

# 手書き文字の美しさを規定する要因の階層的分析 ——タイプ、字種、書き手の層ごとの複雑度とバランスの影響——

## A Hierarchical Analysis of Factors Determining the Beauty of Handwriting: Effects of Complexity and Balance by Type, Script type, and Writer Layers

井関 龍太<sup>†</sup>

Ryuta Iseki

<sup>†</sup>大正大学

Taisho University

r\_iseki@mail.tais.ac.jp

### 概要

手書き文字の美しさの印象について異なる字種を通して共通の説明変数を見出すことが課題となっている。本研究では、文字の形態の複雑度と左右バランスに注目し、これらの説明変数が文字のタイプ、字種、書き手のそれぞれの層できれいさの評価にどのように貢献するかを検討した。その結果、左右バランスはどの層でもきれいさの評価に影響することがわかった。一方、複雑度については、書き手個人の平均からのずれのみが負の影響をもたらすことが示唆された。

キーワード：手書き文字 (handwriting), 複雑度 (complexity), バランス (balance)

### 1. 問題

手書き文字の美しさはどのような要因によって決まるのだろうか。加藤・横澤[1]は 15 種類の評価尺度を用いて、主観的な文字の美しさ評価を説明する要因を調べた。その結果、ストロークや黒画素の分布、バランスなどが寄与することが明らかになったが、字種ごとにどの要因が有効な説明変数となるかが異なり、使用すべき説明変数を一般化することが困難であった。このことの一因として、美しさ評価の分析に重回帰分析を用いたことが挙げられる。通常重回帰分析では、字種によってある説明変数の重みが異なるといった状況をうまく捉えることができない。このような状況を捉えるには、混合効果モデル (マルチレベルモデル) を用いることが考えられる。本研究では、手書き文字の美しさを説明する変数について文字のタイプ、字種、書き手の 3 つのレベルで検討する。

手書き文字の美しさを考える上では、線分の一様でなさを考慮する必要があると思われる。つまり、文字を構成する線がぶれていたり、がたがたになっていたりすると、きれいな文字とは評価されないだろう。このような要因は、加藤・横澤[1]の 15 種類の評価尺度では捉えられていない。文字を構成する線分のぶれを反映する可能性のある指標として周囲長複雑度がある

(齋藤他[2])。周囲長複雑度は、文字の周囲長の二乗をインク領域 (線分の占める面積) で割ったものである。同じ文字であっても、線分が一様でないものは周囲長複雑度が高くなると考えられる。周囲長複雑度については、かな文字、漢字の双方について主観的複雑度を反映することが示唆されている (齋藤他[2]、白石他[3])。ただし、これらはフォントの主観的複雑度を扱ったものであり、手書き文字の美しさ評価との関連を検討したものではなかった。

本研究では、周囲長複雑度と文字の左右バランスの観点から手書き文字画像の美しさ評価を検討した。

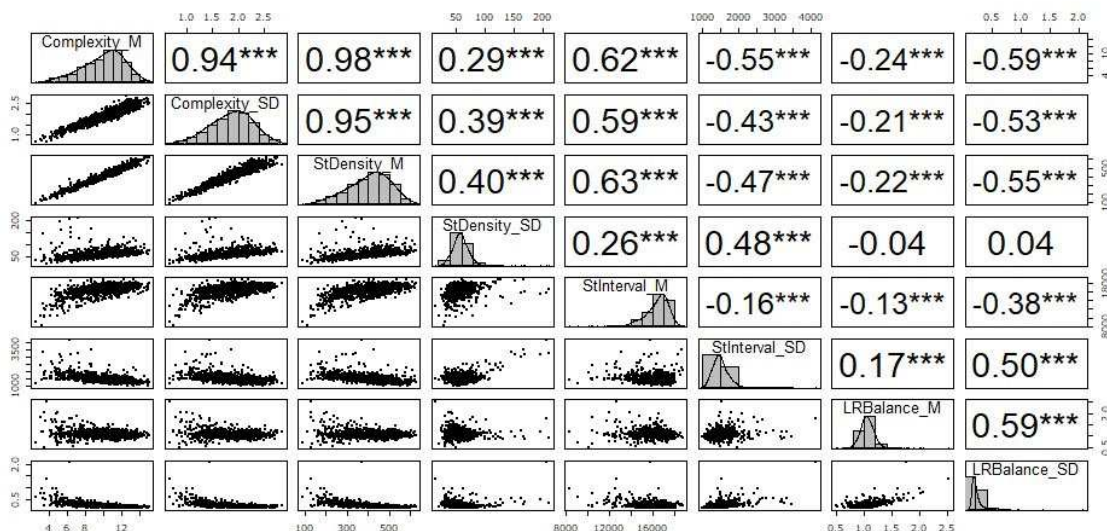
### 2. 方法

**刺激** 手書教育漢字データベース ETL-8G (産業技術総合研究所[4]) に収録された教育漢字 881 字種とひらがな 75 字種の画像について周囲長複雑度、ストローク密度、ストローク間隔、左右バランスを計算した。ストローク密度は、画像を縦軸及び横軸の方向にスキャンしたときに通過するストロークの本数の総計であった (加藤・横澤[1])。ストローク間隔は、画像を縦軸及び横軸の方向にスキャンした際にあるストロークに達してから他のストロークに達するまでの距離の総計であった (加藤・横澤[1])。左右バランスについては、各画像について凸包シルエット文字重心 (文字領域を凸包で囲み、その凸多角形の重心を計算したもの: 小谷[5]) を算出してからこの重心を原点として画像を 4 つの象限に区切り、第一・第三象限と第二・第四象限のインク量の比によって定量化した。周囲長複雑度は Pelli et al.[6]のアルゴリズムにしたがって算出した。

各字種には 160 前後の手書き文字画像があったので、字種ごとにこれらの特徴量の平均と SD を計算した。これらを代表値として 956 字種についての各特徴量の分布を検討し、相関係数を算出した (Figure 1)。その結果、周囲長複雑度とストローク密度の平均の間には

Figure 1

956 字種について算出した各特徴量のヒストグラム, 散布図, 相関係数



非常に高い相関がみられることがわかった。ストローク間隔もこれらの特徴量と比較的高い相関を示したが、平均、SD ともに分布の裾野が左または右に長かった。これらのことから文字を構成する画素の広がりに関する特徴量としては周囲長複雑度を用いることにした。左右バランスも分布に偏りは見られたが、他の特徴量とは相関の方向が異なることがうかがえた。

字種の中でも相対的に複雑度が高い・低いものと左右バランスを取りやすい・取りにくいものを刺激として選ぶことを意図した。複雑度については字種ごとの平均、左右バランスについては SD を基準とした（同じ字種の中では部品の構成に違いはないはずだが、それでいてなお書き手によるばらつきが大きいことは、その字種が書きにくい文字であることを示唆する）。これらの基準について、分析を行った字種の中で上位・下位 25% に当たるものを候補とした。なお、ひらがなは全般的に複雑度が低かったため、漢字のみを対象とした。複雑度の高低・左右バランスの高低の 4 タイプに属する字種を 3 つずつ選んだ（高-高：勉、率、港、高-低：道、話、質、低-高：死、似、治、低-低：負、英、状）。

手続き jsPsych 7.3.0 (de Leeuw et al.[7]) を用いてウェブブラウザ上で回答できるプログラムを作成し、オンラインで回答を求めた。各参加者には各字種につき 8 つの手書き文字画像を約 160 のプールの中からランダムに選んで提示した。同じ字種の 8 つの画像は同一のページに提示した。参加者には、それぞれの画像を見て、どのくらいきれいな字だと思うかを 5 段階で評

価することを求めた（1=きれいではない～5=きれい）。字種の提示順は参加者ごとにランダムであった。

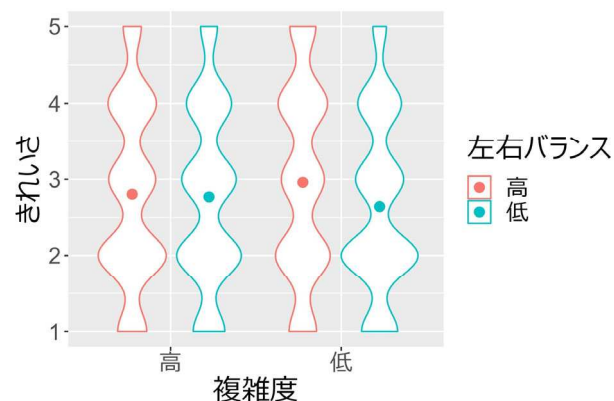
**実験参加者** 日本語を第一言語とする成人 70 名が参加した（男性 29 名、女性 39 名、その他 2 名）。回答者の年齢は 20 代が中心であった（64 名）。

### 3. 結果

タイプごとの美しさ評定の平均値と分布を Figure 2 に示した。

Figure 2

タイプごとの美しさ評定の平均値と分布



予備的分析として、2 (複雑度) × 2 (左右バランス) の分析を行った。混合効果モデルを用いて参加者と字種についてランダム切片を仮定した（ランダム傾キモデルは収束しなかった）。分析の結果、いずれの効果も有意でなかった（複雑度： $F(1, 8.01) = 0.07, p = .80$ , 左右バランス： $F(1, 8.00) = 3.06, p = .12$ , 交互作用： $F(1,$

Table 1

手書き文字画像の特徴によって美しさ評価を説明するモデルの推定結果

	Estimate	Std. Error	df	t value	Pr(> t )
切片	2.92	0.06	160.97	44.86	< 0.001 ***
タイプ_複雑度	0.05	0.05	1635.34	0.95	0.34
タイプ_バランス	-0.28	0.05	1641.85	-6.02	0.00 ***
字種_複雑度	0.02	0.03	1624.06	0.77	0.44
字種_バランス	-0.11	0.02	1581.08	-4.41	0.00 ***
書き手_複雑度	-0.05	0.02	1580.01	-2.20	0.03 *
書き手_バランス	-0.07	0.02	1736.55	-3.02	0.00 **

8.00) = 1.61,  $p = .24$ ). したがって、単純にタイプの違いによって手書き文字の美しさの評価が異なるとは言えなかった。

その一方で、何の文字を書くかということが美しさの評価に影響を及ぼさなかったわけではなかった。字種の違いのみを独立変数、参加者をランダム切片とした分析を行ったところ、字種の主効果が有意であった ( $F(11, 4448.00) = 12.16, p < .001$ )。したがって、複雑度や左右バランスによらない要因による、字種そのものによる美しさの違いはあったと思われる (字種ごとの美しさの評定は付録の Figure A1 に示した)。

異なるレベルの変数が文字の美しさの評定に及ぼす影響を明らかにするため、混合効果モデルによる分析を行った。分析に使用した独立変数は周囲長複雑度と左右バランスであったが、これらについて3つのレベルで具体的な変数を設定した。まず、タイプレベルでは、高・低のカテゴリカル変数を設定した (ベースラインは高カテゴリーであった)。字種レベルでは各字種について計算した特徴量の基準値を用いた (周囲長複雑度は平均、左右バランスは SD)。最後に、書き手レベルでは当該の手書き画像について計算した特徴量の値をその字種の基準値から引いたものを二乗した値であった。すなわち、書き手レベルの変数は、その字種の平均的な特徴量からのぶれを表した。これらを独立変数、美しさの評定値を従属変数とし、参加者の違いと画像の違いについてランダム切片を仮定した。独立変数はカテゴリカル変数を除いて標準化してから計算に用いた。このモデルの推定結果を Table 1 に示した。

#### 4. 考察

分析の結果、全般的には左右バランスが手書き文字の美しさの評価に影響することがわかった。書き手間

のばらつきが大きい字種ほど (字種レベル)、また、当該の文字が平均から逸脱しているほど (書き手レベル)、きれいでないと評価された。一方、その字種が教育漢字の中でどのような相対的位置にあるかというタイプレベルの変数については、左右バランスのばらつきが大きいタイプの文字ほどきれいでないと評価された。したがって、タイプレベルでは左右バランスの効果の方向が字種レベルや書き手レベルとは異なった。

タイプレベルでは、左右バランスのばらつきが小さいことは、その字が他の字に比べて相対的に安定して同じように書きやすいことを意味する。つまり、相対的にバランスがとりやすい文字であると言える。そのような文字をきれいに書けることは当然であるのに対し、人によってうまく書けたりそうでなかったりする文字をきれいに書けることは特に評価されてもよいだろう。また、そもそもその字を書くときに左右バランスにある程度のバリエーションがあるのでなければ個人差が生まれず、相関が生じ得ないのかもしれない。いずれにしても、ばらつきが生まれやすい、その意味において書きにくい字を選ぶことは、最終的に書きあがった文字が美しいと評価される余地を残すものと思われる。

字種レベルでは、左右バランスのばらつきが小さいことは多くの人が安定してその字を同じように書けることを意味する。つまり、個人差が小さい文字であるといえる。このことは、一見するとタイプレベルでの効果と矛盾するように思える。しかし、タイプと字種のレベルでの左右バランスは実態が異なることに注意したい。タイプレベルでの違いは異なる字種の間の違いであるのに対し、字種レベルでの違いは同じ字種の文字を書くときの個人の違いである。したがって、字種レベルの違いは、実際の線分に現われる違いとしてはタイプレベルの違いよりもずっと小さなものである。

また、タイプレベルの違いは必然的に生じるものであるのに対し、字種レベルの違いは規範的には小さいほうがよいものである（同じ字は誰もが同じように書いたほうがよい）。これらのことが効果の方向の違いの背景にあるだろう。

最後に、書き手レベルでは、ばらつきが小さいことは、その書き手がその文字の平均的な形に近い文字を書けることを意味する。書き手レベルの左右バランスの効果が負の方向であったことは、平均的な文字に近い文字を書くほうが美しいと評価されたことを示唆する。このことから、同じ文字は誰もが同じように書くほうが好ましいという規範が美しさの評価において実際に機能しているといえる。平均からのぶれは手書き文字に特有の“味”として評価されることも考えられるが、本研究で扱った材料ではどちらかという美しくない方向に評価される要因となった。

周囲長複雑度はタイプや字種のレベルでは美しさの評価に影響しなかったが、書き手のレベルでは負の効果を示した。すなわち、特定の文字の周囲長複雑度がその字種の平均的な複雑度から離れているほど、その文字はきれいではないと評価された。このことは、本研究の意図通り、周囲長複雑度が個々の手書き文字レベルでのぶれを代表したことによるものと解釈できる。タイプや文字レベルでの複雑度の違いは字体そのものの複雑さを表すのみであったために美しさの評価とは関係しなかったのだろう。

手書き文字の特徴の異なる層に関わる変数を分析した結果、美しさの評価には個人レベルの上手・下手（書き手レベルの複雑度とバランス）に加えて、文字そのものの特性（タイプレベルと字種レベルのバランス）も影響することが改めて確認された。

## 文献

- [1] 加藤 隆仁・横澤 一彦 (1992). 手書き文字の定量評価 電子情報通信学会論文誌 D, J75-D2(9), 1573-1581.
- [2] 齋藤 岳人・樋口 大樹・井上 和哉・小林 哲生 (2022). 仮名文字の複雑性を表す指標としての周囲長複雑度の妥当性 心理学研究, 93(2), 139-149.
- [3] 白石 紗衣・齋藤 岳人・樋口 大樹・井上 和哉・小林 哲生 (2022). 漢字の主観的複雑度は周囲長複雑度で表せる 日本認知心理学会第 20 回大会 P1-A04
- [4] 産業技術総合研究所 (1989). ETL&G <http://etlcdb.db.aist.go.jp/>
- [5] 小谷 章夫 (2011). 文字輪郭を用いた文字重心位置評価手法とそのフォント開発への応用 湘南工科大学紀要, 45(1), 1-11.
- [6] Pelli, D. G., Burns, C. W., Farell, B., & Moore-Page, D. C. (2006). Feature detection and letter identification. *Vision research*, 46(28), 4646-4674. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2006.04.023>

- [7] de Leeuw, J. R., Gilbert, R. A., & Luchterhandt, B. (2023). jsPsych: Enabling an open-source collaborative ecosystem of behavioral experiments. *Journal of Open Source Software*, 8(85), Article 5351. <https://joss.theoj.org/papers/10.21105/joss.05351>

## 付記

本発表は 2022 年度に大正大学人間科学科に提出された関戸知佳さんの卒業論文の内容に基づくものです。

## 付録

Figure A1  
字種ごとの美しさの評定の平均値と 95%信頼区間

