

平成 21 年 5 月 1 日現在

研究種目：基盤研究 (C)  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18500084  
 研究課題名 (和文) 視覚言語を用いた自然造形物のデジタルアーカイブ化に関する研究

研究課題名 (英文) Digital Archive of Natural Products with Visual Languages

## 研究代表者

原田 利宣 (HARADA TOSINOBU)  
 和歌山大学・システム工学部・教授  
 研究者番号：80294304

研究成果の概要：現在，工業製品のデザインで用いられている3次元CADシステムでは，面の接合部やコーナ部などの空間曲線を美しくなるように制御することが難しく，そのCADデータをもとに削りだしたクレイモデルをさらにモデルが玉成することで理想となる曲線（面）を作り出しており，その作業は多大な工数を必要としている。

そこで，本研究では，空間曲線の性質を定量化する手法の開発を行い，それを用いてさまざまな美しい空間曲線がどのような性質とその組み合わせでできているかを同定することを目的とした。具体的には，まず，空間曲線の性質を分析するシステムの開発を行った。次に，数学曲線や自然造形物，製品における空間曲線の曲率半径・捩率半径から曲率対数分布図，および捩率対数分布図を作成し，これらの空間曲線の性質を同定した。次に，本システムを応用し，曲面を構成する曲率線群の分析を行った。その結果，曲面の性質を定義する曲率線の性質とその接続位置の変化，さらにその組み合わせを同定することができた。最後に，曲率対数分布図，および捩率対数分布図から性質を制御した美しい空間曲線を創成するシステムの開発を行った。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,600,000	0	1,600,000
2007年度	600,000	180,000	780,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	420,000	3,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・データベース

キーワード：曲線・曲面，視覚言語，デジタルアーカイブ，自然造形物，データマイニング

## 1. 研究開始当初の背景

今日、日本の重要な輸出産業であるアニメーションや映画などの映像コンテンツ制作には、コンピュータグラフィックスが必要不可欠なものとなって久しい。その作品中に登

場する自然造形物もコンピュータ中で3次元モデリング化されたCGが用いられるようになってきた。しかし、それらの曲線（面）の造形（モデリング）は作家の感性に委ねられることが多く、その制作に多大な労力を必

要としている。なぜなら、作家たちは、昆虫の造形一つをとってみても、実際の昆虫の曲面を構成するキーライン曲線（曲面を特徴付ける主要な曲線を指す）の性質とはいかなるものであるか、どのような性質の曲線（後述する視覚言語にあたる）をどのように組み合わせさせて接続すればよいのか分からない（体系化・知識化されない）まま、写真や計測データなどから勘と経験のみで造形を行っているからである。

ヒトはある概念 (semantic) を表現する際、文字を配列し、意味ある文を作り出す (syntactics)。また、ヒトはものを造形する際にも、この言語システムと同様のシステムにより、ある形状的意味を表現するために、文字に対応する形の基礎となる形態要素（以下、これを視覚言語という）を組み合わせ、文に対応する形状を作り出している多くの研究者によって考えられている。

また、研究代表者らはこの十年余り、曲線（面）や面構造における視覚言語の抽出方法の開発と視覚言語の体系化を行ってきた。その結果、曲率単調曲線における“美しい曲線”を構成する視覚言語は、下右図のような5つのタイプに体系化することができた。さらに、それら視覚言語を用いたデザイン支援システムの開発にも取り組んできた。しかし、このデザイン支援システムは完成したが、任意の造形物の曲面を創成する際に、その造形物特有の曲面を明快に特徴付けるには、どのような曲線をどのように組み合わせるとよいのかのデータベースが構築されていないと、そのシステムも十分生かされないことが判明した。

## 2. 研究の目的

そこで、本研究では、前述の申請者らの曲線（面）における視覚言語の抽出と体系化に関する研究をベースとして、自然造形物（昆虫、植物、動物、石、自然現象など）の曲線（面）がどのような視覚言語とその組み合わせでできているかを同定する技術の開発とその同定を自動化したシステムの開発を行う。

また、デジタルコンテンツ制作に再利用するため、自然造形物の視覚言語化された曲面のデータベースを構築し、web 上でデジタルアーカイブとして広く公開することを目的とする。つまり、自然造形物の“図面集”の制作・公開と換言できる。ここで、研究対象を自然造形物としたのは、人工物はヒトが作ったものであり“図面”が存在するが、自然

造形物には“図面”が存在しないからである。また、これにより、自然造形物の醸し出す特有の美しさの本質的要因を解明でき、コンテンツ制作のみならず、家電や自動車といった工業製品の形状デザインに自然造形物の美しさを応用することもできる。

## 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う。

(1) 既に研究代表者らによって提案されている平面曲線用である曲率対数分布図を、3次元曲面を分析できるようにするため、空間曲線である曲面の曲率線に焦点をあて、分析方法を改良した。

(2) 実際に自然造形物（昆虫、植物、動物、石、自然現象など）の曲面（たとえば、蝶やカブトムシの羽根など）を計測し、上記で開発された手法により、その主要曲率線の性質を分析し、その視覚言語の組み合わせを同定する。200 種程度の自然造形物の計測を行った。

(3) 200 種程度の自然造形物の曲面を計測・分析し、“図面集”（データベース）化する。この“図面集”は、Web 上でデジタルアーカイブとして公開している。

(4) 実際に多くの自然造形物の視覚言語化された曲面をデータベース化した際、当然、種類は違えども似たような曲面もでてくるのが考えられる。そこで、制作者が創造したい曲面に近い自然造形物やその曲面を探索するシステムの開発も試みた。しかし、現代段階では、曲面以外のケーススタディ（中古車検索や画像検索）を用いて、ラフ集合を用いた検索方法のアルゴリズムの検討に留まっている。

## 4. 研究成果

本研究では以下に示す成果が得られた。

- (1) 空間曲線の性質（曲率、振率変化とボリューム）を分析する手法として曲率対数分布図と振率対数分布図による分析を提案した。
- (2) 本研究で提案する曲率対数分布図、振率対数分布図と計算上の曲率対数分布図、振率対数分布図を比較した結果、両図の傾きが一致した。これにより本研究で提案する空間曲線の分析手法の精確性を示せた。
- (3) 外観上シンプルで、また従来デザイナーや建築家によって作品に多用されてきた数学曲線（空間曲線）の曲率半径と振率半径から、曲率対数分布図と振率対数分布図を作成した結果、 $C$  curve、および  $T$  curve の

傾きが一定となり、それらの曲線が自己アフィン性を有することが確認された。

- (4) 工業製品に使用されている空間曲線を分析するため、計測点列から最適な近似曲線を求め、曲率対数分布図と振率対数分布図の作成を行う分析システムを開発した。
- (5) 実際に自然造形物や工業製品上のキーライン(空間曲線)を分析した結果、*C curve*, および *T curve* の傾きがおおよそ一定となり、それらがほぼ自己アフィン性を有するといえることが確認された。
- (6) 自然造形物や工業製品の曲面を構成する曲率線群の分析を行い、各曲率線の性質とそれらの曲率線がどのように構成されてその曲面ができてきているのかを明らかにした。

今後の課題として、以下のようなものが考えられる。

- (1) 空間曲線の性質を曲率対数分布図と振率対数分布図により同定できることは明らかとなったが、*C curve* と *T curve* の組み合わせによる空間曲線の性質とその空間曲線の印象に関してはまだ明らかになっていない。
- (2) 空間曲線分析システムにおいて、BICによって求めた最適な近似曲線は計測誤差などの影響により良い近似ではない場合がある。今後、BIC以外の評価基準を設定し、どのような場合においても良い近似曲線が得られるようにする必要がある。
- (3) 本研究は空間曲線の分析手法の提案とその分析手法の有効性の検証、そして本分析手法の応用例の提案を行ったが、提案した分析手法の有効性をより確かなものとするために、さらに多くの空間曲線や曲面の分析を行う必要がある。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 10 件)

### 【曲線(面)分析・創成関係】

- (1) 井上治郎, 原田利宣, 今井敏行: 自然造形物・工芸品における曲面の曲率線抽出とその性質分析, *デザイン学研究*, Vol. 54, No. 3, pp. 39-46, 2007.
- (2) 原田利宣: 工業デザインと美しい曲線, *精密工学会誌*, Vol. 73, No. 12, pp. 1291-1294, 2007.
- (3) 河野正之, 原田利宣, 吉本富士市: 図面への適用を考慮した視覚言語を用いたラフスケッチの清書化, Vol. 55,

No. 1, pp. 47-54, 2008.

- (4) 原田利宣: デザインのための「美しい曲線」再考, *デザイン学研究*, 55 巻 2 号, pp. 75-82, 2008.
- (5) 原田利宣: 感性品質に関連する美しい空間曲線の性質と創成, *日本設計工学会誌*, Vol. 43, No. 10, pp. 27-33, 2008.
- (6) 原田利宣, 河野正之: 美しく接続された視覚言語を用いたラフスケッチの清書化, *デザイン学研究*, 55 巻 5 号, pp. 55-64, 2009.
- (7) 井上治郎, 原田利宣, 今井敏行, 小島志織: 空間曲線の性質分析手法の提案, *デザイン学研究*, 第 55 巻第 5 号, pp. 65-74, 2009.

### 【データベース・マイニング関係】

- 1) Toshinobu Harada and Ryouzuke Tanaka: Analysis of Specifications for Web Screen-design Using Rough Sets, *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (JACIII)*, Fuji technology Press, 2006.
- 2) 榎本雄介, 原田利宣, 水谷政夫: 腕時計の選好分析におけるラフ集合と数量化理論第 II 類の比較研究, *デザイン学研究*, Vol. 53, No. 5, pp. 29-34, 2007.
- 3) 宮尾和樹, 原田利宣: SNS サイトの分類とユーザの価値観に基づくプロトタイプの構築, *デザイン学研究*, 第 5 巻, 第 1 号, pp. 81-90, 2008.

[学会発表] (計 13 件)

### 【曲線(面)分析・創成関係】

- (1) 原田利宣: 美しい空間曲線の性質とそれを応用した曲線創成, *日本精密工学会春季大会シンポジウム資料集*, 2007.
- (2) 河野正之, 原田利宣: 視覚言語を用いたラフスケッチにおける曲線の清書化システムの開発と応用, *グラフィクスと CAD 研究会報告*, Vol. 2007, No. 111, pp. 43-47, 2007.
- (3) 井上治郎, 原田利宣: 多項式による空間曲線の近似手法とそれを用いた性質分析, *グラフィクスと CAD 研究会報告*, Vol. 2007, No. 111, pp. 49-54, 2007.
- (4) 河野正之, 原田利宣: 視覚言語を用いたラフスケッチからの図面作成支援システムの開発, 08 感性工学会春季大会, pp. "4-23"-4-24, 2008.
- (5) 河野正之, 原田利宣: 図面化のため

の視覚言語を用いたラフスケッチの清書化, 07 人工知能学会全国大会発表概要集 1H1-2, 2007.

- (6) 萩原 徹, 井上 治郎, 小島 志織, 原田 利宣: 対数美的曲面の創成と曲面を構成する曲率線の性質分析, グラフィクスと CAD 研究会 第 133 回 研究発表会, 2008.
- (7) 萩原徹, 原田利宣: 対数美的曲面の創成アルゴリズムと VR を用いた曲面創成システムの開発, グラフィクスと CAD 研究会報告, 2009.
- (8) 伊丹裕美, 原田利宣: 手書き平面曲線からの対数美的空間曲線創成システムの開発, グラフィクスと CAD 研究会報告, 2009.

#### 【データベース・マイニング関係】

- (1) 山田悦明, 原田利宣: 判別分析を用いた WEB 販売システムの開発, 情報処理学会・関西支部大会 D-14, 2007.
- (2) 山田悦明, 原田利宣: 判別分析およびラフ集合を用いた Web 販売システムの開発, 第 10 回 Web インテリジェンスとインタラクション研究会, 2007.
- (3) 山田悦明, 原田利宣: 判別分析およびラフ集合を用いた WEB 販売システムの開発とその比較研究, 08 感性工学会春季大会, 2008.
- (4) 宮尾和樹, 原田利宣: WEB 画像を用いたデザインコンセプト立案支援システムの構築, 第 12 回 Web インテリジェンスとインタラクション研究会, 2008.
- (5) 宮尾和樹, 原田利宣: WEB 画像を用いたデザインコンセプト立案支援システムの構築-2, 第 13 回 Web インテリジェンスとインタラクション研究会, 2008.

[図書] (計 1 件)

- ①精密工学会・デジタルスタイルデザイン研究分科会: 「デジタルスタイルデザイン」, 海文堂, 2008.

[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/curre/index.html>

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

原田利宣 (HARADA TOSINOBU)  
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