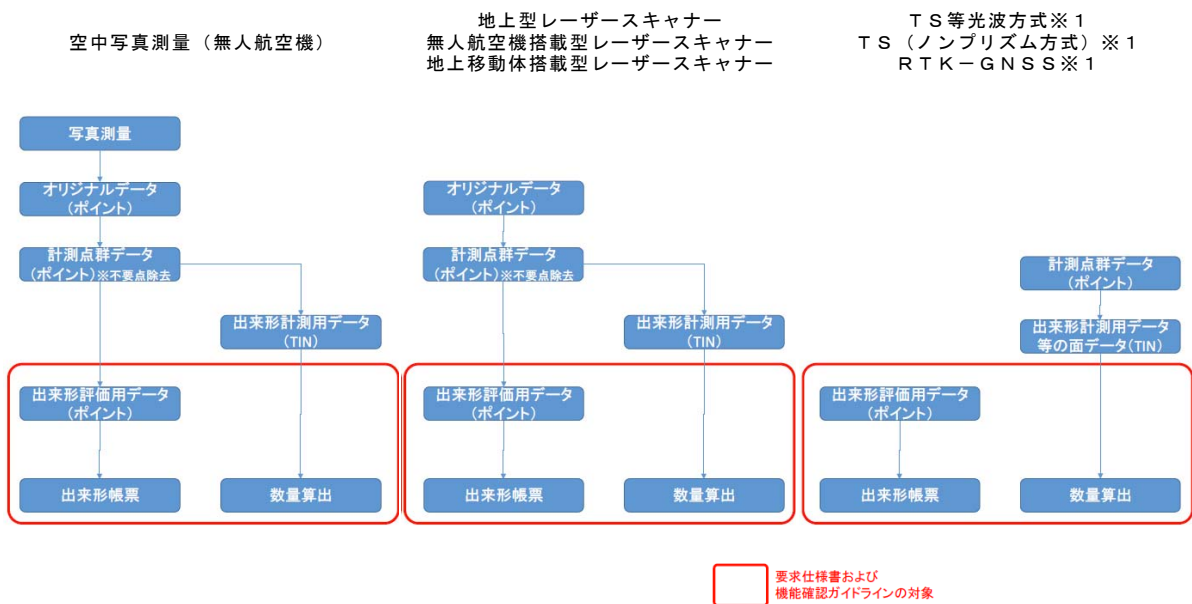
1. 適用の範囲

本書は、「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」および「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」、「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」、「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」、「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」、「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」、「RTK-GNSS を用いた出来形管理要領（土工編）（案）平成 30 年 3 月」（以下、「多点計測技術を用いた出来形管理要領」）の実施にあたり、帳票作成を行うソフトウェアおよび数量算出を行うソフトウェアの機能要件を適用範囲とする。

多点計測技術を用いた出来形管理要領の実施に必要な機能を搭載するソフトウェアは、本書を全て満たす必要がある。

【解説】

本書は、図 1 に示す多点計測技術を用いた出来形管理要領で規定された出来形管理に必要なソフトウェアのうち、出来形管理結果の評価結果や数量算出結果に関する機能に適用する。



※ 1 「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」、「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」、「RTK-GNSS を用いた出来形管理要領（土工編）（案）平成 30 年 3 月」を対象としたソフトウェアについては、下記のとおり対応するものとする。

- ・ 2. 1 出来形評価機能 1) 計測点群データを読み込む機能は、出来形評価用データを読み込む機能に読み替える。
- ・ 2. 1 出来形評価機能 2) 出来形評価のための代表値を算出する機能は適用外とする。

図 1 多点計測技術を用いた出来形管理要領に基づく手順と適用範囲

1) 出来形評価に関する機能構成

出来形の評価と出来形管理資料に供する必要な機能を整理したものである。

- (1) 出来形評価機能
- (2) 出来形管理資料の作成機能
- (3) 出来形評価用データの出力機能

2) 数量算出に関する機能構成

数量算出に供する機能である。

- (1) 数量算出機能

3) 交換データの形式

多点計測技術を用いた出来形管理要領におけるデータ交換は、3次元設計データや計測点群データなど様々なデータ形式にて交換を行っている。

- ・ 3次元設計データ (LandXML 等のオリジナルデータ (T I N))
- ・ 出来形評価用データ (CSV、LandXML、LAS 等のポイントファイル)
- ・ 出来形計測データ (LandXML 等のオリジナルデータ (T I N))
- ・ 計測点群データ (CSV、LandXML、LAS 等のポイントファイル)
- ・ 工事基準点及び標定点データ (CSV、LandXML、SIMA 等のポイントファイル)

2. 出来形評価に関する機能

2.1 出来形評価機能

出来形の評価ができること。このため、以下の機能を必要とする。

- 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。
- 3) 出来形を評価する機能。

【解説】

1) 計測点群データを読み込む機能である。読み込み時のファイルに含まれるすべての計測点群データを読み込む必要がある。

2) 出来形を評価するための出来形評価用データを算出するために、不要点除去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抽出する必要がある。出来形評価のための代表値の抽出方法は、指定した平面範囲において、以下の算出方法を選択できる。また、実在点を利用して、グリッドデータ化を実施し、計算から求めてもよい。以下の算出方法を選択できる。なお、3次元設計データの法肩、法尻等の変化点から水平方向にそれぞれ±50mm以内に存在する計測点は出来形の評価から外してもよい。

表1 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

表2 推奨するグリッドデータ化の算出方法

計算方法	内容
設計面との差の最頻値	評価グリッド内に含まれるポイントデータと3次元設計データとの設計面との差から最頻値となる差異を算出し、評価グリッドにおける設計の標高値にその差異を加えたものを標高値として採用
設計面との差の平均値	評価グリッド内に含まれるポイントデータと3次元設計データとの設計面との差から差の平均値を算出し、評価グリッドにおける設計の標高値にその差の平均値を加えたものを標高値として採用

表3 推奨するグリッドデータ化の算出方法に準ずる方法

計算方法	内容
最近隣法	グリッド点から最も近い点の標高値を採用
平均法	内挿するグリッドからある検索範囲内にある計測点群データの標高の平均値を標高値として採用。このとき検索範囲はグリッド格子間隔の2倍程度を限度とする。
T I N法	計測点群データから発生させたT I Nを用いて、平面座標として内挿するグリッドが含まれる三角形上の標高値を採用
逆距離加重法	計測点群データ各点から一定距離内の各点群に対し、グリッドまでの距離に応じた重みを付けて内挿する方法。一定距離については、グリッド格子間隔の2倍程度を限度とする。

3) 2) で出来形評価用に調整した出来形評価用データと3次元設計データを比較し、設計面と出来形評価用データの各ポイントとの離れ（標高較差あるいは水平較差）を算出する。算出方法は以下のとおりである。水平較差の算出については、掘削工の法面（小段を含む）の出来形評価で利用する。

表4 出来形評価の算出方法

計算方法	内容
標高較差	各ポイントの標高値と、平面座標と同じ設計面上の設計標高値との差分
水平較差	当該ポイントを含み、かつ「法面や構造物の位置をコントロールする線形」に直行する平面で設計面の横断を見たとき、当該ポイントと同一標高値の横断上の点との距離として算出

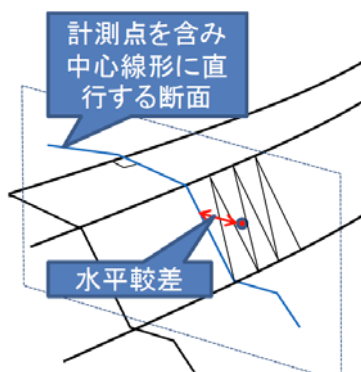


図2 水平較差のイメージ

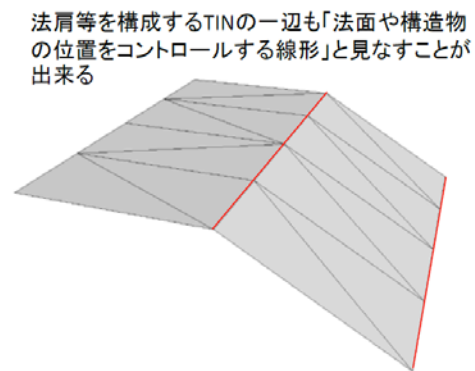


図3 位置をコントロールする線形

4) 出来形評価の端部の評価方法については、実在点を用いた算出の場合は、境界内に存在する点を利用して代表値を算出し、評価を実施する。また、グリッドデータ化から算出する場合は、境界内に存在する点を利用して代表値を算出し、境界内に含まれる代表値を用いて、評価を実施する。

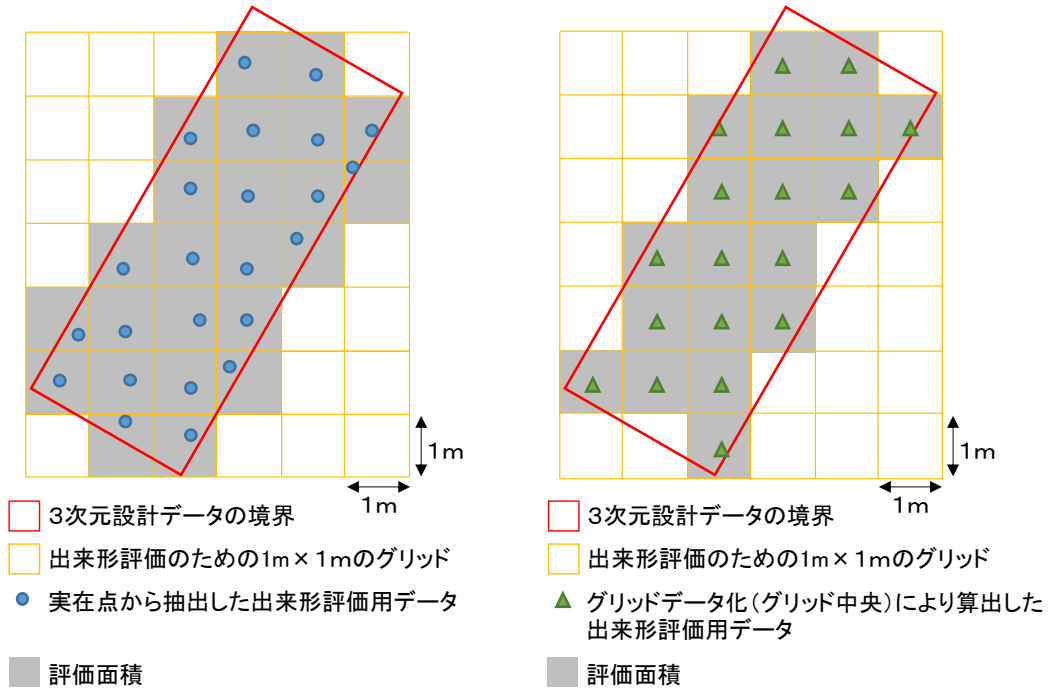


図4 3次元設計データの境界部分の出来形評価

2.2 出来形管理資料の作成機能

2.1で算出した出来形評価結果を用いて、検査に必要となる出来形管理基準に規定されている帳票を自動で作成できること。そのために以下の機能を必要とする。

- 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。帳票様式は、出来形合否判定総括表（様式 31-2）を対象とする。
- 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。
- 3) 出来形分布図を作成する機能。
- 4) 出来形管理資料を出力する機能。

【解説】

- 1) 帳票上の基準値については、共通仕様書に記載されている規格値を表示できる機能を有する事とする。また、現場において社内管理基準などの規格値設定を表示できる機能を有する事が望ましい。
- 2) 出来形管理資料の帳票に必要な管理項目の計算結果と出来形の良否の評価結果を以下の算出方法にしたがって算出することとする。良否評価結果については、規格値を外れている場合は「異常値有」等の表現にて明示する。

表5 管理項目の算出方法

管理項目	算出方法
平均値	算出結果と規格値（当該部位の平均値に対する規格値）及び良否評価結果 ※棄却点は含まない。ただし、個々の規格値を超える計測結果が棄却点数を超える場合は、平均値の算出に利用することとする。
最大値	算出結果と規格値（当該部位の個々の計測値に対する規格値）及び良否評価結果 ※棄却点は含まない。ただし、個々の規格値を超える計測結果が棄却点数を超える場合は、最大値の算出に利用することとする。
最小値	算出結果と規格値（当該部位の個々の計測値に対する規格値）及び良否評価結果 ※棄却点は含まない。ただし、個々の規格値を超える計測結果が棄却点数を超える場合は、最小値の算出に利用することとする。
データ数	算出結果と規格値（計測密度下限値と評価面積から計算）及び良否評価結果
評価面積	実在点の場合は、適用範囲の設計面積 グリッドデータ化の場合は、グリッド点数×グリッド面積
棄却点数	算出結果と規格値（全数規格値に対して0.3%以内は棄却可能）及び良否評価結果

3) 設計面と出来形評価用データの各ポイントの離れを評価範囲の平面上にプロットした分布図を明示する。

- ・ 離れの計算結果の規格値に対する割合を示すヒートマップとして-100%~+100%の範囲で出来形評価用データのポイント毎に結果示す色をプロットするとともに、色の凡例を明示
- ・ ±50%の前後、±80%の前後が区別出来るように別の色で明示
- ・ 規格値の範囲外については、-100%~+100%の範囲とは別の色で明示
- ・ 規格値の50%以内に収まっている計測点の割合と個数、規格値の80%以内に収まっている計測点の割合と個数について図中の任意の箇所に表示することが望ましい。なお、割合を算出する際の分母は、全データ数とし、棄却点を含めた点数となる。
- ・ 棄却した規格値の凡例の色は、規格値に対する割合を示す凡例の色と識別できること。
- ・ 3次元設計データの外周線や道路中心線形あるいは、堤防法線などの測点が表示されることが望ましい。
- ・ 規格値が正負いずれかしか設定されていない工種についても、正負を逆転した側にも規格値が存在するものとして表示することが望ましい。ただし、仮定の上限值を超えても規格値外でないため、不合格の色とはしない。この場合、最大値を+100%にする方法と+100%から最大値を色分けする方法がある。

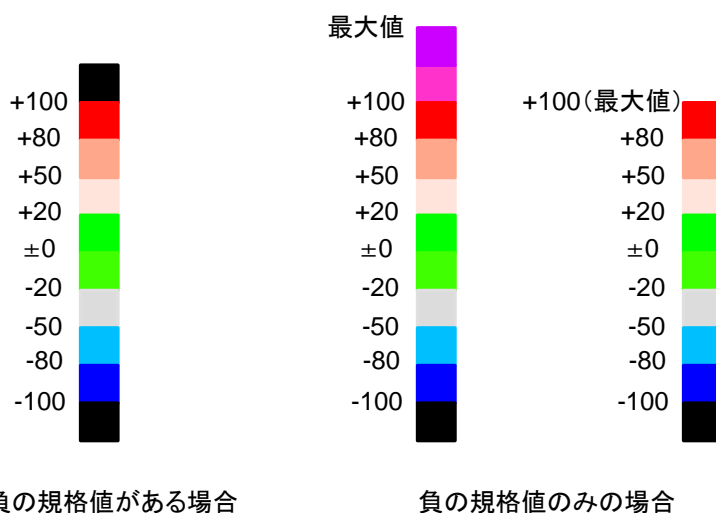


図5 出来形分布図の凡例のイメージ（凡例の色については、規定しない）

4) 作成した帳票を印刷可能な形式で出力できる機能が必要である。属性情報により本様式の表示内容を満足するビューワー付き3次元モデルファイルによる納品に代えることもできる。

2.3 出来形評価用データの出力機能

2.1で算出した出来形評価用データを出力できること。そのため、以下の機能を必要とする。

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

【解説】

1)算出した出来形評価用データを出力できる機能が必要である。出来形評価用データは、CSV, LAS, LandXML等のポイントデータとして出力する。

3. 数量算出に関する機能

3.1 数量算出機能

【機能要求内容】

数量算出ができること。このため、以下の機能を必要とする。

- 1) 現況地形や出来形計測結果等の面データ（出来形計測データ、起工測量計測データ、岩線計測データ）または、計測点群データを読み込む機能。
- 2) 数量算出する機能。

【解説】

- 1) 現況地形や出来形計測結果等の面データ（出来形計測データ、起工測量計測データ、岩線計測データ）または、計測点群データを読み込む機能である。
- 2) 現況地形（面データまたは、計測点群データ）と3次元設計データ、あるいは、現況地形（面データまたは、計測点群データ）と出来形計測結果等（面データまたは、計測点群データ）から数量を算出する。算出方法は以下のとおりである。

表5 数量算出方法

計算方法	内容
点高法	現況地形や出来形計測結果等からなる2つの面データまたは、計測点群データに重ね合わせたメッシュ(等間隔)交点で標高を算出し、標高差にメッシュ間隔の面積を乗じたものを総和したもの。メッシュ間隔は0.5m以内とし、標高差の算出としては、以下の方法が挙げられる。
四点平均法	メッシュ交点の四隅の標高差を平均する方法
1点法	メッシュ交点を中心とする辺長がメッシュ間隔の正方形を底面とし、当該メッシュ交点の標高差を乗じて算出する方法
T I N分割等を用いた求積	現況地形や出来形計測結果等からそれぞれの面データとしてT I Nからなる面データを作成したうえで、ある一定の標高値にてD L面(標高基準面)を設定し、各T I Nの水平面積と、T I Nを構成する各点からD L面までの高低差を求めて三角形毎に平均し、その平均高低差と平面積を乗じた体積を総和したものである。
プリズモイダル法	現況地形や出来形計測結果等からそれぞれの面データとしてT I Nからなる面データを作成し、面データのポイントの位置を互いの面データに投影し、各面データは本来の自身が持つポイントと相手のポイントを合わせたポイント位置により新たな三角網が形成され、この三角網の結節点の位置での標高差に基づき複合した面データの標高を計算する。面データの各T I Nを構成する点をそれぞれの面データに投影すると、各面データに同じ水平位置で標高の異なる点を作成される。その作成された点で再度面データを構築し、三角形水平面積と高低差を乗じた体積を総和したもの。