

電子・情報工学専攻	学籍番号	109301	指導 教員	青野 雅樹 栗山 繁 三浦 純
申請者 氏名	立間 淳司			

## 論文要旨 (博士)

論文題目	特徴抽出と線形次元削減による三次元物体の形状類似検索
------	----------------------------

(要旨 1,200 字程度)

近年、汎用コンピュータの性能向上などにより、三次元物体は、産業・映画・医療など様々な分野で用いられるようになってきた。それにともない、三次元物体が爆発的に増加している。新たに三次元物体を作成する際に、既存の三次元物体を再利用することができれば、制作コストの削減につながる。しかし、大量にある三次元物体から、目的とする形状の三次元物体を見つけ出すことは、容易ではない。そのため、三次元物体の形状を手がかりに検索を行う、三次元物体の形状類似検索技術が必要とされている。

本論文では、優れた検索性能を持つ、三次元物体の形状類似検索技術の開発に取り組む。三次元物体の形状類似検索を行うためには、まず、三次元物体の形状的特徴を捉えた特徴量を抽出する必要がある。多様な三次元物体の形状に対して、本論文では四種類の特徴量、Multi-Fourier Spectra Descriptor (MFSD)、Dense Voxel Spectrum Descriptor (DVD)、Depth Buffered Bag-of-Visual-Words (DBoV)、Local Feature Correlation Descriptor (LCoD) を提案する。比較実験から、DBoV や LCoD といった、三次元物体から生成した Depth Buffer 画像の局所的な特徴を捉えたものが、優れた検索性能となった。

また、三次元物体の特徴量は、一般に高次元なものとなる。高次元特徴量のなかには、検索に不要な特徴も含まれ、検索性能に悪影響を及ぼす。そこで、高次元空間での本質的な情報を保存しつつ、低次元空間に射影する次元削減手法が必要となる。本論文では、新しい線形次元削減手法として、線形拡散射影と局所計量保存射影を提案する。線形拡散射影は、高次元空間におけるデータ間の遷移確率を、一方、局所計量保存射影は、データ間の距離で表される計量情報を、低次元空間に保存するよう射影する。次元削減した特徴量を用いた検索性能の比較実験から、どちらの手法も、主成分分析など代表的な従来手法よりも、優れた検索性能となった。

さらに、三次元物体の様々な特徴を捉えた特徴量であっても、相違度や順位スコアが、特徴量間の差異を適切に表現していなければ、優れた検索性能を得ることは難しい。そこで、特徴空間でのデータ分布の構造に合わせた順位スコアを計算する、多様体ランキングを、三次元物体の形状類似検索に適用する。また、多様体ランキングに、データ分布の大域的な構造による情報を付加した Globally Enhanced Manifold Ranking (GMR) を提案する。比較実験から、これら順位スコア計算手法を適用することで、検索性能が向上することを確認した。

year month day  
2013 1 11

Department	Electronic and Information Engineering	ID	109301
Name	Atsushi Tatsuma		

Supervisor	Masaki Aono Shigeru Kuriyama Jun Miura
------------	--

A b s t r a c t

Title	Feature Extraction and Linear Dimensionality Reduction for 3D Shape Retrieval
-------	---

(800 words)

With the technological advancement of computing environments supported by high-speed network infrastructures, more and more digital 3D objects have been widely available on the Internet. This makes it possible to use 3D objects for a variety of applications including entertainments, manufacturing industries, virtual reality, and medical simulation. In general, unlike text and image data, creating a 3D object from scratch and retrieving a desired 3D object from a collection of 3D objects tend to be time-consuming. At the same time, a complex 3D object tends to be verbose and consumes a large storage space. It is essential to manage and re-use a collection of 3D objects effectively. Therefore, there is a great need for the technology to efficiently retrieve similar 3D objects by using a shape as a query.

The main objective of this dissertation is to investigate similarity search techniques for 3D shape objects with superior search performance. The key element to efficient similarity search for 3D objects is the extraction of good features that best describe dominant intrinsic 3D shapes, insensitive to initial position, orientation, and size. To cope with these requirements, we propose four different kinds of feature vectors for a 3D object; Multi-Fourier Spectra Descriptor (MFSD), Dense Voxel Spectrum Descriptor (DVD), Depth Buffered Bag-of-Visual Words (DBoV), and Local Feature Correlation Descriptor (LCoD). We demonstrate through comparative experiments what characteristics each of these feature vectors have and how different each of them behaves in terms of shape locality and search performance.

Although our proposed feature vectors can capture a wide range of 3D shapes and bring us high search performance, they are inherently high dimensional. There is a strong possibility of redundancy existing within each feature vector, which might make the search performance degrade unintentionally. To alleviate this problem, a method for removing redundancy by data compression is highly expected. This is where a dimensionality reduction technique comes in to reduce the dimension of a feature vector, while preserving the essential information latently embedded in high dimensional space as much as possible. We propose two novel dimensionality reduction techniques which we call Linear Diffusion Projection (LDP) and Local Metric Preserving Projection (LMPP), respectively. LDP preserves the transition probability between data in high dimensional space, while LMPP preserves the metric information represented distance between data in high dimensional space. Through comparative experiments by reducing the dimension of our proposed feature vectors, we demonstrate that both LDP and LMPP exhibit high search performance compared to previously known classical methods such as Principal Component Analysis.

For further improvement with respect to search performance, we propose Globally Enhanced Manifold Ranking (GMR). GMR has its root in Manifold Ranking (MR), a ranking algorithm for capturing nonlinear structure of the data distribution assuming that the data can be locally represented by a manifold in high dimension. With GMR, we formulate the idea of MR for retrieving a 3D shape from a collection of 3D objects, and augment the idea by considering a global structure among data. Through comparative experiments, we confirm that the search performance can be improved.