

道路網認識に対する画像情報利用の可能性

Yoshimura, Mitsunori / Oshima, Taichi / 大嶋, 太市 / 吉村, 充則

(出版者 / Publisher)

法政大学工学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学工学部研究集報 / 法政大学工学部研究集報

(巻 / Volume)

28

(開始ページ / Start Page)

91

(終了ページ / End Page)

100

(発行年 / Year)

1992-02

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00003884>

道路網認識に対する画像情報利用の可能性

吉村充則*・大嶋太市**

Application of Digital Image informations for Road Network Detection

Mitsunori YOSHIMURA*, Taichi OSHIMA**

Abstract

This paper describes on a capability of road network detection based on an analytical pattern recognition using high resolution imagery.

Some different kinds of ground resolution imageris are prepared for this study and all of them are simulated by the digital ortho-photograph with 1 m resolution.

The image interpretation is executed for these imageries in order to investigate the discrimination performance based on the ground resolution.

Synthesizing the results of this study, it is necessary for road network detection to adjust its shape. Especially for the imagery with less than 5 m resolution ,it is more important for the integration of its shape adjustment and the line following operation considering the width of target road structure.

§ 1. はじめに

一般に、リモートセンシング画像上では、河川・畑・森といった自然物や、建物・道路などといった人工構造物が複雑に存在している。これらは、目視によって画像上で容易に認識することができるが、単純なモデルを利用した処理によって自動認識するには多くの困難を伴う。これは、対象物が何であるかを決定するには、対象の色や形あるいは周辺とのコントラストといった多くの情報を必要とするためである。

一方、近年の衛星搭載センサ開発の動向としては、多波長化と高分解能化といった2つトレン

*財団法人リモート・センシング技術センター

**土木工学科

ドがある。本研究では、後者の画像高分解能化に焦点をあて、高分解能の画像から何が得られるかを目的として以下の2つの項目について検討した。

- 1) 地上分解能に基づく画像識別/判別能力について
- 2) 1)の結果をふまえた、道路網の自動認識手法について

§ 2. デジタル画像の画像解析

デジタル画像に対するエッジ強調や2値化などの処理によって、画像特徴が計測されると、それが何であるかを決定する対象物の認識が必要になってくる。この方法は、大きく統計的手法と構造的な手法とに分けられる。

統計的手法とは、各画素(点)の持つスペクトルの差に基づいて対象を識別するもので、リモートセンシング画像に対する基本的な特徴量抽出あるいはパターン認識手法として従来から広く用いられてきた。一方、構造的な手法とは、構造的マッチングや認識対象のモデルを利用して対象物の位置を検出するものである。しかし、統計的手法では、点状に分布する各画素の持つスペクトルの差を利用して地表のパターンを分類するため、対象物といった認識ができないといった問題がある。たとえば、コンクリート構造物は認識できるが、コンクリートでできた道路とビルは区別できないといったことなどが挙げられる。構造的な手法による対象物の位置認識では、画像に対して、対象項目毎について、認識対象のモデルを用いて対応していくため複雑な構造を持った対象が抽出可能である。しかし、モデルが固定されているため、実際の形状とモデルが一致しない場合、検出できないといった問題もある。この問題も画像処理手法を適用することによってある程度解決することが可能である。

§ 3. 分解能シミュレーション

3.1 使用データと解析対象地域

現在、我々の入手可能な衛星データの中で最も高い地上分解能を有するものは、フランスのSPOTによって得られる地上分解能10mの白黒画像(パンクロ画像と言われる)である。本研究の目的は、将来の画像高分解能化に対する基礎的検討を行うことであるため、原データとしてSPOTよりも高い分解能を持つ画像が必要であった。そのため、ここでは空中写真をデジタル画像化したものを原データとして利用した。このデジタル空中写真データは、建設省国土地理院が実施した「デジタル画像情報(試作)のモニター募集」に応募し、同所から提供されたものである。以下に使用した空中写真およびデジタル画像に関する仕様を示す。

空中写真の仕様

- (1) 撮影期間 昭和63年10月9日～12月1日
- (2) 使用カメラ ウィルド RC-10A
 - ・焦点距離 152.21mm
 - ・画角 23cm×23cm
- (3) 撮影高度 1,500m
- (4) 撮影縮尺 1/10,000

デジタル画像に関する仕様

- (1) 地上分解能1mメッシュの正射変換済みデータ
- (2) R・G・Bに色分解した3チャンネルデータ

また、空中写真のデジタル化は、1/5,000地形図「横浜」の中央北側一部分6km×6kmの領域が対象となっている。また、デジタル化された画像には、空中写真の撮影時期の相違などによるものと思われる画質のむらが一部で見られた。解析対象地域には、この画質の悪い領域を除いた北端の港北区から神奈川区にかけての4km×3kmの領域を設定した。写真-1には、この領域のカラー画像を示す。領域内では、第3京浜や東海道新幹線といった大型線状構造物が容易に目視で確認することができる。

3.2 分解能シミュレーション

地上分解能の相違に基づく対象物認識性能の評価を行うために、3.1のデジタルカラー画像データを用いて何種類かの異なる地上分解能の画像を作成した。近年の高分解能な画像は、単バンドの白黒画像として供給されるという動向を考慮してシミュレーション画像も白黒画像（あるいはパングロ画像と言う）とすることとした。シミュレーション画像作成の手順を、図-1に示す。

最初、原画像である1m地上分解能の3チャンネルデジタルカラー画像からRGB-HSI変換によって色の3属性を算出する。RGB-HSI変換とは、色の3原色RGBから構成される3次元空間上に存在する画像データを色の3属性であるHSIから構成される3次元空間上に変換する処理のことを示す。ここで色の3属性は、色相(H;Hue)・彩度(S;Saturation)・明度(I;Intensity)から構成される。明度は原画像の持つ白黒濃淡成分にはかならない。我々が道路の構成や建物の位置などからなる都市の構造を理解する場合、明度情報が他の色属性よりも重要となることが一般的に知られている。したがって明度情報を分解能シミュレーションの基礎データとして用いることとした。

次に、ある画素数を持つ領域（例えば、2×2や4×4）内で平均値を求め、その値を領域の代表

値とする処理（以下、平均化処理と言う）により異なった地上分解能を持つ画像を作成する。この場合、平均値を求める領域（ウインドウサイズ）の大小によって地上分解能が決定される。原画像が、1 m分解能なので、ウインドウサイズが 2×2 の時2 m、 4×4 の時4 mといった分解能になる。この平均化処理により、2, 4, 5, 6, 8, 10mの計6種類の異なった分解能の画像を用意した。

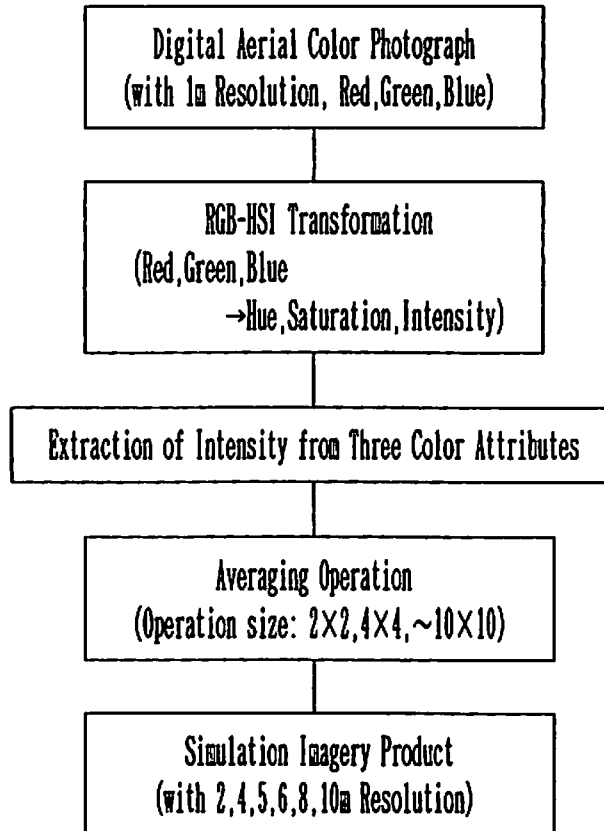


図-1 分解能シミュレーション画像作成手順

§ 4 . 地上分解能と対象物認識

4.1 デジタル画像上での対象物認識

一般に、デジタル画像上に複雑に存在する対象物の中から特定の対象物を目視で認識する場合、多くの認識対象に関する情報が同時に利用されて行われている。ゴルフ場が他の対象と容易に区別できるのは、まわりとは明らかに異なったスペクトル特徴を持つ細長い形をした領域（フェアウェイ）がいくつか密集している部分であるためなどは、一つの典型的な例である。特に森林や河川などの自然物を対象とした場合、この認識を画像処理手法によって自動的に行うには、それらの形状が一定でないため、かなりの困難を要する。一方、ビルや道路といった人口構造物に関しては、形状が単純で、かつまわりとのコントラストやスペクトル特性の差が著しいため、画像処理手法によって自動認識されることが期待できる。ここでは、特に画素サイズ（地上分解能）

に着目して、我々が対象物を目視認識する場合、どのようにして判読が行われているかを解説する。図-2には、画素サイズと実際の対象物の位置関係について示す。実線は、地表面上に配置された画像データの配列(グリッドセル)位置を、点線は、実際の対象物をそれぞれ示す。実線の四角形1つは、画像データの最小単位(1画素)になる。図中では、実際の対象物の大きさと画素サイズは、ほぼ同じ大きさである。しかし、対象物は、4つの画素に分散した位置に存在しているため、それぞれの画素内での対象物の面積占有率では25%にしかない。こういった位置に対象物が存在する場合、実際には対象物が最小画素サイズと同程度かあるいはそれより大きいにもかかわらず1画素の大きさを持つ対象として捕らえられることができない。したがって、どのような位置にあっても対象が確実に1画素以上の大きさを持つものとして認識されるには、対象物の大きさは、少なくとも画素サイズの3~4倍程度が必要であると判断できる。

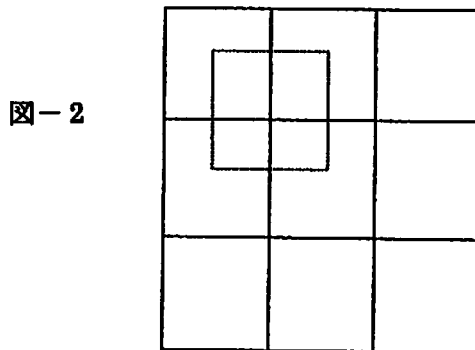


図-2 画素サイズと対象物の位置関係

4.2 抽出された特徴量の地図情報としての利用

デジタル画像から得られた対象物の位置に関する情報は、国土基本図や地形図などの地図情報と結びつけて、より有効なデータとして活用されることが期待できる。しかし、この場合、画像上での識別性能と図面上で要求される平面位置精度との関係を考慮する必要がある。一般には、小縮尺地図では、すべての対象物は、地図上で記号化されて表現されており、相対的な位置関係に基づいている。また、大縮尺地図では、対象物は、絶対的位置関係に基づいて表現されている。国内で規定されている地図精度は、国土基本図で、0.7mm以内、地形図で、0.5mm以内という制限である。これを1/50,000図面で考えた場合、実際の距離は、前者で35m、後者で25mとなる。これと4.1での画素サイズと識別性能の関係を考慮して対象物の認識を行えば、少なくとも被対象画像の持つ地上分解能は、6~8m程度である必要があると考えられる。したがって、本研究では、理論的に必要な地上分解能に近い2, 4, 8mの3種類の分解能に着目して検討を進めることとした。

4.3 地上分解能に基づく対象物認識

写真-2には、4種類の異なった地上分解能の比較画像を示す。この領域は、解析対象領域内で最も明瞭に道路とその他の領域が区別できる場所である。画像は、左上が地上分解能2m、右

上が4 m、左下が6 m、右下が8 mをそれぞれ示す。以下で、地上分解能と道路を対象とした場合の対象物認識の関係について簡単にまとめる。

2 m分解能画像では、道路そのものよりむしろその上に存在する車両、センターラインや中央分離帯が見えてしまうため、道路網認識よりも車両認識などの用途に有効な情報を提供することが期待される。4 m分解能では、道路上では車両などの異物がほとんど見られない。また良質の画像が得られるため、本研究での自動認識の試みに対して最も有効な情報を提供してくれるものと思われる。8 m分解能では、道路の湾曲部において、道路表面としての一様性が保てない場合が、部分的に表れる。しかし全体的には4 mと同程度の情報を提供してくれる。



写真-1 解析対象領域のデジタル画像

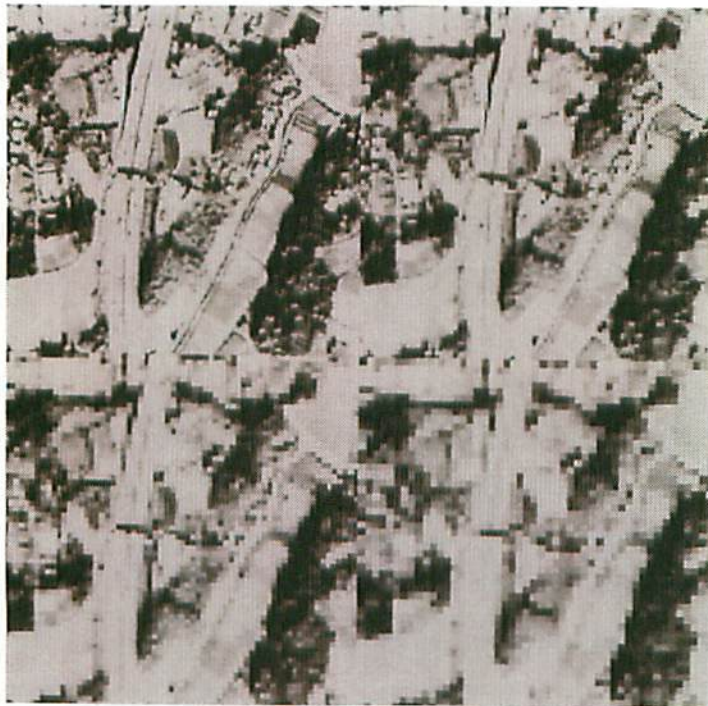


写真-2 地上分解能比較画像

(左上2 m、右上4 m、左下6 m、右下8 m)

§ 5 . 道路網認識に対する画像処理手法の応用

デジタル画像から、道路や河川等の線状構造を抽出することは、対象とする都市形状などの把握に対して有効な情報を提供してくれる。しかし、現在の衛星リモートセンシングによって得られる画像データでは、この種の解析に必要な地上分解能が確保できないため、十分な成果が期待できない。また、従来から行われているマルチスペクトル的な解析では、対象を認識するといった考えに基づいていないため道路網は抽出できない。そこで、ここでは画像処理手法を応用した線構造の認識手法を道路網を例に検討し、実行した。

図-3には、道路網抽出のためのアルゴリズムを示す。これが実行されるには、以下の2つの条件を満足している必要がある。

- 1) 道路表面は均一でアスファルトもしくはコンクリートで構成されており、しかも周辺とのコントラストがあること。
- 2) 道路幅の変化がほとんどないこと。

それぞれの処理について詳細を以下でまとめる。また、処理例については地上分解能8mの画像を用いた結果である。

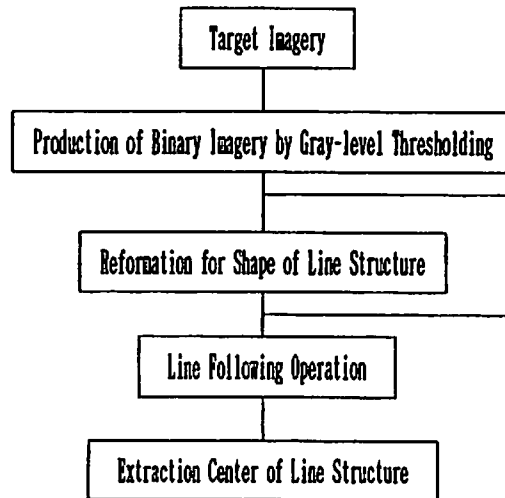


図-3 道路網抽出のための処理手順

5.1 2値化処理

対象である道路表面の候補領域とそれ以外の領域(背景)とを分離した画像を作成する。この画像は、通常、対象が値1で、対象外が値0で表現されるため2値画像と呼ばれる。この場合の画像の2値化は次式のいき値処理によって行われる。

$$f(i, j) = \begin{cases} 1; (i, j) \geq t \text{ のとき} \\ 0; f(i, j) < t \text{ のとき} \end{cases}$$

図-4には、原画像に対するいき値処理によって得られた2値画像をしめす。ここでは、道路

表面の候補は濃度値68~90を持つ領域である。この画像上では、ある程度以上の幅を持った幹線道路については、他の対象との分離が比較的容易にできている。しかし、市街地の細い道路などは細かく切断されているため、これらは抽出できそうにないことが推測できる。

5.2 線構造の修正

実際の2値画像には、点状、あるいはある面積を持った孔状のノイズが所々に見られる。道路とその周辺を考えた場合、車両や歩道橋およびこれらの作り出す影などがこれに相当する。このノイズ成分は、以後の処理に影響を与えることが予想される。したがって、明らかにノイズと思われる部分には形状の修復を行うこととする。

5.3 線追跡処理

2値化処理によって得られた2値画像上では、抽出の対象となる道路はある幅を持った図形として表現されている。ここでは、この線幅を細めて幅1画素の中心線を抽出する操作(以下で細線化と言う)を行う。図-5は、2値画像にたいして5.2線構造の修正を行わずに細線化を行った結果である。また、図-6は、2値画像にたいして5.2線構造の修正を行い細線化を行った結果である。両者を比較すれば、明らかに修正処理を行った画像を要いたほうが明瞭に道路中心が検出できている。この後、幹線道路部分のみをピックアップし、線分が接続している部分のみを抽出したものが、図-7である。この画像上では、ヒゲ状のノイズが存在するため、次にこれらをカットして得られた最終的な幹線道路抽出結果画像図-8に示す。この処理によって、一定量以上の幅を持った幹線道路であれば、比較的容易に抽出が可能であることが確認できた。



図-4 道路表面候補領域と
それ以外の領域からなる2値画像

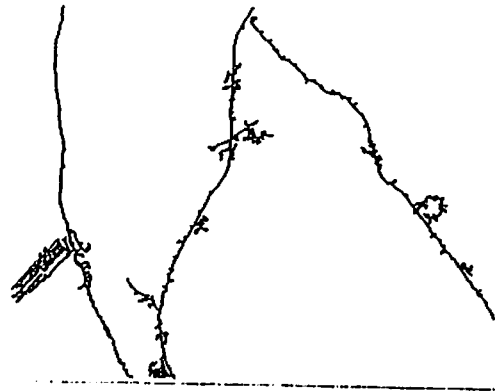


図-7 幹線道路抽出結果



図-5 線構造の修正を行わない場合の
細線化処理結果

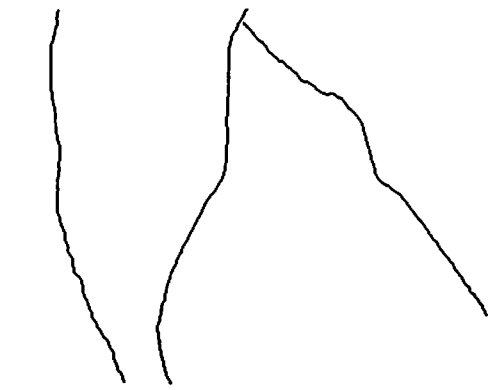


図-8 最終的幹線道路抽出結果



図-6 線構造の修正を行った場合の
細線化処理結果

§ 6. まとめ

本研究では、道路網の抽出可能性について、画像の分解能と画像処理といった観点から検討を行った。実際の処理を行った結果、従来から行われているパターン認識といった概念ではなく対象物認識という概念によって抽出できることがわかった。同時に、都市の構造を理解するには、現在の衛星リモートセンシングによって得られる画像データでは、まだ充分でないことも判断できた。今後、新たな高分解能の衛星データの出現を期待するとともに、この手法を発展させ、都市の人工建造物の認識等を行い、最終的には、都市構造の把握に対するデジタル画像情報としての衛星データの利用をはかっていきたいと考えている。