

航空写真内オブジェクトに関する半自動概念抽出方式

○久保 孝弘・太田 貴彦・渡辺 俊典・菅原 研
電気通信大学大学院 情報システム学研究科

概要

領域分割された画像中から、類似した領域を抽出する際の人間の手間を軽減する支援システムを作成する。このシステムの利用目的としては、自動地図作成・更新などが考えられる。既存のシステムではいくつかのオブジェクトの集合である複合オブジェクトを定義するための手間がかかっていた。そこで全てをマニュアルで行うのではなく、自動的にいくつかの候補が選択・提示され、多少の補正を行うだけで複合オブジェクトの定義を作成することができるシステムを作成した。模擬画像を用いた実験により、その性能を確認した。

A Semi-automatic Object Extraction from Aerial Images

○ Takahiro KUBO, Takahiko OHTA, Toshinori WATANABE, Ken SUGAWARA
The University of Electro-communications, The Graduate School of Information Systems

Abstract

A support system which reduces the time and effort of the user in defining the concept of compound objects in aerial images is proposed. Compound objects are those objects that are composed of several low level sub-objects (usually segmented areas in images). The system finds repeated appearances of candidate compound objects and proposes them to the user. The user selects meaningful ones, gives their names, and stores them into a database. The database is used in later object recognition tasks. The system is prototyped and applied to an artificial aerial image. Both the first step possibility of the automatic compound object definition and its applicability to recognition tasks could be verified.

1 はじめに

地図は昔から、領地の所有、土木工事、戦争などさまざまな目的のために作成され、使用されてきた。人間の活動範囲が大きく広がった現在では、地図の必要性はますます増大してきている。日常生活でも、観光案内図、バス路線図、天気図、道路地図、住宅地図など、さまざまな目的で使用されている。

近年では技術の進歩や情報公開により、高分解能な航空写真や衛星画像が比較的容易に入手可能になった。コンピュータ技術の発達によって可能となった、地図のデジタル化に基づく一連の地図・地域データベースは、地理情報システム (GIS:Geographical Information System) と呼ばれ、実に多様な研究がなされている。主な利用分野としては建築計画や都市計画のモデル分析、市街地図や

道路地図の抽出作成・更新といったものを始め、農業地図の作成や河川の氾濫監視、森林伐採状況の監視、防災システムなど様々である。一定期間で地図の更新を必要とする分野も多い。そこで、衛星や航空写真画像からのデジタル地図自動作成は、人手の場合の作成にかかる手間を省く手段として研究されてきた。

本研究では航空・衛星画像からの地図作成を最終目的に、画像の領域分割・認識結果[1]を基にして、オブジェクトの集合をより高次のものとして捉えて半自動的に認識を行う際的前提となるオブジェクト概念形成の計算機化の可能性について検討した。

2 基本・複合オブジェクトの定義

提案手法の基礎となる須藤らによる画像内複合オブジェクト認識手法[2]の概要について述べる。

2.1 基本・複合オブジェクトとは

画像分割結果として得られる最小単位の地表面構成要素を基本オブジェクトと定義する。複合オブジェクトとは基本オブジェクトを複数個、一定の条件を保つように組み合わせて新たなオブジェクトとして捉えたものである。例として『学校』は「校舎」「グラウンド」「体育館」「プール」で構成されたものという具合である(図1)。基本オブジェクトをEOとし、複合オブジェクトCOを次の様に定義する。

$$CO = \{EO_1, EO_2, EO_3, \dots\}$$

本研究では基本オブジェクトとして次の10種を用いた。

$$EO = \{\text{森, 川, 海, 道路, 建物, 線路, 平原, 草原, 民家, 原野}\}$$

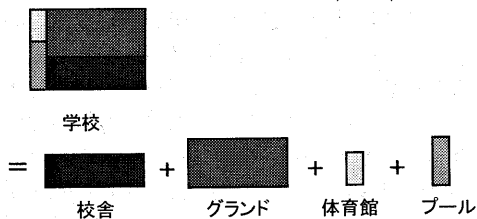


図1 複合オブジェクト「学校」

2.1.1 基本オブジェクトの外接長方形

基本オブジェクトの形状は一般的に複雑なもので、簡単化のために外接長方形で近似する(図2)。ここで、X軸、Y軸に平行な外接長方形だけを用いるとオブジェクトのアスペクト比(縦横比)は誤差が大きくなってしまう場合がある(図3)。そこで45°と135°の方向も使い、4方向の外接長方形のうち、基本オブジェクトとの面積比が最も良好なものを採用する。

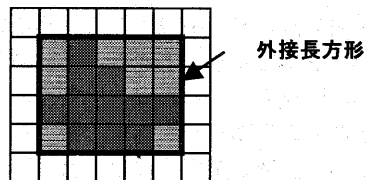


図2 オブジェクトの外接長方形

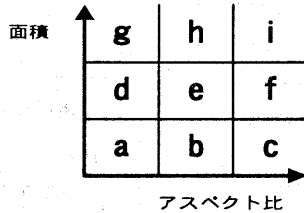


図3 外接長方形の角度による誤差の例

2.1.2 基本オブジェクトとその形状による分類

基本オブジェクトを外接長方形で近似する際、形状の多様性に対応するため次のような工夫を行った。外接長方形のアスペクト比によって正方形型、長方形型、細長長方形型の3種と、面積の大きさによって大、中、小の3種の計9種に分けた。つまり画像中のすべての基本オブジェクトを $10 \times 9 = 90$ 個のオブジェクトに分類した(図4a)。aからiまでが基本オブジェクトの形状、1から10までが種類を表す。ただし分子は必ず複合オブジェクトに含まれるオブジェクト、分母は分子に必ずしも含まれなくても良いオブジェクトの個数を加えた数を表している。

森	1	線路	6
川	2	平原	7
海	3	草原	8
道路	4	民家	9
建物	5	原野	10



(a) 基本オブジェクトの表現法

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
b	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
c	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
d	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
e	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
f	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
g	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
h	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
i	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

(b) 複合オブジェクトの表記例

図4 オブジェクトの表現法

2.1.3 複合オブジェクトの定義

複合オブジェクトは

- (1) 複合オブジェクトを構成する基本オブジェクトの個数、種類
- (2) 複合オブジェクトの大きさ
の2つを設定することによって定義される。
(1)は図4bのマトリックスを作ることと同じ意味である。また(2)は複合オブジェクト全体の外接長方形の大きさの高さ・幅によって定義する。

2.2 Qtreeによるデータ構造

基本オブジェクトのデータをオブジェクト間の相対的な関係によりQ-treeに格納する。

Q-treeは上位階層として1つの親ノード、下位階層として4つの子ノードを持ち、4つの子ノードは親ノードに対する子ノードの位置関係によって振り分けられる。

2.3 複合オブジェクト抽出アルゴリズム

画像が図5aのように領域分割されているとし、ある複合オブジェクト

$$CO = \{IO_1, IO_2, IO_3\}$$

を探索する方法を示す。なお、COの形状は図5bのように与えられているものとする。

- (1) 複合オブジェクトの構成要素の1つである IO_1 を見つけ、その周囲を外接長方形を用いて探索する(図5c)。
- (2) その範囲のなかに IO_2 が見つかったら、 IO_1 と IO_2 の2つのオブジェクトを含む外接長方形近傍内をさらに探索する(図5d)。
- (3) 同様に IO_3 を探索し(図5e)、それ以上探索範囲の中に新たなオブジェクトが見つからない場合、探索を終了する(図5f)。これをこの複合オブジェクトの実際の外接長方形として採用する。

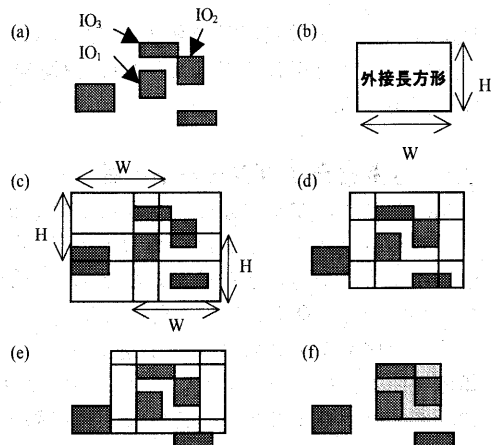


図5 複合オブジェクト認識アルゴリズム

3 半自動複合オブジェクト抽出手法

前述のシステムで複合オブジェクトを抽出するには、複合オブジェクトの定義を人の手で作成しなければならなかった。対策として画像中に複数個存在する類似領域を自動抽出し、複合オブジェクトの定義を自動作成し、それらの定義のデータベースを作成し、他

の画像内の複合オブジェクトの探索に利用する方法が考えられる。しかし複数個存在する複合オブジェクトを自動で抽出する場合、人間にとって地図上では意味をなさないものまでも抽出する場合が考えられる。さらに抽出した複合オブジェクトの名称付けは自動化できない。そこで、一度人間に提示して、それらの候補のなかから選択して名称付けを行った後にデータベースに登録するという手法を用いた。

- (1) 類似した複合オブジェクトが複数存在するものを自動抽出する
- (2) 複合オブジェクトの仮定義（仮名称・大きさ・マトリックス）を人間に提示する
- (3) 意味のあるものを選択して、定義の補正を行いシステムに登録する
- (4) そこで得られた複合オブジェクトの定義を他の画像の複合オブジェクト認識に適用する

(4)によって、2枚目以降の画像については、入力するだけで複合オブジェクトの自動抽出が可能となる。

3.1 自動複合オブジェクト作成

抽出しようとする、類似した複合オブジェクトが複数存在するものは、画像中のどの位置に存在するかはまったく未知なため、画像全体から一様に探索を行う必要がある。

そこで画像を図6のように4通り格子状に領域分割を行い、それぞれから代表的な複合オブジェクトを作成する。これは1度の領域分割では、格子をまたいで存在する複合オブジェクトを抽出できないためである。

また、各格子では領域の大きさによって基本オブジェクトをソートし、その上位n個によって（nは人が指定）外接長方形を作成し、それを元にして複合オブジェクトの仮定義を作成する。図7のように、その外接長方形に内包される全ての基本オブジェクトを、その複合オブジェクトを構成する要素としてみなす。ただし、格子に対して大きすぎるもの、または逆に小さすぎるものは無視する。格子の大きさは想定される複合オブジェクトの大

きさに近いものに設定するので、その格子を大きく外れて複合オブジェクトを作成するのは適当ではないためである。

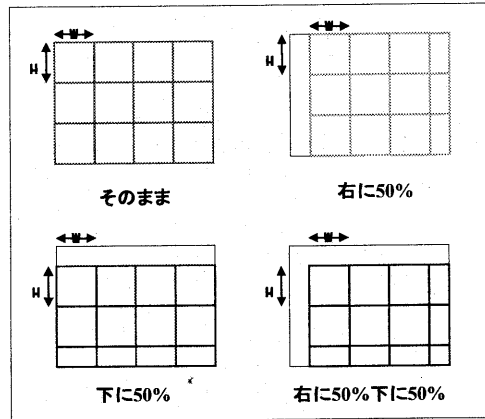


図6 格子状の領域分割

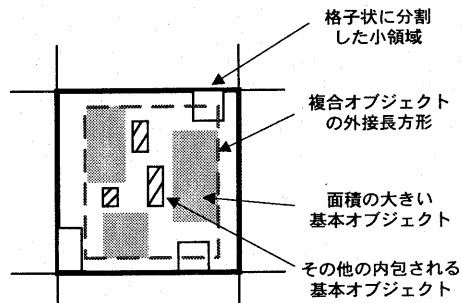


図7 複合オブジェクト作成

3.2 抽出された複合オブジェクトの提示

3.1の方法で作成されたひとつの複合オブジェクト仮定義と2.3のアルゴリズムを用いて、同じ画像の中から探索を行い、もし類似した複合オブジェクトが複数個見つければそれは意味のある複合オブジェクトであるとみなす。しかし前述したように、人間が地図上で必要とする複合オブジェクトではない可能性もあるため、一度人間に提示して取捨選択を行い、必要なものだけを図8のような登録フォームを用いてシステムに登録する。

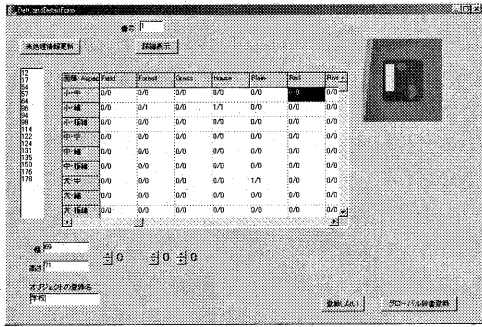


図8 複合オブジェクト登録フォーム

本手法によって、画像中の複合オブジェクト概念を定義する手間は次のように改善される。

(従来手法)

- ・ 画像中から複合オブジェクトを目視で探す
- ・ 複合オブジェクトの定義(大きさ・構成要素のマトリックス)を手入力で作成する
- ・ システムに対して登録する

(提案手法)

- ・ 類似オブジェクトが複数個存在するものを自動的に抽出する
- ・ それらのなかから人が取捨選択する
- ・ 定義に多少の補正を加え、システムに登録する

3.3 模擬画像を用いた実験

実際に模擬画像を用いて実験を行った。図9のような画像が入力されたとき、その画像中に類似した複合オブジェクトが複数個存在するものを探索・抽出した様子が図10である。なお本例では $n=3$ とした。システムがいくつか自動的に抽出してきたもののうち、図11に示すようなものを、それぞれ意味のあるものとして名前を付けて定義をシステムに登録した。(定義は大きさと構成する基本オブジェクトのマトリックス)

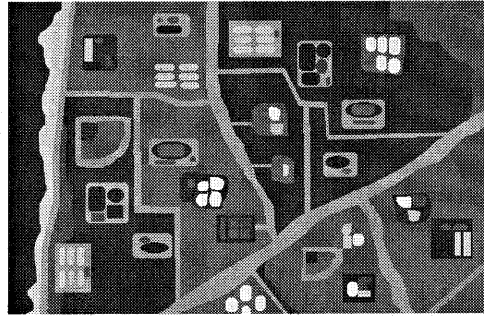


図9 入力された模擬画像

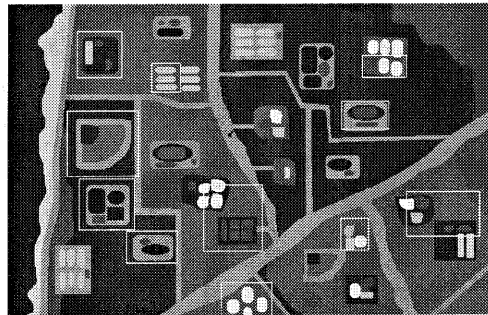
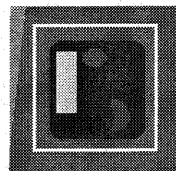
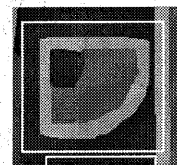


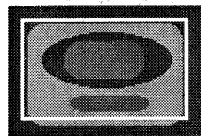
図10 抽出結果



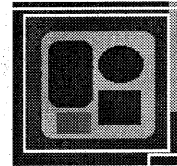
学校



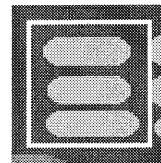
野球場



スタジアム



プール



団地

図11 抽出された有意味なオブジェクト

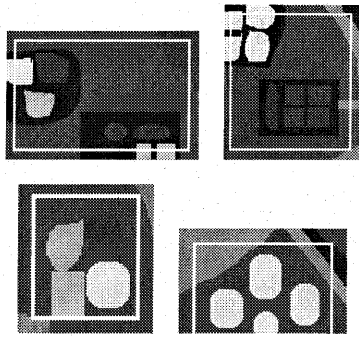
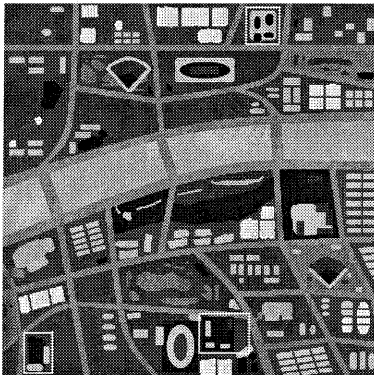
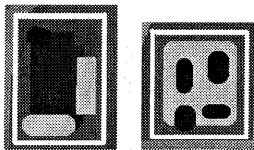


図 12 抽出された無意味な複合オブジェクト

また、図 11 で得られた複合オブジェクトの定義を用いて他の画像(図 13a)から探索した結果、図 13b のような学校・プール等が得られた。



(a) 複合オブジェクトを探索する画像



(b) 抽出された複合オブジェクト

図 13 他の画像からの複合オブジェクト探索

4 まとめ

複合オブジェクトを自動的に作成し、それを人間に提示して補正を行うシステムを実装し、模擬画像を用いた実験を行った。本来は人間にとって地図上で意味のある複合オブジェクト(スタジアム・学校等)のみを自動的に抽出してることが理想である。しかし、複数の未知入力画像に対して意味のある

複合オブジェクトだけを選んで抽出しようとする、予めそれぞれの複合オブジェクトの定義が必要で、この定義の量はありとあらゆる膨大な数のものが必要となる。ここでは、基本オブジェクトの面積という基準だけで複合オブジェクトを作成させることによって、その画像から特徴的な領域を抽出した。その中には人間にとっては意味のないものも含まれているが、予め定義を作成しておく手間と、意味の無いものも含んだものの中から選択するだけの手間を比較すると後者のほうが効率的である。この結果、複合オブジェクトの定義を作成する人間の負担が軽減された。

5 参考文献

- [1] 助川 勝彦：最小全域森を用いた画像のノイズ除去手法 MSFNF, 日本写真測量学会 平成 13 年度学術講演会発表論文集, 2000.
- [2] 須藤 孝史：航空写真からのオブジェクト認識手法の研究, 日本写真測量学会 平成 12 年度年次学術講演会発表論文集, 1999.
- [3] 梶原 寛：データ圧縮を用いた航空写真からの自動地図作成方式, 日本写真測量学会 平成 12 年度年次学術講演会発表論文集, 1999.
- [4] F. Schaffalitzky, A. Zisserman : Geometric grouping of repeated elements within images, Proceedings of British Machine Vision Conference (BMVC'98), pp.13-22, 1998.
- [5] Linda G. Shapiro, Robert M. Haralick : Organization of Relational Models for Scene Analysis, IEEE Trans PAMI, Vol. PAMI-4, No.6, pp.595-602, 1982.
- [6] T.Watanabe, K.Sugawara, and H.Sugihara, A new pattern representation scheme using data compression, IEEE Trans. PAMI, Vol. 24, No. 5, 2002 (to appear).