

枠内書字における 漢字の大きさの統一感に関わる要素

上越教育大学学校教育学部 押木 秀樹

上越教育大学大学院修了生 武田 卓也

1. はじめに

文書の読みやすさ等のために、文字の大きさの統一感は重要な意味を持つと考えられ、学習指導要領においても、文字の大きさに注意・理解・気をつけて書くことが位置づけられている。

漢字の大きさの統一感に関わる要素として、これまで一般に画数と文字の構造について取り上げられることが多いが、問題点も指摘されている。本研究では、文字の大きさの統一感に関する理論のうち、枠内書字における漢字の大きさを規定する要素について明らかにすることを目的とする。

本研究では具体的に以下の作業をおこなう。大きさに統一感のある文字群を対象とし、文字の大きさとして一般に理解される文字の外接矩形について、文字枠に定める平均的な割合を調査する。次に、そこに偏差を生じさせる要素について、画数・線分長・誘導場等の影響について明らかにする。以上について、枠内書字された1005字種2010字の漢字を分析した結果を報告し、書写の学習内容としての可能性を明らかにする。

2. 文字の大きさに関する見解

手書きの文書を整え、読みやすくするために、文字の大きさが重要であることは、従来より指摘されているとおりである。平成10年度に告示された小学校学習指導要領では、〔第3学年及び第4学年〕〔第5学年及び第6学年〕において、文字の大きさに注意もしくは文字の大きさを理解して書くことが指示されている。また、『小学校学習指導要領解説国語編』¹には、「漢字と漢字」「漢字と仮名」「仮名と仮名」の相対的な大きさを適切にすべきことが示されている。さらに、『新編書写指導』²では、漢字より仮名を小さめに書くことを示すと共に、漢字相互の大きさの調整について、画数の多少および漢字の構造としての「囲む形の漢字」「囲む形でない漢字」を視点としてあげている。これらのうち、後者の漢字の構造については教科用図書で十分に触れられていない点を、平形ら³が指摘している。

漢字相互の大きさの調整に関する研究成果として、以下があげられる。平形^{4・5}は、左右の部分形からなる字の整え方について、「字座・分位感覚・書写角・部分形固有の構造」の4つの要素を上げると共に、字座について「生成字座」と「構成字座」とをあげ、後者について心理的ポテンシャル場による説明をおこなった。これについて押木⁶は、実際に左右の部分形からなる字について、視覚の誘導場（心理的ポテンシャル場と同じ。以下、誘導場と略称）の計算をおこなうことで有効性を示した。平形は、文字の大きさについて心理的ポテンシャル場を適用させる可能性について示唆し、押木⁷は文字の大きさおよび「青」「問」などの字形への適用の可能性を示唆している。

書写書道以外の分野では、タイポグラフィやレタリング等の分野において、基礎的な考え方が示されている。たとえば吉田⁸は、同じ大きさの正方形のワク内いっばいに書くことでは、文字が同じ大きさに見えないことを指摘し、「占有面積」という考え方を示している。また佐藤⁹は、字の大きさの実感とそれを決定する要因について、フトコロという概念を中心に7つの要素をあげている。工学系の分野では、コンピュータディスプレイに効果的に文字を表示することなどを目的として、文字の大きさや配列に関する研究が行われている。長石¹⁰、三好ら¹¹は、視覚の誘導場をもとに文字の大きさや位置を調整することで、バランスよく感じられる文字の大きさや位

置を得ることができることを報告している。これらから、文字を囲む枠の大きさおよびそれ以外の要素、特に視覚の誘導場の重要性が確認できる。

これらについて、平形ら³・杳名ら¹²は、書写教育の理論化のための実証を試み、線分長・視覚の誘導場および構造的から極めて有益なデータを得ている。この成果は、大きさの統一感と関係する要因を整理し、分析対象を増やすことにより、理論化の可能性を持つものと考えられる。

3. 分析の方法

本研究では、大きさに統一感があるサンプルを対象として、統一感と関わっている要素を明らかにするための実験をおこなう。これにあたり、従来指摘されてきた特徴を数値で表すことで統計的に確認すること、これまで少字種を対象とした実験にとどまってきたことから、多字種を対象とすることを意図した。

3-1 実験の概要

本研究の概要は以下の通りである。まず、文字の大きさに統一感のある対象を、選択する。対象とした各文字について外接枠の面積を計測することで、枠内にしめる文字の大きさの平均値と偏差を明らかにする。

次に、各文字の外接枠のサイズを平均値と同じになるよう変換し、一定とする。外接枠のサイズが一定となった各文字から後述の特徴量を計算し、それらと本来の枠面積との相関を分析する。

以上の処理により、文字の大きさの統一感に影響する要素を、重回帰分析等により明らかにする。

3-2 分析対象について

本研究では、枠内書字された文字の大きさの統一感に限定して実験をおこなう。対象としたサンプルは、小学校書写教科書の漢字一覧表とした。漢字一覧表は、一般にいわれている文書ではないものの、文字の大きさに統一感があると考えられ、文字数も学年別漢字配当表掲載の文字1006字と多く、画数も1画から20画と幅がある。6社の書写教科書の中から、2社の書写教科書を研究対象とした。本稿では、これをA社・B社とする。分析には、これらのうち「一」をのぞく1005字×2社、2010字を用いる。

分析にあたっては、漢字一覧表の各文字ごとの枠サイズを17mmに統一し、2値画像・解像度100dpiでスキャンした。漢字一覧表の枠サイズは、約64×64dot(4096dot)となり、分析の領域はその周囲を含む128×128(16384dot)とした。

3-3 使用するパターンと特徴量

特徴量として、以下をとりあげる。まず従来から文字の大きさを示す指針として使われてきた概念として、文字に外接する矩形の面積を用いる。(以下、「文字の外接矩形面積」とする。) 次に、占有面積もしくはフトコロの概念に近い特徴量として、文字を凸図形として多角形で近似したパターンの面積を用いる。

図1 実験の概要

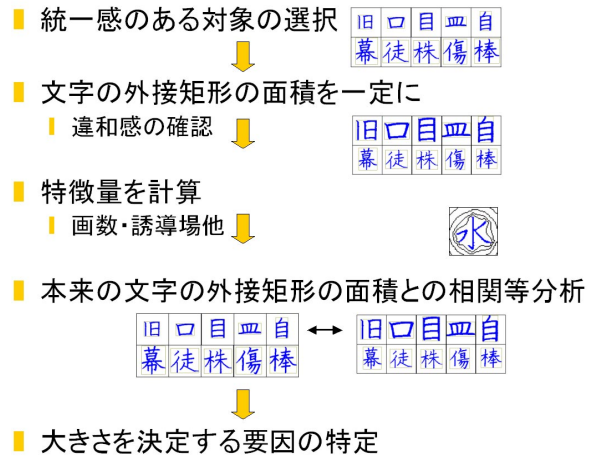
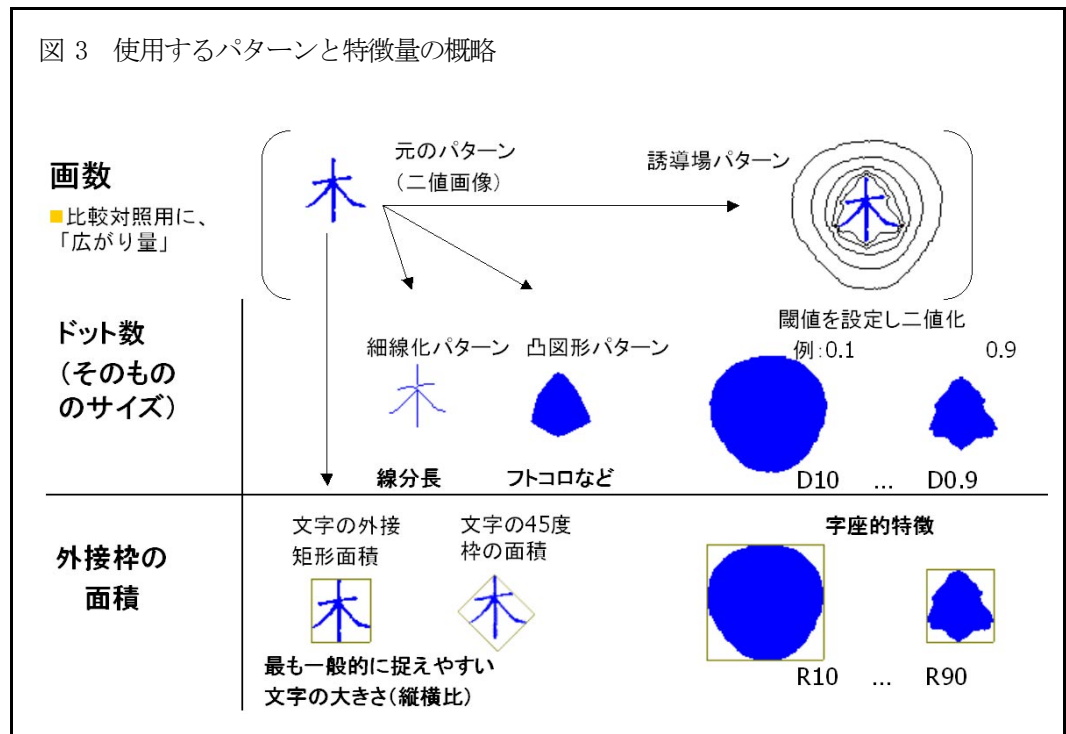


図2 分析対象の例 (一部)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 思 | 国 | 工 | 兄 | 顔 | 回 | 引 |
| 紙 | 黒 | 公 | 形 | 汽 | 会 | 羽 |
| 寺 | 今 | 広 | 計 | 記 | 海 | 雲 |
| 自 | 才 | 交 | 元 | 帰 | 絵 | 園 |
| 時 | 細 | 光 | 言 | 弓 | 外 | 遠 |
| 室 | 作 | 考 | 原 | 牛 | 角 | 何 |
| 社 | 算 | 行 | 戸 | 魚 | 楽 | 科 |
| 弱 | 止 | 高 | 古 | 京 | 活 | 夏 |
| 首 | 市 | 黄 | 午 | 強 | 間 | 家 |
| 秋 | 矢 | 合 | 後 | 教 | 丸 | 歌 |
| 週 | 姉 | 谷 | 語 | 近 | 岩 | 画 |

字座の概念に近い特徴量として、視覚の誘導場を計算する。なお、誘導場の計算には長石¹³の定義を用い、得られた値について閾値を任意に設定しその面積およびその外接矩形の面積を測定する。また、画数は『筆順指導の手引』¹⁴を参照して決定した。また画数と類似する特徴として、線分長について、細線化処

理したパターンを用いる。以上の概略は図3のとおりである。



4. 外接矩形の面積の平均と分散

統一感のあるサンプルについて、文字の外接矩形の面積を測定した結果を述べる。漢字一覧表の枠の面積を100とした時、文字の外接矩形面積の平均は、A社で48、B社で51となった。文字枠のうち、文字の外接矩形がしめる面積は約50%となっている。これを幅・高さで示すならば、約70%となる。学習時において基本的には、上下左右の余白を枠の15%程度取ることが一つの目安であることがわかる。

ただし、分散についてみた時、A社の場合、標準偏差が7.6、最大で67、最小で20であった。B社の場合、標準偏差が8.0、最大で71、最小で23であった。最小値・最大値および平均値を示す字種を抜き出したものが図4である。

次に、対象とした文字について、外接矩形の面積を上記の平均値のサイズになるよう変換した。その画像が、図10「外接矩形一定」である。これを視覚的に確認すると、文字の外接枠の大きさを統一しただけでは、学習内容としては不十分であることがわかる。文字の外接枠の大きさは一つの目安になっても、他の要素により調整することなしには、文字の大きさの統一感は実現できない。

5. 大きさを統一するための要素

文字の大きさの統一感に必要な要素について検討する。

5-1 外接矩形の面積と各特徴量との相関

実験手続きとして、元となる文字の外接矩形の面積と、外接矩形の面積を一定にした文字等パターンの特徴量との相関を確認する。なお、特徴量のうち、縦横比については仮に2乗した値を用いておく。

その結果は、図5に示すとおりであり、おおよそ以下が確認できる。画数の相関が2社ともに高く、線分長よりも画数の相関が高い。画数はA社で0.561、B社で0.499であり、線分長はA社で0.256、B社で0.203である。誘導場の矩形面積は0.5以上の相関を示すこと、矩形の縦横比の2乗値も0.3程度あること、また比較対照用と

図4 外接矩形面積と字種

| | 最小 | 平均 | 最大 |
|----|----|----|----|
| A社 | 日 | 朝 | 臍 |
| B社 | 旧 | 語 | 棒 |

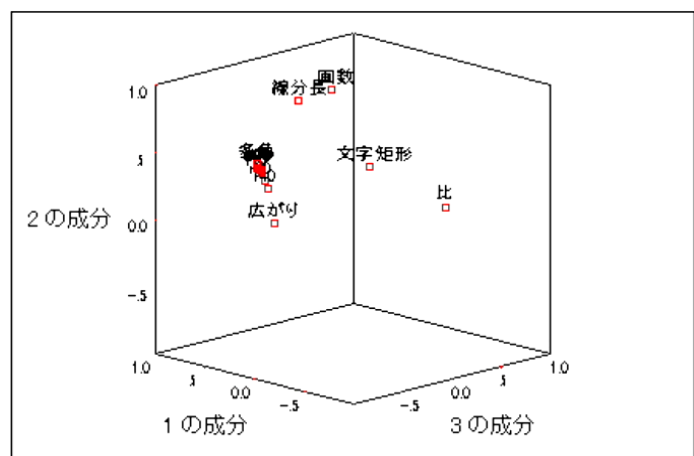
図5 特徴量の相関

| | | A社 | B社 |
|---------------|-------------|--------|--------|
| 画数系 | 画数 | 0.561 | 0.499 |
| | 線分長 | 0.256 | 0.203 |
| 縦横比 | 矩形 | 0.127 | 0.015 |
| | 広がり量 | 0.077 | -0.023 |
| | 矩形2乗 | -0.361 | -0.340 |
| 他 | 凸図形 | -0.224 | -0.306 |
| | 広がり量 | -0.520 | -0.592 |
| 誘導場 (ドット数) | d10 | -0.365 | -0.459 |
| | d20 | -0.369 | -0.464 |
| | d30 | -0.363 | -0.460 |
| | d40 | -0.353 | -0.448 |
| | d50 | -0.340 | -0.436 |
| | d60 | -0.325 | -0.421 |
| | d70 | -0.308 | -0.403 |
| | d80 | -0.291 | -0.385 |
| | d90 | -0.273 | -0.367 |
| | 誘導場 (矩形) | r10 | -0.374 |
| r20 | | -0.400 | -0.481 |
| r30 | | -0.448 | -0.533 |
| r40 | | -0.487 | -0.555 |
| r50 | | -0.500 | -0.564 |
| r60 | | -0.501 | -0.564 |
| r70 | | -0.491 | -0.552 |
| r80 | | -0.489 | -0.563 |
| r90 | | -0.459 | -0.542 |

図6 主成分分析結果

| A社 | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 成分 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 文字矩形 | -0.409 | 0.666 | -0.270 | -0.211 | -0.307 |
| 画数 | 0.158 | 0.929 | -0.064 | -0.049 | -0.071 |
| 線分長 | 0.401 | 0.824 | -0.032 | -0.002 | 0.225 |
| 矩形縦横比2乗 | 0.039 | -0.136 | 0.984 | 0.048 | 0.039 |
| 45面積 | 0.953 | 0.045 | 0.074 | -0.013 | 0.077 |
| 45比2 | -0.013 | -0.095 | 0.049 | 0.991 | 0.016 |
| 凸図形 | 0.913 | 0.223 | -0.062 | -0.052 | 0.135 |
| 広がり量 | 0.890 | -0.232 | 0.069 | 0.018 | 0.085 |
| D10 | 0.946 | 0.172 | 0.070 | 0.025 | 0.234 |
| D90 | 0.904 | 0.265 | -0.042 | 0.025 | 0.254 |
| R10 | 0.943 | 0.148 | 0.066 | 0.024 | 0.208 |
| R90 | 0.593 | -0.059 | 0.067 | 0.019 | 0.764 |

因子抽出法: 主成分分析 回転法: Kaiser の正規化を伴うバリマックス法
5回の反復で回転が収束しました。



して用いた広がり量も 0.5 以上の相関を示している。

次に、これらについて主成分分析を試みた。結果を、図 6 に示す。文字矩形面積は、第 2 主成分まで強く関与しており、各成分は、以下のように考察できる。

- ・ 第 1 主成分：直接的なサイズに関わる要因
- ・ 第 2 主成分：画数・線分長に関わる要因
- ・ 第 3 主成分：矩形の縦横比に関わる要因

寄与率から見ても、画数・線分長により文字のサイズは異なり、また 45 度の枠面積・凸図形・広がり量・誘導場等がかなりの比率で関与し、わずかに矩形の縦横比が関わっていることが予想される。

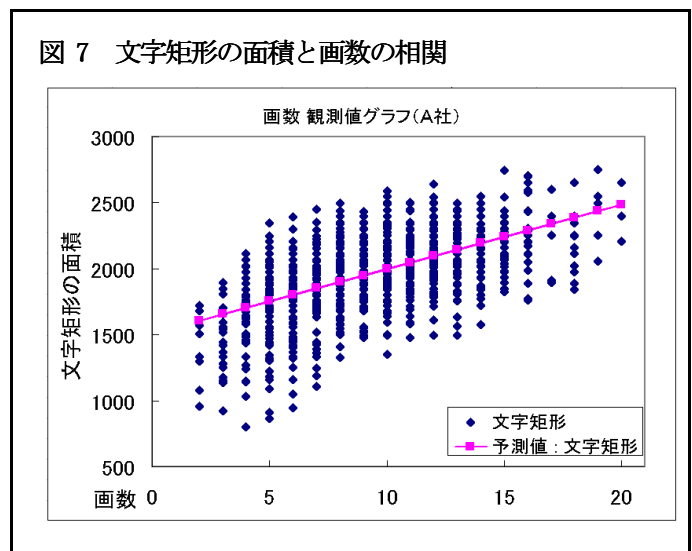
5-2 画数の相関について

相関が高く、寄与率の大きかった画数について、元の文字の外接矩形面積との相関について検討する。その分布を図 7 に示す。このグラフより、9 画目あたりまで増加率が高く、10 画目以降は増加率が低いことがわかる。

このため回帰分析（曲線回帰）をおこなったところ、対数関数の相関が最も高い数値となった。（A 社の場合、予測値 = $976 \cdot \log_{10} \text{画数} + 1054$ 、相関係数：0.59）

外接枠の面積を一定にしたパターンについて、画数による補正をおこなった場合について、図 10 「+画数換算」に示す。視覚的に確認すると、いくぶん

図7 文字矩形の面積と画数の相関



かの改善が見られる。

なお、画数による換算をおこなった後の値について、元の外接矩形面積との差が最小および最大から順に5字を抜き出すと、A社では「日目四自口」「破参努休令」、B社では「旧口自目皿」「株本水氷今」となる。両社ともに最小値付近にはいわゆる閉じる構造の字種があらわれ、最大値付近では特にB社について開く構造の字種があらわれる傾向を示している。

5-3 縦横比の相関について

文字矩形の縦横比については、元の文字矩形の面積との相関は必ずしも高いとはいえない。また、縦横比についてはそのままの数値では分析に用いることができない。このため、回帰式について検討する。元の文字矩形の面積と、縦横比の分布を、図8に示した。

グラフの観察からは、正方形に近い縦横比1.0をはさみ、0.8から1.2程度まではほとんど相関がないことが予想される。相関が感じられるのは、極端に縦長・横長の字種ということになる。なお曲線回帰した結果、両者ともに3次関数が相関が高く、A社の場合、「予測値=2221・縦横比³-9980・縦横比²+13206・縦横比-3265」において、相関係数:0.38となった。

5-4 誘導場の導入と重回帰分析結果について

前述のように計算し直した画数と縦横比および主成分分析において因子1で強く反応したすべての特徴量について、重回帰分析をおこなった。

その結果、因子1で強く反応した特徴量のうち、最も良い結果となったのは、誘導場の閾値0.3の外接矩形面積であった。A社の場合、重相関係数が0.84、標準誤差が167である。B社の場合、重相関係数が0.83、標準誤差が185である。A社の分析結果について、図9に示した。上段の分布図から強い相関が確認できる。また、中段にはt値とp値を示したが、いずれも有意であることが確認できる。ただし、画数と誘導場に比べると、縦横比の寄与はかなり少ないように感じられる。なお、下段には「木」の誘導場とその閾値0.3の形状を示した。

上記のp値の考察より、縦横比を除いた、画数と因子1で強く反応したすべての特徴量についても重回帰分析をおこなった。その結果、最も良い結果となったのは、誘導場の閾値0.3の外接矩形面積であった。A社の場合、重相関係数が0.81、標準誤差が182である。B社の場合、重相関係数が0.81、標準誤差が192である。3要素を用いた場合の重回帰式は、A社の場合を例に取ると「予測値=1072・Log₁₀画数-0.46・R30+1150・縦横比³-5081・縦横比²+6935・縦横比-1602.87」となり、2要素を用いた場合の重回帰式は、「予測値=1135・Log₁₀画数-0.51・R30+3122」となる。概念的には、学習内容として縦横比の問題を含めるべきかどうかについて、検討が

図8 文字矩形の面積と縦横比の相関

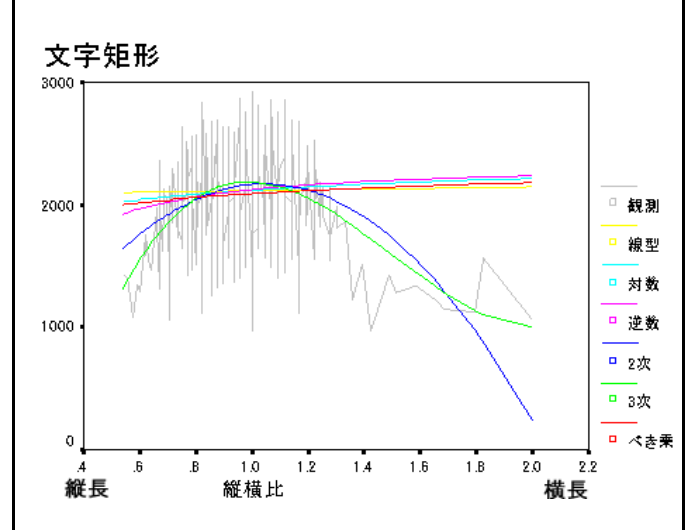


図9 3要素による重回帰 (A社の場合)

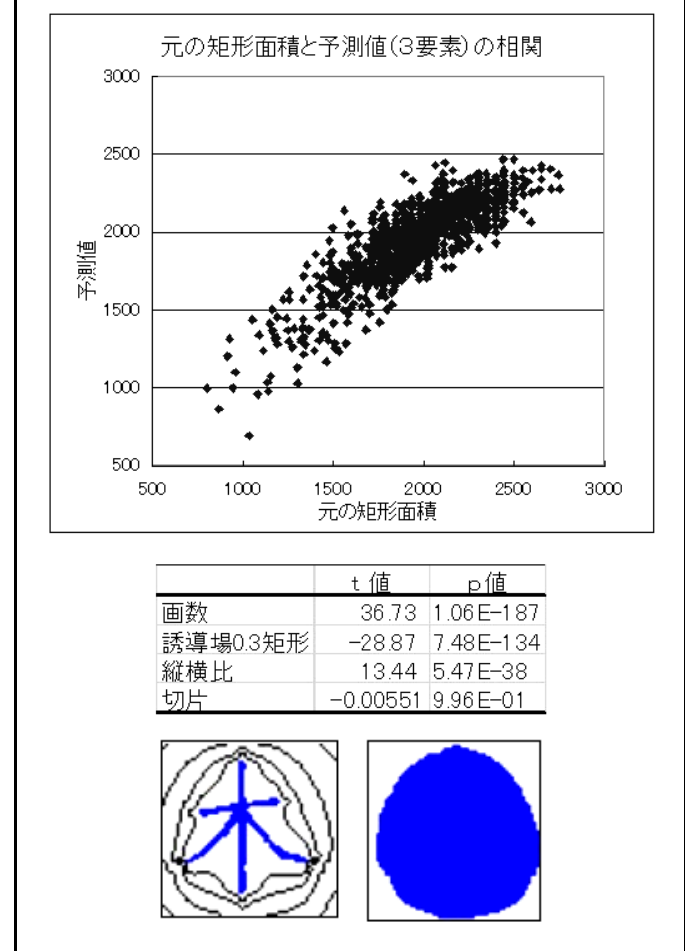


図 10 元となる文字と、処理後の文字（外接枠一定について、上段：最小値から、下段：最大値から5字種）

| | A社 | | | | | B社 | | | | |
|--------|----|---|---|---|---|----|---|---|---|---|
| 元 | 日 | 目 | 四 | 口 | 自 | 旧 | 口 | 目 | 皿 | 自 |
| | 職 | 積 | 機 | 養 | 臆 | 幕 | 徒 | 株 | 傷 | 棒 |
| 外接矩形一定 | 日 | 目 | 四 | 口 | 自 | 旧 | 口 | 目 | 皿 | 自 |
| | 職 | 積 | 機 | 養 | 臆 | 幕 | 徒 | 株 | 傷 | 棒 |
| +画数 | 日 | 目 | 四 | 口 | 自 | 旧 | 口 | 目 | 皿 | 自 |
| | 職 | 積 | 機 | 養 | 臆 | 幕 | 徒 | 株 | 傷 | 棒 |
| +R30 | 日 | 目 | 四 | 口 | 自 | 旧 | 口 | 目 | 皿 | 自 |
| | 職 | 積 | 機 | 養 | 臆 | 幕 | 徒 | 株 | 傷 | 棒 |
| +縦横比 | 日 | 目 | 四 | 口 | 自 | 旧 | 口 | 目 | 皿 | 自 |
| | 職 | 積 | 機 | 養 | 臆 | 幕 | 徒 | 株 | 傷 | 棒 |

必要である。

これらの結果から、文字の大きさの統一感には、画数および誘導場の数値が強く関係し、外接矩形の縦横比が関わっているといえるだろう。

5-5 視覚的確認

外接矩形面積を一定にしたパターンについて、前述の回帰式から得られた予測値を元に、大きさを復元する処理をおこなった結果が、図 10である。同図において、画数のみの予測値によるものが「+画数」であり、画数およびR30の矩形面積による予測値によるものが「+R30」、縦横比も含めた3要素による予測値によるものが「+縦横比」である。

外接矩形面積を一定とした場合に比べ、「+R30」「+縦横比」ははっきりと改善されている様子がわかる。ただし、元のサイズと比べた場合、A社については、「口」が大きい・「養」が小さい・大きい方が全体に小さめといった違いが感じられる。B社については、「旧」が大きい・「目」が小さいなどの違いが感じられる。

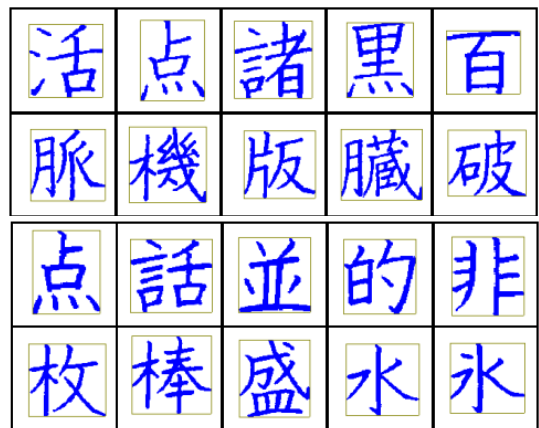
いわゆる手本として提示するレベルでは、さらなる正確さが必要かも知れないが、学習者のレベルでは十分な統一感を示していると考えた。

5-6 正確さのために

手本として提示するレベルについて、考察をおこなっておく。予測値において本来の外接矩形面積との誤差が大きい字種について、図11に示した。烈火・さんずいなど、短い点面の多い字が大きくなる傾向が見られることから、線分長の要素の効果が予想される。また、はらいや長いそりのある字が小さくなる傾向が見られる。

なお本実験全体を通し、小さくすべき字の側に対して、人間は敏感に反応するのではないかという印象と、分位感覚による補正が効果を持つのではないかという印象を得ている。これらについては、あくまで印象の段階であるが、より正確さを目指した研究の際には、一つの視点となるう。

図11 予測値において誤差の大きい字種



6. まとめ

6-1 学習内容としての妥当性

文字の大きさの統一感のための要素として、相関係数等による数値的な面および視覚的な確認から、

- ・ 画数
- ・ 視覚の誘導場

があるといつて良いように考える。また、

- ・ 文字の外接矩形の縦横比

については、要素としてはあるものの、特に横長・縦長の字種についての適用が望ましいのではないかというのが筆者らの見解である。

次の問題として、『新編書写指導』²では、「囲む形の漢字」「囲む形でない漢字」を視点としてあげているのに対し、本稿では「視覚の誘導場」を特徴量として用いてきた。これら2つの概念の関係について、考察しておく必要がある。図12は、視覚の誘導場の計算結果(左)と、フリーハンドで描いた概念的なライン(右)である。誘導場の定義から、「囲む形の漢字」は外接矩形が小さくても、その誘導場の面積は「囲む形でない漢字」に近いサイズとなる。このことから、筆者らは「囲む形の漢字」「囲む形でない漢字」による大きさの説明と、「視覚の誘導場」による説明とは、同一の特徴を別の表現で示したものと考えた。

6-2 学習内容化について

前述の特徴について、大きさの統一感に必要な要素として認めた場合、次の段階において学習内容として捉え直す必要がある。この点について、筆者らは次のように考えた。

- ・ 大原則：幅や高さが枠の70%くらい
 - 原則1：画数の少ない字(特に9画以下)は、小さめ。
 - ◇ 留意点：画数が少なくても、「人」「水」など全体が開いている字は除外。
 - 原則2：回りが囲まれている字は、少し小さめ。
 - ◇ 留意点：囲まれていても、「国」など画数の多い字は除く。

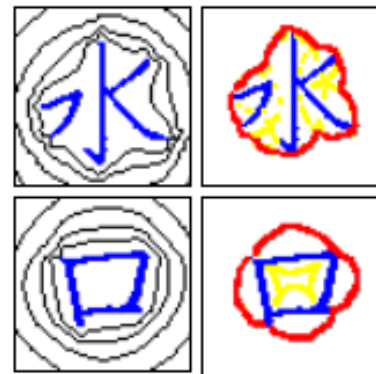
原則2については、「文字の外側の画が、文字枠と平行になっている字は小さめ」という表現もできるが、非枠外書字には適用しにくいいため、上記としている。

これらの内容および表現については、学習者向けに発達段階に応じて提示する必要があり、また発達段階に応じた表現方法や学習方法が必要なことは言うまでもなく、その意味で議論を待ちたい。

6-3 課題として考えられること

本研究における成果は次の段階への課題として、次のように検討できるだろう。

図12 開閉構造と視覚の誘導場



本研究は、枠内書字された文字の大きさの統一感に限定した。非枠内書字された文字についての検討が、最も大きな課題となる。ただし、罫線上もしくは無地に自然筆記された文字について、統一感のある状態で多数の文字サンプルを収集することは極めて難しい。そのことを考えると、枠内書字された文字の統一感が、非枠内書字の大きさへも適応できるかどうかという視点での研究が効果的かも知れない。筆者らは、主観的ではあるが、かなり適応できる可能性が高いと考えている。

次に、本研究における実験結果は、学習要素として良いレベルであっても、いわゆる手本の作成レベルとしては、予測値をより相関の高いものにする必要がある。たとえば、字形が適切であっても大きさに統一感のない文字群を、大きさに統一感のある状態（いわゆる手本としての条件を備える状態）にかえるための方法である。そのために、小さくすべき字の側に対して人間は敏感に反応するのではないか、分位感覚による補正が効果を持つのではないかの2点を、筆者らはあげておきたい。

最後に、本研究における成果は、学習者の発達段階に応じて提示すること、また発達段階に応じた表現方法や学習方法および教材化について実践的・臨床的手法も含めて検討することで、高い効果を発揮すると思われる。

-
- ¹ 文部省, 小学校学習指導要領解説国語編, 1999. 5, 東洋館出版社
 - ² 全国大学書写書道教育学会編, 新編書写指導, p. 119, 萱原書房, 2004. 4
 - ³ 平形・杳名, 文字相互の大きさを決定する要因についての考察, pp. 30-35, 書写書道教育研究 19, 2005. 3
 - ⁴ 平形, 字形要素による学習漢字の分類 I, pp. 64-74, 書写書道教育研究 4, 1990. 3
 - ⁵ 平形, 字形要素による学習漢字の分類 II, pp. 34-43, 書写書道教育研究 5, 1991. 3
 - ⁶ 押木, 左右の部分形から構成される漢字の字形に関する研究, pp. 51-60, 書写書道教育研究 10, 1996. 3
 - ⁷ 押木, 汎用性と合理性という視点からみた書写教育の基礎についての試論, pp. 31-44, 書写書道教育研究 14, 2000. 3
 - ⁸ 吉田, やさしいレタリング, マール社, 1977
 - ⁹ 佐藤敬之輔, 日本のタイポグラフィ, 紀伊国屋書店, 1972
 - ¹⁰ 長石, 視覚誘導場による読み易い和文文字列表示, pp. 1-8, 映像情報メディア学会 Vol. 52No. 12, 1998
 - ¹¹ 三好・下塩・古賀・井手口, 視覚誘導場理論を用いた感性にもとづく文字配置の設計, pp. 1465-1473, 電子情報通信学会論文誌 A Vol. 82-A N9, 1999
 - ¹² 杳名・高田ほか, 字座における視覚誘導場と体験的表現との矛盾について, 全国大学書道学会徳島大会, 2004. 10
 - ¹³ Michihiro Nagaishi "Identifying Ability of a Recognition Method Based on the Field of Induction" Proc. International Conference on Document Analysis and Recognition, Tukuba, Japan pp. 926-929, 1993 10
 - ¹⁴ 文部省, 筆順指導の手びき, 博文堂出版, 1958