

フラクタルを用いた形の複雑さが人の感性に及ぼす影響

東郷 晃也[†]同志社大学大学院 工学研究科[†]大久保 雅史[‡]同志社大学 理工学部[‡]

1. はじめに

最近、情報通信技術の発展に伴い、仮想空間で製品を評価して購入する機会が増えているが、購入後ユーザが抱いていたイメージと異なることが多くある。そこで、実空間と仮想空間での形状の評価の違いの要因を明らかにするために、形状の複雑さに着目し、複雑さの違いが評価の違いに影響を及ぼす可能性について検討している。具体的には、物体の形状の複雑さを、ハースト指数を導入することで数学的に定義し^[1]、それに基づいた輪郭生成アルゴリズムを提案し、生成された輪郭に対して官能評価実験を行い、形状の複雑さと人の感性による複雑さの関係を統計的に解析し、考察している。

2. 輪郭生成アルゴリズム

2.1. ハースト指数

ハースト指数とは自然界の変化の粗さを示す指数であり、本研究ではスケール変換解析という手法を用いてハースト指数を求めている。ハースト指数は式(1)で成り立ち、一般的にハースト指数(H)が小さくなると物体の形状は複雑となる。

$$H = m - D \quad (1)$$

m : 定義している次元 [$m = 2$]

D : フラクタル次元 [$1 \leq D \leq 2$]

2.2. スケール変換解析

ある変動する曲線において、最大の変動幅に着目する。変動曲線を 2^{n-1} 等分 (n : 自然数) し、分割した各区間について、最大値と最小値の差の平均を求め、分割したスケールと共に両対数グラフにプロットし、そこから得られる回帰直線の傾きがハースト指数である。

2.3. 輪郭生成アルゴリズム

本研究では、先に複雑さ、つまりハースト指数を指定し、そのハースト指数を基に輪郭を生成している。

アルゴリズムの手順を以下に示す。

(i) 100 個の配列の中から各分割時における最大値・最小値となる点の位置の決定

「分割なし、2 分割、4 分割、8 分割、16 分割、32 分割時」の順に、ランダムに計 64 点を決めていく。上記の分割時において、100 個の配列を 2^n 等分 ($n: 1, 2, \dots, 6$) してできた新たな区間に、その分割時における最大値と最小値の位置をそれぞれ決めている。また、隣り合う区間では、ある分割時での最大値と、他の分割時での最小値は隣り合わないようになっている。

(ii) 各分割時における最大値と最小値の決定

各分割時の最大値と最小値を「分割なし、2 分割、4 分割、8 分割、16 分割、32 分割時」の順に、(i) で定めた点の位置に入れる。ここで、各区間で決める各分割時の最大値と最小値は、既に決まっている最大値と最小値の上下を超えないように決める。なお、分割なし時の最大値を 100、最小値を 0 としている。

各分割時において、各区間における最大値と最小値の差の平均値は既知であるため、その分割時の最大値と最小値の差が求まる。ただし、4 分割・8 分割・16 分割・32 分割では、それぞれ 2 個・4 個・8 個・16 個の最大値と最小値を決めなければならない。そのため、全ての区間において、各分割時の最大値と最小値の差が同じになるようにしている。

2.4. 輪郭の生成

ランダムに生成された 64 個の点に対して 3 次スプライン補間を用いて 100 個の点を新たに生成する。つぎに、新たに生成された 100 個の点に対してスケール変換解析を用いてハースト指数を求め、上記アルゴリズムで生成した曲線の補間前のハースト指数と、補間後のハースト指数との関係を図 1 に示す。プログラムを 10 回実行し、10 個のハースト指数の平均値をプロットしている。

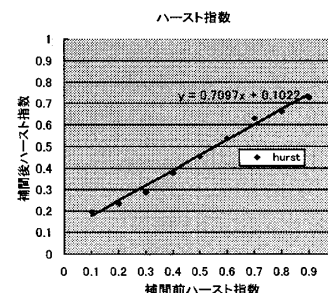


図 1 補間前と補間後のハースト指数の関係

Research on Influence of Fractal Complexity on KANSEI
[†]Akiya Togo, Graduate School of Engineering, Doshisha University
[‡]Masashi Okubo, Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

図 1 より、スプライン補間により生成された輪郭は、補間前と比べてハースト指数が小さくなる傾向があるが、相関は高い。

3. 官能評価実験

3.1. 実験目的

本研究で用いたアルゴリズムで作成された輪郭が、人にどのように捉えられるかを検討するため、一対比較による官能評価実験を行っている。

3.2. 実験内容

作成した 5 つの輪郭のうち 2 つを同時に提示し、被験者に「どちらが複雑であるか」を一対比較させている。実験 I では、ハースト指数の差がほぼ等しい複雑さが異なる輪郭を提示し、実験 II では、ほぼ同じハースト指数の輪郭を提示している。

表 1 実験で用いた輪郭のハースト指数

| | 実験 I | 実験 II |
|-------|--------|--------|
| モデル A | 0.1719 | 0.4515 |
| モデル B | 0.3123 | 0.4460 |
| モデル C | 0.4515 | 0.4584 |
| モデル D | 0.5907 | 0.4532 |
| モデル E | 0.7411 | 0.4552 |

被験者は男女学生各 10 人ずつ、計 20 人で行った。なお、順序効果を考慮し、輪郭はランダムに提示している。

3.3. 実験結果

表 2 に実験 I・実験 II の一対比較の各輪郭の勝敗(行の輪郭が列の輪郭より複雑であると思われた数)を示す。

表 2 一対比較の結果
(a) 複雑さの勝敗表[実験 I]

| | A | B | C | D | E | 勝数 |
|---|---|----|----|----|----|----|
| A | | 12 | 13 | 11 | 11 | 47 |
| B | 8 | | 15 | 14 | 18 | 55 |
| C | 7 | 5 | | 12 | 18 | 42 |
| D | 9 | 6 | 8 | | 16 | 39 |
| E | 9 | 2 | 2 | 4 | | 17 |

(b) 複雑さの勝敗表[実験 II]

| | A | B | C | D | E | 勝数 |
|---|----|----|----|----|----|----|
| A | | 11 | 9 | 9 | 7 | 36 |
| B | 9 | | 13 | 11 | 12 | 45 |
| C | 11 | 7 | | 8 | 8 | 34 |
| D | 11 | 9 | 12 | | 14 | 46 |
| E | 13 | 8 | 12 | 6 | | 39 |

4. 統計的解析

本研究では、実験 I・II で行った官能評価実験の一対比較の結果に Bradley-Terry モデルを適用し、得られた輪郭の複雑さの値について適合度検

定と尤度比検定を行っている^[1]。

4.1. Bradley-Terry モデルによる統計的解析

表 2(a), (b)の結果を用いて輪郭の複雑さを定量的に評価するために、以下に示す Bradley-Terry モデルを想定している。

$$P_{ij} = \frac{\pi_i}{\pi_i + \pi_j} \quad (2)$$

$$\sum \pi_i = \text{const.}(= 100) \quad (3)$$

(π_i : i の強さの量, P_{ij} : i が j に勝つ確率)

図 2 に Bradley-Terry モデルを適用して求めた、輪郭の複雑さの強さを示す。

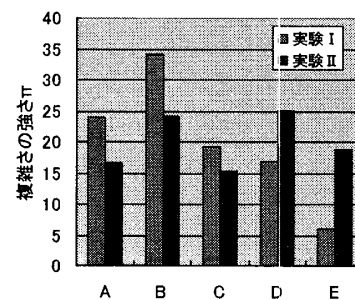


図 2 各輪郭の複雑さの強さ

またこのモデルの整合性を検定するのに、有意水準 5% で適合度検定を行い、次に尤度比検定を行ったところ、実験 I ではモデルが棄却され、実験 II では棄却されなかった。以上より、人間の感性による複雑さを数学的に表現するには、ハースト指数だけでは困難であり、その他の手法を併用する必要があると考えられる。

5. おわりに

本研究では、物体の形状の複雑さにハースト指数を導入することで数学的に複雑さを定義し、ハースト指数に基づいた輪郭生成アルゴリズムを提案した。このアルゴリズムによって生成された輪郭モデルに対し、一対比較による官能評価を行った。その結果、ハースト指数による形の複雑さと人の感性による複雑さには差異があることが明らかとなった。今後、感性的な形状の複雑さについてハースト指数以外の手法との併用によりモデル化を行っていく予定である。

参考文献

- [1] カール・ボーヴィル, (三井直樹, 三井秀樹共訳), 建築とデザインのフラクタル幾何学, 鹿島出版会, 1997.
 [2] 芳賀敏郎, 橋本茂司: 統計解析プログラム講座 3 実験データの解析(1), 日科技連出版社, pp. 122-pp. 126(1989).