

画像からのオブジェクト記述の自動抽出

太田 貴彦 杉内 崇浩[†] 渡辺 俊典[†] 菅原 研[†] 古賀 久志[†]
電気通信大学 大学院情報システム学研究科
〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1
E-mail: † {sug, watanabe, sugawara, koga} @sd.is.uec.ac.jp

概要

近年、オブジェクト認識は、セキュリティー認証、ロボットビジョンなどさまざまな場面で使われるようになってきた。我々は、画像オブジェクトをカラー画像の領域分割により直接得られる領域の集合と考えることにより、オブジェクト定義の自動抽出、認識手法について検討している。本稿では、オブジェクトの構成要素を検索する範囲を変動させることにより、効率的にオブジェクトの記述を抽出、認識する手法を提案する。

キーワード オブジェクト認識、オブジェクト定義、画像解析、近傍集合、知識発見

Automatic Extraction of Image Object Definition From Sample Images

Takahiko Ohta Takahiro Sugiuchi[†] Toshinori Watanabe[†]
Ken Sugawara[†] and Hisashi Koga[†]

Graduate School of Information Systems, University of Electro-Communications

Chofugaoka 1-5-1, Chofu city, Tokyo, 182-8585 Japan

E-mail: † {sug, watanabe, sugawara, koga} @sd.is.uec.ac.jp

Abstract

In recent years, object recognition has come to be used in various scenes, such as security authentication and robot vision. We are examining automatic extraction of an object definition, and the recognition technique by considering a picture object as a set of the domain directly obtained by domain division of a color picture. The technique which extracts and recognizes the description of an object efficiently by fluctuating the range in which the composition element of an object is searched is proposed in this paper.

Keyword Object Recognition, Object Definition, Image Analysis, Neighbor Set, Knowledge Discovery

1 はじめに

近年、オブジェクト認識は活発に研究され、監視カメラを用いた警報システム、顔画像の自動認識、工場内でのカメラによる不良品の自動判別などの様々な応用がなされている。

オブジェクト認識の代表的な手法のひとつに、オブジェクトの構成要素を見つけることによりボトムアップで画像内のオブジェクトを見つけることを目指す手法がある。この手法は、オブジェクトの構成要素の位

置関係を定義し、その定義を人手で計算機に与えておく必要があり、手間がかかる [1]。よってオブジェクト定義の自動生成機構の実現が望まれる。それも姿勢などが多様に化する悪条件の下でごく少数の画像例のみを用いて実現する必要がある。

我々は領域分割済み画像を用いて、独立した領域を基本オブジェクトとし、その集合体を複合オブジェクトと定義し、類似した複合オブジェクトを抽出する研究を行ってきた [2, 3, 4]。その特徴はオブジェクトの定義に構成要素の近傍集合 (構成要素の検索範囲) を用

いて、構成要素の位置関係の変動に対応できるようにしている点、オブジェクトの例が画像中に複数回出現することを根拠として定義を自動抽出する点である。本研究では、複合オブジェクト定義抽出能力の向上を課題とし、少数事例からの定義抽出とオブジェクトの妥当性の定量的評価について考察する。

2 複合オブジェクト定義抽出

複合オブジェクト定義自動抽出法の基本的考え方として構成要素の位置変動に対応できる認識方式について述べる。

2.1 複合オブジェクトの表現

複合オブジェクトは構成要素である基本オブジェクトの情報（属性と最小包围長方形 (MBR)）、複合オブジェクトの外接長方形、基本オブジェクトの近傍集合の3つで定義する（各々図 1a, b, c）。なお図 1c のように構成要素の位置関係が安定している場合（図 1c-1）、構成要素の位置関係が不安定な場合（図 1c-2）を近傍集合の変更によって統一的に表現する。位置関係が不安定な場合の近傍集合は基本オブジェクトを中心として4つの外接長方形を組み合わせたものを使用する（図 1c-2）。

なお、以下では基本オブジェクトの属性は色に対応させて表現する。

2.2 複合オブジェクトの認識

画像中から、基本オブジェクトの集合（図 1a）と外接長方形（図 1b）と基本オブジェクトの近傍集合（図 1c-1）を教示された複合オブジェクト $CO = \{EO1, EO2, EO3, EO4\}$ を探索する例を示す。ここでは構成要素の位置関係が安定している場合を述べる。

- (1) 複合オブジェクトの構成要素の1つをみつける (EO1 と仮定)。EO1 の近傍集合（図 1c-1 左）を用いて残りの EO2, EO3, EO4 を探索する。（図 1d）
- (2) その近傍集合の範囲の中に EO2, EO3, EO4 が見つかったら、EO1, EO2, EO3, EO4 の4つのオブジェクトを含む外接長方形を仮の複合オブジェクトとする。（図 1e）
- (3) 同様に、EO2, EO3, EO4 に対しても同じように

(1), (2) を行い、EO1, EO2, EO3, EO4 に対して (2) で得た仮の複合オブジェクトが画像中の同一箇所が存在すれば、これを真の複合オブジェクトとする。（図 1f）

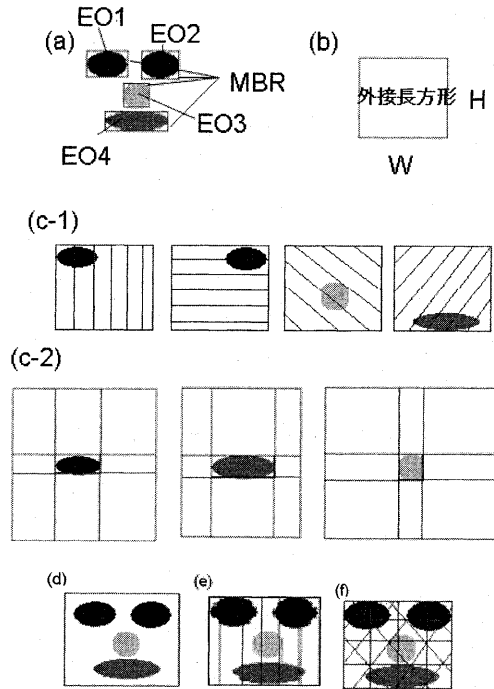


図 1: 複合オブジェクトの表現と認識（顔）

2.3 複合オブジェクト認識実験

先に述べた複合オブジェクト認識手法が構成要素の位置関係が安定した複合オブジェクトと不安定な複合オブジェクトを共に認識できることを示す。

2.3.1 位置関係が安定している場合

この実験では 2.1 で述べた図 1c-1 の近傍集合を使い、図 2 に示す基本オブジェクトが込み入った画像に対し、白線で囲んだものを複合オブジェクトであると教示し、それを認識させる。図 3 のような良好な結果が得られた。

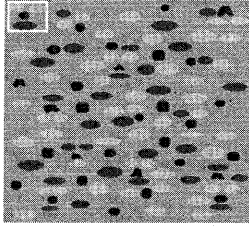


図 2: 入力画像 (顔:左上1例のみ教示)

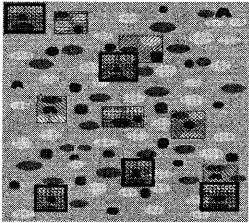


図 3: 認識結果 (太線部)

2.3.2 位置関係が不安定な場合

この実験では 2.1 で述べた図 1c-2 の近傍集合を使う。図 4 に入力画像と認識結果を示す。

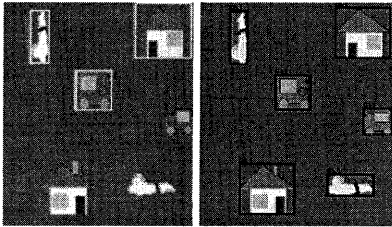


図 4: 入力画像と認識結果 (各 1 例のみ教示)

3 オブジェクト定義自動抽出手法

ここでは構成要素の近傍集合を用いることで、構成要素の相互位置関係を考慮した複合オブジェクトの定義を自動生成し、出現頻度、構成要素の位置関係、サイズの類似性と大きさ、構成要素の類似性を考慮に入れた評価関数により「オブジェクトらしさ」(=妥当性)を評価し、認識に適用する機構について述べる。

- (1) 画像を格子状に分割し、格子内から基本オブジェクトを抽出し、複合オブジェクトの仮定義を生成する。

- (2) (1) で生成された複合オブジェクトの仮定義をもとに画像内から類似した複合オブジェクトを抽出する。(広い近傍 (図 1c-2) を使用し、要素位置変化に対応)

- (3) (2) で抽出された複合オブジェクトを以下の 4 点を考慮して評価する。

- 構成要素の類似性
- サイズの類似性と大きさ
- 出現頻度
- 構成要素の相互位置関係

3.1 複合オブジェクト仮定義の自動生成

抽出対象となる類似した複合オブジェクトが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。

抽出を行う画像を一定の間隔で、格子状にエリア分割し、各エリアにある基本オブジェクトの集合を複合オブジェクトの仮定義とみなす。図 5 に示すように 4 通りの格子分割を試み、格子をまたいで存在する複合オブジェクトを抽出できるようにする。

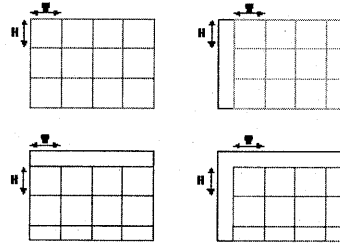


図 5: 格子状の領域分割

3.2 複合オブジェクト認識

3.1 で抽出した仮定義を用いて、2.1 の複合オブジェクト表現方法で述べた図 1c-2 の広い近傍集合を用いて画像内から類似した複合オブジェクトを探索する。これにより要素位置関係が変動するオブジェクトを同一視でき、少数事例の活用能力が高まる。

3.3 複合オブジェクトの妥当性評価

3.1 の方式で自動作成された複合オブジェクト仮定義を基に、複合オブジェクトの構成要素の相互位置関

係、出現回数、サイズの類似性と大きさ、構成要素の類似性を考慮に入れた評価関数により仮定義の妥当性評価を行う。

3.3.1 仮定義された複合オブジェクト COi の評価式

$$E_{total,i}$$

$$E_{total,i} = S_i / S_{max}$$

$$S_i = E_{config,i} + E_{cases,i} + E_{shape,i} + E_{element,i}$$

$$S_{max} = \max(S_1, S_2, \dots, S_n)$$

$E_{total,i}$ は上式で定める。ここで n は画像内の複合オブジェクトの種類の数、 $E_{element}$ は構成要素の類似性による評価値、 E_{shape} はサイズの類似性と大きさによる評価値、 E_{cases} は出現頻度による評価値、 E_{config} は構成要素の相互位置関係による評価値である。以下各々の定義を示す。

3.3.2 構成要素の類似性による評価式 $E_{element}$

$$E_{element} =$$

$$- \sum_{k=1}^K \sum_{\substack{j= \\ ShapeType}} \sum_{\substack{l= \\ ObjType}} (W_{l,j,k} \times |NC_{l,j,k} - AC_{l,j,k}|)$$

$E_{element}$ は上式で定める。ここで K は類似した複合オブジェクトの出現数、 AC は評価する複合オブジェクト定義に内包されている $ObjType$ (オブジェクトの属性) = l , $ShapeType$ (オブジェクトの形状) = j である基本オブジェクトの個数、 NC は検索範囲内に存在していた $ObjType = l$, $ShapeType = j$ の基本オブジェクトの個数、 W は係数である。複合オブジェクトの仮定義と類似した複合オブジェクトの構成要素が似ているほど $E_{element}$ は大きい値を取る。

3.3.3 サイズの類似性と大きさによる評価式 E_{shape}

$$E_{shape} = C_{shape} \times \bar{x} \times (H_{max} - H_i) / H_{max}$$

E_{shape} は上式で定める。ここで H_i はクラス内標準偏差、 H_{max} はクラス内標準偏差で最大の値、 \bar{x} は類似した複合オブジェクトの面積の平均、 C_{shape} は係数である。類似した複合オブジェクトのサイズが大きく、サイズが似通っているほど E_{shape} は大きい値を取る。

3.3.4 出現頻度による評価 E_{cases}

$$E_{cases} = C_{cases} \times K$$

E_{cases} は上式で定める。ここで K は類似した複合オブジェクトの出現頻度、 C_{cases} は係数である。類似した複合オブジェクトの出現頻度が多いほど E_{cases} は大きい値を取る。

3.3.5 構成要素の相互位置関係による評価 E_{config}

$$E_{config} = \sum_{i=1}^n (A_i \times K_i)$$

E_{config} は上式で定める。ここで n は複合オブジェクト定義を構成する基本オブジェクトの個数、 K_i は複合オブジェクトを構成する i 番目の構成要素の (位置関係が安定な場合の) 近傍集合で検索した時、認識された複合オブジェクトの個数、 A_i は複合オブジェクトを構成する i 番目の構成要素の近傍集合での係数である。自動生成された仮定義と類似した複合オブジェクトの構成要素の相互位置関係が似ているほど E_{config} は大きい値を取る。

4 模擬画像を用いた実験

図6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7である。

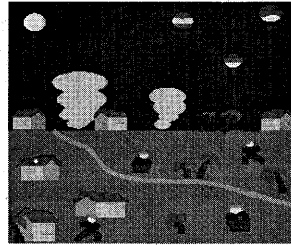


図6: 入力画像 (昼下がり)

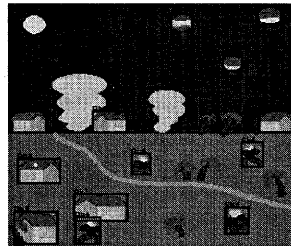


図7: 抽出結果

複合オブジェクトの構成要素の相互位置関係、出現頻度、サイズの類似性と大きさ、構成要素の類似性を考慮に入れた評価関数によりオブジェクトとしての妥当性を評価する。結果を図 8, 9, 10 に示す。



種類	出現頻度	EO1 近傍	EO2 近傍	EO3 近傍	EO4 近傍
Ob.4	4	3	3	4	3

クラス内平均面積	クラス内標準偏差	サイズ	構成要素の類似性	総合評価値
3491	699	85	240	0.738

図 8: 複合オブジェクト評価 (Ob.4 「人」)



種類	出現頻度	EO1 近傍	EO2 近傍	EO3 近傍	EO4 近傍
Ob.1	3	3	2	2	2

クラス内平均面積	クラス内標準偏差	サイズ	構成要素の類似性	総合評価値
3274	632	84	190	0.388

図 9: 複合オブジェクト評価 (Ob.1 「気球」)



種類	出現頻度	EO1 近傍	EO2 近傍	EO3 近傍	EO4 近傍
Ob.3	6	5	2	5	5

クラス内平均面積	クラス内標準偏差	サイズ	構成要素の類似性	総合評価値
6272	1813	0	295	1.000

図 10: 複合オブジェクト評価 (Ob.3 「家」)

出現頻度が多い「家」($K = 6$)が高い評価を得ている。要素位置関係の異なる「人」($K = 4$)がこれに次いでいる。「気球」($K = 3$)が最も低い評価となった。

同様に図 11 の画像についても複合オブジェクト自

動抽出を行い (図 12)、抽出された複合オブジェクトの評価結果を図 13 に示した。

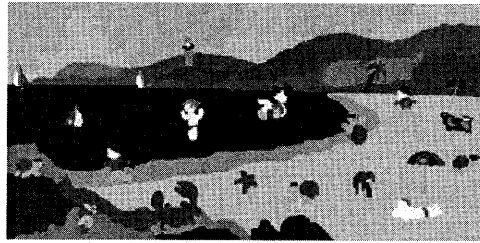


図 11: 入力画像 (海辺)

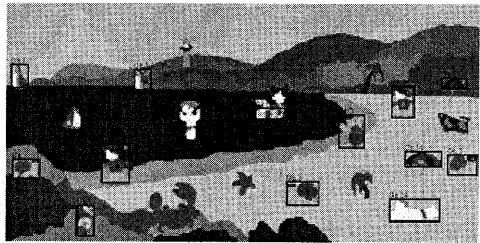


図 12: 抽出結果

オブジェクト	抽出された画像	評価値
Ob.3		1.000
Ob.14		0.502
Ob.1		0.439
Ob.7		0.303
Ob.24		0.259
Ob.6		0.109

図 13: 抽出された複合オブジェクトの評価

複合オブジェクト Ob.3 の総合評価が他の複合オブジェクトと比べて、サイズによる評価、構成要素の類似性による評価、出現頻度による評価、構成要素の位置関係による評価が高く最高の評価になっている。複合オブジェクト Ob.7 と複合オブジェクト Ob.14 では出現回数、構成要素の位置関係による評価は同じだが、サイズ、構成要素の類似性による評価が複合オブジェクト Ob.14 の方がいいので総合点では複合オブジェ

ト Ob.14 の方が高い評価となっている。複合オブジェクト Ob.6 は偶然に構成要素が同じであったため抽出されたノイズ性のオブジェクトであり、評価をみればわかるように非常に低い評価値になっている。

5 まとめと今後の課題

5.1 まとめ

本研究では、カラー画像の読み込みのみで、計算機が画像内の複合オブジェクトを自動的に定義し、それを用いて複合オブジェクト認識を行う方式を提案した。

本提案の特徴は次の通りである。

- 構成要素の近傍集合を複合オブジェクトの定義に用いることで、定義した複合オブジェクトと構成要素の位置関係が異なるものから類似したものまでをロバストに抽出できる。
- 画像を格子状にエリア分割し、格子エリアから特徴的な基本オブジェクトを複数個選出することで複合オブジェクト定義を自動的に生成する。
- 複合オブジェクトの構成要素の位置関係、出現頻度、サイズの類似性と大きさ、構成要素の類似性を考慮した評価関数を用いて複合オブジェクトの妥当性評価（「オブジェクトらしさ」の評価）を行う。

5.2 今後の課題

今回報告した手法では、図 14 に示すように基本オブジェクトを構成要素とした“人間”、“犬”というような複合オブジェクトを抽出することはできるが、複合オブジェクト同士からなる“人間と犬の散歩”というような高次の複合オブジェクト（階層的オブジェクトと定義する）を抽出することはできない。階層的オブジェクトを考えることにより、特徴的なシーンやオブジェクトの抽出ができると期待できる。今後は、各複合オブジェクトを一つのかたまりとみなし、近傍集合の考えを用いて、階層的オブジェクトを抽出する手法について検討していく予定である。

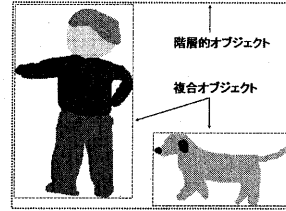


図 14: 階層的オブジェクトの概念図

参考文献

- [1] A. Mohan, C. Papageorgiou, T. Poggio : “Example-Based Object Detection in Images by Components”, IEEE Trans.PAMI, Vol.23, No.4, pp.349-361, 2001.
- [2] 須藤孝, 西川雄二, 渡辺俊典, 菅原研 : “航空写真からの複合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, pp.263-266, 2000.
- [3] 久保孝弘, 太田貴彦, 渡辺俊典, 菅原研 : “航空写真からの複合オブジェクト認識手法の研究”, コンピュータビジョンとイメージメディア 132-2 (情報処理学会研究会), pp.9-14, 2002.
- [4] 西川雄二, 久保貴弘, 渡辺俊典, 菅原研 : “航空・衛星画像内のオブジェクト認識手法の研究”, 日本写真測量学会平成 13 年度年次学術講演会発表論文集, pp.149-152, 2001.