

形状特徴の定量化に基づく形状デザインに関する研究

Study on Shape Design Based on Quantification of Shape Characteristics

80718084 吉田真也(Shinya Yoshida) Supervisor 青山英樹(Hideki Aoyama)

1 緒言

消費者嗜好の多様化に伴い、機能とともに外観形状が製品の魅力に大きく寄与し、コンセプト設計・意匠設計が製品開発において重要な課題となっている。外観形状設計はデザイナーの美的感覚に強く依存する創造活動であり、理論的な裏づけの基に行うことは難しい。製品形状を具現化するにはデザイナーの感性のみではなく、製品の用途、機能を考慮して決定することはもちろん、どのようなデザインが消費者に求められているかを考慮し、製品設計に反映させていくことが要求されている。

このため、製品開発の初期段階においてデザイナーが要求されるコンセプトやイメージを基に製品形状を創発するプロセスにおいて、工学的・定量的指標に基づく設計支援や嗜好予測が得られるならば、消費者の要求に応えた設計の実現を高めることが可能となる。

本研究では、実際に販売されてきた製品形状データを基に形状特徴を定量的に表現し、近い将来の消費者嗜好を予測するとともに、形状特徴量を用いて形状イメージを融合して新たなデザイン解を導出する手法を提案することを目的としている。

2 形状特徴の定量化に関する考察

プロトタイプ理論¹⁾は人の顔の認知に関連した研究に多く用いられており、似顔絵を描く手法に対してもこの理論を適用することができる。すなわち対象者の顔と平均的な顔との差分を故意に誇張することにより、各人固有の特徴を表現しようとするものである。この似顔絵を工学的に作成したものを誇張画と呼び、誇張率という指標を導入することで平均からの逸脱具合を操作することが可能となっている。本研究では、プロトタイプ理論と誇張率を車のフロントマスク（正面図）形状の認知²⁾に応用し、その認知に関する指数が時系列的に変化する傾向から、近い将来に流行すると予想される自動車形状を予測する手法を提案する。

また形状の特徴を定量化する手法の一つとして、固有空間法がある³⁾。これは対象となる形状のデータ点群を主成分分析することにより固有値と固有ベクトルを算出し、固有値の大きい少数の固有ベクトルを基底とすることによりデータ量を減らすことができるとともに、形状の特徴を失わずに再構成することが可能な手法である。ここで算出された固有値を形状特徴を表す指数とし、年代ごとの自動車形状の特徴を把握する手法を提案する。さらに、この指数が時系列的に変化

する傾向から、近い将来に顧客から好まれる自動車形状の固有値を予測し、固有ベクトルと組み合わせることで形状を創成するデザイン手法を提案する。

3 プロトタイプ理論に基づく形状特徴の定量化とトレンド形状予測

自動車のフロントマスクについて、過去 10 年間(1996～2005 年)に発売された 34 車種のフロントマスク形状の考察を行った。フロントマスク形状を構成する輪郭形状において、以下の形状を対象とした。

- ・ フロントマスク外形状輪郭
- ・ ヘッドライト形状輪郭
- ・ グリル形状輪郭
- ・ エアインテーク形状輪郭
- ・ フロントガラス形状輪郭

各形状について、その自動車の全幅を基準として正規化し、実売台数を重み付け係数として各年度の平均形状を導出して各年度のプロトタイプを求めた。図 1 は、一例として、2005 年度のプロトタイプを示している。各年度のプロトタイプモデル（年度平均）と、全年度のプロトタイプモデル（全平均）との差分を誇張率として算出し、誇張ベクトルを年度時系列データとして導出した。年度時系列誇張ベクトルデータを x 座標、y 座標ごとに年度 t による関数として近似し、年度に対する外挿法により将来形状の予測を試みた。近似関数としては、下記の関数を検討した。

- ・ ラグランジュ補間法（9 次関数）
- ・ スプライン補間法（3 次関数）2 種類
- ・ 最小自乗法（1 次～8 次関数）
- ・ 移動最小自乗法（1 次～8 次関数）

過去 10 年間(1996～2005 年)の形状データの中で、過去 9 年間(1996～2004 年)のフロントマスク形状データから年度時系列誇張ベクトル近似関数を求め、2005 年度の形状データを予測し、その形状と実際に 2005 年に発売された形状データを比較し、最も精度良く予測できる外挿法を検討した。その結果、スプライン補間法の直線外挿による予測形状と実販売された形状の差が最も小さいことが明らかとなった。図 2 は 2005 年度の予測結果と実際の形状を示しており、予測形状は実形状に対して極めてよく一致している。

上記のように、実売自動車の年度ごとのプロトタイプの変化を年度時系列誇張ベクトルデータとして抽出し、同データのスプライン近似関数により近未来に顧客から好まれる形状を推定することの可能性が示された。

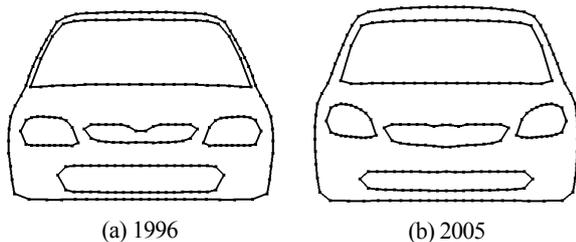


Fig. 1 Prototyping Models of 1996 and 2005

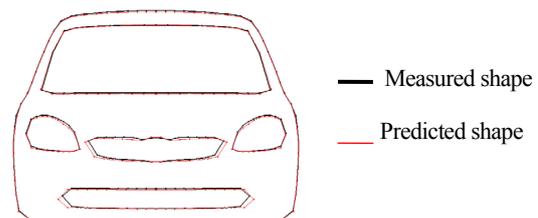


Fig.2 Measured and predicted shapes by Spline interpolation

4 固有空間法に基づく形状特徴の定量化と形状創成

5つの自動車メーカ 64車種のフロントビューを構成するフロントマスク、ヘッドライト、グリル、エアインテーク、フロントガラス、キャラクターラインとサイドビューを構成するサイドマスク、キャラクターラインの輪郭形状について、自動車の全幅を基準として正規化し、実売台数を重み付け係数として平均形状を求めた。自動車ごとに、前述の8つの形状輪郭点の座標に対する年度ごとの平均形状の対応輪郭点座標の差分形状ベクトルを導出する。フロントマスク外形状輪郭の場合、左右対称形状であるため実データの頂点数は右側データ(37点)のみを使用することとし、2次元データであることから各輪郭点について x, y 座標が割り当てられているため、差分形状ベクトルの次元数は右側データの2倍(37×2=74)となる⁹⁾。この差分形状ベクトルより分散共分散行列を生成し、固有値と固有ベクトルを求める。固有値が大きい順に固有ベクトルをソートすることで、第1固有ベクトル、第2固有ベクトルと重要な意味を持つ順に取得できる。

このように求めた任意の固有ベクトルを平均形状の各形状構成点に加えるまたは減じることにより、その固有ベクトルがもつ形状特徴を視覚的に表すことが可能となる。またどのような平均形状を基にするかによって、固有ベクトルが示す形状特徴の意味合いが変わる。例えば、あるメーカの平均形状を基にした差分形状ベクトルから分散共分散行列を生成して得られる固有ベクトルは、そのメーカの自動車形状が共通的にもっている形状特徴(メーカの形状特徴を意味する)とそのメーカの自動車形状には共通化されていない形状を分離することができる。すなわち、その固有ベクトルにより、各自動車メーカの形状特徴(形状DNA)を分離・抽出できることになる。また同一シリーズ車種の平均形状を基に差分形状ベクトルを求めその分散共分散行列の固有ベクトルより、そのシリーズ車種の形状特徴(共通的に表れている形状部分とそれ以外の部分)を把握することができる。

上記の手法をシステムとして実装し、任意のメーカ、任意のシリーズ車種ごとに形状特徴を表示し、そのメーカあるいはそのシリーズの特徴を維持しながら、別のメーカ、別のシリーズの特徴を加味した形状を創成するシステムを開発した。図3は開発した形状特徴表示・形状創成システムのインターフェイスを示している。

図4(a)は典型的なセダン型形状を示しており、同図(b)はスポーティなイメージの車種形状を融合した結果を示している。また、図5は形状を融合する際の座標点の生成法を示している。同図(a)は注目している輪郭点の固有ベクトルが大きい場合、同図(b)は注目している輪郭点の固有ベクトルが小さい場合の輪郭点の移動量を示しており、固有ベクトルの値によって輪郭点の移動量を決定している。このように、各メーカ、各車種のイメージを維持しつつ他の形状イメージを付加した形状創成が可能となり、多様なデザイン解の導出に対する支援システムとして有効と考えられる。

5 結言

プロトタイプ理論に基づき、販売された製品形状から各年のプロトタイプを構築し、全販売製品形状から求められたプロトタイプに対する各年のプロトタイプの誇張率・誇張ベクトルを求め、誇張ベクトルと各年の関係よりデータの外挿式を適用することで、近い将来に消費者が好むと予想される形状の誇張ベクトルを予測し、それにより消費者が嗜好する形状を提案する手法を構築した。

また、固有空間法に基づき、販売された製品形状の輪郭点群座標から固有値と固有ベクトルを算出し、固有値と固有ベクトルによりメーカやシリーズ車種の形状特徴を定量化する手法を提案した。同手法を用いてメーカやシリーズ車種の形

状の固有イメージと変動イメージを視覚的に表現するシステムを開発し、既存の形状に対して別の製品イメージを融合することにより新たな形状特徴を創発する機能や、近い将来に消費者が好むと予想される形状を予測する機能などをもたせ、多様なデザイン解の導出に対する支援システムとして活用できることを示した。

参考文献

- [1] 原田利宣, 森典彦: 自動車フロントマスクデザイン認知の分析, デザイン学研究, Vol.45, No.2, (1998), 11-16.
- [2] 高橋紀哉, 原田利宣, 吉本富士市: 人の顔の認知と自動車のフロントマスク認知に関する比較研究, デザイン学研究, No.149 (2002), 27-36.
- [3] 徐光哲, 金子正秀, 樽松明: 固有空間を利用した計算機による似顔絵の生成, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J84-D-II, No.7 (2001), 1279-1288.

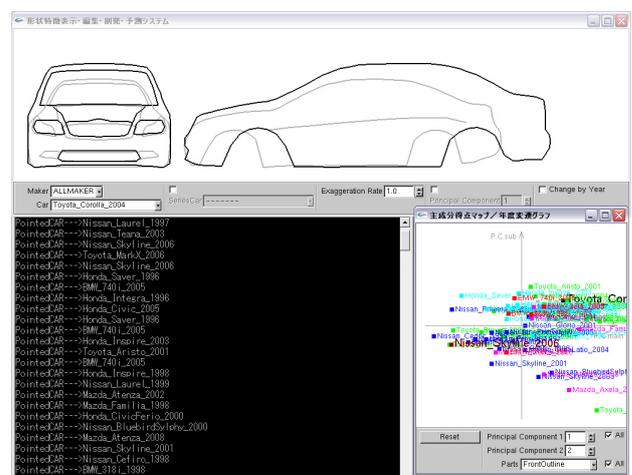


Fig.3 Shape Characteristics Display and Operation System

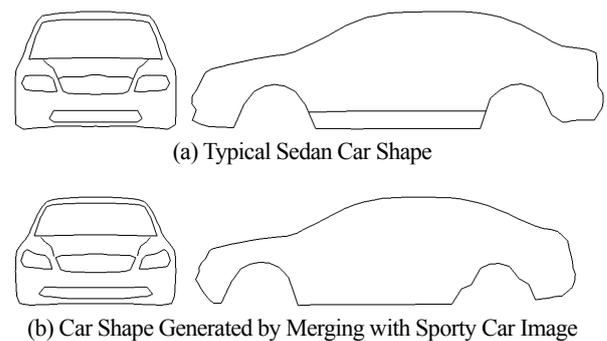


Fig.4 Sample of Shape Generated by Image Merging

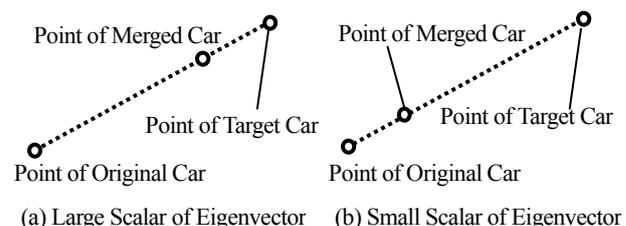


Fig.5 Merging Process of Image