

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  
機能確認ガイドライン（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

「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」（以下、「多点計測技術を用いた出来形管理要領」）に基づく出来形管理の実施にあたっては、計測した計測点群データと 3 次元設計データを比較し、出来形評価および出来高算出を実施する必要がある。この際、ソフトウェアの機能や出来形を算出する手法が各ソフトウェアで異なっている場合は、利用者の混乱を招く可能性がある。

そこで、「多点計測技術を用いた出来形管理要領」の実現に必要な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に必要な機能の要求仕様については、「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（I C T 土工編）」（以下、「機能要求仕様書（I C T 土工編）」）にとりまとめられており、「出来形管理要領」に基づく出来形管理では、「機能要求仕様書（I C T 土工編）」に定める要求仕様を満足するソフトウェアを利用しなければならない。

本書は、ソフトウェアが「機能要求仕様書」に定められた主要な機能について、要件を満たしているかどうか確認するための方法をとりとまとめたものである。

## 目 次

1. 出来形評価に関する機能確認方法 .....	1
1.1 出来形評価機能 .....	1
1.2 出来形管理資料の作成機能 .....	3
1.3 出来形評価用データの出力機能 .....	5
2. 数量算出に関する機能 .....	6
2.1 数量算出機能 .....	6
3. 出来形評価に関する機能確認チェックシート .....	8
3.1 出来形評価機能 .....	8
3.2 出来形管理資料の作成機能 .....	10
3.3 出来形評価用データの出力機能 .....	11
4. 数量算出に関する機能確認チェックシート .....	12
4.1 数量算出機能 .....	12
付属資料1 サンプルデータⅠの解説	
付属資料2 サンプルデータⅡの解説	
付属資料3 サンプルデータⅢの解説	

## 1. 出来形評価に関する機能確認方法

### 1.1 出来形評価機能

#### 【機能要求内容】

出来形の評価および出来形管理資料の作成ができること。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。

#### 【機能確認方法】

- 1) 計測点群データを読み込む機能。
  - ・チェック内容は、計測点群データを読み込むことができるかを確認する。
  - ・確認方法は、計測点群データのサンプルデータⅠ-①とサンプルデータⅡ-①を読み込み、読み込まれた計測点群の形状および、読み込まれた点数を確認する。
- 2) 出来形評価のための代表値を算出する機能。
  - ・チェック内容は、出来形を評価するための計算方法が機能要件を満たしているかと計算した結果が正しく算出されているかを確認する。
  - ・実在点を用いた算出方法の確認方法は、計測点群データのサンプルデータⅠ-①と3次元設計データのサンプルデータⅠ-②から、出来形評価に利用する代表値の抽出を実施し、該当する計算方法に対応した算出結果のサンプルデータⅠ-③と相違がないかを確認する。代表値を抽出する場合は、抽出する平面範囲を1㎡に1点、グリッド原点は、(0, 0)で、回転角度は0度(北方向)を基準に計算を行うこと。
  - ・実在点を用いた算出方法の代表値の抽出時においては、いずれの算出手法において、同一グリッド上に複数存在する場合は、どの実在点を選択してもよいこととする。
  - ・最頻値の抽出においては、度数分布の幅を1mmとして、代表値を抽出することとする。同じ度数の場合は、設計面に対して、差異が大きい値を採用することとする。
  - ・中央値の抽出においては、同一グリッド上の点数が偶数個の場合、設計面に対して、差異が大きい値を採用することとする。
  - ・最上値、最下値の抽出においては、同一グリッド上に、複数同じ標高値が存在する場合は、設計面に対して、差異が大きい値を採用することとする。
  - ・グリッドデータ化の算出方法の確認方法は、計測点群データのサンプルデータⅡ-①と3次元設計データのサンプルデータⅡ-②から、出来形評価に利用する代表値の抽出を実施し、該当する計算方法に対応した算出結果のサンプルデータⅡ-③と相違がないかを確認する。代表値を抽出する場合は、抽出する平面範囲を1㎡に1点、グリッド原点は、(0, 0)で、回転角度は0度(北方向)を基準に計算を行うこと。
  - ・実在点を用いた算出やグリッドデータ化の算出による出来形評価の代表値の抽出は、3次元設計データの境界内に存在する点を利用して代表値を算出すること。

3) 出来形を評価する機能。

- ・チェック内容は、3次元設計データを読み込み、2) で算出した出来形評価用データと比較し、標高較差の算出結果が正しく算出されているかを確認する。
- ・確認方法は、3次元設計データを読み込み、2) で算出した出来形評価用データから標高較差を算出し、該当する計算方法に対応した算出結果のサンプルデータⅠ-③およびサンプルデータⅡ-③と相違がないかを確認する。なお、出来形評価結果の許容値は、正解値に対して、±1mm 以内であれば許容することとする。

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。

## 1.2 出来形管理資料の作成機能

### 【機能要求内容】

1.1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。

### 【機能確認方法】

- 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、規格値の 50%以内に収まっている計測点の割合と個数\*<sup>1</sup>、規格値の 80%以内に収まっている計測点の割合と個数\*<sup>2</sup>を算出する機能。（なお、「\*1」及び「\*2」の機能については、ソフトウェアに実装していることが望ましいが、必須ではない。）

棄却点は、規格値を超える全ての点をカウントし、平均値、最大値、最小値は規格値を満たす評価点のみで計算する。ただし、個々の規格値を超える計測結果が棄却可能点数を超える場合は、平均値、最大値、最小値の算出に利用することとする。また、データ数は、棄却点も含めた評価点数とする。

- ・チェック内容は、出来形合否判定総括表（様式 31-2）の「平均値」、「最大値」、「最小値」、「データ数」、「評価面積」、「棄却点数」が出力できるかおよび正しく算出されているかを確認する。なお、「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」の算出機能をソフトウェアに実装している場合は、算出結果を確認する。
  - ・確認方法は、出力した出来形合否判定総括表（様式 31-2）の「平均値」、「最大値」、「最小値」、「データ数」、「評価面積」、「棄却点数」が算出結果のサンプルデータⅠ－③およびサンプルデータⅡ－③と相違がないかを確認する。なお、「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」の算出機能をソフトウェアに実装している場合は、算出結果と相違がないかを確認する。
- 3) 出来形分布図を作成する機能。
    - ・チェック内容は、帳票様式が出来形合否判定総括表（様式 31-2）で出力できるかおよび正しく算出されているかを確認する。
    - ・確認方法は、出来形合否判定総括表（様式 31-2）の「出来形分布図」が出力されてい

るかとは算出結果のサンプルデータⅠ－③およびサンプルデータⅡ－③に示す規格値に対する割合と相違がないかを確認する。

4) 出来形管理資料を出力する機能。

- チェック内容は、作成した帳票が印刷可能な形式で出力できるか確認する。出力は、ビューワー付き3次元モデルファイルによる出力に代えることができる。
- 確認方法は、印刷可能な形式あるいは、ビューワー付き3次元モデルファイルで出力し、上記のサンプルデータの記載内容と相違がないかを確認する。

### 1.3 出来形評価用データの出力機能

#### 【機能要求内容】

1.1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

#### 【機能確認方法】

#### 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

- ・チェック内容は、算出した出来形評価用データを電子データ（ポイントデータ）で出力し、正しく出力されているかを確認する。
- ・確認方法は、出力した出来形評価用データがサンプルデータⅠ－③およびサンプルデータⅡ－③と相違がないかを確認する。なお、出来形評価結果の許容値は、正解値に対して、 $\pm 1\text{mm}$ 以内であれば許容することとする。



## 2. 数量算出に関する機能

### 2.1 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。

#### 【機能確認方法】

- 1) 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）を読み込む機能。
  - ・チェック内容は、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ことができるかを確認する。
  - ・確認方法は、現況地形（起工測量計測データ）のサンプルデータⅢ－①と3次元設計データのサンプルデータⅢ－②を読み込み、読み込まれた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）の形状および、読み込まれた面の数を確認する。
- 2) 数量算出する機能。
  - ・チェック内容は、現況地形（起工測量計測データ）の面データと3次元設計データ、あるいは、現況地形（起工測量計測データ）の面データと出来形計測結果等（出来形計測データ、岩線計測データ）の面データから数量を算出し、数量が正しく算出されているかを確認する。
  - ・確認方法は、現況地形（起工測量計測データ）のサンプルデータⅢ－①と3次元設計データのサンプルデータⅢ－②から数量を算出し、該当する計算方法に対応した算出結果のサンプルデータⅢ－③と相違がないかを確認する。数量算出は、グリッド間隔は、0.5m間隔、グリッド原点は、3次元設計データのX、Y座標値の最小値とし、回転角度は0度（北方向）を基準に計算を行うこと。なお、数量算出結果の許容値は、各計算方法の正解値に対して、差の絶対値が0.5%未満であれば許容することとする。

表7 数量算出方法

計算方法	
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。

### 3. 出来形評価に関する機能確認チェックシート

出来形評価に関する機能確認は、算出方法ごとに実施し、実施結果をチェックシートの評価結果欄に記載する。記載内容は、実装している算出方法について、正しく算出できる場合は“○”、正しく算出できない場合は“×”を記載し、実装していない算出方法については“－”を記載するものとする。

#### 3.1 出来形評価機能

確認項目	確認内容	算出方法	評価結果	使用するサンプルデータ		
1) 計測点群データを読み込む機能	・計測点群データを読み込むことができるか？		I-①	1. 合格点群.csv		
			II-①	1. 合格点群.csv		
2) 出来形評価のための代表値を算出する機能	・出来形を評価するための計算方法が機能要件を満たしているかと計算した結果が正しく算出されているか？	実在点	最上値	I-① I-② I-③	1. 合格点群.csv 2. 不合格点群-最上値.csv 3. 次元設計データ.xml 1. 合格点群.xlsx 2. 不合格点群-最上値.xlsx	
			最下値	I-① I-② I-③	1. 合格点群.csv 3. 不合格点群-最下値.csv 3. 次元設計データ.xml 1. 合格点群.xlsx 3. 不合格点群-最下値.xlsx	
			中央値	I-① I-② I-③	1. 合格点群.csv 4. 不合格点群-中央値.csv 3. 次元設計データ.xml 1. 合格点群.xlsx 4. 不合格点群-中央値.xlsx	
			最頻値	I-① I-② I-③	1. 合格点群.csv 5. 不合格点群-最頻値.csv 3. 次元設計データ.xml 1. 合格点群.xlsx 5. 不合格点群-最頻値.xlsx	
		グリッドデータ化	差の最頻値		II-①	1. 合格点群.csv 2. 不合格点群.csv 3. 次元設計データ.xml 1. 合格点群.xlsx 2. 不合格点群.xlsx
			差の平均値			
			最近隣法		II-②	
			平均法		II-③	
			T I N法			
			逆距離加重法			

確認項目	確認内容	算出方法		評価結果	使用するサンプルデータ	
3)出来形を評価する機能	・3次元設計データと2)で算出した出来形評価用データを比較し、標高較差の算出結果が正しく算出されているか？	実在点	最上値		I-③	1.合格点群.xlsx 2.不合格点群-最上値.xlsx
			最下値		I-③	1.合格点群.xlsx 3.不合格点群-最下値.xlsx
			中央値		I-③	1.合格点群.xlsx 4.不合格点群-中央値.xlsx
			最頻値		I-③	1.合格点群.xlsx 5.不合格点群-最頻値.xlsx
		グリッドデータ化	差の最頻値		II-③	1.合格点群.xlsx 2.不合格点群.xlsx
			差の平均値			
			最近隣法			
			平均法			
			T I N法			
			逆距離加重法			

### 3.2 出来形管理資料の作成機能

確認項目	確認内容	算出方法		評価結果	使用するサンプルデータ		
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	・帳票様式が出来形合否判定総括表(様式31-2)で出力できるか?						
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、規格値の50%以内に収まっている計測点の割合と個数* <sup>1</sup> 、規格値の80%以内に収まっている計測点の割合と個数* <sup>2</sup> が正しく算出されているか? (* <sup>1</sup> 及び* <sup>2</sup> は実装している場合。)		実在点	最上値	I-③	1.合格点群.xlsx 2.不合格点群-最上値.xlsx		
			最下値	I-③	1.合格点群.xlsx 3.不合格点群-最下値.xlsx		
			中央値	I-③	1.合格点群.xlsx 4.不合格点群-中央値.xlsx		
			最頻値	I-③	1.合格点群.xlsx 5.不合格点群-最頻値.xlsx		
		グリッドデータ化	差の最頻値	II-③			1.合格点群.xlsx 2.不合格点群.xlsx
			差の平均値				
			最近隣法				
			平均法				
			T I N法				
			逆距離加重法				
3) 出来形分布図を作成する機能	・出来形分布図が正しく算出されているか?	実在点	最上値	I-③	1.合格点群.xlsx 2.不合格点群-最上値.xlsx		
			最下値	I-③	1.合格点群.xlsx 3.不合格点群-最下値.xlsx		
			中央値	I-③	1.合格点群.xlsx 4.不合格点群-中央値.xlsx		
			最頻値	I-③	1.合格点群.xlsx 5.不合格点群-最頻値.xlsx		
		グリッドデータ化	差の最頻値	II-③			1.合格点群.xlsx 2.不合格点群.xlsx
			差の平均値				
			最近隣法				
			平均法				
			T I N法				
			逆距離加重法				
4) 出来形管理資料を出力する機能	・作成した帳票が印刷可能な形式あるいは、ビューア付き3次元モデルファイルで出力できるか?						

### 3.3 出来形評価用データの出力機能

確認項目	確認内容	算出方法		評価結果	使用するサンプルデータ	
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	・算出した出来形評価用データを電子データ(ポイントデータ)で出力し、正しく出力されているか?	実在点	最上値		I-③	1.合格点群.xlsx 2.不合格点群-最上値.xlsx
			最下値		I-③	1.合格点群.xlsx 3.不合格点群-最下値.xlsx
			中央値		I-③	1.合格点群.xlsx 4.不合格点群-中央値.xlsx
			最頻値		I-③	1.合格点群.xlsx 5.不合格点群-最頻値.xlsx
		グリッドデータ化	差の最頻値		II-③	1.合格点群.xlsx 2.不合格点群.xlsx
			差の平均値			
			最近隣法			
			平均法			
			T I N法			
			逆距離加重法			

機能確認日 \_\_\_\_\_ 年 月 日

機能確認担当者 所属 \_\_\_\_\_

氏名 \_\_\_\_\_

#### 4. 数量算出に関する機能確認チェックシート

数量算出に関する機能確認は、算出方法ごとに実施し、実施結果をチェックシートの評価結果欄に記載する。記載内容は、実装している算出方法について、正しく算出できる場合は“○”、正しく算出できない場合は“×”を記載し、実装していない算出方法については“－”を記載するものとする。

##### 4.1 数量算出機能

確認項目	確認内容	算出方法		評価結果	使用するサンプルデータ
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	・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）を読み込むことができるか？	/			Ⅲ-① 現況地形面データ.xml Ⅲ-② 3次元設計データ.xml
2) 数量算出機能	・現況地形（起工測量計測データ）の面データと3次元設計データ、あるいは、現況地形（起工測量計測データ）の面データと出来形計測結果等（出来形計測データ、岩線計測データ）の面データから数量を算出し、数量が正しく算出されているか？	点高法	四点平均法		Ⅲ-① 現況地形面データ.xml Ⅲ-② 3次元設計データ.xml Ⅲ-③ 数量算出結果.xlsx
			1点法		
		T I N分割等を用いた求積			
		プリズモイダル法			

機能確認日 \_\_\_\_\_ 年 月 日

機能確認担当者 所属 \_\_\_\_\_

氏名 \_\_\_\_\_