

三次元形状における美的好みの定量化の試行

Trial of aesthetic preference quantification of 3D shape

○松山 和真（慶應義塾大学大学院）*1, 岡本 昌也（慶應義塾大学大学院）*1, 加藤 健郎（慶應義塾大学）*2

*1 Graduate School of Science and Technology, Keio University,
3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama-shi, Kanagawa, 223-8522 Japan

*2 Department of Mechanical Engineering, Keio University,
3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama-shi, Kanagawa, 223-8522 Japan

キーワード: ジェネラティブデザイン, 形状評価, 美的好み, VAE

1. 緒言

近年, 計算機の性能向上に伴い, ジェネラティブデザインと呼ばれるコンピュータを用いた自動設計技術が注目を集めている⁽¹⁾⁽²⁾. 井上, 佐藤らが提案した多様解導出システムは, 多様性とランダム性に基づき, 力学特性を確保(高剛性かつ低重量)しつつ新奇性のある, 図1のような形状の生成を可能とした⁽³⁾⁽⁴⁾. しかし, 生成形状に対する意匠性の評価は使用者自身が行う必要があり, 設計の自動化におけるボトルネックとなっている.

形状生成に感性評価を取り入れた, 三次元形状生成システムを提案することを最終的な目標とし, 本研究では, 感性評価を行うための美的好みの定量化を目指す. その方法として, Variational Autoencoder (以下, VAE) を用いて形状間の類似度を算出し, 類似度と美的好みの評価の関係を検証する.

2. 類似性指標の算出方法と好みとの関係性

2.1. 類似性指標の算出方法

本研究では, 類似性指標を算出するために VAE を利用する. VAE は機械学習の一種であり, 入力する形状の特徴を捉えて, 次元の小さい潜在変数(以降, 特徴ベクトルとする)に変換するエンコーダと, 特徴ベクトルから形状を再構築するデコーダの二つのニューラルネットワークにより構成される⁽⁵⁾. VAE のエンコーダにより得られた形状の特徴ベクトルを用いることで, 2つの形状間の類似性を定量的に評価できる可能性がある. 本研究では特徴ベクトル間のコサイン類似度を算出し, これを類似性指標とする.



Fig.1: Shapes and sketches obtained from a multi-solution derivation system

2.2. 類似性と美的好みの関係

本研究では, 美的好みの評価方法として, Berlyne の Wundt 曲線を利用する. Berlyne は, 形状に対する感性の評価方法を検討し, ヒトを覚醒させる刺激の度合いである覚醒ポテンシャルを横軸に, 「快」の感情を縦軸にとると, 両者の関係は逆 U 字型の曲線 (Wundt 曲線) となることを示した⁽⁷⁾. この関係は, 縦軸を「美的好み」としても成り立つことが知られており, 美的好みの高い形状の生成を実現できる可能性がある.

本研究では, この関係を利用した美的好みの評価方法を提案する. ここでは覚醒ポテンシャルを, 典型的な形状(以降, 基本形状とする)と評価する形状との類似性指標の減少と定める. なお, Wundt 曲線は典型的な状態からの美的好みの変化を表しているため, 基本形状は典型性に関する官能評価に基づいて選定する必要がある.

3. 有効性検証実験

本実験では, 提案する美的好みの評価方法の有効性を検証するために, ①類似性指標と「類似性」の官能評価値との関係と, ②類似性指標と「美的好み」の官能評価値との関係を検証した. 以下に, 実験のサンプルと方法, 結果および考察について述べる.

3.1. 実験サンプル

本実験における評価対象は, 力学特性と意匠性がともに重要である椅子とした. サンプルとして用いる椅子形状は, VAE の学習用として用意したデータセット⁽⁷⁾の 989 個の形状(以降, 既存形状と呼ぶ)から選定した(図2). また, 既存形状の中から, 典型的な基本形状を選択するために, ①クラスター分析により 989 形状を 12 個のグループに分類, ②グループごとに代表となる形状を 1 つずつ抽出, ③抽出した計 12 形状に対して典型性に関する官能評価実験を実施した. その結果, 高い典型性の官能評価値を得た形状 1 個を基本形状として選定した(図2, Basic Shape).

3.2. 実験方法

1) 被験者: 「類似性」「好み」共に, 20~70 歳代の男女 110 名とした.

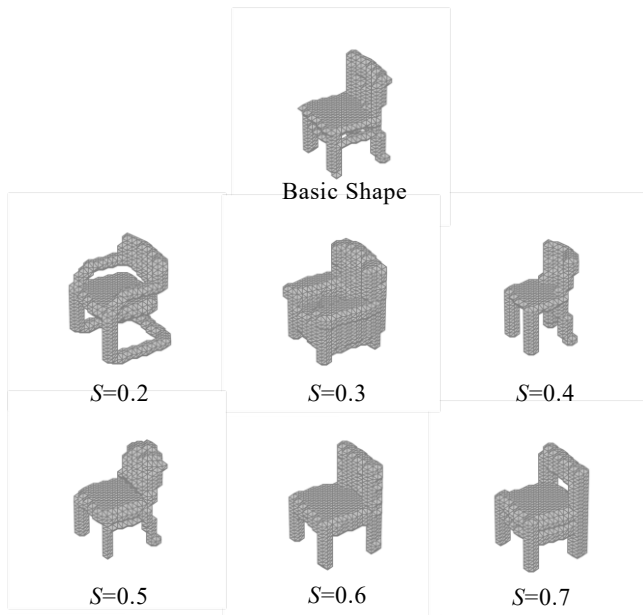


Fig2: Example of Sample shapes (S: Similarity Index)

- 2) サンプル:「類似性」は類似性指標 0.1 から 1.0 までの 24 個,「好み」は類似性指標 0.4 から 1.0 までの 31 個とした。
- 3) 評価方法:①基本形状との類似性と②好みをそれぞれ 5 段階のリッカート尺度で評価した。

3.3. 実験結果および考察

本実験では、あらかじめ不適切な被験者(全ての形状の評価値が同じ、2 回出題された同じ形状に関する評価値が異なる)を除いた上で、官能評価値を算出した。類似性指標と類似性の官能評価値との関係は図 3 の通りとなり、両者の間には直線的な相関関係が確認された。また、類似性指標と美的好みの官能評価値との関係は図 4 の通りとなり、類似性指標 0.45 付近で美的好み最大となる形状が確認されたものの、逆 U 字型の相関関係は確認されなかった。

本実験において、類似性指標と美的好みの官能評価値との間に相関がみられなかった理由として、以下のような点が考えられる。

- 一部が欠損し、左右非対称となった形状がサンプルに含まれており、評価に影響を与えたこと
- 基本形状とは異なる種類の形状(背もたれに大きな穴が開いている、ひじ掛けがある等)がサンプルに含まれており、評価に影響を与えたこと

そこで、①左右非対称になっている形状を除去、②基本形状と似た種類の形状のみに絞り込み、再度結果を確認した。なお、「基本形状と似た形状」とは、以下の条件を満たすものとする。

- 直線状の四本脚を有していること
- 四角い座面を有していること
- 四角く、大きな穴の開いていない背もたれを有していること
- ひじ掛けを有していないこと

この絞り込みの結果、類似性指標と美的好みの官能評価値との関係は図 5 の通りとなり、逆 U 字型の弱い相関関係が確認されたものの、類似性指標を用いて美的好みを精度よ

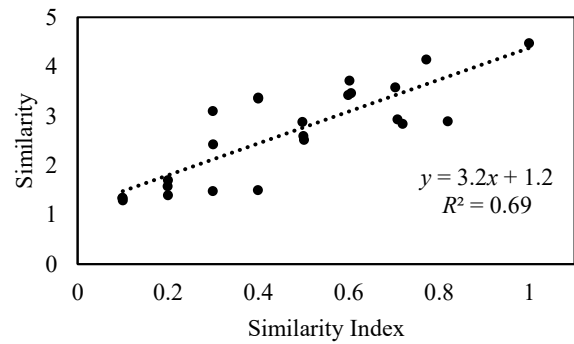


Fig.3: Relationship between Similarity and Similarity Index

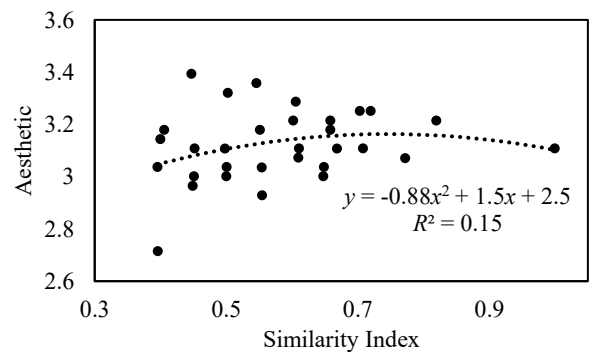


Fig.4: Relationship between Aesthetic and Similarity Index

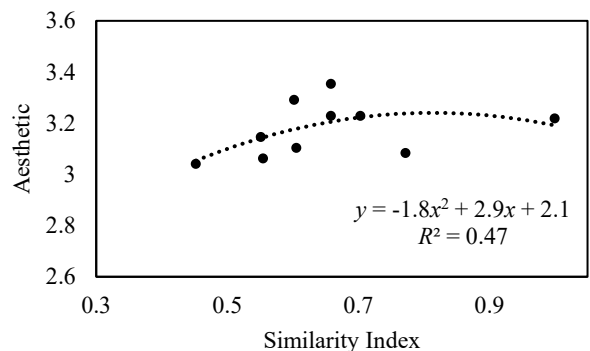


Fig.5: Relationship between Aesthetic and Similarity Index (filtered result)

く定量化することはできなかった。その理由として、類似性指標の精度が十分でなかったこと、類似性以外で美的好みに影響を与えている形状特徴が存在することなどが考えられる。

4. 結言

本研究では、三次元形状に対する美的好みの定量化を目指し、その評価指標として類似性指標を提案した。そして、有効性検証実験により類似性指標の有効性、および類似性指標と美的好みとの関係性を検証した。今後の課題としては、VAE を用いた他の評価指標の算出方法を検討すること、VAE の形状生成過程への適用可能性を検討することが挙げられる。

文献

- (1) Singh, V, et al., Towards an integrated generative design framework, *Design studies*, Vol.33, No.2, (2012), pp.185-207
- (2) Shea, K, et al., Towards integrated performance-driven generative design tools, *Automation in Construction*, Vol.14, No.2, (2005), pp253-264
- (3) Inoue, M, et al., “Form generation system imitating the developmental process of organism for obtaining diverse design solutions”, *Computer-Based Design*, (2002), pp. 327-336.
- (4) Sato, K, et al. “Design methodology based on emergence”, (2009). pp. 21-30
- (5) Diederik P. Kingma, Max Welling, Auto-Encoding Variational Bayes, *ICLR*, (2014)
- (6) Berlyne, D.E., *Aesthetics and psychobiology*, Appleton Century Crofts, (1971)
- (7) Wu, Z. et al., “3D ShapeNets: A Deep Representation for Volumetric Shapes”, *Proceedings of 28th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, (2015).