

GPS/IMU 撮影による空中写真を使用したデジタル処理工程の検証（第2年次）

実施期間	平成 18 年度～平成 19 年度	
測図部測図技術開発室	笹川 啓	渡部 金一郎
	中島 最郎	小井土今朝己
	大野 裕幸	田中 宏明

1. はじめに

現在、写真測量の分野においては様々な工程でデジタル化が進んでいる。その結果、これまで手作業によって行われてきた種々の作業が自動化或いは半自動化され、作業の効率化が図られている。本研究では、各工程のデジタル化によってどの程度の作業効率化がなされ、またどの程度の精度を持った成果物が得られるかを検証している。平成 18 年度は、アナログ航空カメラ RC30 で撮影したつくば地区の画像をデジタル図化機でステレオ処理してオルソ画像を作成し、その精度検証を行った。

2. 研究概要

平成 19 年度は、通常のデジタル図化機よりも高度なステレオ処理が行えるソフトウェアを使用して DSM 及び精密オルソ画像を作成し、精度検証を行った。また、これまで手作業で行われてきた変化箇所選定の効率化を目的として、2 時期の空中写真を利用した自動変化抽出手法の研究開発を行った。

3. ステレオ処理の検証

3. 1 概要

本研究では、空中写真画像の全画素に対してステレオマッチング処理を行うソフトウェアを使用した。一般のデジタル図化機では数ピクセルおきにマッチング処理が行われるのに対して、今回使用したソフトウェアは全画素について処理を行うため、非常に高密度な DSM と殆ど倒れ込みのない精密オルソ画像をほぼ自動で作成することができる。そこでまず、「くにかぜⅡ」で撮影したつくば地区の空中写真を使用して、全画素ステレオマッチングによって作成される DSM の精度検証を行った。使用した空中写真の諸元を表-1 に示す。また、2006 年に計測された VRS-GPS 測量データ及び 2005 年 11 月に計測された航空レーザ測量データを比較参照データとして使用した。

表-1 空中写真の諸元

撮影地区	つくば地区
撮影日	2006 年 9 月 5 日
使用カメラ	RC30
撮影縮尺	1/8,000
地上解像度	約 16cm [*]
オーバーラップ率	60%
サイドラップ率	30%

^{*}フィルムを 20 μ m ピッチでスキャンング

3. 2 精度検証

3. 2. 1 VRS-GPS 測量データとの比較

まず始めに、道路等の平坦な場所において実施した VRS-GPS 測量の座標値と今回作成した DSM 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 DSM の点(GPS 点から水平 8 cm 以内)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

表-2 GPS 測量との標高比較

	地表面
最大値 [m]	1.00
標準偏差 [m]	0.37
検証点数	114

結果を表-2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土約 15~25cm には若干及ばないものの, 面的なデータ取得が可能であることを考慮すると図化作業による取得よりはるかに効果的であることが確認できる.

3. 2. 2 航空レーザ測量データとの比較

次に, 航空レーザ測量で計測された座標値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 点ずつの検証点を地表面及び建物正面に設けた. その各点について, 航空レーザデータと今回作成した DSM 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ー分けした統計値を表-3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

表-3 航空レーザ測量との標高較差

	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

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できる.

4. 自動変化抽出手法の開発

4. 1 概要

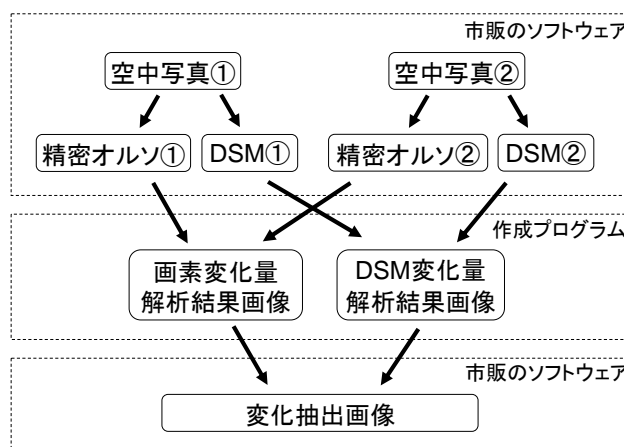
本手法は, 新旧 2 時期の空中写真を用いて精密オルソ及び DSM を作成し, それを基にして自動変化抽出を行うものである. その工程を図-1に示す.

本手法の工程としてまず, 新旧 2 時期の空中写真からそれぞれ精密オルソ及び DSM を作成する. この際, 建物 1 棟単位での変化を抽出するため, 第 3 章で検証した全画素ステレオマッチングソフトウェアを使用し, メッシュの細かい DSM を作成する. 次に, 新旧の精密オルソを利用して画素変化量 (濃淡や色調の違い) の解析による変化箇所の抽出を行うと同時に, 新旧の DSM を利用して高さ変化量の解析による変化箇所の抽出を行う. この処理には, 直営で作成したプログラムを使用する. 最後に, その 2 つの結果を統合して 1 つの変化抽出画像として出力する. なお, 今のところ最後の工程については市販のソフトウェアを使用しているが, この工程を直営で作成したプログラムに組み込むことは容易である.

ここまでの自動変化抽出手法の処理工程であり, 以降は変化抽出画像を見ながら変化箇所を手作業で変化情報に置き換えることになる.

4. 2 変化抽出画像の作成

本研究では, 近年変化の著しいつくば地区を検証対象地区として選定した. 2 時期のカラー空中写真として, つくばエクスプレス線の建設やそれに伴う土地区画整理, 住居建設が行われる前の 1999 年撮影のものと, つくばエクスプレス線開業後の 2006 年撮影のものを使用した. 空中写真の諸元を表-4に示す.



ここで, ①は1時期目, ②は2時期目を表す.

図-1 自動変化抽出処理工程

なお、自動処理による変化抽出を念頭に置いていることから、精密オルソ及びDSMを作成する際にブレイクラインを入れるなどの手動修正操作は一切行わなかった。

新旧の精密オルソを利用した変化抽出結果の一部を図-2に、新旧のDSMを利用した変化抽出結果の一部を図-3に示す。後者については本来、以前より高くなった箇所が赤色、以前より低くなった場所が青色で表示されるようになっているが、印刷の関係上ここでは2時期目の方が高くなった部分のみを示す。図-2から、新たに建設された道路の白線、駐車場の白線、タンク等のエッジを抽出できていることが確認できる。また、図-3から、1時期目の撮影から2時期目の撮影までの間に建設された建物が、はっきりと抽出できていることが分かる。

表-4 空中写真の諸元

	1 時期目	2 時期目
撮影日	1999 年 5 月	2006 年 9 月
使用カメラ	RC30	RC30
地上解像度	60cm ^{※1}	16cm ^{※2}
オーバーラップ率	60%	60%
サイドラップ率	30%	30%
標定方法	空三	同時調整

※1 1/30,000 撮影のフィルムを 20 μ m でスキャニング
 ※2 1/8,000 撮影のフィルムを 20 μ m でスキャニング



図-2 画素変化量による抽出結果

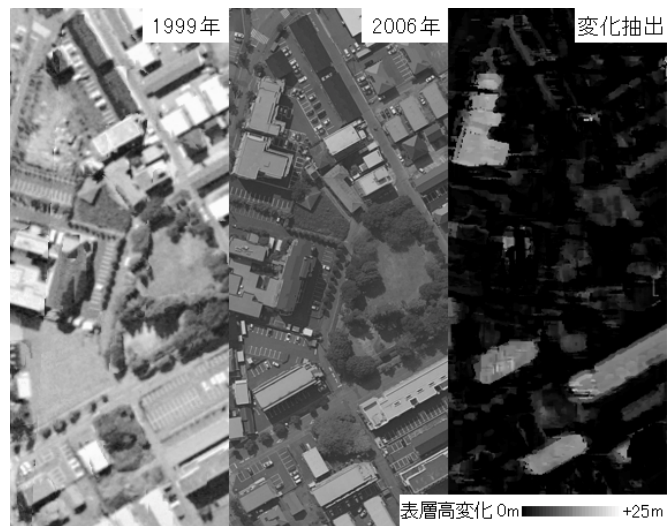


図-3 DSM 変化量による抽出結果

4. 3 変化抽出画像の判読検証

変化抽出画像の判読精度及び効率性の検証として、「変化抽出画像と旧版2万5千分1地形図を重ねたデータ」「2時期目の精密オルソ画像と旧版2万5千分1地形図を重ねたデータ」のそれぞれを用いて変化部分の判読を行い、判読時間及びターゲットとして事前に選定した変化地物等の抽出数を計測した。試験判読者として、変化抽出画像を見慣れていない4人（判読者A～D）を選定した。そのうち判読者Dは、以前から行われてきた写真判読の経験も持ち合わせていない。また、記憶による検証結果への影響を小さくするため、2種類のデータ判読はそれぞれ別の日に行った。その結果を表-5及び表-6に示す。

今回の検証から、以下の考察を得た。

(1) 判読時間について

写真判読経験者の場合、変化抽出画像を用いる場合と従来の写真判読を行う場合で大きな差

が現れることはない。一方、写真判読未経験者については、変化抽出画像を用いるほうが圧倒的に短い時間で判読を行うことができる。

表－5 判読所要時間（分）

	判読者 A	判読者 B	判読者 C	判読者 D
変化抽出画像	40	70	15	30
精密オルソ画像	30	85	15	110

(2) 新規建物について

写真判読経験者・未経験者を問わず、中高層建物についてはターゲットとした建物全てを判読できている。また、低層建物については多少の漏れが見られるものの、建物密集地における新規建物の写真判読は容易ではないことを併せて考えると、変化抽出画像の有用性が示唆される。

表－6 判読抽出数

(括弧内はターゲット数)		判読者 A		判読者 B		判読者 C		判読者 D	
新規中高層建物 (9)		9	2	9	4	9	5	9	3
新規低層建物 (10)		8	4	10	5	9	3	10	3
新規道路	片側 1 車線 (8)	7	6	8	6	8	6	7	4
	片側 2 車線 (2)	2	2	2	2	2	2	2	2
新規鉄道 (1)		1	1	1	1	1	1	1	1
土地被覆変化 (15)		7	0	15	8	12	3	13	4

■…変化抽出画像の判読 □…精密オルソ画像の判読

(3) 新規道路・新規鉄道について

2種類のデータそれぞれにおいて、殆どもれなく変化を捉えることができている。変化抽出画像による判読でも全く問題がないと言える。

(4) 土地被覆変化について

判読者によって抽出数にばらつきがあるものの、全ての判読者に関して精密オルソ画像よりも変化抽出画像を利用した方が多くのターゲットを判読しており、変化抽出画像の有用性を確認することができる。

今回の検証においては、変化抽出画像の有用性が多数確認でき、精密オルソ画像による判読と比較して劣るところは見られなかった。また、写真判読未経験者についても経験者と同様の所要時間で同様の抽出結果を得られることが分かった。これらのことを勘案すると、変化箇所抽出にあたっては今回開発した自動変化抽出手法が有用であると考えられる。

5. まとめ

今回、全画素ステレオマッチングソフトウェアを用いて DSM を作成し、その精度検証を行った。その結果、航空レーザ測量には若干及ばないものの、面的に表層高を取得する手段として有用であることが分かった。また、2時期の空中写真を利用した自動変化抽出手法の研究開発を行い、精度検証を行った。その結果、本手法で作成した変化抽出画像を用いることにより、変化箇所抽出における判読の精度向上及び判読所要時間の短縮が図られ、効率化がなされることを確認できた。この変化抽出画像の表現方法を検討することにより、更なる精度向上と効率化がもたらされると思われる。

参考文献

笹川啓他 (2007) : 二時期の空中写真を使用した自動変化抽出, 日本写真測量学会平成 19 年度秋季学術講演会発表論文集, 45-48

渡部金一郎他 (2007) : 全画素ステレオマッチングによって取得した DSM の精度検証について, 日本写真測量学会平成 19 年度秋季学術講演会発表論文集, 41-44