

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 26 日現在

機関番号：11301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2015～2016

課題番号：15H06009

研究課題名(和文) グラフマッチングによる非剛体を対象とした柔軟かつ高精度な認識

研究課題名(英文) Flexible and Accurate Recognition for Non-Rigid Object using Graph Matching

研究代表者

宮崎 智 (Miyazaki, Tomo)

東北大学・工学研究科・助教

研究者番号：10755101

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：グラフは非剛体のような柔軟に変形するパターンを表現することが可能であるが、画像を利用した物体認識にはほとんど用いられてこなかった。これは、画像から物体を表すグラフを構築することが極めて困難であることと、グラフを利用して画像の類似度を測る方法が確立されていないことが原因である。本研究では、画像中の特徴点から物体のグラフを抽出し、グラフの確率モデルを用いて画像中の物体を認識する手法を提案した。さらに、複数の確率モデルを用いることで、認識性能を大幅に向上できることを解明した。これらの要素技術はパターン認識の分野におけるグラフの新たな活用法を開拓するもので、産業的、学術的に非常に大きな意味を持つ。

研究成果の概要(英文)：Graphs describe non-rigid objects which vary greatly and flexibly. However, graphs are not used for pattern recognition for image objects due to the following two problems: difficulty in extracting graphs from images and lack of a method for measuring similarity of graphs. In this study, we propose a method for image object recognition by applying probabilistic graph model to measure similarity of graphs extracted from feature points in an image. In addition, we show the improvement of recognition performance using several probabilistic graph models. These results are significant in not only pattern recognition society but also industry because a use of graphs can be facilitated by the proposed method.

研究分野：パターン認識

キーワード：グラフ認識 非剛体認識 グラフ確率モデル グラフ類似度

1. 研究開始当初の背景

(1) 物体認識の問題

一般物体認識や特定物体認識が研究者のみならず世間一般でも注目されるようになり、盛んに研究開発が行われている。画像を用いた物体認識では、SIFT や SURF, HOG といった局所特徴を抽出し、Bag of Features (BoF) によりヒストグラム化し、SVM 等のベクトルを対象とした識別器を用いる手法が成功を収めている。BoF が成功しているのは、ある程度の面積を持った領域ごとに局所特徴を集約することで物体の若干の変形に対応することが可能になり、ロバスト性が増すことによる。しかし、動物が四肢の位置を大きく変えるなど大きな変形への対応には限界があると考えられる。例えば図 1 中のふたつのトカゲは姿勢によって「見え」が大きく異なっている。様々な爬虫類の中からトカゲを見つけ出すような問題は、BoF が苦手とする問題の一つである。

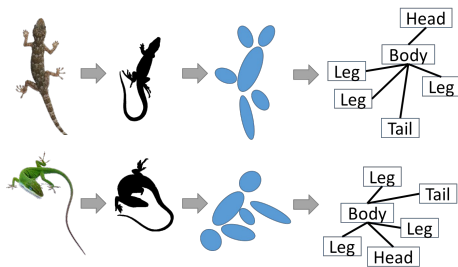


図 1. 「見え」が大きく異なるトカゲとグラフを用いた表現の例

(2) グラフによるアプローチ

グラフはノードとエッジというふたつの要素を持ち、パターンをより柔軟に表現することが可能である。図 1 のトカゲの例では、頭、足、胴体、尻尾の各部分をグラフのノードで、これらの接続関係をエッジで表現している。各ノードに頭、足などの特徴を属性として与えておけば、トカゲを表すグラフからさまざまな「見え」のトカゲを生成することが可能である。しかし、この逆問題、すなわち、さまざまな「見え」のトカゲの画像からトカゲを表す普遍的なグラフを得ることは極めて困難な問題である。これが画像を利用した物体認識にグラフがそれほど用いられてこなかった大きな原因のひとつである。

(3) 基礎となる技術

当時、グラフを用いた高精度な物体認識を実現するための技術が出つつあった。

はじめに、複数のグラフが与えられたとき、これらを代表する代表グラフを効率よく求める手法があげられる。代表グラフは様々な

グラフを部分グラフとして包含しているため、変形に対して柔軟なパターン認識を可能とする。飾り文字画像のような認識が難しい対象に対して、代表グラフを基盤として認識が可能となることが示された。さらに、この代表グラフは同様の手法としてよく知られている Weighted Minimum Common Supergraph [a] よりも認識に適した代表グラフを得ることができることも示されていた。

もう一つは、グラフの確率モデルを構築する手法である。これは統計的なアプローチによりグラフを高精度に認識する手法の一環として提案されたもので、様々なグラフを生成する確率モデルを構築することで、グラフの変形を統計的に記述することを可能とした。図 2 の例では、上のグラフが確率モデルで、ノード付近の数字はノードの生成確率を表す。確率モデルは 4 つの異なるグラフを生成し、各グラフの生成確率はそれぞれ 0.25 となる。

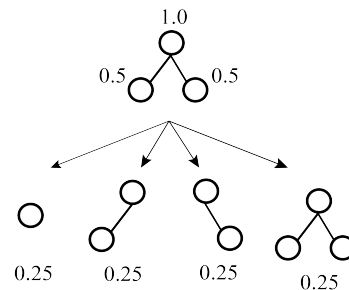


図 2. グラフの確率モデル

2. 研究の目的

本研究課題では、上物体の構造をグラフで表現することで非剛体を高精度に認識する手法を開発することを目的とする。物体の普遍的な構造を抽出するため、本研究では確率モデルを構築することを目指す。さらに、確率モデルとグラフの類似度を求める手法を開発することで、高精度な認識を実現する。

3. 研究の方法

本研究では以下の方法を検討した。

(1) グラフの確率モデルの開発

同じ物体だが「見え」の異なる画像からグラフを抽出すると、異なるグラフが得られる。そこで、これらの異なるグラフから本質的な情報を抽出することを検討した。抽出した本質的な情報をグラフの確率モデルと定義した。

具体的には、グラフマッチングにより異なる

るグラフ間における頂点間の対応を求める．そうすると，学習データの中で，共通するノードが浮かび上がってくる．学習データの総数に対する共通するノード数を用いると，共通するノードがあるグラフに含まれる確率を求めることができると考えた．

しかしながら，共通の頂点を求めることは NP 困難であることが知られており，エントロピーや最小記述長などの指標を最小化する手法 [b, c, d] があるが，収束に時間がかかっていた．そこで，本研究では共通の頂点を求める問題をラベリング問題とみなすことで，効率的に共通の頂点を求めることができると考え，この方法を検証した．

(2) 複数の確率モデルによる認識精度の向上

ひとつの確率モデルを用いることで，頻繁に出現する頂点といった大まかな情報を記述することができた．一方，滅多に現れない頂点のような小さな情報を保持することが難しく，このような希少な頂点を含むようなグラフの認識が困難であった．

そこで，複数の確率モデルを構築することで，小さな情報を保持できると考えた．具体的には，学習データを重み付きデータに拡張し，小さな情報を含むグラフを重点的に学習するフレームワークを構築した．重み付きグラフから確率モデルを構築できるように，構築手法も検討した．

(3) グラフによる物体認識の開発

画像中の物体のグラフを抽出し，確率モデルを用いて認識するシステムを開発することを検討する．画像中の主要な特徴点を選び出し，すべての頂点間に辺を持つグラフ（完全グラフ）を抽出する．抽出したグラフの頂点と辺の特徴量に対する確率を確率モデルにより計算することを検討した．

さらなる性能向上のため，グラフの頂点と辺の幾何学的な関係も考慮して，特徴量を求めることも検討した．

4. 研究成果

(1) グラフの確率モデルの開発

グラフの公開データセットである IAM Graph Database を用いて，認識実験を行った結果を表 1 に示す．比較手法[e]は学習データの中央値にあたるグラフとの類似度を計算する．一方で，確率モデルは様々なグラフから情報を抽出している点で，[e]と異なる．

提案手法である確率モデルは比較手法を上回っている．この結果から，確率モデルにより物体の本質的な構造を記述できることが明らかになった．

(2) 複数の確率モデルによる認識精度の向上

3. (2)の手法により 100 個の確率モデ

表 1 . 確率モデルの認識結果

	LOW	MED	HIGH	GREC	COIL
[e]	84.3	77.3	78.0	84.4	58.3
Ours	95.2	87.5	85.9	90.0	71.1

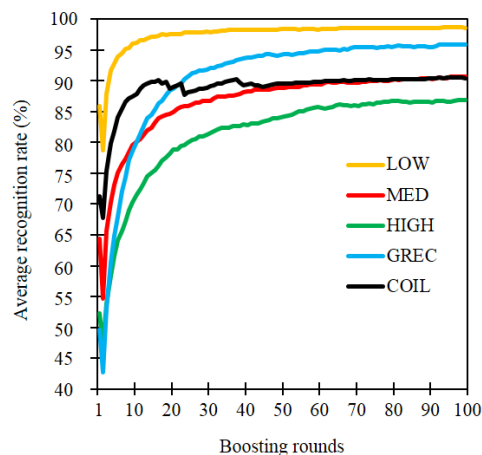


図 3 . 複数の確率モデルによる認識結果

表 2 . グラフを用いた物体認識の精度

	Face	Duck	Car	Bike	Bottle	Total
[f]	87.2	15.0	40.0	80.0	52.8	66.7
Ours	97.6	67.8	61.0	73.5	52.8	86.2

ルを構築し，認識実験を実施した．図 3 はモデル数と認識結果の関係を図示したものである．

従来，ひとつのモデルのみが認識に用いられていたが，提案手法は複数のモデルを用いることで，グラフの認識性能が向上することを明らかにした点が新しい．

(3) グラフによる物体認識の開発

3. (3)の手法を用いて認識実験を行った結果を表 2 に示す．比較手法として，深層学習アプリケーションである NEC RAPID 機械学習 [f] を用いた．表 2 により，物体認識に対するグラフの有用性が明らかになった．

<引用文献>

[a] H. Bunke, P. Foggia, C. Guidobaldi, and M. Vento, “Graph clustering using the weighted minimum common supergraph,” in Graph Based Representations in Pattern Recognition, ser. Lecture Notes in Computer Science, 2003, vol. 2726, pp. 235–246.

[b] A. Torsello and E. R. Hancock, “Learning

shape-classes using a mixture of tree-unions,” IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., 2006, vol. 28, no. 6, pp. 954–967.

[c] L. Han, et. al., “Generative graph prototypes from information theory,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2015, vol. 37, no. 10, pp. 2013–2027.

[d] H. Bunke, et al., “Graph clustering using the weighted minimum common supergraph,” in Graph Based Representations in Pattern Recognition, ser. Lecture Notes in Computer Science, 2003, vol. 2726, pp. 235–246.

[e] X. Jiang, A. Muuanger, and H. Bunke, “On median graphs: Properties, algorithms, and applications,” IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., 2001, vol. 23, no. 10, pp. 1144–1151.

[f] <http://jpn.nec.com/rapid/>

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 0 件)

[学会発表] (計 3 件)

Tomo Miyazaki and Shinichiro Omachi, “Graph Model Boosting for Structural Data Recognition,” International Conference of Pattern Recognition, 2016 年 12 月 6 日, Cancun International Convention Center, Cancun, MEXICO.

Toshiaki Sakai, Tomo Miyazaki, Yoshihiro Sugaya and Shinichiro Omachi, “Graph Learning with Quadratic Programming in Consideration of Class Diversity,” Extended Abstracts of Meeting on Image Recognition and Understanding, 2016 年 8 月 4 日, アクトシティ浜松 (静岡県浜松市) .

酒井利晃, 宮崎 智, 菅谷至寛, 大町真一郎, “非線形最小化によるグラフのモデルの構築と画像認識,” 電子情報通信学会 2016 年総合大会講演論文集, 2016 年 3 月 17 日, 九州大学伊都キャンパス (福岡市) .

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

[その他]

Tomo Miyazaki and Shinichiro Omachi, “Structural Data Recognition with Graph Model Boosting,” arXiv:1703.02662, 2017.

<https://arxiv.org/abs/1703.02662>

ホームページ等

<http://www.iic.ecei.tohoku.ac.jp/~tomo/>

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

宮崎 智 (MIYAZAKI, Tomo)

東北大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号 : 10755101