

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：13904

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K15992

研究課題名（和文）三次元物体の形状に基づく自動アノテーション技術の開発

研究課題名（英文）Development of Shape-based 3D Object Automatic Annotation

研究代表者

立間 淳司（Tatsuma, Atsushi）

豊橋技術科学大学・工学（系）研究科（研究院）・助教

研究者番号：60711166

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,300,000円

研究成果の概要（和文）：三次元物体（モデル）は、産業・医療・エンターテインメントなど、様々な分野で利用されている。これにともない、三次元物体の検索技術の開発が注目されている。文字列による三次元物体の検索エンジンを実現するためには、三次元物体に形状を表す複数のラベルが付与されている必要がある。そこで本研究では、三次元物体の自動アノテーション技術の開発を目的として、(1) 深層学習を利用した三次元物体の特徴抽出手法の考案、(2) SimRank法による三次元物体と複数ラベルの関係を保存する次元削減手法の考案を行った。

研究成果の概要（英文）：We have witnessed a wide application of 3D objects (models) in various fields such as manufacturing, medicine, and entertainment. Accordingly, the development of 3D model retrieval techniques attracts attention. To realize a text-based search engine of 3D models, each 3D model needs to be given labels representing the shape of that. In this research, to develop shape-based 3D object automatic annotation technique, we have investigated as follows: (1) feature extraction method for 3D object based on deep learning and (2) dimensionality reduction method preserving relationships between 3D objects and labels evaluated with SimRank.

研究分野：マルチメディア情報検索

キーワード：マルチメディア パターン認識 情報検索 三次元物体

1. 研究開始当初の背景

三次元物体（三次元モデル）は、製造業・医療・エンターテインメントなど、様々な分野で利用されている。これにともない、三次元物体データは爆発的に増加しており、その利活用のため、検索・分類技術が必要とされている。三次元物体の検索技術の研究では、三次元物体そのものを検索質問として、形状が類似しているものを探し出す、形状類似検索の研究が盛んに行われている。一方で、Web ページ検索などで一般的な、キーワードによる検索については、あまり研究が進められていなかった。これは、三次元物体データに形状を表す意味のある文字列が付与されていることが少ないためである。また、新たに人手で大量の三次元物体データに文字列情報を付与するのは、時間と労力ともに現実的ではない。三次元物体に対して、その形状を表す複数ラベルを付与する技術が、必要とされている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、与えられた三次元物体に対して、その形状の意味を表す複数ラベルを自動的に付与する、三次元物体の自動アノテーション技術の開発である。三次元物体の形状を表現する特徴ベクトルの抽出と、特徴ベクトルとラベルとの関係の解析が主要な課題となる。

3. 研究の方法

(1) 研究期間中に、画像認識の分野において、深層学習による特徴抽出技術が大きく発展した。そこで、深層学習による、三次元物体の特徴抽出について研究を行った。

(2) 三次元物体の自動アノテーションの実現のためには、三次元物体の特徴ベクトルと複数ラベルとの関係を解析する必要がある。本研究課題では、特徴ベクトルを、複数ラベルによる意味を保存した部分空間に射影し、その部分空間上で最近傍にある三次元物体のラベルを推定結果とする方法を考えた。

4. 研究成果

(1)

本研究課題では、まず、深層学習による三次元物体の特徴抽出について、研究を進めた。

深層学習の画像からの特徴抽出で一般的なのは畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional Neural Network, CNN) による特徴抽出である。CNN では与えられた画像に対して、多層の畳み込み層にて、複数のフィルタを畳み込むことを繰り返すことで、特徴抽出をおこなう。CNN の学習では、ラベル付きの画像を用意し、畳み込み層のフィルタを最適化する。

CNN の問題点として、有効な特徴抽出を行うためには、大量のラベル付き画像が必要になることである。この問題に対して、インタ

ーネットなどから収集した様々な画像で学習した CNN を特徴抽出器とみなし、認識結果を出力する最終層の一つ手前の層である、全結合層の出力を特徴ベクトルとする手法が提案されている。

三次元物体データは、いまだ大量のラベル付きデータを収集することが難しい。そこで本研究では、学習済み CNN から特徴抽出を行うことを考えた。

本研究で考案した、Feature Maps Covariance Descriptor (FMCD) 法は、畳み込み層の出力である特徴マップを局所特徴量と考え、その共分散を、入力された画像の特徴ベクトルとする手法である。FMCD 法は、画像の特徴抽出法である。FMCD 法を、三次元物体の特徴抽出に用いる場合は、三次元物体から複数視点で生成した深さバッファ画像を入力画像として特徴抽出を行う (図 1)。

FMCD 法は、三次元物体の形状類似検索のコンテストである Shape Retrieval Contest の Kinect 獲得モデル部門で最も優れた検索性能を得た。

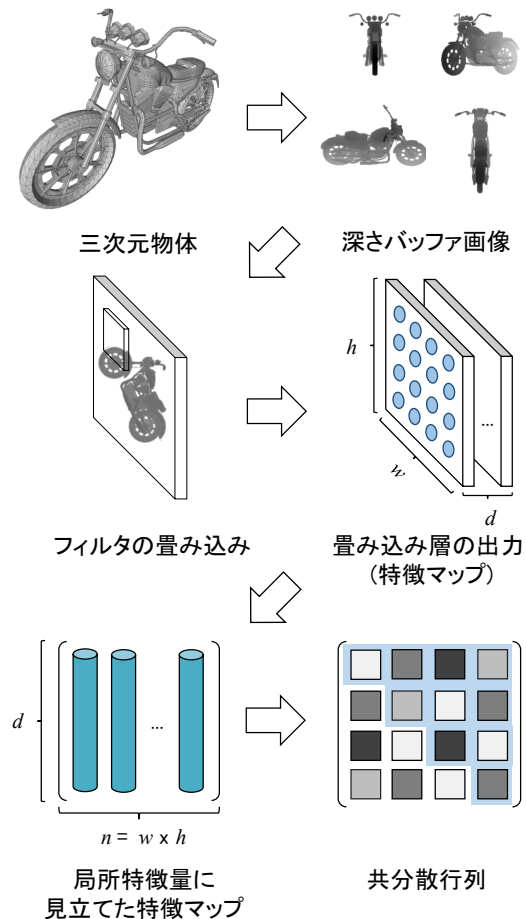


図 1 FMCD 法による三次元物体の特徴抽出

(2)

次に、三次元物体の特徴ベクトルと複数ラベルとの関係を解析に取り組んだ。本研究では、与えられた三次元物体の特徴ベクトルを、複数ラベルで表される形状の意味を保存した部分空間に射影し、その空間にて最近傍にある三次元物体に付与された複数ラベルを

推定結果として出力することを考えた。

三次元物体と複数ラベルとの関係は、二部グラフで表現できる(図2)。この二部グラフによる関係を保存した部分空間を解析することを考えた。グラフの頂点間の類似度を計算する手法として、SimRank 法がある。SimRank 法は、同様の頂点との接続がある頂点同士は類似している、という考えのもとに、頂点間の類似度を計算する。この SimRank 法を、三次元物体と複数ラベルとの二部グラフに適用した場合、同様のラベルが付与された三次元物体同士は類似している、という類似度が得られる。この SimRank 法で計算した三次元物体間の類似度を保存した部分空間への射影を得る SimRank Similarity Preserving Projection (SSPP)法を考案した。

比較実験において、SSPP 法は、従来手法よりも優れたアノテーション性能を示した。SSPP 法は、三次元物体の自動アノテーションだけでなく、マルチラベル次元削減手法として、複数ラベルが付与された文書や画像の特徴ベクトルの圧縮にも利用できる。

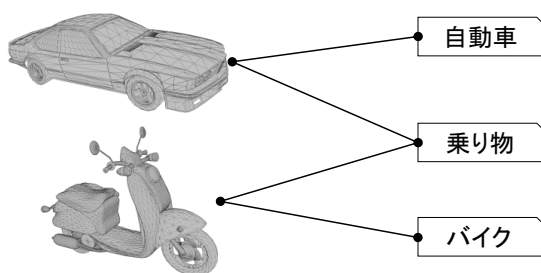


図2 二部グラフで表される三次元物体と複数ラベルの関係

その他、特徴抽出の研究では、テクスチャ付き三次元物体を対象として、ボクセル表現を、螺旋状に走査しながら計算した隣接するボクセル間の色距離を計算し、そのヒストグラムを特徴量とする Volumetric Spiral Scan Order 法を考案した。また、点群から得られる特徴のヒストグラム・平均・共分散を用いる局所特徴量 Augmented PFH を考案した。

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 4 件)

1. 濱田和真, 立間淳司, 青野雅樹, “Volumetric Spiral Scan Order による三次元考古遺物モデルの類似検索”, 情報処理学会論文誌データベース, TOD74, 2017. (掲載予定)
2. A. Tatsuma, M. Aono, “Food Image Recognition using Covariance of Convolutional Layer Feature Maps”, IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E99-D, No. 6, pp. 1711-1715, 2016.

3. D. Pickup, X. Sun, P. L. Rosin, R. R. Martin, Z. Cheng, Z. Lian, M. Aono, A. Ben Hamza, A. Bronstein, M. Bronstein, S. Bu, U. Castellani, S. Cheng, V. Garro, A. Giachetti, A. Godil, L. Isaia, J. Han, H. Johan, L. Lai, B. Li, C. Li, H. Li, R. Litman, X. Liu, Z. Liu, Y. Lu, L. Sun, G. Tam, A. Tatsuma, J. Ye, “Shape Retrieval of Non-rigid 3D Human Models”, International Journal of Computer Vision, Vol. 120, Iss. 2, pp. 169-193, 2016.
4. S. Biasotti, A. Cerri, M. Aono, A. Ben Hamza, V. Garro, A. Giachetti, D. Giorgi, A. Godil, C. Li, C. Sanada, M. Spagnuolo, A. Tatsuma, S. Velasco-Forero, “Retrieval and classification methods for textured 3D models: a comparative study”, The Visual Computer, Vol. 32, No. 2, Springer, pp. 217-241, 2016.

[学会発表] (計 12 件)

1. 高垣幸秀, 立間淳司, 青野雅樹, “時空間自己相似ヒストグラムと統計量を用いた人物動作認識”, 電子情報通信学会総合大会, 名城大学天白キャンパス, 2017.
2. 小林将也, 立間淳司, 青野雅樹, “再構成誤差の重みを類似度としたスケッチによる三次元物体の検索”, 電子情報通信学会総合大会, 名城大学天白キャンパス, 2017.
3. 真田知佳, 立間淳司, 青野雅樹, “近傍集合類似度を用いた多様体ランキングによる三次元物体の形状類似検索”, 電子情報通信学会総合大会, 名城大学天白キャンパス, 2017.
4. Siang Thye Hang, Atsushi Tatsuma, Masaki Aono, “Bluefield (KDE TUT) at LifeCLEF 2016 Plant Identification Task”, CLEF2016, 2016.
5. Pedro B. Pascoal, Pedro Proenca, Filipe Gaspar, Miguel Sales Dias, Alfredo Ferreira, Atsushi Tatsuma, Masaki Aono, K. Berker Logoglu, Sinan Kalkan, Alptekin Temizel, Bo Li, Henry Johan, Yijuan Lu, Viktor Seib, Norman Link, and Dietrich Paulus, “Shape Retrieval of Low-Cost RGB-D Captures”, Eurographics Workshop on 3D Object Retrieval 2016, 2016.
6. Manolis Savva, Fisher Yu, Hao Su, Masaki Aono, Baoquan Chen, Daniel Cohen-Or, Weihong Deng, Hang Su, Song Bai, Xiang Bai, Noa Fish, Jiajie Han, Evangelos Kalogerakis, Erik G. Learned-Miller, Yangyan Li, Minghui Liao, Subhransu Maji, Atsushi Tatsuma, Yida Wang, Nanhai Zhang, and Zhichao

- Zhou, “ Large-Scale 3D Shape Retrieval from ShapeNet Core55 ” , Eurographics Workshop on 3D Object Retrieval 2016, 2016.
7. 真田知佳, 立間淳司, 青野雅樹, “色付き三次元物体の類似検索”, 情報処理学会第78回全国大会, 2016.
 8. 立間淳司, 青野雅樹, “Multimodal Extreme Learning Machine による Wikipedia 記事のマルチモーダル検索”, 第7回Webインテリジェンスとインタラクション研究会, 2015.
 9. 大塚達也, 立間淳司, 青野雅樹, “文法的な表現を手がかりとした宿泊施設レビュー文の意見分類”, 第14回情報科学技術フォーラム, 2015
 10. 阿部卓也, 立間淳司, 青野雅樹, “料理レシピサイトから抽出される特徴に基づいた料理時間予測”, 第14回情報科学技術フォーラム, 2015.
 11. Andrea Giachetti, Francesco Farina, Francesco Fornasa, Atsushi Tatsuma, Chika Sanada, Masaki Aono, Silvia Biasotti, Andrea Cerri, and Sungbin Choi, “ Retrieval of Non-rigid (textured) Shapes Using Low Quality 3D Models ” , Eurographics Workshop on 3D Object Retrieval 2015, 2015.
 12. Pedro B. Pascoal, Pedro F. Proen, Filipe Gaspar, Miguel Sales Dias, Luis Filipe Teixeira, Alfredo Ferreira, Viktor Seib, Norman Link, Dietrich Paulus, Atsushi Tatsuma, Masaki Aono, “Retrieval of Objects Captured with Kinect One Camera” , Eurographics Workshop on 3D Object Retrieval 2015, 2015.

[産業財産権]

○出願状況 (計 2 件)

1. 名称：画像特徴量及びそれを用いる三次元形状検索システム
発明者：小林将也, 立間淳司, 青野雅樹
権利者：豊橋技術科学大学
種類：特許
番号：特願 2017-042156
出願年月日：2017年3月6日
国内外の別：国内
2. 名称：画像認識装置、画像認識方法、及び画像認識プログラム
発明者：立間淳司, 青野雅樹
権利者：豊橋技術科学大学
種類：特許
番号：特願 2016-008273
出願年月日：2016年1月19日
国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

立間 淳司 (ATSUSHI TATSUMA)

豊橋技術科学大学大学院工学研究科助教

研究者番号：60711166