

航空写真を利用した数値表層モデルの新たな取得手法について

国土地理院 測図部 測図技術開発室 渡部金一郎

1 はじめに

昨今、国土の維持管理、都市整備の新旧シミュレーション、ハザードマップ作成や環境アセスメントなど、様々な分野で数値表層モデル（DSM）、数値地形モデル（DEM）が活用されている。これまで数値モデルの作成は、航空レーザ測量や航空写真を用いた図化作業によって行われていた。しかし、航空レーザ測量では計測に要する費用が高く、現時点のデータしか取得できないため過去のデータ取得には別の手法を用いなければならない。また、過去のデータを取得できる図化作業では、熟練者による膨大な手作業が必要であり、なおかつそこから得られるデータの精度や取得密度は高くない。そこで、航空写真とコンピュータを利用して数値表層モデルを取得する新たな手法について、航空レーザ測量の手法で得られたモデルとの比較を行い、その利用可能性について検証した。

2 新たな手法及びシステム構成

航空写真は、地上の 20～30cm のものを識別しうる情報を持っており、撮影時の状況を忠実に記録しているため、詳細な数値表層モデルを再現できる可能性を持っている。また、同一の建物等の見え方が異なる図-1 のような 2 枚の航空写真を利用することに



図-1 2枚の航空写真による見え方の違い

より、写真測量の原理を用いて高さ情報を得ることができる。そこで、デジタル化された航空写真の全画素に対して同一地点を自動探索する（ステレオマッチングする）ことにより高さ計測を行う手法（以下、「本システム」という。）を用いて、数値表層モデルを取得することにした。この手法は、面的な高さデータを取得できる航空レーザ測量の特長を保持した上で、過去のデータが取得できない航空レーザ測量の欠点をカバーし、より高密度なデータを取得しうるものである。

本システムでは、サーバ機 1 台とそれに従属するクライアント機 10 台を使用して並列処理を行っている。システム構成の概略を図-2 に示す。これにより、航空写真の全画素に対して同一地点の自動探索を行うために必要な膨大な計算量を、現実的な時間で処理することが可能となっている。

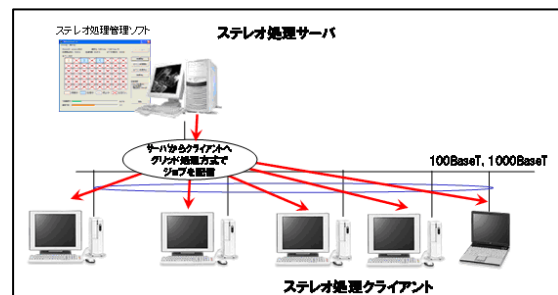


図-2 システム構成の概略

3 利用データ

今回の検証においては、高層建物が林立する東京臨海地区、中低層建物から田畑までを含むつくば地区及びつくばエクスプレスの開通など多くの土地利用変化が見られる茨城守谷地区の航空写真を利用した。また、本システムで作成した数値表層モデルの精度検証のため、つくば地区の航空レーザ測量データ、東京臨海地区及びつくば地区の現地 GPS 測量点データを使用した。各地区の航空写真の諸元を表-1 に、つくば地区の航空レーザ測量データの諸元を表-2 に示す。

表-1 航空写真の諸元

撮影地区	東京臨海地区	つくば地区
撮影日	平成 18 年 8 月	平成 18 年 9 月
使用カメラ	デジタルカメラ	アナログカメラ
地上解像度	12cm	16cm
撮影地区	茨城守谷地区	
撮影日	平成 11 年 5 月	平成 19 年 5 月
使用カメラ	アナログカメラ	デジタルカメラ
地上解像度	60cm	7cm

表-2 航空レーザ測量の諸元

計測地区	つくば地区
計測時期	平成 17 年 11 月
点間隔	約 2m
計測精度	±15cm～25cm(標準偏差)

4 結果

4. 1 数値表層モデル作成

様々な撮影条件の航空写真からの数値表層モデル作成を試みた。その結果、ほぼ自動でのデータ作成が可能であること、過去の航空写真を使用して過去のデータを作成することも可能であること、航空レーザ測量よりもはるかに高密度な 20~30cm 四方に 1 点のデータを作成可能であることが確かめられた。作成した数値表層モデルの標高段彩図の一部を図-3 に、航空レーザ測量との点密度の比較図を図-4 に示す。一方、航空写真 1 組について約 100 分というかなりの時間を要することが弱点として確認された。

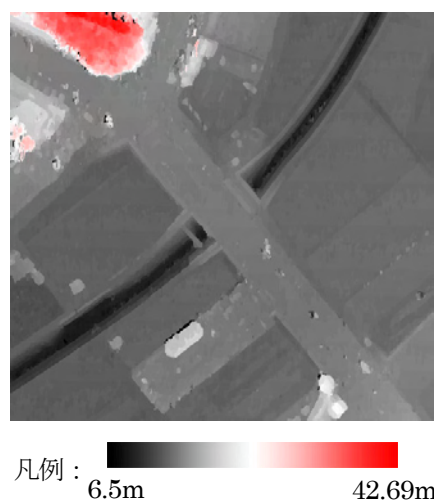


図-3 標高段彩図

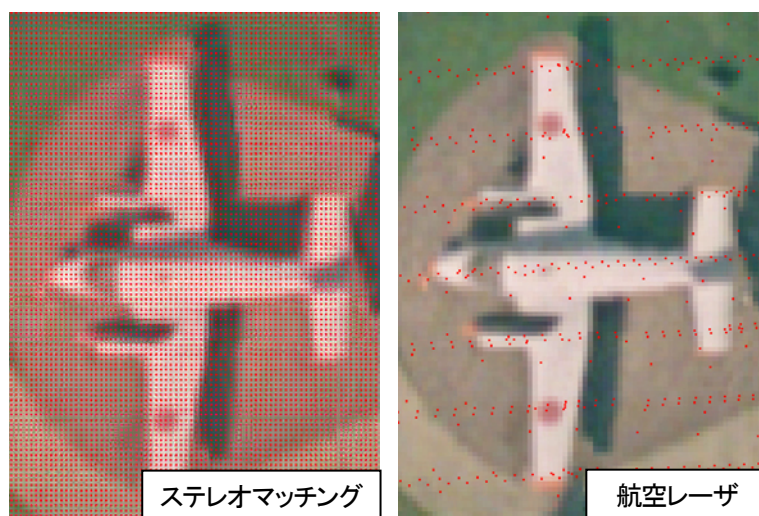


図-4 取得点密度の比較 (赤い点が計測点)

4. 2 精度検証

4. 2. 1 現地 GPS 測量データとの比較

まず始めに、東京臨海地区及びつくば地区を対象として、道路等の平坦な場所において GPS 測量を行って得た位置データと、今回作成した数値表層モデルを比較した。検証は、水平方向に関して GPS 測量点に最も近い数値表層モデルの点を抽出し、その標高値を比較することによって行った。得られた結果の統計値を表-3 に示す。この結果から、航空レーザ測量の精度と言われている±約 15～25cm には若干及ばないものの、図化作業によって得られるデータよりはるかによい精度を得られることが確認された。

表-3 GPS 測量との標高誤差

対象地区	東京臨海地区	つくば地区
最大値 [m]	1.16	1.00
標準偏差 [m]	0.45	0.37
検証点数	48	114

4. 2. 2 航空レーザ測量データとの比較

次に、つくば地区を対象として、航空レーザ測量で得られたデータとの比較検証を行った。検証に当たっては、250m 四方の検証エリア 4 箇所を選定し、各エリア 50 点ずつ検証点を設けた。その各点について、航空レーザデータと本システムで取得したデータの標高値の差を求めた。得られた結果について地表面、建物上面にカテゴリ分けした統計値を表-4 に示す。この結果から、地表面のみならず、写真上で明瞭に判別できる建物上面についても標準偏差約 30～50cm の精度を得られることが確認された。

表-4 航空レーザ測量との標高較差

対象地区	つくば地区	
	地表面	建物上面
最大値 [m]	0.97	1.60
標準偏差 [m]	0.33	0.45
検証点数	120	80

5 まとめ

航空写真とコンピュータを利用して数値表層モデルを取得する新たな手法について、航空レーザ測量の手法で得られたモデルとの比較を行った。その結果、計算処理にかなりの時間を要すること、標高データの精度について航空レーザ測量には及ばないことが確認された。その一方で、高密度なデータが得られること、過去の航空写真から過去のデータが得られることも確認できた。ステレオマッチング法と航空レーザ測量はそれぞれ異なる特長を有するため、数値表層モデルの利用目的、要求精度、要求密度に応じて両者を使い分けることにより、一層効率的な数値表層モデル取得が可能になると考えられる。

6 応用例

6. 1 撮影時期の異なる 2 種類の航空写真を利用した変化情報抽出

本システムで作成した時期の異なる 2 種類の数値表層モデルを使用して、その標高データの差分を取ることで、建物 1 棟単位での変化情報を抽出することができる。そのイメージ図を図-5 に示す。図の赤い部分は 2 時期目（後期）の方が高くなっている箇所、

青い部分は2時期目の方が低くなっている箇所を示している。なお、図-5 は航空レーザ測量データと本システムで作成したデータの差分を取ったものであるが、2 時期のデータを共に航空写真から作成しても変化抽出が可能であることは精度検証結果から十分推測される。この変化情報抽出手法を用いることにより、地形図の修正が大いに効率化されると考えられる。また、使用する航空写真を適切に選択することにより、特定の時期に起こった変化を捉えることができるため、建物の建築年を推定することなど、過去も含めた国土の維持管理が可能であると考えられる。

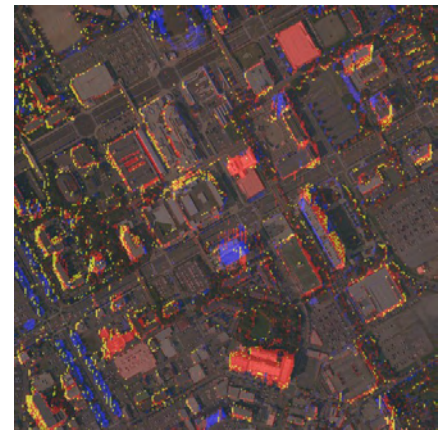


図-5 変化情報抽出の例
(赤：標高増、青：標高減)

6. 2 3次元モデル作成

数値表層モデルは、水平位置及びそれに対応する標高データを持っているため、3 次元モデルを作成する事ができる。その一例を図-6、図-7に示す。本システムで作成した詳細な3次元モデルを用いることにより、風の流れや細かな地形を考慮した環境シミュレーションや都市整備の新旧シミュレーションの実施、防災・減災のための基礎資料作成やハザードマップ作成が可能であると考えられる。

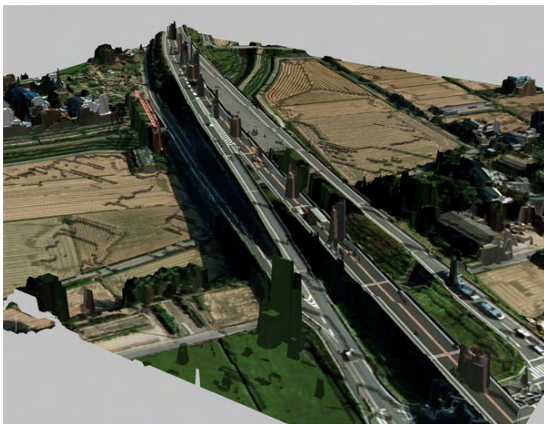


図-6 3次元モデルの例（その1）



図-7 3次元モデルの例（その2）

7 おわりに

今回の検証により、航空写真を利用して作成した数値表層モデルも航空レーザ測量により取得した数値表層モデルと同様に、様々な用途に対して利用可能であることが確かめられた。今後、コンピュータの高性能化と並列処理化により、本システムと同様の航空写真を利用した自動処理技術がより発達してくるものと考えられる。そのため、撮影条件の異なる同一地区の航空写真を利用して検証を行い、より効率的かつ高精度なデータを作成するための条件を検討するとともに、平常時だけではなく災害発生時にも対応可能な変化抽出手法についても検討する予定である。