

3次元地形モデルを対象とした 描画ガイドラインの提案

窪田 諭¹・中村 健二²・重高 浩一³・今井 龍一⁴・櫻井 淳⁵

¹正会員 関西大学准教授 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)

E-mail: skubota@kansai-u.ac.jp

²正会員 大阪経済大学准教授 情報社会学部 (〒533-8533 大阪市東淀川区大隈2丁目2番8号)

E-mail: k-nakamu@osaka-ue.ac.jp

³正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所防災・メンテナンス基盤研究センターメンテナンス情報基盤研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地) / 関西大学大学院総合情報学研究科連携大学院客員教授

E-mail: shigetaka-k258@nilim.go.jp

⁴正会員 東京都市大学准教授 工学部 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1丁目28番1号)

E-mail: imair@tcu.ac.jp

⁵学生会員 関西大学大学院 総合情報学研究科 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番1号)

E-mail: k400448@kansai-u.ac.jp

社会基盤施設の3次元モデルと密接な関連を有する地形は、施設と地形の密接な関連を考慮した上で、3次元での取得と利用の促進が必要である。地形データはLPやMMSにより3次元で積極的に取得されているが、業務段階を跨って十分に活用されているとは言い難く、3次元を対象としたモデルの表記方法が定義されていない。そこで、本研究では、3次元地形モデルの表記の標準として、描き方とビューのガイドラインと位置づける「3次元地形描画ガイドライン」を提案する。本ガイドラインでは、現況地形を対象として、LP、MMS、地上設置型レーザスキャナおよびUAV搭載カメラの計測機器を用いて取得および作成した点群データを対象に、それを3次元CADソフトに表示するためのルールを検討した。

Key Words : *Three-dimensional Data, Standardization, Landform, Visualization, Point Cloud Data*

1. はじめに

社会基盤施設の3次元モデルは、計画、調査、設計、施工、維持管理のライフサイクルにおいて、生産性向上や品質確保などのために活用が推進されている。社会基盤施設の3次元モデルと密接な関連を有する地形については、施設と地形の密接な関連を考慮した上で、3次元で取得し、その利用を促進することが必要である。地形データはLP (Laser Profiler)¹⁾やMMS (Mobile Mapping System)²⁾などの計測機器によって3次元で積極的に取得されているが、業務段階を跨って十分に活用されているとは言い難い。業務段階を跨がって地形の3次元モデルを活用するためには、その標準化が必須である。3次元モデルの標準規格を定めるためには、その表記の標準化とデータ交換の標準化を考える必要がある。2次元図面においては、表記標準としてCAD製図基準³⁾が、データ交換標準としてSXF⁴⁾がある。また、文献5)では道路設計を対象とした3次元の地形データの作成仕様を、文献6)

では橋梁を対象とした3次元データの利活用を定めている。しかし、3次元を対象としたモデルの表記標準が定義されておらず、3次元モデルの標準規格を策定するための基礎資料が存在しない。したがって、取得した地形データを3次元モデルで表記するための描画とビューのガイドラインを策定することが必要である。

そこで、本研究では、3次元地形モデルを対象として、表記としての描き方とビューのガイドラインと位置づける「3次元地形描画ガイドライン」を提案する。ここでは、文献7)の3次元製図の定義および地形を対象とした3次元製図基準の構成項目案を基にガイドラインを検討する。このうち、本稿では、現況地形および道路、河川などの既設地物をLP、MMS、地上設置型レーザスキャナ、UAV (Unmanned Aerial Vehicle) に搭載されるカメラ (以下、UAVカメラという) などの特性の異なる様々な機器によって計測した点群データを対象に、3次元地形モデルを表示するルールを提案する。そして、取得した点群データを3次元地形描画ガイドラインに基づいて可視

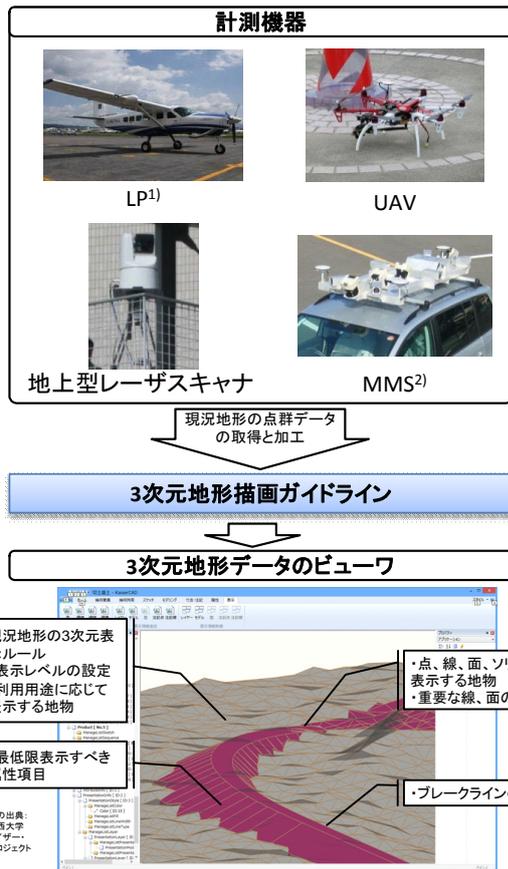


図-1 表示ルールの検討イメージ

化する際の利用者に対するビュー、つまり表示について検証する。本研究の検討成果は、今後、地形のみならず道路や河川など各ドメインの3次元モデルの描画ガイドラインを策定するための基礎資料となる点と、これらのビューを検証するための3次元ビューアの開発につながる点に意義がある。

本研究を遂行するにあたり、著者らは、2013年度に日本建設情報総合センター社会基盤情報標準化委員会の傘下に「地形を対象とした3次元製図基準検討小委員会」⁷⁾を組織し、2015年6月まで活動した。本小委員会は、大学研究者、国土交通省、測量関係企業、CAD/ITベンダ、地図調製企業の13名によって構成され、地形を対象とした3次元製図基準の定義と構成項目案、3次元地形描画ガイドラインの草案を検討した。本稿は、地形を対象とした3次元製図基準検討小委員会によって検討した成果である。

2. 3次元地形描画ガイドラインの位置づけ

3次元地形描画ガイドラインにおける表示ルールの検討イメージを図-1に示す。そこでは、LP、MMS、地上

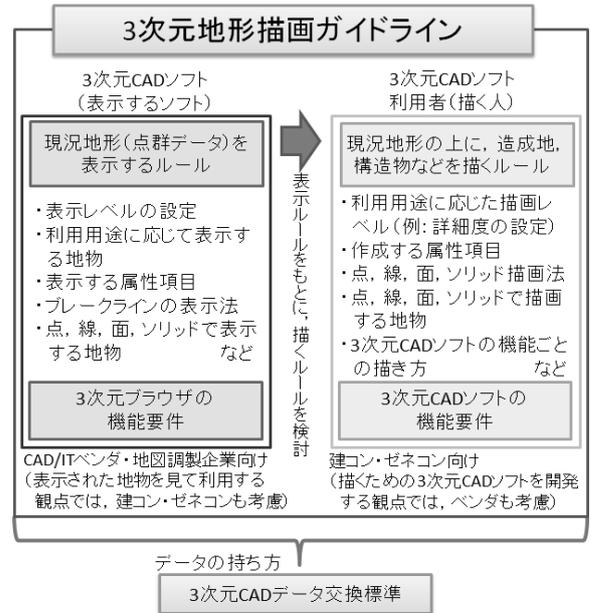


図-2 3次元地形描画ガイドラインの構成

設置型レーザスキャナ、UAVカメラの特性の異なる様々な計測機器から取得された点群データを設計や施工業務に活用するために、3次元に表示し描画するガイドラインとする。本ガイドラインを基に、道路、構造、河川海岸砂防、都市施設の3次元描画ガイドラインが策定されることを想定する。

3次元地形描画ガイドラインの構成を図-2に示す。本ガイドラインでは、現況地形の点群データを3次元CADソフトに表示するルールと3次元CADソフトを用いて現況地形の上に造成地や構造物などを描くルールに分けて検討する。前者では、計測機器によって取得した点群データを3次元CADソフトに表示するルールを定めるため、点群データの表示レベル、表示方法や利用用途に応じた表示地物などを検討する。これは、3次元ブラウザの機能要件につながる。後者では、利用者が点群データを加工して構造物の3次元モデルを描くルールを定めるため、表示ルールを基に、利用用途に応じた描画レベルの設定や点、線、面、ソリッドの描画方法などを検討する。これは、3次元CADソフトの機能要件につながる。ただし、対象とする構造物は、地形の計測時に取得される既設地物とする。本ガイドラインは3次元地形モデルの表記標準を対象とするため、データ交換標準は対象外とする。

3. 3次元地形描画ガイドライン

文献⁷⁾を基に改良した3次元描画ガイドラインの目次

表-1 3次元地形描画ガイドラインの目次

目次	
1. 総則	5. 座標系
1-1 概要	6. 管理情報
1-2 適用	7. 3次元地形モデルの表示に係わる一般事項
1-3 3次元モデル地形の表示・描画における考え方	8. アノテーションの表示
1-4 用語の定義	9. 点の表示
2. 次元の考え方	10. 線の表示
3. 適合性クラス	11. 面の表示
4. 3次元地形モデルの表示レベル	12. 対象地物

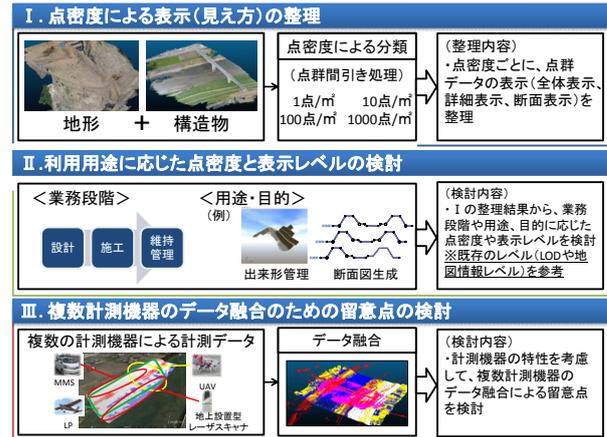


図-3 表示レベルの検討手順

を表-1に示す。本ガイドラインでは、現況地形をLP, MMS, 地上設置型レーザスキャナ, UAVカメラなどの特性の異なる様々な機器によって計測した点群データを対象に、3次元地形モデルを表示するガイドラインを策定する。そこでは、3次元地形モデルの精度や対象物の要求レベルが高すぎると利用されないため、ガイドラインの利用者に過度の負担をかけないように、3次元地形モデルの表示レベルを設定する。

(1) 総則

a) 概要

3次元地形描画ガイドラインの定義と位置づけを明確にする。

b) 適用

ガイドラインでは、現況地形を計測した点群データを対象に、利用分野に共通して3次元地形モデルを表示する基準を策定する。3次元地形モデルの利用用途を定めず、河川計画, 港湾計画, 上下水道計画, 都市計画および道路, 鉄道, ダム, 管路などの構造物の設計に必要な地形情報を与え、構造物の配置計画と個々の構造物の設計, 施工, 維持管理に利用される。

c) 3次元地形モデルの表示・描画における考え方

3次元地形モデルの表示と描画にあたっては、現況地形を計測するための様々な計測機器が利用されており、これらの特性を考慮する必要がある。そのため、点群データの密度, 機器の精度, 計測範囲などを考慮し、現況地形を3次元CADソフトによって表示し描画する基準とする。

(2) 次元の考え方

ガイドラインでは、3次元を標準として地形データの表示ルールを定める。地形を表現するために必要な地表

に存在する地物のうち、3次元で描画する地物を抽出し定義する。ただし、その利用用途に応じて、全ての地形データを3次元にする必要はない。地表面のデータについては、TIN (Triangulated Irregular Network) による表記が利用されるため、その表示を検討する。

(3) 適合性クラス

ISO10303 (STEP: Standard for the exchange of product model data) のAP203⁸⁾の適合性クラスを参照し、等高線やブレイクラインを描くためにCC3 (位相付きワイヤフレームモデル), 地表面を描画し、面の接続を考慮するためにCC4 (位相付きサーフェスモデル) を対象とする。基準点などは、CC3とCC4で規定される幾何要素の「点」に該当する。点群データを基とする3次元地形の表記を対象とするため、CC6 (ソリッドモデル) は対象としないが、場面によっては利用する。

(4) 3次元地形モデルの表示レベル

3次元地形モデルの表示レベルにおいては、図-3に示す3段階で検討を進める。ここでは、人による3次元地形モデルの理解可否の観点で検討する。コンピュータおよびソフトウェアによるモデルの理解可否の観点については、データ交換標準を含めて今後の検討課題である。

- 1) 点密度による表示 (見え方) の整理: 点群データを点密度により分類し、地形を全体, 詳細, 断面表示して、それぞれの見え方を整理する。
- 2) 利用用途に応じた点密度と表示レベルの検討: 1)の整理結果から、設計, 施工, 維持管理の業務段階, 出来形管理や断面図生成などの点群データの目的や用途に応じた点密度や表示レベルを検討する。

- 3) 複数計測機器のデータ融合のための留意点の検討: LP, MMS, 地上設置型レーザスキャナ, UAVカメラの計測機器には, 計測範囲や点群データの密度などの特性があり, 地形を3次元表示するためには, これらの点群データを融合して表現する. そのため, 計測機器の特性を考慮して, 複数計測機器のデータ融合による3次元地形モデルの表示の留意点を検討する.

本研究では, 1)の点密度による表示の整理を対象とする. 表示レベルの検討では, 地形の計測分野に馴染みの深い「地図情報レベル」, あるいはBIM/CIM分野で使用されるLOD (Level of Detail) によって整理する. 点密度による表示ルールは, 次章にて述べる.

(5) 座標系

3次元CADにおいて対象物の形状や位置関係を視覚的に表現するために, 座標系を定める. ガイドラインでは, OpenGLの座標系などにおいて定義される右手系直交座標系を採用した. また, 測量による地形データを取得することを考慮し, 測地座標系を使用する.

(6) 管理情報

管理情報は, 日本自動車工業会 (JAMA) の3D単独図ガイドライン⁹⁾を参考に定める. これは, 土木製図基準における表題欄に該当する. 3次元では2次元図面の表題欄と異なり, その位置と大きさを特定せず, 各ソフトウェアで工夫する. 管理情報として, 次のルールを規定した.

- 名称 (地名や工事名など), 地形の場所を特定する住所情報, データ作成年月日, データ計測年月日を対象とする.
- データ更新時間を保持し, 最新の地形を表示する.
- 3次元地形モデルを画面で確認する際には, 管理情報の所在を画面上で確認できるようにする. 管理情報は, 3次元地形モデルとは別に表示・非表示, 拡大・縮小ができるようにする.
- 管理情報の表示位置とその構成は, 各ソフトウェアで設定する.
- 表題欄, 注記, その他の管理情報は, 重ならないように配置する.

(7) 3次元地形モデルの表示に係わる一般事項

- 有効桁数は小数点以下4桁以上とする.
- 3次元地形モデルは自身で現実の形状と大きさを表しているため, 寸法の指示は不要である.

(8) アノテーションの表示

アノテーションは図形要素の属性情報として保持し,

表示方法はソフトウェアによって工夫する. ここでは, テキストや注記などの表記を示し, 次の事項を参考とする.

- 3次元モデルにおいて, アノテーションを明確な方向と適切な場所に表記するために, 投影図または断面図を設定する.
- 3次元モデルに引出線や参照線などのアノテーションを設定する場合, 投影図または断面図を用いることやアノテーションを適切に配置することにより, アノテーション同士が重なって見づらくなならないようにする.
- アノテーションの色は, 画面および3次元モデルの色に対して, 保護色にならないように設定する.
- アノテーションを指示するための引出線や参照線は, 形状を表すために不要な3次元モデル要素にしてはならない.
- 3次元モデルにアノテーションを表記するために, アノテーション平面を設定し, これにアノテーションを設定する. このアノテーション平面は, そのまま投影図または断面図に利用できる.
- 投影図および断面図は, 3次元モデルの空間内に平面を作成し設定する. 投影図および断面図の種類は, ISO 128 (JIS Z 8316) 「製図一図形の表し方の原則」に従う. また, 投影図と断面図を見る方向は, 平面に矢印を表記し, 平面の名前を文字で明確に表記する. この矢印の方向で, 指示内容が読めるように寸法などのアノテーションを設定する.

(9) 点の表示

基準点などを作成するための点の表示方法を定める. 適合性クラスCC3 (位相付きワイヤフレームモデル) およびCC4 (位相付きサーフェスモデル) を対象とする. 基準点, 水準点, 多角点等, 公共基準点などを表記し, 緯度, 経度, 標高を有する. 点の色は, 背景の色と明瞭に区別する.

田畑などの記号は, 地理情報システムにおけるシンボルと同様と考え, システムのフォントフォルダにある任意のテキストまたは表示フォントから作成されるシンボルを各ソフトウェアで工夫して表示する.

(10) 線の表示

ワイヤフレームモデルにおいて, 線を利用する場合の標準的な表示方法を示す. 本ガイドラインでは, 適合性クラスCC3 (位相付きワイヤフレームモデル) を対象とする. 線の色は背景の色と明瞭に区別できるようにし, 線の色および太さは各ソフトウェアで設定する. 引出線, 寸法線および寸法補助線の用法は, ISO 128 (JIS Z 8316) を参照する. 地形を表示するためのルールとして,

次の事項を定めた。

- ・ 2次元製図において重要な線は、3次元地形モデルの作成においても重要と考える。構造物形状（道路縁、鉄道、建物）、地形（水域、緑地、等高・等深線）、管理区域界（行政界、敷地界）、埋設管の位置、護岸被覆、切土盛土、崖、崩壊地、急斜面、砂防堰堤、堰、ダム、堤防などの線を表示する。
- ・ 土地と構造物の区域の境界を明確に表記する。
- ・ 地形のブレイクラインを3次元で取得し表記する。

(11) 面の表示

サーフェスモデルにおいて、面を利用する場合の標準的な表示方法を示す。適合性クラスCC4（位相付きサーフェスモデル）を対象とする。面の色は、背景の色と明瞭に区別する。

(12) 対象地物

3次元モデルとして表示および描画する地物を抽出するにあたり、点群データを基に表示するために留意する点を次に述べる。

- ・ 点群データでは、地物毎にその点密度を個別に設定することは難しいため、本ガイドラインでは地形とともに必要な全ての地物を同じ点密度で表示する。
- ・ 地形と地表面を表す地物については、3次元で表示する。
- ・ 地形形状は等高線で概ねの形状表現が可能であるが、等高線の間に変化があり変化が一定でない場合は、ブレイクラインまたは等高線を作成する。
- ・ 3次元描画ガイドラインの道路編、河川編などの作成に関して、道路、水部などの地物は道路編や河川編などで定められるべきである。

本節では、3次元モデルとして描画する地物を示す。対象とする地物の選定にあたっては、本章(10)における線の表示の検討結果を考慮して、現況地形の上に表示される構造物は地形の形状を可視化し、地形と構造物の境界および地形のブレイクラインを表現するために必要と考える。そこで、作業規程の準則における公共測量標準図式 数値地形図データ取得分類基準表を基に、地図情報レベル500または1000の地物から選定した結果、道路、鉄道、河川、法面、等高線、基準点を抽出した。対象地物は次のとおりである。

- ・ 交通施設：道路（道路縁）、道路施設（道路橋（高架部）、木橋、徒橋、栈道橋、横断歩道橋）、鉄道（普通鉄道、地下鉄地上部、路面電車、モノレール）、鉄道施設（鉄道橋（高架部）、跨線橋）
- ・ 建物
- ・ 水部等：水部（河川、細流）、水部に関する構造物
- ・ 法面：変化が一定でない場合は地形形状に応じて、

表-2 点密度と計測機器の整理

点密度	LP	MMS	地上設置型レーザスキャナ	UAVカメラ ※写真測量
オリジナルデータの点密度	約 20 点/m ²	約 4500 点/m ²	約 1 万 点/m ²	約 500 点/m ²
1000~100 点/m ²		③	⑦	⑪
100~10 点/m ²		④	⑧	⑫
10 点/m ²	①	⑤	⑨	⑬
1 点/m ²	②	⑥	⑩	⑭

ブレイクラインを作成する。維持管理での3次元モデルの利用を考慮すると、河川では護岸、矢板などの表面に現れていない構造物の表現を検討する必要がある。

- ・ 基準点（三角点、水準点、多角点、公共基準点等）

4. 3次元地形モデルの表示レベルの検討

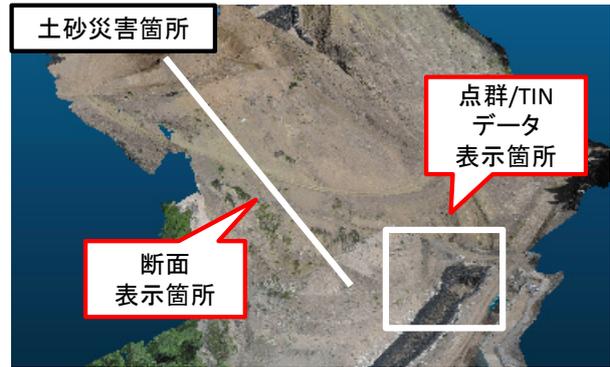
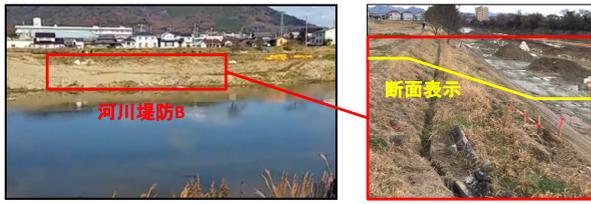
(1) 計測機器と点密度による表示

点群データの密度を分類し、3次元モデルの表示を整理するために、LP、MMS、地上設置型レーザスキャナ、UAVカメラによって点群データを取得し、加工して3次元で表示した。そこでの整理内容は次のとおりである。

- ・ 計測機器と点密度の整理
- ・ 人が理解するための目安とするために、対象箇所を3次元と2次元（断面）によって表示

点群データの点密度¹⁰と計測機器の関係を表-2に示す。本研究では、表中の①~⑭の点群データを無償の点群ビューアCloud Compareに可視化した。3次元地形描画ガイドラインにおける本表の使用方法として、ガイドラインの利用者が地形の点群データを取得しコンピュータ処理する際に、オリジナルデータの点密度から点密度を削減して表示するための目安となることを想定する。

表示の例として、河川堤防を対象に地上設置型レーザスキャナ（Pentax S-3180V）で取得した点群データを点密度によって比較した結果（⑦~⑩）を図-4に、土砂災害現場においてUAVカメラ（DJI F550）で撮影した写真を基に点群データを生成し、その点密度によって比較した結果（⑪~⑭）を図-5に示す。図-4ではオリジナルデータ約1万点/m²を基に、図-5ではオリジナルデータ260点/m²を基に、点密度を1000、100、10、1点/m²とした結果を点群データ、TINデータ、断面の3種類の方法で表示した。



No.	点群データ表示	TINデータ表示
⑦ 1000 点 /m ²		
⑧ 100 点 /m ²		
⑨ 10 点 /m ²		
⑩ 1点 /m ²		

No.	点群データ表示	TINデータ表示
⑪ 260 点 /m ²		
⑫ 100 点 /m ²		
⑬ 10 点 /m ²		
⑭ 1点 /m ²		

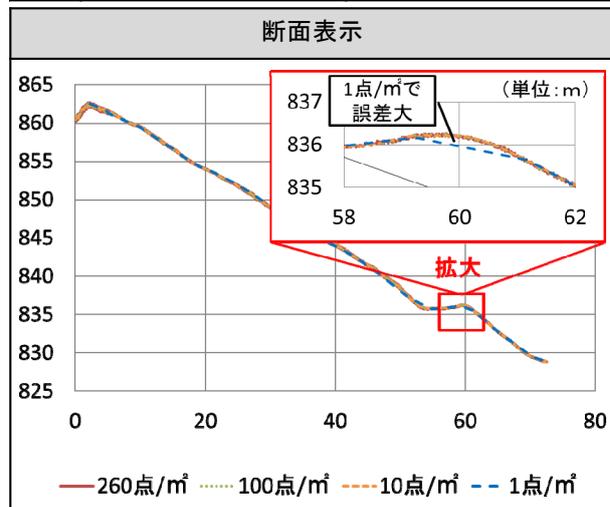
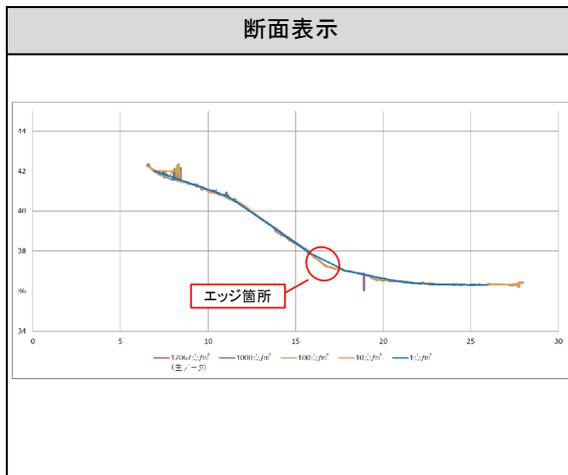


図4 点密度ごとの表示結果 (地上設置型レーザスキャナ)

図5 点密度ごとの表示結果 (UAVカメラ)

点群データの表示に注目すると、1000点/m²と100点/m²では、点同士が密接に分布しており目視で地形形状を把握可能であるが、10点/m²以下では、点がまばらに分布し目視で地形形状を把握できない。

TINデータの表示に注目すると、全ての点密度において地形形状を把握可能である。ただし、1000点/m²と100点/m²に比べて10点/m²と1点/m²ではエッジ箇所が滑らかになり、地形形状が変化していることが分かる。

断面の表示に注目すると、地上設置型レーザスキャナでは、全ての点密度で全体的に断面が類似している。ただし、エッジ部分では1点/m²と他の点密度との断面が約20cm離れている。UAVカメラでは同様に、全ての断面で類似しているが、エッジ部分に着目すると、1点/m²は他密度に比べて数十cm離れていることが分かる。

これらの結果からガイドラインの表示ルールを検討した結果、点密度による表示ルールを以下のとおりに定めた。

- ・ 本ガイドラインでは、業務目的に応じて必要な範囲の現況地形の点群データを取得して表示する。さらに、その目的に必要な道路、鉄道、河川、建物などの地物も取得して表示する。
- ・ 地形を対象とした場合、1000～1点/m²の点密度において地形形状が把握可能である。
- ・ 1000～100点/m²では、点群同士が密接に分布し、詳細設計に活用できる可能性が高い。
- ・ 10点/m²では、点群同士の間隔が多少離れているが、1000～100点/m²と誤差の傾向が類似しているため、詳細設計に活用できる可能性がある。
- ・ 1点/m²では、点群がまばらに分布しているが、10点/m²と比較して誤差は数十cm程度のため、概略設計に活用できる可能性がある。
- ・ 計測機器自体の精度や様々な計測機器で取得するデータの融合による精度を考慮する必要がある。

3次元地形モデルの表示レベルの検討では、LP、MMS、地上設置型レーザスキャナ、UAVカメラの点群データの表示を整理するために、これら全てのデータが同一場所で入手または計測できることを対象の地形の条件とした。その結果、例に示した河川堤防と土砂災害現場の2箇所を選定した。今後は、ガイドラインの利用者に多くの表示例を示すために、同一場所に全ての計測データが揃わなくとも、対象の地形を増やし、ガイドラインをブラッシュアップすることを考える。

(2) LODによる表示レベルの検討

本節では、点密度による3次元地形モデルの表示結果を基に、LOD (Level of Detail) を用いて表示ルールを検討した。ここでは、LOD Specification¹¹⁾を参照した。

a) LOD100

要素は、記号や概略形状で表す。ここでは、3次元地形描画ガイドラインが現況地形の点群データを表示するルールであることを踏まえ、地形の形状とブレイクラインを概略で表示するために、次の地物を対象とする。建物については、ガイドライン利用者が地形の概略形状を理解するためには不要と考え、また、文献5)の作成レベル1でも対象としないため表示しない。

- ・ 地形が急激に変化する法面、変形地など
- ・ 道路、鉄道など
- ・ 住民説明、協議資料などに用いるCG作成において表現上必要な河川、水涯線など

b) LOD200

量、大きさ、形状、位置や配置は近似値で表す。非図形情報はモデル要素に取り付けてもよい。3次元地形描画ガイドラインの対象地物を近似値で表し、建物の外形(高さ情報)を概略の3次元形状で表す。

c) LOD300

固有の形状や配置で表す。非図形情報はモデル要素に取り付けてもよい。3次元地形描画ガイドラインの対象地物を固有値で表す。ただし、建物の外形(高さ情報)は概略の3次元形状でもよい。

d) LOD400

固有の形状や配置で具体的に表すとともに、製造や組み立て情報を表す。非図形情報はモデル要素に取り付けてもよい。

- ・ 3次元地形描画ガイドラインの対象地物を固有値で表す。
- ・ 利用用途に応じて、不可視部分も固有値で表す。ただし、ドメイン毎の3次元描画ガイドラインで検討すべき事項である。
- ・ 建物の外形(高さ情報)は概略の3次元形状でもよい。

e) LOD500

サイズ、形状、位置、配置などを現地と同様に表す。

- ・ 3次元地形描画ガイドラインの対象地物を現地と同様の位置、配置、形状で表す。
- ・ 竣工モデルと捉え、竣工時に要求されるレベルとする。ただし、維持管理では、その要求レベルに応じてLODを設定する。

5. おわりに

本研究では、3次元地形モデルの表記としての描き方とビューのガイドラインと位置づける「3次元地形描画ガイドライン」を提案した。ここでは、3次元地形描画ガイドラインの目次を検討し、ガイドラインの草案を作

成した。そして、ガイドラインに基づき、LP、MMS、地上設置型レーザスキャナ、UAVカメラの機器で計測した点群データを用いて現況地形の3次元データを作成し、密度による3次元モデルの表示ルールを点群データ、TINモデルと断面によって検討した。今後は、利用用途に応じた点密度と表示レベルの検討、および計測機器の特性を考慮した複数計測機器のデータ融合による留意点の検討を進める予定である。

謝辞：本研究は、一般財団法人日本建設情報総合センター社会基盤情報標準化委員会の小委員会検討テーマにより行い、活動支援を受けたものである。「地形を対象とした3次元製図基準検討小委員会」の委員各位には小委員会において数多くのご助言を賜った。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

1) アジア航測：セスナ式 208 型, <<http://www.ajiko.co.jp/product/detail/ID4T4553HZT/>>, (入手 2015.6.11) .
 2) 三菱電機：MMS-X, <<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2009/1124-a.html>>, (入手 2015.6.11) .
 3) 国土交通省：CAD 製図基準 (案) , 2008.

4) 国土交通省：SXF Ver 3.1 仕様書・同解説 (第 2 版) , 2009.
 5) 国土交通省国土技術政策総合研究所：道路設計のための 3 次元地形データの作成仕様に関する研究, 国総研資料第 664 号, 2012.
 6) 国土交通省国土技術政策総合研究所情報基盤研究室：橋梁 3 次元データ流通に係る運用ガイドライン (案) , 2012.
 7) 窪田諭, 中村健二, 重高浩一, 今井龍一, 櫻井淳：地形を対象とした 3 次元製図基準に関する研究, 土木学会論文集 F3 (土木情報学) , Vol. 70, No. 2, pp. II_27-II_34, 2014.
 8) ISO 10303-203: Industrial automation system and integration - Product data representation and exchange - Part203 : Application protocol : Configuration controlled design, International Organization for Standardization, 1994.
 9) JAMA/JAPIA : 3D 図面ガイドラインー3D 単独図ガイドラインー, 一般社団法人日本自動車工業会・一般社団法人日本自動車部品工業会, 2009.
 10) 住田英二：異なる計測方法によるレーザ計測データを基とする CIM のための 3 次元空間情報の整備手法に関する研究, JACIC 研究助成報告書 (第 2013-5 号) , 2014.
 11) BIM FORUM : Level of Development Specification, 2013.

(2015 10.26 受付)

A PROPOSAL OF GUIDELINE FOR CREATING THREE-DIMENSIONAL LANDFORM MODEL

**Satoshi KUBOTA, Kenji NAKAMURA, Koichi SHIGETAKA,
 Ryuichi IMAI and Jun SAKURAI**

Three-dimensional landform data are generated by laser profiler (LP), mobile mapping system (MMS), laser scanner (LS), and camera on UAV (Unmanned Aerial Vehicle). There are no standards for representing and drawing three-dimensional landform data. In this paper, the first version of three-dimensional landform modeling guideline was proposed. It targets the landform and standardizes a common specification of landform in civil infrastructure domain. It standardizes the notation of view, and proposes to define the contents of conformance class, level of detail, management information, annotation, used point, line, surface and solid, and features. The three-dimensional data measured by LP, MMS, LS and camera on UAV were displayed on Cloud Compare for discussing the view of landform. The results were classified by density of point cloud. The guideline is proposed the menu of view by density of point cloud.