

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：13904

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2013～2014

課題番号：25880013

研究課題名(和文) 二次元スケッチ画像を検索質問とした三次元物体の形状類似検索

研究課題名(英文) Sketch-based 3D object retrieval

研究代表者

立間 淳司 (Atsushi, Tatsuma)

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) 1,500,000円

研究成果の概要(和文)：近年、産業・医療・エンターテインメントなど、様々な分野で三次元物体ソフトウェアが利用されている。これにともない、三次元物体データベースは巨大化しており、三次元物体の形状類似検索技術が必要とされている。本研究では、直感的に利用できる検索システムの開発を目的として、二次元スケッチ画像を検索質問とした三次元物体の形状類似検索技術の研究を行い、(1) 画像の重複分割と輝度勾配の解析に基づく特徴抽出手法の考案、(2) 特徴空間の非線形構造に合わせた相違度計算法の考案、(3) Webブラウザ上で動作するデモシステムの開発を行った。

研究成果の概要(英文)：With the diffusion of 3D model authoring software into various fields such as manufacturing, entertainment, and medical simulation, the number of 3D models stored in digital repositories has been growing explosively. Therefore, there is a need for a shape-based 3D model retrieval system. In this research, we have investigated techniques of sketch-based 3D model retrieval system to develop the retrieval system that has an intuitive and user-friendly interface. During the research period, we have developed as follows; (1) feature extraction method based on analyzing the intensity gradients of the image cells which are obtained by overlapped decomposition of the image, (2) dissimilarity calculation method based on capturing the nonlinear structure of data distribution in the feature space of 3D models, and (3) demonstration system of sketch-based 3D model retrieval which runs on the web browser.

研究分野：メディア情報学・データベース

キーワード：マルチメディア検索 情報検索 三次元物体 スケッチ画像 特徴抽出

1. 研究開始当初の背景

近年、製造業・医療・建築など、様々な分野において、三次元物体が利用されている。これにともない、三次元物体データベースは巨大化しており、その検索システムが必要とされている。

これまでの研究では、三次元物体そのものを検索質問として、形状が類似する三次元物体を検索する、形状類似検索技術が盛んに研究されてきた。しかし、これは、検索を行う以前に、三次元物体を所有もしくは作成している必要があり、専門性の高いシステムとなっていた。

そこで、より直感的で簡便に利用できる検索システムの開発を目的として、二次元スケッチ画像を検索質問とした三次元物体の形状類似検索が注目されている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、二次元スケッチ画像を検索質問として、形状が類似する三次元物体を検索するシステムの開発である。二次元スケッチ画像と三次元物体の双方から、比較可能な特徴ベクトルを抽出する手法、形状の違いの度合いを表す、特徴ベクトル間の相違度の計算手法の考案が課題となる。

3. 研究の方法

(1) 二次元スケッチと三次元物体とはデータフォーマットが大きく異なる。この差異を吸収し、二次元スケッチ画像と三次元物体の双方から比較可能な特徴ベクトルを抽出する手法を考案する。あわせて、その際に必要な前処理や正規化手法等についても検討を行う。

(2) 抽出した特徴ベクトルは、特徴空間において非線形構造を成して分布していると考えられる。この場合、ユークリッド距離などの相違度では、特徴空間上での相違関係を捉えることが困難であり、検索結果上位に検索質問と関連性のない三次元物体が現れることになる。そこで、特徴空間の分布構造を捉えた相違度計算手法を考案する。

(3) 以上の考案した技術をもとに、実際にWebブラウザ上で動作するデモシステムを開発する。

4. 研究成果

(1)

本研究では、まず、特徴ベクトルの考案から着手した。二次元スケッチ画像と三次元物体とで、比較可能な特徴ベクトルを抽出するため、三次元物体から複数視点で線画画像を生成した。そして、二次元スケッチ画像と生成した線画画像に対して、形状の差異を低減することを目的として、各種フィルタによる前処理を検討した。結果として、細線化処理とガウスマルタによるぼかし処理が有効

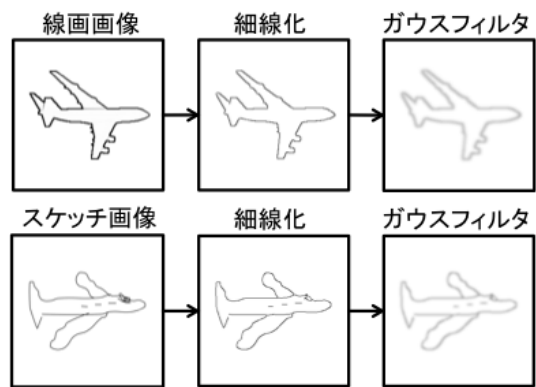


図1: 三次元物体から生成した線画画像とスケッチ画像に対する前処理

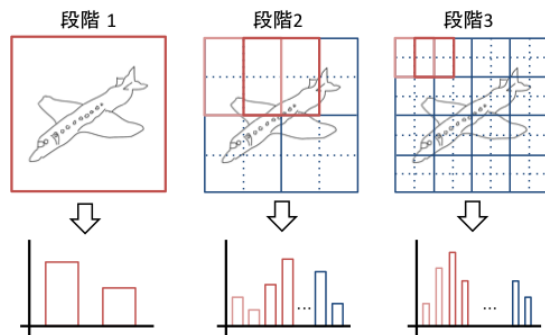


図2: 段階的な重複分割と輝度勾配ヒストグラムによる特徴抽出

であることを確認した(図1)。

特徴抽出では、前処理を施した画像を、段階的に重複分割し、分割してできたセルごとに、輝度勾配に基づくヒストグラムを作成する(図2)。そして、セルごとに作成したヒストグラムを連結して一つのベクトルとし、要素の各値を順位に変換し、L2正規化したものを、最終的な特徴ベクトルとする。

相違度には、二次元スケッチ画像から抽出した特徴ベクトルと、三次元物体から生成した各線画画像から抽出した特徴ベクトルとのユークリッド距離の最小値を用いる。

図3は、三次元物体の形状類似検索のコンテスト Shape Retrieval Contest (SHREC) の2013年スケッチ検索部門のデータセットを用いて作図した Recall-Precision 曲線である。曲線が右上に伸びるほど、検索性能が優れていると言える。提案手法が、従来手法よりも、優れた検索性能を得ていることがわかる。

(2)

次に、特徴ベクトル間の相違度計算方法の改善に取り組んだ。特徴空間上の非線形構造にそった順位スコアを計算する多様体ランキング法を拡張し、二次元スケッチ画像と三次元物体との相違度を、検索対象データベース内の三次元物体同士の相違度を用いて補正する手法を考案した。

検索対象データベース内の三次元物体の相違関係を近傍グラフで表現し、相違関係とスケッチとの相違度を合成した順位スコア

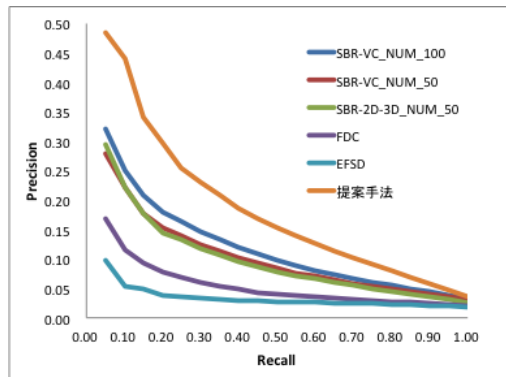


図 3: SHREC '13 スケッチ検索部門における Recall-Precision 曲線

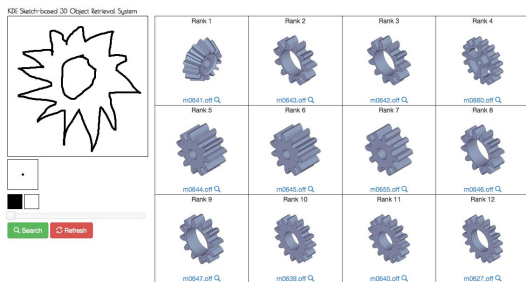


図 4: 二次元スケッチ画像による三次元物体の形状類似検索のデモシステム

を算出する。

この相違度計算手法と前述の特徴抽出手法とをあわせて、2014年のSHRECスケッチ検索部門において、検索性能第1位を獲得した。また、このコンテスト参加者とともに、論文の執筆を行った。

(3)

以上の考案した技術をもとにして、Webブラウザ上で動作するデモシステムを開発した(図4)。

その他、三次元物体の形状類似検索に関わる研究を行った。特に、三次元物体の特徴抽出手法は、二次元スケッチ画像を検索質問とした形状類似検索でも重要であることから、テクスチャ付き三次元物体など、様々な形式のものに取り組んだ。

今後の課題は、より具体的な応用を想定して、三次元機械部品CADデータなど、分野を限定した場合で、優れた検索性能を得られる手法を考案することである。

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 1 件)

1. B. Li, Y. Lu, C. Li, A. Godil, T. Schreck, M. Aono, M. Burtscher, Q. Chen, N. Chowdhury, B. Fang, H. Fu, T. Furuya, H. Li, J. Liu, H. Johan, R. Kosaka, H. Koyanagi, R. Ohbuchi, A. Tatsuma, Y.

Wan, C. i Zhang, C. Zou, "A comparison of 3D shape retrieval methods based on a large-scale benchmark supporting multimodal queries", Computer Vision and Image Understanding, Volume 131, Elsevier, pp.1-27, 2015. (査読有)

〔学会発表〕(計 11 件)

1. A. Giachetti, E. Mazzi, F. Piscitelli, M. Aono, A. Hamza, T. Bonis, P. Claes, A. Godil, C. Li, M. Ovsjanikov, V. Patraucean, C. Shu, J. Snyders, P. Suetens, A. Tatsuma, D. Vandermeulen, S. Wuhrer, P. Xi, "Automatic Location of Landmarks used in Manual Anthropometry", In Proc. Eurographics Workshop on 3D Object Retrieval, pp.93-100, Strasbourg, France, 2014. (査読有)
2. D. Pickup, X. Sun, P. Rosin, R. Martin, Z. Cheng, Z. Lian, M. Aono, A. Hamza, A. Bronstein, M. Bronstein, S. Bu, U. Castellani, S. Cheng, V. Garro, A. Giachetti, A. Godil, J. Han, H. Johan, L. Lai, B. Li, C. Li, H. Li, R. Litman, X. Liu, Z. Liu, Y. Lu, A. Tatsuma, J. Ye "Shape Retrieval of Non-Rigid 3D Human Models", In Proc. Eurographics Workshop on 3D Object Retrieval, pp.101-110, Strasbourg, France, 2014. (査読有)
3. S. Biasotti, A. Cerri, M. Abdelrahman, M. Aono, A. Hamza, M. El-Melegy, A. Farag, V. Garro, A. Giachetti, D. Giorgi, A. Godil, C. Li, Y. Liu, H. Martono, C. Sanada, A. Tatsuma, S. Velasco-Forero, C. Xu, "Retrieval and Classification on Textured 3D Models" In Proc. Eurographics Workshop on 3D Object Retrieval, pp.111-120, Strasbourg, France, 2014. (査読有)
4. B. Li, Y. Lu, C. Li, A. Godil, T. Schreck, M. Aono, M. Burtscher, H. Fu, T. Furuya, H. Johan, J. Liu, R. Ohbuchi, A. Tatsuma, C. Zou, "Extended Large Scale Sketch-Based 3D Shape Retrieval", In Proc. Eurographics Workshop on 3D Object Retrieval, pp.121-130, Strasbourg, France, 2014. (査読有)
5. B. Li, Y. Lu, C. Li, A. Godil, T. Schreck, M. Aono, Q. Chen, N. Chowdhury, B. Fang, T. Furuya, H. Johan, R. Kosaka, H. Koyanagi, R. Ohbuchi, A. Tatsuma, "Large Scale Comprehensive 3D Shape Retrieval", In Proc. Eurographics Workshop on 3D Object Retrieval, pp.131-140, Strasbourg, France, 2014. (査読有)
6. A. Tatsuma, S. Tashiro, M. Aono,

Benchmark for Photo-based 3D Shape Retrieval, Signal & Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA2014), 4pp, Seim Reap, City of Angkor Wat, Cambodia, 2014. (査読有)

7. 吉田周平, 立間淳司, 青野雅樹, “ 三角形型 Local Binary Pattern による三次元機械部品の分類 ”, D-12-26, 電子情報通信学会総合大会, 3月19日, 新潟大学, 2014. (査読無)
8. 鈴木将也, 立間淳司, 青野雅樹, “ 深度バッファ画像の境界画素パターンに着目した三次元物体の自動アノテーション ”, D-12-25, 電子情報通信学会総合大会, 3月19日, 新潟大学, 2014. (査読無)
9. 立間淳司, 青野雅樹, “ スケッチ画像を検索質問とした三次元物体の形状類似検索における前処理の検討 ”, D-12-17, 電子情報通信学会総合大会, 3月18日, 新潟大学, 2014. (査読無)
10. 真田知佳, 立間淳司, 青野雅樹, 多重スケール表現の Local Binary Pattern による三次元物体の形状類似検索, D-12-11, 電子情報通信学会総合大会, 3月18日, 新潟大学, 2014. (査読無)
11. Lydia Ling Yieng Chen, 立間淳司, 青野雅樹, “ 空間段階分割した CSLBP 特徴量による二次元スケッチ画像を検索質問とした三次元物体の形状類似検索 ”, 第6回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2014), F5-3, 5pp, 淡路島夢舞台, 3月4日, 2014. (査読無)

〔産業財産権〕

出願状況(計 3 件)

1. 名称: 三次元モデル検索方法、及び三次元モデル検索システム
発明者: 真田知佳, 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 2014-053956
出願年月日: 2014年3月17日
国内外の別: 国内
2. 名称: 三次元モデル特徴抽出方法、及び三次元モデル・アノテーションシステム
発明者: 鈴木将也, 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 2014-053957
出願年月日: 2014年3月17日
国内外の別: 国内
3. 名称: 三次元モデル検索システム、及び三次元モデル検索方法
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 2014-088578
出願年月日: 2014年4月4日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.kde.cs.tut.ac.jp/~atsushi/3dors/>

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情報・知能工学系助教

研究者番号: 60711166