

3次元地形描画ガイドライン (草案)

2015年6月23日

地形を対象とした3次元製図基準検討小委員会

本ガイドラインでは、現況地形を LP、地上型レーザスキャナ、MMS、UAV 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・描画する基準を策定する。そこでは、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レベルを設定する。2014 年度は、3 次元地形描画ガイドライン（表示ルール）を対象とした。

目次

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

1. 総則

1-1 概要

本節の目的は、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ことである。

- 現況地形を LP、地上型レーザスキャナ、MMS、UAV 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・描画する基準を策定する。
- 現況地形を対象とし、3次元 CAD ソフトを用いた地形の表示（見え方）と描画（描き方）について、ドメインに共通する基準を作成する。
- 地質、紙図面への表示、3次元 CAD データの交換フォーマットは対象外とする。
- 地方自治体が管理する道路、河川にガイドラインを適用できるようにする。
- 3次元地形モデルを3次元 CAD ソフトに表示するためのルールと3次元 CAD ソフト利用者が3次元地形モデルを描くためのルールを作成する。

1-2 適用

- 本ガイドラインは、建設事業において、3次元 CAD ソフトを用いて現況地形の3次元モデルを表示し描画するための表記に係わる基準を定めるものである。
- 本ガイドラインでは、現況地形を対象とし、その表示と描画に必要な道路、橋梁、河川などの既設地物も対象とする。建設事業主体が、当該地域の現況地形を把握するために、航空測量、レーザプロファイラ測量、地上設置型レーザスキャナ、MMS、UAV に搭載されたカメラなどによって計測した点群データを対象とする。ただし、計測機器によって点群データの密度や精度が異なるため、3次元地形データの利用用途に応じた検討が必要である。
- 本ガイドラインは、3次元地形データの利用用途を特に定めていない。本ガイドラインにおける「地形」は、利用分野毎に策定される河川計画、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。
- 3次元地形データの利用分野（道路、構造、河川海岸砂防、都市施設）を対象と

した、ドメインごとの 3 次元描画ガイドライン（仮称）は、本ガイドラインをもとに策定される。



LP (出典: アジア航測)



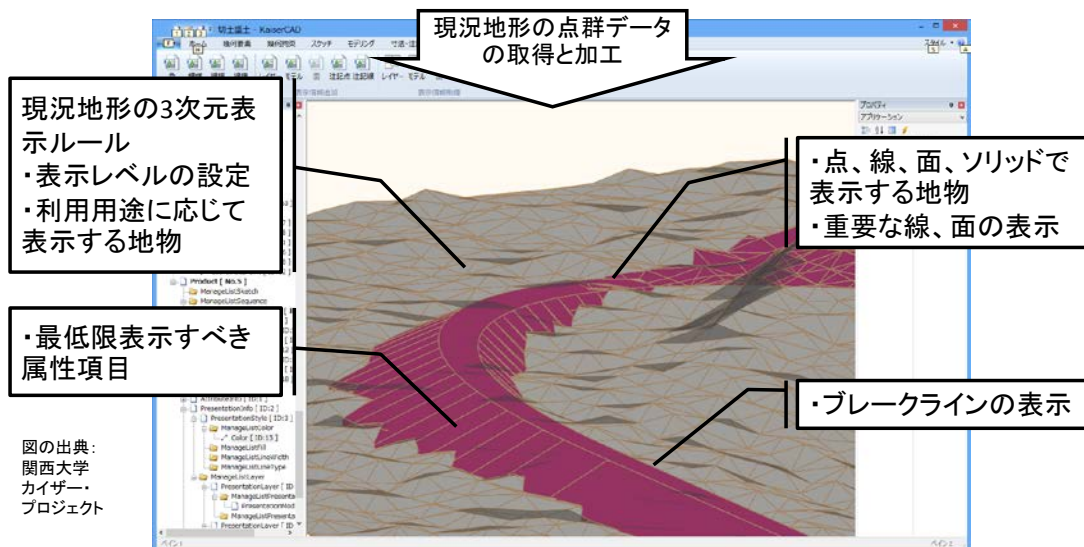
地上型レーザスキャナ



MMS (出典: 三菱電機)



UAV



1-3 地形を対象とした 3 次元モデルの作成における考え方

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。そのための考え方を示す。

- 地形データを取得する測量技術として、従来の航測図化、既成図数値化、TS 地形測量に加え、様々な計測機器による地形データの取得が進められている。3 次元地形モデルの取得方法や計測機器の特性である点群データの密度、機器の精度、計測範囲等を考慮し、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。本ガイドラインでは、点群データを取得可能な次の計測機器を対象とする。
 - Mobile Mapping System (MMS)
 - レーザプロファイラ (LP)
 - 地上レーザ計測

- Unmanned Aerial Vehicle (UAV) (ただし、UAVは写真測量成果をもとに、点群データを生成する。)

1-4 用語の定義

基準で使用する用語について規定する。ここに示す用語は、3D 単独図ガイドライン (JAMA)、3D 単独図活用ガイドライン (日本 PTC/USER 会) を一部編集したものである。

- 製図一般に関する用語
 - 製図：図面を作成する行為
 - 図面：情報媒体、規則に従って図または線図で表した、そして多くの場合には尺度に従って描いた技術情報
 - 注記：図面の内容を補足する事項を図中に文章で表したものの
- 図面に関する用語
 - 管理情報：表題欄および設変履歴などの管理情報と材質などの製品特性の情報
 - 表題欄：図面の管理上必要な事項、図面内容に関する定型的な事項などをまとめて記入するために、図面の一部に設ける欄
- CAD に関する用語
 - 形状モデル：平面上又は三次元空間内の形状をコンピュータ内部に表現したモデル
 - 3次元モデル：三次元形状を表現した形状モデル。体積情報によるソリッドモデル、面情報によるサーフェスモデル、線情報によるワイヤフレームモデルに分類できる。また、3D モデルに製品特性を表すアノテーション (注釈) を付け加えた場合も 3D モデルと呼ぶ
 - 3次元地形モデル：現況地形の形状を LP、MMS、地上設置型レーザスキャナ、UAV カメラ等で計測することにより、点群データを取得し加工して、利用用途に応じて 3次元で表現した形状モデル

2. 次元の考え方

本基準では 3 次元を標準として、現況地形の点群データを取得・加工した 3 次元地形モデルの表示ルールを定める。現況地形の 3 次元モデルを 3 次元 CAD システムで表記するためには、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。

- 本ガイドラインは地形を対象とするものであるが、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。
- 地表面のデータについては、TIN による表記が利用されることを考慮する。

3. 適合性クラス

ISO10303/AP203 の適合性クラスを参照し、本ガイドラインの適合性クラスを示す。ISO10303/AP203 では、以下の適合性クラスを定めている。

CC	適合性クラス名
1	製品構造と形態管理
2	3次元ワイヤフレームモデル／サーフェスモデル
3	位相付きワイヤフレームモデル
4	位相付きサーフェスモデル
5	多面体モデル
6	ソリッドモデル

- 本ガイドラインでは、等高線やブレイクラインを描くために CC3、および地表面を描画し、地表面の接続を考慮するために CC4 を対象とする。
- 基準点などは、CC3 および CC4 で規定される幾何要素の「点」に該当する。
- 3 次元地形の表記を対象とするため、体積計算や干渉計算等に必要なソリッド (CC6) は対象としないが、この適用については、さらに検討が必要である。
- 適合性クラスと地物を関連させて考え、適合性クラスで対象とする地物を検討する。

4. 3次元地形の表示レベル

3次元地形モデルの表記における表示レベルにおいては、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

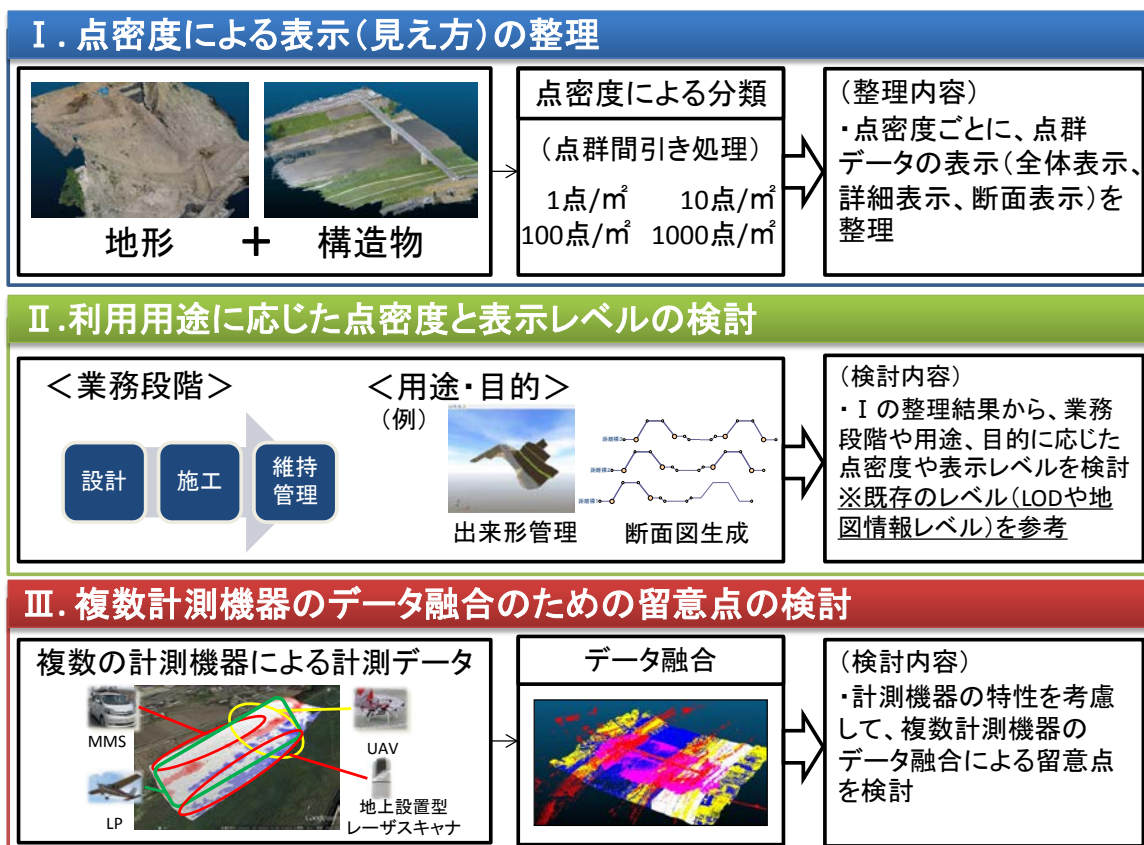
点密度ごとに、点群データの表示（全体表示、詳細表示、断面表示）を整理する。

(2) 利用用途に応じた点密度と表示レベルの検討

整理結果から、業務段階や用途、目的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

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留意点を検討する。



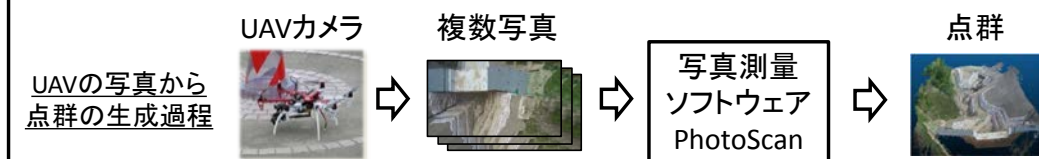
2014年度は、(1) 点密度による表示（見え方）の整理を対象とした。


4-1 点密度による表示（見え方）


点群データを取得するために使用した計測機器を次に示す。

UAV	
	<ul style="list-style-type: none"> • 製品名 : DJI F550 • 製造 : 快適空間FC社 • 自動飛行距離 : 半径1,000m • 飛行時間 : 5～10分程度 • 通信方式 : 2.4Ghz • 測量機器 : 1,200万画素デジタルカメラ* • GPS計測機器 : WooKong M GPS モジュール

*写真測量ソフトPhotoscanで点群座標データを生成



地上設置型レーザスキャナ(常時観測機器)	
	<ul style="list-style-type: none"> • 製品名 : フィールドビューア • 製造 : 三菱電機エンジニアリング社 • レーザクラス : Class 1M • 測距距離 : 10m～250m • 測距ポイント : 約8500pt / 90s • 電源 : AC100V±10%, 50/60 Hz • 消費電力 : 145W

地上設置型レーザスキャナ	
	<ul style="list-style-type: none"> • 製品名 : S-3180V • 製造 : PENTAX • レーザクラス : Class 1M • 測距距離 : 0.3m～187.3m • 測距ポイント : 約1,016,000pt / sec • 電源 : 24VDC (scanner) / 100-240VAC (power unit) • 消費電力 : 65W

計測機器によって取得されるオリジナルの点群データの密度をもとに、点密度が1点/m²、10点/m²、100点/m²、1000点/m²の場合の表示(見え方)を示す。

計測機器と点密度の整理

点密度 \ 計測機器	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 (常時観測機器 は約20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

この表のうち、⑦～⑭の表示例を巻末に示す。

計測機器による点密度の場合分けを表示して検討した結果、本ガイドラインでは、点密度による表示ルールを以下に定める。

- 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、建物等の地物も取得して表示する。
- 地形を対象とした場合、1000点/m²～1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ており、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があるため、これらを考慮する必要がある。
- 表示レベル（地図情報レベルやLOD）の提案においては、業務段階、用途、目的に応じた点密度、計測機器の精度に対応して検討する必要がある。

4-2 表示レベル

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 (最適詳細度) によって整理する。ここでは、概略形状での表示、地物レベルでの表示の有無について検討する。LOD では、LOD Specification を参照し、次のように 3 次元地形モデルの表示を検討した。

- LOD100 : 要素は記号や概略形状で表す。
 - 次の地物を概略形状で表す。建物は表示しない。
 - * 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
- 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。
 - 本ガイドラインの対象地物を近似値で表す。
 - 建物の外形 (高さ情報) を概略の 3 次元形状で表す。
- 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。
 - 本ガイドラインの対象地物を固有値で表す。
 - 建物の外形 (高さ情報) は概略の 3 次元形状でもよい。
- 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。
 - 本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 (ドメイン毎の 3 次元描画ガイドラインで検討する事項) 。
 - 建物の外形 (高さ情報) は概略の 3 次元形状でもよい。
- LOD500 : サイズ、形状、位置、配置等を現地と同様に表す。
 - 本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. 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。座標系は、空間中の任意の点について位置関係を表すためのシステムである。

- 右手系直交座標系とする。以下の理由による。
 - ISO9787において、産業用マニピュレーティングロボットにおける座標系に右手系直交座標系が用いられている。
 - 3次元グラフィックスの標準インタフェースであるOpenGLでは、右手系の直交座標系を用いて空間を定義している。
 - 汎用3次元CADエンジン開発プロジェクト（関西大学カイザー・プロジェクト）において、右手系直交座標系が採用されている。
 - 右手系の直交座標系は3次元の図面をわかりやすく表現することが可能である。
 - 一般的な3次元CADでは、右手系の直交座標系の中でも数学座標系が利用されていることから、右手系直交座標系の数学座標系とする。
 - 測量による地形データの取得、既存情報を元に図面更新を行うことを考慮し、測地座標系の使用を検討する。

6. 管理情報および表題欄

3D 単独図ガイドライン（JAMA）および ISO16792（Technical product documentation -- Digital product definition data practices）を参考に、3次元地形モデルを表示する際の管理情報を定める。この管理情報は、土木製図基準における表題欄に該当するものである。3次元では、2次元図面における表題欄と異なり、その位置や大きさを特定しない。これは、各ベンダおよびソフトウェアで工夫する。

- 管理情報として、以下を記載する
 - 名称（地名や工事名など）、地形の場所を特定する情報（住所など）、データ作成年月日、データ計測年月日等

- データ更新時間を保持し、最新のサーフェスを表示する方法を検討する。
- 管理情報の検討にあたっては、JACIC の CoBie 小委員会との整合を図る。
- 3次元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ベンダで設定する。
- 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次元地形モデルの作成に係わる一般事項

- 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、寸法の指示は不要とする。

8. アノテーションの表記

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で工夫する。

- テキストや注記などの表記を示す。3次元モデルにおけるアノテーションの表記は、2次元図面の表記が適用できるが、3次元特有の表記についても定める必要がある。
- アノテーションの表記にあたっては、ISO 16792 および以下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を、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。
- アノテーション平面をそのまま投影図または断面図にできる。
- 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。
 - * ISO 128 (JIS Z 8316) に従って、適切な種類の投影図および断面図を用いる。
 - * 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。
 - * 投影図および断面図の矢印の方向で、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。
- 地形の位置を特定するために必要な基準点等は、アノテーションによって明示する。

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 および CC4 において対象とする。
- 基準点、水準点、多角点等、公共基準点、その他の基準点を表記し、緯度、経度、標高を有する。
- 点の色は、背景の色と明瞭に区別できるようにする。
- 田畑などの記号は、GIS 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、各社で設定する。
 - 地形の3次元モデルのビューを考慮し、線種と線色を検討する。
- 2次元製図において重要な線は、3次元モデルの作成においても重要と考えられる。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。
 - 2次元では盛土・切土を線色で分けている。
- 引出線や寸法線および寸法補助線などの線の用法は、ISO 128（JIS Z 8316）を参照する。
 - ISO 128（JIS Z 8316） 「製図－図形の表し方の原則」

11. 使用する面

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。

- 適合性クラスのCC4を対象とする。
- 面の色は、背景の色と明瞭に区別できるようにする。
- 3次元地形モデルをCGで利用することを想定し、3次元地形モデルに画像を貼付する。
- 適合性クラスを対象とするため、CC6を取り扱う場面を整理する。

12. 対象地物

本ガイドラインでは、3次元地形モデルとして表示する地物を示す。本ガイドラインは現況地形を計測機器による点群データで取得し、その際に必要な地物も含めて表示することを対象としている。ただし、適合性クラスで対象地物を定義すること、3次元モデルに必要な地物を目的に応じて使い分けることから、対象地物を定義するものである。

- 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。対象とする地物の選定にあたっては、大縮尺地形図図式を参考にした。
- 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。
- 地形形状の抽出にあたっては、等高線で概ねの形状表現が可能であるが、等高線の間で急激な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。
 - 道路や法面など、形状の変化が一定である場合は等高線を作成する必要はない（出典：設計用数値地形図データ（標準図式）作成仕様【道路編】（案））。
- 3次元描画ガイドラインの道路編、河川編等の作成に関して、道路、水部等の地物は道路編や河川編等で定められるべきものであるが、本ガイドラインでは地形形状を3次元で表示するために必要な道路、河川等を抽出する。
- 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。検討対象の地物は以下のとおりである。
 - 交通施設
 - * 道路（真幅道路）
 - * 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、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、多角点等、公共基準点等）

- * 基準点は、三角点、水準点、多角点等、公共基準点、その他の基準点、標石を有しない標高点、図化機測定による標高点に分類され、その記号に標高値を持たせる。