

(22) 3次元地形モデルの 描画ガイドラインに関する検討

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。本ガイドラインでは、現況地形を対象として、様々な計測機器を用いて取得した点群データの表示ルールを検討した。

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、生産性の向上を図るために活用が進んでいる。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⁾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が定義されていない。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が必要である。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に「地形を対象とした3次元製図基準検討小委員会」³⁾を組織し、これまで8回の小委員会を開催して議論した。小委員会では、既存仕様の調査、3次元地形モデルの利用ニーズ、地形を対象とした3次元製図基準の定義と構成

項目案を検討した。

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」を検討する。ここでは、文献3)の3次元製図の定義と地形を対象とした3次元製図基準の構成項目案をもとに検討する。3次元地形描画ガイドラインでは、現況地形および道路、河川などの既設地物をLP、地上設置型レーザスキャナ、MMS、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・描画するルールを提案する。そして、3次元地形描画ガイドラインにもとづいて点群データのサンプルを作成し、その見え方 (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次元モデルの作成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。

2. 3次元地形描画ガイドラインの位置付け

3次元地形描画ガイドラインは図-1の構成とした。本ガイドラインでは、現況地形を表示するルールと現況地形の上に造成地や構造物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コンピュータ上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繋がる。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、表示ルールをもとに、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繋がる。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。

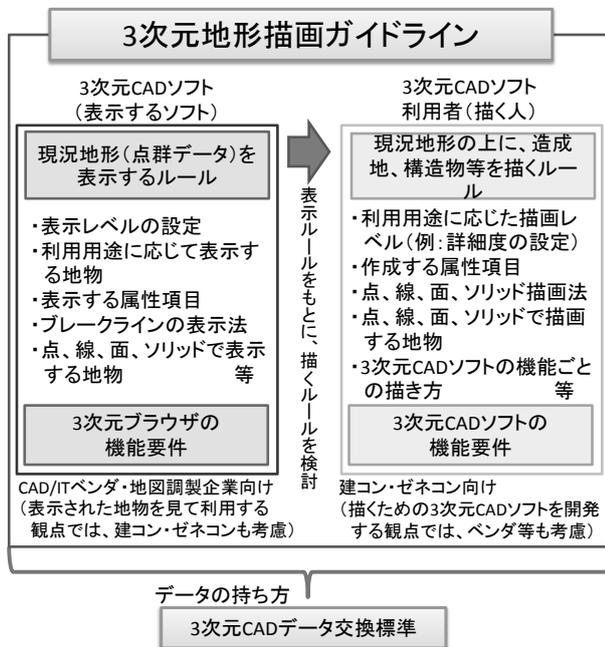


図-1 3次元地形描画ガイドラインの構成

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

3. 3次元地形描画ガイドライン

3次元描画ガイドラインの目次を表-1に示す。本ガイドラインでは、現況地形をLP、地上設置型レーザスキャナ、MMS、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・描画するガイドラインを策定する。ここでは、3次元モデル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、描画レベルを設定する。本研究では、現況地形の表示ルールを対象とした。

(1) 3次元地形描画ガイドラインの概要

a) 総則

3次元地形描画ガイドラインの定義と位置付けを明確にするため、適用範囲や3次元モデル作成における考え方、ガイドラインで使用する用語などを規定した。

b) 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。

c) 適合性クラス

ISO10303/AP203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。CC6（ソリッドモデル）は、場面によっては利用する。



図-2 3次元地形描画ガイドラインの構成

d) 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-2に示すように、次の3段階での検討を進める。

- ① 点密度による表示（見え方）の整理：点密度ごとに地形を全体、拡大、断面表示して整理する。
- 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、業務段階、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：様々な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。

ガイドラインでは、①の点密度による表示の整理を対象とした。②の表示レベルの検討では、地形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。

e) 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。

f) 管理情報

3D単独図ガイドライン⁴⁾およびISO16792を参考に、3次元地形モデルを表示または描画する際の管理情報を定める。管理情報として、地名、工事名、住所、データ作成年月日、データ計測年月日などを記載する。

g) 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、表示方法は各ベンダおよびソフトによって工夫する。

h) 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およびCC4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。

i) 線の表示

ワイヤー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。適合性クラスCC3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する。線の色および太さは、各社およびソフトで設定する。

j) 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を対象とする。面の色は、背景の色と明瞭に区別する。

k) 対象地物

3次元モデルとして描画する地物を示し、地形形状を表現するために必要と考えられる道路、鉄道、河川、法面、等高線、基準点を抽出した。

4. 3次元地形描画ガイドラインにもとづく地形モデルの可視化

点群データの密度による3次元モデルの表示を整理するために、現況地形の点群データを計測機器によって取得し、加工して3次元で表示した。LP、地上設置型レーザスキャナ、MMS、UAVカメラによる点群データを用いて、現況地形の3次元データを作成し表示した。整理内容は次のとおりである。

- 計測機器と点密度の整理
- 人が描画する際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

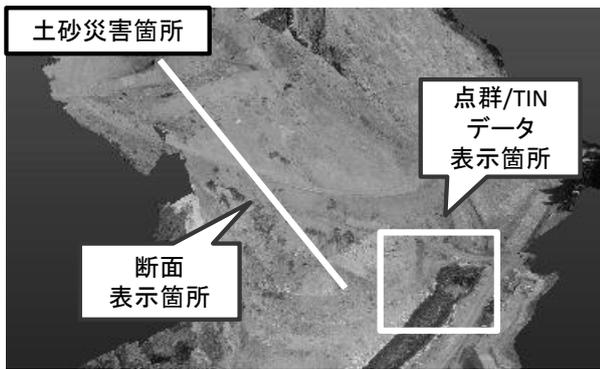
点群データの点密度⁵⁾と計測機器の関係を表-2に示す。表中の①～⑭の点群データを3次元ビューアに可視化した。その一例として、UAVカメラの点密度による比較結果を図-3に示す。図-3は、オリジナルデータの260点/m²をもとに、100、10、1点/m²への間引きを行った結果を点群データ、TINデータ、断面の3種類の方法で可視化している。まず、点群データの表示に注目した場合、100点/m²では、点同士が密接に分布しており目視で地形形状を把握可能であるが、10点/m²以下では、点がまばらに分布し目視で地形形状を把握できない。次に、TINデータの表示に注目した場合、全密度において地形形状を把握可能である。ただし、100点/m²に比べて10、1点/m²ではエッジ箇所が滑らかになり、地形形状が多少変化していることが分かる。最後に、断面の表示では、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程度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、ガイドラインでは、点密度による表示ルールを以下の通りに定めた。

- 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。

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



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		

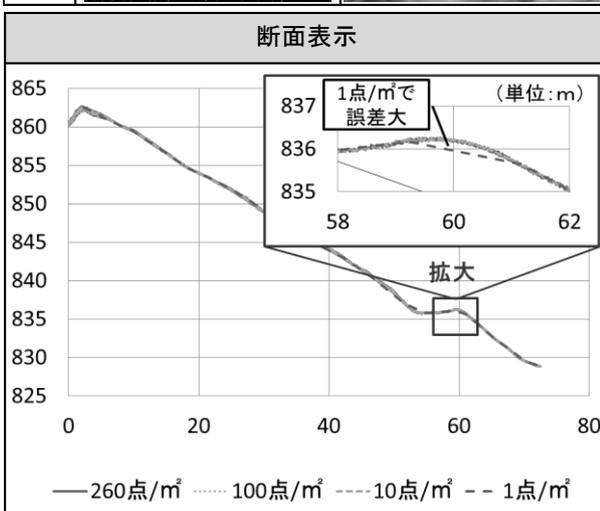


図-3 点密度ごとの表示結果

- 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。

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」を検討した。具体的には、3次元地形描画ガイドラインの目次案を検討し、ガイドラインの草案を作成した。そして、ガイドラインにもとづき、LP、地上設置型レーザスキャナ、MMS、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整理した。今後は、利用用途に応じた点密度と表示レベルの検討や、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/ID4T4553HZZ/>>, (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) 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), 土木学会, Vol. 70, No. 2, pp. II_27-II_34, 2015.
- 4) JAMA/JAPIA：3D 図面ガイドライン—3D 単独図ガイドライン—, 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.
- 5) 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.