

平均文字は美しい

中村聡史 鈴木正明 小松孝徳^{†1}

綺麗な文字を書くということに日本人の多くは興味を持っている。さて、綺麗な文字とはどのような文字だろうか？本研究では、人の手書き文字をフーリエ級数展開によって数式化し、その式の平均を計算することによって、平均的な文字を生成することを可能とした。また、その平均文字を利用した実験により、実際に書いた文字よりユーザの平均的な文字が高く評価されること、ユーザの平均文字より全体としての平均文字高く評価されることを明らかにした。さらに、ほとんどの人が自身の文字を高く評価する傾向があることも明らかにした。

Average handwritten characters are beautiful.

SATOSHI NAKAMURA MASAOKI “Macky” SUZUKI
TAKANORI KOMATSU^{†1}

Almost Japanese are interested in handwriting beautiful characters. Here, what is beautiful handwritten character? In this paper, we proposed a method to generate average handwritten characters by using Fourier series expansion. Then, an experimental test showed that user's average characters are more beautiful than user's handwritten characters. Another test showed that average characters of users are more beautiful than each user's average characters and that almost all users evaluate own average characters highly.

1. はじめに

日本人の多くは、手書きで綺麗な（美しい）文字を書くことに興味を持っている。また、綺麗な文字を書くことができないということにコンプレックスを持っている人は多い。実際、手書き文字を綺麗にするための参考となる書籍が多数売られているばかりか、日本書写技能検定試験などの検定試験、美文字のためのゲームなども存在する。つまり、綺麗な文字を書くというのは、一種のエンタテインメントであるとも言える。

さて、綺麗な文字とはどのようなものであろうか。日本習字学会の昇級試験などで高位の段をもっている人の書く文字は、美しい文字と言って間違いないであろう。しかし、そういった文字は誰もが書けるようなレベルのものではない。また、ひとによって綺麗な文字の解釈は異なり、誰の文字を綺麗だと感じるかという点は異なってくると考えられる。

ここで我々は、人は頭のなかに何らかの理想とする文字のイメージをもっているが、理想通りに手が動かないために、毎回ぶれがあると考えている。例えば、そのぶれは、常に同じ方向なのではなく、図1のようにさまざまな方向にブレがあると考えられる。つまり、ある人が何度も書いた文字の平均文字（ユーザ平均文字）となる文字を生成すると、その文字はその人にとって理想とする文字なのではないかと考えた。また、多くの人が頭に思い浮かべる理想とする文字の平均を計算して実現すると、その文字は多くの人にとっての理想とする文字となり、多くの人が綺麗だと思えるようになるのではと考えた。

そこで本研究では、下記の3つの仮説を検証することを目的とする。

- ユーザ平均文字はその人にとって理想的な文字であり、実際に書いた文字より綺麗だと評価される
- 多くの人の全体平均文字は、そのそれぞれの人が書いたユーザ平均文字よりも綺麗だと評価される
- どの文字を綺麗と判断するかは人によって異なる

上記の仮説を検証するため、平均文字を構築するための手法を提案する。次に、10名が5日間に分けて書いた文字と、そのユーザ平均文字を比較する実験を行うことによって、書いた本人がユーザ平均文字を高く評価することを示す。また、その手法を利用して10人分のユーザ平均文字と全体としての平均文字を生成し、全体の平均文字が高く評価されることを示す。さらに、本実験により、人によって綺麗だと感じる文字が違うということも示す。

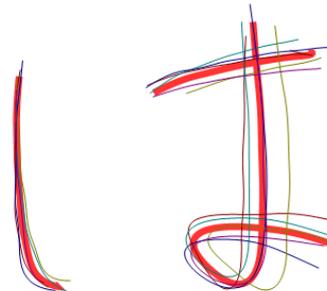


図1 5回に分けて書かれた手書き文字とユーザ平均文字
Figure 1 Five handwritten characters and their average.

^{†1} 明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科
Meiji University.

2. 平均文字構築手法

2.1 文字の入力

本研究ではまず、ユーザに手書き文字をペン入力可能なシステムを用いて入力してもらい、入力時の点列と手書き文字における文字の画一画を平面曲線としてとらえ、それぞれを数式として表現する。また、ある文字の数式集合から、その文字の平均的な文字となる数式を算出し、平均文字として描画可能とする。

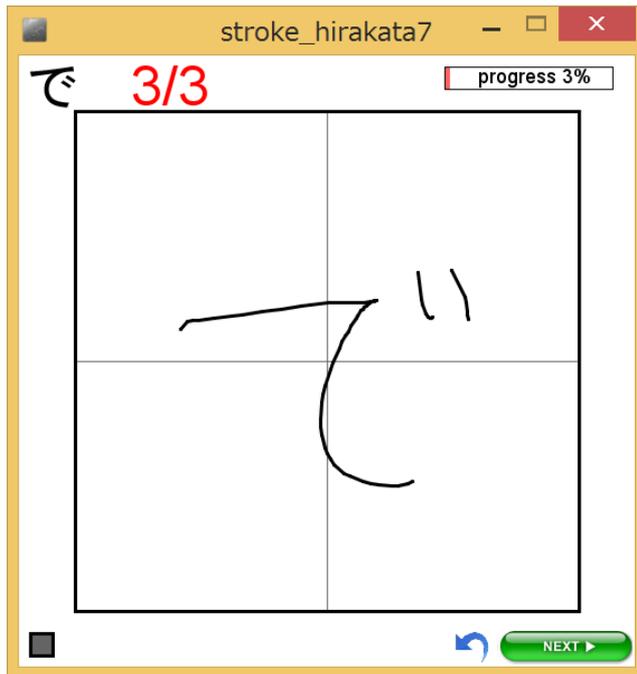


図2 手書き文字入力システム

Figure 2 Capturing system of handwritten characters.

手書き文字入力を受け付けるシステムは、Processingにて実装され、Microsoft Surface上で動作する。このシステムは、ユーザがスタイラスで入力した手書き文字を点の集合として取得するものである。ユーザがこのシステムを起動すると、まずユーザ名の入力を求められ、ユーザ名が入力されると自動的にそのユーザのデータを格納するフォルダを作成する。その後、縦横それぞれ550ピクセルのウィンドウが表示される。その内部に縦横450ピクセルの正方形の入力フィールドが表示され(図2)、左肩にはそのフィールドに記入すべき文字がランダムに表示される。また、その文字の画数(および、現在何画目を書いているか)も合わせて提示される。

スタイラスを用いてこのフィールド内に文字を書くと、ペンは画面に接している間には灰色で、そしてペスが画面から離れると黒色でそのペン軌跡が表示される。これらのペン軌跡は、記録された点集合を直線でつないだものである。フィールドの外部から書き始めた場合や、フィールド

外部に飛び出した場合は、その入力を取り消すようになっている。フィールド内に指定された文字を記載してnextボタンを押すと、フィールドがクリアされ、次に記入すべき文字が左肩に表示される。また、この時にデータフォルダにその文字のコードからなるファイルを作成し、一画ごとにX座標、Y座標の点列データを格納する。この時、点列データはX座標の最小値と最大値の差、Y座標の最小値と最大値の差をそれぞれ求め、0~1000までの値で正規化を行う。

nextボタンの横の矢印をクリックすると、文字を書き直すことができ、すべての入力が一旦クリアされるようになっている。

本システムでは記入すべき文字として、濁点が付与された「か」「さ」「た」「は」行の20文字および半濁点が付与された「は」行の5文字に全ひらがな46文字を加えた71文字、さらに上記と同様の濁点と半濁点を含んだカタカナ71文字の合計142文字が提示され、その提示順はランダムになるように設定された。

2.2 フーリエ級数による文字の数式表現

文字入力時に生成されたファイルから一画ごとの点の座標データを取得し、それを順に通る平面曲線の数式表示をフーリエ級数によって求める[1]。一般にコンピュータグラフィックなどで用いられることの多い曲線の数式化の方法としては、ベジエ曲線やスプライン曲線があるが、ベジエ曲線は制御点を通る曲線ではなく、スプライン曲線は制御点間ごとに数式を取り換える必要があり曲率を求めることが複雑になる。一方、区分的に滑らかな関数はフーリエ級数に収束することが知られていることから平面曲線とみなした文字をフーリエ級数で表すことができる。そのため、本研究においてはフーリエ級数を用いて文字を数式表示することにする。また、平面曲線において一般的な曲線を表せるように媒介変数表示で与え、平面曲線としての曲率を求めることができるようにする。

その手順としてまず、各文字の画(ストローク)の手書き入力から座標データを通る平面曲線の媒介変数表示を、

$$\begin{cases} x = f_1(t) \\ y = f_2(t) \end{cases} \quad -\pi \leq t \leq \pi$$

としたとき、 $f_1(t)$ 、 $f_2(t)$ は周期関数ではないが、

$$f_i(t) = f_i(t + 2n\pi) \quad n \text{は整数}$$

と定義することにより周期関数とみなすことができる。さらに、文字の「角」も近似的に急な曲がり方をした滑らかな曲線とみなすことにより、 $f_1(t)$ 、 $f_2(t)$ はフーリエ級数で表示可能である。すなわち、

$$f_i(t) = \frac{a_{i,0}}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_{i,n} \cos nt + b_{i,n} \sin nt)$$

と表すことができる。ここで、 $a_{i,n}$ と $b_{i,n}$ は

$$\begin{cases} a_{i,n} = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f_i(t) \cdot \cos nt \, dt \\ b_{i,n} = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f_i(t) \cdot \sin nt \, dt \end{cases}$$

で求めることができる。また、座標のデータは離散であるが、上記の式は座標データが等間隔に並んでいるとすると、 $a_{i,n}$ と $b_{i,n}$ を求める積分を和で近似することができる。この手法によって、媒介変数表示された平面曲線としての各画の数式を得ることができる。

ただし、無限級数のままでは実際にその数式を扱うことができない。たとえば、次節で説明する曲率を求めることはできないので、有限項まで打ち切ったフーリエ級数を用いる必要がある。何次まで打ち切ったフーリエ級数を用いるかについては、得られた式を画像として出力した際に、十分収束していると思わせる次数までとする。具体的には、 n 次までフーリエ級数で得られた文字の画像と $n+1$ 次までのフーリエ級数で得られた文字の画像の各点の差が平均2ピクセル以下の差しかないとき、その n 次までの有限フーリエ級数を用いることにする。

2.3 平均文字画像生成

フーリエ級数によって数式化された文字の各ストロークは、 $(x, y) = (f_1(t), f_2(t))$ のように t の式で表現される。ここで、平均的な文字は、平均的なストロークの組み合わせで表現される。求めたい平均ストロークの数式は、フーリエ級数によって得られた各ストロークの数式の平均をとることで導出することができる。

また、ある文字を表現する際に必要なストロークの数だけ平均の式を求め、 t の値が $-\pi$ から π までの部分を平均文字画像として生成し、PNGフォーマットで保存する、

フーリエ級数による数式表現および、平均文字生成のための平均の計算および画像化においては、*Wolfram Mathematica*を用いた。

3. データセット構築

データセット構築には著者3名を含む10人(男性:6名, 女性4名:19歳~50歳)がボランティアとして参加した。参加者には、一日一度、2.1節で説明した文字入力システムを用いて濁点、半濁点を含んだ全ひらがな71文字および濁点、半濁点を含んだ全カタカナ71文字の計142文字を入力するように依頼した。これらの文字入力においては、nextボタンを押すまでは何度でも文字を書き直してもよいこととした。なお、これら142文字の入力作業に要する時間は約15分程度であった。そして、これの入力作業を参加者にとって都合のよい5日間にわたって行うよう依頼した。これらの入力作業は平成24年5月8日から5月28日にわたる21日間で行われた。なお参加者には参加への謝礼と

して500円程度の粗品が進呈された。

10人分5回の手書き文字データのうち、濁点および半濁点が付与された文字以外のひらがな46文字を抽出し、2.2節の手法を利用することによって各参加者、各文字、各入力日の文字をフーリエ級数によって数式表現を行った(これにより、2300パターンの数式を得た)。また、フーリエ級数による数式表現から、データセット構築者の各文字の平均値を数式として求め、その5日分の文字に関する数式と、平均の数式(ユーザ平均文字の数式)を元にデータセット構築者の各文字とユーザ平均文字を横幅360ピクセル、縦幅360ピクセルのPNG画像として生成した。さらに、その10人分のユーザ平均文字を数式化したものを利用して平均となる数式(全体平均文字の数式)を計算し、全体平均文字画像を上記と同じサイズで生成した。

上記手続きによって、10人の参加者の5日分の手書き文字画像と、10人分のユーザ平均文字画像、さらに10人の平均である全体平均文字画像を作ることができる。実験では、この日々の手書き文字画像、ユーザ平均文字画像、全体の平均文字画像を利用して行う。結果的に構築された画像データセットは、46(文字)×5(日間)×10(人)の2300パターンの日々文字画像と、46(文字)×10(平均文字)の460パターンのユーザ平均文字画像、46パターンの全体平均文字画像からなる。

なお、データセット構築過程において、文字を書く順序や各方向が異なる参加者が居たため、その際は数式を逆転させることによって補正を行った。

4. ユーザ平均文字と日々の文字との比較実験

4.1 実験内容と手続き

ユーザが実際に書く文字の筆跡は、ユーザの理想からは多少のぶれがあるものであり、その筆跡の平均をとったユーザ平均文字はその人にとって理想的な文字となり、実際に書いた文字より綺麗だと評価されるのではという仮説を検証するため、実験用システムを構築した(図3)。

実験用のシステムでは、ユーザ自身が実際に書いた文字と、実際に書いたわけではないユーザ平均文字とを比較してもらおう。比較では、データセット構築者の書いた5日分の手書き文字画像と、その5日分のユーザ平均文字画像の合計6枚をランダムに提示し、提示された画像に対して綺麗だと思う順番に1~3位までの順位を付与する事を要求するものである。1~3位までの順位を付与すると、「次の評価」というボタンがクリック可能となり、次の文字の評価を行うことができるようになる。ここで、文字の出てる順番はランダムとなっている。

提示されている6つの文字について、きれいな字だと思ふ順番に1~3の順位をつけて下さい。4~6位は何も付けなくてOKです。



図 3 5日間の手書き文字とユーザ平均文字の比較をする実験システム

Figure 3 Examination system for comparing five-days' handwritten characters with the user's average character.

実験では、データセット構築に協力してくれた10名の参加者に依頼し、参加者自身が書いた手書き文字と、ユーザ平均文字を比較してもらった。なお、1位と評価された文字に3点、2位と評価された文字に2点、3位と評価された文字に1点を付与するようにした。

4.2 実験結果

実験結果は図4の通りである。

図の横軸にはその対象とする文字を書いた日の文字の評価が左から順に並んでおり、最後にユーザ平均文字の評価が提示されている。縦軸はその文字に対して付与された評価点の平均を示している。合計の評価点は1文字あたり6点となるため、評価点の期待値は1点である。

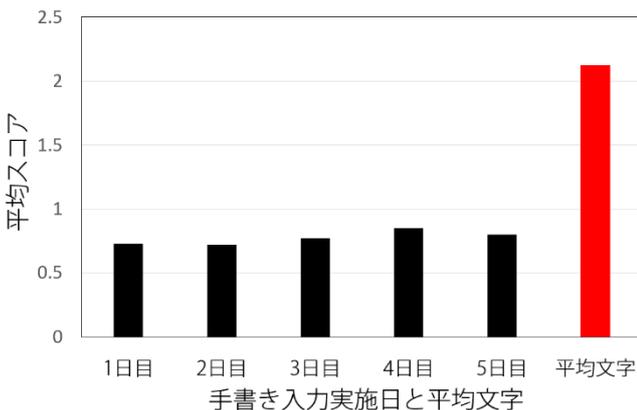


図 4 5日間の手書き文字とユーザ平均文字の比較結果
Figure 4 Experimental results of comparing user's average characters with five-days' handwritten characters.

この結果から、1~5日目の文字については0.7~0.9の値と期待値以下になっているのにも関わらず、ユーザ平均文字だけ2以上という突出した値になっていることがわかる。

また、この図には示していないが、いずれのデータセット構築者による評価も、平均文字が最も高い評価となっていた。

この実験の結果より、実際にユーザが書いた5日間の手書き文字より、その書いた手書き文字の平均である実際には存在しないユーザ平均文字の方が高く評価されていたということがわかる。

ここで綺麗であると評価された文字は必ずしも理想の文字というわけではないとは考えられる。しかし、少なくとも本人が綺麗だと思う文字は、その比較対象となった文字に比べ理想に近いものであると考えられる。つまり、各ユーザが色々な日に記入した文字の平均文字を生成すると、それはそのユーザの目標とする理想の文字であると言える。

最もユーザ平均文字を高く評価していた参加者の日々の筆跡とユーザ平均文字を組み合わせて画像化したものが図5である。日々の筆跡は細い線で、ユーザ平均文字は太い赤線で描画されている。この結果からも明らかのように、日々の筆跡にはブレがあるものの、平均的な文字はその中心的な位置に配置されていることがわかる。

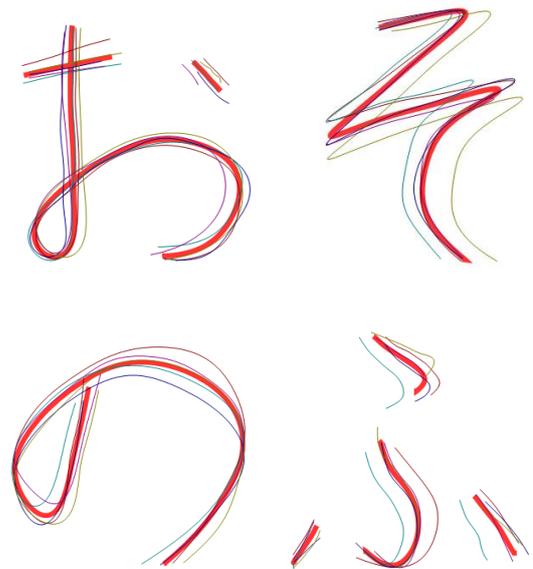


図 5 5日分の手書き文字と平均文字をミックスした例
Figure 5 Examples of mixing five-days' handwritten characters and the average.

以上のことより、ユーザの実際に書く文字の筆跡は、ユーザの理想からはブレがあるものであること。そして、その筆跡の平均をとったユーザ平均文字はその人にとって理想的な文字であり、実際に書いた文字より綺麗だと評価されるのではという仮説が正しいということを明らかにした。

5. ユーザ平均文字と全体平均文字の比較実験

5.1 実験内容と手続き

多くの人の筆跡を平均化した文字（全体平均文字）は、そのそれぞれの人にとって理想に近いユーザ自身の平均文字（ユーザ平均文字）よりも綺麗だと評価されるのではないかという仮説を検証するとともに、どの文字を綺麗と判断するかは人によって異なるという仮説を検証するため、実験用のシステムを構築した（図6）。

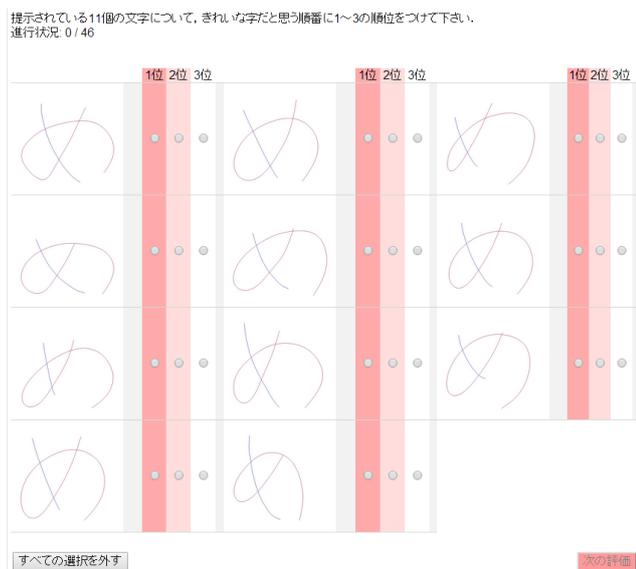


図6 10人のそれぞれのユーザ平均文字と、全体平均文字を比較する実験システム

Figure 6 Examination system for comparing ten users' average handwritten characters with the average character.

評価実験のシステムでは、ある文字について10人の5日間にわたる試行で構築された10人分のユーザ平均文字画像と、10人全員の全体平均文字画像の、合計11パターンの平均文字画像を同時に提示（提示する順序は毎回ランダムに変更）し、実験協力が綺麗だと思う順番に1位から3位までの順位を付与可能とするウェブシステムとなっている。なお、誰がどの文字を書いたのかという事は隠して提示した。実験システムでは、1~3位までの順位をつけると、「次の評価」というボタンを押すことが可能となり、「次の評価」のボタンを押すと次の文字の評価へと遷移する。なお、評価対象となる文字は任意の順番で提示することとした。

手書き入力を行った10人の協力者（A~Jとする）と、手書き入力を行っていない14人の協力者の合計24人（男性14名、女性10名：18歳~50歳）に、図5のシステムを用いてひらがな46文字分の評価を行ってもらった。

5.2 実験結果

評価実験の結果は図7の通りである。グラフの横軸は手書き入力を行った10人のそれぞれのユーザ平均文字と、全体平均文字が並んでいる。縦軸は、実験協力者の1位評価を3点、2位評価を2点、3位評価を1点とした時の評価平均を示している。さらに、グラフの3つの縦棒はそれぞれ左から順にデータセット構築者による評価の平均、データセット構築者でない実験協力者の評価平均、全体の平均となっている。1文字あたりの評価点合計は6点となるため、評価平均の期待値は0.545である。

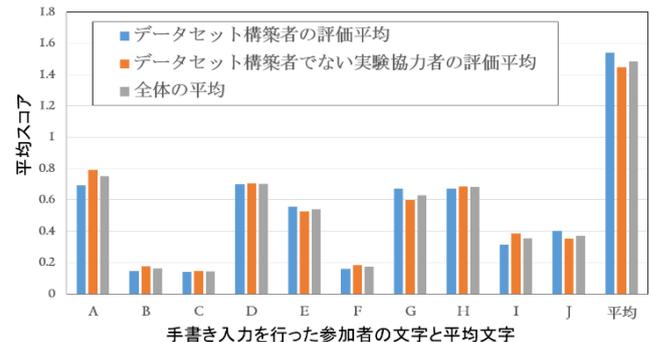


図7 10人のユーザ平均文字と、全体平均文字との比較実験の結果

Figure 7 Experimental results to compare the average characters with ten-users' average characters.

実験結果より、データセット構築者とデータセット構築者でない実験者との間に、評価の差がほとんどないことがわかる。また、いずれのグループであってもA, D, E, G, Hが高く評価され、B, C, Fが評価されていないことが分かる。さらに、平均文字が最も高く評価されており、その評価値は10人の中でもっとも高く評価されている入力者Aの2倍近い値となっていることが分かる。

以上のことから、ある程度字が綺麗だと評価されているA, D, G, Hの理想とするユーザ平均文字に比べ、字が綺麗な参加者、字があまり綺麗とはいえない参加者を融合した全体平均文字の方が高く評価されることがわかった。つまり、多くの人の筆跡を平均化した文字（全体平均文字）は、そのそれぞれの人にとって理想に近いユーザ自身の平均文字（ユーザ平均文字）よりも綺麗だと評価されるのではないかという仮説が正しいということを明らかにした。

次に、手書き入力を行った参加者（実験協力者）が、誰の平均文字に対して高く評価したかを示しているのが表1である。この表において、横に手書き入力を行った参加者のユーザ平均文字と全体平均文字が順に並んでおり、縦にその平均文字に対して評価者がどのようなスコアを付けたのか、またそのユーザ平均文字に対する平均スコアを示している。

表中の太字はその手書き入力を行った参加者に対して最も高い評価をしている評価者のスコア、赤色の背景にな

表1 実験結果. 誰が誰を高く評価したか?

Table 1 Experimental results. Who did put a high value to whom?

手書き文字を入力した参加者

評価者 (参加者)	Aの文字	Bの文字	Cの文字	Dの文字	Eの文字	Fの文字	Gの文字	Hの文字	Iの文字	Jの文字	平均文字	
	A	1.413	0.130	0.087	0.500	0.283	0.065	1.000	0.413	0.130	0.065	1.913
	B	0.587	0.609	0.196	0.391	0.543	0.109	0.413	0.522	0.587	0.065	1.978
	C	0.587	0.196	0.500	0.304	0.522	0.130	0.826	0.587	0.348	0.326	1.674
	D	0.826	0.130	0.000	2.043	0.500	0.152	0.587	0.239	0.065	0.348	1.109
	E	0.391	0.130	0.196	0.696	1.326	0.109	0.348	0.522	0.500	0.522	1.261
	F	0.283	0.022	0.043	0.478	0.696	0.543	0.543	1.217	0.391	0.239	1.543
	G	0.870	0.043	0.087	0.283	0.283	0.043	1.370	0.283	0.283	0.152	2.304
	H	0.717	0.043	0.065	0.761	0.522	0.174	0.261	1.826	0.152	0.283	1.196
	I	0.848	0.109	0.174	0.630	0.413	0.174	0.870	0.652	0.522	0.478	1.130
	J	0.413	0.043	0.065	0.891	0.478	0.109	0.522	0.478	0.174	1.522	1.304
	平均	0.694	0.146	0.141	0.698	0.557	0.161	0.674	0.674	0.315	0.400	1.541

っているのは、評価者の平均の2倍以上、その手書き入力者に対して高く評価されている部分である。また、青色の背景は、全体平均文字が1位評価となっていない結果を示している。

表2 各文字に対する評価

Table 2 Evaluations to each character.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均
あ	0.583	0.125	0	1.625	0.083	0.167	1.125	0.042	0.292	0.208	1.75
い	0.375	0	0.25	1.833	0.625	0.25	0.625	0.083	0.083	0.25	1.625
う	1.208	0	0	0.667	0.25	0.667	0.5	0.333	0.208	0.208	1.958
え	1.292	0.125	0	0.75	0.167	0.125	0.583	0.375	0.958	0.25	1.375
お	1	0	0	0.333	0.208	0.042	0	1.5	0.292	0.708	1.667
か	0.417	0	0	1.375	1.25	0	0.542	0.167	0	0.5	1.75
き	0.583	0.333	0.042	0.333	0.5	0	0.708	0.667	0.083	0.625	2.125
く	0.5	0.333	0.792	0.458	0.792	0.708	0.375	0.25	0.792	0.042	0.958
け	0.25	0.083	0.583	0.25	0.375	0	1.5	0.25	0.417	0.708	1.583
こ	0.333	0.542	0.292	0.5	0.75	0.042	1.125	0.333	0.25	0.167	1.667
さ	0.833	0.167	0	0.333	0.292	0	0.375	1.375	0.125	0.5	2
し	0.042	1.375	0.292	0.708	0.75	0.833	0.125	0.333	0.167	0.167	1.208
す	0.833	0	0.042	1.333	0.292	0	0.5	0.042	1.083	0.333	1.542
せ	0	0.042	0.333	2.083	0.208	0	0.5	0.458	0	0.833	1.542
そ	0.958	0	0.042	0.708	0.583	0	0.958	2.125	0.083	0.292	0.25
た	1.417	0	0	0.25	0.958	0	0.625	1	0	0.125	1.625
ち	1.167	0	0.333	0.25	0.375	0.125	0.875	0.5	0.167	0.125	2.083
つ	0.333	0	0.375	0.083	0.5	1.542	1.375	0	0	0.75	1.042
て	1	0.125	0	0.958	0.208	0	0.375	1.458	0.375	0	1.5
と	0.583	0	0.25	0.208	1.375	0.042	0.5	1.083	0.375	0.083	1.5
な	0.542	0.167	0	0.333	1	0.708	1.042	0.417	0	0.25	1.542
に	0.667	0.208	0.375	0.667	0.333	0	0.5	1.458	0.375	0.25	1.167
ぬ	0.708	0.458	0.333	0.208	0.125	0	1.042	0.167	0.208	0.542	2.208
ね	0.417	0.625	0.125	0.458	0.208	0.208	0.125	0.708	0.667	0.583	1.875
の	0.458	0.375	0	0.167	0.583	0.042	1.042	1.208	0.292	0.5	1.583
は	1.75	0.042	0	1.417	0.167	0	0.625	0.167	0.208	0.208	1.417
ひ	0.75	0.125	0.083	0	0.833	0.542	0.375	1.083	0	0.542	1.667
ふ	1.625	0.083	0	0.458	0.208	0.75	0.333	0.625	0	0.167	1.75
へ	1.875	0.292	0.25	0.167	0.125	0.208	1	0.292	0.125	0.542	1.125
ほ	0.667	0.125	0.083	1.25	0.333	0	0.667	0.708	0.042	0.417	1.708
ま	1.208	0.042	0.083	0.125	1.625	0.083	0.417	1.25	0	0.125	1.042
み	0.25	0	0	1.042	0.208	0.167	0.875	0.542	0.625	0.417	1.875
む	0.917	0.125	0.083	1.833	0.667	0	0.208	0.125	0.25	0.958	0.833
め	0.75	0.167	0	0.667	0.125	0	0.667	0.125	0.833	0.208	2.458
も	0.25	0	0	0.542	0.875	0	0.5	0.667	0.708	0.583	1.875
や	0.583	0	0.125	0.75	0.583	0.083	0.292	0.125	1.333	0.417	1.708
ゆ	0.125	0.208	0.25	0.083	0.208	0.125	0.542	2.042	0.417	0.208	1.792
よ	1.708	0	0	0.708	1.25	0.042	0.667	0.583	0	0.125	0.917
ら	0.083	0.208	0.125	1.208	0.333	0.042	1.625	0.167	0.417	0.125	1.667
り	0.708	0	0.125	0.833	0.625	0	0.708	0.125	0.833	0.708	1.333
る	0.792	0	0	0.875	1.333	0	0.625	1.208	0.333	0.625	0.208
れ	0.292	0.5	0.333	0.5	0.208	0	0.583	1.333	0.583	0.208	1.458
ろ	1.208	0	0	1.25	0.625	0	0.083	1.75	1	0.083	0
わ	0.125	0.542	0.125	0.833	0.5	0.167	0.917	0.667	0.208	0.333	1.583
を	1.542	0	0.375	0.083	1.208	0.125	0.125	0.25	0.292	0.542	1.458
ん	0.833	0	0.125	0.833	0	0.167	0.167	1.167	0.833	0.542	1.333

この結果より、10人中9人のユーザ(A~HとJ)は、どのユーザ平均文字が誰のものであるのかということを明らかにされていないにもかかわらず、自身のユーザ平均文字を最も高く評価していることがわかる。また、D、E、H、Jのユーザは、全体平均文字よりも自身のユーザ平均文字を高く評価している。このことより、どの文字を綺麗と判断するかは人によって異なるとともに、自身のという仮説が正しいことを明らかにした。また、多くの人は自身の文字が好みであることも明らかになった。

平均化した場合に評価が高くなる文字と、平均化した結果評価が低くなる文字とがあることが考えられる。そこで、「あ」から「ん」までのユーザ平均文字と全体平均文字の評価の平均を示したのが表2である。表中のピンク色背景のものは最も高く評価された平均文字とそのスコアを示している。

この結果より、ほとんどの文字において全体平均文字が最も高く評価されていることがわかる。特に評価が高かったのは、「め」「ぬ」「き」(図7, 図中の赤い太線が全体平均文字, 細い線がそれぞれのユーザ平均文字)で、評価が低かったものは「そ」「る」「ろ」(図8, 図中の赤い太線が全体平均文字, 細い線がそれぞれのユーザ平均文字)であった。特に、「そ」「る」「ろ」の評価の低さは顕著であった。「そ」「る」「ろ」について高く評価されていたユーザ平均文字は図9の通りである。

図8と図9を比較すると、折り返しの部分の尖る部分に大きな違いがあると考えられる。「そ」の場合は3つ, 「る」と「ろ」については2つの尖った折り返しがあるが、このそれぞれについて全体平均文字は柔らかに折り返しており、高評価だったユーザ平均文字は鋭角に折り返している。つまり、この部分が評価を下げたのではと考えられる。

今回扱った文字は、ひらがなばかりである。小松らは、ひらがなは丸みを帯びている文字であるとその曲率を計算することで明らかにしている[1]。「そ」「る」「ろ」の結果から考えると、滑らかで丸みのあるひらがなにおいては平均

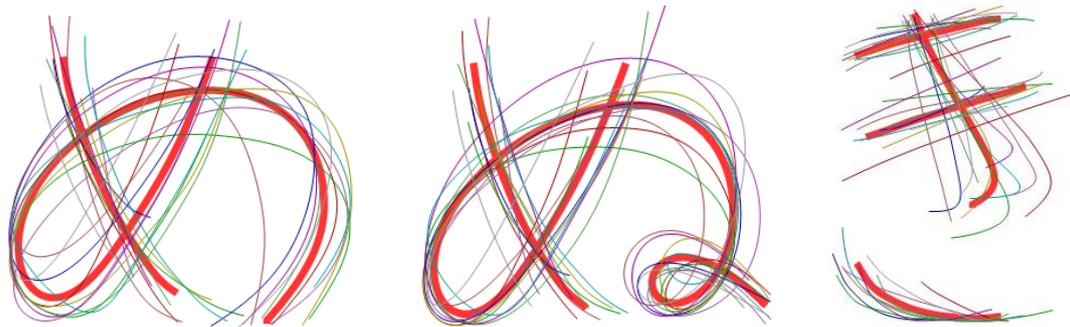


図 7 評価の高かった 3 つの全体平均文字
Figure 7 Average characters that received high evaluation.



図 8 評価の低かった 3 つの全体平均文字
Figure 8 Average characters that received low evaluation.



図 9 「そ」「る」「ろ」について評価が高かった 3 つのユーザ平均文字
Figure 9 Users' average character "So," "Ru" and "Ro" that received high evaluation.

文字が美しく、折り返しが多いカタカナや漢字などについては平均文字が美しくないという可能性も考えられる。今後は、カタカナについても比較実験を行うことによって、平均文字の可能性について取り組んでいく予定である。

6. 関連研究

平均といえば、平均顔に関する研究が様々なところで行われており、その平均顔の魅力について議論されている [2][3]。平均顔と平均文字は異なるものではあるが、平均顔

も平均文字もそのそれぞれについて魅力があるという点は興味深い。

ユーザの文字を平均化することで新しいフォントを作り上げるプロジェクトとして、BIC の Universal Type Face [4] が 2014 年に始まった。このプロジェクトは内部の手法が明らかにされていないためその詳細は不明であるが、色々な画数を許容し、変な入力順序のものも許容していることから、イレギュラーな入力は排除しているか、骨格となる文字を用意しておきその骨格を入力された文字の平均を取ることで動かすものであると考えられる。我々は、平均文

字をフーリエ級数による数式表現を可能とし、実験によりその文字が美しいということを個人、さらに全体として明らかにしたものである。

本稿では、文字を平面曲線と捕えた上で、文字のそれぞれの画をフーリエ級数によって数式化し、平均文字を求める手法を提案したものである。このアプローチに関連した研究としてまずは、オンライン手書き文字の認識に関する研究が挙げられよう。これらの研究では、文字を構成する筆点列から何らかの特徴量の抽出を行い、それを辞書データと対応付けることで文字の識別を行うものである[5]。その特徴点の抽出の際には、Rammerの方法[6]が多く用いられている。この方法以外にも、複素フーリエ変換[7]、フーリエ記述子[8]を用いた方法も提案されている。しかし、これらの研究をそのまま使うだけでは、平均文字を作ることは困難である。

7. まとめ

本研究では、平均文字は美しいという大きな仮説を検証するため、複数の実験を行った。

まずユーザが実際に書いた文字より、ユーザが実際に書いた文字ではないユーザ平均文字の方がそのユーザに高く評価されることを明らかにした。次に、各ユーザの平均文字よりも、文字が綺麗なユーザ、文字があまり綺麗とは言いがたいユーザの文字を融合した全体の平均文字の方が高く評価されることも明らかにした。さらに、人によって高く評価する文字は大きく異なり、自身の文字を高く評価する傾向が高いということを明らかにした。

はじめにでも述べたとおり、綺麗な文字を書くということに興味を持っている日本人は多く、綺麗な文字というのはエンタテインメントの一要素であると言える。また、自分の手書き文字はどういうものであるのかという事を知ることができるという体験は面白いものである。さらに、多くの人が書く平均的な文字が、綺麗であると評価されるという事は面白い事実である。

今後は、ひらがなのみならずカタカナや、漢字などに応用して評価を行っていく予定である。また、他言語についても実験を行うことによって、どのような言語では平均文字が美しく、どのような言語では平均文字が美しくないのかなどについても明らかにしていく予定である。

今回のデータセット構築では、Windows Surfaceを用いたため、ややペンが滑りやすく思った字を書くことができていることもあった。綺麗に書くことができなかった場合は、矢印型のボタンを押すことで入力をやり直すことが可能となっていたが、それでも満足行く文字が書けたとは限らない。今後は、本人にとってより良い文字を書くことができるようにするため、書き心地が良いペンタブレットを利用して入力システムの再実装を行うとともに、さらなる

実験を行う予定である。

ユーザ平均文字は、その文字を書いたユーザにとって理想に近い文字であると考えられる。また、我々の手法を利用することで、ユーザの平均文字と、他者の平均文字との近さを計算することが可能となる。そこで、目標とするユーザの平均文字や、全体平均文字と、ユーザ自身の平均文字とのギャップを計算することで、文字をより綺麗に書くためのガイドなどを表示することが可能になると期待される。

謝辞 入力システムの開発に取り組んでくれた明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科の矢野秀斗君に謝意を表す。

参考文献

- 1) 小松孝徳, 中村聡史, 鈴木正明: 「ひらがなはカタカナよりも丸っこいよね?」: 文字の数式表現および曲率の利用可能性, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会 (2014).
- 2) BIC: Universal Type Face, <http://theuniversaltypface.com/home> (2014).
- 3) 永田明徳, 金子正秀, 原島博: 平均顔を用いた顔印象分析, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J80-A No.8 pp.1266-1272.
- 4) Valentine, T., Darling, S., Donnelly, M: Why are average faces attractive? The effect of view and averageness on the attractiveness of female faces, *Psychonomic Bulletin & Review*, 2004, 11(3), 482-487.
- 5) 朱碧蘭, 中川正樹: オンライン手書き文字認識の最新動向, 電気情報通信学会誌 Vol. 95 (4), pp.335-340 (2012)
- 6) Ramer, U.: An iterative procedure for the polygonal approximation of plan closed curves, *Computer Graphics and Image Processing*, Vol.1 (3), 244-256 (1972).
- 7) Granlund, G.H.: Fourier Preprocessing for Hand Print Character Recognition, *IEEE Transactions on Computers*, Vol. C-21 (2), 195-201 (1972).
- 8) 大仲斉, 馬籠良英: フーリエ記述子を用いたオンライン文字認識, 情報処理学会第 46 回全国大会, 2-203, 7C-8 (1993)