

感性言語を用いた基本形状構築システムの開発

80021475 太田学 指導教員 青山英樹

1. 緒言

消費者の嗜好が多様化するとともに、工業製品は機能性とともにより意匠性もその商品価値を決定する重要な要因となってきた。意匠設計の高度化が要求されているが、従来の CAD システムでは、デザイナーの感性を阻害することなく形状イメージを表現する機能は十分ではなかったため、意匠設計に関して十分な支援ツールとなっていなかった。

意匠設計の初期段階において、デザイナーはコンセプトを基に形状イメージを具現化していく。この段階で、感性を基に三次元形状を簡便に構築・修整できるならば形状イメージを具現化するプロセスを支援できる。本研究では、設計対象を自動車とし、その意匠設計プロセスを支援することを目的として、デザイナーが形状を表現する用語（本研究では感性言語と言う）により三次元形状の構築・修整を実現するシステムを開発する。

2. システムの概要

2.1 感性言語

提案するシステムでは、デザイナーが感性言語を用いてモデル形状の構築・修整を行う。このときに用いる感性言語をシステムに登録し、これを用いて形状の構築および修整を自動的に行う。表 1 はシステムに登録した「形状を表す感性言語」と「変形の程度を表す感性言語」の 1 例である。形状を表す感性言語は「全体的な形状を表す感性言語」と「部分的な形状を表す感性言語」に分類される。

表 1 登録した感性言語

| 形状 | 全体 | スピーディーな、かわいらしい ゆったりとした、フォーマルな |
|----|------------------|----------------------------------|
| | 部分 | 丸い、鋭い、角張った |
| 程度 | たくさん、すごく、少し、ちょっと | |

2.2 基本形状の構築・修整方法

2.2.1 システムの流れ

本システムは、全体形状の構築・修整システムと部分形状の修整システムからなる。全体的な形状の構築・修整は、感性言語を因子分析してそれに含まれる共通因子を抽出し、バックプロパゲーション法によるニューラルネットワークを用いて、その共通因子の因子負荷量と形状を関連づけることにより実現されている。部分的な形状の修整は、制御点要素による独自の曲面式^[1]を用いて実現されている。

2.2.2 全体形状の構築・修整方法

(a) 感性言語の因子分析

設計の際に用いられる感性言語は多く、これらすべての言葉に対して形状を関連づけることは困難である。そこで、本研究では、12 種類の自動車形状に対して 10 個の感性言語がどの程度対応しているかを 5 段階で評価した 18 人のアンケートを基に因子分析を行い、感性言語を共通因子と因子負荷量で定義している。

(b) 自動車の構成要素

図 1 は自動車の基本形状を示しており、10 個の形状パラメータを用いて全体的な自動車形状が決定される。

(c) 感性言語と基本形状との関連付け

図 2 は、全体形状を表す 10 個の形状パラメータを出力層

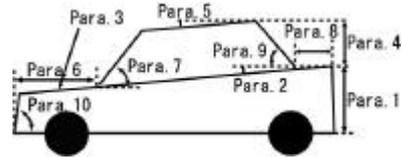


図 1 自動車の構成要素

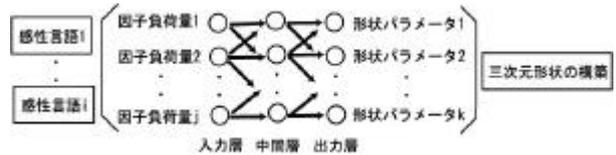


図 2 構築したニューラルネットワーク

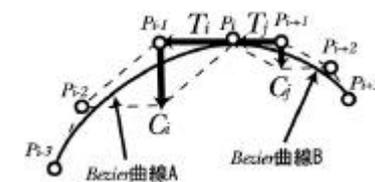


図 3 Bézier の連続条件



図 4 Bézier 曲面の分割

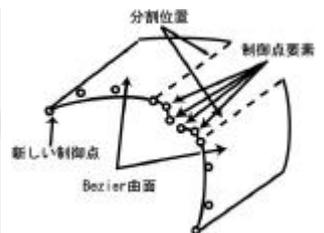


図 5 制御点要素の導出

としたニューラルネットワークを示している。ここで、感性言語を因子分析したときの共通因子の因子負荷量をニューラルネットワークの入力層としている。アンケートを基にニューラルネットワークの教師データを獲得し学習を行った。システムに感性言語を与えたとき、その感性言語を定義する因子負荷量が導出され、入力層に与えられる。その結果、形状パラメータが決定され感性言語に対応した全体形状が求められる。複数の感性言語が与えられたとき、それぞれの感性言語を定義する因子負荷量が加算され、入力層に与えられる。

(d) 全体的な形状修整方法

基本形状構築システムにより提示された基本形状がデザイナーの形状イメージに対応しないとき、提示された形状に対して感性言語を入力することにより全体的な形状の修整を行うことが可能である。感性言語がシステムに入力されると感性言語に対応した重みが因子負荷量に乘じられ、新たな因子負荷量がニューラルネットワークに与えられ、修整された形状が再提示される。

2.2.3 基本形状の部分的な修整方法

本研究では、Bézier 曲面を用いて形状を構築している。図 3 は、接続された二つの三次 Bézier 曲線とその制御点を示している。同図において、三次 Bézier 曲線の二次微分を連続に接続するためには以下の式(1) 式(2)を満足しなければならない。ここで、 s は弧長比を表している。

$$T_i = s \cdot T_i \quad (1)$$

$$C_i = s^2 \cdot C_i \quad (2)$$

しかし、これらを満足させながら形状を制御することは容易ではない。そこで本研究では、制御点要素¹¹⁾を用いた曲面式を用いて曲面の連続性を維持しつつ形状修整を容易に行うことを可能にしている。図4に示すように与えられた2つの基本 Bézier 曲面を細分割法¹²⁾により分割する。次に、図5に示すように、分割された Bézier 曲面を延長することにより得られる制御点を制御点要素とし、これより曲面を構築する。このときの延長する大きさを弧長比と定義する。システムに「部分的な形状修正を表す感性言語」を入力すると、分割位置と弧長比を変更することにより、二次微分まで連続に保ちながら、曲面の局所的な形状制御することが可能になる。

2.3.4 「程度を表す感性言語」による形状修整方法

基本形状に対する形状修整をどの程度行うのか「変形の程度を表す感性言語」で指定することができる。程度を表す感性言語は、因子負荷量へ乗ずる重み係数を意味している。

2.3.5 学習機能

感性言語の因子分析に用いたデータは、アンケートから得られており、回答者の平均的な感性から基本形状が構築されている。本研究では、使用者（デザイナー）がシステムを使い込んでいく中で、システムがその操作を記憶し、そのデータを基に因子分析を行い、その結果得られた因子負荷量をニューラルネットワークの学習データとすることにより、システムが使用者個人の感性に適合したシステムへと進化できる。

2.3.6 追加した入力機能

科学技術の発展とともに現在の CAD システムも年々高機能化してきており、現在のキーボード、マウスなどの入力デバイスだけでは操作が複雑になってきている。このため、使用者は操作に意識が奪われ、創造的活動が阻害される問題点¹³⁾が指摘されている。そこで本研究では、煩わしい CAD システムの操作を排除するため、音声により感性言語を入力する機能と形状修整部位を視線により選択する機能を付加し、操作が煩雑になる問題を解決した。

3 システムの実行と評価

3.1 全体形状の構築・修整方法

(a) 感性言語の因子分析

自動車の形状イメージに関するアンケートを基に因子分析を行った結果、5つの因子を得ることができ、それぞれの感性言語に対する因子負荷量を得ることができた。

(b) 感性言語による基本形状構築システムの評価

因子負荷量とそのときの形状パラメータを基にニューラルネットワークに学習を行わせた。未学習データを用いてニューラルネットワークの汎化能力実験を行い、全体形状構築システムの評価を行った。この結果、最も大きな誤差が生じたのは形状パラメータ10の0.176で、誤差の平均は0.046となり、ニューラルネットワークの有効性が確認できた。

(c) 感性言語による全体形状修整システムの評価

感性言語による全体形状の構築システムにより、図6に示される自動車形状が構築された。この全体基本形状に対して、「スピーディーに」という感性言語を入力すると、システムは自動的に形状パラメータを算出し、その形状パラメータをもとに全体基本形状を再構築した。その結果を図7に示す。これより、感性言語による全体的な基本形状修整が十分に行われたことが確認できた。

3.2 感性言語による部分形状修整システムの評価

図6の基本形状のエッジ部分に対して、「丸く」という感

性言語を入力すると、図8に示される自動車形状が構築された。これにより、曲面の局所的な形状制御が十分に行われたことが確認された。

3.3 「程度を表す感性言語」による形状修整結果

図6の基本形状に対して「すごくスピーディーに」と入力した結果、図9に示した形状が得られた。図7と比べた結果、「よりスピーディーな」形状が得られている。

4 結言

本研究は、設計対象を自動車とし、感性言語により簡単に操作し、意匠設計プロセスを支援するシステムの開発を行った。本研究は以下に示すようにまとめられる。

1. 感性言語を因子分析し、10個の感性言語を5つの共通因子と因子負荷量で定義した。
2. 感性言語を用いて全体形状の構築・修整を行うシステムを構築した。
3. 感性言語を用いて部分形状の修整を行うシステムを構築した。
4. 「程度を表す感性言語」を用いて基本形状に対する形状修整をどの程度行うのか指定することが可能となった。
5. システムが使用者個人の感性を学習する機能を付加した。
6. 感性言語を音声に入力する機能と形状修整部位を視線により選択する機能を付加した。

表2 感性言語の因子分析結果

| | 因子1 | 因子2 | 因子3 | 因子4 | 因子5 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| かゆいらしい | 0.300 | 0.886 | 0.065 | -0.110 | 0.021 |
| スポーティーな | -0.894 | -0.309 | -0.120 | 0.264 | 0.014 |
| カジュアルな | 0.064 | 0.914 | 0.110 | -0.157 | -0.046 |
| フォーマルな | 0.160 | -0.563 | 0.668 | -0.003 | -0.008 |
| やわらかい | 0.090 | 0.819 | -0.175 | 0.263 | 0.020 |
| 安定感のある | 0.876 | -0.056 | 0.377 | 0.114 | 0.174 |
| ゆったりとした | 0.824 | 0.493 | 0.176 | -0.066 | -0.109 |
| 力強い | 0.912 | -0.022 | 0.341 | 0.145 | -0.056 |
| 高級感のある | 0.247 | 0.036 | 0.945 | 0.017 | -0.076 |
| あきのこない | 0.358 | 0.134 | 0.881 | -0.064 | 0.098 |

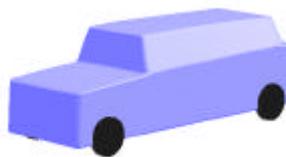


図6 構築した基本形状

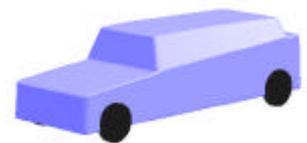


図7 全体的な形状修整結果



図8 部分的な形状修整結果



図9 形状修整結果

[1] H.Aoyama, I.Inasaki, T.Kishinami, K.Yamazaki: A New Method for Constructing a Software Model of Sculptured with C2 Continuity from a Physical Model, JSPE, (1994).

[2] 嘉数侑昇・古川正志: CAD/CAM/CG のための形状処理工学入門, 森北出版株式会社, (1995). 70.

[3] 田野俊一: 人間の知的で創造的な活動を支援・阻害する情報システムの分析, ヒューマンインタフェースシンポジウム, (1999). 791.