

# 事例に基づくキャラクターデザイン支援に関する研究 - 曲率半径と周波数分析を用いた顔の曲面を構成する曲線の特徴抽出

Study on Character Design Assistance By Example  
- Features of Key-line Curves of Faces Using Curvature Analysis and FFT

山田浩子\*<sup>1</sup>  
Hiroko Yamada

原田利宣\*<sup>2</sup>  
Toshinobu Harada

片寄晴弘\*<sup>3</sup>  
Haruhiro Katayose

\*<sup>1</sup>和歌山大学大学院  
Graduate School of Wakayama University

\*<sup>2</sup>和歌山大システム工  
Wakayama University

\*<sup>3</sup>関西学院大理工  
Kwansai Gakuin University

The two-dimensional(2D) characters in games and animations are often made as solid model(figure) and computer graphics model, three-dimensionally. Moreover, we considered that character design is increasingly very important for an animation works.

Then, we took a figure, a Japanese doll and a doll-rica as exsamples. And the aim of this study was to clear differences among curves of these dolls' faces and how they were abstracted from people's faces. First, we measured three-dimensional(3D) data of some dolls and people's faces. And we got seven cross-sectional lines passing the points of expressing the faces' features. We regarded these lines as key-line curves of faces. Next, we analyzed these lines using curvature analysis and FFT, and applied the results of analysis to making the faces of dolls. As a result, we confirmed that the results of analysis was available.

## 1. はじめに

今日、ゲームやアニメ作品等に登場する2次元(2D)キャラクター(以下、アニメキャラ)が3次元(3D)CG化やフィギアとして立体造形される傾向にある。また、コンピュータ上で作成した3Dモデルを使用してアニメ用セル画を自動的に制作する方法が一般的になりつつある。つまり、3Dモデルは2Dのアニメキャラと表裏一体である。しかし、アニメキャラの3Dにおける造形様式に関する研究は未だ行われておらず、その造形様式は漠然と存在しているにすぎない。

そこで、本研究ではフィギアに加え、世界的に高い評価を受ける日本人形と、長期に渡ってシリーズ化されるリカちゃん人形\*<sup>1</sup>を事例として、それらの人形間における造形様式の違いや、人の顔をどのように抽象化しているのかを明らかにすることを目的とした。これにより、フィギアの特徴が明らかになり、ある被験者(女優など)を事例に、3Dモデルを創成するシステムの知識ベースの作成が可能となる。

## 2. 顔の曲面を構成するキーラインの抽出

### 2.1 データの計測と基準化

人7人、日本人形5体、フィギア7体、リカちゃん人形4体の計23サンプルを収集した。サンプルの収集条件として、その年代を人は10代後半から20代前半とし、フィギアにおいては、顔の部位が判別可能であるものを選別した(例えば、鼻が極端に省略されている人形を除くことを示す)。また、そのキャラクターの原作者、原型師、ジャンル等に偏りがないようにした。

計測には3Dデジタイザを用いた。本研究では人の顔の造形を左右対称であると仮定し、顔半面の形状データの獲得を行った。これより計測範囲は、顔の横方向に対しては顔の中心を通る正中線から耳まで、顔の高さ方向に対しては首から髪の毛の生え際までとした。

得られた点群座標データが各座標平面に平行・垂直になる  
連絡先: 山田浩子, 和歌山大学大学院, 〒640-8510

和歌山市栄谷930, Tel.Fax: 073-457-8483,  
s045056@sys.wakayama-u.ac.jp

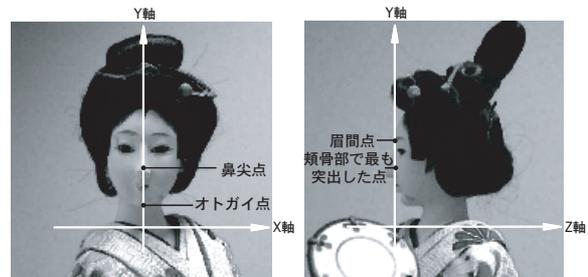


図1 データの基準化

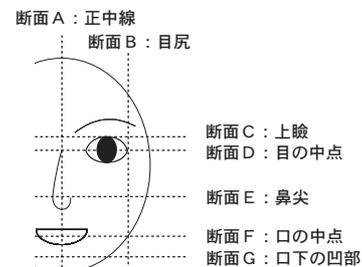


図2 顔断面計測部位

ように回転, 平行移動を行った。この作業を基準化と呼ぶ(図1)。

### 2.2 断面線の抽出

顔の特徴要素である目, 鼻, 口や顔表面の主な凹凸部に位置する点を「特徴点」と定義し, その座標値を計測する。その点を通る面上にある点群を抽出し, それらを顔の曲面の特徴をあらわすキーラインを構成する点群とした。

今回, 特徴点を外眼角点, 眼上点, 眼上点と眼下点の中心点, 鼻尖点, 上唇点と下唇点の中心点, 口部とオトガイ部の境界点とした。これらの点を通る断面と正中断面を合わせた計7断面において, 断面線を構成する点群を抽出した。以下, これらの断面をそれぞれ断面A, B, C, D, E, FおよびGと呼ぶ(図2)。

\*1 (株)タカラから1967年より現在に渡って発売される, 女兒玩具のロングヒット商品。

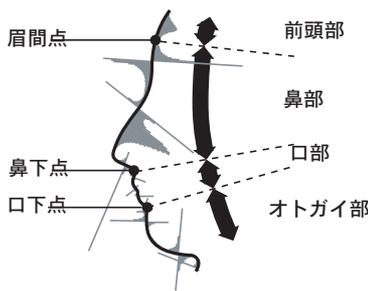


図3 断面Aの分割

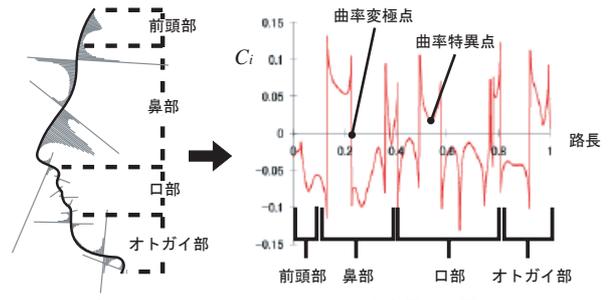


図4 無次元化を行った曲率半径変化図

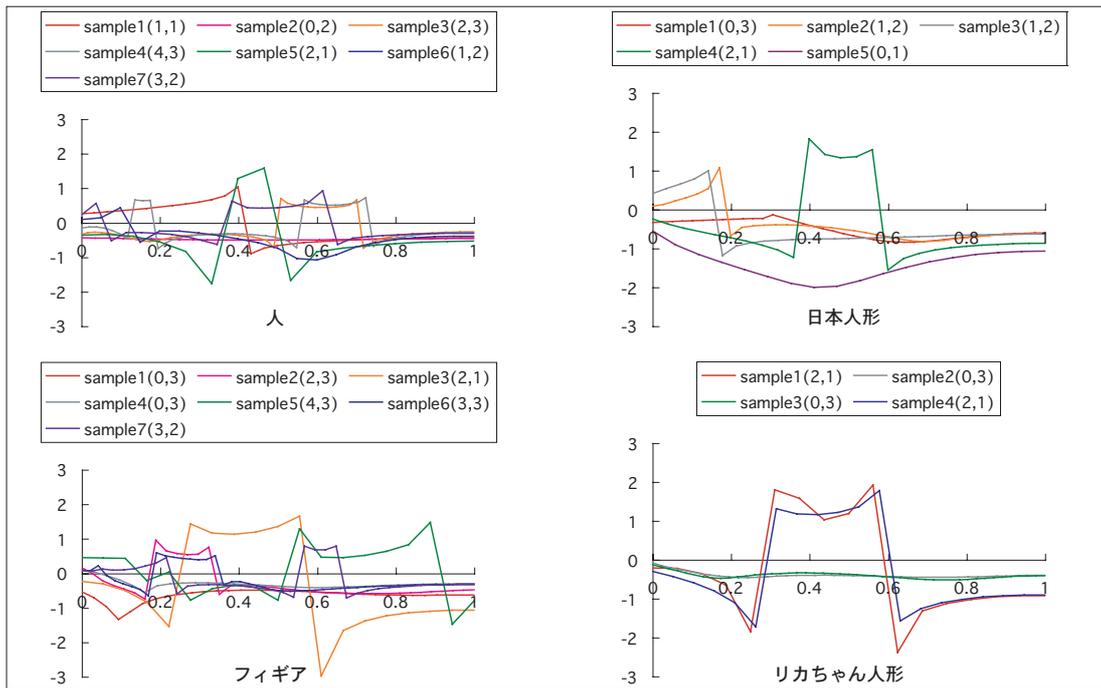


図5 断面A前頭部における曲率半径変化図

### 3. 曲率半径の変化から見た曲線の特徴解析

#### 3.1 曲率半径の算出

得られたデータに含まれる計測誤差による影響を最小限にするため、多項式を利用して滑らかな曲線への近似を行った。計測された点列データと多項式で近似した点列との残差二乗和が最小になるようにする。次数の決定にはベイズの情報量規準BIC(Bayes Information Criterion)を用い、この値を最小にする次数が最適なあてはめ次数であるとみなした。

#### 3.2 正中面における断面線の分割

正中面における断面線は顔の特徴要素である鼻、口を含む。断面線全体に対するその特徴要素の位置関係や全長に対して占める割合の差が大きいため、サンプル間の比較が困難となる。そこで、断面線の特徴要素ごとに分割する。前節で求めた曲率プロファイルを使用し、眉間部、鼻下部、口下部において曲率半径が最小となる点をそれぞれ眉間点、鼻下点、口下点と定める。これより、前頭部、鼻部、口部およびオトガイ部の4部位に分割する(図3)。この4部位を含めた計10部位において分析を行う。

#### 3.3 曲率半径変化図

これまで形の特徴解析によく使用された曲率プロットは、曲線の路長に対して曲率の値をプロットしたグラフであるため、曲線長の違いから生じる曲線のボリュームの違いを見ることができない。また、曲率変化の仕方を捉えづらい。この改善方法として、顔の外側に向かう曲率半径の符号を正、内側に向かう曲率半径の符号を負と置き直した値を全曲線長で割り、対数をとる。この無次元化した値をCiと定義し、

$$C_i = 10 \log \left( \frac{\rho_i}{S} \right) \quad (i=0,1,\dots,N)$$

$\rho_i$ : 曲率半径

$S$ : 全曲線長

であらわされる。ここで、断面A、Bの始点は生え際の点、断面C~Gの始点は正中線上の点とする。曲率半径変化図は横軸に全長を1とした路長、縦軸にCiをとることで求められる(図4)。ただし、正中面における曲率半径変化図は前述のように4部位に分けられ、別々に描かれる。また、曲率があらわれる方向が逆になる点を「曲率変極点」、単調減少から増加し始める点、または単調増加から減少し始める点を「曲率特異点」と定義した。

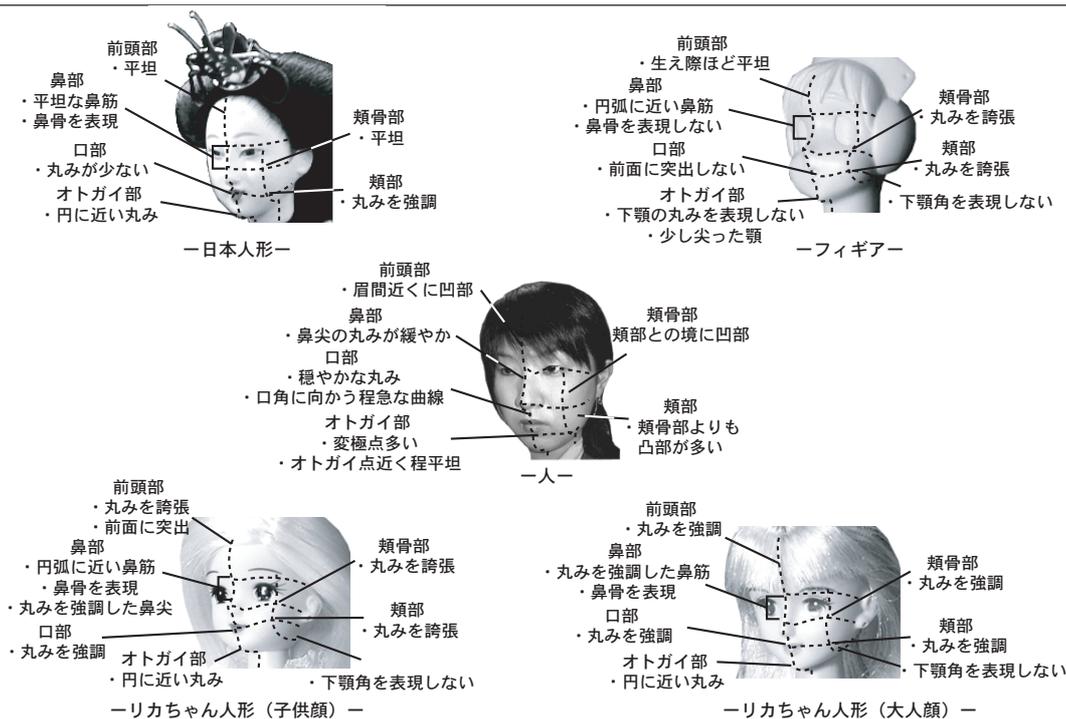


図6 人に対する人形の特徴

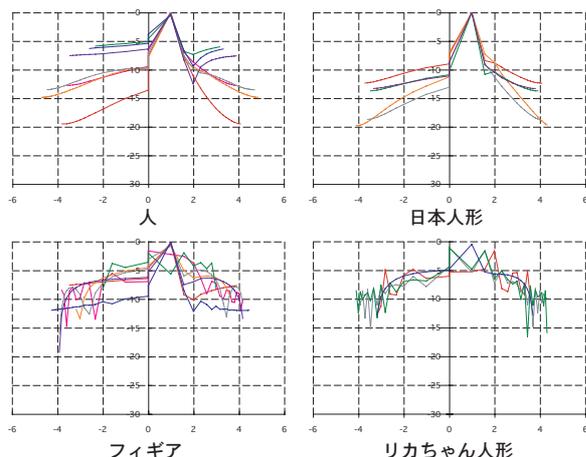


図7 断面A前頭部におけるパワースペクトル図

### 3.4 曲率半径のレベルから見た曲線特徴

人、日本人形、フィギア、リカちゃん人形の曲率半径変化における分析結果例を図5に示す。凡例中のサンプル番号後括弧内は(曲率変極点数, 曲率特異点数)を指す。得られた曲率半径変化図より、人に対して人形は図6のような特徴をあげられた。また、以下にその概要を述べる。

日本人形は、人に対して平坦な曲線が多いため、のっぺりした印象を与える。さらに骨格を表現し、顔下部に丸みを持つことが、すっきりした印象に加え、優しい印象をも与えると考えられる。これに対してフィギアは、凹凸部は曲率半径値が小さく、平坦部は曲率半径値が大きいメリハリのある曲線で構成される。この曲線が、アニメキャラのシャープで硬い印象を再現していると考えられる。またリカちゃん人形は、曲率変化の仕方も緩やかで、滑らかな曲線が多い。丸い曲線が多く使用されるため、優しい印象を与え、また目の大きさにより生じたゆがみを修正するため顔の横幅が大きいと

考えられる。子供顔であるもの(サンプル1, 4)と大人顔であるもの(サンプル2, 3)とではその特徴が異なった。子供顔であるものは、凹凸部は曲率半径値が人の約0.8倍となり、大人顔よりも小さい。また、大人顔であるものは断面A前頭部の全曲線長が短いため、曲率半径値が人の約2.2倍となり、子供顔よりもかなり大きい。

### 3.5 人形間における曲率半径のレベルからみた曲線の特徴比較

日本人形、人、フィギア、リカちゃん人形の順に平坦な曲線が多い。様々な部位において丸みを強調するリカちゃん人形とフィギアの類似してる点は多い。しかし、リカちゃん人形が丸みだけを強調するのに対し、フィギアは平坦な曲線、丸みを帯びた曲線の両方を誇張表現する点に違いが生じる。このことが要因となり、リカちゃん人形はフィギアよりも比較的人に近いと言える。日本人形はリカちゃん人形、フィギアと異なり平坦な曲線が使用されるため、受ける印象は違うが、頬部の丸みの強調表現はリカちゃん人形と類似する。

## 4. フーリエ変換を用いた周波数分析

### 4.1 パワースペクトルの算出

「かたち」の情報は概形とそれを補正する情報(明細)に分けられる[注2]。かたちに関する周波数分析ではいろいろな方法が考えられるが、本研究では広い応用範囲を持っているフーリエ変換を使用する。曲線を周波数領域に記述する方法として、点と点の間の方向ベクトルを用いたP型記述子[注3]を利用し、高速フーリエ変換(以下、FFT)を行った。次に、ゼロ周波数がスペクトルの中心になるようFFTの出力を再配置させる。縦軸にパワースペクトルを、横軸に周波数をとることであらわされる。

### 4.2 スペクトルのレベルから見た曲線特徴

人、日本人形、フィギア、リカちゃん人形の曲線分析を

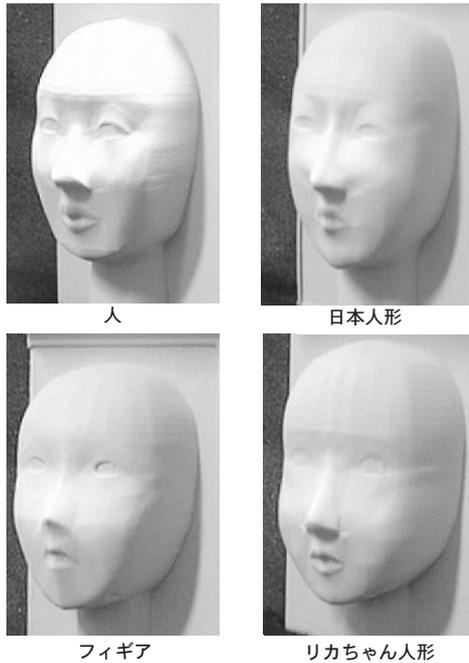


図8 作成したモデル

行った。パワースペクトルの算出結果例を図7に示す。その結果より、人はサンプル間による差異があまりなく、高周波域でのスペクトルの低下が緩やかである。また、断面A口部は、他の部位よりも高周波域でのスペクトルの低下が少ないという特徴がみられた。この人の特徴に対する各人形の特徴を以下に示す。

日本人形は、人よりも単純な曲線である部位が多く、特に鼻尖より上部においてはより単純である。断面Aオトガイ部、断面Bは人より複雑な曲線である。ここで“単純な曲線”とは曲線の凹凸部が少なく、簡略化された曲線のことであり、“複雑な曲線”とは曲線の凹凸部が多く、詳細化された曲線のことである。これに対してフィギアは、サンプル間による差異が大きい、全体的に人よりも単純な曲線である部位が多い。しかし、断面A前頭部においては複雑な曲線である。またリカちゃん人形は、人よりもパワースペクトル値の増減が少なく、また単純な曲線である部位が多いが、鼻尖より上部においては複雑な曲線である。

#### 4.3 人形間におけるスペクトルのレベルから見た曲線の特徴比較

断面A鼻部、口部、オトガイ部断面Bは、フィギア、リカちゃん人形、日本人形の順に単純な曲線である。横断C～Gは、リカちゃん人形とフィギアの結果が類似し、フィギアはリカちゃん人形よりも単純な曲線であるといえる。また断面A前頭部においてのみ、フィギア、リカちゃん人形は日本人形よりも複雑な曲線である。

### 5. 特徴解析結果の検証

#### 5.1 モデルの作成

ある被験者の顔から抽出した断面線7箇所データの3章で求めた日本人形、フィギア、リカちゃん人形の特徴解析結果を付加し、データを変換させた3Dモデルを作成する。各断面線における曲率半径やその変化の仕方、または人と比較したときの部位の省略、誇張等の情報を使用し、その特徴を人の顔に付加させ、人と人形の間位置する顔

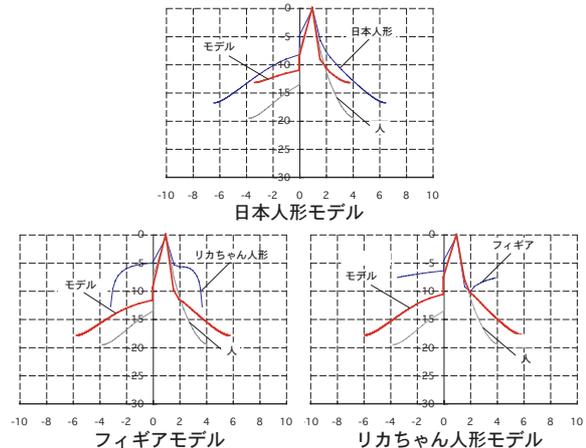


図9 作成モデル断面A前頭部比較パワースペクトル図

を作成する。モデルは3Dソフトで作成した後、簡易NC切削器(MODELA MDX-20)を用いて削りだした。そのモデルを図8に示す。

#### 5.2 特徴解析結果との比較検証

3, 5章と同様に、接触型デジタルマイザを用いて、作成したモデルの三次元形状計測を行うことから、FFTをかけてパワースペクトル図を作成するまでの一連の作業を行った。得られたパワースペクトル図を、4.2節で求めた人、日本人形、フィギア、リカちゃん人形のパワースペクトル図と比較する。比較には、それぞれの人形を代表していると考えられ、データ変換に使用したサンプルを用いた。その比較したパワースペクトル図の例を図9に示す。その結果、ほとんどの部位において作成したモデルは、基となった人より高周波域でのパワースペクトル値と各人形のパワースペクトル値の中間にほぼ位置づけられた。この解析結果より、周波数分析においては意図したモデルが作成できたことが確かめられた。

### 6. まとめ

本研究における成果は、曲率半径変化とスペクトル分析の観点から日本人形、フィギア、リカちゃん人形の人に対する造形的相違点や、これら人形間の造形的相違点を明確にすることができたことである。

今後の課題には、サンプルとして男性を用いた場合、子供を用いた場合などについても考えることや、サンプルごとに三次元形状の平均顔を求め、その断面線の曲線解析を行うことも考えられる。さらに、それらを知識ベースとしたアニメキャラの自動創成システムの開発も行いたい。

#### 注および参考文献

- 1) 吉本富士市, 原田利宣, 森山真光, 芳本芳英: 実数を遺伝子とした遺伝的アルゴリズムによるデータあてはめ, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.1, 70-82, 2000
- 2) 上坂吉則: かたちのスペクトル分析, 数理科学, No.246, 38-45, 1983
- 3) 上坂吉則: 閉曲線にも利用できる新しいフーリエ記述子, 電子通信学会論文誌, Vol.J67-A, No.3, 166-173, 1984
- 4) 東正毅, 毛利仁, 斉藤剛: 縮閉線に基づく曲率変化の滑らかな曲線, 曲面の生成(第一報), 精密工学会誌, Vol.48, No.11, 1891-1896, 1993