

点群処理による標高較差算出ソフトウェア

マニュアル

2021.10.7

(株)富士テクニカルリサーチ

目次

1	処理の流れ	2
1.1	コマンドライン処理と計算条件の確認	3
1.2	データの読込	5
1.3	点群データの加工	6
1.4	較差の算出	9
1.5	点群から法角度の算出	13
2	コマンドオプション	18
2.1	入力データの指定	18
2.2	点群出力先の指定	19
2.3	設計データ表面形状の出力先指定	19
2.4	計算内容の指定	20
2.5	規格値の指定	25
2.6	その他のオプション	26

1 処理の流れ

本ソフトウェアにおける処理の流れは以下のようになります。

1 コマンドライン処理と計算条件の確認

- コマンドラインオプションの読込
- オプションに応じて規格値などのデータの読込
- 計算条件の表示

2 データの読込

- 点群データの読込
- 設計データの読込

3 点群データの加工

- 多角形による点群の切り出し
- 設計データから遠い点の削除
- 設計データの変化点に近い点の削除
- グリッド毎の間引き

4 較差の算出

- 点群ごとに較差の算出
- 天端か法面かの判定
- 規格値との比較と棄却点の決定
- 結果の出力

5 点群から法角度の算出

- 三角形の平面毎の分類
- 点群の分類
- 法角度の算出
- 結果の出力

1.1 コマンドライン処理と計算条件の確認

コマンドラインで入力された値やそこで指定された設定ファイルを読み込み、それ以降の処理に反映します。また、その設定値を表示します。

コマンドの内容についての詳細は [2.コマンドオプション](#) を参照してください。

コマンドライン概要

オプション指定子		概要
-p	--input-pcl	入力点群ファイルを指定します
-g	--thin-grid	入力点群をグリッド毎に間引きます 計算方法を指定します
-c	--cut-polygon	指定多角形の内側の点のみを抽出して残りを消去します
-n	--extract-near	設計データから近い点のみを抽出して残りを消去します
-t	--thinned-pcl	間引かれたデータの出力先を指定します
-o	--grid-origin	グリッドの基準位置を設定します
-w	--grid-width	グリッドの間隔を設定します
-s	--separator	入力ファイルの区切り文字を設定します
-i	--ignore-lines	入力ファイルの先頭何行を無視するかを指定します
-x	--input-landxml	設計データとなる LandXml ファイルを指定します
-l	--output-stl	設計データの表面形状を STL ファイル形式で出力します
-d	--diff-elevation	較差を計算し、指定したファイルに計算結果を出力します
-v	--standard-value	規格値が書かれた json ファイルを指定し、計算に使用します
-u	--out-used-value	計算に使用した規格値を json ファイルに出力します
-a	--slope-angle	法角度を計算し、指定したファイルに計算結果を出力します
-j	--judge-slope	入力点群が天面か法面かを判定する計算方法を指定します
-h	--help	ヘルプを表示します

1.1.1 計算条件の表示

コマンドラインや規格値ファイルから得られた計算条件をコンソールに表示します。

表示内容は以下になります。

表示タイトル	内容
Input Pointcloud	入力点群のファイル名を表示します
Input Separator	入力点群読込時の区切り文字を表示します
Ignore HeadLines	入力点群読込時の先頭から何行読み飛ばすかを表示します

Grid Origin	グリッドの基準位置を表示します
Grid Width	グリッドの間隔を表示します
Input LandXML	入力設計データのファイル名を表示します
Output STL	設計データの形状を出力するファイル名を表示します
Calc Thin Pointcloud	点群の加工処理を行うかを表示します
Output Pointcloud	加工後の出力先を表示します
ThinGridMode	グリッド毎の間引き処理の設定を表示します
CutByPolygon	多角形による点群の切出し処理の設定を表示します
CutNearSurface	設計データから遠い点の削除処理の設定を表示します
CalcDiffElevation	点群と設計値の較差の算出を行うかを表示します
Output GridDiffCsv	較差結果の csv ファイルの出力先を表示します
Output DiffElevJson	較差結果の json ファイルの出力先を表示します
Calc Slope Angle	法角度計算を行うかを表示します
Output SlopeAngleJson	法角度計算の結果の出力先を表示します
JudgeSlopeMode	天端か法面かの判定モードを表示します
Standard Values	規格値の値を表示します
Top/Slope Gradient	天端か法面かを判定する際の面勾配のしきい値を表示します
Top Average Difference	天端の平均値の規格値を表示します
Top Maximum Difference	天端の最大値の規格値を表示します
Top Minimum Difference	天端の最小値の規格値を表示します
Top Discard Rate	天端の棄却点数の割合の規格値を表示します
Top Number of Data in m ³	天端の 1m ² に対するデータ数の規格値を表示します
Slope Average Difference	法面の平均値の規格値を表示します
Slope Maximum Difference	法面の最大値の規格値を表示します
Slope Minimum Difference	法面の最小値の規格値を表示します
Slope Discard Rate	法面の棄却点数の割合の規格値を表示します
Slope Number of Data in m ³	法面の 1m ² に対するデータ数の規格値を表示します
Ignore Distance from Non-planar Edge	設計データの変化点の近くを消去する際の距離のしきい値を表示します

1.2 データの読込

点群データのテキストファイルや比較に使用する設計データの LandXML ファイルを読み込みます。

1.2.1 点群データの読込

点群データのテキスト形式のファイルを開き、計測点の集合を読み込みます。

-p または --input-pcl オプションで指定されたファイルが読み込まれます。

点群データが指定されない場合はエラーとなります。

行ごとに 1 点のデータが記述され、カンマ区切りで数値が X 座標, Y 座標, Z 座標の順に指定された形式のデータを読み込みます。

入力のデータ形式が異なる場合はコマンドラインオプションを使用して調整してください。

1.2.2 設計データの読込

設計データのファイルを開き、面データ（三角形データ）の集合を読み込みます。

-x または --input-landxml オプションで指定されたファイルが読み込まれます。

設計データが指定されず、なおかつ設計データがその後の計算に必要な場合、エラーとなります。

LandXML ファイルの形式から表面形状要素のみを読み込み、設計データとして扱います。表面形状要素の読み込み方法は『[LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換標準 \(案\) Ver.1.3](#)』の「4-3-50 サーフェス定義」～「4-3-54 面」に従い、多角形の集合体として読み込みます。

LandXML の頂点データは左手系での記述となるため、X と Y を入れ替えて右手系の座標データとして読み込まれます。

読み込まれた設計データの表面形状を確認したい場合は-l または --output-stl オプションで指定したファイルに STL 形式（バイナリ形式）で出力することができます。

1.3 点群データの加工

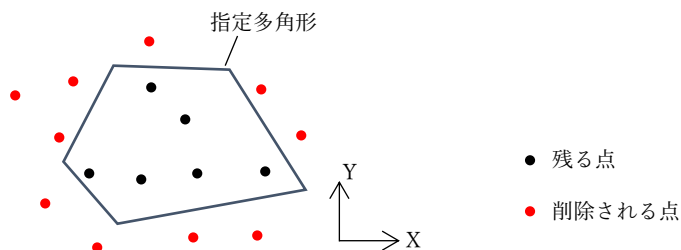
点群データのうち不要箇所を削除したり間引いたりしてデータを軽量化します。

1.3.1 多角形による点群の切り出し

多角形の外側にある点群を取り除き、内側の点群のみを残します。

-c または --cut-polygon オプションを指定するとこの処理が行われます。

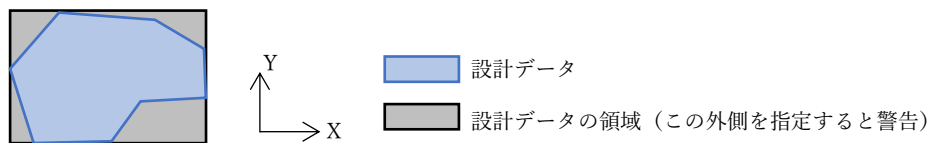
指定方法として、-c または --cut-polygon の後に多角形の頂点の個数，頂点 1 の X 座標，頂点 1 の Y 座標，頂点 2 の X 座標，頂点 2 の Y 座標，…と続けて指定します。



多角形の内側に点群が存在しない場合、「WARNING RESULT: No points remained.」と警告がコンソールに表示されます。

また、多角形の頂点のうち、1 点でも設計データの領域の外側にある場合、「WARNING RESULT: A part of Cut-polygon is out of designed region.」と警告が表示されます。

この際、設計データの領域は設計データ全体を覆い、X 軸・Y 軸に平行な長方形として定義されます。



1.3.2 設計データから遠い点の削除

設計データから遠い点群を取り除き、近い点群のみを残します。

-n または --extract-near オプションを指定するとこの処理が行われます。

-n や --extract-near の直後に 0 から 2 つまで値を指定することができます。

1 つ目の値は設計データからの距離のしきい値（単位：m）を指定します。

2 つ目の値は計算を最大何スレッドで行うかを指定します。

1 つだけ値が指定された場合は距離のしきい値が指定されたものとみなされます。

設計データからの距離のしきい値を指定せずにスレッド数を指定することは出来ません。

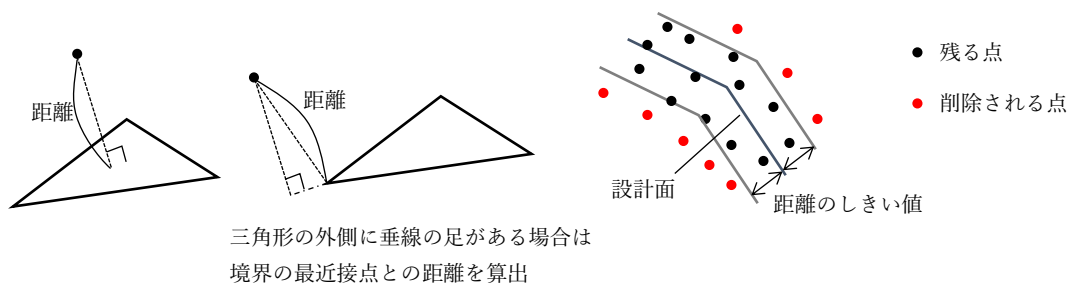
設計データからの距離のしきい値が省略された場合は 0.1m が使用されます。

スレッド数が省略された場合は 1 スレッドで計算を行います。

設計データから点までの距離は点から面までの最短距離で計算されます。

各点から設計データの三角形を含む平面に垂線を下し、その交点が三角形の内部にある場合はその法線方向の距離、外部にある場合は三角形の境界のうち最短距離にある点との距離となります。

設計データのどの三角形とも距離がしきい値以上である場合にその点が削除されます。



1.3.3 設計データの変化点に近い点の削除

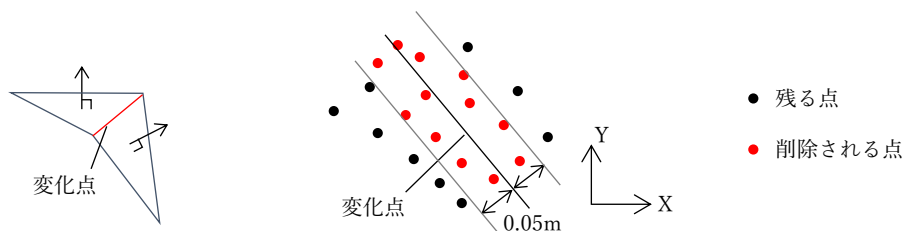
設計データの変化点から XY 方向でみて 0.05m 以内にある点群を取り除きます。

設計データが指定されている場合は必ずこの処理は行われます。

しきい値の 0.05m を変更する場合には、-v または--standard-value で指定する json ファイルの "ignore_distance" の値を変更してください。

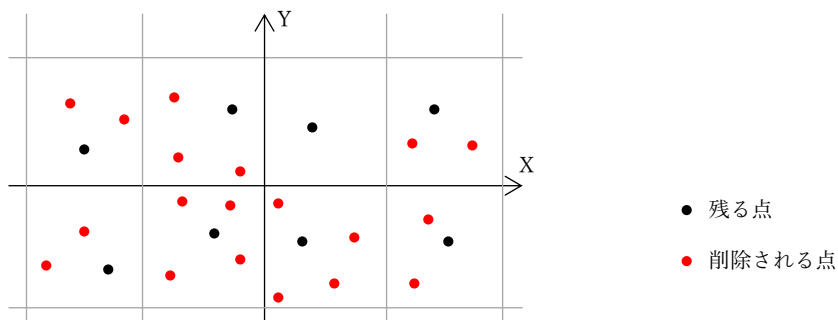
辺を共有する 2 つの三角形が平行でない場合、その間の辺を変化点とみなします。

三角形の法線方向を算出してそれが同一でない場合(1° 程度までのズレは同一とみなす)、その 2 つの三角形が平行でないと判定されます。



1.3.4 グリッド毎の間引き

XY 方向に 1m 区切りのグリッドを作成し、各点をどのグリッドに属するかで分類します。
その後、各グリッド毎にそれに属する点を 1 点だけ残して他を全て取り除きます。



-g または--thin-grid オプションを指定すると処理が行われます。

残す 1 点の決め方は-g や--thin-grid の直後の入力によって決まります。

指定	決定方法
maximum	グリッド内で Z 座標が最大となる点を残します。
minimum	グリッド内で Z 座標が最小となる点を残します。
median	グリッド内で Z 座標の中央値となる点 (Z 座標の大きい順に並べた際にちょうど真ん中に来る点) を残します。
mode	mode の指定後にサンプリング幅を指定する必要があります。 グリッド内でサンプリング幅で Z 座標の値を分類した際に最頻値となる点を残します。 通常最頻値は複数の該当点がありますのでその中の中央値となる点を残します。

グリッドの間隔や位置を変更する場合は、-o や-w オプションを使用してください。

1.4 較差の算出

点群データの各点毎に設計データと比較して較差を算出します。

-d または --diff-elevation オプションを指定すると計算が行われます。

このオプションでは -d や --diff-elevation の直後に出力ファイルを 2 つ指定します。

1 つ目の出力ファイルは各点に対してその座標値、較差値などの表を csv 形式のテキストデータで出力します。

2 つ目の出力ファイルは較差値の最大値・最小値・平均値などの全体の評価データを json 形式のテキストデータで出力します。

較差の算出処理は以下に記載された内容及び手順で行われます。

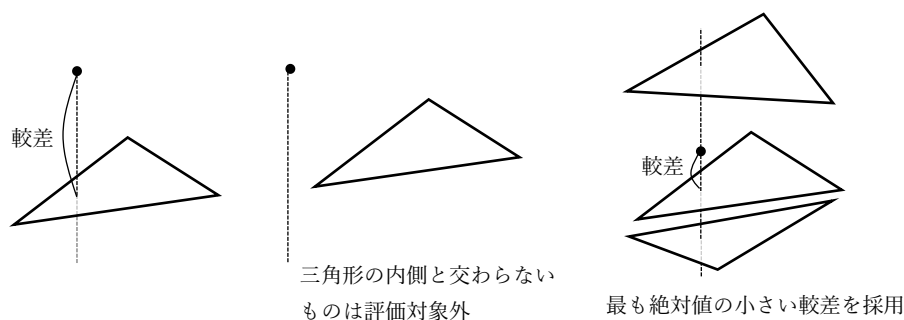
1.4.1 較差の算出

点群データの各点から鉛直($\pm Z$)方向に直線を下し、それと三角形の設計データが交差する点を算出し、計測点と交差点との Z 座標の差分を較差として符号付きの値として算出します。

計測点から鉛直に下ろした直線が三角形の内側で交差しない三角形データについては計算を行わず、交差するものだけで算出します。

複数の三角形と交差する場合には、それらのうち較差の絶対値が最も小さいものを較差として採用します。(比較の際には絶対値で比較しますが採用される値は符号付きです)

対応する三角形が存在しない場合はその点のデータは無視され、出力データや統計データには反映されません。



1.4.2 天端か法面かの判定

点群データの各点に対し、その相手となる三角形の勾配によってこのデータが天端か法面かを判定します。

三角形の勾配が 0.06 以上であれば法面と判定されます。

しきい値の 0.06 を変更する場合には、`-v` または `--standard-value` で指定する json ファイルの `"top_slope_grad_threshold"` の値を変更してください。

`-j` または `--judge-slope` オプションで `force-top` あるいは `force-slope` を指定すると天端か法面かの判定をどちらかに強制的に指定できます。

`-j` や `--judge-slope` オプションを指定しないか `calculation` を指定すると、この判定が実行されます。

この判定は結果データ出力の際に使用されます。

1.4.3 規格値との比較と棄却点の決定

各点毎に算出した較差データを規格値と比較し、棄却点を決定します。

規格値を変更する場合は `-v` または `--standard-value` で規格値の記載された json ファイルを指定します。

規格値の指定なしの場合は以下の標準値が使用されます。

キー名	値の内容	標準値
<code>top_maximum_threshold</code>	天端の較差値の最大値	0.15
<code>top_minimum_threshold</code>	天端の較差値の最小値（絶対値で指定）	0.15
<code>top_average_threshold</code>	天端の較差値の平均値	0.05
<code>top_dicard_rate</code>	天端の棄却点数の割合	0.003
<code>top_minimum_num_in_m2</code>	天端の 1m ² に対するデータ数	1
<code>slope_maximum_threshold</code>	法面の較差値の最大値	0.19
<code>slope_minimum_threshold</code>	法面の較差値の最小値（絶対値で指定）	0.19
<code>slope_average_threshold</code>	法面の較差値の平均値	0.08
<code>slope_discard_rate</code>	法面の棄却点数の割合	0.003
<code>slope_minimum_num_in_m2</code>	法面の 1m ² に対するデータ数	1

棄却点は以下の手順で決定されます。

- 1 点の較差値が正で最大値より大きい場合、あるいは較差値が負でその絶対値が最小値より大きい場合、その点は棄却されます。
- 棄却されなかった点全体で較差の平均値を算出します。
- 較差の平均値や棄却点の割合が規格値を超えた場合には NG の結果として「WARNING RESULT: Out of Standard」と警告をコンソールに出力します。

1.4.4 結果の出力

較差算出の結果としての出力ファイルは2つあります。

1 つ目の出力ファイルは各点に対してその座標値、較差値などの表を csv 形式のテキストデータで出力します。

2 つ目の出力ファイルは較差値の最大値・最小値・平均値などの全体の評価データを json 形式のテキストデータで出力します。

csv 形式のテキストデータには、1 行ごとに 1 点の較差算出データが出力されます。

カンマ区切りで、

点の X 座標, 点の Y 座標, 設計データの Z 座標, 点の Z 座標, 較差値, 規格値比
の順に記載されます。

規格値比は $100 \times \text{較差値} / \text{規格値}$ の値が記載されます。

較差値が正の場合は最大値、負の場合は最小値の規格値が使用されます。

較差値が負の場合、規格値比は負の値となります。(較差値が負に対して規格値の値は正のため)

棄却点についても出力されます。

棄却点がある場合、結果データの先頭から棄却されなかった点が優先的に記載され、その後に棄却点が較差値の大きい順に記載されます。

json 形式のテキストデータには、以下の値が記載されます。

最大値、最小値、平均値には棄却点を除いて算出された値が記載されます。

ただし、棄却点数の割合が規格値を超える場合は棄却点も含めて算出された値が記載されます。

キー名	値の内容
maximum	較差値の最大値
minimum	較差値の最小値
average	較差値の平均値
number	評価点全体の個数
discard	棄却点の個数
area	評価した面積(=評価点数×グリッド面積)

1.5 点群から法角度の算出

点群データから近似平面を計算し、法角度を計算します。

-a または --slope-angle オプションを指定すると計算が行われ、その結果を -a や --slope-angle の直後に指定されたファイルに json 形式のテキストデータで出力します。

-j または --judge-slope オプションで何を指定するかによって処理内容が変わります。

calculation が指定された場合は点群から平面までの距離によって平面毎に分類し、分類されたそれぞれにおいて近似平面を計算して法角度が計算されます。

force-slope または force-top が指定された場合は点群データ全てを一つの平面として近似平面を計算し、法角度を計算します。

法角度の計算処理は以下に記載された内容及び手順にて行われます。

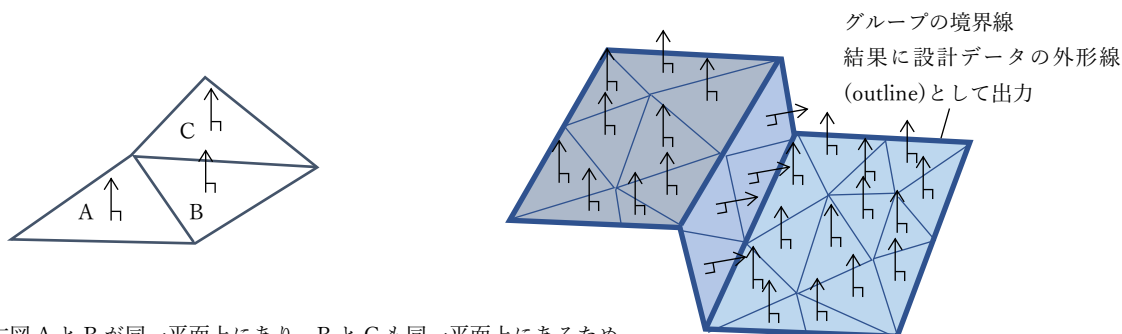
1.5.1 三角形の平面毎の分類

辺を共有する 2 つの三角形が平行な場合、その 2 つを同一平面上にあるものとみなします。三角形 A,B,C の 3 つがあり、A と B が同一平面上にあり、B と C が同一平面上にあるとき、A と C も同一平面上にあるとみなします。

これをつなげていくと同一平面上にある三角形のグループが出来上がります。

こうして三角形を同一平面上にあるグループで分類します。

これらの分類で得られた同一平面上の三角形グループは calculation が指定された際の点群分類の計算や設計値の比較先の情報として出力に使用します。



左図 A と B が同一平面上にあり、B と C も同一平面上にあるため、A,B,C でひとつの同一平面上にあるグループが出来る

このように繋げていくと右図で色分けされたように同一平面上にある大きな三角形グループがいくつか出来る

1.5.2 点群の分類

-j または --judge-slope オプションで calculation が指定された場合のみこの計算が行われます。

各点毎に最も距離の近い三角形を算出し、その三角形が属する同一平面上のグループに紐づけることによって、点群を三角形のグループ毎に分類します。

1.5.3 法角度の算出

-j または --judge-slope オプションで calculation が指定された場合は分類された点群ごとにこの計算が行われます。ただし、法面に紐づけられた点群の分類グループにのみ計算が行われます。

-j または --judge-slope オプションで force-slope または force-top が指定された場合は全体で一度だけこの計算が行われます。

平面の方程式 $ax + by + cz + d = 0$ と点 (X, Y, Z) に対して点と平面の距離は $|aX + bY + cZ + d| / \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ となり、特に $a^2 + b^2 + c^2 = 1$ の場合、 $|aX + bY + cZ + d|$ となります。

点集合 $\{(x_i, y_i, z_i)\}, i = 1, \dots, N$ に対して、各点と平面の距離の 2 乗和

$$\sum_{i=1}^N (ax_i + by_i + cz_i + d)^2$$

が最小となるような a, b, c, d を $a^2 + b^2 + c^2 = 1$ の条件下で算出し、それを近似平面の方程式の係数とします。

1.5.4 結果の出力

平面近似及び法角度の結果データは-a や--slope-angle の直後に指定されたファイルに json 形式のテキストデータで出力します。

出力する json ファイル内で使用されるキー名とその値の意味は以下の表のとおりとなります。

キー名	値の内容
approx	近似平面の情報をそれ以下に記載します。
angle (approx 内に記載)	近似平面の法線と Z 軸との角度を出力します。 小数値で記載されます。
center (approx 内に記載)	近似平面の代表点(平面上の 1 点)を出力します。 特にこの点は元となった点群の平均位置を示します。 小数値 3 つの配列で記載されます。
normal (approx 内に記載)	近似平面の単位法線ベクトルを出力します。 小数値 3 つの配列で記載されます。
outline (approx 内に記載)	点群データを覆う近似平面上の四角形を点群の外形線として出力します。 平面上の 2 方向を出来る限り座標軸方向に沿うように決め、その方向の最大・最小を計算して四角形の頂点が決定されます。 1 つの頂点が小数値 3 つの配列で記載され、その頂点 4 つの配列として四角形のループが記載されます。
valid (approx 内に記載)	近似平面の計算が正常に終了したかを出力します。 正常に終了した場合"yes"、異常終了した場合"no"と記載されます。 異常終了は入力点数が 2 点以下の場合など平面が計算できない場合に生じます。 異常終了した場合は近似平面の他の情報は記載されず、この値と近接の設計データの情報のみ記載されます。
design	近接の設計データの三角形グループの情報を記載します。
type (design 内に記載)	設計データの平面が天端("flat_ground")か法面("slope")かを出力します。
normal (design 内に記載)	設計データの単位法線ベクトルを出力します。 小数値 3 つの配列で記載されます。

outline (design 内に記載)	設計データの三角形グループの外形線を出力します。 外形線の 1 つの頂点が小数値 3 つの配列で記載され、その配列として外形線のループが記載され、その配列として外形線全体のデータが記載されます。
--------------------------	--

出力する json ファイルの形式としては、approx と design を含むオブジェクトの配列となります。

例として以下のような出力になります。

(あくまで構造を示すためのサンプルの記載であり、実際のデータはインデント量や改行位置などが異なることがありますのでご注意ください。)

```
[
  {
    "approx": {
      "angle": 0.0,
      "center": [0,0,0],
      "normal": [0,0,1],
      "valid": "yes",
      "outline": [[0,0,0], [1,0,0],[1,1,0],[0,1,0]]
    }
    "design": {
      "type": flat_ground,
      "normal": [0,0,1],
      "outline": [[[0,0,0], [1,0,0],[1,1,0],[0,1,0]]]
    }
  },
  {
    "approx": {
      "valid": "no"
    }
    "design": {
      "type": flat_ground,
      "normal": [0,0,1],
      "outline": [[[-2,-2,0], [2,-2,0],[2,2,0],[-2,2,0]], [[-1,-1,0], [-1,1,0],[1,1,0],[1,-1,0]]]
    }
  }
]
```

2 コマンドオプション

2.1 入力データの指定

2.1.1 点群データの入力

-p または--input-pcl を指定し、その直後に点群ファイルへのパスを指定すると入力点群ファイルが指定できます。

そのデータ読み込みの際に-s または--separator を指定し、その直後に文字を入力すると読み込みの際の区切り文字を指定できます。スペースなどのコマンドライン上での特殊文字を指定する場合はシングルクォーテーション(')やダブルクォーテーション(")などで囲って入力してください。

また、-i または--ignore-lines を指定し、その直後に正整数値を指定すると指定行数分だけファイルの先頭を読み飛ばすことができます。ヘッダなどの情報が点群ファイルにある場合等に使用してください。

入力ファイルの指定例：

コマンドライン指定	内容
./sample_diffelev -p input.txt	点群ファイルとして input.txt を指定します。
./sample_diffelev -p input.txt -s “ ”	点群ファイルとして input.txt を指定し、その読み込時にスペースを区切り文字として使います。 1.5334 2.34535 -3.13435 のような形式のデータを読み込む際に使用します。
./sample_diffelev -p input.txt -i 3	点群ファイルとして input.txt を指定し、その読み込時に先頭 3 行を無視します。 先頭 3 行に点群数などの点の座標値とは別個のデータが書かれたものを読み込む際に使用します。

※これらのオプションの指定だけでは何も計算処理が行われません。

他のオプションと組み合わせて使用してください。

2.1.2 設計データの入力

-x または--input-xml を指定し、その直後に設計データファイルへのパスを指定すると設計データが指定できます。

入力ファイルの指定例：

コマンドライン指定	内容
./sample_diffelev -x input.xml	設計データファイルとして input.xml を指定します。 LandXML の形式で書かれている必要があります。

※これらのオプションの指定だけでは何も計算処理が行われません。

他のオプションと組み合わせて使用してください。

2.2 点群出力先の指定

-t または--thinned-pcl を指定し、その直後に点群ファイルへのパスを指定すると点群加工結果の出力先が指定できます。

出力ファイルの指定例：

コマンドライン指定	内容
./sample_diffelev -p input.txt -t output.txt	点群ファイルとして input.txt を指定し、その加工の結果として output.txt に出力します。

※これらのオプションの指定だけでは何も計算処理が行われません。

他のオプションと組み合わせて使用してください。

2.3 設計データ表面形状の出力先指定

-l または--output-stl を指定すると、入力した設計データの表面形状を STL 形式（バイナリ形式）で出力します。

-l または--output-stl の直後に出力ファイルへのパスを指定します。

出力ファイルの指定例：

コマンドライン指定	内容
./sample_diffelev -x input.xml -l output.stl	設計データファイルとして input.xml を指定し、その表面形状を output.stl に出力します。

※これらのオプションの指定だけでは何も計算処理が行われません。

他のオプションと組み合わせて使用してください。

2.4 計算内容の指定

2.4.1 グリッド毎の間引き

-g または--thin-grid を指定すると入力点群をグリッド毎に間引く処理を行います。
処理の詳細は [1.3.4 グリッド毎の間引き](#) を参照してください。

-g または--thin-grid の直後に以下の 4 つのうちいずれかの指定をすることができます。
mode を指定した場合はさらにその直後に値を入力してください。

- maximum:グリッドの Z 座標が最大値の点を残します
- minimum:グリッドの Z 座標が最小値の点を残します
- median:グリッドの Z 座標が中央値となる点を残します
- mode:グリッドの Z 座標でヒストグラムを取った際の最頻値となる点を残します
続けてヒストグラムの間隔を指定してください

また、グリッドに関して、-o または--grid-origin の直後に数値を 2 つ指定するとグリッドの基準位置を変更することができます。

同様に-w または--grid-width の直後に数値を 2 つ指定するとグリッドの間隔を変更することができます。

間引き処理の指定例：

コマンドライン指定	内容
./sample_diffelev -p input.txt -g maximum -t output.txt	点群データ input.txt を読み込み、グリッド内の最大値を残す指定でグリッド毎の間引き処理を行い、output.txt に出力する
./sample_diffelev -p input.txt -g mode 0.01 -t output.txt	点群データ input.txt を読み込み、グリッド内で 0.01m 区切りの Z 座標でのヒストグラムを取り、その中で最大個数となった領域の 1 点を残す指定でグリッド毎の間引き処理を行い、output.txt に出力する
./sample_diffelev -p input.txt -g minimum -o 0.1 0.1 -w 0.5 0.5 -t output.txt	点群データ input.txt を読み込み、グリッドを 0.5m 間隔で X=0.1,Y=0.1 に境界線があるように作成し、グリッド内の最小値を残す指定でグリッド毎の間引き処理を行い、output.txt に出力する

2.4.2 多角形による点群の切り出し

-c または --cut-polygon を指定すると入力点群から多角形の内側にある点群のみを抽出して残りを消去する処理を行います。

処理の詳細は [1.3.1 多角形による点群の切り出し](#) を参照してください。

-c または --cut-polygon の直後に多角形の頂点の個数、頂点 1 の X 座標、頂点 1 の Y 座標、頂点 2 の X 座標、頂点 2 の Y 座標、…と続けて指定します。

切出し処理の指定例：

コマンドライン指定	内容
<code>./sample_diffelev -p input.txt -c 4 0 0 10 0 10 10 0 10 -t output.txt</code>	点群データ input.txt を読み込み、(0,0)-(10,0)-(10,10)-(0,10)-(0,0)で囲まれた領域の点群のみを残し他は消去する処理を行い、結果を output.txt に出力する

2.4.3 設計データから遠い点の削除

-n または --extract--near を指定すると設計データから近い点のみを抽出して残りを消去する処理を行います。

処理の詳細は [1.3.2 設計データから遠い点の削除](#) を参照してください。

-n や --extract-near の直後に 0 から 2 つまで値を指定することができます。

1 つ目の値は設計データからの距離のしきい値（単位：m）を指定します。

2 つ目の値は計算を最大何スレッドで行うかを指定します。

1 つだけ値が指定された場合は距離のしきい値が指定されたものとみなされます。

切出し処理の指定例：

コマンドライン指定	内容
<code>./sample_diffelev -p input.txt -x input.xml -n -t output.txt</code>	点群データ input.txt, 設計データ input.xml を読み込み、設計データから 0.1m 以内の点群のみを残し他は消去する処理を行い、結果を output.txt に出力する
<code>./sample_diffelev -p input.txt -x input.xml -n 0.3 -t output.txt</code>	点群データ input.txt, 設計データ input.xml を読み込み、設計データから 0.3m 以内の点群のみを残し他

	は消去する処理を行い、結果を output.txt に出力する
<code>./sample_diffelev -p input.txt -x input.xml -n 0.1 4 -t output.txt</code>	点群データ input.txt, 設計データ input.xml を読み込み、設計データから 0.1m 以内の点群のみを残し他は消去する処理を 4 スレッドの並列計算で行い、結果を output.txt に出力する

2.4.4 較差の算出

-d または--diff-elevation を指定すると較差を計算する処理が行われます。

処理の詳細は [1.4 較差の算出](#) を参照してください。

-d や--diff-elevation の直後に csv 形式の出力ファイルのパス、json 形式の出力ファイルのパスを指定します。

csv 形式の出力ファイルには各点毎の較差データが出力されます。

json 形式の出力ファイルには平均値などの全体の較差算出結果が出力されます。

また、-j や--judge-slope を指定すると天端か法面かを判定する方法を変更できます。

-j や--judge-slope の直後に以下の 3 つのうちいずれかの指定をすることができます。

- calculation:点群が天端に属するか法面に属するかを計算で決定します。
その計算結果に応じて天端か法面どちらの規格値を使用するかを決定します。
何も指定しない場合もこれを選んだものとして計算されます。
- force-top:点群が天端に属するものとして規格値との比較や評価を行います。
- force-slope:点群が法面に属するものとして規格値との比較や評価を行います。

較差算出処理の指定例：

コマンドライン指定	内容
./sample_diffelev -p input.txt -x input.xml -d output.csv output.json	点群データ input.txt,設計データ input.xml を読み、そのまま点群データと設計データの較差を算出して結果を output.csv と output.json に出力する
./sample_diffelev -p input.txt -x input.xml -g median -d output.csv output.json	点群データ input.txt,設計データ input.xml を読み、グリッド内の中央値を残す指定でグリッド毎の間引き処理を行い、間引き後の点群データと設計データの較差を算出して結果を output.csv と output.json に出力する
./sample_diffelev -p input.txt -x input.xml -j force-top -d output.csv output.json	点群データ input.txt,設計データ input.xml を読み、そのまま点群データと設計データの較差を算出して結果を output.csv と output.json に出力する 較差の算出の際、天端にあるものとして規格値との比較や評価を行う

2.4.5 点群から法角度の算出

-a または--slope-angle を指定すると点群を平面近似して法角度を計算する処理が行われます。

処理の詳細は [1.5 点群から法角度の算出](#) を参照してください。

-a や--slope-angle の直後に json 形式の出力ファイルのパスを指定します。

ここに平面近似の結果や近接の設計データの情報が出力されます。

また、-j や--judge-slope を指定すると計算内容を変更できます。

-j や--judge-slope の直後に以下の 3 つのうちいずれかの指定をすることができます。

- calculation:点群が天端に属するか法面に属するかを計算で決定します。
この場合、設計データを元に点群を複数の平面に分類し、各平面の点群に対して平面近似・法角度計算が行われます。
- force-slope:点群が法面に属し、なおかつ点群全体で一平面をなすものとして計算します。
この場合、点群全体に対して平面近似・法角度計算が行われます。
- force-top: 点群が天端に属し、なおかつ点群全体で一平面をなすものとして計算します。
この場合、点群全体に対して平面近似・法角度計算が行われます。
計算内容は force-slope を指定した場合と同様です。

法角度算出処理の指定例：

コマンドライン指定	内容
./sample_diffelev -p input.txt -x input.xml -a angle.json	点群データ input.txt,設計データ input.xml を読み、設計データを元に複数の平面に分類して法角度計算を行い、結果を angle.json に出力する
./sample_diffelev -p input.txt -x input.xml -j force-slope -a angle.json	点群データ input.txt,設計データ input.xml を読み、点群データが一平面をなすものとして法角度計算を行い、結果を angle.json に出力する

2.5 規格値の指定

2.5.1 規格値の読込

-v または --standard-value を指定し、その直後に json ファイルへのパスを指定すると json ファイルに書かれた規格値が計算で使用されます。

json ファイルの形式は以下のキー名のデータをまとめたオブジェクトの形となります。

キー名	値の内容	標準値
top_maximum_threshold	天端の較差値の最大値	0.15
top_minimum_threshold	天端の較差値の最小値（絶対値で指定）	0.15
top_average_threshold	天端の較差値の平均値	0.05
top_dicard_rate	天端の棄却点数の割合	0.003
top_minimum_num_in_m3	天端の 1m ² に対するデータ数	1
slope_maximum_threshold	法面の較差値の最大値	0.19
slope_minimum_threshold	法面の較差値の最小値（絶対値で指定）	0.19
slope_average_threshold	法面の較差値の平均値	0.08
slope_discard_rate	法面の棄却点数の割合	0.003
slope_minimum_num_in_m3	法面の 1m ² に対するデータ数	1
ignore_distance	設計データの変化点の近くを消去する際の距離のしきい値	0.05
top_slope_grad_threshold	天端か法面かを判定する際の面勾配のしきい値	0.06

json ファイルの形式例：

```
{  
  "top_maximum_threshold": 0.20,  
  "top_minimum_threshold": 0.20,  
  "top_average_threshold": 0.08  
}
```

このファイルを読み込むと天端の最大値・最小値・平均値の規格値を変更し、その他の規格値は標準のものが使用されます。

規格値ファイルの指定例：

コマンドライン指定	内容
<code>./sample_diffelev -v standard.json</code>	standard.json に書かれた値を規格値として使用します。

※これらのオプションの指定だけでは何も計算処理が行われません。

他のオプションと組み合わせて使用してください。

2.5.2 規格値の出力

`-u` または `--out-used-value` を指定し、その直後に json ファイルへのパスを指定すると計算で使用された規格値が json ファイルに出力されます。

json ファイルの形式は [2.4.1 規格値の読込](#) に記載されたものと同様の形式となります。

出力ファイルの指定例：

コマンドライン指定	内容
<code>./sample_diffelev -u standard.json</code>	計算に使用された規格値を standard.json に出力します。

※これらのオプションの指定だけでは何も計算処理が行われません。

他のオプションと組み合わせて使用してください。

2.6 その他のオプション

`-h` または `--help` を指定するとヘルプが表示され、そのまま終了します。

他にどのオプションがあったとしてもそれらは計算されずヘルプが表示されるだけなので、例えばコマンド入力の途中でコマンドの形式が分からなくなった際などに `-h` と付けて実行すればヘルプを確認できます。

出力ファイルの指定例：

コマンドライン指定	内容
<code>./sample_diffelev -h standard.json</code>	ヘルプが表示されます。