

# 3次元地図情報整備に関する検討 ーLiDAR センサとオブリークカメラによる3次元地理空間情報の試行整備ー

実施期間

令和3年度

基本図情報部地図情報技術開発室

下野 隆洋 石塚 麻奈

佐々木 励起 岸本 紀子

## 1. はじめに

政府はサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立させる人間中心の社会「Society5.0」の実現を目指しており、国土地理院ではデジタルツインの基盤となる3次元地図を効率的に整備するための各種検討を進めている。測量用航空機による空中写真撮影や航空レーザ測量は、3次元の地理空間情報を広域かつ網羅的に取得するための有効な手段として活用されているが、従来の直下視のみの計測では、詳細な3D都市モデルを構築する上で必要となる建物側面の情報を十分に取得できないことが課題となっている。また、防災・減災分野においても、建物の損壊状況や浸水の程度を把握する上で、側面方向からの計測が有効であることから、国土地理院では、「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策」（令和2年12月閣議決定）における取組として、被災状況をそのまま3次元で詳細にデジタル化することを可能とする「測量用航空機による迅速な被災状況把握の能力強化」を進めているところである。

こうした背景を踏まえて、国土地理院では令和3年度にLiDARセンサとオブリークカメラ（直下視画像に加えて斜方視画像も同時に取得することができる光学センサ）を備えた最新鋭の航空測量システムによる試験計測を実施したため、本稿にて概要を報告する。

## 2. 最新鋭の航空測量システム「CityMapper-2」について

最新鋭の航空測量システムとして、Leica Geosystems社製CityMapper-2（以下「CM-2」という。）を用いた。CM-2は、LiDARセンサとオブリークカメラを組み合わせた先進的な航空機搭載型3次元スキャニング装置であり、LiDARセンサとして同社のラインナップで最新鋭の機種となるTerrainMapper-2が搭載されており、極めて高精細な3次元点群データの取得が可能である。オブリークカメラは直下視に加えて、斜方視として前方視・後方視・右方視・左方視の計5台のカメラで構成されており、それぞれのカメラは測量用航空カメラとしても使用可能な性能を有している。このうち、直下視カメラはカラー画像（RGB）に加えて、植生に対する感度が高い近赤外画像（NIR）を取得でき、3D都市モデルを作成する際の植生フィルタリングの効率化にも貢献している。4つの斜方視カメラはそれぞれ俯角45°で取り付けられており、建物などの壁面情報を効率的に収集することができる。これらの多方視画像の組合せにより、正確・高効率な地物判読が可能となるほか、画像マッチングにおいても、オクルージョンの少ない3D都市モデルの作成を可能としている。

## 3. CM2による試験計測

### 3.1 計測地区

「東京地区」及び「熱海地区」においてCM-2による計測を実施した。東京地区及び熱海地区の計測範囲をそれぞれ図-1、図-2に示す。東京地区は3D都市モデルでの適用を想定した計測として、東京スカイツリーや江戸東京博物館等の多様な形状の構造物が含まれる25km<sup>2</sup>の範囲とした。熱海地区

は災害時における被災状況把握での運用を想定した計測として、令和3年7月3日に静岡県熱海市伊豆山地区で発生した大規模な土石流災害が生じた地域を含む2 km<sup>2</sup>の範囲とした。なお、CM-2 で取得した空中写真の同時調整及びレーザ点群を調整する際に必要となる調整用基準点を、それぞれの地区で5点取得した。

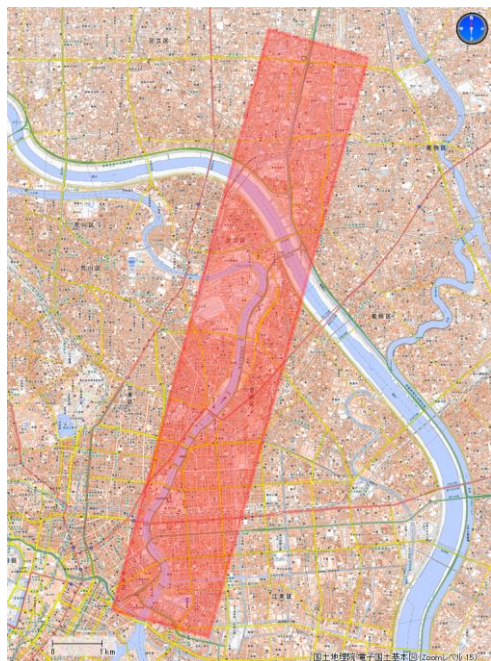


図-1 東京地区 (25 km<sup>2</sup>)

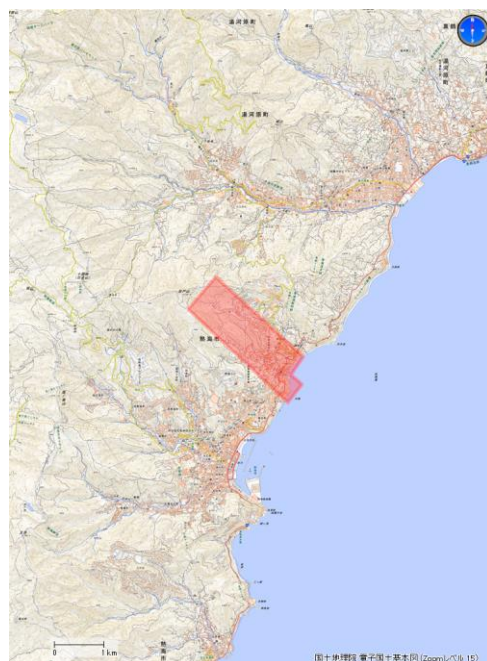


図-2 熱海地区 (2 km<sup>2</sup>)

### 3.2 計測諸元

東京地区及び熱海地区の計測諸元を表-1 に示す。CM-2 は航空レーザ計測と空中写真撮影を同時に実施するシステムであり、それぞれのセンサ特性を考慮した上で計測諸元を決定する必要がある。一般的に航空レーザ測量と空中写真測量を比較した場合、航空レーザ測量の方がより多くのコース数を必要とする傾向があるため、本作業では航空レーザ測量の設計をベースに各諸元を決定した。特に航空レーザ測量のサイドラップ設定や計測点密度については、TerrainMapper-2 を用いた基本測量の実例と概ね一致するようにした。なお、オブリークカメラによる5方向の画像を計測範囲全域で取得するためには、計測範囲の外側にも飛行コースを設ける必要があることから、その分のコース数が通常の航空レーザ測量よりも多くなっている。

表-1 計測諸元

| 作業地区名       | 熱海地区                        | 東京地区                      |
|-------------|-----------------------------|---------------------------|
| 計測年月日       | 自 令和3年12月4日<br>至 令和3年12月11日 | 自 令和3年12月2日<br>至 令和4年1月9日 |
| 計画飛行高度      | 1,942 m                     | 2,330 m                   |
| コース数        | 31 コース                      | 22 コース                    |
| 空中写真        |                             |                           |
| ・地上画素寸法(直下) | 5 cm                        | 6 cm                      |
| ・写真枚数       | 1,185 枚 (× 5 方向)            | 3,199 枚 (× 5 方向)          |

|          |                                       |                                       |
|----------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| ・オーバーラップ | 60%                                   | 80%                                   |
| ・サイドラップ  | 65%                                   | 65%                                   |
| 航空レーザ    |                                       |                                       |
| ・パルスレート  | 1,900,000 Hz                          | 1,600,000 Hz                          |
| ・スキャン角度  | 20.0°                                 | 20.0°                                 |
| ・スキャン回数  | 150.0 Hz                              | 150.0 Hz                              |
| ・サイドラップ  | 64%                                   | 64%                                   |
| ・点密度     | 28.6 点/m <sup>2</sup>                 | 20.1 点/m <sup>2</sup>                 |
|          | (コース間重複 64%により約 86 点/m <sup>2</sup> ) | (コース間重複 64%により約 60 点/m <sup>2</sup> ) |

#### 4. 自動処理による 3D 都市モデルの試作

##### 4.1 3D 都市モデルの自動生成

東京地区の計測データから、Leica Geosystems 社製 HxMap ワークステーション（以下「HxMap」という.）のモデリング機能を用いて 3D 都市モデルを生成した（図-3、図-4）. HxMap によるモデリングの処理工程は主に①LiDAR データを入力値とした屋根形状の抽出、②抽出した屋根の外縁から地表面に向けて垂直壁面を生成、③生成した屋根及び壁面にテクスチャ画像を貼り付け、の順に進められる. これらは自動処理で行われるが、大部分の構造物において、高い再現性で 3D モデルが作成できていることを確認した. なお、②の壁面処理では、屋根と地表面との間の空間的特徴は考慮されないため、東京スカイツリーのトラス構造や江戸東京博物館の高床式構造は、それぞれ図-3、図-4 に示すとおり、多角柱に単純化された表現となる.

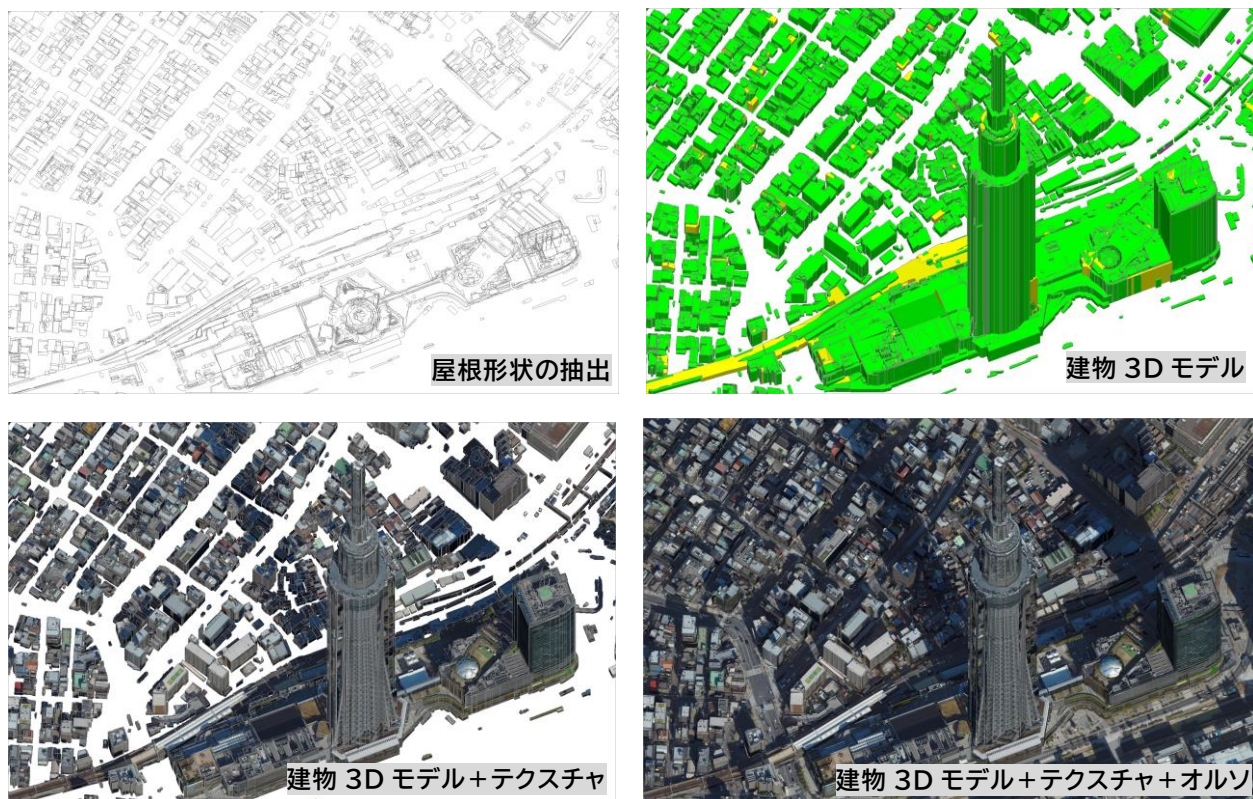


図-3 東京地区（東京スカイツリー周辺を拡大）の 3D モデル

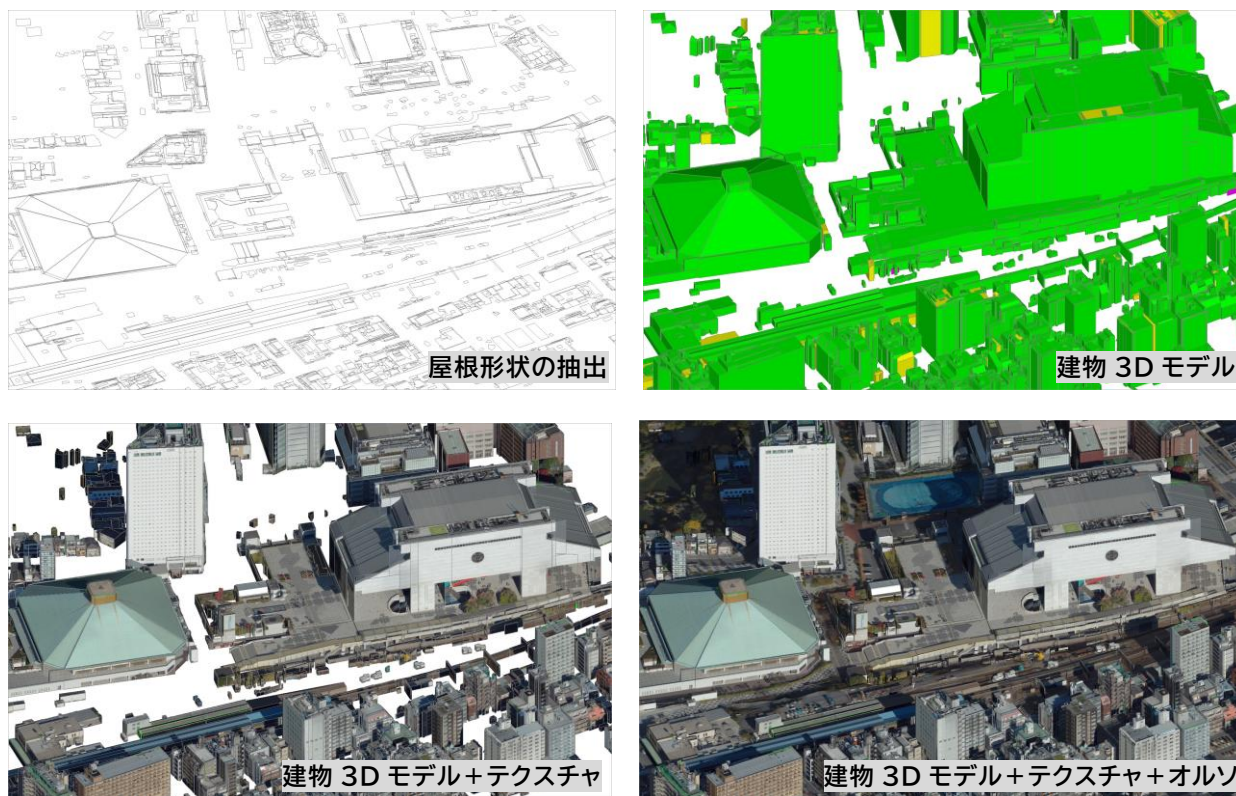


図-4 東京地区（両国周辺を拡大）の 3D モデル

#### 4.2 SfM-MVS による被災地の 3D モデル

HxMap による自動モデリングでは、建物形状を単純化する処理が実行されるため、建物個々の被災状況を詳細に把握する用途には適さないと考えられる。このため、熱海地区では SfM-MVS の自動モデリングによる 3D モデルも作成した（図-5）。建物側面についても非常に高い再現性を有する 3D モデルが作成できており、斜方視画像を取得する CM-2 計測の優位性が SfM-MVS のモデリングでも確認できた。なお、斜方視画像を SfM-MVS 処理に追加した場合に 3D モデルの位置精度が向上するとの結果が片山ら（2020）により報告されており、位置精度の面でも優位性を持つことが示唆される。



図-5 SfM-MVS で作成した熱海地区の 3D モデル（図中左下の枠内は SfM 処理前の斜方向画像）

## 5. まとめ

本検討は様々な分野への適用や発展性が大いに期待されている最新鋭の航空測量システムである CM-2 による試験観測を実施し，取得したデータから 3D モデルを自動作成した．その結果，簡易的な 3D モデルであれば，自動処理でも大部分の建物で作成可能であることを確認した．本検討で得られた高品質なデータを活用し，引き続き 3 次元地図の効率的な整備方法や測量用航空機による被災状況把握の能力強化施策について，調査検討を進めていく．

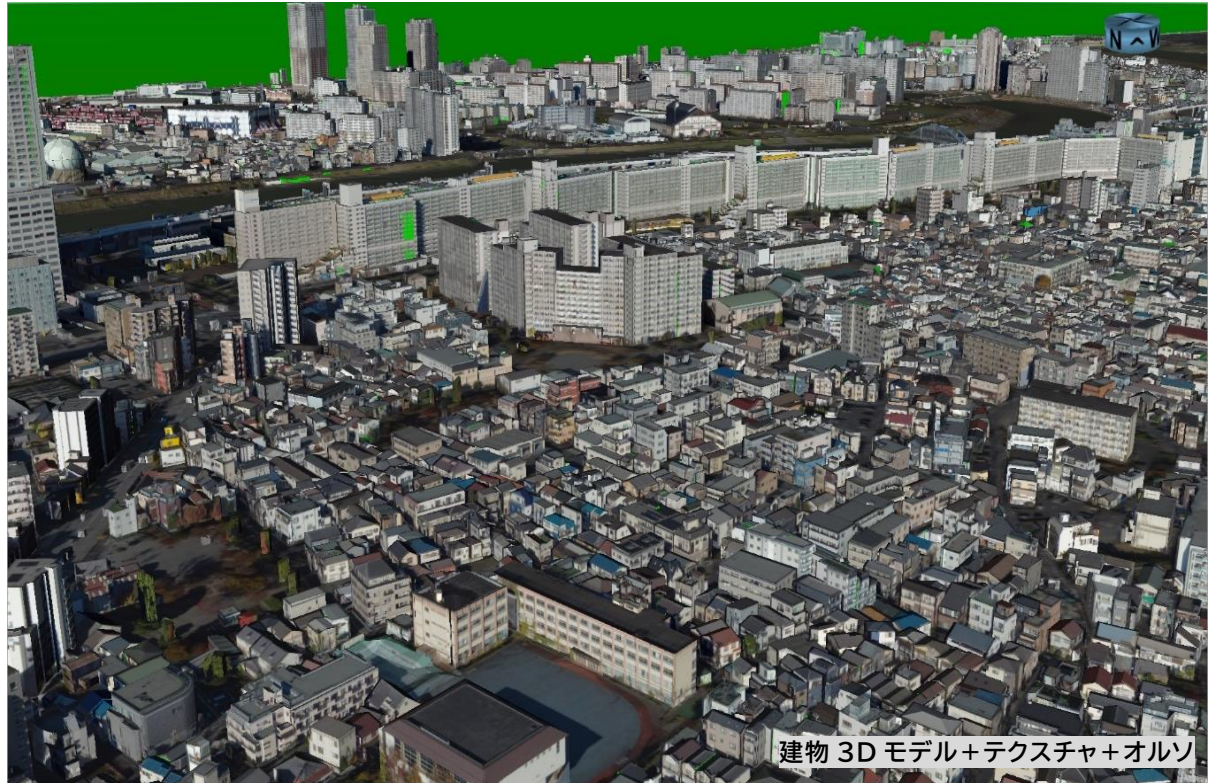


図-6 東京地区の 3D モデル

## 参考文献

片山理佐子・関口泰徳・笹川啓（2020）：UAV 写真測量における最適撮影手法の検討，日本写真測量学会令和 2 年度秋季学術講演会発表論文集．