

機関番号：13904

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500090

研究課題名（和文）

三次元形状データベースからの多重フーリエスペクトルによる知識統合処理の研究

研究課題名（英文）Multi-Fourier Spectral Descriptor to Integrate Knowledge-Based Processing for Three-dimensional Shape Database

研究代表者

青野 雅樹 (AONO MASAKI)

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：00372540

研究成果の概要（和文）：本研究では、「多重フーリエスペクトル特徴量」（MFSD 特徴量）をコア技術とした三次元形状データベースに対する検索・分割・分類などの研究を行った。特に、形状の複雑さによらず、すべての物体で約 4000 次元ある MFSD 特徴量を約 1 / 10 に圧縮する技術を開発した。また、突起形状に着目した分割手法を開発した。このように、MFSD 特徴量から派生した知的統合処理の代表的な要素技術の新手法を研究開発することができた。

研究成果の概要（英文）：

In this research, we have focused on integrating knowledge-based engineering on three-dimensional shape database, which are assumed to be encoded in our patented technology called MFSD (Multi-Fourier Spectral Descriptor) features. During the past three years, we have invented several new techniques; the first one is “Linear Diffusion Projection (LDP)”, which reduces the feature space into almost 1/10 dimensions with compact indices, keeping non-linear structure in higher dimensional space. The second one is “Segmentation based on protruded shape”. This technique was presented in a workshop in February, 2011. This allows us to search similar shapes “by parts”, which makes it possible to enumerate partially similar shapes, even though the shape as a whole may not be similar to the input query.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009 年度	900,000	270,000	1,170,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：三次元物体、形状類似検索、次元削減、セグメンテーション、分類

1. 研究開始当初の背景

(1) 2006年に開発した「多重フーリエスペクトル特徴量」(MFSD 特徴量)は、三次元物体の形状類似検索における世界最高レベルの検索精度を達成することができた。この精度はデータベースに保持する検索対象データに対する事前学習を必要としない手法の中では、現在も同様の検索精度を誇っている。

(2) しかしながら、物体形状の複雑さにかかわらず、MFSD 特徴量では、ひとつの物体あたり約 4000 次元の特徴量次元でインデックスを保持する必要がある。

(3) そこで、今回の3年間の提案研究では、この高次元インデックスの問題に対するインテリジェントな解法(できるだけ情報の損失なく、賢く次元を圧縮し、検索精度もおとさない手法の開発)をめざした。

(4) 加えて、複雑な形状の物体に関しては、セグメンテーション技術により、意味のある部分形状に分割することで、分割された部分単位での検索も可能とする、検索の統合型フレームワークを提案するに至った。

2. 研究の目的

本提案研究では、背景で述べた三次元物体の形状類似検索で世界最高レベルの検索精度をもたらした MFSD 特徴量の一番の問題である、高次元の特徴量次元をインテリジェントな手法で次元削減し、圧縮することである。インテリジェントな手法とは、検索精度をできるだけ保持し、高次元の特徴量空間に潜む非線形な構造を、低次元空間でも保持すること、ならびに、圧縮の結果 1/10 以下のサイズのインデックスとすることである。

もうひとつの目的は、人間、動物、機械部品など複雑な物体の場合、意味のある部分に分割(セグメンテーション)できる技術を開発することである。

3. 研究の方法

研究の目的で記載した2つのゴールのうち、最初の「特徴量次元のインテリジェントな次元削減技術」に関しては、画像やテキストの分野で2000年ごろから、少しずつ利用され始めた非線形な次元削減技術にまず、着目した。これは高次元(の特徴量空間)に潜在的にありうる非線形な構造を自然にとらえることができるからである。具体的には、スイスロールやS字曲線のような非線形な構造が高次元空間にある場合、通常ユークリッド距離では、非線形な構造をとらえることはできない。しかし、近傍の(三次元物体を構成するメッシュの)接続関係に着目し、近傍グラフに対して、多様体仮説を置くことで、近傍では滑らかな構造があり、逆に近傍でないメッシュ間には、ほとんど関係はない、と

いう仮説の数式化を行った。このような近傍を優先し、少し離れるとほとんど影響を与えない関数として、ガウスカネルの適用してみようという考え方につながり、ガウスカネルで近傍の重みグラフの初期化を行った。そのままでは、非線形次元削減手法として有名なラプラシアン・アイゲンマップ法と同じになるので、近傍への幾何学的な構造は「異方向性の拡散」で近傍のメッシュ構造伝わるという仮説をおき、さらに非線形のままでは未知データに弱いという問題も解決するため、線形化を行い、まとめて「線形化拡散射影法」を発明した。これはその後、特許出願と論文誌への投稿、採録を経て、出版にいたっている。

一方、セグメンテーション(分割)に関しては、提案研究を行っている最中の2009年に米国プリンストン大学にて、三次元モデルの「Segmentation benchmark data」が折しも公開された。我々はこのデータセットを入手すると同時に、最も素朴な k-means 法でのセグメンテーションからスタートし、その後、試行錯誤を経て、「突起形状に基づくセグメンテーション」手法を開発した。

4. 研究成果

約 4000 次元ある MFSD 特徴量の次元圧縮に関しては、「線形化拡散射影法(LDP法)」で約 1/10 に圧縮できた。(表1参照)

表1. LDP法と従来法の特徴量次元の比較

特徴量	LDP	PCA	LPP	NPE	ISO	MFSD
デブスバップ特徴量	120	130	60	110	30	1,536
シルエット特徴量	100	50	70	70	60	768
輪郭特徴量	70	70	60	90	30	768
ボクセル特徴量	60	80	40	60	30	512
合計	350	330	230	330	120	3,584

さらに、5つほどのベンチマークによる実験では、検索精度もデータ全体の平均でほとんど低下することはなかった。(図1と図2参照) この技術に関しては、特許出願と論文誌での出版を行った。

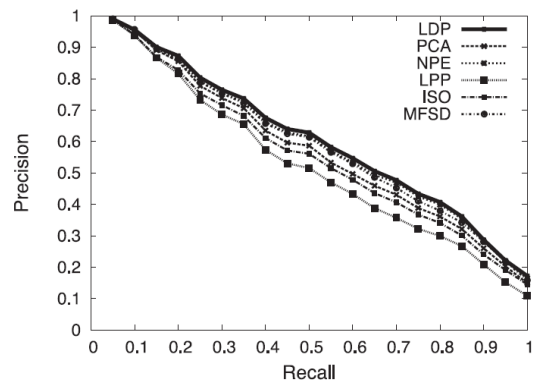


図1. PSB ベンチマークでの R-P グラフ

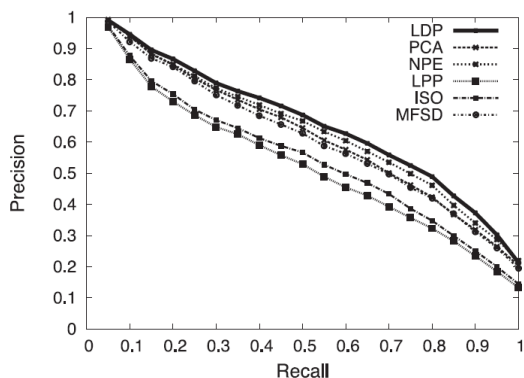


図2. MSB ベンチマークでの R-P グラフ

一方、知的統合の中でもセグメンテーション（分割）技術に関しては、「突起形状に基づくアルゴリズム」を開発した。こちらの手法に関しては、米国プリンストン大学のベンチマークデータで評価実験を行い、世界最高精度とはいかなかったが、k-means 法のベースラインよりは良好な結果を得た。この技術は研究会で報告を行った。（図3に例示）

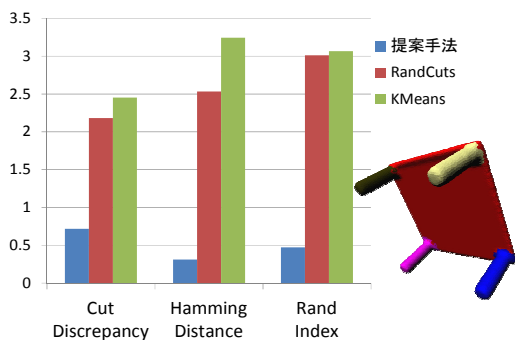


図3. 「机」クラスのセグメンテーション。提案法は誤差（縦軸）が最小

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9件）

- ① 青野雅樹, ISO/IEC JTC1/SC24 CG・画像処理, 電子画像学会誌, 査読無, 第39巻, 第6号, 2010, pp.920-921
- ② Md. Hanif Seddiqui, Masaki Aono, Ontology Instance Matching Based MPEG-7 Resource Integration, International Journal of Multimedia Data Engineering and Management, 査読有, Vol.1, No.2, 2010, pp.18-33
- ③ 立間淳司, 仲野将, 青野雅樹, 線形拡散写像と三次元物体の形状類似検索への応用, 電子情報通信学会論文誌, 査読有,

Vol. J93-D, No. 8, 2010, pp.1590-1601

④ Md. Hanif Seddiqui, Masaki Aono, An efficient and scalable algorithm for segmented alignment of ontologies for arbitrary size, Journal of Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web, 査読有, Vol. 7, No.4, 2009, pp.344-356

⑤ Atsushi Tatsuma, Masaki Aono, Multi-Fourier spectra descriptor and augmentation with spectral clustering for 3D shape retrieval, The Visual Computer, 査読有, Vol. 25, No. 8, 2009, pp.785-804

⑥ 北村順平, 青野雅樹, ウェブサイト間の類似度を用いたウェブスパムの検出, Journal of the DBSJ, 査読有, Vol.8, No.1, 2009, pp.143-148

⑦ Yohei Seki, Noriko Kando, Masaki Aono, Multilingual opinion holder identification using author and authority viewpoints, Information Processing and Management. Vol.45, No.2, 2009

⑧ 立間淳司, 青野雅樹, 多様体ランキングを用いた三次元物体の形状類似検索, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol.49, No.10, 2008, pp.3670-3681

⑨ 杉山典之, 青野雅樹, ユーザのタグ付けの傾向を利用したソーシャルブックマーク内の関連ページ検索手法, Journal of the DBSJ, 査読有, Vol.7, NO.1, 2008, pp.239-244

〔学会発表〕（計20件）

① 脇田志郎, 青野雅樹, 突起形状に着目した3次元モデルのセグメンテーション, 映像学技報, vol. 35, no. 9, ME2011-50, 2月, 2011

② 立間淳司, 青野雅樹, 局所的な近傍構造に基づいたハッシュ型近似最近傍探索手法: Neighborhood Sensitive Hashing, 第3回 楽天研究開発シンポジウム, 12月, 2010

③ 脇田志郎, 青野雅樹, 突起形状に着目した3次元モデルのセグメンテーション, 隣接面情報に基づく特徴に着目した3次元モデルのセグメンテーションの検討, 9月, 2010

④ 久田幸奈, 青野雅樹, 曖昧な記憶に基づくテキスト情報からの想起に向けた問題とその分析, 第18回 Web インテリジェンスとインタラクション研究会, 9月, 2010

⑤ Rozilawati binti Dollah, Masaki Aono, Md. Hanif Seddiqui, The effect of using hierarchical structure for classifying biomedical text abstracts, 2010年 人工知能学会 全国大会, 6月, 2010

⑥ 高田智弘, 青野雅樹, 掲示板におけるニュースの議論理解支援システム, 第72回情報処理学会 全国大会, 3月, 2010

- ⑦ 仲野 将, 青野雅樹, 線形化拡散写像手法の提案とその文書データへの適用, 第 72 回情報処理学会 全国大会, 3 月, 2010
- ⑧ 坂元佑弥, 青野雅樹, 脳波判別のための多次元時系列データ転移学習手法, 第 2 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2010), 2 月, 2010
- ⑨ Masaki Aono and Md. Hanif Seddiqui, Scalability in Ontology Instance Matching of Large Semantic Knowledge base, Proceedings of the 9th WSEAS International Conference on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases (AIKED'10), 2 月, 2010
- ⑩ 脇田志郎, 青野雅樹, 隣接面情報に基づく特徴量を利用した三次元モデルの類似検索, 電子情報通信学会 総合大会, 3 月, 2009
- ⑪ 坂元佑弥, 青野雅樹, 訓練データ適応型ダウンサンプリングによる脳波判別手法, ニューロコンピューティング研究会 NC2008-103-175, 3 月, 2009
- ⑫ 古川修平, 青野雅樹, 隣接情報を用いた類似文書検索とリランキング, 第 1 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2009), 3 月, 2009
- ⑬ 小室達也, 青野雅樹, 階層型自己組織化マップとユーザ嗜好反映を取り入れた検索システム, 第 1 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2009), 3 月, 2009
- ⑭ 石坂浩章, 青野雅樹, 文間類似度をもとにした国会議事録の話題領域抽出, 12 月, 2008
- ⑮ 石田大和, 青野雅樹, Web ニュース記事における手がかり語を用いた地名参照情報の抽出, 第 13 回 Web インテリジェンスとインタラクション研究会, 12 月, 2008
- ⑯ 石崎 諒, 青野雅樹, Web ニュースに対するブログ意見の分析ツール, 第 13 回 Web インテリジェンスとインタラクション研究会, 12 月, 2008
- ⑰ Md. Hanif Seddiqui, Masaki Aono, Use of Ontology in Text Classification, 第 19 回セマンティックウェブとオントロジー研究会, SIG-SW0-A802-05, 12 月, 2008
- ⑱ 北村順平, 青野雅樹, ウェブサイト間の類似度を用いたウェブスパムの検出, NL-188, 情報処理学会 自然言語処理研究会, 九州大学, 2008, 11 月, 6pp
- ⑲ 古川修平, 関 洋平, 青野雅樹, 特許の無効資料調査のための類似特許検索とリランキング, 第 7 回情報科学技術フォーラム (FIT2008), 慶応大学, 2008, 2pp
- ⑳ Rozilawati binti Dollah, Masaki Aono, Classifying biomedical text abstracts using binary and multi-class Support

Vector Machine, 人工知能学会 全国大会, 2008, 6pp

[図書] (計 1 件)

Mei Kobayashi, Masaki Aono, Vector Space Models for Search and Cluster Mining, Chapter 6 of Survey of Text Mining II, Springer, 2008. pp. 109-127

[産業財産権]

○出願状況 (計 2 件)

① 名称: ハッシュ関数の変換行列を定める方法、該ハッシュ関数を利用するハッシュ型近似最近傍探索方法、その装置及びそのコンピュータプログラム

発明者: 青野雅樹、立間淳司

権利者: 豊橋技術科学大学

種類: 特許

番号: 特許出願 2010-276013

出願年月日: 2010 年 12 月 10 日

国内外の別: 国内

② 名称: データのインデックス次元削減方法及びそれを利用したデータ検索方法並びに装置

発明者: 青野雅樹、立間淳司

権利者: 豊橋技術科学大学

種類: 特許

番号: 特許出願 2010-134589

出願年月日: 2010 年 6 月 11 日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

<http://www.kde.cs.tut.ac.jp/demos/ma/KDE3/>

に形状類似検索インタフェースを公開中

6. 研究組織

(1) 研究代表者

青野雅樹 (AONO MASAKI)

豊橋技術科学大学 大学院工学研究科

情報・知能工学系 教授

研究者番号：00372540

(2)研究分担者 ()

研究者番号：

(3)連携研究者 ()

研究者番号：