

## 事例に基づくキャラクターデザイン支援システムの開発

## Development of Character Design Assistance by Example

原田利宣<sup>\*1</sup>  
Toshinobu Harada

山田浩子<sup>\*2</sup>  
Hiroko Yamada

<sup>\*1</sup> 和歌山大システム工  
Wakayama University

<sup>\*2</sup> 和歌山大学大学院  
Graduate School of Wakayama University

Solid models (we call "figures") and 3D computer graphics models are often made on the basis of 2D characters in games and animation works. Demand of the technique about how to make solid model of human face is increasing, but those modelling patterns as a base of the technique is vague yet.

Then, we took figures, Japanese dolls, and licca dolls as the examples, and the aim of this study was to make the character design assistance system by the examples and to research the relation of face's outline between 3D model and 2D picture. First, we cleared the differences among curves of the dolls' faces and how they were abstracted from human faces. Second, we researched the differences of face's outline between Japanese dolls and ukiyoe, and between figures and 2D characters in some animation works. Third, we made the design assistance system, which outputted seven cross-sectional lines of doll's face reflecting an optional person face's features, by the use of the dolls' features obtained.

## 1. はじめに

今日、ゲームやアニメ作品等で存在する2次元キャラクターを3次元CGや立体造形(フィギュアと呼ぶ)する傾向にある。人の顔を立体造形する技術の需要は増加傾向にあるが、その造形様式は漠然と存在している。

そこで本研究では人の顔を表した造形物の中より日本人形、フィギュアおよびリカちゃん人形<sup>\*1</sup>に着目し、これらを事例として取り上げ、3次元モデルと2次元画像の輪郭線の関係性の明確化と事例に基づくキャラクターデザイン支援システムの開発を目的とした。まず、人形の顔の造形にはどのような相違があり、またどのように人の顔を抽象化しているかを明らかにした。次に、日本人形と浮世絵、フィギュアと2次元アニメキャラクターの顔の輪郭線の関係性を調査した。さらに、得られた人形の特徴を用いて、ある任意の人の顔の特徴を付加した人形の顔の断面線を出力するデザイン支援システムを開発した。

## 2. 曲線の特徴解析手法

本研究では、曲率変化図と曲率対数分布図[注1]の2つの手法に注目した。

## 2.1 曲率変化図

まず、多項式を利用して滑らかな曲線へのあてはめを行い、あてはめ曲線上のある点での曲率を算出する。次に、曲線の凹凸をより分かりやすく示すため、顔を例とした場合、顔の外側に曲率中心が向かう曲率の符号を正、顔の内側に曲率中心が向かう曲率の符号を負と定義する。これを符号化と呼ぶ。さらに、符号化した曲率値に全曲線長をかけ、無次元化した値である $\kappa'$ を縦軸に、横軸に全曲線長を1とした路長をとり、曲率変化図を作成する(図1)。

## 2.2 曲率対数分布図

まず、曲線を曲率単調曲線に分割する。次に、曲率単調曲線上の各構成点における曲率半径とその曲率半径が曲線上に現れる長さの関係を両対数座標系に表現し曲率対数分布図を作成する。

連絡先: 原田利宣, 和歌山大学, 〒640-8510  
和歌山市栄谷 930, Tel/Fax: 073-457-8483,  
harada@sys.wakayama-u.ac.jp

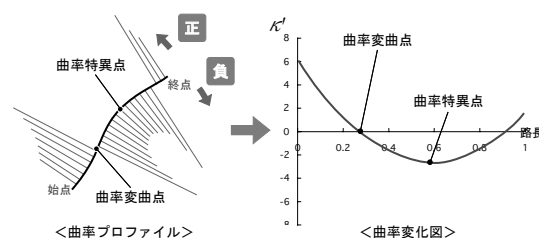


図1 曲率変化図

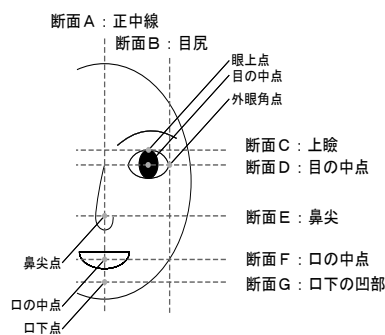


図2 顔断面計測部位

布図を作成する。

## 3. 曲線データの獲得

## 3.1 3次元モデルの断面線の獲得

## 3.1.1 3次元モデルのサンプル収集と形状データの獲得

人7人, 日本人形5体, フィギュア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、人は10代後半から20代前半とし、フィギュ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は除いた)。

<sup>\*1</sup> (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。

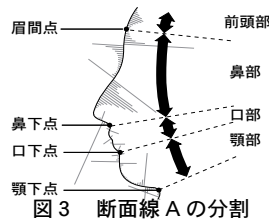


表 1 丸み強度

$K'$ の絶対値	丸み強度
0～5	*
5～10	**
10～15	***
15～	****

表 2 曲率変化図による 3次元モデル輪郭線分類結果

	丸み強度		サンプル数
	頬	顎	
日本人形	**	****	5
フィギュア	**	****	6
	***	***	

3.1.2 断面線データの抽出

顔の特徴要素である目、鼻、口上に位置する点や顔表面上に位置する曲率値の大きい点を「特徴点」と定義する。本研究では、特徴点を図2に示した6箇所とし、この点における断面線を構成する点列を抽出した。以下、これらの断面とその断面上を通る断面線をそれぞれ断面A～Gおよび断面線A～Gと呼ぶ。また、顔の特徴要素を含む断面線Aは図3のような4つの部位に分割する。

3.2 2次元画像、3次元モデル画像の輪郭線の獲得

3.2.1 2次元画像、3次元モデル画像のサンプル収集

2次元画像として、18～19世紀にかけて制作された浮世絵に描かれた女性の顔を浮世絵師20人に対して各2作品の計40サンプル、1980～90年代に制作されたアニメに登場する女性アニメ画稿の顔をキャラクター設定資料より40サンプル収集した。そのキャラクターの年代設定は10代後半から20代前半のものとした。

3次元モデル画像として、3.1節で使用した日本人形とフィギュアの写真画像を得た。撮影するにあたり、2次元画像と同様の角度から見た際の輪郭線を得るため、アニメ画稿の顔の回転角度を求め、3次元モデルを回転させた状態で撮影した。

3.2.2 画像処理による輪郭線データの獲得

前節において収集したサンプルにおいて、次のような方法を用いて顔の輪郭線データを獲得した。

- 1) 画像の取り込み
- 2) 画像の2値化
- 3) 輪郭線データの獲得 (一定方向に走査線を走らせ、走査線と境界との衝突点を輪郭座標点として抽出する)

4. 3次元モデルの断面線の特徴解析

3次元モデルの10断面線に対して符号化し、作成した曲率変化図より、人に対して次のことが考察された。日本人形は人に対して平坦な部分が多く、顔下部に丸みを持つ曲線で構成される。これに対してフィギュアは、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。またリカちゃん人形

表 3 曲率対数分布図による 3次元モデル輪郭線分析結果

	分析結果	サンプル数
日本人形	発散型+谷型	3
	谷型+発散型	1
	谷型+谷型	1
フィギュア	発散型+発散型	2
	発散型+谷型	1
	発散型+シングルR+発散型	1
	発散型+シングルR+谷型	1
	発散型+谷型+収束型+谷型	1
	発散型+谷型+谷型+発散型	1

は、曲率変化の仕方も緩やかで、滑らかな曲線が多い。また、子供顔であるものと大人顔であるものとはその特徴が異なる。凹凸部の曲率値が、子供顔であるものは人の約1.1倍となるのに対し、大人顔であるものは約1.15倍である。

5. 3次元モデルと2次元画像の関係性調査

前章において調査した3次元モデルの中より日本人形とフィギュアは、それぞれ浮世絵とアニメ画稿という2次元画像が基となっていると考えた。フィギュアとアニメ画稿の関連性は明らかであるが、日本人形と浮世絵も日本文化の歴史から少なからず関連性があると考えた。

5.1 2次元画像の輪郭線の特徴解析

5.1.1 曲率変化図から見た輪郭線の特徴

2次元画像の輪郭線に対して符号化し、作成した曲率変化図上の曲率変曲点と曲率特異点で輪郭線を区切り、浮世絵とアニメ画稿の輪郭線を3つの部位に分けた。さらに、曲線の丸みの強さを「丸み強度」とし、 $K'$ の絶対値に応じて\*の数を表1のように記した。各部位の丸み強度により、サンプルのタイプ分類を行った。

浮世絵の輪郭線は6つのタイプに分類できた。浮世絵の制作された年代が上がるにつれ頬と顎の丸み強度が大きくなり、同流派に属していた浮世絵師が描いた浮世絵は同タイプに分類される傾向がある。

アニメ画稿の輪郭線は6つのタイプに分類できた。凹部に比例して顎部の丸み強度が大きくなり、内部要素(目、鼻)の描き込みの程度やそれらが顔全体に対して占める割合、顔の縦横比によって分類される傾向がある。

5.1.2 曲率対数分布図から見た輪郭線の頬の特徴

2次元画像の輪郭線に対し、頬を曲率単調曲線に分割し、曲率対数分布図を作成した。

浮世絵の輪郭線の頬は6つのタイプに分類できた。主に頬の額側、顎側共に勢いのある曲線を使用して表現されることが明らかになった。

アニメ画稿の輪郭線の頬は4つのタイプに分類できた。主に額側、顎側共に勢いのある曲線を使用して表現されることが明らかになった。

5.2 3次元モデルの輪郭線の特徴解析

5.2.1 曲率変化図から見た輪郭線の特徴

3次元モデルの輪郭線に対して符号化し、作成した曲率変化図上の曲率変曲点と曲率特異点で輪郭線を区切り、日本人形とフィギュアの輪郭線を2つの部位に分けた。さらに、各部位に対して丸み強度を求めた(表2)。

日本人形の輪郭線の頬は平坦で、顎は丸みの強い曲線を使用して表現されることが明らかになった。

表4 曲率変化図による3次元モデル断面線B分類結果

	丸み強度		サンプル数
	類	顎	
日本人形	*	****	2
	**	****	3
フィギュア	***		3
	****		4

表5 曲率対数分布図による3次元モデル断面線B分析結果

	分析結果	サンプル数
日本人形	発散型+発散型	3
	発散型+谷型	2
フィギュア	発散型+谷型	3
	発散型+谷型+発散型+発散型	1
	発散型+谷型+谷型+発散型	1
	発散型+谷型+収束型+谷型	1
	発散型+谷型+収束型+発散型	1

フィギュアの輪郭線の頬は平坦で、顎は丸みの強い曲線を使用して表現されることが明らかになった。

### 5.2.2 曲率対数分布図から見た輪郭線の頬の特徴

3次元モデルの輪郭線に対し、頬を曲率単調曲線に分割し、曲率対数分布図を作成した(表3)。

日本人形の輪郭線の頬は勢いのある曲線を使用して表現されることが明らかになった。

フィギュアの輪郭線の頬はサンプルにより結果にばらつきがあるが、勢いのある曲線を使用して表現されることが明らかになった。

## 5.3 3次元モデルの断面線Bの特徴解析

### 5.3.1 曲率変化図から見た断面線の特徴

抽出した3次元モデルの10断面線の中より、2次元画像、3次元モデルの輪郭線に最も近い断面線Bをとりあげた。まず、断面線Bに対して符号化し、作成した曲率変化図上の曲率変曲点と曲率特異点で断面線Bを区切り、日本人形は2つの部位に分け、フィギュアは頬の位置を定義した。さらに、各部位に対して丸み強度を求めた(表4)。

日本人形の断面線Bの頬は平坦で、顎は丸みの強い曲線を使用して表現されることが明らかになった。

フィギュアの断面線Bの頬は丸みの強い曲線を使用して表現されることが明らかになった。

### 5.3.2 曲率対数分布図から見た断面線の特徴

3次元モデルの断面線Bに対し、頬を曲率単調曲線に分割し、曲率対数分布図を作成した(表5)。

日本人形の断面線Bの頬は発散型と発散型、発散型と谷型という2種類の曲率単調曲線の組み合わせで構成されることが多い。

フィギュアの断面線Bの頬はサンプルにより結果にばらつきがあるが、発散型か谷型の曲率単調曲線の組み合わせで構成されることが多い。

## 5.4 3次元モデルと2次元画像の特徴比較

### 5.4.1 3次元モデルの断面線Bと輪郭線の比較

#### 1) 日本人形

輪郭線に比べて断面線Bの方が、頬の丸みが強い傾向にある。また、輪郭線と断面線Bの頬がともに発散型と谷型の曲率単調曲線の組合せで構成され、勢いのある曲線を使用して表現されることが明らかになった。

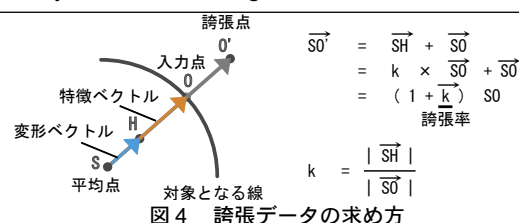


図4 誇張データの求め方

#### 2) フィギュア

輪郭線に比べて断面線Bの方が、頬の丸みが強い傾向にある。また、輪郭線の頬は断面線Bの頬と異なり、発散型や谷型の曲線をシングルRの曲線でつなぐ傾向があることが明らかになった。

## 5.4.2 2次元画像と3次元モデルの輪郭線の比較

#### 1) 浮世絵と日本人形

浮世絵に比べて日本人形の方が頬の丸み、顎の尖りが大きくなる傾向にある。また、日本人形の頬は発散型や谷型など勢いのある曲線を使用して表現されるのに対し、浮世絵の頬は収束型やシングルRといったたまりのある曲線も使用して表現されることが明らかになった。

#### 2) アニメ画稿とフィギュア

アニメ画稿に比べてフィギュアの方が頬の丸みは小さく、顎の尖りは大きくなる傾向にある。また、アニメ画稿に比べてフィギュアの頬の方が曲率単調曲線数が多く、フィギュアの頬の方が曲線が複雑であることが明らかになった。またフィギュアの頬は、アニメ画稿の頬には見られないシングルRや収束型といったたまりのある曲線も使用して表現されることが明らかになった。

## 6. デザイン支援システムの開発

ある任意の人の特徴を持つ人形のモデル作成を支援するシステムの開発を行う。本システムでは、ある任意の人の顔の断面線を入力し、4章の分析結果より得られた人形の曲線特徴に基づいてその断面線を変換し、変換させた断面線を出力することを目的とする。このシステムを使用して得た断面線を参考に、3次元モデリングソフト上でモデリングを行うことにより、ある任意の人の特徴を持つ人形のモデル作成が可能となる。今回はケーススタディとして、顔の正中線を構成する「前頭部」、「鼻部」、「口部」および「顎部」の4部位におけるシステムの開発を行った。

### 6.1 システムの機能

本システムは以下の3点において制御可能である。

- 1) 誇張度: 入力データを誇張する度合をあらわす。誇張度に応じて、入力データを強調した”誇張データ”を作成する。
- 2) 人形設定: 人形の部位ごとの断面線において求めた曲率のとりうる範囲内の数値に対応する変数をあらわす。人形設定に応じて、人形の特徴をあらわした”人形データ”を作成する。
- 3) 寄与度: 1)より作成した誇張データと2)より作成した人形データを合成する際における、人形データに寄与する度合をあらわす。寄与度に応じて、誇張データと人形データを合成した”合成データ”を作成する。

### 6.2 システム中のデータ処理

#### 6.2.1 誇張データの作成

本研究で用いる誇張データ作成方法は、似顔絵の作成によく参考にされる図4のような Brennan の方法を基本

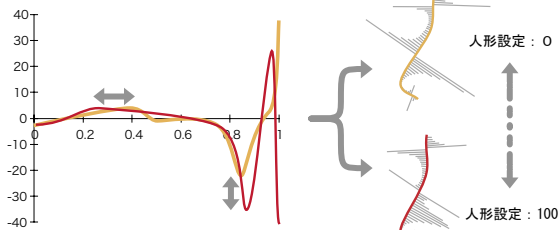


図5 曲率のとりうる範囲と人形設定の対応付け



図6 合成データの求め方

とした[注2]. 20体の人に対して、断面線を構成する各点列座標における曲率を求め、構成点ごとの曲率の平均値から曲線を再生成した[注3]. この曲線を”平均データ”と定義する.

### 6.2.2 人形データの作成

第4章の分析結果より人形の特徴をあらわした”人形データ”の作成を行う. 人形の部位ごとの断面線において曲率のとりうる範囲を設定し、人形設定の値と断面線の曲率の値を図5のようにを対応させた. 人形設定の値に応じ、その人形の部位の断面線がとりうる範囲内において曲率値を変化させ、その曲率値より曲線を再生成した.

### 6.2.3 合成データの作成

6.2.1節より得た誇張データと6.2.2節より得た人形データを合成した”合成データ”の作成を行う(図6). 人形データをD, 誇張データをE, 人形データへの寄与度をpとすると、合成データTは以下の式(1)であらわされる.

$$T = 0.01 \times p \times D + (1 - 0.01 \times p) \times E \quad (1)$$

### 6.3 試作モデルの作成とその検証

システムを用いて得た合成データを利用することにより、ある任意の人の特徴を持つ日本人形、フィギュアおよびリカちゃん人形(大人顔)のモデルを作成し、4章の分析結果が人形の曲線特徴を示し、またそれが人形作りの指針として有用であるかを検証する.

#### 6.3.1 モデルの作成

システムを用いて断面線A~Gについて合成データを作成した. それらの合成データを3次元モデリングソフトRhinoceros上で開き、図7のようにこれらを基に断面線を作成、配置した. 次に、それらの断面線に対して自動的に面を張り、図8のようなモデルを作成した. 作成したモデルは人形タイプに関わらず、誇張度、人形設定および寄与度を50に統一した場合、誇張度と人形設定を50に設定し寄与度のみを70に設定した場合、計6つのモデルを作成した.

#### 6.3.2 検証

前節で作成したモデルがサンプルにした人の特徴や人形の特徴を持ち、またシステムを用いて得た断面線が人

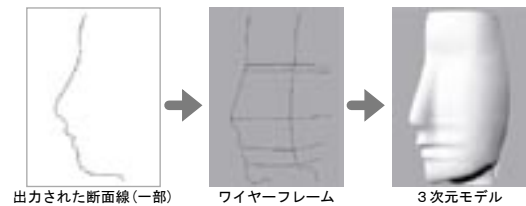


図7 モデル作成方法



図8 作成したモデル例(誇張度, 人形設定, 寄与度: 50)

形作りの指針として有用であるか検証するため,”サンプルとなった人が誰か認識できるか”, ”人形のタイプが認識できるか”の2点について5人に口頭で答えてもらった. それらを総合すると、以下のようなことがいえた.

- 1) 日本人形のモデルは人は認識できるが、寄与度が低くなると人形の認識が低くなる. 日本人形が人に対して部位の比率が近いことや骨格表現を持つためであると考えられる.
- 2) フィギュアとリカちゃん人形のモデルは人形は認識できるが、寄与度が高くなると人の認識が低くなる. フィギュアやリカちゃん人形が人に対して部位の比率や使用される曲線の表現が大きく異なるためであると考えられる.

これより、4章の分析結果は人形の曲線特徴を示しているといえ、また本システムを用いて得た断面線を用いて人の特徴を持つ人形のモデルが作成可能であることが明らかになった. また、意図したモデルを作成するには人形タイプによって人形の寄与度を配慮する必要があることが推察された.

### 7. まとめ

本研究における成果は以下のようなものである.

- 1) 曲率変化図や曲率対数分布図を用いて、3次元モデルの断面線、2次元画像の輪郭線の特徴を求めることができた. また、2次元画像と3次元モデルの関係性が明らかになった.
- 2) 本研究で用いた手法により人形の曲線特徴が求められ、また本システムを用いて得た断面線を用いて人の特徴を持つ人形のモデルが作成可能であることが明らかになった.

今後の課題としては、2次元画像の特徴を付加した断面線を作成するシステムを作成することがあげられる.

### 注および参考文献

- 1) 原田利宣, 森典彦, 杉山和雄: 曲線の性質に関する定量研究, デザイン学研究, Vol.40, No.6, 9-16, 1994
- 2) V. ブルース, 吉川佐紀子訳: 顔の認知と情報処理, サイエンス社, 73-74, 1990
- 3) 渡辺由美子, 齊藤剛: 曲率パターンを指定した曲線の生成法, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.3, 1196-1203, 1999