

令和 6 年 6 月 9 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19K04137

研究課題名(和文) 誘導場による画像情報の定量化に基づくユーザーに好まれる製品形状の研究

研究課題名(英文) A study on product shape preferred by users based on quantification of visual information using induction field

研究代表者

三島 望 (Mishima, Nozomu)

秋田大学・理工学研究科・教授

研究者番号：00358087

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では製品の形状画像からの数値的な特徴を抽出した上で、感性評価結果との相関を解明することを目的とした。研究では、製品の概念設計段階における設計支援法として、誘導場を用いた感性評価の実験を行った。椅子、自動車などのグレースケール画像を作成し、画像の誘導場解析と階層分析法によるアンケートを実施した。その後、誘導場解析結果から得た評価関数と、階層分析法により定量化された感性評価結果との相関を求めた。結果として、結果として、総合重要度と誘導場の積分値、最大-最小差には負の相関、総合重要度と誘導場強度の平均値に正の相関があることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一連の研究では、視覚の誘導場理論に基づき、画像から抽出した特徴量と、AHPを用いた感性評価結果との相関を求めた。再現性があり、解釈が可能な相関が認められた特徴量としては誘導場の平均値があげられる。その結果、オフィスチェア画像においては、各画像の総合重要度が負の相関を示し、自動車画像においては“個性的な”という評価項目における評価値と正の相関を示した。オフィスチェアにおいては、視線の集中を招かない画像が全体として印象が良く、自動車においては、視線の集中を招く画像が個性的であると評価されることになる。本研究の手法により、製品形状に対する評価を定量化することにより効率的な設計支援が可能となる。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study was to extract numerical features of product shapes and to show the correlation with the Kansei evaluation results. The theory of "induction field of vision" was used to extract the numerical features of product shapes. In order to evaluate people's preferences of product shape Analytical Hierarchy Method was used. By finding correlations of two methods, it would be helpful in supporting the conceptual design stage of a product. The study provided grayscale images of office chairs, automobiles, etc., and conducted a questionnaire to clarify the preferences of observers on product shapes. The, the correlation between the evaluation functions obtained from the distributions of induction field of vision and the Kansei evaluation results were calculated. The comparison results suggested that for products expected to be user-friendly, there is a negative correlation between the average strength of the induction field of vision and the preference of the observers.

研究分野：設計工学

キーワード：視覚の誘導場 階層分析法 感性評価 製品形状

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年は生活水準の向上や製造業の市場規模拡大により、ユーザーニーズが多様化してきている[1, 2]. 各メーカーはこのニーズの変化に応じた商品開発を行わなければ競合に置き去りにされてしまう. そのような中、必ずしも、製品の性能/機能だけでなく、外観に対する印象が製品の評価に結びつく場合がある. この考え方にに基づき、製品の形状に対する印象を数値化することを試みられてきた. 抽出した数値的特徴と、外観形状に対する感性評価結果とを比較して、一定の相関が観測されれば、ユーザーに好まれる製品形状を明らかにすることができるからである.

2. 研究の目的

本研究では製品の形状画像からの数値的な特徴を抽出した上で、感性評価結果との相関を解明することを目的とする. 形状画像からの特徴抽出方法として、視覚の誘導場[5]という認知科学上の概念に基づき、画像の特徴を数値化し、抽出した数値的特徴量と感性評価結果との比較し、どのような特徴をもった画像がユーザーに好まれるかについて明らかにすることを試みる. 画像の特徴と対比させる感性評価は AHP (Analytical Hierarchy Process) を用いて行う.

3. 研究の方法

(1) 視覚の誘導場

視覚の誘導場とは、図形の周りに静電場のような場を仮定し、パターン認知や錯覚など視覚による現象を説明する概念である. 元々はこのような心理的概念であるとされていたが、近年の研究では視覚の誘導場は網膜が持つ生理的な機能の一部であることが明らかにされており、その機能が数理モデル化されたことで実用に至った. さらに、視覚の誘導場は感性評価の有効性が期待されている. 例えば女性の髪型に対する視覚の集中の研究[3]や、スマートフォンの形状評価の研究[4]などに用いられてきた. これらのことから、画像印象を評価し特徴量を算出する手法として視覚の誘導場を使用することは有効であると判断する.

本研究の視覚の誘導場の計算には、葛らが考案したモデル[5]を使用した. このモデルは網膜の生理的特性を元に計算するものである. 視細胞が受けた情報は網膜を通過して脳内に送られ、その際に形状の認識に有利なように網膜が情報を加工して脳へ送っていることが分かっており、この加工により視覚の誘導場が生まれている. 葛らのモデルによれば、画像のある位置 (x, y) における網膜の出力 $S(x, y)$ は次式で与えられ、この値が視覚の誘導場の強度を表す. 式中の $L(\xi, \eta)$ は、位置 (ξ, η) における視細胞が受容した光刺激の強さである. 今回の場合、解析画像の位置 (ξ, η) における画素が持つ値と対応する. 解析画像は 256 階調のグレースケール画像であるため、 $L(\xi, \eta)$ は 0~255 の値を取りうる. また、 Δs は位置 (x, y) を中心とした受容野の面積である. そして重み関数 w は、DOG (Difference of Gaussian) 関数で記述できる.

$$S(x, y) = \int_{\Delta s} w(x - \xi, y - \eta) L(\xi, \eta) d\xi d\eta \quad (1)$$

ここで、 $L(\xi, \eta)$ は、位置 (ξ, η) における視細胞が受容した刺激の強さである. 網膜への入力になる値であり、今回の場合、解析画像の位置 (ξ, η) における画素が持つ値と対応する. 解析画像は 256 階調のグレースケール画像であるため、 $L(\xi, \eta)$ は 0~255 の値を取りうる. また、 Δs は位置 (x, y) を中心とした受容野の面積である. そして重み関数 w は、DOG (Difference of Gaussian) 関数で記述できる.

(2) 特徴量の抽出

基礎式 (1) により算出した各点の誘導場の強度の値から、自動車形状全体の特徴を表す以下の 3 つの数値的特徴量を算出する.

- ポテンシャルエネルギー (PE): 形状が持つ印象強さを表すとされる[6]
- 誘導場の最大値と最小値の差 (DI): 形状の鋭さに関係すると言われている
- 誘導場の平均値 (AVE): 視線の集中に関わるとされる[5]

本研究では、抽出した特徴量と感性評価結果との相関を求め、ユーザーに好まれる画像の数値的特徴を明らかにすることを試みる. また、 PE , DI , AVE はそれぞれ以下の式で表される. ただしここで、 p は誘導場の強さ、 $A(p)$ は等ポテンシャル面の面積、すなわち誘導場が p となる部分の面積である.

$$PE = \int p \cdot A(p) dp \quad (2)$$

$$DI = S_{max} - S_{min} \quad (3)$$

$$AVE = \frac{\sum_{i=1}^n p_n}{A} \quad (4)$$

4. 研究成果

(1) オフィスチェア形状の感性評価への適用

これまでの研究[7]では、提案した手法を主として形状評価が製品の総合的評価に直結しやすい製品の代表としてオフィスチェアに適用し、感性評価結果と視覚の誘導場理論に基づき抽出した画像の特徴量との相関を分析した。次の図1が対象とした形状である。これらの画像に対して階層分析法を用いて感性評価を行った。評価基準とその相対重要度を表1に、各評価基準にもとづく8種類のオフィスチェア画像の評価結果を図2に示す



図1 解析対象としたオフィスチェア画像

表1 評価基準の相対重要度

集中	柔らかか	モダン	エレガント	リラックス	重厚
0.299	0.137	0.120	0.094	0.277	0.074

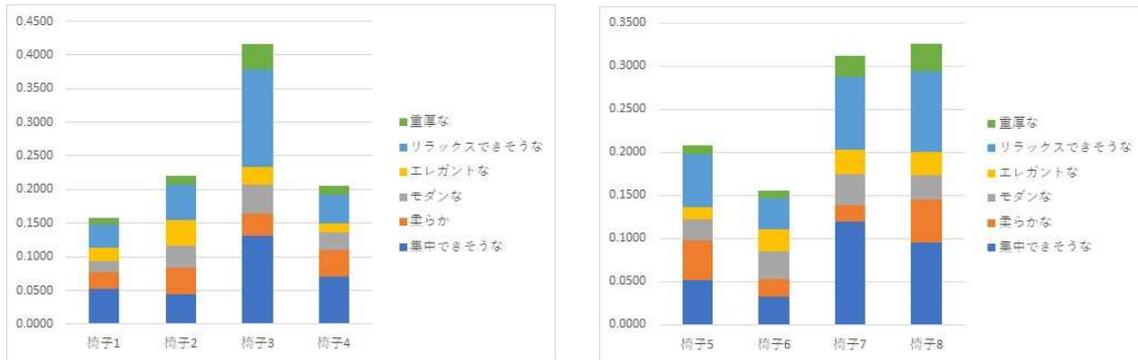


図2 オフィスチェア画像の総合重要度とその構成

(2) 視覚の誘導場解析結果との相関

図1に示した8種類のオフィスチェア画像に対して、視覚の誘導場強度分布および3種類の特徴量を計算したうえで、画像の総合重要度との相関係数を計算した結果を表2に示す。結果は、3種類の特徴量のうち、唯一AVEのみは、椅子1~8全体として、感性評価結果と中程度の負の相関をもつことが示された。このことは、AVEの低い、より視線の集中を招かない画像の方が椅子としての外観の評価が高いことを示している。このようにオフィスチェアを対象とした分析では、“視線の集中しない”画像の方が観測者の評価が高いこと示された。次なる疑問はこの傾向が他の製品においても成り立つか、特に、形状よりも性能、機能がより重視される製品においても同様の傾向が見られるか、という点にある。そこで本研究では、分析対象を自動車画像に変更して、同じように視覚の誘導場を用いた解析を試みた。

表2 各特徴量と各評価基準により評価値との相関

(a) 椅子1~4について			(b) 椅子5~8について		
PE	DI	AVE	PE	DI	AVE
0.969	0.904	-0.465	-0.190	-0.098	-0.473

(3) 自動車形状の感性表評価への適用

以下に示す 4 枚の自動車画像を用意し、これらの画像を用いて誘導場解析と感性評価を行った。これらは、自動車カタログの宣材写真から、車体の全体像が認識できるものを選び、「線の太さ」や「消す線」、「残す線」などを統一するようにグレースケールの線画に編集した。



図3 解析対象とした4種類の自動車画像

図3の4枚の自動車画像に視覚の誘導場理論に基づく解析を行い、画像の特徴量を抽出した。その結果、表3に示すとおり、 PE の最大値は自動車①の 9.38×10^{16} , DI の最大値も自動車①の 1.11×10^5 , AVE は自動車②の 5.77×10^9 が最大値であることが分かる。

表3 自動車画像に対する誘導場解析の結果

	PE	DI	AVE
自動車①	9.38E+16	1.11E+05	5.63E+09
自動車②	8.49E+16	9.82E+04	5.77E+09
自動車③	9.07E+16	1.06E+05	5.68E+09
自動車④	8.68E+16	1.01E+05	5.73E+09

(4) 階層分析法による感性評価結果との相関

階層分析法 (AHP) を実施するにあたり、評価基準の一対比較の結果を表4に示す。「燃費が良さそう」が全体の約3割を占めてもっとも高い値であった。自動車購入にあたり多くのユーザーは燃費を一番重要視しており、次いで車内の広さ、高級感が重要視されていることがわかる。これら6項目の評価基準のうち「燃費が良さそう」、「加速力がありそう」、「車内が広そう」は、自動車の機能、性能を評価する項目として導入した。代替案の総合重要度の結果とその内訳を示すグラフを図4に示す。図から自動車②が高く評価されていることがわかる。また、自動車②は評価基準としては最も重視される「燃費が良さそう」の項目が重要視されておらず、「親しみやすい」、「車内が広そう」以外の4項目が同程度に重要視されているのが分かる。また、「親しみやすい」、「高級感のある」、「個性的な」の外観を評価する3項目だけで過半数の重要度を占めている。このことから、自動車購入の意思決定においてはデザイン面も重要であることが示唆される。

表4 評価基準の相対重要度

評価基準	相対重要度	評価基準	相対重要度
親しみやすい	0.108	燃費が良さそう	0.292
高級感のある	0.166	加速力がありそう	0.139
個性的な	0.121	車内が広そう	0.174

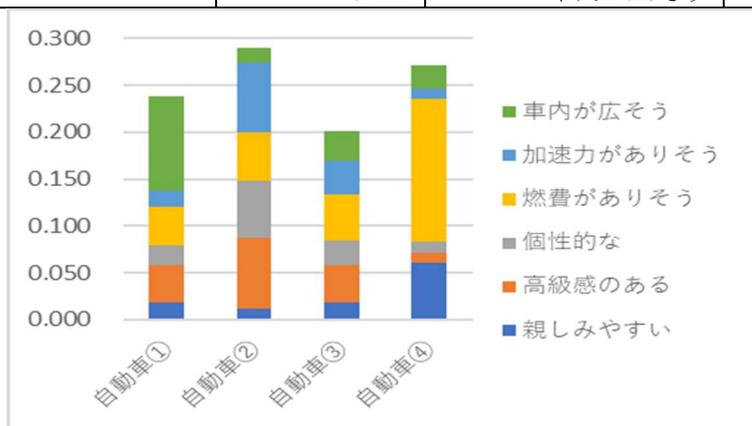


図4 4種類の画像の相対重要度とその構成

誘導場解析により算出した評価関数と AHP により算出した重要度の相関係数を表 5 に示す。表より、総合重要度と *PE*, *DI* には強い負の相関、*AVE* は強い正の相関があることが分かる。その他の評価基準では、「車内が広そう」や「加速力がありそう」に相関が見られたが、これらの項目は画像印象だけでは無く、実際の燃費、客室容積など、より性能/機能が重視される製品における特徴量と評価結果の相関を解明するうえで重要である。まず、次の表 5 は抽出した特徴量と、各評価基準と総合重要度に対して、特徴量との相関がみられるかを分析した結果である。

今回は製品の機能、性能に関する評価項目、外観に対する評価項目を同列に評価することを試みたが、性能に関する評価項目については画像印象では無く、回答者の有する知識や経験に基づいて回答している可能性は高く、画像印象との相関については検討する必要がある。その中で“個性的な”という外観の印象が強く影響すると考えられる項目において、特徴量 *AVE* と評価値が正の相関をとっており、オフィスチェア画像における結果とは逆になっている。表 5 の結果だけをみれば、視線の集中を生じさせる画像が個性的であると認知されていると推測される。

表 5 各評価値、総合重要度と抽出した画像の特徴との相関

相関の対象	<i>PE</i>	<i>DI</i>	<i>AVE</i>
親しみやすい	-0.254	-0.244	0.187
高級感のある	-0.258	-0.265	0.315
個性的な	-0.519	-0.525	0.570
燃費が良さそう	-0.455	-0.447	0.393
加速力がありそう	-0.568	-0.576	0.623
車内が広そう	0.880	0.886	-0.895
総合重要度	-0.750	-0.741	0.720

(5) 画像特徴量と感性評価結果の相関；製品による違い

一連の研究では、視覚の誘導場理論に基づき、画像から抽出した特徴量と、AHP を用いた感性評価結果との相関を求めた。再現性があり、解釈が可能な相関が認められた特徴量としては *AVE* があげられる。その結果、オフィスチェア画像においては、各画像の総合重要度が *AVE* と負の相関を示し、自動車画像においては“個性的な”という評価項目における評価値と正の相関を示した。オフィスチェアにおいては、視線の集中を招かない画像が全体として印象が良く、自動車においては、視線の集中を招く画像が個性的であると評価されることになる。これまでの研究においても、使いやすい、親しみやすいなどの評価項目は *PE* ないし *AVE* と負の相関を示す場合が多く、個性的な、高性能そうな、などの評価項目は正の相関を示す場合が多く見られた。感性評価項目のうち、どの項目が全体評価に寄与するかは製品により異なる可能性がある。

(6) まとめ

本研究では、製品の概念設計計段階における設計支援法として、誘導場を用いた感性評価の実験を行った。自動車のグレースケール画像を作成し、画像の誘導場解析と AHP によるアンケートを実施した。その後、誘導場解析結果から得た *PE*, *DI*, *AVE* の 3 つの評価関数と、AHP により定量化された各重要度との相関を求めた。結果として、総合重要度と *PE*, *DI* には負の相関、*AVE* には正の相関があることが示唆された。

参考文献

- [1] 国土交通省、「第 3 節 多様化を支える社会への変革の遅れ」、国土交通白書 2021
- [2] 山本孝: 多様化時代における新製品生産化企画, 生産管理, 5 卷(1998), 1 号, pp.25-28
- [3] Mishima, N.: Quantification of Shape Design and Its Correlation with User's Preference, Proc. of Transdisciplinary Engineering, 10, (2019), 252.
- [4] 長石道博: 視覚の誘導場による感性評価, 認知科学, 10, 2(2003), 326.
- [5] 中村雅英, 吉原未沙, 田村オリエ, 杉山渉: 誘導場による感性の評価, 機械工学(C 編), 76, 767(2010-7), 1728.
- [6] 葛盛, 斉藤俊, 呉景龍, 伊良皆啓治: On 中心型網膜受容野モデルによる錯視の成因分析, 生体医工学, 44, 4(2006), 576.
- [7] Mishima, N. et. Al.: Quantification of User's Preference on Product Shapes Using Automobile as a Case Study, Proc. of Transdisciplinary Engineering, 16, (2021), 547

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Nozomu Mishima, Taiga Toyoshima	4. 巻 16
2. 論文標題 Quantification of user 's preference on product shapes using automobile as a case study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advances in Transdisciplinary Engineering	6. 最初と最後の頁 547,555
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3233/ATDE210135	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kenta Hirose, Nozomu Mishima	4. 巻 84
2. 論文標題 Eco-efficiency Evaluation of Modular Design Smartphones	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Procedia CIRP	6. 最初と最後の頁 1054,1058
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.procir.2019.04.189	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Mishima Nozomu	4. 巻 1
2. 論文標題 Identification of Product Specifications Based on KANO Model and Application to Ecodesign	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Manufacturing Driving Circular Economy (GCSM 2022)	6. 最初と最後の頁 781, 789
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nozomu Mishima	4. 巻 10
2. 論文標題 Quantification of Shape Design and Its Correlation with User 's Preference	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transdisciplinary Engineering for Complex Socio-technical Systems	6. 最初と最後の頁 252,260
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3233/ATDE190130	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Nozomu Mishima
2. 発表標題 QUANTITATIVE EVALUATION OF LANDSCAPE WITH AN OFFSHORE WIND TURBINE ARRAY
3. 学会等名 Grand Renewable Energy 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小島龍, 三島望
2. 発表標題 視覚誘導場を用いた製品デザインの評価
3. 学会等名 設計工学会東北支部講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nozomu Mishima
2. 発表標題 Quantification of user's preference on product shapes using automobile as a case study
3. 学会等名 TE2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nozomu Mishima
2. 発表標題 Quantification of Shape Design and It's Correlation with User's Preference
3. 学会等名 TE2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nozomu Mishima
2. 発表標題 Quantitative Evaluation of Product Shape and it's Application to Eco-efficient Design
3. 学会等名 Ecodesign 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Minehiro Ozawa, Nozomu Mishima
2. 発表標題 A Proposal of an Evaluation Method of Eco-Efficiency based on Quantification of Functional and Visual Features of Product
3. 学会等名 Ecodesign 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	中村 雅英 (Nakamura Masahide) (60172441)	秋田大学・名誉教授・名誉教授 (11401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------