

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2009

課題番号：20700153

研究課題名（和文） カテゴリの共起に基づく物体の識別と検出

研究課題名（英文） Object recognition based on co-occurrence of categories

研究代表者

岡部 孝弘（OKABE TAKAHIRO）

東京大学・生産技術研究所・助教

研究者番号：00396904

研究成果の概要（和文）：

画像に含まれる物体のカテゴリを識別する一般物体認識の研究において、従来、一枚の画像に唯一のカテゴリの物体が存在することを陽にまたは陰に仮定することが多かった。本研究では、複数カテゴリの物体が一枚の画像に共存する様子を明示的に取り扱う枠組みを提案すると共に、カテゴリの共起しやすさというコンテキストを手掛かりとして、見えだけでは曖昧で識別の困難な物体をも識別することを目指す。具体的には、Bag of Features のパラダイムにおいて、局所特徴の相対度数分布の線形結合に基づく尤度とカテゴリの共起に基づく事前確率を組み合わせた事後確率を最大化することにより、回帰の枠組みで各カテゴリの存在比率を推定する。PASCAL データセットを用いた実験を行い、共起情報を組み込むことの有効性を支持する結果を得た。

研究成果の概要（英文）：

Most previous methods for generic object recognition explicitly or implicitly assume that an image contains objects from a single category, although objects from multiple categories often appear together in an image. In this study, we present a novel method for object recognition that explicitly deals with objects of multiple categories coexisting in an image. Furthermore, our proposed method aims to recognize objects by taking advantage of a scene's context represented by the co-occurrence relationship between object categories. Specifically, our method estimates the mixture ratios of multiple categories in an image via MAP regression, where the likelihood is computed based on the linear combination model of frequency distributions of local features, and the prior probability is computed from the co-occurrence relation. We conducted a number of experiments using the PASCAL dataset, and obtained the results that lend support to the effectiveness of the proposed method.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学

知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：コンピュータビジョン，画像パターン認識

1. 研究開始当初の背景

近年，デジタルカメラやカメラ付き携帯電話の普及に伴い，コンピュータやインターネットに広がるサイバースペースには，膨大な数のデジタル画像が蓄積されるようになり，その有効活用が期待されている．ところが，手作業による膨大な画像データの処理には限界があることから，計算機による画像の分類や検索のニーズが高まっている．

このニーズに答えるべく，人間の視覚機能の模倣に端を発するコンピュータビジョンの分野において，一般物体認識と呼ばれる研究が盛んに行われている．画像の内容や意味を認識するシステムを構築することは，コンピュータビジョンの究極の目標の一つであるが，一般物体認識では，この究極の目標への第一歩として，何が (what) どこに (where) あるのかを認識することを目標とする．

具体的には，あるカテゴリ (人，犬，牛，自転車，バイク，車など) に属する物体が画像中に存在するかどうか， (もし存在すれば) どこにあるのかを自動的に認識することが，一般物体認識の研究の目的である．しかしながら，同一カテゴリに属する物体であっても形状や色が異なること，さらに，同一物体であっても視点や照明などの撮影条件に依存して見えが異なることから，一般物体認識は極めて困難な問題であることが知られている．

これまでの学術的発展を振り返ると，自然言語処理の分野に由来する Bag of Features (BoF) と呼ばれるアプローチが有効であることについては，一定のコンセンサスが得られている．このアプローチは，局所特徴の出現頻度 (ヒストグラム) に基づく手法であり，画像を不変特徴の集合として表現するために，カテゴリ内の変動，撮影条件の変動，遮蔽などにある程度頑健であるという特長がある．ところが，BoF に関するほとんど全ての研究では，一枚の画像内に異なるカテゴリの物体が共存するということが見落とされている．

2. 研究の目的

BoF において複数カテゴリの共存を明示的に取り扱う枠組みを提案すると共に，カテゴリの共起に着目した手法を提案する．例えば，「自転車」に乗っているのは大抵の場合「犬」ではなく「人」であり，「車」の隣を走っているのは「牛」ではなく「バイク」であるように，カテゴリの出現には相関があるはずである．カテゴリの共起を考慮することにより認識精度の向上を図るのが，本研究の基本的な着想である．

本研究では，BoF による一般物体認識に取り組み．具体的には，

(1) 物体を識別，つまり，画像内に含まれる物体のカテゴリを認識

(2) 物体を検出，つまり，画像内に含まれる物体の位置 (領域) を認識

するためのアルゴリズムの開発を目指す．特に，複数カテゴリの共存を明示的に表現する枠組みを提案すると共に，カテゴリの共起を考慮した手法を提案して，カテゴリの共起という概念の一般物体認識への有効性を検証する．

3. 研究の方法

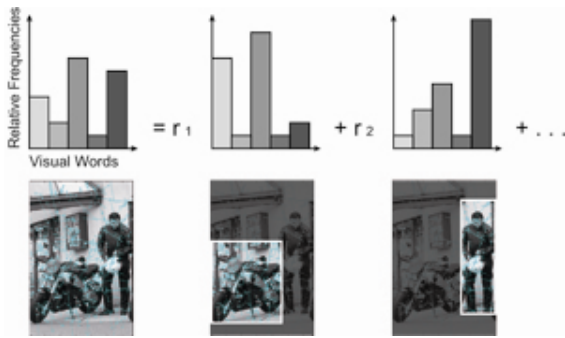
研究目的で述べたように，本研究課題では，局所特徴に基づく BoF のアプローチで，(1) 物体識別と (2) 物体検出のアルゴリズムを開発する．前者の物体識別においては，カテゴリの共起に基づく事前確率を導入して，最大事後確率 (MAP) 推定の枠組みで，画像に含まれる各カテゴリの物体の比率を求める．後者の物体検出においては，物体識別の結果から予想される局所特徴の発生確率と，物体表面の連結性を手掛かりにして，マルコフ確率場 (MRF) の MAP 推定により領域分割を行い，物体の位置を推定する．

(1) の物体識別においては，以下のシナリオに従ってアルゴリズムを開発する．

①尤度モデルの構築

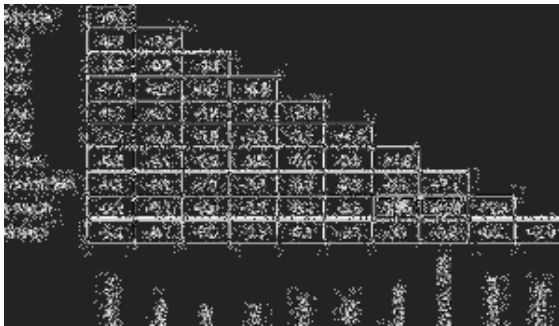
未知画像のヒストグラムは，各カテゴリの存在比率を結合係数として，各カテゴリのヒストグラムの線形結合で表現される (下図参照)．各局所特徴の相対度数が正規分布に従うと仮定すると，正規分布の再生性から，尤

度を解析的に書き下すことができる。



②共起関係の事前確率モデルの構築

カテゴリのラベル付けされた学習画像データを解析することで、カテゴリ a とカテゴリ b が一枚の画像内に共存する共起確率を a 行 b 列成分とするような共起行列を獲得することができる (下図参照)。特に、カテゴリの共起関係が正規分布に従う場合には、各カテゴリの比率の分散共分散行列を用いて、事前確率を表現することができる。



③最大事後確率 (MAP) 推定

尤度と事前確率の積で与えられる事後確率を最大化する MAP 推定により、各カテゴリの存在比率を推定する。

PASCAL Visual Object Classes Challenge など公開されている画像データベースを用いて、提案手法の有効性を検証する。

(2) の物体検出においては、以下のシナリオに従ってアルゴリズムを開発する。

①局所特徴発生モデル化

各局所特徴の属するカテゴリを、各カテゴリの平均ヒストグラムのみから推定するのは困難である。そこで本研究では、物体識別により得られる各カテゴリの存在比率を利用する。ベイズ則に従うと、ある局所特徴 f がカテゴリ c の物体に属する確率は、カテゴリ c の存在比率とカテゴリ c から局所特徴 f が発生する確率 (例えば既述のように正規分布でモデル化) の積に比例する。したがって、カテゴリの存在比率を既知とすることで、各局所特徴の属するカテゴリがより限定され

る。

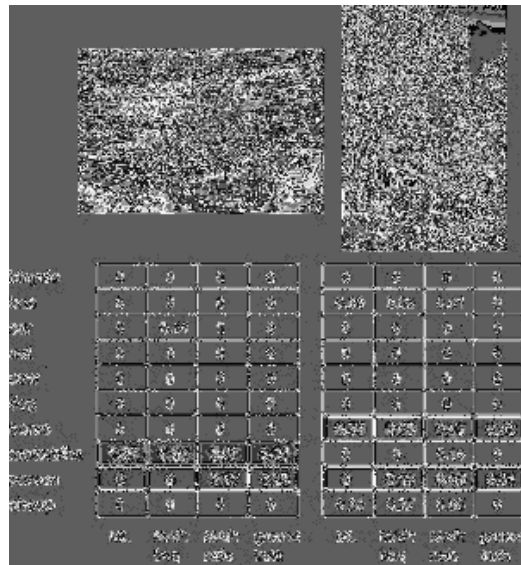
②マルコフ確率場 (MRF) の MAP 推定による領域分割

画像を異なるカテゴリに属する物体ごとの領域に分割する際に、物体表面の連結性は重要な手掛かりとなる。そこで、各局所特徴が属するカテゴリに関する確率 (尤度) と物体表面の連結性 (事前確率) を考慮した MRF の MAP 推定により、領域分割を行う。

物体識別の場合と同様に、公開画像データベースを用いて提案手法の有効性を検証する。

4. 研究成果

物体識別に関しては、様々なカテゴリの物体が一枚の画像に共存することを明示的に扱うと共に、カテゴリの共起しやすさというシーンのコンテキストを考慮した枠組みを提案した。具体的には、局所特徴ヒストグラムの線形結合に基づく尤度のモデル、および、共分散行列による共起関係のモデルから、最大事後確率推定により各カテゴリが画像中に存在する比率を推定する。(下図参照)



一方、物体検出に関しては、物体カテゴリの空間的な連続性を考慮して、グラフカットを用いた枠組みを検討した。上述のようにして得られたカテゴリの存在比率を事前確率とみなすことで、ある局所特徴があるカテゴリの物体に属する確率を計算できるために、カテゴリの共起関係を物体検出にも組み込むことができる。

本研究課題の成果の一部は、コンピュータビジョンならびに画像パターン認識に関する国内最大規模のシンポジウムである画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2008) においてオーラル発表として採択された。また、

国際会議 Pacific-Rim Symposium on Image and Video Technology (PSIVT2009) にも採択された。さらに、電子情報通信学会和文論文誌、ならびに、英文論文誌 Progress in Informatics に受理され出版された。以上のことから、一般物体認識にカテゴリ共起を導入するという本研究の基本的なアイデアは、国内外の研究者に一定のインパクトを与えたと言える。

本研究課題では、一般物体認識におけるカテゴリ共起の導入に焦点をあて、比較的少数のカテゴリのみを含むデータセットを対象としていた。今後の展望として、スケーラビリティ、つまり、カテゴリ数の増加への対応が考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

(1) Takahiro Okabe, Yuhi Kondo, Kris M. Kitani, and Yoichi Sato, Recognizing multiple objects based on co-occurrence of categories, Progress in Informatics, 7, pp. 43-52, 2010 (査読あり)

(2) 岡部孝弘, 近藤雄飛, 木谷クリス真実, 佐藤洋一, カテゴリの共起を考慮した回帰による複数物体認識, 電子情報通信学会論文誌, J92-D(8), pp.1115-1124, 2009 (査読あり)

[学会発表] (計2件)

(1) Takahiro Okabe, Yuhi Kondo, Kris M. Kitani and Yoichi Sato, Recognizing multiple objects via regression incorporating the co-occurrence of categories, Lecture Notes in Computer Science: Advances in Image and Video Technology (Proceedings of the 3rd Pacific-Rim Symposium on Image and Video Technology 2009)5414, pp.497-508, 2009年1月14日, 東京 (査読あり)

(2) 岡部孝弘, 近藤雄飛, 木谷クリス, 佐藤洋一, カテゴリの共起を考慮した物体認識, 第11回 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2008) 論文集, pp.217-222, 2008年7月31日, 軽井沢 (査読あり)

[図書] (計0件)

[残業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.hci.iis.u-tokyo.ac.jp/~okabe/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡部 孝弘 (OKABE TAKAHIRO)

東京大学・生産技術研究所・助教

研究者番号：00396904