

マルチビューステレオ衛星画像を用いた 都市3Dモデルの作成と精度検証

福岡 巧巳¹・筒井 健²・市川 真弓²・西山 裕之²

¹正会員 (株)NTTデータ (〒135-8671東京都江東区豊洲3-3-9 豊洲センタービルアネックス)
E-mail: fukuokatkm@nttdata.co.jp

²非会員 (株)NTTデータ (〒135-8671東京都江東区豊洲3-3-9 豊洲センタービルアネックス)

BIM/CIMで活用可能な都市3Dモデルの作成を目的に、多視点ステレオ衛星画像（マルチビューステレオ衛星画像）を用いた3Dモデルの作成と性能評価を行った。東京23区において、0.5mメッシュ単位の地表高さモデルおよび建物3Dモデルを作成し、地上測量データ、航空測量データ、数値地図 2500の建物データと比較検証した。評価の結果、地面の位置精度（RMSE）は水平約0.5m、垂直約0.3mであり、建物モデルの位置精度（RMSE）は水平約1.2m、垂直約1.5mであった。これらの結果は、提案技術による衛星画像を活用した都市3Dモデルについて、概ね地図縮尺1/2,500レベルの利用分野への適合性を示している。

Key Words : 3D City model, Satellite imagery, BIM, CIM, Digital Elevation Model

1. はじめに

近年、建設・土木分野の業務効率化を目的として ICT 技術を活用した建築および建設情報の 3 次元モデル化

(BIM/CIM : Building / Construction Information Modeling) が進められている。3次元データの取得においては、航空機やドローン、地上測量など多様な手段が活用されているが、都市など広いエリアの 3D モデル化においては、より効率的な作成手法が求められている。

当研究チームは、衛星画像を活用した高精度の 3D モデル整備の研究開発を進めている。近年、地上分解能 30~50cm の高分解能衛星の運用数と撮影能力が増加しており、それらの膨大なアーカイブ画像を活用した多視点ステレオ画像（マルチビューステレオ画像）に基づく高精度 3D モデル作成手法を開発し、サブメートル級の精度での高さ計測への適用性を実証してきた。本研究では、上記手法を都市の 3D モデル作成へ適用し、構造物・建築物の精度検証を行い、その実用性を考察した。

2. 使用データと検証地域

衛星画像は、米国 DigitalGlobe 社の地上分解能 30~50cm の WorldView-1/2/3 および GeoEye-1 衛星画像を使用した。おおよそ全方位からの計測を行うために 1 か所あたり 10 枚以上の画像を使用し、画像の撮影年は 2015

年~2018 年である。検証地域は東京 23 区内である。

3. 都市3Dモデルの作成

上述のマルチビューステレオ衛星画像を入力として、細密画像マッチングにより画素の対応点探索を行い、三次元座標群の抽出を行い、抽出した三次元座標群に基づいて、0.5mメッシュ単位の地表高さモデル（DSM : Digital Surface Model）とオルソ画像を作成した。そして、オルソ画像と DSM から建物矩形データを抽出して、地表高と地盤高から算出した建物高さ情報を付与することにより、都市 3D モデルを作成した。図-1に作成フローを示し、図-2に作成した 3D モデルの例（東京都中央区）を示す。

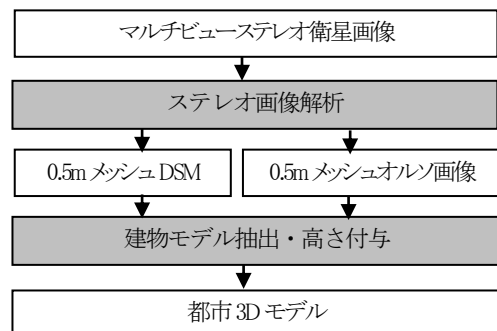


図-1 都市 3D モデルの作成フロー

4. 3Dモデルの精度検証

作成した都市 3D モデルの性能を検証するために、① 地面の 3 次元座標を地上測量及び航空レーザ測量のデータと比較し、② 建物の矩形座標の水平位置を国土地理院発行の数値地図 1/2,500 の建物ベクトルデータと比較し、③ 建物の高さ情報を航空レーザ測量に基づく高さ情報と比較して検証を行った。

(1) 地面の位置精度

3次元座標の基本的な精度を把握するために、DSM とオルソ画像の位置の精度検証を行った。まず、歩道上の標識等において RTK-GPS 測量により計測した地上測量データ（16か所）と比較して水平および垂直位置の精度検証を行った。そして、グラウンド等の地表物がないエリアで、航空レーザ測量データ（11か所：約 14,000 m²）と比較して垂直位置の精度検証を行った。

表 1 に地上基準点との比較結果を示す。地上測量データと比較して、水平精度は 0.49 m、垂直精度は 0.30 m（RMSE : Root Mean Squared Error）であった。また、航空測量データと比較して垂直精度は 0.78 m（RMSE）であった。これらの結果は、地面の表現において、3D モデルがサブメートル級の位置精度と高さ精度を有することを示している。

表-1 地面の水平および垂直位置精度

単位：m

検証データ	項目	平均	RMSE	LE90 ^{*1}
地上測量	水平	0.39	0.49	0.79
	垂直	-0.05	0.30	0.46
航空レーザ測量	垂直	-0.06	0.78	0.70

*1 LE90: Linear Error 90%（誤差 90%の精度値）

(2) 建物の位置精度

建物の位置精度を把握するために、国土地理院が整備する数値地図（国土基本情報）の建物ベクトルデータとの座標比較を行い、建物モデルの水平位置精度を検証した。比較検証においては、建物モデルと数値地図にて、同一建物を表現するポリゴンを特定し、同一形状を表現する構成点の位置座標を比較した。検証対象の建物棟数は 500 棟であり、検証した座標点数は 2,867 点である。

表 2 に数値地図との比較結果を示す。数値地図を正とした場合に、建物モデルの水平精度 1.24m（RMSE）であった。この結果から、数値地図の精度が 1.75mであることを考慮すると、作成した建物モデルは地図情報レベル 1/2,500 の位置精度を十分有していると考えられる。

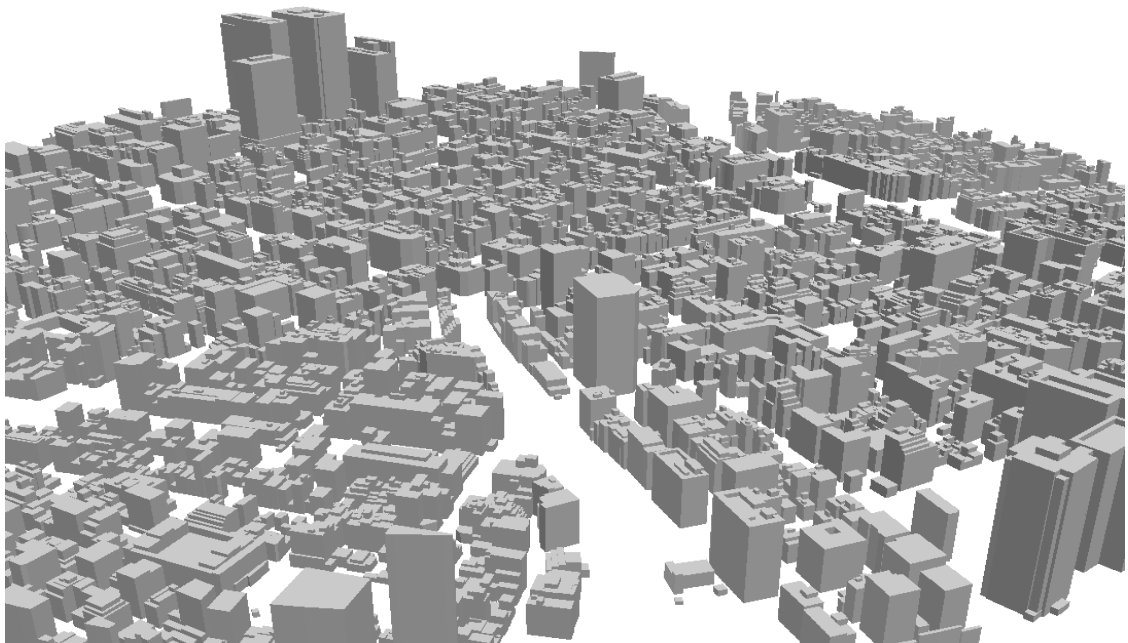


図-2 マルチビューステレオ衛星画像から作成した都市3Dモデル（東京都中央区）

表-2 衛星画像に基づく都市モデルと数値地図の
建物水平位置の比較結果

単位 : m		
平均	RMSE	LE90
1.02	1.24	1.96

表-3 衛星画像からの建物高さ
航空レーザ測からの建物高さの比較結果

単位 : m		
平均	RMSE	LE90
0.46	1.54	1.73

(3) 建物の高さ精度

建物モデルの高さ精度を把握するために、建物の高さ情報を航空レーザ測量に基づく高さ情報と比較し、高さ精度を検証した。建物への高さ情報の取得においては、衛星画像 DSM データ、航空レーザ測量データの双方から建物モデル内に含まれる測量データの中央値を算出して比較を行った。評価対象は、航空レーザ測量と衛星画像の両方で表現されている建物とし、総数約 9,600 棟で比較検証を行った。

表 3 に比較結果を示す。航空測量データに基づく建物高さを正とした場合に、高さ精度は 1.54 m (RMSE) であった。これらの結果は、地面に比べて低い高さ精度を示しているが、平坦な屋根の建物は概ね 1m 以内の高さの違いに収まる傾向であったため、建物屋根の形状や構造物の凹凸がある建物における高さの再現性の違いが挙げられる。今回の検証では、統計値による建物高さ値の取得を行ったが、今後より詳細な屋根や構造物等の形状表現とその検証が課題である。

5. まとめ

本研究の結果は、マルチビューステレオ衛星画像を利用した提案技術による都市 3D モデルが、概ね地図縮尺 1/2,500 相当の精度であり、同縮尺レベルでの建設、土木分野の BIM/CIM 利用への適合性を示している。今後の展望は、より詳細な建物形状の表現と BIM/CIM アプリケーションへの応用である。今後、本技術の精度向上を進めると共に、本研究成果を基に、BIM/CIM の情報システムの組み込みや、実際の業務効率化への適用など様々な土木、建設分野のアプリケーションへの適用研究を進めていく計画である。

参考文献

- 1) 市川真弓, 筒井健: マルチビューステレオ衛星画像から作成した高解像度 DSM の精度検証, 日本リモートセンシング学会 第 64 回 (平成 30 年度春季) 学術講演会, 2018.

3D CITY MODEL GENERATION FROM MULTI VIEW STEREO SATELLITE IMAGERY AND ACCURACY EVALUATION

Takumi FUKUOKA, Ken TSUTSUI, Mayumi ICHIKAWA
and Hiroyuki NISHIYAMA

A new accurate 3D mapping method based on multiview stereo satellite imagery was applied to generate 3D city model for BIM (Building Information Modeling) and CIM (Construction Information Modeling / Management) application. The 3D city model was generated and the geolocation accuracy of the 3D model was evaluated by comparing with ground survey data, airborne lidar survey data, and 1/2,500 scale building map. The comparison result showed that 1) the horizontal and vertical accuracy of the terrain were 0.5 m and 0.3 m (RMSE) in comparison with ground survey data, and 2) the horizontal and vertical accuracy of the building model were 1.2 m and 1.5 m (RMSE) in comparison with 1/2,500 scale map and airborne lidar survey data. The results showed the applicability of the proposed satellite image based 3D city model to the BIM and CIM with map scale of approximately 1/2,500.