

## 土地利用変化検出のための空中写真の半自動解析手法に関する研究

Semi-Automatic Detection of Land Use Change  
from Digital Aerial Photos

測図部 松本 栄・星野秀和

Topographic Department Sakae MATSUMOTO, Hidekazu HOSHINO

地理調査部

政春尋志

Geographic Department

Hiroshi MASAHARU

## 要旨

これまで、地図の修正箇所の抽出は、地形図と空中写真を目視で比較することにより行われてきた。目視による地形図と空中写真の比較は、多大な労力と注意力、経験、知識等を必要としており、この作業を行う際の手助けとなるシステムの開発が求められている。本研究は、計算機によるデジタル画像処理技術を用いることにより、修正・更新作業を効率化させるために行った研究である。

## 1 はじめに

地図のデジタル化は、益々重要性を増してくるものと思われ、既に官民を問わず多数のデジタル地図が整備、刊行されている。デジタル地図は、解析図化機により点列データを取得したり、紙地図上に描かれた道路や建物等の対象物をディジタル化や図面自動認識装置を用いて数値化することにより作られ、初期入力にコストのかかる作業である。しかしながら、地図の数値化は各所で進んでおり、いずれ終了するものである。今後、重要となってくる作業が、ディジタル化された地図を現実世界に合わせるために行われる修正作業である。この作業は、迅速に行われなければならない作業であり、また、終わりのない作業である。

目視により地図と空中写真を比較して修正箇所を抽出する現行の方法から、理想的には空中写真を入力することにより自動認識が行われ、数値地図が自動的に生成されるシステムが求められるが、現実的には、計算機による認識は不十分で、人間が介入することにより不完全さを補うことが必要となる。また、人間が主となった修正を行う場合にも、変化部位を発見しやすくするような処理のアプローチも必要となってくる。

平成6、7年度の2年間にわたり、(1)数値化された撮影時期の異なる空中写真(2時期の空中写真)から得られた情報を比較することにより、変化の可能性のある部分を限定する方式、(2)既存数値地図を用いて抽出部位を限定することにより、作業効率の向上を図る方式、(3)空中写真に種々の画像処理を施し、作業者の視認性の向上を図る方式について検討してきた。

これらの検討のうち、2時期の数値地形モデル(DTM)を用いる方法と、道路・家屋のマスクを作成して空中写真に重ね合わせる方法及びエンボス処理と呼ばれる疑似立体表示方式の検討について報告する。

## 2 研究内容

## 2.1 2時期の数値地形モデル(DTM)を用いる方法

## 2.1.1 概要

土地利用の変化の中でも宅地造成のように、大規模な地形改変を伴うものは標高値も変化していることから、新旧2時期の空中写真のDTM(数値地形モデル)の変化から土地利用変化を検出することが可能であると考えた。ステレオ空中写真のステレオマッチングによるDTMを作成し、地形図や解析図化機によるDTMと比較し、土地利用変化検出を試みた。

## ・使用した資料及びデータ

①地 域：広島県福山市東北端部

②空中写真：旧写真=1987年撮影 1:12,500(カラー)  
新写真=1994年撮影 1:12,500(白黒)

③地形図：旧写真から作成した1/2,500及び1/10,000地形図

## 2.1.2 研究内容

## (1) 空中写真の数値化

新旧空中写真をカラードラムスキャナーにより画像データ化した。入力解像度は、旧写真が1ピクセル=0.050mm、新写真が1ピクセル=0.025mmとした。(地上換算=62.5cm)

## (2) 地形図からのDTMの作成

地形図上の等高線及び標高点からDTMを作成した。地形図DTMは、地表面の標高を表現している。樹林地でも樹林の下の地面であるし、建造物でも地面の標高値がDTMになっており、地形図の描画精度に依拠した精度を持っている。(以下、「地形図DTMという。)

作成したDTMのグリッド間隔は、可視化画像の比較に使用したデータが5m間隔、定量的把握に使用したデータが2.5m間隔であり、以下の全ての種類のDTMについても同様である。



### (3) 新旧写真のステレオマッチングによる半自動DTMの作成

ステレオマッチングは画像処理により左右のステレオ空中写真対における対応点を見だし、写真に写った地点の3次元座標を自動又は半自動的に求める手法である。ここでは、面積相関法を基本として、あらかじめ作成した解像度の異なる複数の「階層画像」により、対応点の候補を徐々に絞り込んでいく手法をとっている。新旧写真について、ステレオマッチングによって得られた対応点の情報を用いて、各対応点が表示地表3次元座標を求めた。さらに、座標系に合わせて正方形メッシュに再配列しDTMとした。新旧写真のDTMは、樹林地では樹冠の上部、建物でも屋根や屋上の標高値がDTMとなっており、ステレオマッチングの精度に依存している。(以下、「旧写真DTM」、「新写真DTM」という。)

### (4) 旧写真の解析図化機によるDTMの作成

ステレオマッチングによるDTMの精度検証のために、旧写真から解析図化機を使ってDTMを作成した。家屋は屋根及び屋上、樹林は樹冠上を計測した。(以下、「図化機DTM」という。)

### (5) デジタルオルソフォトの作成

地物位置の確認や処理結果の検証に用いるため、新旧の写真についてデジタルオルソフォトを作成した。

### (6) テストサイトの選定

土地利用の構成等から、図2-1. 1のC, D, E, G, Hの5つの地上150m四方の矩形領域を選定し、研究対象範囲とした。

- ・ C = 裸地から住宅地に変化した領域
- ・ D = 裸地から住宅地に変化した領域
- ・ E = 住宅地から変化なしの領域
- ・ G = 樹林地+住宅地から住宅地に変化した領域
- ・ H = 樹林地から裸地+住宅地に変化した領域

### (7) DTM間の比較、検討

#### 1) DTMの可視化画像による比較

##### ① 各DTMの差の可視化画像による比較

2者の対応メッシュ毎に値を差し引き、その大小を画像の明るさに対応させた可視化画像を比較した。

##### ② 隣接DTMの差の可視化画像による比較

DTMのメッシュ毎に左側のメッシュの値を差し引き、その大小を画像の明るさに対応させた可視化画像を比較した。

#### 2) 定量的把握の検討

##### ① ステレオマッチングによるDTMの精度検証

確立された技術で作成した「図化機DTM」を正解データとして、「旧写真DTM」を比較することによりステレオマッチングの精度検証を行った。

##### ② 土地利用変化の検出

「旧写真DTM」「新写真DTM」から、新旧2時期の被覆表面の標高値の差を求め、標高値の変化を

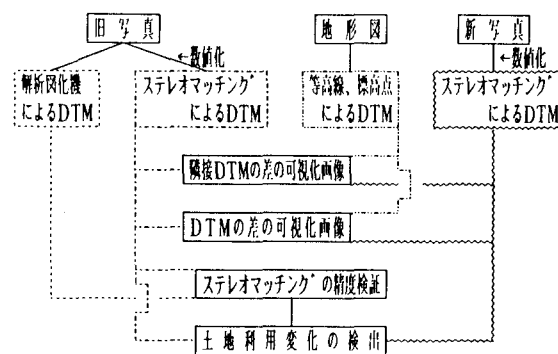


図2-1. 3 研究フロー

伴う土地利用変化の抽出を図った。

### 2.1.3 研究結果

#### (1) DTMの可視化画像による比較

##### ① 各DTMの差の可視化画像

旧写真と地形図DTMでは、住宅地と家屋・道路面との差が識別でき、結果として住宅地における街路の分布状況や、学校など高層建物のおおよその形もわかり、旧写真時点での土地利用状況が概略認識できる。

旧写真と新写真DTMでは、全般的に特徴が少なくのっぺりした画像となっていることから、巨視的には標高変動が少なく、微視的に見なければならぬ。微視的に見ると、標高値を伴う土地利用変化が識別することができる。変化はより大きく、広範囲にわたるほど識別は容易である。

地形図と新写真DTMでは、前2者の比較要因を合算した結果として出てきたもので、差し引きされて顕著な違いが分からない。

##### ② 隣接DTMの差の可視化画像

地形図DTMでは、非常になめらかな地形の状況を示している。これは、DTMのメッシュ間隔5mよりも地形図からの標高値取得間隔が大きく、標高値を内挿してメッシュ化していることから、このような結果になったものと考えられる。

旧写真と新写真は、内挿もないことから起伏の明瞭な画像となっている。建造物の屋根の部分の標高を取得していることから、道路部分がへこんでおり、街路部分の分布が明瞭に出ている。造成後裸地のままの部分は平坦で、周囲の宅地とははっきり識別できる。新旧写真の縮尺の違いが、地形、地物等の起伏の明瞭さに表れている。

#### (2) 定量的把握の検討

##### ① ステレオマッチングによるDTMの精度検証

どちらも1987年時点の計測で、各領域(61×61メッシュ)別に標高値の平均値の差及び標準偏差を求め、旧写真の解析図化機によるDTM計測値を正解データと仮定して、ステレオマッチングの精度検証を行ったものである。

表2-1.1 「旧写真DTM」と「図化機DTM」の比較結果（単位：m）

| 比較項目         | 旧写真DTM | 図化機DTM | 平均値の差 | 標準偏差   |
|--------------|--------|--------|-------|--------|
| 比較領域         | Aave   | Bave   | Dif   | Std    |
| C (裸地~住宅)    | 78.66  | 78.49  | +0.17 | 1.0041 |
| D (裸地~住宅)    | 87.47  | 87.57  | -0.10 | 0.9233 |
| E (住宅~住宅)    | 78.57  | 78.81  | -0.24 | 2.0597 |
| G (樹林+住宅~住宅) | 31.35  | 31.68  | -0.33 | 2.3521 |
| H (樹林~裸地+住宅) | 43.84  | 46.55  | -2.71 | 4.4916 |

ステレオマッチングによるDTMの精度は、左右画像間の対応点探索精度に依拠している。裸地や低層の住宅は左右画像の形状が類似しており、対応点探索も比較的容易である。このことは、標準偏差の数値に表れており、1～2mの範囲におさまっている。これは十分実用価値のある数字といえる。

一方、樹林地では樹冠上面の起伏が激しく複雑であることから、左右画像の形状も大きく異なっていることが多く、対応点探索も自動処理だけでは多くのミスマッチングが生じた。ミスマッチングの多くは目視により取り除くことができるが、図化機DTMと比較する段階で、樹冠のどこを測定したかによって大きな差を生じることになる。標準偏差でも4.5mと大きな数値となっている。こうしたことから、樹林地のDTMを扱う場合このような大きな誤差を含んでいることに注意しなければならない。

## ② 土地利用変化部の抽出

新旧2時期の被覆表面の標高差を求めることで、標高値変化を伴う土地利用の変化部抽出を目的に、ステレオマッチングによる新旧のDTMを比較した。

比較項目は、平均値の差と平均2乗誤差である。これはステレオマッチング同士の比較なので処理の違いによる誤差はないものと考えられる。平均2乗誤差は、平均値の差と、①で考察した土地利用によるステレオマッチングの精度を反映している。この中で、平均値の差に特徴がよく表われている。

領域C及びDは、裸地だったところに住宅地ができた領域で、住宅が新設された分平均標高が高くなった

と判断できる。平均値の差は両者とも+1.2mを示しており、これが住宅の新設を示しているといえる。このことは、新旧写真で住宅地のまま変化していない領域Eにおいて、+0.47mという小さな値となっていることから裏づけられる。領域Gは、樹林と住宅の混在地域が住宅地に変化した領域である。この場合、樹林の伐採のマイナス要因と住宅新設のプラス要因の差し引きで結果が出ていると考えられる。領域Hは、樹林地が広範囲にわたって伐採され、かつ造成を受けた領域である。-3.46mと他の領域と大きく異なった値を示している。

以上のように、ステレオマッチング手法を用いて新旧の写真からDTMを作成し、領域単位で標高の平均値の差をみることにより、土地利用変化の有無を検出することが可能である。ただし、領域Gのように、種々の土地利用変化が混在している領域では、それらの差し引き結果のみが出てくるので注意を要する。したがって、領域内の土地利用はなるべく一様であることが望ましい。そして、一様な土地利用をもつ領域では、標高平均値の差を調べ、その符号や絶対値から、土地利用変化の有無及び種類をある程度を判断することができる。

## ③ 領域を小さくすることによる効果

これまで新旧のDTMを比較し同一領域の標高平均値の差から、住宅の新設・樹林の伐採・地形の改変など、標高値の変化を伴う土地利用変化の検出ができることを示してきた。その信頼性は、領域内の土地利用が一様であるほど高まるとしたが、現実には、比較単位となる領域を小さくするほど、土地利用はより均質になっていく。そこで、比較領域をさらに細分化することの効果調べた。細分化の方法は、これまでの領域を分割なし（150m×150m、61×61メッシュ）として、4分割（75m×75m、30×30メッシュ）、9分割（50m×50m、20×20メッシュ）の2種類の小領域を設定した。以下に、分割した小領域毎の新旧のDTMの標高平均値の差を示す。

領域C及びDでは、小領域に分割するほど、正值の範囲内ではばらつきが生じている。これは、各小領域内で住宅が占める割合が異なることによる。例えば、領域Cの9分割の右上の小領域は大部分が道路を占めており、標高平均値の増加がほとんど見られない。ただし、領域が小さくなるほど、ステレオマッチングの誤差の影響も無視できなくなると思われる。

領域Eは新旧写真ともに住宅地で、土地利用変化のない領域であるが、9分割の場合-0.04m～+1.41mまで分布している。これは、ステレオマッチングの段階で、屋根上、家の影の部分、オクルージョン（隠蔽）部分など、いろいろな箇所でミスマッチングを生じているものと考えられる。一方、4分割では、ばらつきはあるものの+0.17m～+0.73mまでに収まっている

表2-1.2 「新写真DTM」と「旧写真DTM」の比較結果（単位：m）

| 比較項目         | 新写真DTM | 旧写真DTM | 平均値の差 | 平均2乗誤差 |
|--------------|--------|--------|-------|--------|
| 比較領域         | Aave   | Bave   | Dif   | Rms    |
| C (裸地~住宅)    | 79.89  | 78.66  | +1.23 | 2.2337 |
| D (裸地~住宅)    | 88.72  | 87.47  | +1.25 | 2.0452 |
| E (住宅~住宅)    | 79.05  | 78.58  | +0.47 | 1.9048 |
| G (樹林+住宅~住宅) | 33.42  | 31.35  | +2.07 | 3.4871 |
| H (樹林~裸地+住宅) | 40.38  | 43.84  | -3.46 | 6.3975 |



図 2 - 1 . 4 旧写真DTMと地形図DTMの差の可視化画像

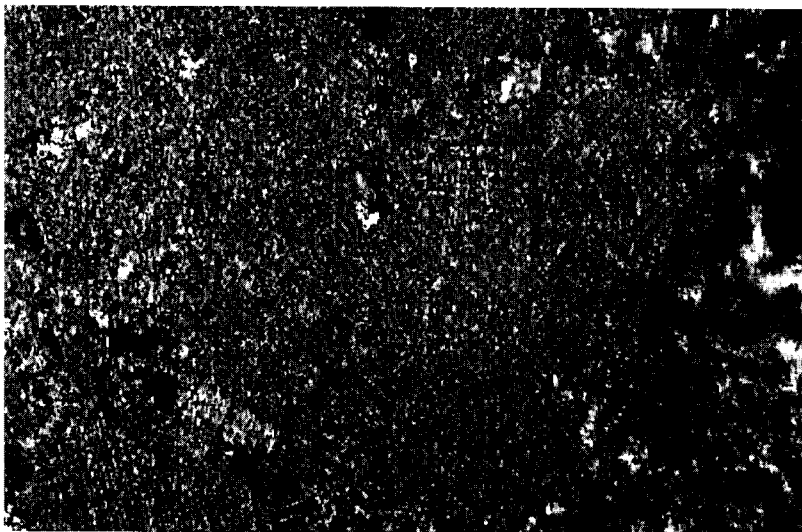


図 2 - 1 . 5 旧写真DTMと新写真DTMの差の可視化画像

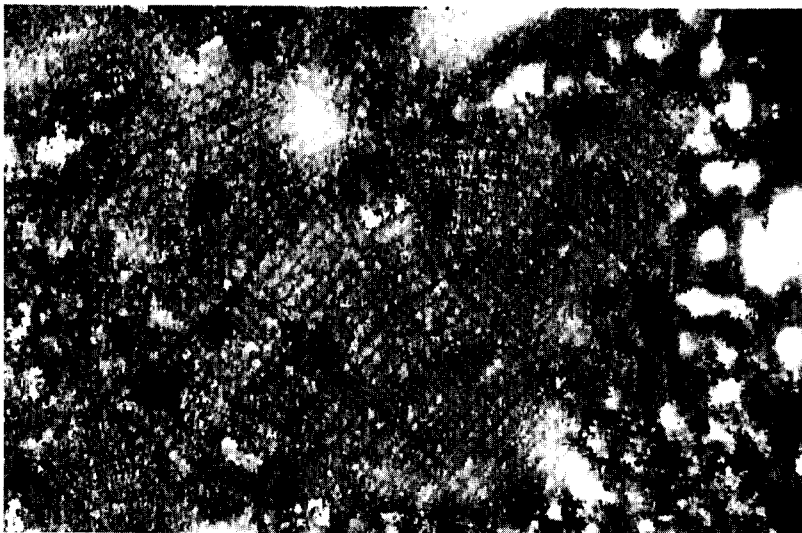


図 2 - 1 . 6 地形図DTMと新写真DTMの差の可視化画像

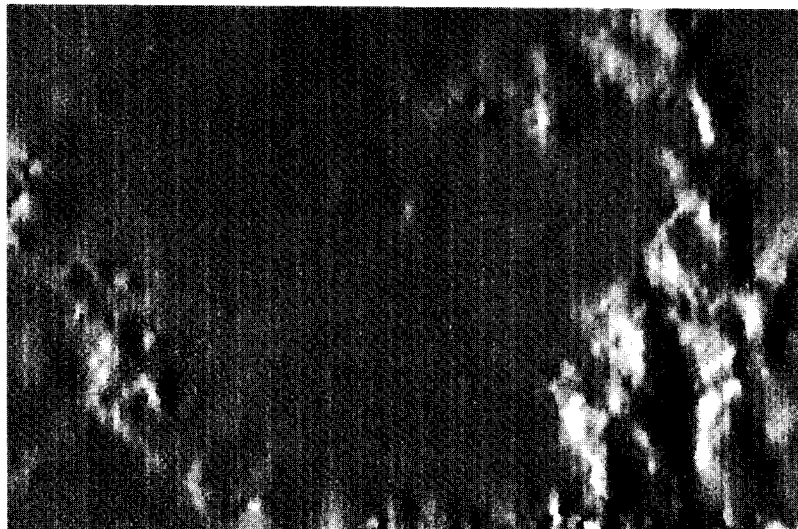


図 2 - 1 . 7 地形図DTMの隣接DTMの差の可視化画像

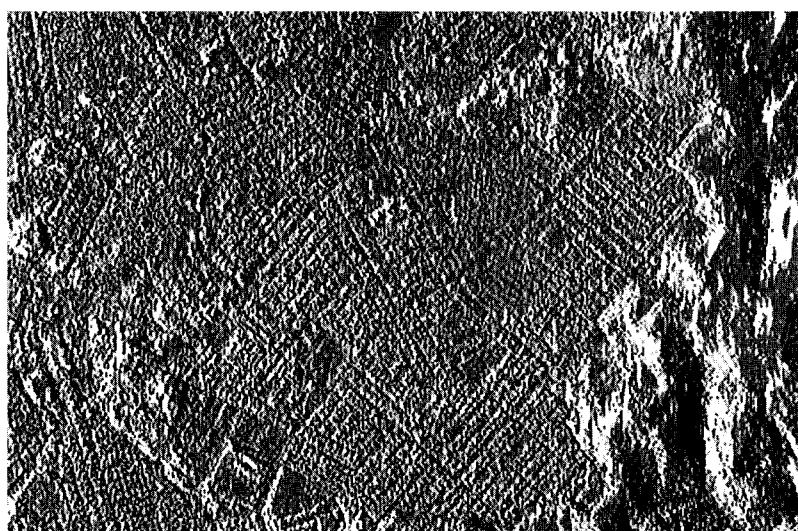


図 2 - 1 . 8 旧写真DTMの隣接DTMの差の可視化画像

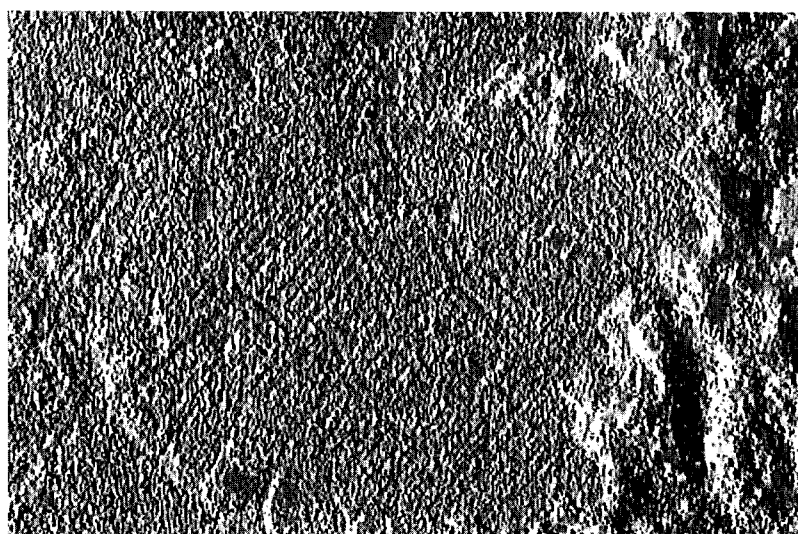


図 2 - 1 . 9 新写真DTMの隣接DTMの差の可視化画像

表2-1. 3 領域分割した新旧のDTMの標高平均値の差

領域C (裸地～住宅地)

|       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| +1.23 | +1.96 | +0.89 | +2.38 | +1.26 | +0.18 |
|       |       |       | +2.12 | +0.98 | +0.79 |
|       | +1.29 | +0.87 | +1.77 | +1.23 | +0.56 |

分割なし4分割9分割

領域D (裸地～住宅地)

|       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| +1.25 | +1.17 | +1.18 | +1.63 | +1.46 | +0.56 |
|       |       |       | +0.69 | +1.18 | +1.51 |
|       | +1.32 | +1.37 | +1.61 | +1.07 | +1.61 |

分割なし4分割9分割

領域E (住宅地～住宅地)

|       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| +0.47 | +0.62 | +0.46 | +0.46 | +0.48 | +0.31 |
|       |       |       | +1.41 | +0.28 | +0.65 |
|       | +0.73 | +0.17 | +0.80 | +0.09 | -0.04 |

分割なし4分割9分割

領域G (樹林地+住宅地～住宅地)

|       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| +2.07 | +0.69 | +3.47 | +0.15 | +0.07 | +3.99 |
|       |       |       | +2.36 | +2.20 | +4.07 |
|       | +2.37 | +1.83 | +2.64 | +1.48 | +1.84 |

分割なし4分割9分割

領域H (樹林地～裸地+住宅地)

|       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| -3.46 | -2.71 | -4.93 | -2.99 | -4.21 | -1.28 |
|       |       |       | -1.29 | -6.54 | -8.45 |
|       | -1.18 | -5.17 | -0.58 | -4.21 | -1.94 |

分割なし4分割9分割

る。領域C及びDの分布もあわせて比較すると、9分割では分布が重なり合っているが、4分割では土地利用変化の有無を完全に分けることができる。すなわち、+0.80mを境に、これ以上は住宅が新設されたと判断し、これ以下は変化なしと判断できる。

領域Gは種々の変化が混在しており、4分割では+0.69m~+3.47m、また9分割では+0.07m~+4.07mまで、広範囲に分布している。小領域になるとある程度均質な土地利用になるので、数値の大小により、土地利用変化の種別や程度が推定できると思われる。

領域Hは、樹林地が伐採され、裸地と住宅地に変化したところである。伐採・切り土が大規模になされたとき、4分割でも9分割でもすべての小領域で負の値を示している。伐採や地形改変の程度により、数値に大小が生ずるものと考えられる。

#### 2.1.4 2 時期の数値地形モデル (DTM) を用いる方法のまとめ

今回、空中写真のステレオマッチングで新旧のDTMを作成し、土地利用変化の検出を試みてきた。DTMの様々な可視化画像により、現状の土地利用の認識はできるが、それにより変化部を抽出するまでには至っていない。

DTMを小規模の領域間で統計量を比較することによる、土地利用変化の定量的把握については、一定の結果が出された。平坦地において、住宅の新設の有無に注目し、150m四方及び75m四方の領域で、標高平均値の差が「+0.80m」を境にして明確に分けられることが明らかとなった。ただ、この数値は検証した領域だけで成りたつものであり、絶対的な指標といいきることはできない。しかし、平坦地ではステレオマッチング自体の精度も高いことから、この手法の実用価値は高いと思われる。もっと多くのサンプルで解析することにより、土地利用変化の有無を分ける指標も、おのずと定まってくるであろう。また、解析に適する領域の広さについても、50m四方で比較すると明確な区分ができなくなることから、「50~75m」が、この手法に最適の寸法であると考えられる。

一方、樹林地においては、ステレオマッチング自体の精度が悪いので、より大きな標高の変化にしか適用できない。しかし、樹林地の伐採では、通常少なくとも5m以上の標高の減少が見込まれるし、領域Gのように切り土をした箇所ではさらに標高差が大きくなることから、ステレオマッチングの精度が少々悪くても、標高値が大きく変化した箇所を検出することは可能である。今後とも、いろいろなサンプルを対象とし、また領域の大きさも変え、土地利用変化検出のパラメータ決定をめざした検討を進めていくことが必要である。

また、今回の研究はDTMのみを用いて検証を行ったが、本来は使える情報は何でも使うことが重要である。例えば、デジタルマッピングのデータが完備していれば、変化前の家屋1軒1軒の位置が明確になるので、その地点でのDTMを調べることで、個別の家屋の消失が確認できるであろうし、画像の色情報やテクスチャー情報によりあらかじめ樹林範囲を特定しておけば、樹林地に集中した検討が行える。すなわち、平坦地との条件の違い（ステレオマッチングの精度など）を考慮できるため、DTM情報をより効果的に利用できるのではないだろうか。このように、いろいろな情報を複合的に使い、土地利用変化の検出の半自動化さらには自動化をめざしていくことが重要である。

## 2.2 旧数値地図データと新空中写真を用いる方法

### 2.2.1 概要

目視による検出を容易にすることを目的に、旧数値地図と新空中写真を用いて家屋の変化抽出手法を検討した。まず、旧数値地図と新空中写真の位置合わせを行い、次に旧数値地図上の道路・家屋の閉領域内部の塗りつぶしを行いマスク画像を作成、これを新空中写真に重ね合わせた。さらに、家屋部分の境界線を強調するために、画像の輪郭線を強調するフィルタ（エンボスフィルタ）の処理を施した画像を作成した。これを、新空中写真に重ね合わせ表示して、新規に建設された家屋を目視によ

り発見しやすくすることを意図して行った。

これらの画像を組み合わせ、実際の更新作業を行い、視認性の向上、作業効率の向上がどの程度可能かについて確認したものである。

・使用した資料及びデータ

広島県福山市の東北端部

- ・旧数値地図 1987年図化  
1 : 2,500国土基本図「03-PG 49-3」
- ・新空中写真 1994年撮影, 1 : 25,000(白黒)
- ・数値化分解能 1ピクセル=0.025mm

## 2.2.2 研究内容

### (1) 旧数値地図と新数値化空中写真の位置合わせ

位置合わせの方法として、数値化写真に対して2次の射影変換を用いた。2次の射影変換の実行時に選定した標定点数は50点である。

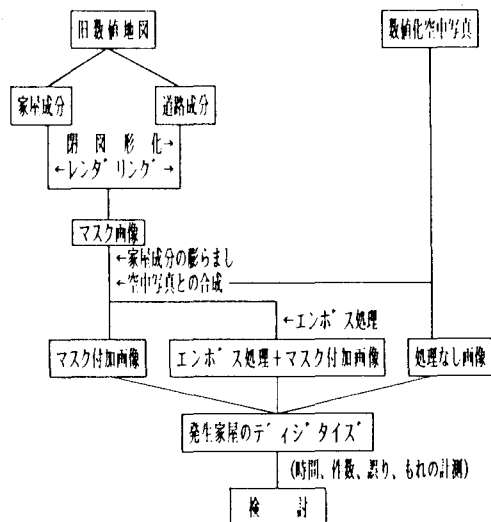


図2-2.1 研究フロー

### (2) マスク付加画像の使用による発生判定候補の特定

更新に際し、注目箇所の限定を行い更新対象である家屋の特定を容易にするために、更新対象以外の部分を隠蔽するためのマスク付加画像を作成した。今回使用したマスク付加画像は、家屋の発生判定の候補を特定するために、数値地図のうち道路及び家屋成分について各々レンダリングを行い、それによって作成される2枚の画像により作成したものである。道路成分は、道路緑対による真幅道路部分の閉図形化を行った後にレンダリングを行っている。

作成されたマスク付加画像には、隣接する家屋成分及び家屋成分と近接する道路成分の間に微少な隙間が発生する。家屋成分に膨らまし処理をかけ、間隔的に家屋の建築が難しいと判断される隙間を、マスク部分に取り込むこととし、膨らまし幅は5mとした。

### (3) エンボス処理

通常の白黒数値化空中写真をベースにデジタル化する場合、画像の陰影などの理由から、デジタル化するべき場所の判断が難しい場合がある。そこでエンボス処理を行うことにより、家屋成分を浮き上がらせて表示させ、デジタル化の際の判定を容易にすることとした。図2-2.2は、エンボスフィルタのパラメータである。8方位のパラメータが存在する。

|      |   |    |           |    |    |       |    |    |           |    |    |
|------|---|----|-----------|----|----|-------|----|----|-----------|----|----|
| -1   | 1 | 1  | -1        | -1 | 0  | -1    | -1 | -1 | 1         | -1 | -1 |
| -1   | 1 | 1  | -1        | 1  | 1  | 0     | 1  | 0  | 1         | 1  | -1 |
| -1   | 1 | 1  | 0         | 1  | 1  | 1     | 1  | 1  | 1         | 1  | 0  |
| East |   |    | Southeast |    |    | South |    |    | Southwest |    |    |
| 1    | 0 | -1 | 1         | 1  | 0  | 1     | 1  | 1  | 0         | 1  | 1  |
| 1    | 1 | -1 | 1         | 1  | -1 | 0     | 1  | 0  | -1        | 1  | 1  |
| 1    | 0 | -1 | 0         | -1 | -1 | -1    | -1 | -1 | -1        | -1 | 0  |
| West |   |    | Northwest |    |    | North |    |    | Northeast |    |    |

図2-2.2 エンボスフィルタ

### (4) デジタル化

処理を施した画像は、デジタルオルソフォトではなく、単写真の2次の射影変換による数値化写真で、全体の位置は一致しないものなので、比較画像としても地表面を平面の集合に分割し、局所的にアフィン変換を施した写真を「前処理のなかった画像」として選択した。また、精度検証のため、新空中写真の写真対からレンズ式実体鏡を使用した日視判読データを「正解」とした。

位置の合致している部分から4エリアを選定し、それぞれの更新時間の測定を行った。エリアA、C、Dは更新前の段階では家屋がほとんど存在しない地域、エリアBは以前から家屋が密集している地域である。実験更新作業は、A(未熟練者)、B(熟練者)の2名により行い、選定したA～Dの4エリアにて、A氏が「簡易更新手法」から順に、B氏は「エンボス処理+マスク付加画像」からA氏と逆順で更新を行った。

## 2.2.3 研究結果

### (1) 所要時間の比較

表2-2.1(a) A氏の更新処理(分)

| 参照した数値化画像        | エリアA | エリアB | エリアC | エリアD |
|------------------|------|------|------|------|
| 前処理のなかった画像(簡易更新) | 70   | 90   | 120  | 70   |
| マスク付加画像          | 60   | 80   | 120  | 60   |
| エンボス処理+マスク付加画像   | 40   | 70   | 90   | 45   |

表 2-2. 1 (b) B氏の更新処理 (分)

| 参照した数値化画像         | エリアA | エリアB | エリアC | エリアD |
|-------------------|------|------|------|------|
| 前処理のなかった画像 (簡易更新) | 30   | 35   | 54   | 30   |
| マスク付加画像           | 31   | 30   | 55   | 32   |
| エンボス処理+マスク付加画像    | 17   | 24   | 47   | 17   |

エリアA及びDがほぼ同じ時間を要し、エリアCに1番多くの時間を要している。エリアA, C, Dについてはその広さに比例していると考えられる。エリアBは広さとしては最大になるが、更新家屋はそれほど多くないのでAとCとの中間の値になっている。マスク付加画像は、熟練者は時間の短縮はほとんどないが、未熟練者は短縮している。エンボス処理+マスク付加画像は、未熟練者にはかなりの短縮があり、熟練者も確実に短縮している。

## (2) 処理件数の比較

表 2-2. 2 (a) A氏の更新処理件数 (軒)

| 参照した数値化画像         | エリアA | エリアB | エリアC | エリアD |
|-------------------|------|------|------|------|
| 前処理のなかった画像 (簡易更新) | 143  | 64   | 261  | 138  |
| マスク付加画像           | 138  | 72   | 258  | 142  |
| エンボス処理+マスク付加画像    | 139  | 69   | 257  | 145  |

表 2-2. 2 (b) B氏の更新処理件数 (軒)

| 参照した数値化画像         | エリアA | エリアB | エリアC | エリアD |
|-------------------|------|------|------|------|
| 前処理のなかった画像 (簡易更新) | 145  | 70   | 262  | 142  |
| マスク付加画像           | 143  | 62   | 263  | 142  |
| エンボス処理+マスク付加画像    | 145  | 81   | 271  | 143  |

以前から家屋が密集しているエリアBの処理件数で、熟練者と未熟練者で大きな差がみられる。他のエリアでは基本的な差は見あたらない。エンボス処理+マスク付加画像で、未熟練者はそれほど変化がないが、熟練者のエリアB, Cの処理件数が増えている。

## (3) 入力もれの比較

表 2-2. 3 (a) A氏の入力もれ件数 (件)

| 参照した数値化画像         | エリアA | エリアB | エリアC | エリアD |
|-------------------|------|------|------|------|
| 前処理のなかった画像 (簡易更新) | 2    | 13   | 2    | 4    |
| マスク付加画像           | 6    | 9    | 5    | 1    |
| エンボス処理+マスク付加画像    | 6    | 15   | 5    | 0    |

表 2-2. 3 (b) B氏の入力もれ件数 (件)

| 参照した数値化画像         | エリアA | エリアB | エリアC | エリアD |
|-------------------|------|------|------|------|
| 前処理のなかった画像 (簡易更新) | 0    | 5    | 0    | 0    |
| マスク付加画像           | 1    | 15   | 0    | 0    |
| エンボス処理+マスク付加画像    | 0    | 9    | 1    | 0    |

入力もれについて、大規模な更新地区(エリアA, C, D)について、熟練者(B氏)の場合、ほとんど発生していない。それに対して、エリアBでは熟練者にも入力もれが発生した。この入力もれの30%ほどは、膨らまし処理によりマスクの中に埋もれてしまった部分であった。

## (4) 誤入力の比較

表 2-2. 4 (a) A氏の誤入力件数 (件)

| 参照した数値化画像         | エリアA | エリアB | エリアC | エリアD |
|-------------------|------|------|------|------|
| 前処理のなかった画像 (簡易更新) | 1    | 4    | 6    | 1    |
| マスク付加画像           | 0    | 8    | 1    | 2    |
| エンボス処理+マスク付加画像    | 1    | 11   | 7    | 2    |

表 2-2. 4 (b) B氏の誤入力件数 (件)

| 参照した数値化画像         | エリアA | エリアB | エリアC | エリアD |
|-------------------|------|------|------|------|
| 前処理のなかった画像 (簡易更新) | 1    | 2    | 4    | 1    |
| マスク付加画像           | 0    | 4    | 2    | 1    |
| エンボス処理+マスク付加画像    | 1    | 17   | 9    | 2    |

誤入力では、未熟練者はエリアBの処理画像で増加している。熟練者は、エリアB, Cのエンボス処理+マスク付加画像で極端に増加している。

## 2.2.4 旧数値地図データと新空中写真を用いる方法のまとめ

更新対象以外の部分を隠蔽するためのマスク処理を行うことによって、大規模な家屋群等の新たな発生場所の特定が容易になることが判明した。しかし、マスク作成における膨らまし処理は、その幅に細心の注意が必要である。今回は5mで検証したが、膨らまし処理によるマスク部分の発生家屋を見逃してしまっている。また、未熟練者に対しては、マスク画像を利用することにより更新速度の向上がみられ、有効性があると言える。

エンボス処理を施した画像は、時間の短縮は顕著に見られるものの、反面、その処理により情報量を少なくしていることから、ミスを引き起こしやすくなるという事情がある。また、エンボスフィルタの特性上、何もない平坦地(造成地)に家屋が新しく発生した場合には特定することが容易であるが、その逆の場合はかなり難しい状況である。



図 2 - 2. 3 研究範囲図



図 2 - 2. 4 発生判定用マスク付加画像

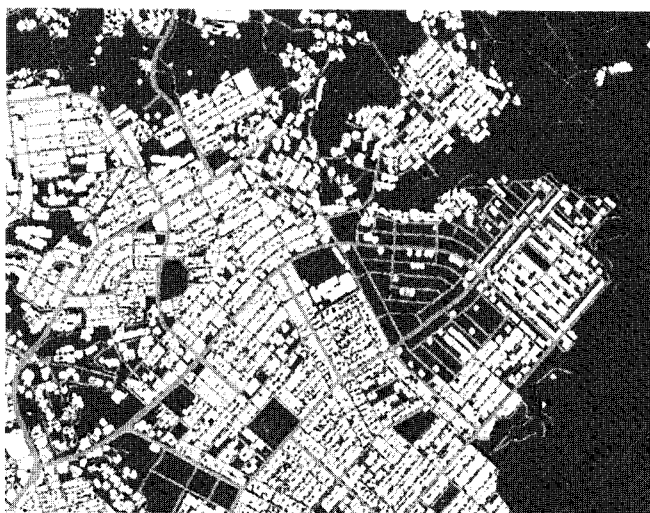


図 2 - 2. 5 消失判定用マスク付加画像



図 2 - 2 . 6 マスク付加画像の拡大図



図 2 - 2 . 7 エンボス処理+マスク付加画像の拡大図

今回の検証は、単写真変換によって得られた画像を用いているため、局所的な位置合わせを何度も行わなければならない、かなり時間的な無駄が生じており、オルソフォトでの検証が必要となってくる。また、CRT（管面）でのディジタイズを行う際には、どんなフィルタリング処理を行うにしても、画像は1ピクセル=50cm程度の解像度は必要であると思われる。それ以下の画像では、ディジタイズすべき輪郭がはっきりせず、エンボス処理を行った画像の場合でも、約75%の割合で輪郭がくっきりと浮き出てこない。

消失判定については今回実験を行っていないが、マスク付加画像の反転を行って消失判定対象候補を可視化した数値化画像が図2-2、4である。マスクによって隠されている部分には消失箇所は存在しないので、この画像内だけを検索すればよいことになる。

### 3 おわりに

2年間にわたる本研究は、ディジタル化された空中写真から、今後整備・蓄積が予想される数値地図を有効に利用して、土地利用の変化を検出することを目的とした

ものである。本研究の基礎となる技術は、画像から特徴を抽出したり、強調するディジタル画像処理とその抽出された特徴から認識・理解を行うコンピュータビジョンである。これらの分野の研究は長い歴史を持ち、工業における応用面等では実用化されている。しかし、本研究で対象とした空中写真は森羅万象を写しており、また、撮影環境を認識・理解するのに都合よく制御することができない。これらが計算機による空中写真の自動認識を非常に難しいものになっている。

計算機による空中写真の自動認識だけで、土地利用変化を検出することには限界があるかもしれない。

これらの問題から本研究では、認識・理解する際に既存のディジタル地図情報を教師情報として活用するアプローチをとってきた。今後は、本研究で得られた種々の方式を組み合わせ活用するアプローチが重要になってくる。種々の形態のデータを互いに融合することにより新たな価値を生み出そうとするのが、マルチメディアの基本的方向であり、地図の分野においても空中写真と各種の数値地図を互いに融合し活用する研究が重要になると考えられる。

### 参 考 文 献

建設省国土地理院（1994）土地利用検出のための空中写真の半自動解析手法に関する研究作業報告書

建設省国土地理院（1995）土地利用検出のための空中写真の半自動解析手法に関する研究作業（第2年次）報告書