

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 8 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26330225

研究課題名(和文)感性工学の知見をもとにした3次元形状設計支援システムの構築

研究課題名(英文)3D-object design system based on Kansei engineering technology

研究代表者

原田 耕一 (Harada, Koichi)

広島大学・工学研究科・名誉教授

研究者番号：90124114

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：既存の形状データベースから曲率の変化を取り出し、これをデータベース化して3次元形状設計システムを作り上げるために必要な曲率フィルタを提案した。このフィルタは大規模なデータから効率よく形状の特徴を抽出することができ、もとのデータベースよりも格段に小さなサイズのデータベースを生成することを可能にする。実際に曲率変化パターンをデータベース化することも可能であるが、本研究ではAI研究のディープラーニング手法を参考にして、インターネット上に存在する形状データを巨大データベースとみなし、結果として設計支援用のデータベースを有しているのと同様な環境を提供できるようにした。

研究成果の概要(英文)：In the research we proposed curvature filter that enables extract curvature change from existing shape database. The extracted curvature change patterns derive another database that may be utilized as the base for 3D object design system. The size of derived database is much smaller compared to the original shape database, while it could be utilized almost the same quality of data source. However, we learned from the current deep-learning techniques of AI research field. Following this methodology, our curvature filter performs as the very fast detecting tool from the shape database that are connected each other through the internet. As the result, our curvature filter makes it possible provide virtual shape database that could be used in any object design system. Because we do not need special shape database at hand, our research result enables for many people establish shape design system at lower cost.

研究分野：画像処理工学

キーワード：曲率パターン 感性工学 曲率フィルタ 道路データ 点群データ

1. 研究開始当初の背景

我々は曲面の見た目の自然さについて感性工学的な検討を詳細に行うことにより、三角形パッチで近似された曲面の視覚的な自然さについて多くの知見を得ていた。得られた結果を3次元形状設計の代表的なものの一つである自動車の車体設計に具体的に適用したが、研究成果をそのまま適用できない場合があることが分かった。

自動車形状設計作業をより詳細に調査したところ、形状設計は大部分が曲線をもとにして行われており、曲線設計段階での視覚的な自然さが曲面の視覚的な自然さに単純に置き換えられているということが我々の研究の前提と異なり、結果として我々の研究成果がそのままでは通用しないことが判明していた。

曲線の視覚的な自然さについては広範な研究があり、例えば文献①では曲線の変化が視覚的な自然さに大きく関与していることが具体的に述べられている。

曲率が直線的に変化する曲線はクロソイド曲線とよばれている。実際にクロソイドを使うには曲線の一部を切り出して曲線の当てはめをせざるを得ない。するとクロソイドセグメント間の接続点の扱いが問題となるため、クロソイド曲線が実用化されているのは道路のルート設計くらいである。曲面設計で広く用いられる方法は(3次)スプライン曲線、ベジェ曲線、あるいはB-スプライン曲線を曲面に応用する方法で

NURBSは標準化されているが、これら方式では曲率の変化まで考慮して形状設計することはできない。

曲線に関する多くの知見を曲面設計にどのように応用するかについて我々は検討を繰り返していたが、近年に発表された

Diffusion Curvesという考え方(文献②)にそのヒントを得た。Diffusion Curvesはコンピュータアニメーションに応用するた

めに考案されたものであるが、曲線(スケッチ)から視覚的に自然な画像(2.5D画像である)を得るという点では我々の研究目的と一致している。

両者の違いはDiffusion Curvesにおいては設計媒体と完成物の次元が1D, 2.5Dであるのに対し、本研究ではそれぞれ2D, 3Dとなる点である。

<引用文献>

① 原田利宣、完成品質に関する美しい区間曲線の性質と創生、日本設計工学会誌, 43巻, 2008, 27-33

② A.Orzan et. al., Diffusion Curves: A vector representation for smooth-shaded images, Comm. ACM, Vol. 56, 2013, 101-108

2. 研究の目的

本研究の目的とDiffusion Curvesとの次元の違いに配慮しつつ、次の三点を研究の目的とした。

(1) 曲率変化検出フィルタの構築: 既存の形状データベースから曲率変化パターンを抽出するための曲率フィルタをまず構築する。曲率フィルタとは我々が仮に命名したものであり、三角形パッチで近似された曲面、部品形状データベースなどから曲率変化を自動で抽出するための仮想的なフィルタのことを意味している。曲率フィルタは曲率変化の線形性、自己アフィン性、および奥行き情報に関する知見をもとにして定めることとした。

(2) 曲率変化パターンの分類: (1)によって抽出された曲率変化パターンをまず曲率変化の直線性という観点から分類する。対象は3次元空間曲線となるので、変化の方向性も考慮しなければならない。分類は最初に微視的变化(数学的には導関数で近似できる範囲)で分類し、これらを組み合わせたマクロな変化パターンに

よって大分類を行う。すなわち曲率変化パターンを階層構造で表現し、形状設計システムで使いやすいようなデータ構造を構築する。

(3) 3次元形状設計支援システム : (2)によって階層的に表現された曲率変化パターンをオペレータが自由に参照、挿入、あるいは変更して使用できるような3次元形状設計支援システムを構築する。なお、オペレータの形状定義、入力部分は既存のインタラクティブ図形入力システムをそのまま使い、本研究では形状を高品位3次元データに容易に近づけることができるように、最適な曲率変化パターンをオペレータに提示する。最終的には、システムに3次元的に自然な部品データベースをオペレータに多数提示し、これらを組み合わせることにより、容易に高品位3次元形状設計が完了できるようにする。

本研究の学術的な特色は感性工学において多用されている自然言語による感性の表現を、対象は3次元形状設計に限られるが、計算機で処理できる定量的な値に置き換えることにある。

3. 研究の方法

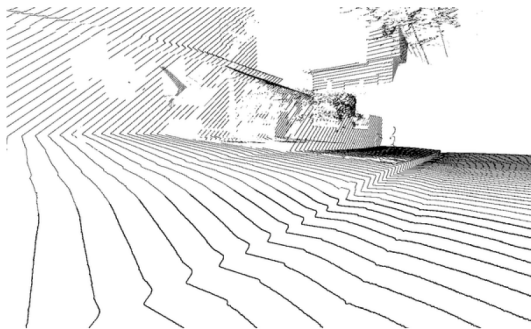
まず曲線の感性表現を調査し、これを曲面へ拡張することで、曲率フィルタのプロトタイプを構成した。過去においてパラメトリック曲線および曲面の生成と制御に関する研究に携わった経験から、曲率フィルタ構築の際に考慮すべき曲率変化の線形性や自己アフィン性を考慮した曲線・曲面生成に関する研究を行った。その後、調査した曲線・曲面の感性表現と評価法と、研究分担者の調査した感性評価法を考慮に入れ、曲率フィルタの精度を高めた。研究分担者は、感性研究における総合的な感性表現と評価方法について調査を行うとともに、曲率変化パターンを抽出するために、3次元

三角形パッチにより近似された形状モデル(3次元ポリゴンモデル)からの形状特徴算出方法の開発を行った。具体的には、3次元ポリゴンモデルから曲率変化の線形性や自己アフィン性の抽出方法の開発を行った。3次元ポリゴンモデルはポリゴンの頂点座標により形状表現を行うため、表面の曲率は頂点位置における近似的な曲率に過ぎず、一般的にノイズの影響により、安定した曲率計算は困難であったが曲率フィルタの考え方をもとに研究を進めた。また、3次元ポリゴンモデルはパラメトリックな表現ではないため、自己アフィン性の式を直接適用することはできない。そのため、3次元ポリゴンモデルから曲率変化の線形性や自己アフィン性を考慮した感性パラメータを抽出するためには、近似的に曲率変化の線形性や自己アフィン性を表す特徴量計算法の開発を行った。なお、研究目的の(3)にある形状設計支援システムの構築に関しては、支援システムのプロトタイプを示すにとどめ、研究の後半は道路計測データとしての点群の処理に研究の軸足を移した。これは次の理由による。支援システムの根幹をなすのは曲率変化パターンのデータベース生成であるが、近年のAI研究に見られるように、工学的・理学的な問題解決の方法論としてはデータベース構築に手間をかけるよりもインターネットによって得られるビッグデータを用いてディープラーニングを行う方が効率が良いとみなされるようになってきた。そこで、本研究では道路計測データとして存在する膨大な数の点群データを入力と考え、これから曲率変化の特徴を抽出・学習して道路形状の設計に役立てることとした。このことにより、本研究の出発点である視覚的な自然さという評価のみならず、物理的な拘束(道

路であれば交通安全上、あるいはエネルギー消費抑制のために道路形状に課せられる条件)も同時に解決できる設計システムが構築できることになる。

4. 研究成果

インターネットにより入手可能な様々な形状データを解析し、曲率変化パターンを分類して曲率フィルタを構築することができた。曲率フィルタ自体はアルゴリズムで表現されるものであり、それを応用して初めてその長所、有意義な点が明確になるものである。そこで道路計測データとしての点群データに曲率フィルタを適用することとし



た。具体的には分布密度に異方性のある点群データから、人工物を構成する平面領域を精密に抽出する方法に曲率フィルタを適用した。道路計測データ(点群データ)の例を上図に示す(分かりやすいように等高線表示している)。データはレーザスキャナによって得られるので、スキャナ点列となっている。この点列をポリライン近似し、計測対象の表面形状が変化する部分を曲率フィルタで抽出することにより、精度よく平面領域の抽出が可能となった(図1参照)。

さらに、抽出された境界辺にポリゴンモデルを構成することを試みて、本研究で提案した曲率フィルタの有用性を確認した(図2参照)。

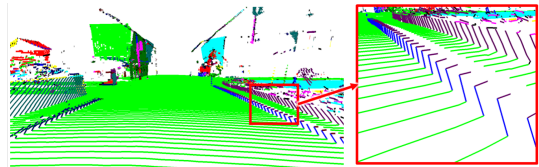


図1 曲率フィルタによる平面領域抽出

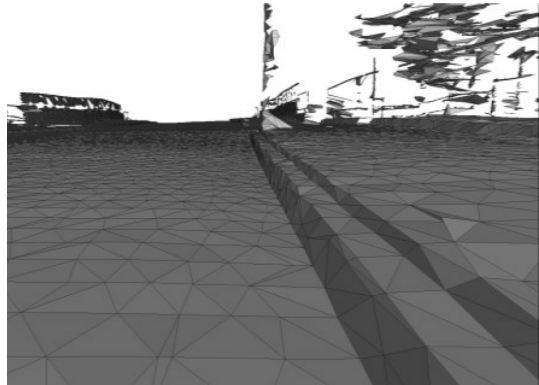


図2: ポリゴンモデルによる表現

このように、従来法であるデータベースを準備して設計システムを構築するという手法によらずとも、インターネットによって得られるビッグデータを用いて学習を行い、設計システムをつくり上げることの可能性が提示できた。

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 3 件)

① R.Miyazaki, M.Yamamoto, K.Harada, Line-based planar structure extraction from a point cloud with an anisotropic distribution, Int. J. of Automatic Technology, 査読有, Vol.11, 2017, 657-665

② R.Miyazaki, M.Yamamoto, K.Harada, Polygonal model creation with precise

boundary edges from a mobile mapping data, Int. J. of Comp. Science & Network Security, 査読有, Vol.16, 2016, 124-133

- ③ M.M.Thormurthy, K.Harada, B.Annepu, A combination of efficient algorithms in collaborative filtering techniques using pseudo matrix, Int. J. of Engineering & Technology Innovations, 査読有, Vol.1, 2014, 6-11

[学会発表] (計 2 件)

- ① R.Miyazaki, M.Yamamoto, J. Su, K.Harada, Polygonal model creation with reflecting precise boundary edges from the high density mobile mapping data, Proc. MMT15, 査読有, 2015, CD配布 (ページ番号なし)
- ② R.Miyazaki, M.Yamamoto, E.Hanamoto, H.Izumi, K.Harada, A line-based approach for precise extraction of road and curb region from mobile mapping data, Proc. ISPRS2014, 査読有, 2014, 243-250

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年月日 :

国内外の別 :

○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

6. 研究組織

(1) 研究代表者

原田 耕一 (HARADA, Koichi)
広島大学・工学研究院・名誉教授
研究者番号 : 90124114

(2) 研究分担者

宮崎 龍二 (MIYAZAKI, Ryuji)
広島国際大学・心理科学部・准教授
研究者番号 : 90352020

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :

(4) 研究協力者

()