JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	手書き文字の物理特徴がもたらす表出感情の解析
Author(s)	尾風，仁
Citation	
Issue Date	2020-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/16378
Rights	
Description	Supervisor: 小谷　一孔，先端科学技術研究科，修士（融合科学）

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修士論文

手書き文字の物理特徴がもたらす表出感情の解析

1850006　尾風　仁

主任研究指導教員　　小谷　一孔

北陸先端科学技術大学院大学
金沢大学
（融合科学）

令和２年３月

手書き文字の物理特徴がもたらす表出感情の解析
（An analysis of expression from physical characteristics of handwriting）

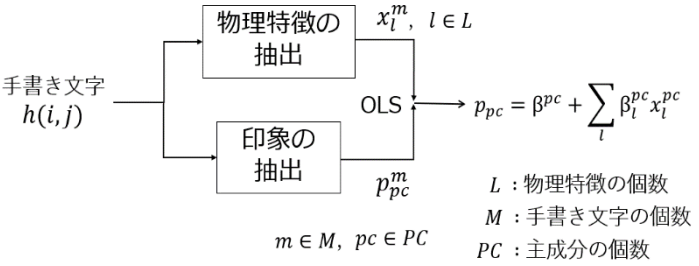
北陸先端科学技術大学院大学　学生番号 1850006
氏名　尾風仁
主任研究指導教員氏名　小谷一孔

1. はじめに

文字は情報伝達のための身近なツールとして古来より使用されている。また，文字は主に手書き文字とフォント文字の 2 種類が存在するが，近年ではノート PC やスマートフォンといった情報伝達機器の普及によりフォント文字を用いたコミュニケーションの機会が増加しており，我々が生活の中で手書き文字を使用する頻度は減少している[1]。しかしながら，手書き文字の持つ非言語情報を用いた情報伝達は人と人とのコミュニケーションを豊かにするために必要不可欠であり，手書き文字の持つ感性情報を明らかにする必要がある。本研究は，手書き文字から想起される印象の特性を定量的に明らかにすることを目的とし，手書き文字執筆時の丁寧さを抽出できるような物理特徴に着目し手書き文字の物理特徴と想起される印象に対し多変量解析を行った。

2. 研究方法

手書き文字の印象に対する物理特徴の影響について定量的に解析するために，本研究では図 1 に示すように，手書き文字から物理特徴の抽出と主観評価実験による印象の抽出を行った後に，印象量を目的変数，物理特徴量を説明変数とする重回帰分析を行った。

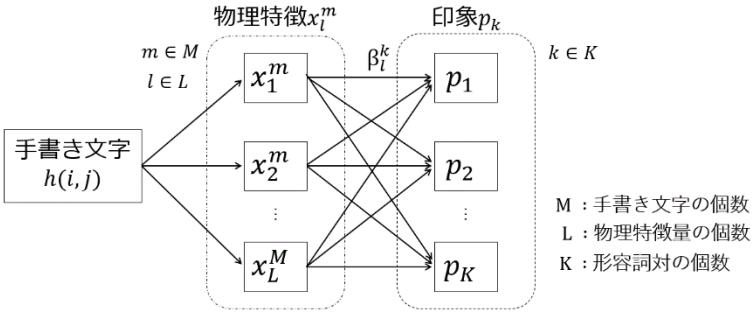


[図 1 手書き文字解析の手順]

物理特徴は画像処理によって抽出した。例えば，物理特徴の 1 つである線の濃度x_1は元画像の画素値$h(i,j)$と 2 値化後の画素値$b(i,j)$を用いて以下のように計算した。

$$x_1 = \frac{\sum_{i,j} h(i,j)}{\sum_{i,j} b(i,j)}$$

文字の読者が手書き文字から受ける印象は印象評価などに使用される，Semantic Differential 法（SD 法）[2]を用いた主観評価実験を行い抽出した。主観評価実験では，様々な手書き文字のサンプルをランダムに表示し，被験者に 1 字ずつ SD 法の評価基準に基づき評価させた。



[図 2 物理特徴と印象の関係解析モデル]

手書き文字から抽出した物理特徴と印象の関係について，印象p_kを目的変数，物理特徴x_lを説明変数として図 2 に示す重回帰モデルで解析した。

$$p_k = \beta^k + \sum_l \beta_l^k x_l^k$$

3. 結果と考察

まず，主観評価実験で得られた印象に対し主成分分析による要約を行い，本実験に用いた手書き文字から伝わる印象の約 90%が読みやすさ，凡庸さ，開放感，丸み感で表せることを示した。要約された印象の 4 つの主成分を目的変数とする回帰モデルから以下に示す印象と物理特徴の関係が見られた。

$$pc_1 = 3.49 - 0.10x_1 + 0.25x_2 + 0.16x_3 + 0.31x_5$$

$$pc_2 = 2.75 + 0.36x_1 - 0.19x_5$$

$$pc_3 = -1.76 - 0.27x_2 + 0.32x_4$$

$$pc_4 = 2.41 + 0.18x_1 - 0.13x_2 + -0.24x_6$$

（1）読みやすさ

文字の読みやすさを増やすには，線を濃くして，丸みを減らし，文字サイズを大きくすればよい

（2）汎用さ

文字の汎用さを増やすには，線を薄くして，文字サイズを小さくすればよい

（3）開放感

開放感を増やすには，線を太くし，縦横比を横長にすればよい

（4）丸み感

丸み感を上げるには，線を薄くして，文字の丸みを上げ（角を減らし），文字バランスを均一にすればよい

また，丁寧に執筆した文字と乱雑に執筆した文字の違いについて，以下のように示した。

（ⅰ）丁寧に執筆したグループと乱雑に執筆したグループ間で最も差が大きくなったのは読みやすさに関する印象である

（ⅱ）丁寧に執筆したグループの方が読者に明るく開放的な印象を与える

4. まとめ

本研究は，手書き文字から想起される印象の特性を定量的に明らかにすることを目的とし，手書き文字の物理特徴と想起される感性印象に対し多変量解析を行った。その結果，手書き文字から伝わる印象の約 90%が読みやすさ，凡庸さ，開放感，丸み感で与えられ，印象を目的変数，物理特徴を説明変数とする回帰モデルを与えた。回帰モデルから，以下に示す印象と物理特徴の関係が見られた。今後の課題として，本研究では主に鉛筆で執筆された丁寧及び乱雑な文字に対する解析を行ったが，文字の色情報や紙の質，データセットの特性，被験者の年齢層など様々な条件下で文字の物理特徴が読者に与える印象の調査について考えられる。

参考文献

[1] 曽根原士郎，齋藤敦子，“情報記録手法と記憶定着・理解度の関係についての実験報告,” 情報知識学会誌 2010 Vol.20，No.1，pp.32－37, 2010.

[2] 中森義輝，感性データ処理－感性情報処理のためのファジィ数量分析手法－，森北出版，pp.18-50, 2000.

目次

第 1 章 はじめに 1

1.1 研究背景 1

1.2 読者が文字から受け取る非言語情報 3

1.2.1 フォント文字から読者が受け取る非言語情報 3

1.2.2 手書き文字から読者が受け取る非言語情報 4

1.3 手書き文字が持つ非言語情報抽出に関する従来研究 6

1.4 研究目的 10

第 2 章 文字の物理特徴・印象の抽出手法 11

2.1 物理特徴と印象の関係の解析 12

2.1.1 物理特徴と印象の解析モデル 12

2.1.2 重回帰分析 13

2.2 画像処理による文字の物理特徴の抽出手法 14

2.2.1 手書き文字の物理特徴 14

2.2.2 物理特徴$x1$～$x6$の抽出手法 15

2.3 印象の抽出手法 21

2.3.1 SD 法による印象抽出 21

2.3.2 印象評価実験における印象量の抽出 23

第 3 章 文字から表出する印象の抽出実験 25

3.1 実験目的 25

3.2 実験条件とデータセットの内容 25

3.2.1 実験条件 25

3.2.2 データセットの内容 26

3.3 主成分分析による形容詞対の要約 32

第 4 章 文字が読者に与える印象の解析 35

4.1 物理特徴量と印象量の回帰式 35

4.2 グループごとの物理特徴量の平均 37

4.3 手書き文字が読者に与える印象に関する考察 39

4.3.1 丁寧・乱雑に執筆した文字が与える印象に関する考察 39

4.3.2 文字の持つ文脈効果による物理特徴の影響の確認 43

4.3.3 フォント文字と手書き文字の違いの確認 44

第 5 章 まとめ 47

謝辞 49

図目次

図 1-1：フォント文字（左）と手書き文字（右）..... 1

図 1-2　年賀状における印刷と手書きに関する印象調査結果..... 5

図 1-3 抽出されたフォーマリティの因子とフレンドリーの因子 7

図 1-4　嬉しいと評価された手紙サンプル 8

図 1-5　印象評価実験に使用した筆記サンプルの例 9

図 2-1 手書き文字解析の手順 11

図 2-2　物理特徴と印象の解析モデル..... 12

図 2-3 元画像と 2 値化後の手書き文字画像 16

図 2-4　文字の平均濃度算出..... 16

図 2-5　丸み（角の多さ）の検出..... 17

図 2-6 丁寧（a）および乱雑（b）に執筆した文字から検出されたコーナー
..... 18

図 2-7 線の太さの算出..... 19

図 2-8 アスペクト比の算出..... 20

図 2-9　文字サイズの算出 20

図 2-10　バランスの算出 21

図 2-11　印象評価用に作成したフォーマット 23

図 2-12　印象評価実験前に提示したディレクション 24

図 3-1　図 2-1 における印象抽出部のデータ処理内容..... 25

図 3-2 手書き文字のデータセット(e)..... 31

図 3-3 可視化した印象間の相関関係 32

図 3-4　主成分の累積寄与率..... 33

図 4-1　Group 1 の標準化物理特徴量（平均） 37

図 4-2　Group 2 の標準化物理特徴量（平均） 38

図 4-3　Group 3 の標準化物理特徴量（平均） 39

図 4-4 丁寧及び乱雑な文字から受ける印象..... 41

図 4-5　2 パターンで執筆した「固い」..... 43

図 4-6　手書き文字とフォント文字 45

表目次

表 2-1　使用する物理特徴 14

表 2-2　使用した形容詞対 22

表 3-1　実験条件..... 26

表 3-2　各グループの特徴 27

表 3-3　各主成分(PC)と相関の高い印象..... 33

表 4-1 回帰分析の検定結果..... 36

表 4-2　図 4-5 に対する平均印象量（一部抜粋） 43

表 4-3　図 4-6 の文字に対する印象量の平均（1～5） 45

第1章 はじめに

1.1 研究背景

文字は情報伝達のための身近なツールとして古来より使用されている。また，文字は主に手書き文字とフォント文字（図 1-1）の 2 種類が存在するが，近年ではノート PC やスマートフォンといった情報伝達機器の普及によりフォント文字を用いたコミュニケーションの機会が増加しており，我々が生活の中で手書き文字を使用する頻度は減少している。手で書くことは教育現場における理解や記憶の効果を高めると報告している研究 [1] [2] [3]は数多く存在するが，特に近年のコミュニケーションシーンにおいては利便性の高いフォント文字が使用される機会は増加傾向にある。

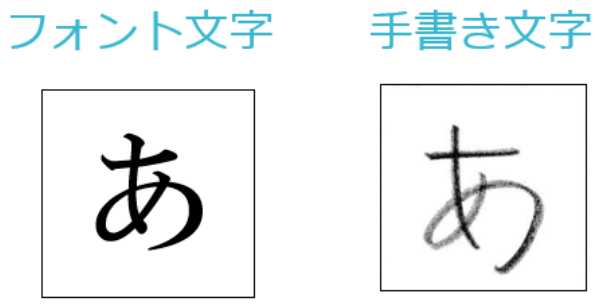


図 1-1：フォント文字（左）と手書き文字（右）

我々が文字を用いる主な目的は情報伝達のためであるが，ここで伝達される情報は単なる言語内容だけではない。例えば，音声を用いたコミュニケーションでは，言語内容だけでなく声の高さや大きさ，発話速度などの要素により聞き手

に多様な印象を与えることができる [4]。このように，情報伝達時に言語行動に伴い起こる非言語的行動をパラランゲージ（paralanguage）もしくは周辺言語という [5]。押木ら [6]は文字言語においてもパラランゲージが機能していると考え，文字におけるパラランゲージ的要素として以下の項目を挙げた。

- 線（濃さ，太さなど）
- 字形（部分の組み立て，曲直など）
- 配列配置（文字の大小，行の揺れなど）
- その他（紙の選択など）

さらに，上記の文字のパラランゲージ的要素により伝わる情報は以下の 2 つであると述べた。

- 属性や状態に関するもの（性別，年齢，健康状態，感情など）
- コミュニケーションの意図（感情，態度など）

ただし，押木らはパラランゲージ的要素は手書き文字だけでなく，フォント文字においても存在すると主張している。例えば，李ら [7]はフォント文字の太さを変化させることで読者に与える印象も変化すると報告しており，飯場ら [8]はフォント文字の色彩によって読者に様々な印象を与えることを示している。

一方，手書き文字のパラランゲージ的要素から執筆者の情報を抽出できると考え，筆跡を分析し執筆者の心理特性の推測を目的とする学問として筆跡学

（graphology）がある。筆跡学の分野において，手書き文字から執筆者の性格特性を明らかにしようと試みる研究は数多く行われてきた。そのうち，高野ら［9］や松野ら［10]などは筆跡と執筆者の実際の性格特性は関連がないことを示した。しかしながら，読者が手書き文字から自然に執筆者の存在を感じ，執筆者の性格や状態について推測していることが示唆されている［11]。つまり，文字の持つパラランゲージ的要素から執筆者の特性を推定することは困難であるが，我々は手書き文字を見たときに，執筆者の実際の特性に関わらず文字のパラランゲージ的要素から何らかの非言語情報を受け取っていると考えられる。

1.2 読者が文字から受け取る非言語情報

1.2.1 フォント文字から読者が受け取る非言語情報

それでは，読者が受け取る文字の非言語情報とは具体的にどのようなものだろうか。 まず，フォント文字から読者が受け取る非言語情報について述べる。

井上ら［12]は，フォント文字から読者が受ける非言語情報を「良い－悪い」といった形容詞対を用いて表現し，主観評価実験によりフォント文字から受ける印象について調査を行った。まず，印象を表す 210 個の形容詞対からフォントの印象に関わる 36 個の形容詞対を抽出した。また，被験者にフォント文字を抽出した 36 個の形容詞対で評価させ，フォント文字から受ける印象は以下の 5

つの要因で表されることを示した。

- 素直さを表す心理要因（分かりやすい，安定したなどの形容詞対）
- 魅力を表す心理要因（粋な，リズミカルななどの形容詞対）
- 力量を表す心理要因（重い，痛快ななどの形容詞対）
- 新鮮さを表す心理要因（新しい，明るいなどの形容詞対）
- 丸みを表す心理要因（角張った，柔らかいなどの形容詞対）

1.2.2 手書き文字から読者が受け取る非言語情報

続いて，手書き文字から読者が受け取る非言語情報について述べる。平成 26 年度の国語に関する世論調査 [13]では，年賀状などにおいて「手書きが加えられたものの方が良い」と回答した割合は全体の 9 割弱を占めた（図 1-2）。これは，年賀状などにおいて読者は単なる言語内容ではない非言語情報を受け取っていることを示している。

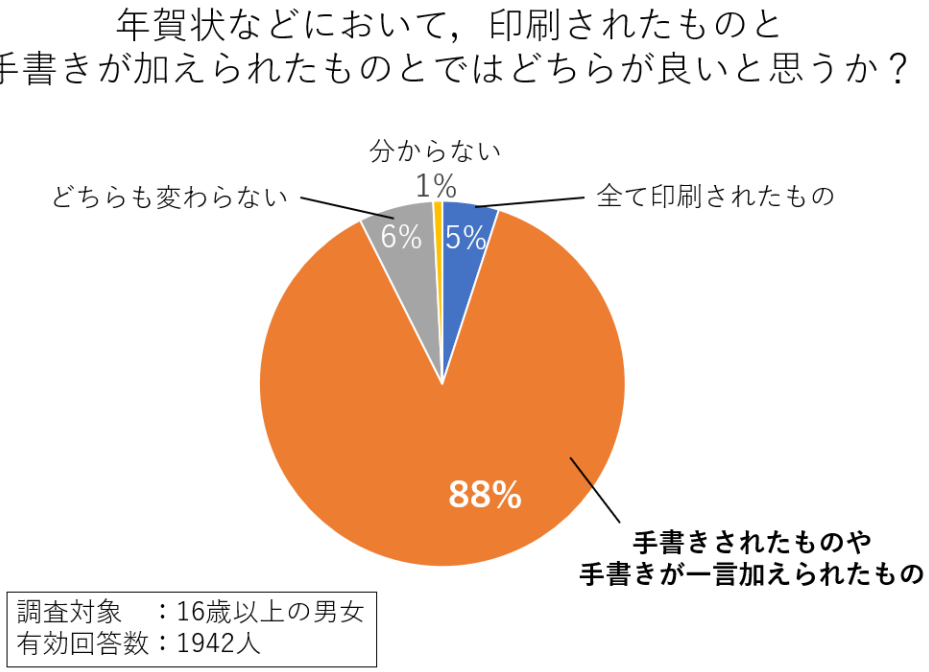


図 1-2　年賀状における印刷と手書きに関する印象調査結果

また寺田ら［14]は，手書き文字により以下に示す非言語情報が伝達され，読者に様々な感性印象を与えると報告した。

- 誠意（温かみ，誠実さなど）の伝達
- 情動的印象（躍動感など）の伝達
- 整斉さ（丁寧さ，好感など）
- 手間のかかるものという認識

フォント文字から受ける印象と手書き文字から受ける印象について，調査手

法や条件が異なるため単純な比較はできないが，例えば手書き文字により伝達される「誠意」は手書き文字特有の非言語情報であり，読者が執筆者の存在を想像することにより初めて受ける印象である。こうした相手の気持ちを汲み取る情報伝達は人と人とのコミュニケーションを豊かにするために必要不可欠であり，手書き文字をコミュニケーションに用いる最大の意義である。

1.3　手書き文字が持つ非言語情報抽出に関する従来研究

文字の読者が文字から受け取る非言語情報の抽出を行った研究について述べる。白岩ら [15]は手書き文字が読者に与える嬉しさの要因を明らかにするために，誕生日のシーンを想定した手書き文字の手紙サンプルを用意し，そのサンプルを受け取った読者に対して印象評価を行った。 その結果，手書きの手紙を受け取ったときの嬉しさは，以下の 5 つの形容詞対が大きく影響すると示した。

- 好き－嫌い
- 読みやすい－読みにくい
- 丁寧な－雑な
- 真剣な－適当な
- 幸せな－不幸せな

また，形容詞対に対し因子分析を行い，フォーマリティの因子（文字の綺麗さ

と関係する因子）とフレンドリーの因子（感情に関係する因子）を抽出した（図 1-3）。

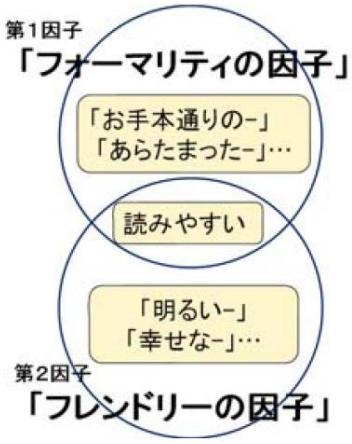


図 1-3 抽出されたフォーマリティの因子とフレンドリーの因子

その後，読者が「もらって嬉しい」と評価した手紙と上述した 2 因子との関係性（図 1-4）について明らかにすることで，どのような手書き文字を執筆すれば読者に嬉しい印象を与えるかを示した。しかしながら，文字の物理特徴に関しても主観評価を用いており，定量的な物理特徴量を用いた議論はなされていない。

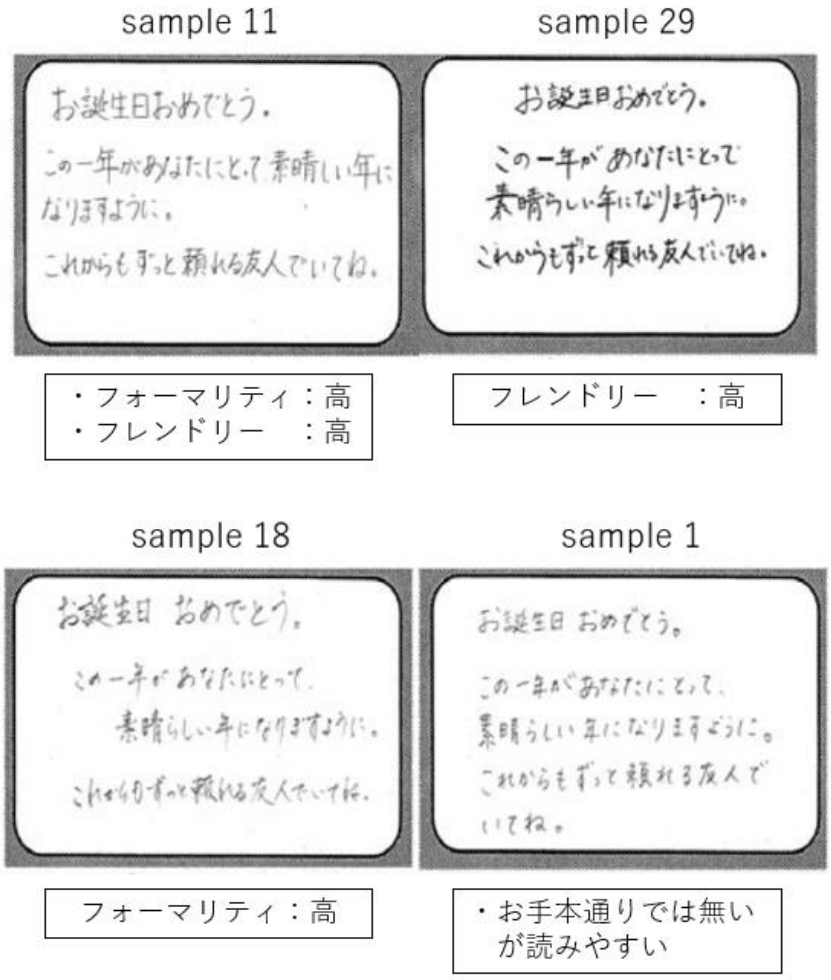


図 1-4　嬉しいと評価された手紙サンプル

内藤ら [16]は文字の配置などを考慮した読者の感情特性の解析を行い，文章（図 1-5）から抽出された物理特徴と感情の関係を解析した。このとき，物理特徴は文字の配置などに着目し以下の 7 つを用いている。

- 文字サイズ
- 行の揺れ

- 文書バランス
- 文字バランス
- 文字重心
- 文書安定性
- 文字サイズ安定性

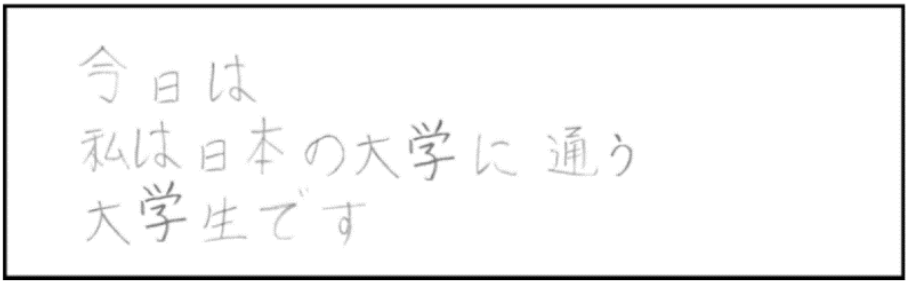


図 1-5　印象評価実験に使用した筆記サンプルの例

さらに印象評価実験を行い，文書の物理特徴から印象実験で得られた読者の心理量を推定する重回帰モデルを生成した。しかしながらこのとき用いた物理特徴の定義だけでは手書き文字の感情に対する影響を表すには十分でなかったと報告している。

文字の物理特徴と印象量に関わる研究として，井上ら [12]はフォント文字から受ける印象と相関の高い物理量が線の太さや文字サイズ，バランスなどであることを示した。フォント文字が読み手に与える印象と手書き文字が与える印象の関係性について明らかにした研究は見当たらないが，フォント文字も読

み手に何らかの印象を与える意図でデザインされていることから，井上らの定義した物理特徴は手書き文字にも適用可能であると考える。加えて，手書き文字特有の感性情報である「丁寧さ」を表すような物理特徴を用いることで，手書き文字から想起される印象が説明できると考える。

1.4 研究目的

本研究は，手書き文字の物理特徴と想起される感性印象に対し多変量解析を行うことで，手書き文字から想起される印象の特性を定量的に明らかにすることを目的とする。これにより，手書き文字による人と人とのコミュニケーションにおける重要性を明らかにする。

また，手書き文字特有の印象である丁寧さが読者に与える影響に着目して解析を行うことで，手書き文字のコミュニケーションにおけるフォント文字との共通点や相違点を明確にする。

第2章 文字の物理特徴・印象の抽出手法

手書き文字の印象に対する物理特徴の影響について定量的に解析するために，本研究では図 2-1 に示す手順で手書き文字の印象を解析した。図 2-1 に示すように，手書き文字から物理特徴の抽出と主観評価実験による印象の抽出を行った後に，印象量を目的変数，物理特徴量を説明変数とする重回帰分析を行った。

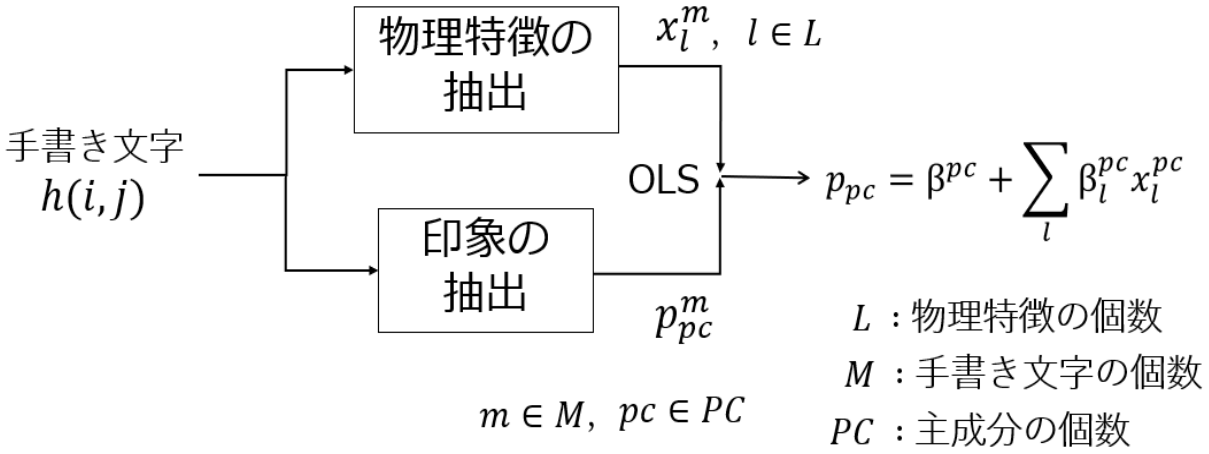


図 2-1 手書き文字解析の手順

2.1 節に本研究で用いた解析モデルについて，2.2 節に物理特徴の抽出手法について，2.3 節に印象の抽出手法について示す。

2.1 物理特徴と印象の関係の解析

2.1.1 物理特徴と印象の解析モデル

本研究では，物理特徴と印象の関係について図 2-2 に示す重回帰モデルで解析し，式（2-1）の形で印象に対する物理特徴の影響を示した。このとき，β は偏回帰係数である。

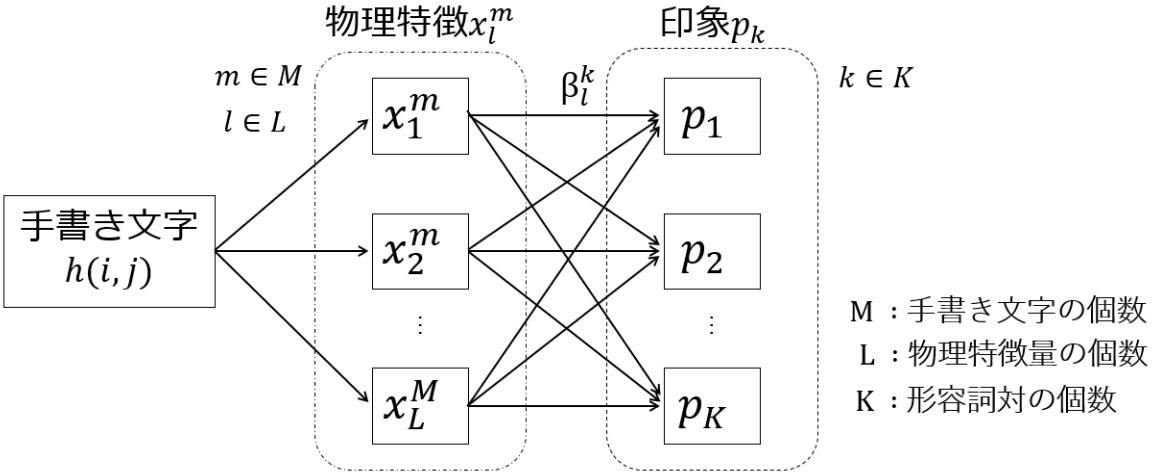


図 2-2　物理特徴と印象の解析モデル

$$p_k = \beta^k + \sum_l \beta_l^k x_l^k \qquad (2-1)$$

解析手法として重回帰分析を選択した理由を以下に述べる。近年，文字の物理特徴から感性情報を推定する手法としてファジィニューラルネットワーク（FNN）を用いて文字から執筆者の性格特性を予測した研究 [17]などが行われている。しかしながら，本研究では文字の印象に対する物理特徴の影響の解析を

目的とするため，結果の要因について解釈可能な統計的手法である重回帰分析を選択した。

2.1.2 重回帰分析

重回帰分析は目的変数（従属変数）の変動を 2 つ以上の説明変数（独立変数）の関係式で説明するために用いる分析法である [18]。

目的変数を$y_i, i \in q$，説明変数を$x_{ij}, j \in p$とする。目的変数のモデルとして線形多項式で近似可能と仮定すると，式（2-2）に示す線形重回帰モデルを得る。

$$y_i = \beta_0 + \sum_i \beta_j x_{ij} + \varepsilon_i, \forall i \in q \qquad (2-2)$$

ここで，β_jは偏回帰係数，β_0は定数項，ε_iは残差を表す。偏回帰係数は線形重回帰式において最小二乗法により決定される。

y_iの推定量を$\hat{y}_i$，β_jの推定量を$\hat{\beta}_j$，$j \in p$とすると，残差ε_iは式（2-3），残差平方和 RSS は式（2-4）で表される。

$$\hat{\varepsilon}_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_{1i} - \cdots - \hat{\beta}_{pi} x_{pi} \qquad (2-3)$$

$$\mathrm{RSS} = \sum_{i=1}^{n} \hat{\varepsilon}_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_{1i} - \cdots - \hat{\beta}_{pi} x_{pi})^2 \qquad (2-4)$$

このとき，RSS を最小化するように$\hat{\beta}_j$を推定することで（最小二乗法），線形

重回帰モデルにおける偏回帰係数を決定する。

2.2 画像処理による文字の物理特徴の抽出手法

本研究で用いる解析モデルの説明変数となる物理特徴の定義と抽出手法について述べる。

2.2.1 手書き文字の物理特徴

物理特徴として，押木らは線（太さ，色，濃さなど）や字形（曲直，部分の組み立て）などの要素があると述べている [6]。一方，井上らはフォント文字から受ける印象と相関の高い物理量が線の太さや文字サイズ，バランスなどであることを示した [12]。フォント文字が読み手に与える印象と手書き文字が与える印象の関係性について明らかにした研究は見当たらないが，フォント文字も読み手に何らかの印象を与える意図でデザインされていることから，井上らの定義した物理特徴は手書き文字にも適用可能であると考える。それに加え，手書き文字特有の印象である丁寧さなども考慮して，本研究では表 2-1 に示す物理特徴x_1～x_6を用いた。

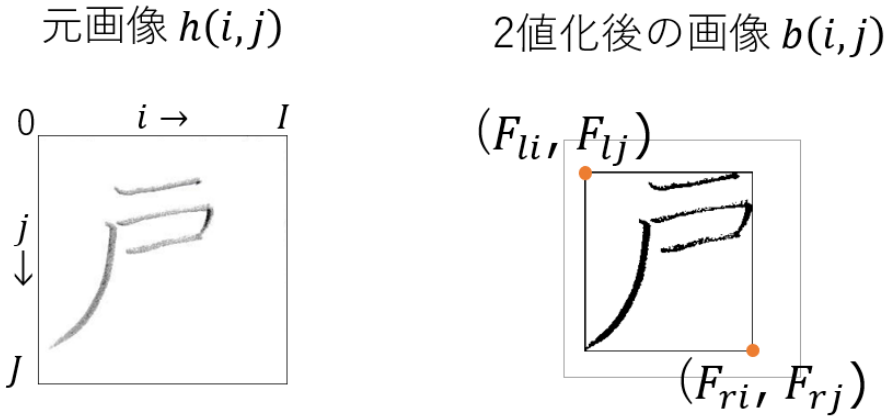
表 2-1　使用する物理特徴

x_1	線の薄さ

x_2	丸み
x_3	線の太さ
x_4	アスペクト比
x_5	文字サイズ
x_6	バランス

2.2.2 物理特徴x_1～x_6の抽出手法

本研究で用いた物理特徴x_1～x_6は画像処理によって抽出した。まず，前処理として手書き文字画像（元画像）の 2 値化を行った。そのときの手書き文字画像$h(i,j)$及び 2 値化後の画像$b(i,j)$の定義を図 2-3 に示す。 図 2-3 において元画像の画素値$h(i,j)$は 0 から 255 までの値を取り，2 値化後の画素値$b(i,j)$は画素が文字部分であれば 1，そうでなければ 0 をとる。



$$h(i,j) = v\ (0 \leq v \leq 255) \quad i \in I,\ j \in J$$

$$b(i,j) = \begin{cases} 1 & (i,j)\text{が文字部分のとき} \\ 0 & \text{その他} \end{cases}$$

I, J ：画像サイズ

$h(i,j), b(i,j)$ ：(i,j) における画素値

図 2-3 元画像と 2 値化後の手書き文字画像

物理特徴x_1～x_6の抽出方法を以下の(1)～(6)に示す。

（1）線の薄さ（平均）

線の薄さについて，図 2-4 に示す手順で求めた。

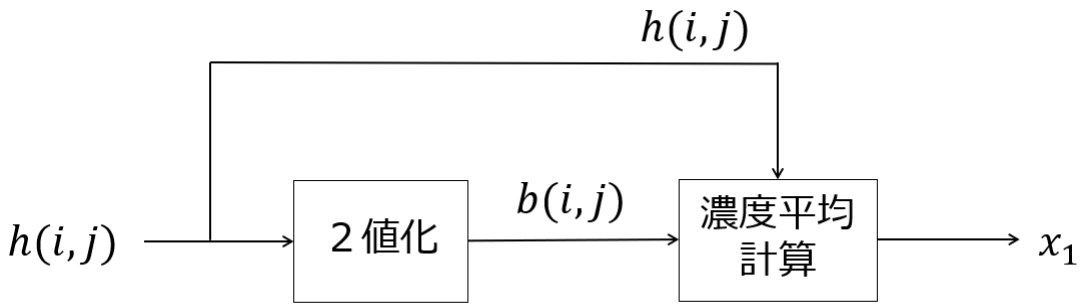


図 2-4　文字の平均濃度算出

x_1の計算式を式（2-1）に示す。まず元画像の文字部分の輝度値$h(i,j)$の合計を求める。その値を 2 値化後の画素値$b(i,j)$の合計，つまり文字部分の画素数で割ることで求めた。x_1は局所的な文字濃度ではなく全体的な線の薄さの平均を表す。

$$x_1 = \frac{\sum_{i,j} h(i,j)}{\sum_{i,j} b(i,j)} \qquad (2-1)$$

（2）丸み（角の多さ）

文字の丸みの抽出手法として，文字の輪郭の周囲長と輪郭の円の類似度を用いる方法や角の曲率を用いる方法などがあるが，ここでは乱雑に執筆された文字の線は角が少なく丸みを帯びていることに着目し，コーナーの数を用いて丸みの指標とした。コーナーの数をc, 文字の線の長さをlとして, 丸み（角の多さ）x_2は図 2-5 に示す手順で求めた。

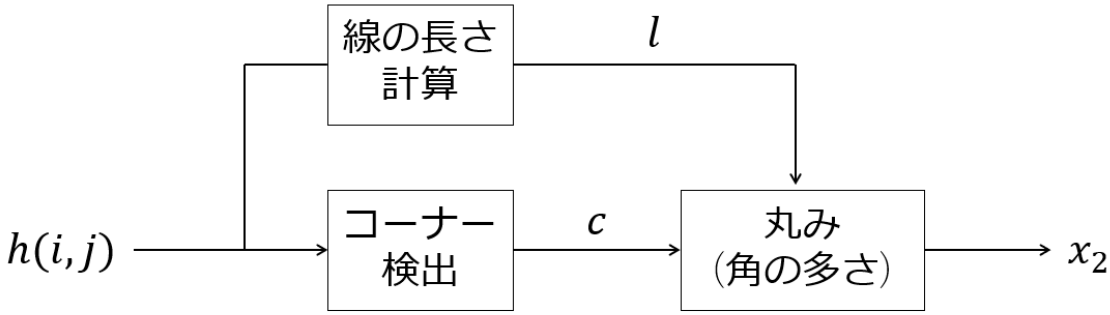


図 2-5　丸み（角の多さ）の検出

x_2の計算式を式（2-2）に示す。コーナーの数cを文字の線の長さlで割ることで，線の長さあたりの角の多さを表している。

$$x_2 = \frac{c}{l} \tag{2-2}$$

李ら [19]は Harris のコーナー検出 [20]を用いた字形データのストローク分析に成功しているため，丸みx_2の指標となるコーナーの数cの検出には OpenCV の Harris corner detector を用いた。コーナー検出の例として，丁寧に執筆した文字および乱雑に執筆した文字に対しコーナー検出を行い，検出されたコーナーを赤い点でプロットした画像を図 2-6 に示す。図 2-6（a）からは 10 個のコーナーが検出され，図 2-6 (b) からは 4 個のコーナーが検出されている。図 2-6 より，丁寧および乱雑に執筆された文字のストロークの特徴をコーナーの数で表すことができると考えられる。

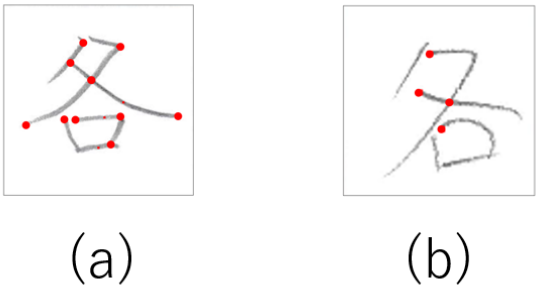


図 2-6 丁寧（a）および乱雑（b）に執筆した文字から検出されたコーナー

（3）線の太さ

線の太さについて，線の長さあたりの字面の面積で表現できると考え，図 2-7 に示す手順で求めた。

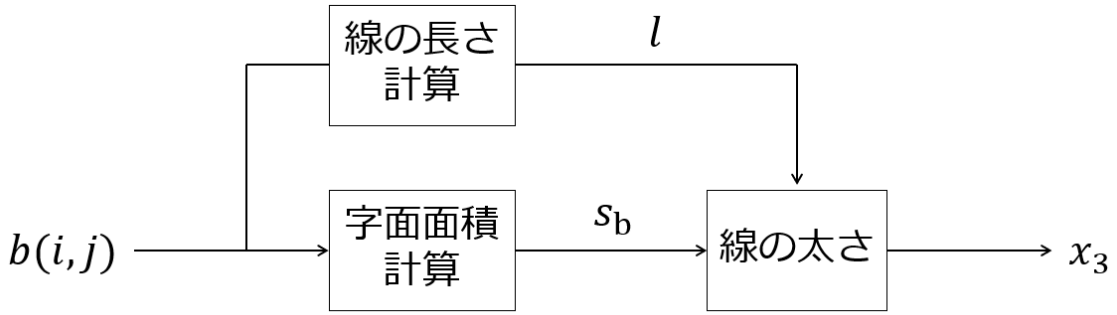


図 2-7 線の太さの算出

線の長さl，字面の面積$s_b = \sum_{i,j} b(i,j)$とすると，線の太さx_3は式（2-3）に示すように線の長さあたりの字面の面積で求めた。

$$x_3 = \frac{s_b}{l} \tag{2-3}$$

（4）アスペクト比

アスペクト比は文字領域における縦横比に相当すると考え，x_4は図 2-8 に示す手順で求めた。また，その計算式を式（2-4）に示す。

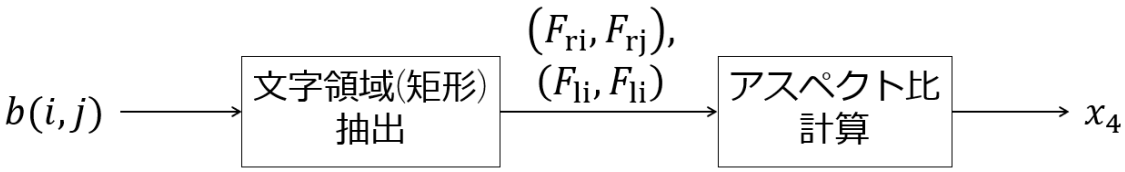


図 2-8 アスペクト比の算出

$$x_4 = \frac{F_{ri} - F_{li}}{F_{rj} - F_{lj}} \qquad (2-4)$$

（5）文字サイズ

文字サイズは文字の外接矩形面積に相当すると考え，x_5は図 2-9 に示す手順で求めた。

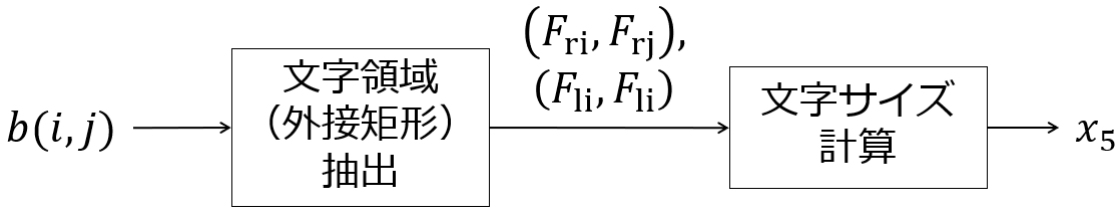


図 2-9　文字サイズの算出

また，文字サイズの計算を式（2-5）に示す。

$$x_5 = (F_{ri} - F_{li})(F_{rj} - F_{lj}) \qquad (2-5)$$

（6）バランス

文字のバランスは，文字領域を縦横 4 分割したときの各領域にどれだけ文

字が存在するかのバランスを用いて表現できると考え，図 2-10 に示す手順で求めた。

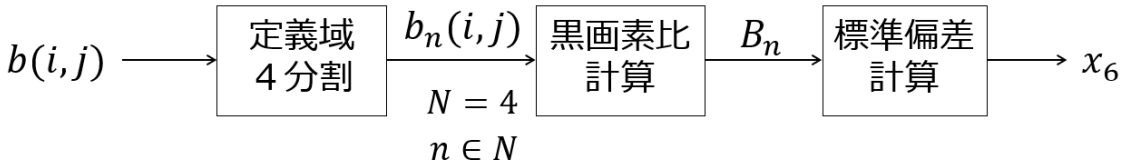


図 2-10　バランスの算出

文字の定義域を縦横 4 分割し，それぞれの領域における黒画素比を$B_n(n=1\sim4)$とするとき，それらの標準偏差を文字のバランスx_6として使用した。

$$x_6 = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{n=1}^{N=4}(B_n - \bar{B})^2} \tag{6}$$

2.3 印象の抽出手法

本研究で用いる解析モデルの目的変数となる印象の抽出手法について述べる。

2.3.1 SD 法による印象抽出

本実験では，印象評価などに使用される Semantic Differential 法（SD 法）を用いて，手書き文字から読み手が受ける印象量の抽出を行った。SD 法は，「良い－悪い」などの対義になっていると考えられる形容詞対を両端に配置し，被験者に 5 段階もしくは 7 段階で評価させる手法である [21]。文字に関する印象

[12]を参考に，文字から受ける印象として用いる形容詞を選択した。表 2-2 に実験で使用した印象（形容詞対）を示す。

表 2-2　使用した形容詞対

roundness	丸みのある	角ばった
feminine	女性的な	男性的な
messiness	乱雑な	整った
honesty	ひねくれた	素直な
habit	くせのある	くせのない
readability	読みづらい	読みやすい
stability	不安定な	安定した
charm	魅力のない	魅力的な
flashy	地味な	派手な
heaviness	軽い	重い
fun	つまらない	面白い
newness	古い	新しい
uniqueness	ありふれた	ユニークな
open	閉鎖的な	開放的な

standout	目立たない	目立つ
refresh	ごてごてした	すっきりした
brightness	暗い	明るい

2.3.2 印象評価実験における印象量の抽出

手書き文字から読者が受ける印象を調査するため，図 2-11 に示すようなフォーマットを作成し印象量の抽出を行った。その際，文献 [21]を参考に被験者に対しに図 2-12 示すようなディレクションを行った。

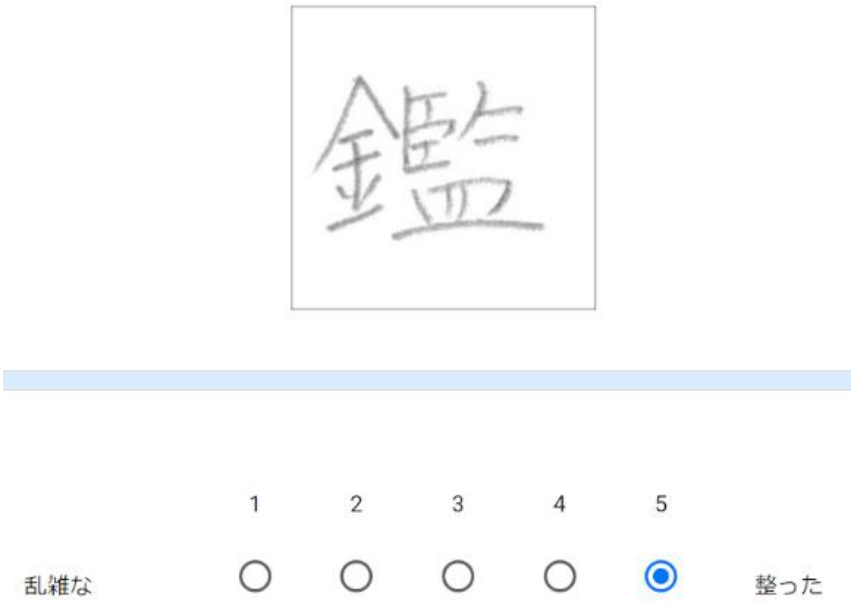


図 2-11　印象評価用に作成したフォーマット

ディレクション

・この実験は，形容語による「ものさし」を使い，
手書き文字が人にどのような印象を与えるかに
ついて調査するものである。

・判断の対象となっている文字が尺度のいずれの
方向の形容後にどの程度当てはまるかをチェックする。
どちらでもない場合は中央にチェックする。また，
間隔は等間隔とする。

・前にやったところを見直したり，前にどのように
判断したかを思い出そうとせず，それぞれ別のもの
として独立に判断せよ。また，悩んだり戸惑ったりせず，
速いスピードで進めるようにすること。

図 2-12　印象評価実験前に提示したディレクション

第3章 文字から表出する印象の抽出実験

3.1 実験目的

手書き文字から想起される印象を抽出するために手書き文字に関する主観評価実験を行った。また，図 3-1 に示すように主観評価実験で抽出した印象p_kから平均印象量$\bar{p}_k$を計算した後に PCA による印象の要約を行った。3.2 節に SD 法による主観評価実験の条件について，3.3 節に PCA による印象の要約について示す。

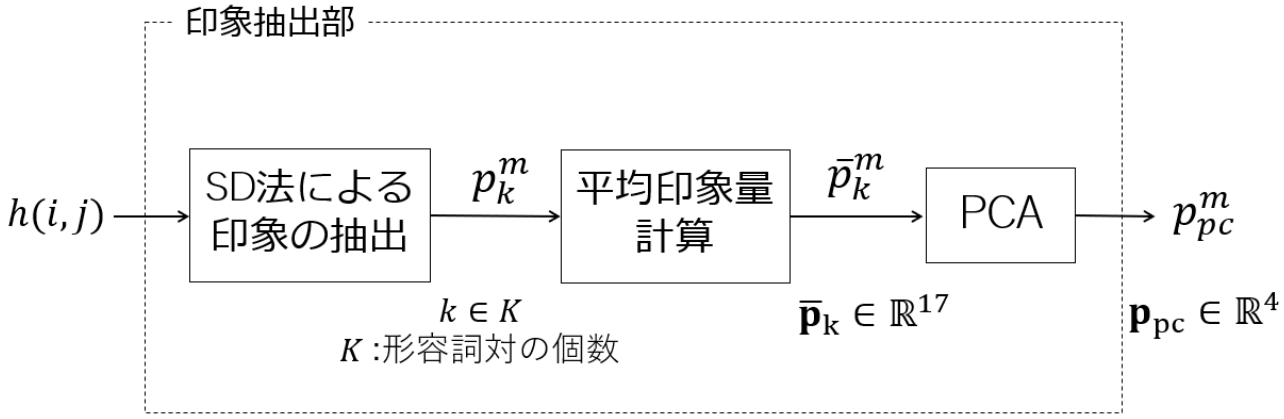


図 3-1　図 2-1 における印象抽出部のデータ処理内容

3.2 実験条件とデータセットの内容

3.2.1 実験条件

様々な手書き文字のサンプルをランダムに表示し，被験者に 1 字ずつ評価さ

せた。被験者は表示された手書き文字から感じる印象について，表 2-2 の項目それぞれに対し 5 段階のリッカート尺度に基づき評価を行った。このときの実験条件を表 3-1 に示す。

表 3-1　実験条件

使用した文字数	24 字
使用した形容詞対数	17 個
被験者	被験者数：42 人 20～28 歳の日本の大学・大学院生 （母国語が中国語の学生：2 名）
アンケートの形式	Google Form [22]を用いた オンラインアンケート(図 2-11)
実験所要時間	約 20 分

3.2.2 データセットの内容

表 3-2 に示す目的を調査するために手書き文字を収集し，文字をその目的ごとに全 7 グループに分類した。表 3-2 に示す指示内容に基づいて 9 名が執筆した手書き文字 22 字，フォント文字 2 字の合計 24 字をデータセットとして用い

た。データセットにはできる限り文脈効果を持たないと主観的に判断した文字を採用した（Group 4, 5 は除く）。

表 3-2　各グループの特徴

グループ名	執筆者と指示内容	目的
Group 01 （図 3-2(a)）	1 人の書道経験者が 丁寧に執筆した文字	・筆跡や書き方に左右されない文字の形状特徴が読者の印象に与える影響を調査する ・書道経験者による丁寧な文字が与える印象を調査する
Group 02 （図 3-2 (b)）	6 人の書道未経験者が 乱雑に執筆した文字	・「丁寧さ」「読みやすさ」などの印象について調査する
Group 03 （図 3-2 (c)）	4 人の書道未経験者が 丁寧に執筆した文字	
Group 04 （図 3-2 (d)-上）	「角ばっている」の イメージで執筆した文字	・文脈効果を持つ単語に対して，文字の物理特徴が読者の印象に影響を与えるかを調査する ・「丸み」などの印象について調査
Group 05 （図 3-2 (d)-下）	「丸い」のイメージで 執筆した文字	

		する
Group 06 （図 3-2 (e)-上）	ペンや筆など鉛筆以外で執筆した文字	・執筆の道具による物理特徴量や印象量の違いを調査する
Group 07 （図 3-2 (e)-下）	フォント文字	・手書き文字及びフォント文字から読者が受ける印象の違いを調査する

図 3-2　手書き文字のデータセット(a)

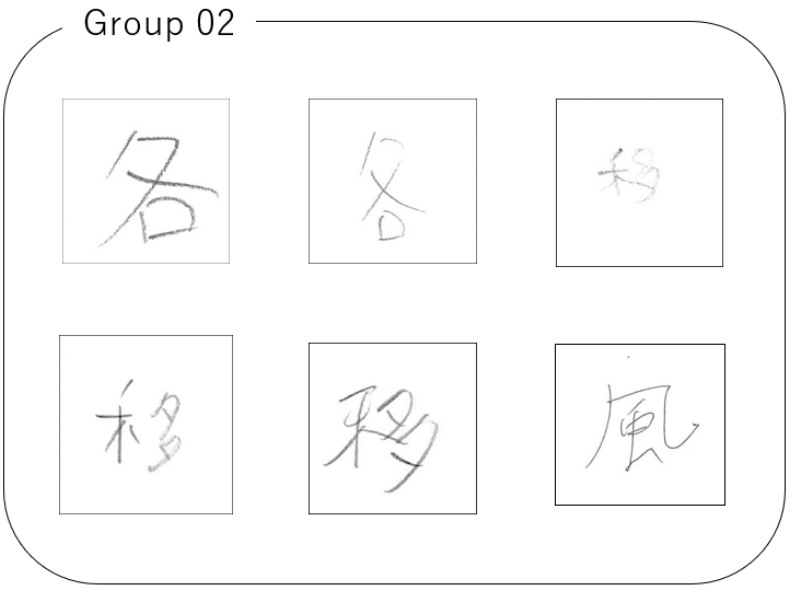


図 3-2　手書き文字のデータセット(b)

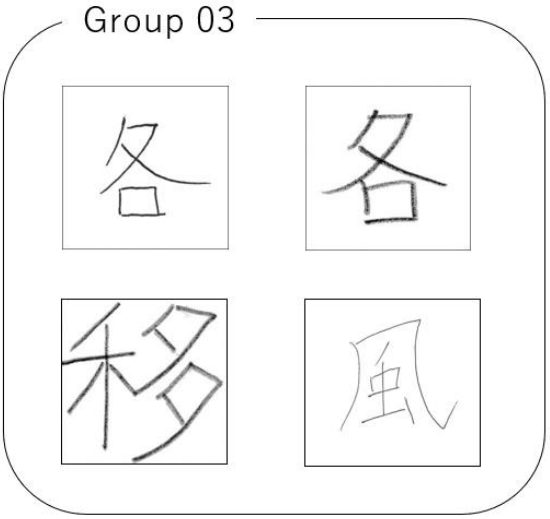


図 3-2　手書き文字のデータセット(c)

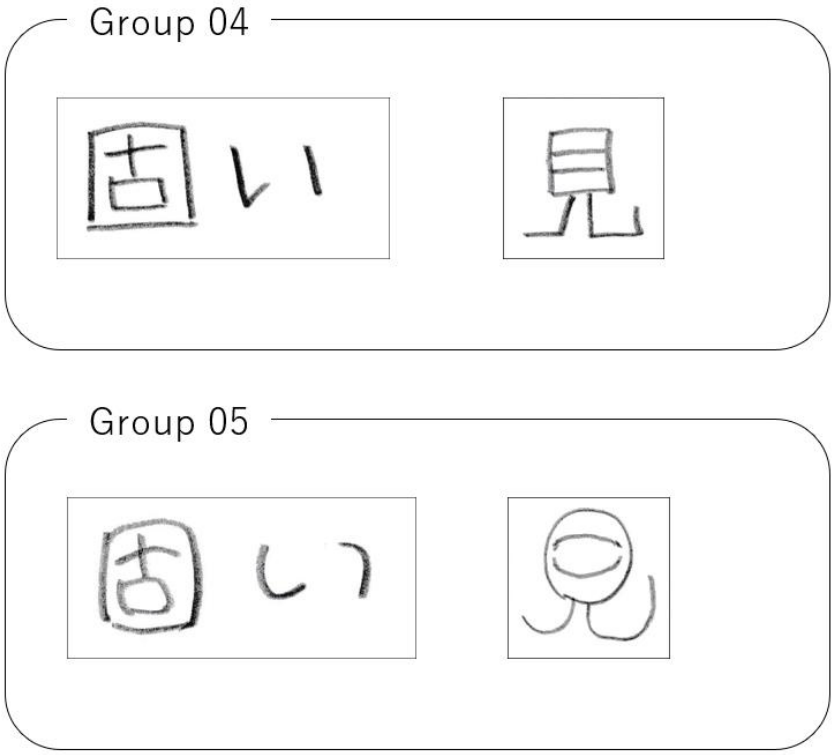


図 3-2　手書き文字のデータセット(d)

図 3-2 手書き文字のデータセット(e)

3.3 主成分分析による形容詞対の要約

表 2-2 に基づいて SD 法により文字の印象量を抽出した。その相関関係を表したヒートマップを図 3-3 に示す。

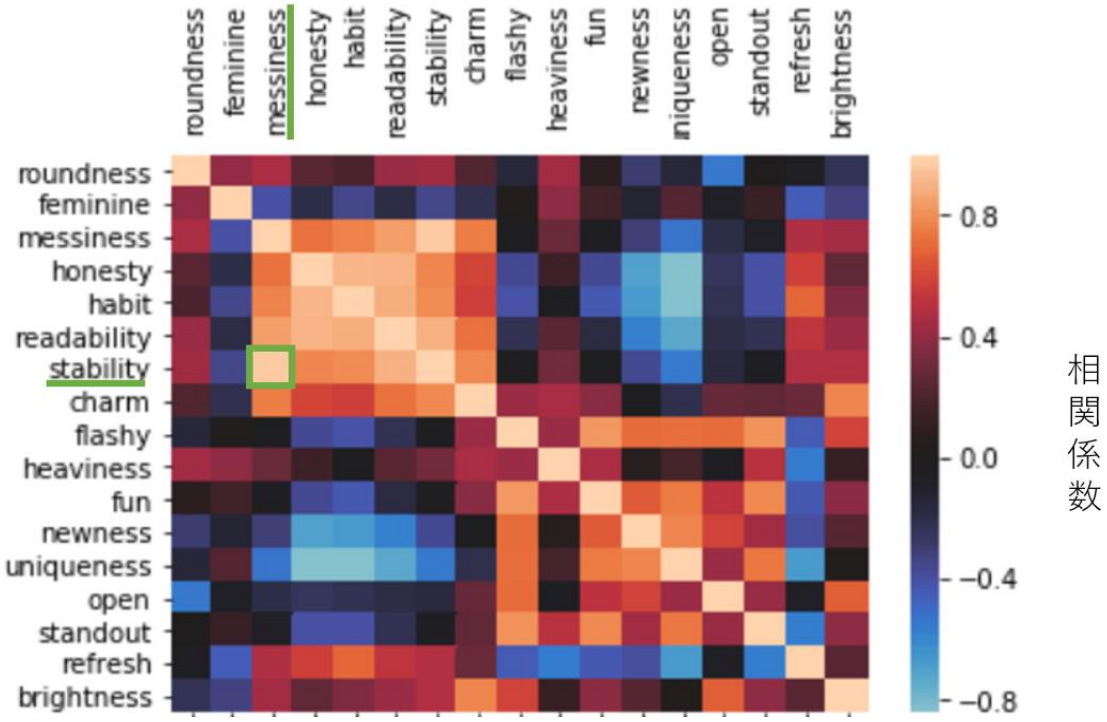


図 3-3 可視化した印象間の相関関係

図 3-3 より，例えば「安定した」と「整った」など，相関の高い印象が含まれていることが分かる。そこで主成分分析により印象量の集約を行った。そのときの因子寄与率を図 3-4 に示す。図 3-4 より第 4 主成分までで 9 割程度の印象量が説明できていることが分かる。

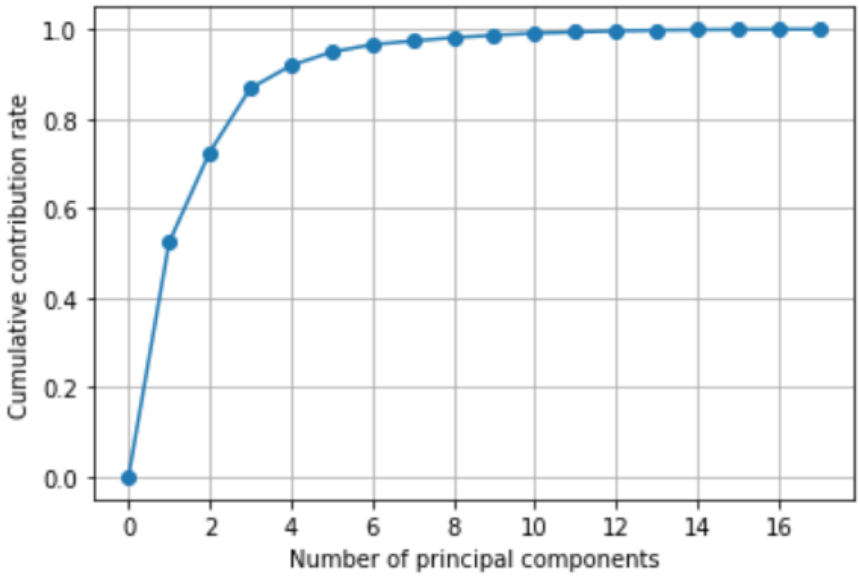


図 3-4　主成分の累積寄与率

また，第 4 までの主成分と高い相関を持つ印象量を表 3-3 に示す。表 3-3 より，印象量の主成分の表す意味は以下のように解釈できると考える。

（ｉ）pc_1：読みやすさ

（ii）pc_2：凡庸さ

（iii）pc_3：開放感

（iv）pc_4：丸み感

表 3-3　各主成分(PC)と相関の高い印象

主成分	pc_1	pc_2	pc_3	pc_4
印象量	読みやすい	軽い	明るい	丸み
	癖のない	目立たない	開放的な	女性的な
	素直な	地味な	魅力的な	すっきりした

	安定した	ありふれた	新しい	
	整った		楽しい	
寄与率	0.51	0.2	0.14	0.06

第4章 文字が読者に与える印象の解析

4.1 物理特徴量と印象量の回帰式

手書き文字から抽出された文字の物理特徴（表 2-1）と主成分分析を用いて要約した印象（表 3-3）との間に単純な線形一次結合を仮定し，印象を目的変数，物理特徴を説明変数とする重回帰分析を行い，変数増減法による説明変数の選択を行った。その結果得られた回帰式を式（4-1）から（4-4）に示す。このときの重決定係数R^2，自由度調整済み決定係数R_f^2，p値を表 4-1 に示す。ただし，p値は「母重相関係数が 0 である」という帰無仮説を検定するために用いられ，F 分布における観測された分差比の上側確率を表す [23]。

$$pc_1 = 3.49 - 0.10x_1 + 0.25x_2 + 0.31x_5 \tag{4-1}$$

$$pc_2 = 2.75 + 0.36x_1 - 0.19x_5 \tag{4-2}$$

$$pc_3 = -1.76 + 0.16x_3 + 0.32x_4 \tag{4-3}$$

$$pc_4 = 2.41 + 0.18x_1 - 0.13x_2 - 0.24x_6 \tag{4-4}$$

表 4-1 回帰分析の検定結果

	重決定係数R^2	自由度調整済み決定係数R_f^2	p値
pc_1	0.74	0.64	0.0049
pc_2	0.71	0.60	0.0071
pc_3	0.63	0.41	0.038
pc_4	0.69	0.56	0.027

有意水準を$p < 0.05$とすると，表 4-1 より式（4-1）から式（4-4）の危険率は5%以下で有意であることが確認できる。また，式（4-1）から式（4-4）に基づいて，印象の主成分に対する物理特徴の影響について以下の（１）から（４）に示す。

（１）読みやすさ（pc_1）

文字の読みやすさを増やすには，線を濃くして，丸みを減らし，文字サイズを大きくすればよいことがわかる。

（２）汎用さ（pc_2）

文字の汎用さを増やすには，線を薄くして，文字サイズを小さくすればよいことがわかる。

（３）開放感（pc_3）

開放感を増やすには，線を太くし，縦横比を横長にすればよいことがわかる。

（4）丸み感（pc_4）

丸み感を上げるには，線を薄くして，文字の丸みを上げ（角を減らし），文字バランスを均一にすればよいことがわかる。

4.2 グループごとの物理特徴量の平均

Group1～3（丁寧に文字を執筆したグループと乱雑に文字を執筆したグループ）における物理特徴量の大まかな特性を見るために，画像処理を用いて計算した物理特徴量を標準化し，グループごとにその平均値を出したものをそれぞれ図 4-1 から図 4-3 に示す。

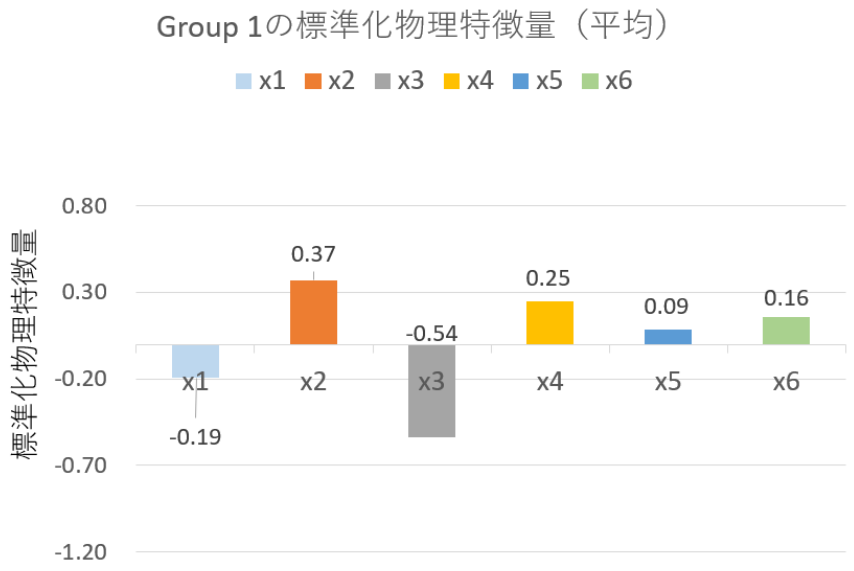


図 4-1　Group 1 の標準化物理特徴量（平均）

図 4-1 より，Group 1 は全体的にやや角が多く，線が細い物理特徴をもつグループであると言える。

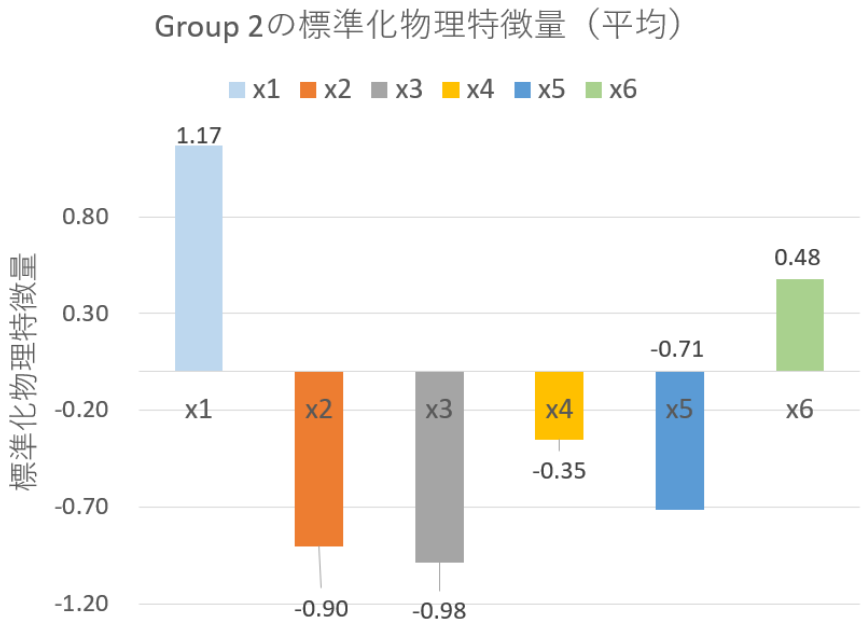


図 4-2　Group 2 の標準化物理特徴量（平均）

図 4-2 より，Group 2 は全体的に線が薄く，角が少なく線が細い物理特徴をもつグループであると言える。

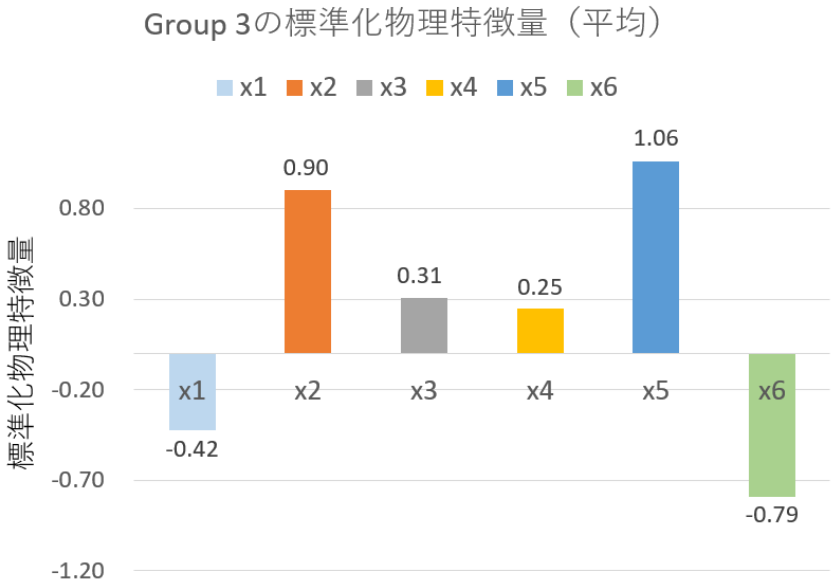


図 4-3　Group 3 の標準化物理特徴量（平均）

図 4-3 より，Group 3 は全体的に角が多く，文字サイズが大きく，文字バランスの良い物理特徴をもつグループであると言える。

4.3 手書き文字が読者に与える印象に関する考察

4.3.1 丁寧・乱雑に執筆した文字が与える印象に関する考察

丁寧に執筆された手書き文字と乱雑に執筆された手書き文字が読者に与える印象について考察するため，以下の 3 グループの平均印象量$\bar{p}_k$をプロットしたグラフを図 4-4 に示す。ただし，解釈を容易にするため図 4-4 では形容詞対（表 2-2）の順序は印象の主成分（表 3-3）に基づいて並び替えた。

- Group 1：一人の書道経験者が丁寧に執筆した文字（図 3-2(a)）

- Group 2：複数の書道未経験者が乱雑に執筆した文字（図 3-2(b)）
- Group 3：複数の書道未経験者が丁寧に執筆した文字（図 3-2(c)）

また，説明の簡単化のため，ある Group A と Group B の平均印象量$\bar{p}_k$の差を$d_{AB} = |\bar{p}_{\mathrm{A}} - \bar{p}_{\mathrm{B}}|$で表す。また，丁寧に執筆したグループ（Group 1 及び Group 3）をまとめて Group P と呼ぶ。

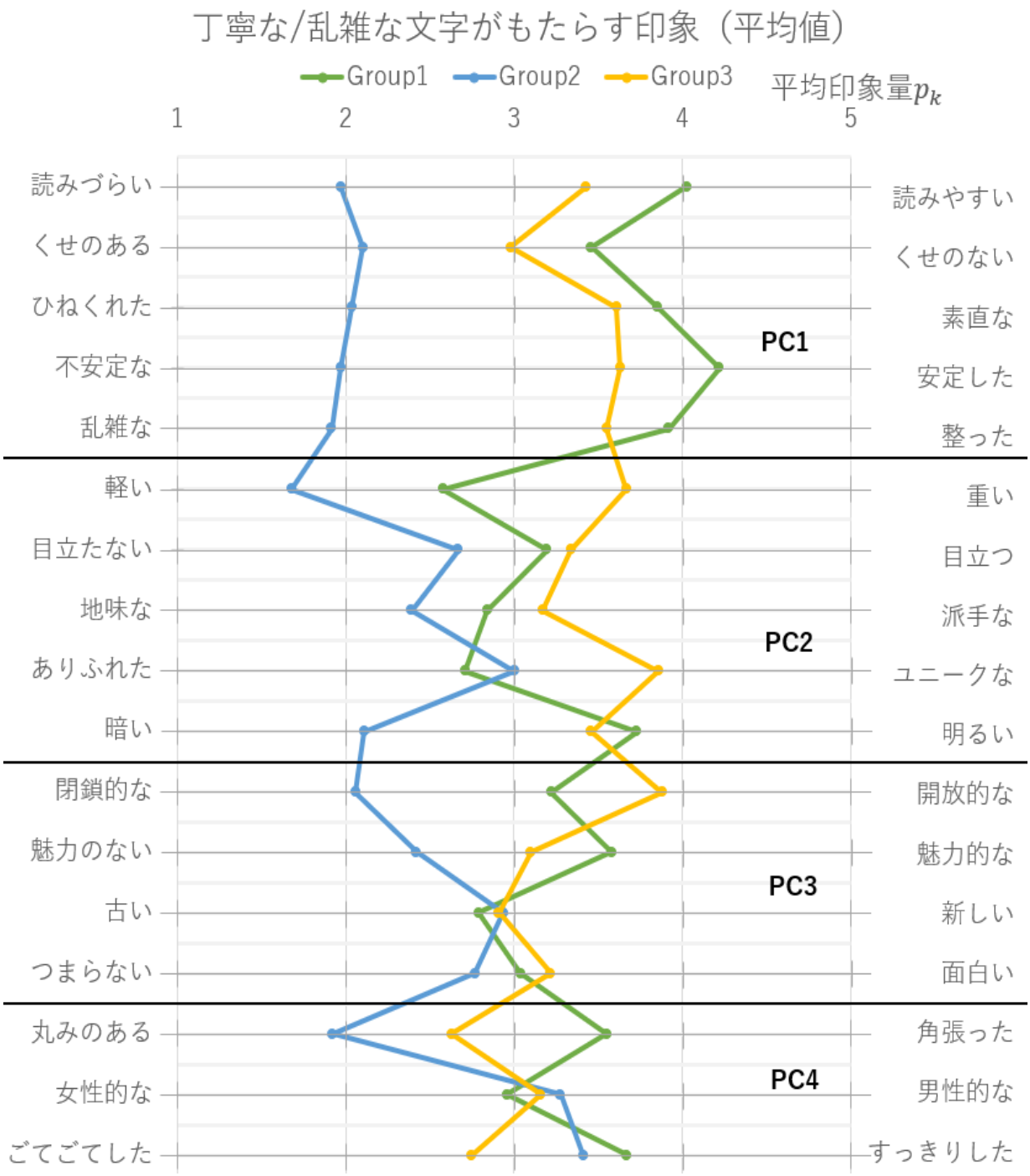


図 4-4 丁寧及び乱雑な文字から受ける印象

（1）読みやすさにおける Group P と Group 2 間の比較

図 4-4 より，Group P と Group 2 の差d_{P2}が特に大きく表出された印象は安定感，素直さといった読みやすさ（pc_1）に関わる印象であった。これは，Group P と Group 2 の物理特徴の違いとして図 4-1 から図 4-3 より線の濃さや角の多さが挙げられ，式(4-1)によりこれらが読みやすさに影響した結果であると考えられる。

フォント文字が与える印象 [12]においても「読みやすさ」に近い印象である「素直さ」が主成分の 1 つとして挙げられた。しかしながら，手書き文字から受ける印象は執筆者の存在の想像することにより感じられるため，同じ「読みやすさ」の印象でもその性質は異なると考える。例えば，白岩ら [15]や大江ら [24]は手書き文字の手紙を受け取ったときに嬉しさを感じる要因として文字の丁寧さを挙げた。これは，読みやすい印象の手書き文字を読者が目にしたとき，その執筆者が丁寧に執筆したことを想像し嬉しさを感じるためだと考えられる。

この結果より，書道経験者（Group 1）でなくとも，線を濃くする，角をしっかり書くといったことに気をつければ読者に読みやすい印象を与えることが示唆されており，手紙などのコミュニケーションにおいて相手に嬉しさを与えることができると考える。

（2）その他の印象における Group P と Group 2 間の比較

読みやすさに関する印象以外で，$d_{P2} = 1$以上となった印象は「明るさ」「開放感」などであった。これは，丁寧に執筆された文字は，物理特徴の傾向として線が太いため，式(4-3)より線の太さが影響し乱雑に執筆された文字に比べて明るく開放的な印象を与えると考えられる。

4.3.2 文字の持つ文脈効果による物理特徴の影響の確認

文脈効果のある単語に対しても，文字の持つ物理特徴が読者に感性印象をもたらすかについて確認する。図 4-5 に 2 パターンで執筆した「固い」という手書き文字を示す。図 4-5 (a) (b)の 2 単語から読者が受けた印象の平均値を一部抜粋して表 4-2 に示す。

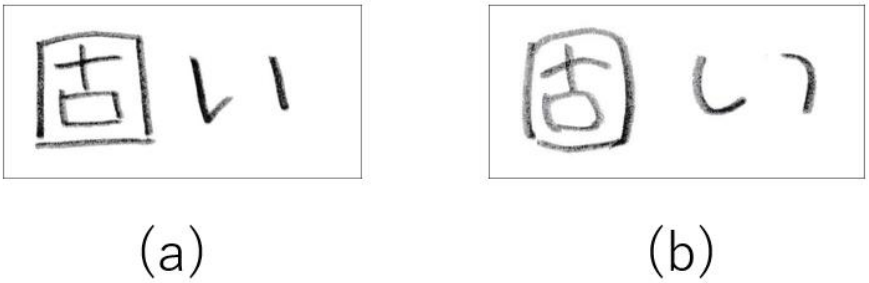


図 4-5　2 パターンで執筆した「固い」

表 4-2　図 4-5 に対する平均印象量（一部抜粋）

印象	図 4-5(a)	図 4-5(b)

軽い-重い	3.54	2.38
暗い-明るい	2.79	3.74

また，本研究の主観評価実験では用いていない「柔らかい-固い」という形容詞対で，図 4-5 に対し大学院生 7 名にアンケート調査を行ったところ，その平均印象量は図 4-5(a)：4.21，図 4-5(b)：3.36 となり，文脈効果を強く持つ文字に対しても文字の物理特徴が読者の印象に変化を与えていることが確認できた。

4.3.3 フォント文字と手書き文字の違いの確認

フォント文字と手書き文字が読者へ与える印象の違いについて述べる。図 4-6 に 2 パターンで執筆した手書き文字「あ」と 2 種類のフォント文字「あ」(図 4-6 左：明朝体，図 4-6 右：あずき文字）を示す。図 4-6 の 4 文字を見たときの印象量を一部抜粋して表 4-3 に示す。

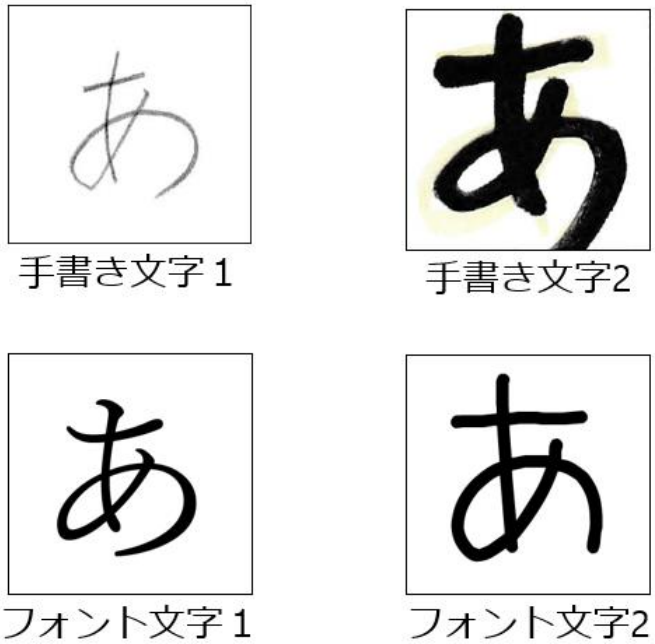


図 4-6　手書き文字とフォント文字

表 4-3　図 4-6 の文字に対する印象量の平均（1～5）

	読みやすさ	目立ち度	魅力感
手書き 1	4.22	3.67	3.37
手書き 2	2.42	4.15	3.75
フォント 1	4.31	2.25	1.83
フォント 2	3.25	2.83	2.91

（1）手書き文字とフォント文字の与える印象の差異

表 4-3 より，可読性は明朝体などのフォント文字が高いことがわかる。しか

しながら目立ち度や魅力感は手書き文字の方が高いことが確認できた。フォント文字が読者に与える印象については井上ら [12]が示している。

（2）執筆道具が与える印象

手書き 1 と手書き 2 に印象の違いが生じた原因は，鉛筆で書くか筆やペンで書くかといった執筆に用いた道具の違いがもたらす物理特徴の差が大きく起因していると考えられる。本研究では主に鉛筆で執筆した文字を対象に印象調査を行ったが，筆で執筆された文字が与える印象の要因として本研究で用いた物理特徴では説明しきれないデザイン的な要素も鉛筆文字よりも多く現れると考えられる。

（3）手書き文字風フォントが与える印象

魅力感や目立ち度などは他の手書き文字に比べて低くなっている。これは，手書き文字風フォントで執筆された手紙は受け取ったときの嬉しさや温かみに欠けるという報告もされている [25]ように，手書き文字風フォントは手書き文字と字形は似ているものの，その時々で表出されるものが異なるという手書き文字の特性を持っていないためだと考えられる。

第5章 まとめ

本研究は，手書き文字から想起される印象の特性を定量的に明らかにすることを目的とし，手書き文字の物理特徴と想起される感性印象に対し多変量解析を行った。その結果，手書き文字から伝わる印象の約 90%が読みやすさ，凡庸さ，開放感，丸み感で与えられ，印象を目的変数，物理特徴を説明変数とする回帰モデルを与えた。回帰モデルから，以下に示す印象と物理特徴の関係が見られた。

- 読みやすさ（pc_1）

  文字の読みやすさを増やすには，線を濃くして，丸みを減らし，文字サイズを大きくすればよい

- 汎用さ（pc_2）

  文字の汎用さを増やすには，線を薄くして，文字サイズを小さくすればよい

- 開放感（pc_3）

  開放感を増やすには，線を太くし，縦横比を横長にすればよい

- 丸み感（pc_4）

丸み感を上げるには，線を薄くして，文字の丸みを上げ（角を減らし），文字バランスを均一にすればよい

また，実際に丁寧に執筆したグループと乱雑に執筆したグループの文字が読者に与える印象を解析した結果，丁寧に執筆したグループの方が読みやすい，明るい，開放的なといったポジティブな印象を読者に与えることを示した。

今後の課題として，以下のことが考えられる。

- 手書き文字単体から読者が受ける印象の解析の応用として，文としての手書き文字が読者に与える印象に関する解析
- 文字の色情報や紙の質，データセットの特性，被験者の年齢層など様々な条件下で文字の物理特徴が読者に与える印象の調査

謝辞

本研究を進めるにあたり，終始丁寧に指導してくださった小谷一孔教授には深く感謝致します。

また，心理学の観点から数々のアドバイスをくださった小島治幸教授，優しくサポートしてくださった Parinya Siritanawan 助教授には深くお礼申し上げます。また，助言をくださった青木利晃教授，林幸雄教授，田中宏和教授にも深く感謝致します。

最後に，研究にご協力くださいました皆様と小谷研究室のメンバーに心より感謝申し上げます。

参考文献

[1] 曽根原士郎，齋藤敦子,“情報記録手法と記憶定着・理解度の関係についての実験報告,”情報知識学会誌 2010 Vol.20，No.1，pp.32－37, 2010.

[2] 小竹光男,“文字を手書きすることの意義と価値,”人間教育学研究 No.1, pp.79-88, 2014.

[3] 伊藤理沙，濱野花莉，野中滉介，菅野一平，中村聡史，掛晃幸，石丸築,“手書きとフォントの文字形状の違いによる記憶効果の比較,”電子情報通信学会技術研究報告，vol.119，No.39，pp.119-124, 2019.

[4] 小林聡，北澤茂良,“日本語の自然対話音声におけるパラ言語的特徴の検討,”日本本教学会誌 56 巻 7 号，pp.467-476, 2000.

[5] 現代言語辞典，成美堂, 1988.

[6] 押木秀樹，小池美里，寺島奈津美,“手書き文書におけるパラランゲージ的要素による伝達に関する基礎的研究,”書写書道教育研究第 24 号，pp.21-32, 2009.

[7] 李志炯，崔庭瑞，小山慎一，日比野治雄,“文字の太さによる印象の変化,”デザイン学研究 Vol.63，No.5，pp.101-108, 2016.

[8] 飯場咲紀，宮林卓郎，坂本真樹,“テキストのイメージに適した色彩・感性

情報・フォントの提案システム,”情報処理学会研究報告, Vol.2012-EC-23, No.14, 2012.

[9] 高野孔司, 久野雅樹,“筆跡とパーソナリティの多面的対比,”言語処理学会第 17 回年次大会 発表論文集, 2011.

[10] 松野隆則,“手書き文字の感性印象と筆跡から推測されたおよび実際の書き手のパーソナリティ特性との関連について,”昭和女子大学生活心理研究所紀要, Vol.14, pp.31-40, 2012.

[11] 宮代こずゑ, 原田悦子,“意味一致効果の生起に関する検討：手書き文字を用いた場合,”筑波大学心理学研究第 52 号, pp.35-46, 2016.

[12] 井上正之, 鎧沢勇,“文字形態から受ける印象と品質評価要因の検討,”電子通信学会論文誌 Vol.J67-B No3, pp.328-335, 1984.

[13] 文化庁,“国語に関する世論調査,” https://www.bunka.go.jp/tokei_hakusho_shuppan/tokeichosa/kokugo_yoronchosa.

[14] 寺田恵理, 保崎則雄,“手で書くこと, 手書き文字に対する認識に関する一調査,”日本教育工学会論文誌 Vol42, 2018.

[15] 白岩ゆき, 菅野陽太郎, 押木秀樹,“手書き文字におけるパラ言語的機能としての規範性と個性等について,”書写書道教育研究第 30 号, pp.21-30.

[16] 内藤雄也, 小谷一孔,“日本語の手書き文字に表出する感情特性の解析に関

する研究,”IMPS P-1-14, 2017.

[17] K. R., “HANDWRITING ANALYSIS BASED HUMAN PERSONALITY PREDICTION USING SUGENO FUZZY MODEL,” International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 8, Issue 5, 2017.

[18] 君山由良，重回帰分析の利用法，株式会社データ分析研究所，pp.1-27, 2004.

[19] 李康穎，BstjargalBiligsaikhan，前田亮,“古代文字検索のためのフォントからの字形特徴量の抽出および活用可能性の検討,”DEIM Forum 2019, G6-5, 2019.

[20] C. a. S. M. Harris, “A Combined Corner and Edge Detector,” In Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference，pp.147-151, 1988.

[21] 中森義輝，感性データ処理－感性情報処理のためのファジィ数量分析手法－，森北出版，pp.18-50, 2000.

[22] Google, “Google Forms,” [オンライン]. Available: https://www.google.com/intl/ja_jp/forms/about/.

[23] 水元篤，竹内理,“効果量と検定力分析入門,”外国語教育メディア学会(LET) 関西支部 メソドロジー研究部会 2010 年度報告論集，pp.43-73, 2010.

[24] 大江宏子,“「手紙」再考－誰が，なぜ書いているのか,”生活経済学研究, Vol.24，pp.25-44, 2006.

[25] 高村将大，小川剛史,“おてがみ：個人の手書き文字フォントを用いたコミュニケーションシステム,”情報処理学会研究報告 Vol.18, 2013.