

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：14701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25420090

研究課題名(和文) 様々な美しい曲面の定量的性質の解明とその性質の直感的制御による曲面創成手法の開発

研究課題名(英文) Clarification of Quantitative Characteristics of Aesthetic Curved Surfaces and Development of a Formative Support System with Intuitive Operations

研究代表者

原田 利宣 (HARADA, Toshinobu)

和歌山大学・システム工学部・教授

研究者番号：80294304

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、デザイナーがVRシステム上で製品デザインを行う際、工芸品や自然造形物などの曲線(面)アーカイブを参照しながら、美しい空間曲線を創成し、またそれらを用いて美しい曲面も創成するシステムの開発を目的とした。まず、美しい曲面がどのようなパラメータ値から構成されているかを調べるシステムを構築した。次に、そのシステムを使って人の顔形状含む自然造形物、工芸品における曲面を計測し、パラメータ値の同定を行い、それを基に曲面を分類した。さらに、分類結果を利用し、曲面を直感的に創成するインタフェースを開発した。そのシステムを実際に製品や形成外科における人の顔の部位の曲面デザインに応用し、有効性を検証した。

研究成果の概要(英文)：This research aimed that "development of the system that creates an aesthetic space curve and an aesthetic curved surface while referring to archive of the aesthetic curves and curved surfaces on handicrafts, natural objects, etc., when designers form a product's surfaces on VR system." Concretely, we developed the system that investigates whether the aesthetic curved surface is created by what kind of parameter values. First, we measured the curved surface of people's face form, the natural objects, and handicrafts using the system, and identified their parameter values. We classified the measured curved surface according to the difference in the combination of the identified parameter values. Second, we developed the interface for creating a curved surface intuitively using the result. Third, we actually applied the developed system to the curved surface design of industrial products and reconstruction operation of the people's face in plastic surgery.

研究分野：デザイン工学

キーワード：曲線・曲面 視覚言語 デジタルアーカイブ ピクトグラム データマイニング ヴァーチャルリアリティ
 ティ 感性工学 GUI

1. 研究開始当初の背景

今日の NURBS などの有理化されたスプライン曲線を用いた CAD システムを用いても、意図する“美しい曲線”(定義は後述)の創成はきわめて難しい状況である。その原因として、スプライン曲線は、局所的な曲率の連続性を保証しているが、曲線の全体における大局的な形状変化特性(後述する自己アフィン性がその一種と考えている)はその創成条件として考慮されていないからである。また、Pal, Nutbourne, Farouki, さらに Farin らにより、美しい曲線を成立させる要因を探求する研究が近年なされているが、そのいずれの方法も研究代表者の提案する美しい曲線のベースとなる自己アフィン性を有する5つのタイプの曲線を完全には再現できない。

次に、平面曲線の性質を分析するにあたって、研究代表者(1994)は曲線の重要な性質である曲率変化の仕方とボリュームを同時に、直感的に理解しやすく定量化する方法を開発・提案した。また、工業製品や自然造形物における美しい平面曲線の性質についても、数千を超える分析結果に基づいて解明され、5つのタイプに分類されている。ここで、研究代表者らは、上記分析結果を基に、“美しい曲線”とは曲線全体を通して曲率変化に自己アフィン性(曲線の任意の個所を切り出し、アフィン変換[拡大/縮小/回転]することにより、それが元の曲線の別の個所の曲線形状に一致する性質)を有する曲線と定義した。現在、この定義は曲線創成の分野で多くの研究者に支持され、これに関する研究が盛んになりつつある。さらに、近年では、空間曲線にその理論を拡張し、曲率変化と捩率変化双方の定量化を行うとともに、反対にそれらを制御して、美しい空間曲線を得る可能性を示した(2006)。

現在までに、本定量化手法を空間曲線に拡張し、工業製品や自然造形物上の曲率線として表れる空間曲線の“性質(曲率変化と捩率変化)”を分析した結果、その多くの空間曲線においては、その曲率も捩率も自己アフィン性を有することが確かめられた。よって、曲率/捩率変化に自己アフィン性を有する空間曲線は、曲面創成の際の最小単位となる形の要素(デザインの分野では“視覚言語”と呼ぶ)になると仮説を立てた。また、現在までに、数学曲線や工業製品における空間曲線の性質を分析し、それを

裏付ける結果を得ていた。

しかし、工業製品、工芸品、さらに自然造形物の曲面を構成する空間曲線はどのようなパラメータ値を取るものが多いのか、また美的曲面を創成する場合、どのようなインタフェースを持った曲面創成システムが最適なのかは明らかになっていなかった。

2. 研究の目的

現在、工業製品の形状デザインに使用する曲面を創成する際、まずモデラーがクレイモデルを作成し、曲面の構成点や主要な断面線をデジタイザにより計測しコンピュータに入力する方法が未だ主流である。なぜなら、美しい空間曲線を何も事例がないところから CAD 上で創成することが極めて困難だからであり、ひいてはそれらの空間曲線から構成される美しい曲面も創成できない。

そこで、本研究では、「**様々な美しい曲面の定量的性質の解明とその結果を用いたデザイナーが複合現実(Mixed Reality)空間内において製品デザインを行うための直感的操作による造形支援システムの開発**」を目的とした。具体的には、次章で詳述する3つの課題に取り組んだ。

3. 研究の方法

具体的には以下のテーマについて研究を行った。

課題1 事例分析から曲面を構成するパラメータ値を同定する。【既存曲面分析段階】

美しい曲面がどのようなパラメータ値(どのような曲率変化、捩率変化を表した対数分布図のパターンか、また曲率プロファイルか)から構成されているかを調べるシステムを構築する。

200~300種の自然造形物(人の顔形状含む)、工芸品における曲面を計測し、パラメータ値を同定する。また、同定されたパラメータ値の組み合わせにより、計測した曲面を分類する。

課題2 曲面を直感的に創成するためのインタフェースを開発する。【曲面創成段階】

どのようなインタフェースを用いて曲面創成パラメータを制御するのが最適であるかを明確にする。

パラメータ値の変更により、曲面の形状(ハイライト特性など)がどのように変

更されるのかを定量的に検証する。

課題3 創成した曲面に新たな曲面を接続し、美しい曲面を得る。【曲面接続と検証段階】

曲面同士を接続するための新たなパラメータを定義する。

本研究で開発したシステムを実際に工業製品やキャラクターの曲面デザインに応用し、そのシステムの有効性を検証する。

4. 研究成果

本研究では以下に示す成果が得られた。

に関する研究成果：

まず、美しい曲面を構成するキーライン(主要な曲線や断面線)がどのようなパラメータ値(どのような曲率変化、掠率変化を表した対数分布図のパタンか、また曲率プロファイルか)から構成されているかを調べるシステムを構築した。これにより、さまざまな曲面の分析が可能となり、美しい曲面がどのような性質を持つ場合に成立するのかを解明できるようになった。【論文1, 4, 5, 6, 国際会議2, 3, 国内会議1, 2, 3, 5, 6, 7】

に関する研究成果：

まず、分析する自然造形物として、人の顔と動物の頭部を事例とした。人の顔の各部位(上眼瞼、前頭部、外鼻)における曲線を事例とした研究では、で開発したシステムを使って曲線を分析し、その曲率プロファイルのパタンから数種類に分類を行った。一例として、外鼻における曲線に関しては、日本人84人(18~24歳)の外鼻形状を撮影し、画像処理により輪郭曲線を抽出した。次に、外鼻形状の曲線について曲率プロファイルを用いて分析した。その結果を用いて、外鼻形状の輪郭曲線を5タイプ(A~Eタイプ)に分類できた。【論文5, 6, 国際会議2, 国内会議3】

次に、動物の頭部の曲線を事例とした研究では、ニホンオオカミをはじめとした8種の動物の頭蓋骨と頭部形状に現れる曲線の比較・分析を行った。その結果から和歌山大学が所蔵するニホンオオカミの頭蓋骨から本来の剥製の頭部形状を推定する研究を行った。この研究に関しては現在も継続中であり、さらに多くの動物の頭部形状における曲線を分析する予定である。【国内会議1】

に関する研究成果：

研究は大きく手や指の動きを用いたパラメータ制御に関するもの、ARを用いたインタフェースに関するもの、ならびに画面のメニュー(特にアイコンデザイン)に関する3つに分かれる。

まず、手や指の動きを用いて曲線のパラメータ制御し、直感的に曲面を創成するシステムを構築した。実験の結果、マウスやキーボード入力よりも直感的に制御でき、また精度も実用範囲であることが明らかになった。【国内会議5, 7】

次に、ARを用いた形成外科手術に用いる耳介再建位置決定支援システムの開発を行った。従来のテンプレートをを用いた再建位置決めより、短時間に精度よく位置決めができることが確認された。【国内会議6, 8】

さらに、直感的にコマンドが理解できるようにするためのアイコンデザインの分かりやすさに関して研究を行った。具体的には、アイコンのカラー化や動画化によって分かりやすさがどの程度向上するのかについて検証を行った。その結果、カラー化、動画化が有効であることが明らかになった。【論文2, 3, 7, 国際会議1, 国内会議4】

に関する研究成果：

曲面を創成するためのパラメータ値の変更により、曲面の形状(ゼブラマッピングを用いたハイライト特性など)がどのように変更されるのかを定量的に検証した。その結果、不具合曲面を創成してしまうパラメータ群を明らかにすることができ、その判定方法(曲率、掠率分布図)を開発できた。【論文4, 国内会議5】

に関する研究成果：

本研究で開発したシステムを実際に工業製品や形成外科における人の顔の曲面デザインに応用し、そのシステムの有効性を検証した。本研究では、人の顔の各部位において分類された曲線を用いた、形成外科手術の支援を目的としたテンプレート作成を行った。また、実際の形成外科手術においてその有用性の検証を行った。具体的には、本研究で開発したシステムを用いて曲線の創成を行い、実際の前頭部や外鼻の再建手術に適用した。その結果、従来の手術ではできなかったレベルの美しい曲線(面)を創成でき、再建手術を行った医師や患者から大いに評価された。【論文5,

6 , 国際会議 3 , 国内会議 3】

本研究では, 以上のような研究成果があった。ただし, に関しては, 現在のところ明確な方法を開発できていない。理由は, 拘束条件が幾通りか考えられ, そのうちのどれがもっとも効果的かを断定できていないからである。今後の課題として, 研究を継続中である。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

- 1) 渡邊隆介, 川上茉莉, 原田利宣: 日本人の上眼瞼形状の性質分析と男性らしさ/女性らしさへの影響, 日本感性工学会論文誌, Vol.15, No.3, 377-386, 2016
- 2) 大野森太郎, 金田幸裕, 原田利宣: ラフ集合理論を用いたアイコンの魅力度と分かりやすさに関する研究, デザイン学研究, Vol.62, No.2, 61-68, 2015
- 3) 大野森太郎, 上西綺香, 原田利宣: 色彩表現を用いたピクトグラムにおける視覚言語の抽出とその検証, 日本感性工学会論文誌, Vol.14, No.3, 391-400, 2015
- 4) 平野 亮, 原田利宣: 映り込み曲線の分析に基づく不具合映り込み曲面の形成要因の解明, デザイン学研究, Vol.61, No.4, 85-94, 2014
- 5) 渡邊隆介, 竹内舞, 原田利宣, 山田朗: 形成外科手術における QOL 向上を目指した日本人女性の前頭部における曲線質分析とテンプレート化, 感性工学会誌, Vol.12, No.4, 471-480, 2014
- 6) 原田利宣, 佐藤瑛, 山田朗: 形成外科手術への適用を考慮した日本人の外鼻形状における曲線の性質分析とテンプレート化, 感性工学会誌, Vol.12, No.4, 471-480, 2013
- 7) 大野森太郎, 原田利宣, 宗森純: 動画表現を用いたピクトグラムにおけるデザイン指針の提案, デザイン学研究, Vol.60, No.1, 95-102, 2013

〔国際会議発表〕(計3件)

- 1) Shintaro Ono and Toshinobu Harada: Analyses of the Comprehensibility and the Impressions of Dynamic Pictograms Using Color Expressions, IASDR2015, 4th November 2015, in Brisbane, Australia
- 2) Akira Yamada, Toshinobu Harada, et al.: PREFABRICATED "PROFILE" CURVE

TEMPLATES FOR FRONTAL ORBITAL REMODELING IN CRANIOSYNOSTOSIS, 15th International Congress of the International Society of Craniofacial Surgeons, #165, 10th September, 2013, in Wyoming, USA

3) Akira Yamada, Toshinobu Harada, et al.: TOTAL AURICULAR CONSTRUCTION NEW APPROACH WITH SIX TYPES OF FRAMEWORK TEMPLATES BASED ON NORMAL CURVE VARIATIONS, 15th International Congress of the International Society of Craniofacial Surgeons, #163, 10th September, 2013, in Wyoming, USA

〔国内会議発表〕(計8件)

- 1) 板倉七海, 酒匂一世, 原田利宣, 橋本唯子: 曲線(面)形状に着目したニホンオオカミの頭部形状の創成とその展示のための考察, 第204回 CVIM 研究会, 19, 2016, 九州大学(福岡市)
- 2) 渡邊隆介, 川上茉莉, 原田利宣: 日本人の上眼瞼形状の性質分析と眼に関する印象評価, 第17回感性工学会全国大会, B43, 2015, 文化学園大学(東京都)
- 3) 渡邊隆介, 竹内舞, 原田利宣, 山田朗: 形成外科手術における QOL 向上を目指した向上を目指した日本人女性の前頭部における曲線質分析とテンプレート化, 第16回日本感性工学会大会, A72, 2014, 中央大学(東京都)
- 4) 大野森太郎, 上西綺香, 原田利宣: 色彩表現を用いたピクトグラムにおける分かりやすさの分析とデザイン指針の提案, 第16回日本感性工学会大会, A11, 2014, 中央大学(東京都)
- 5) 池田聡一郎, 原田利宣: ジェスチャ操作による対数美的曲面創成システムの開発, 情報処理学会 グラフィクスと CAD 研究会, 2014, 理化学研究所 和光本所(東京都)
- 6) 渡邊隆介, 原田利宣, 山田朗: 耳介再建位置決定のための拡張現実感を用いた直感的なインタフェースの開発, 第15回日本感性工学会大会, D67, 2013, 東京女子大学(東京都)
- 7) 池田聡一郎, 原田利宣: ジェスチャ操作による対数美的空間曲線創成システムの開発, 情報処理学会関西支部大会, G-10, 2013, 大阪大学中ノ島キャンパス(大阪府)

8) 渡邊隆介, 原田利宣, 山田朗: 拡張現実感を用いた耳介再建位置決定支援システムの開発, 情報処理学会関西支部大会, 2013, 大阪大学中ノ島キャンパス(大阪府)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

HPによる研究成果の公開

<http://www.wakayama-u.ac.jp/~harada/cure/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

原田 利宣 (HARADA Toshinobu)

和歌山大学・システム工学部・教授

研究者番号: 80294304

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし