

視知覚の場による手書き文字品質評価の検討

長石道博*

2012年3月9日

JCSS-TR-68

長石道博

〒394 長野県岡谷市山手町 2225

nagaishi@mm.0038.net

<http://www.ohnishi.m.is.nagoya-u.ac.jp/%7Ekudo/research/ifv/>

Copyright (c) 2012 M. Nagaishi. All Rights Reserved.

日本認知科学会

事務局

〒182-8585

東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

電気通信大学 電気通信学部 システム工学科内

TEL/FAX : 042-443-5820

電子メール : jcass@jcass.gr.jp

概要

デザインや文字の読み易さの定量評価に視知覚の場が注目されている。視知覚の場の等ポテンシャル面の複雑度を指標に、感性情報を評価できることが示されている。そこで、手書き文字の文字品質に関する心理評定結果を、視知覚の場で評価できないか検討を行った。その結果、視知覚の場の複雑度のみで、手書き文字品質を説明することは困難だが、文字種によって高い相関が見られることから、視知覚の場の複雑度が手書き文字品質の評価に全く寄与しないとは言えないと考えられた。例えば、視知覚の場による、複雑度以外の評価尺度があり、その評価尺度を補うような形で、手書き文字品質の評価に関っていると考えられる。

書道的な見地から、お手本と、今読んでいる文字が似ているか比べ、似ているものはきれい、似ていないもの、随分かけ離れているものは汚いと判断するモデルの存在が示唆されている。また、多数の多様な感性的な評価尺度を組み合わせでも、手書き文字の品質がなかなか評価できないことも報告されている。

そこで、本研究は、視知覚の場を弾性体と見なしてマッチングするモデルで、まず、お手本の文字との違いで手書き文字の品質を評価し、マッチングが十分でない場合、視知覚の場の等ポテンシャル面の複雑度を指標に判断するモデルを提案、このモデルで、手書き文字の文字品質に関する心理評定結果を説明できるか検証した。

その結果、手書き文字の品質は、提案した視知覚の場のマッチングを主体に、複雑度も参照するモデルで、心理評定結果を説明できる可能性が高いことがわかった。このことから、手書き文字の品質評価は、従来検討されてきた、いろいろな感性的な尺度の総和ではなく、まずはリファレンスとのパターンとしての違いが検討され、違いが余りないときは、品質にバランス、良さなどの感性的な尺度が加味されて、総合的に判断される方法がとられていると考えられる。

視知覚の場による手書き文字品質評価の検討

長石道博

1. はじめに

最近、デザインに関する「感性」の問題を工学的に扱う手段として、視知覚の場¹が注目されている。視知覚の場は、横瀬が提案した、図形の周りに静電場のような場を仮定し、パターン認知などの視知覚現象を説明する心理学的概念である(横瀬, 1986)。図1は視知覚の場の例である。太い線分は図形、その周辺に等高線状に分布しているのが視知覚の場の等ポテンシャル線で、中央から外に行くほど、場は弱くなり飽和値に達する。横瀬は場の分布が、文字の類似性、錯視図形の解釈など、我々の物の見方、感じ方と関連すると考えた(横瀬, 1986)。

橋梁のデザインにおいて、視知覚の場の分布は、デザイナーが着目する箇所が強くなっており、アーチライズのバランス評価などが可能であることが報告されている(扇長・深水・吉田・白石, 1996)。また、アルバム台紙への写真のレイアウトにおいて、視知覚の場の分布の様を、視知覚の場のポテンシャルエネルギーにより定量化が可能で、絵画やイラストなど、さまざまな要素図形の配置に適用できる可能性が示されている(巖・八村, 1993)。

文字も視知覚の場による感性評価の可能性が報告されている。個々の文字について、毛筆文字の美しさやバランスの評価が(押木・岡本, 1996; 平形, 1991) 文字列内の文字について、文字間の視知覚の場の分布の強さで(長石, 1998)、文字列と文字列について、文字列間の場の山と谷、尾根部分の場の強さで、読み易さが評価できることが示されている(三好・下塩・古賀・井手口, 1999)。

これまでの視知覚の場による感性評価の研究から、文書のレイアウトが美しい、バランスが良いなどの状態とは、対象パターンの視知覚の場の分布に、強い部分が局所的にあるのではなく、視知覚の場の分布がパターン全体で平均化されている状態が良いと考えられる(長石, 2005)。これは、視知覚の場の分布形状が、凹凸が少ない円や楕円のような分布であり、その記述には、視知覚の場の等ポテンシャル線の複雑度が有効である(長石, 1993; 長石, 2003; 長石・押木, 2003; 長石, 2005)。複雑度 C_i は、ある等ポテンシャル面 i 上の閉曲線を構成する点の個数を周囲長 l_i 、閉曲線の内側に存在する画素総数を面積 S_i とすると、次式で与えられる(長谷川・輿水・中山・横井, 1986)。

$$C_i = \frac{l_i^2}{S_i} \quad (1)$$

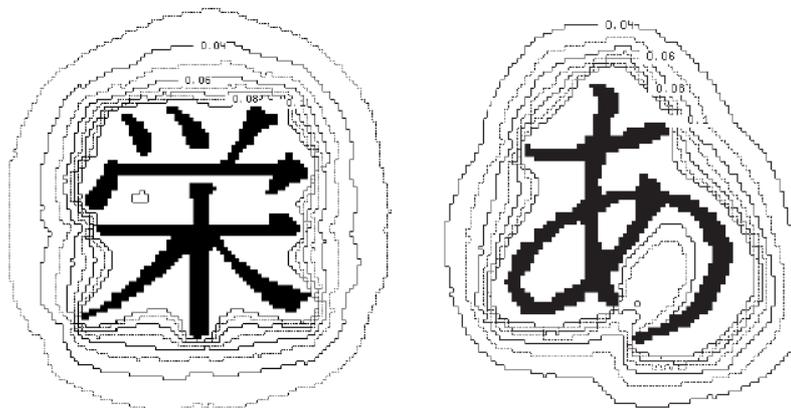


図1 視知覚の場の例

¹ 従来、「視覚の視知覚の場」と言われることが多かったが、本研究のような、工学的な応用の場合、生理学的な見方と区別するため、「視知覚の場」と呼ぶものとする。経緯、理由の詳細は付録を参照。

これまで、複雑度が有効とされた対象は、2つの文字列や文字単体である。文字については、直線で構成された人工的なパターンや活字が中心であった(長石, 2003)。手書き文字の評価(長石・押木, 2003)も行っているが、対象数が少なく、評価内容が左右バランスという限定されたものであった。不特定多数の人間が書いた手書き文字のような、字形のばらつき、変動の大きな対象について、視知覚の場の複雑度による感性評価が有効であるかは検討されていない。

さて、手書き文字について、字形などの感性的な側面を定量化する研究はあるのだろうか。手書き文字の変化の違いを心理的な尺度で定量化できることが示唆されている(高橋・上笹・山本, 1986)。そして、実際に収集された手書き文字を被験者に見せて、変形の違いを手書き文字品質という心理学的な評価値として定量化する方法が試みられている。例えば、安藤らは、手書き文字認識の研究で最も使われる、電子技術総合研究所の大規模な手書き文字データベース ETL9 (斎藤・山田・山本, 1985) および、自由に筆記された「東」パターンについて、手書き文字品質を6名に4段階(高品質1, 普通2, 低品質3, 読めない4) 評定させた。そして、評定した文字品質を文字ストロークに着目した特徴(位置、長さなどとそれらの変動)で説明できるか検討している(安藤・木田, 1992)。

加藤らも同様に手書き文字品質による手書き文字変形の定量化を行っている(加藤・横澤, 1992; 加藤・森・横澤, 1990)。加藤らは ETL9 から文字種ごとに無作為に選択した、図2の「東」の例のような25パターンを、ワークステーションのディスプレイに同時に提示した。被験者は提示された25パターンを1パターンずつマウスで選択して、「非常にきれい1」、「きれい2」、「普通3」、「汚い4」、「非常に汚い5」の5段階に選別する。そして、10名の被験者の評価結果の平均から、文字種 j (1, 2, ..., 100) における25パターン内の任意のパターン i (1, 2, ..., 25) の文字品質の評価値を求めた。図2の各パターンの下の数字は「東」の評価値 K_{ji} である。加藤らは100文字種、2500パターンについて得られた文字品質について、被験者を任意の5名ずつ2群に分け、評定結果の各群の平均値より2群の相関を調べた。その結果、平均0.84の高い相関が得られ、評価の安定性が高いことを示した。また、加藤らは評定の再現性を確かめるために、各被験者は日を改めて主観評価を2回行っている。そして、2回評定の相関の各被験者の平均は0.75と高いことから、評定の再現性は高く、文字品質の主観評価実験で得られた10名の平均値 K_{ji} を各文字種の主観評価値とするのは妥当なことを示した(加藤・横澤, 1992)。

本研究は、加藤らが行った手書き文字の文字品質を、視知覚の場の複雑度で評価できないか検討を行い、視知覚の場の複雑度による感性評価の妥当性を考察する。



図2 文字サンプル例: 東

2. デジタル画像における視知覚の場の計算

最初に、白黒2値のデジタル画像における視知覚の場の求め方を説明する。図形の外部を構成する画素を正電荷1の点電荷と仮定し、それらがつくるクーロンポテンシャルの集積から、デジタル画像における視知覚の場の分布を計算する(長石, 1996)。図3(a)のようにn個の点列から構成される曲線f(s)によって点Pに視知覚の場が形成されるとする。点Pから曲線f(s)上の点iまでの距離をr_iとおくと、点Pにおける視知覚の場の強さM_pを次のように定義する。

$$M_p = \frac{1}{n} \sum_i^n \frac{1}{r_i} \tag{2}$$

図3(b)のように、曲線が複数ある場合、点Pにおける視知覚の場の強さは個々の曲線が点Pにつくる視知覚の場の和になる。この時、視知覚の場は図形の外部のみ寄与する(横瀬, 1986)ため、(2)式は点Pから見える部分のみ和をとるという制約条件がつく。例えば、図3(b)の曲線f₃(s)と曲線f₂(s)の一部は、曲線f₁(s)に遮られて点Pから見えないので、和はとらない。

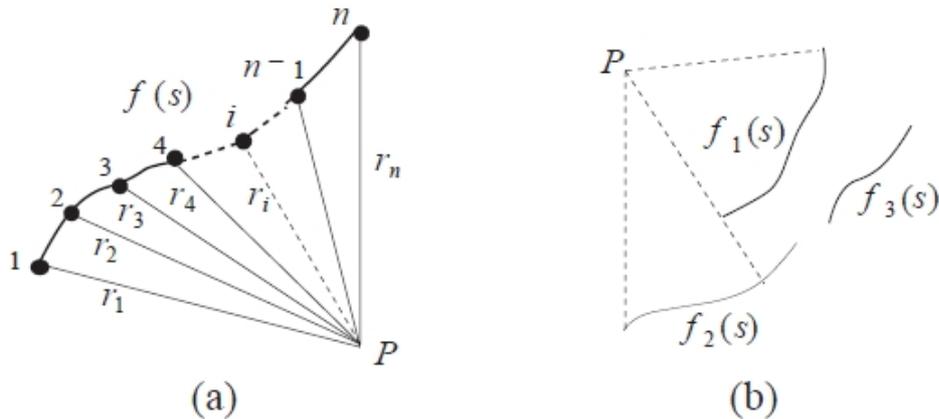


図3 デジタル画像における視知覚の場

図4(a)は(2)式で計算した視知覚の場の例である。図4(a)の「場」の分布の形状・強さ、特に「A」の頂点付近の分布が他より鋭角な特徴は、横瀬が行った四角形や三角形など、図形の角付近に関する視知覚の場の分布の心理実験結果(横瀬, 1986)と一致する。図4(b)は、遮蔽条件がなく「A」を構成する画素全てを電荷1の点電荷と仮定した静電場の例である。「場」の分布は全体的に丸く心理実験結果と異なる。また、この遮蔽条件がないと、例えば、視知覚の場による文字切り出しが困難になる(長石, 1993)。このように、遮蔽は視知覚の場を特徴づける上で重要である。

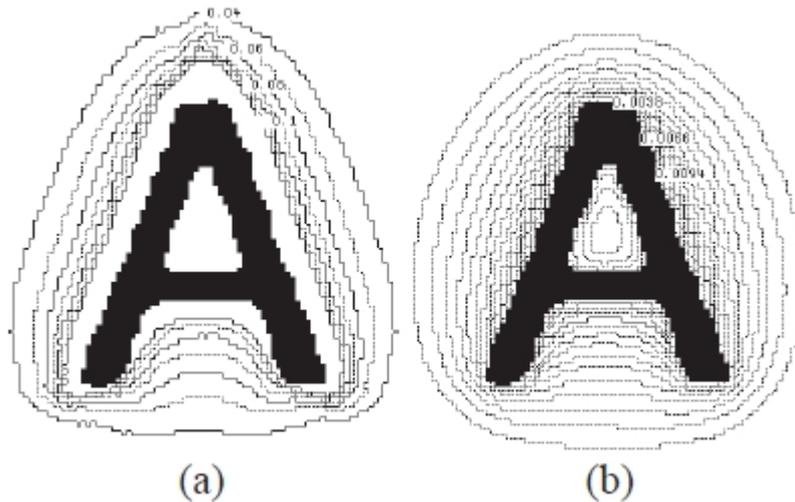


図4 視知覚の場と静電場の違い

3. 手書き文字品質の視知覚の場による定量評価

3.1 手書き文字データの処理

加藤らの実験で使われた文字パターンは、ETL9 から抜粋されたもので、図2の例のように文献(加藤・森・横澤, 1990)に記載されている。これらを、64×64ドットの大きさ(72 DPI)の外接矩形に収まるようにイメージスキャナ(EPSON GT-5500)の解像度を設定(200 DPI)して読取り文字画像を作成した。図5は、加藤らの実験で評価に使われた100個の文字種について、文字種ごとに最も文字品質が良いと評価された文字サンプル例を示した。図5の左上から下に順に文字種番号 $j(1, 2, \dots, 100)$ をつける。例えば、「一」は $j=1$ 、「二」は $j=2$ 、「競」は $j=100$ である。

作成された各パターンについて、64×64ドットの大きさのパターンの領域を含む128×128ドットの範囲で視知覚の場を計算する。複雑度は各等ポテンシャル面ごとに式(2)より求める。視知覚の場の計測は、場の強さ0.01(視知覚の場の等ポテンシャル面が画像の外枠に接触しない限界)から0.399(文字画素の近傍付近)まで、0.001ステップで行う²。そして、全等ポテンシャル面の複雑度の平均を、加藤らが行った手書き文字品質の心理評価と比較した。

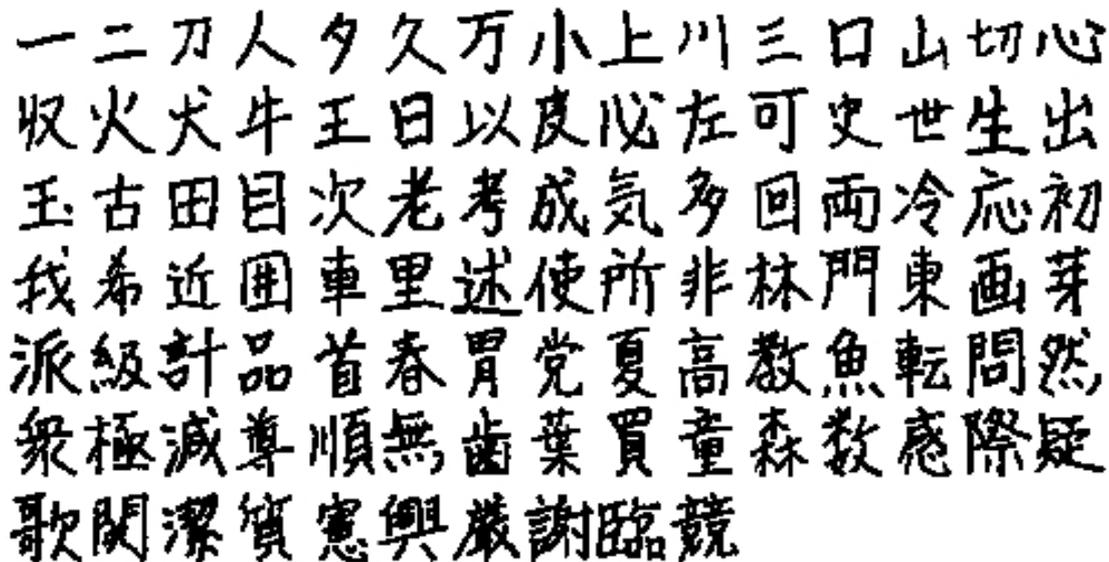


図5 評価100文字種

3.2 検証結果

図6は、文字「感」「順」「希」について、縦軸に複雑度の平均を、横軸に、加藤らが行った手書き文字品質の心理評価をとって比較した図である。相関係数は、「感」は -0.79 、「順」は -0.63 、「希」は -0.60 である。図6の例のように、複雑度と心理評価に強い負の相関が見られる。

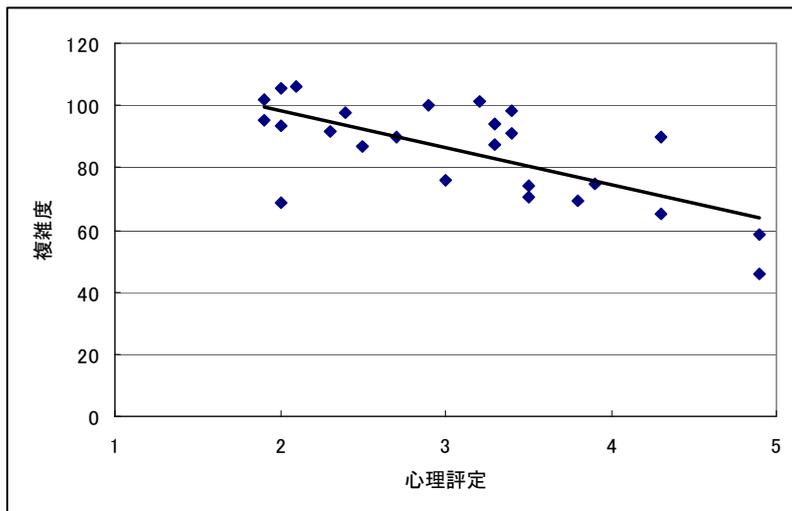
図7は、文字「魚」「川」「生」について、縦軸に複雑度の平均を、横軸に、加藤らが行った手書き文字品質の心理評価をとって比較した図である。相関係数は、いずれもほぼ0で相関は見られなかった。

100文字種について、図6のように強い相関が見られる場合もあるが、図7のように相関がない、弱い相関しかない場合もある³。複雑度と心理評価の相関係数の100文字種の平均は -0.36 、最大は「感」の -0.79 、最小は図7のゼロである。このように、全ての手書き文字について、視知覚の場の複雑度が手書き文字品質を説明することは困難である。しかし、図6のように、強い相関が見られる一部の文字種については、手書き文字品質の心理評価を、視知覚の場の複雑度で説明できると考えられる。

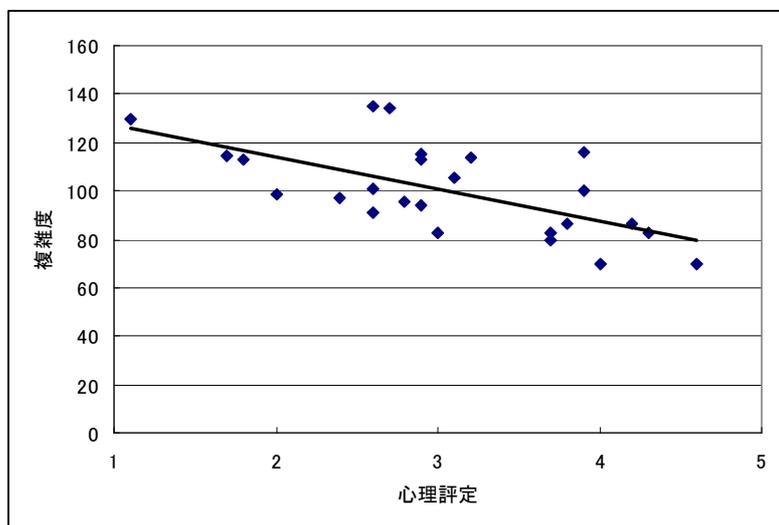
² (2)式は、視知覚の場の強さを画素数 n で正規化しているため、ポテンシャル値は最大1から0までの範囲である。ポテンシャル値 0.002 ~ 0.004 ステップ程度で等ポテンシャル線を表示すると、感性評価などの定量化検求において、視知覚の場の分布の様子の把握し易い。

³ 12-13 ページ「100文字種ごとの弾性エネルギー相関、複雑度相関」を参照。

感



順



希

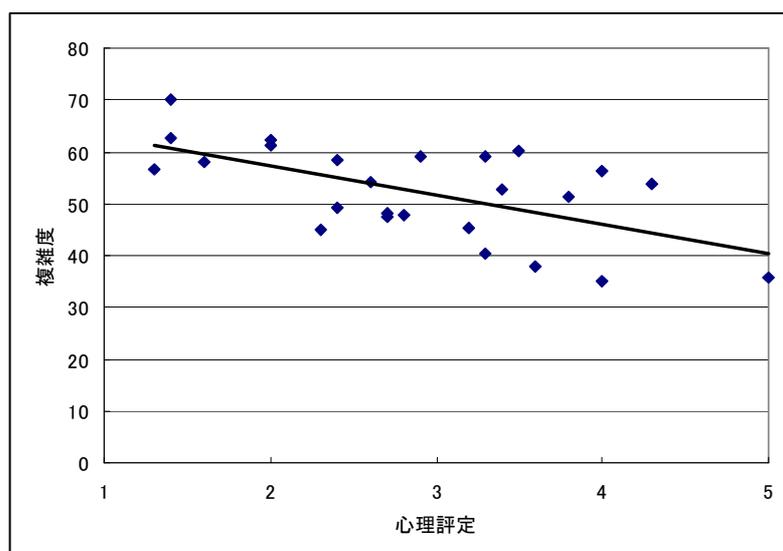
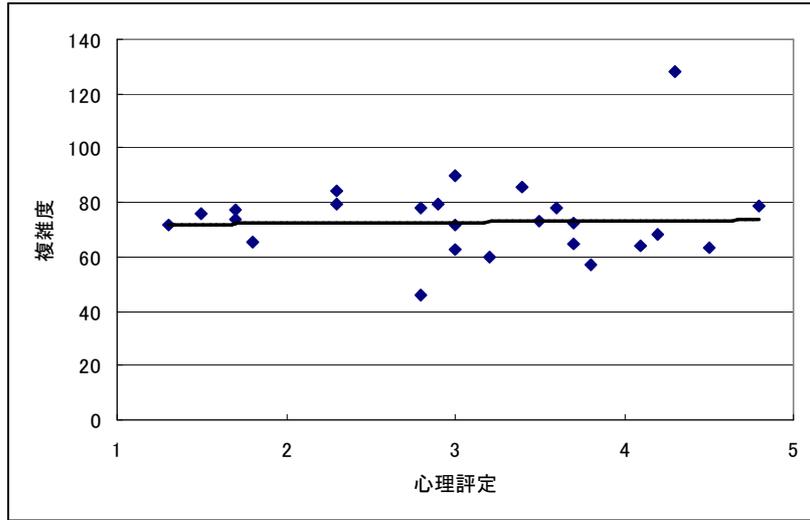
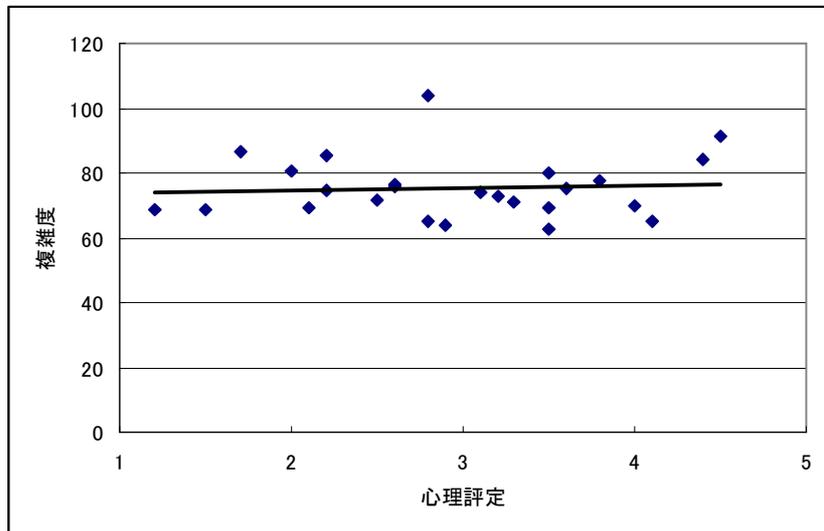


図6 視知覚の場の複雑度と心理評定結果の比較 (1)

魚



川



生

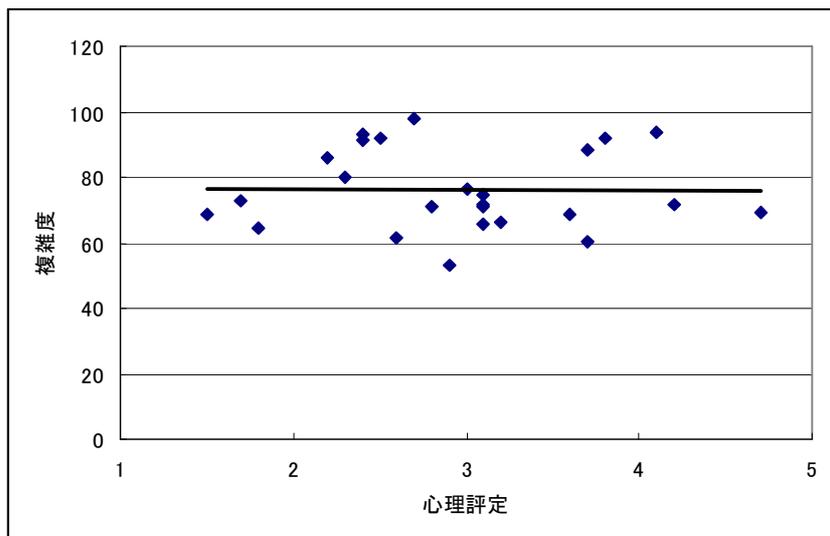


図7 視知覚の場の複雑度と心理評定結果の比較 (2)

3.3 視知覚の場による手書き文字品質評価の再検討

3.2 で述べたように、視知覚の場の複雑度が手書き文字品質を説明することは困難だが、文字種によって強い相関が見られる事実から、視知覚の場の複雑度が手書き文字品質の評価に全く寄与しないとは言えないと考えられる。例えば、別のある評価尺度があり、その尺度と補うような形で、手書き文字品質の評価に関っているような状況が考えられる。

書字の観点から、手書き文字の品質や良さの定量化を研究している押木によれば、読み易い手書き文字を書くには、お手本を見てしっかり練習することが重要であると指摘している（押木, 2003）。これは、まず、頭の中に、お手本のイメージやその感じを形成し、それに近いものになるように注意して書くとき綺麗な字が書ける、と解釈できる。この解釈から、人間が手書き文字を読んで、きれい、汚いと判断する場合、頭にあるお手本に、今読んでいる文字が似ているか比べ、似ているものはきれい、似ていないものは汚いと判断していると考えられる。

一方、手書き文字の品質評価には、バランス、まとまりの良さなどの感性的な側面も重要であるとされている（押木, 2011）。本研究で検証に用いた手書き文字の品質評価を行った加藤らは、2500 パターンの文字品質 Kji が、これまでの工学的な手書き文字認識などを参考に設定した 15 の特徴を組合せた重回帰の評価式で説明できるかを検討した。その結果、10 個の特徴（ストロークの分布、黒画素の分布、線の太さ、縦横比、バランスなど）が、比較的的文字品質評価に有効であることを示した。しかし、文字種の文字品質を複数の特徴を組合せた 1 つの評価式で評価することは不可能であった（加藤・森・横澤, 1990 ; 加藤・横澤, 1992）。これは、バランス、まとまりの良さなどの感性的な側面は重要だが、これだけでは十分説明できないことを示していると考えられる。

押木は、手書き文字の字形は、文字としての読み易さ（字種の識別のし易さ）と、書き易さおよびその他の要素（感性的なバランスなどの感覚を含む）とバランスをとることで成立している見解を示している（押木, 2011）。これら押木の見解や加藤らの研究から、手書き文字の品質評価は、お手本的なリファレンスとの違いの定量化と、バランス、まとまりの良さなどの感性的な評価の 2 つの側面を合わせ待ったモデルで、うまく説明できると考えられる。

4. 視知覚の場によるリファレンスとのマッチングと感性評価の競合モデルの提案と検証

4.1 視知覚の場によるリファレンスとのマッチングモデル

視知覚の場における、お手本的なリファレンスとの違いの定量化として、視知覚の場の分布の違いを弾性エネルギーで評価するパターン認知モデルを提案されており（長石, 1996）、人工パターン、活字をはじめ、手書き文字でも有効なことを示している（長石, 1999）。

視知覚の場によるパターン認知モデルを示す（長石, 1996）。視知覚の場は、基本的にクーロンポテンシャルと解釈できるので、視知覚の場の変化を薄膜の弾性体のアナログで考える。ある視知覚の場の等ポテンシャル線の分布を他方の分布に一致するように変位させると、弾性体と見なした視知覚の場に歪みが生ずる。歪みは弾性エネルギーで一意的に表現できるので、視知覚の場の変換量を弾性エネルギーで評価する。例えば、図 8 のように、辞書パターン i 「土」と未知パターン j 「土」の視知覚の場の重心を一致させ、ポテンシャル値 p の等ポテンシャル面毎に「土」の視知覚の場の等ポテンシャル線の輪郭線上のすべての点が、その点の法線方向（輪郭線上の矢印）上にある「土」の等ポテンシャル線の輪郭線に変位したと仮定、等ポテンシャル面ごとに生ずる弾性エネルギー $e_i(p)$ を計算する。そして、全等ポテンシャル面について $e_i(p)$ を加算し総弾性エネルギー E_{ij} を求める。未知パターン j が辞書 i の視知覚の場との一致に要する総弾性エネルギー E_{ij} が最小な辞書 i が認識結果となる。

この視知覚の場による認知モデルの結果である総弾性エネルギー E_{ij} 、先に実験を行った複雑度と、加藤らの手書き文字品質の評定結果を比較し、視知覚の場によるリファレンスとのマッチングと感性評価が、どのように関連しているか、それによってどのような手書き文字の品質評価モデルが可能か考察する。

なお、視知覚の場によるリファレンスとのマッチングと手書き文字品質の評定結果との相関は、文献（長石, 1999）に記載のデータを使った。マッチングのリファレンスは、ある文字種 j の 25 パターンにおいて、基準パターン $i=1$ を図 2 に示した文字種ごとに最もきれいと言われた文字とする。例えば、図 2 の「東」の場合、左上の評定値 1.5 の「東」

を基準パターンとする. 次に, 基準パターン $i=1$ と任意のパターン $i(1, 2, \dots, 25)$ の視知覚の場について, 等ポテンシャル線がデータの枠に接触しないポテンシャル値 0.03 から文字線分付近の 0.39 まで 0.01 ずつの各等ポテンシャル面で, 弾性エネルギーの総和 E_i をパターン $1, i$ 間の弾性エネルギーとした.

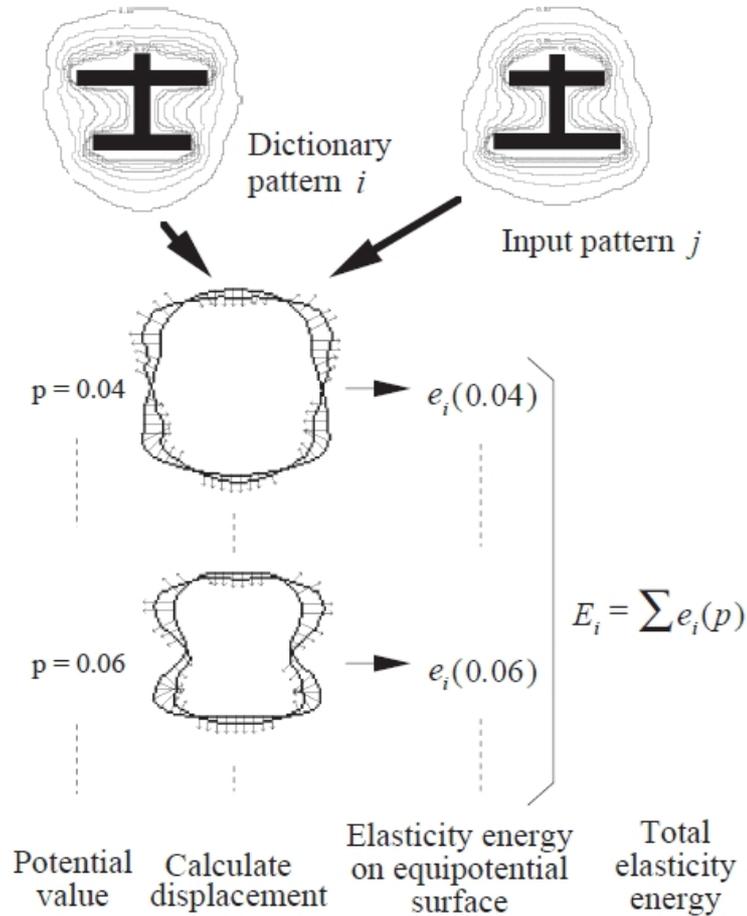


図8 認識過程

図8の視知覚の場による認知モデルの総弾性エネルギー E_{ij} と, 加藤らの手書き文字品質の評定結果の相関係数の100文字種の平均は, 0.500 , 最大は 0.833 , 最小は 0.107 である (長石, 1999). これは, 3.2 で示した, 複雑度との相関係数よりも高く, 視知覚の場による認知モデルの総弾性エネルギーは, 複雑度より, 手書き文字品質の評定結果をよく説明できると考えられる. しかし, 総弾性エネルギーでも相関係数が低い場合もある. そこで, 図9のように, まず, 認知モデルの総弾性エネルギーという視知覚の場によるリファレンスとのマッチングで評価して, マッチングによる評価が十分出来ない場合は, 複雑度という感性的な尺度で判定することで, 手書き文字品質を評定するモデルが考えられる.

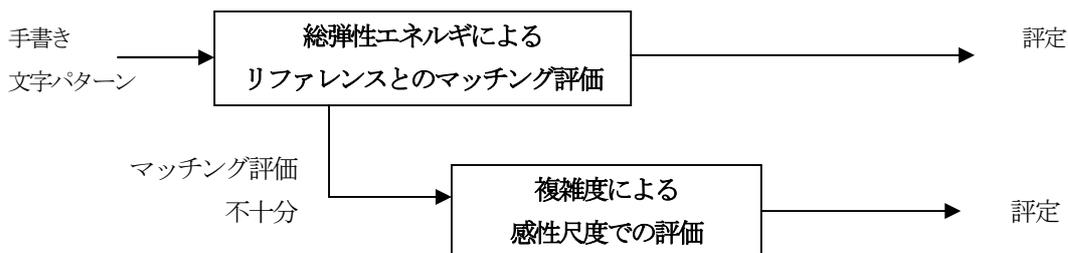


図9 視知覚の場によるリファレンスとのマッチングと感性評価の競合モデル

4.2 検証

リファレンスとのマッチング評価が主体の図9のモデルでは、視知覚の場の弾性エネルギーと心理評定結果との相関が、複雑度と心理評定結果との相関よりも高い場合が多くなっていると考えられる。一方、リファレンスとのマッチングがうまく行かない場合、複雑度と心理評定結果との相関が、弾性エネルギーと心理評定結果との相関よりも高くなっていると考えられる。

実際に100文字種について、心理評定結果に対する、視知覚の場の弾性エネルギーと複雑度との相関係数を比較すると、表1の場合Aまたは場合B、および場合A、場合Bに分類できない場合（「場合AB」とする）に分けられることがわかった。

表1 相関係数の絶対値による主体とするモデルの場合分け

場合	A：リファレンスとのマッチング主体の 評定	B：感性的な尺度主体の評定
弾性エネルギーと心理評定結果との相関係数の絶対値	0.3～0.4以上	0.1～0.2以下
複雑度と心理評定結果との相関係数の絶対値	0.1～0.2以下	0.3～0.4以上

表2は、表1の場合A、場合Bおよび場合ABについて、相関係数を比較した結果である。

表2から、場合Aの、弾性エネルギーの相関係数の平均が、複雑度の相関係数の平均よりかなり高く、最小でも0.4近くあり、中程度以上の相関が見られる。複雑度の相関係数の最小は0で全く相関がない場合もある。したがって、弾性エネルギー、つまりリファレンスとのマッチング主体となっていると考えられる。

場合Bでは、複雑度の相関係数は、平均、最小、最大とも、弾性エネルギーの相関係数よりも上回っている。弾性エネルギーの相関係数の最小は0.1と非常に小さい。したがって、複雑度による感性的な尺度主体となっていると考えられる。

場合ABでは、弾性エネルギーと複雑度の相関係数が、平均、最小、最大ともほぼ同じような値であり、リファレンスとのマッチング、または感性的な尺度が主体であるとは言えない状態であると考えられる。

表2 場合A、場合Bおよび場合ABの相関係数の絶対値の比較

	相関係数	弾性エネルギー	複雑度
A (文字種 55)	平均	0.556	0.227
	最大	0.833	0.609
	最小	0.353	0.0
B (文字種 12)	平均	0.318	0.561
	最大	0.529	0.793
	最小	0.107	0.386
AB (文字種 33)	平均	0.474	0.494
	最大	0.677	0.692
	最小	0.299	0.272

このように、弾性エネルギーの相関係数が高い場合（0.5 程度以上の強い相関）、リファレンスとのマッチング主体で判断できる（場合A）。弾性エネルギーの相関係数が低い場合、複雑度の相関係数の絶対値が高ければ、感性的な尺度主体で判断できる（場合B）。弾性エネルギーの相関係数、複雑度の相関係数が共に低ければ（0.5 程度以下）、どちらかの相関係数の大きいほうで判断する（場合AB）というように考えることができる。このような判断は、表2の相関係数の平均、最大、最小から推測したもので、サンプル数による相関係数のばらつきを考慮していない。そこで、このような判断が妥当か、各場合の相関係数の平均のt検定を行った。表3にt検定の結果を示す。○は有意差あり、×はなし、△は、有意差はないが、有意水準に近い値が出ていることを示す。

表3 場合A、BおよびABの相関係数の平均のt検定結果

	有意水準	0.1%	1%	5%	10%
A 弾性エネルギーの相関係数平均(p=0.00249)		○	○	○	○
B 複雑度の相関係数平均(p=0.0576)		×	×	△	○
AB 弾性エネルギー(p=0.00529), 複雑度(p=0.00349)		×	○	○	○

場合A；0.1%でも有意差があり、リファレンスとのマッチング主体であると言える。

場合AB；1%で十分有意差があるので、弾性エネルギーと複雑度の相関係数が拮抗する場合があると言える。

場合B；10%しか有意差がない。これは、他の場合が、サンプル数が30以上だが、場合Bは、12個と少ないためばらつきが大きくなっていると考えられる。参考までに、場合Bと同じ相関係数で、サンプル数が20と仮定した場合、1%で有意差がある。また、5%は有意差がないが、ほぼ5%の有意水準に近いp値になっている。よって、場合Bは、感性主体の評定とは断定できないが、感性主体の評定が行われていることが示唆される結果が得られたと考えられる。

なお、場合Aの、評定の主体ではない複雑度の相関係数平均、場合Bの、弾性エネルギーの相関係数平均でt検定の結果を表4に示す。表4から、評定の主体ではない相関係数平均は、ほとんど有意差が見られない。場合Bは、10%でも有意差が見られない。

以上から、手書き文字品質の評定は、視知覚の場の弾性エネルギーによる、リファレンスとのマッチングが主体で評価されるが（場合A）、リファレンスとのマッチングが十分取れない場合、視知覚の場の複雑度による、感性的な尺度が優位になってくる、図9のモデルの存在を示唆する結果が得られたと考えられる。

表4 主体でない指標の相関係数の平均のt検定結果

	有意水準	0.1%	1%	5%	10%
A 複雑度の相関係数平均(p=0.0950)		×	×	×	○
B 弾性エネルギーの相関係数平均(p=0.314)		×	×	×	×

5. 考察

検証結果より、文字品質の評価において、まず、視知覚の弾性モデルでマッチングを行い、この認知モデルで十分なマッチング結果が出ないとき、複雑度による感性評価を参考に文字品質が判断されている可能性が高いことがわかった。

従来、加藤らのように、文字の品質は、バランス、良さなどの尺度が重要と考えられてきたが、本研究により、各自の頭の中にある手本とのマッチングも重要な要素であることが示唆されたと考えられる。手書き文字の品質は、いろいろな感性的な尺度の総和ではなく、まずはリファレンスとのパターンとしての違いが検討され、違いが余りないときは、品質にバランス、良さなどの尺度が加味されると考えられる。

参考文献

- 安藤陽介・木田博巳 (1992). ストローク変動に基づく文字パターンの分析. 『電子情報通信学会研究技術報告』, PRU02-22, 31-36.
- 押木秀樹・岡本正行(1996). 左右の部分形から構成される漢字の外形に関する研究 (1) 一縦方向の大きさに関する感覚と要素一. 『書写書道教育研究』, 10, 51-60.
- 押木秀樹 (2003). 「読みやすい字」を「書きやすく」書くために 『知の翼』 2003 年 12 月号のインタビュー記事, http://www.shosha.kokugo.juen.ac.jp/oshiki/essay/2003_12_ForChiNoTsubasa/index.html.
- 押木秀樹 (2011). 「手書き文字の科学」 <http://www.shosha.kokugo.juen.ac.jp/oshiki/graphono/index.html>.
- 扇長洋子・深水義之・吉田登美男・白石照美(1996). アーチライズの見誤りと心理ポテンシャルの関連について. 『デザイン学研究』, 43(2), 77-84.
- 加藤隆仁, 森吉弘, 横澤一彦(1990). 手書き文字品質の評価. 『ATR Technical report』, TR-A-0074.
- 加藤隆仁, 横澤一彦 (1992). 手書き文字品質の定量評価. 『電子情報通信学会論文誌』, J75-D-II(9), 1573-1581.
- 斉藤泰一・山田博三・山本和彦 (1985). JIS 第 1 水準手書き漢字データベース E T L 9 とその解析. 『電子情報通信学会論文誌』, J68-D(4), 757-764.
- 巖辻志・八村広三郎(1993). 視覚ポテンシャルを用いる図形の最適配置. 『情報処理学会第 46 回平成 5 年前期全国大会講演論文集』, 9C-8, 2-331-2-332.
- 高橋ゆみ・上笹恒・山本毅雄 (1986). 法帖文字の形状認知. 『第 2 回ヒューマンインターフェースシンポジウム』, 2414, 491-494.
- 平形精一(1991). 字形要素による学習漢字の分類< II >. 『書写書道教育研究』, 5, 34-42.
- 長石道博(1993). 視覚の誘導場を用いた手書き文字の切出し. 『電子情報通信学会論文誌』, J76-DII(9), 1948-1956.
- 長石道博(1996). 視覚の誘導場モデルを用いたパターン認識時の心理実験結果の検証. 『テレビジョン学会論文誌』, 50(12), 1965-1973.
- 長石道博(1998). 視覚の誘導場による読み易い和文文字列表示. 『映像情報メディア学会誌』, 52(12), 1865-1872.
- 長石道博(1999). 視覚の誘導場モデルによる手書き文字の文字品質評価と心理実験結果との比較. 『映像情報メディア学会誌』, 53(8), 1176-1182.
- 長石道博(2003). 視覚の誘導場による感性評価. 『認知科学』, 10(2), 326-333.
- 長石道博・押木秀樹(2003). 視覚の誘導場を用いた手書き文字の左右バランスの評価. 『認知科学』, JCSS-TR-49, 1-8.
- 長石道博(2005). 視覚の誘導場モデルによる画素密度と文字の読み易さに関する心理実験結果の検証. 『認知科学』, 12(3), 287-295.
- 長谷川純一・興水大和・中山晶・横井茂樹(1986). 『画像処理の基本技法 —技法入門編—』. 技術評論社
- 三好正純・下塩義文・古賀広昭・井手口健(1999). 視覚の誘導場理論を用いた感性にもとづく文字配置の設計. 『電子情報通信学会論文誌』, J82-A(9), 1465-1473.
- 横瀬善正(1986). 『形の心理学』. 名古屋大学出版会.

(参考) 100 文字種ごとの弾性エネルギー相関, 複雑度相関

文字種	視知覚の場 弾性エネルギー 相関係数	視知覚の場 複雑度 相関係数	文字種	視知覚の場 弾性エネルギー 相関係数	視知覚の場 複雑度 相関係数
牛 8b8d	0.657	-0.52306	気 8b43	0.593	0.031895
以 88c8	0.377	-0.14896	歌 89cc	0.457	-0.30012
次 8e9f	0.704	-0.18227	減 8c88	0.396	-0.072096
切 90d8	0.423	-0.21504	数 9094	0.51	-0.45023
老 9856	0.456	-0.54555	尊 91b8	0.553	-0.44405
冷 97e2	0.706	-0.33903	臨 97d5	0.418	-0.58737
述 8f71	0.585	-0.59711	感 8ab4	0.529	-0.79281
応 899e	0.578	-0.67797	謝 8ed3	0.562	-0.54284
初 8f89	0.183	-0.39661	左 8db6	0.519	-0.11032
考 8d6c	0.559	-0.46991	刀 9381	0.486	-0.37065
潔 8c89	0.172	-0.52629	火 89ce	0.665	-0.44928
派 9468	0.634	-0.26992	犬 8ca2	0.393	-0.4136
級 8b89	0.35	-0.35942	多 91bd	0.68	-0.06051
然 9152	0.468	-0.37757	可 89c2	0.681	-0.28651
我 89e4	0.561	-0.023653	史 8e6a	0.757	-0.053135
希 8af3	0.32	-0.60258	世 90a2	0.585	-0.13971
衆 8f4f	0.395	-0.41296	魚 8b96	0.539	-0.082
際 8dd8	0.515	-0.62041	順 8f87	0.451	-0.63086
疑 8b5e	0.491	-0.41404	党 937d	0.405	-0.33771
巖 8cb5	0.229	-0.28917	計 8c76	0.432	-0.48317
極 8bc9	0.534	-0.58542	質 8e8f	0.268	-0.27234
心 9053	0.63	-0.29457	転 935d	0.449	-0.24954
夕 9758	0.321	-0.5313	夏 89c4	0.735	-0.15947
久 8b76	0.458	-0.2503	無 96b3	0.469	-0.2069
万 969c	0.361	-0.09872	齒 8e95	0.107	-0.56855
近 8bdf	0.501	-0.27023	憲 8c98	0.502	-0.5399
収 8ef8	0.499	-0.17957	興 8bbb	0.677	-0.5526
成 90ac	0.732	-0.50511	葉 9774	0.534	-0.65528
皮 94e7	0.438	-0.036538	小 8fac	0.66	-0.63324
使 8e67	0.412	-0.34886	生 90b6	0.487	0
所 8f8a	0.615	-0.69177	上 8fe3	0.566	-0.47455
必 954b	0.321	-0.6237	人 906c	0.746	-0.60919
教 8bb3	0.596	-0.62002	川 90ec	0.46	0

文字種	視知覚の場 弾性エネルギー 相関係数	視知覚の場 複雑度 相関係数
出 8f6f	0.2	-0.38584
玉 8bca	0.548	-0.018656
古 8cc3	0.609	-0.48513
品 9569	0.628	-0.089035
非 94f1	0.581	-0.11113
問 96e2	0.533	-0.14466
首 8ef1	0.44	-0.49376
困 88cd	0.584	-0.5285
春 8f74	0.516	-0.26414
買 9483	0.557	-0.082296
童 93b6	0.556	-0.68209
関 8ad6	0.463	-0.58001
胃 88dd	0.749	-0.1252
競 8ba3	0.45	-0.48818
王 89a4	0.353	-0.10923
日 93fa	0.587	-0.17597
三 8e4f	0.709	-0.17619
田 9363	0.833	-0.59997
二 93f1	0.339	-0.39196
一 88ea	0.337	-0.51915
目 96da	0.516	-0.37698
口 8cfb	0.385	-0.035424
山 8e52	0.528	-0.38609
林 97d1	0.425	-0.083062
門 96e5	0.499	-0.24364
東 938c	0.411	-0.29847
車 8ed4	0.439	-0.014296
回 89f1	0.248	-0.29269
里 97a2	0.543	-0.46008
森 9058	0.329	-0.419
両 97bc	0.452	-0.56992
高 8d82	0.694	-0.53003
画 89e6	0.351	-0.43055
芽 89e8	0.595	-0.35988

【付録】 「視覚の誘導場」という言葉について

「視覚の誘導場」という言葉は、「感覚・知覚心理学ハンドブック」(1969) (大山・今井・和気, 1969) で使われているが、原典は明らかではない。「視覚の誘導場」について、心理学、生理学の研究者によって、まちまちな言い方がされている (長石・工藤, 2009)。

感覚・知覚心理学ハンドブック(1969) (大山・今井・和気, 1969)

小谷津孝明担当の節の名称として、「**視覚の誘導場**」

小谷津孝明, 網膜誘導に関する諸研究, 心理学研究 33(5), 266-277, 1963/01

小谷津孝明による論文題目に含まれる語として、「**網膜誘導**」, 「**網膜の誘導過程**」

横瀬善正, 「形」の心理的ポテンシャル場の理論の妥当性について,

名古屋大学文学部研究論集, 33. 1963

本文中での説明で,

横瀬 「(心理的) **ポテンシャル場** potential field」 (横瀬, 1986)

本川 「**網膜視知覚の場** retinal induction field」

小保内 「感応 induction」

小笠原 「感受性の場」

大山正編「講座心理学4 知覚」東京大学出版会 (1970)

森孝行担当の章の名称として、「**視知覚の場**」

横瀬善正, 内山道明, 視知覚に於ける場の強さの測定, 心理学研究 22(1), 41-56, 1951/12

論文題目に含まれる語として、「**視知覚に於ける場**」

これらの研究から、「視覚の誘導場」という呼び方は、心理と生理的な考えが混在している言い方であることがわかる。横瀬の心理実験結果の追試を行った深水らは、横瀬の言っている心理学的な場と、生理学的に観察される場は別なので、両者を区別するため、「視覚の誘導場」という言葉を文献中で使っていない (吉田・深水・野田, 1993 ; 深水・吉田・伊藤・小谷津, 1995)。

したがって、心理的な現象を説明するには、「視知覚の場」、生理的な網膜上の現象を説明するには、「網膜の視知覚の場」と区別するのが、妥当と考えられる。本研究のように、横瀬理論を基に工学的応用をする場合は、「視覚の誘導場」ではなく、「視知覚の場」(英語は例えば, field (theory) of visual perception) とした。

参考文献

長石道博・工藤博章(2009). 誘導場とは?横瀬の研究 <http://www.ohmishi.m.is.nagoya-u.ac.jp/%7Ekudo/research/ifv/what.htm>.

大山正・今井省吾・和気典二編(1969). 『感覚・知覚心理学ハンドブック』. 誠信書房.

深水義之・吉田登美男・伊藤明・小谷津孝明(1995). 横瀬の実験の再実験とその検討. 『デザイン学研究』, 111, 25-32,

横瀬善正(1986). 『形の心理学』. 名古屋大学出版会.

吉田登美男・深水義之・野田健一 (1993), 横瀬の場の理論の実験的検証. 『デザイン学研究』, 61.



ながいし みちひろ
長石 道博 1987 年静岡大学理学部物理学科卒業。1990 年から 1993 年 ATR 視聴覚機構研究所研究員。工学博士。 <http://www.ohnishi.m.is.nagoya-u.ac.jp/%7Ekudo/research/ifv/>
