

3次元データの取得・活用による地図情報整備に関する検討 -3次元地図作成の効率化・高度化手法の検討-

実施期間	令和元年度
基本図情報部地図情報技術開発室	茶谷 隆行 笹川 啓 関口 泰徳 宮之原 洋 田代 ゆかり 菅井 秀翔 澤 可那子 片山 理佐子

1. はじめに

近年、3次元地図は多様な分野において活用が期待され、活用促進に関する取組が進められている。国土地理院では、国・地方公共団体等が実施する公共測量の作業規程のひな形である「作業規程の準則」やマニュアル等を策定し、3次元地図整備の元となる3次元点群データ（以下「点群」という。）の取得に関する作業手順を定めてきた。さらなる3次元地図の整備・活用促進のためには、既存の点群等を活用し、既存の2次元地図から高効率/広範囲/高精度に3次元地図を整備する手法の開発が必要であり、国土地理院でも「電子国土基本図（地図情報）」の3次元化に向けた検討を行ってきた。

令和元年度は、すでに建設現場における i-Construction 等の取組で3次元地図作成を進めている民間測量会社等へのヒアリング等基礎調査を行い、3次元地図整備に必要な事項を整理するとともに、電子地図上の位置の基準である基盤地図情報を元にした3次元地図（以下「基盤地図情報 3D」という。）を、複数の手法で試作したので、その手法とそこから見えてきた課題について報告する。

なお、本検討は研究開発基本計画での課題「地形測量の効率化に関する研究開発」に該当する。

2. 3次元地図整備のための基礎調査

2.1 概要

3次元地図については様々な整備手法が存在するが、現状では BIM/CIM（Building/Construction Information Modeling, Management）に代表されるように建築・建設分野等での活用が先行している。そこで、3次元地図に関連した実績のある民間測量会社等に対して整備事例、整備方法等のヒアリングを行うとともに、外部セミナー及び展示イベント等を通して、3次元地図の作成に関するソフトウェア及び新技術等に関する情報収集を行い、院内報告会にて情報共有した。

2.2 3次元地図整備手法について

代表的な3次元測量としては、レーザスキャナによる点群取得等が行われているが、それ以外にも測量用航空カメラによる空中写真を用いた立体図化、車載写真レーザ測量（MMS）成果による点群と写真を組合せた図化、高分解能衛星のアーカイブ画像を多数用いた3次元形状復元技術（SfM/MVS技術）等の様々な手段がある。また、ソフトウェアについても点群からの図化を容易に行えるもの等があるほか、従来の GIS ソフトウェアでも3次元データ処理に対応した機能が追加されているものもある。基盤地図情報 3D 試作時には、元として使用する測量成果の種類、作成する3次元地図の仕様によって整えるべき作業環境が変わり得る。

2.3 3次元地図における精度について

3次元地図の精度については、用途に応じて必要な地物の再現度、すなわち詳細さについても定義する必要があり、再現する地物の詳細度に応じて、2次元地図と同様な3軸方向の位置正確度を考慮

することになる。3次元地図データフォーマットの国際規格の一つとして OGC (Open Geospatial Consortium) が策定している CityGML の中での LOD (Level Of Detail) という概念では、そのレベルごとに3次元地図における各地物の詳細度を規定している (図-1)。ヒアリングの中では、国土地理院が3次元地図を整備する場合は、基盤となり得る LOD1 程度の詳細度が適当ではないか、との意見を多くいただいた。

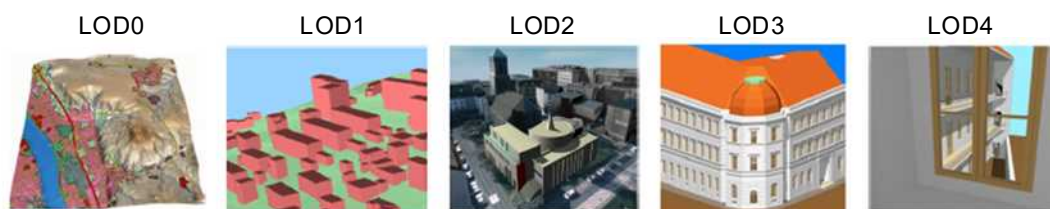


図-1 City GMLにおける詳細度のイメージ (LOD1は2次元地図に高さを付与した箱モデル相当)

出典：CityGML 規格文書(https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=47842)

3. 3次元地図整備手法の検討

3.1 国土地理院保有データによる試作

3.1.1 整備手法について

国土地理院が整備している「電子国土基本図 (地図情報)」の3次元化に向けた検討として、自動処理で詳細度 LOD1 相当の3次元地図を試作することを目的に、国土地理院保有データの「基盤地図情報 (数値標高モデル)」 (以下「DEM」という。) 及び空中写真から SfM/MVS 処理で作成した数値表層モデル (以下「DSM」という。) から GIS ソフトウェアの空間結合機能を用いて地物に高さ情報を付与し、基盤地図情報 3D を試作した (図-2)。

作成範囲は宮崎市中心部 (2次メッシュ約1面分) である。建築物の地盤高及び道路縁と軌道中心線の地上部は DEM を使用し、建築物の屋上面高及び道路縁と軌道中心線の橋梁部は DSM を使用した。道路縁については、DEM 及び DSM の格子間隔に応じた高さ情報を付与する必要があるため、ライン属性ではなくラインの補間点に対するポイント属性とした。補間点間隔が広いラインも存在することから、一定間隔で補間点を自動発生させる処理を行った後、内挿補間で高さ情報を付与している。

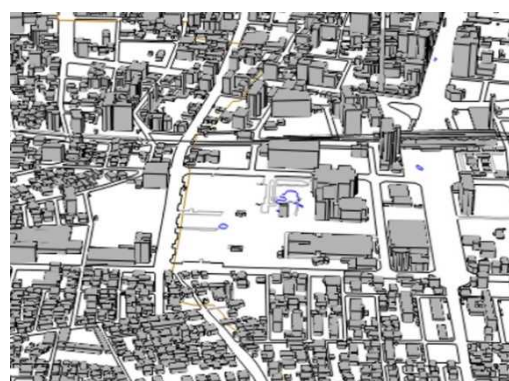


図-2 DEMとDSMによる基盤地図情報 3D 試作図

3.1.2 課題

作業日数は SfM/MVS 処理が約3日、高さ情報の付与処理が約1日と計4日を要した。これら2つの自動処理を行うことで建築物外周線、道路縁、軌道中心線及び海岸線を作成することができたが、次の問題点が生じた。①極小建築物に高さ情報を付与できない (図-3)。②河川等水部属性を持つ DEM グリッドに掛かる道路に高さ情報を付与できない (図-4)。③道路橋梁部で DSM の高さ情報を使用すると道路が滑らかにならない。④一つの建築物で屋上の高さが異なる場合、基盤地図情報では一つの面として取得されているため、異なる高さで取得することができない (図-5)。



図-3 極小建築物

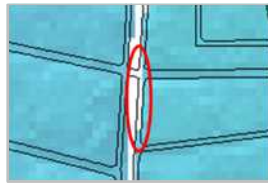


図-4 高さを付与できなかった道路



図-5 内部で高さの異なる建築物

3.1.3 考察

国土地理院保有データを用いて、2次元地図である「電子国土基本図（地図情報）」の各地物に高さ情報を付与することで、LOD1相当の基盤地図情報3Dを作成できた。しかし、元となる高さデータの格子間隔内に複数地物が内包されてしまう場合に、正確な高さ情報を付与できなかった。このことから、DEM及びDSMの格子間隔をより細かく整備すれば、地物へ正確に高さ情報を付与することができる。適切な格子間隔はどれほどか、さらなる検証を要することがわかった。

また、試作は宮崎市中心部で作業日数4日を要したが、首都圏等市街地で作成する場合は、データ量の増加により、さらに日数を要することが考えられる。

3.2 各種点群による試作

3.2.1 概要

令和元年度、国土地理院では、「測量の生産性を向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」を始動し、公募された技術から選定された高精度かつ効率的な3次元地図整備手法の開発・試行を実施した。この手法では、基盤地図情報3D整備の素材として、航空レーザ・車載写真レーザ・手持ち式レーザで計測された点群を用いて、異なる計測機器から取得された点群を統合し、統合した点群から基盤地図情報に高さ情報付与を行い、基盤地図情報3Dを試作している（図-6）。

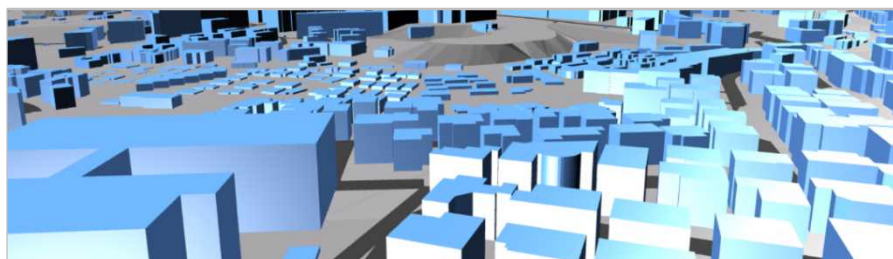


図-6 3次元点群による基盤地図情報3D試作図

3.2.2 点群統合手法について

異なる精度の点群を統合するには、真となる点群データを定め、それを基準にその他の点群データを位置合わせすることとし、今回は最も精度が高く点密度の高い車載写真レーザ測量成果を真とした。航空レーザ測量成果の全体シフトとコース別シフトにより位置合わせを行った。手持ち式レーザ測量成果は、まず車載写真レーザ測量成果と共通で認識可能なGRP（Ground Reference Point）で全体的な位置合わせをして絶対座標を付与した上で、ICP（Iterative Closest Point）を使用して局所的な位置合わせ後に調整計算によって再度全体の位置合わせを行った。

3.2.3 基盤地図情報3D整備手法について

基盤地図情報の3次元化では地物種別（建築物、道路、高架及び自然地形等）ごとに複数手法を検討した。例として建築物及び道路について3次元化の作成方法と検証結果を表-1及び表-2に示す。

表-1 建築物の3次元地図の検証結果

作成方法		結果
1	建築物種別毎に固定の高さを付与	<ul style="list-style-type: none"> ・高さの情報は任意のため、簡便な方法で3次元表示できた ・実空間の高さではないため測量成果とはいえない
2	建築物内の点群の高さ付与	<ul style="list-style-type: none"> ・建築物内の最大値を付与し、ある程度実空間の高さを表現 ・一つの建築物で屋根の高さが異なる場合は表現できない
3	外周線を活用して手動で棟割や屋根形状を補完	<ul style="list-style-type: none"> ・屋根形状など実空間の建築物の形状を表現することができた ・手動で補完するため作業量大

表-2 道路の3次元地図の検証結果

作成方法		結果
1	道路縁に高さを付与	<ul style="list-style-type: none"> ・簡便な自動処理で3次元化できた ・ラインに高さ付与しているため描画対応可ソフトウェアに制限
2	道路縁から生成した中心線に幅員・高さを付与し、中心線から道路面を作成	<ul style="list-style-type: none"> ・中心線高さを道路面で表現するので整然とした表現ができた ・基盤地図情報の道路縁を使用しないため位置正確度は継承しない
3	道路縁から道路面を作成	<ul style="list-style-type: none"> ・水平位置の精度を保持したまま点群の高さを付与できた ・道路面の補間点に高さを付与するので左右でバラつく

3.2.4 考察

複数の点群の統合手法については、全体と部分とで位置合わせをすることにより、各データの弱点を補い活用できることが確認できた。ただし、異なる精度を持つ統合データの精度管理方法については、今後の課題である。

3次元地図の整備手法については、効率を重視すると作成方法2による手法が最も現実的ではあるが、3次元地図としての精度の定義を明確にする必要がある。

4. まとめ

3次元地図整備に当たっては、用途によってデータ仕様や素材となるデータが異なり、それに依じて作業量も大きく異なることから、事前に用途や作業量等を十分検討したうえで実行する必要がある。仮に、国土地理院が国の地理空間情報プラットフォームとして3次元地図を整備する場合、逆に用途を定めず、用途に応じて利用者側で加工可能な基盤地図を提供するという考えられる。今後も検証を進め、国土地理院として整備すべき3次元地図仕様の策定を目指したい。

参考文献

Gerhard Gröger, Thomas H. Kolbe, Claus Nagel, Karl-Heinz Häfele(2012): OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, Open Geospatial Consortium, OGC 12-019, 11, https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=47842(accessed 24 Mar. 2020) .