

視知覚の場による形らしさの検討

長石道博*

2015年9月18日

JCSS-TR-73

*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) 2015 M. Nagaishi. All Rights Reserved.

日本認知科学会

事務局

〒464-8601

愛知県名古屋市千種区不老町

名古屋大学 大学院教育発達科学研究科内

FAX : 052-789-2654

電子メール : jcss@jcss.gr.jp

概要

図形がどのような状態の時に、形やまとまりとして見えるかゲシュタルト心理学等多くの研究はあるが、なぜ形として見えるのか十分説明できていない。

本研究では、視知覚の場が図形の形やまとまりを工学的に扱い、文字の読み易さなどの感性を定量評価できることから、まず、無意味図形など簡単な図形について、場の強さによって複雑度がどのように変化するか調べ、形やまとまりとして見える場合、シグモイド関数のようになることを示す。

次に、単純な眼、口、鼻、眉の部品からなる顔図形について、全ての部品が揃っていない顔らしくない図形から、部品を増やした顔らしい図形に変化させた視知覚の場の分析から、シグモイド関数で顔らしさが評価できることを示した。このことから、視知覚の場の複雑度の変化の仕方が、図形が形やまとまりとして見える上での1つの要素になり得ると考えられる。

キーワード

視知覚の場、図形らしさ、複雑度、シグモイド関数

視知覚の場による形らしさの検討

長石道博

1. はじめに

図形がどのような状態の時に、形やまとまりとして見えるかについて、ゲスタルト心理学等多くの研究はあるが、なぜ形として見えるのかは、十分説明できていない(行場, 1995)。最近、図形の形やまとまりを工学的に扱い、文字の読み易さ、文書レイアウトの良さなどの感性を定量評価する手段として、視知覚の場が注目されている(長石, 2014)。

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)。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)。

視知覚の場について、内山は、いろいろな図形の場の強さを分析し、図形の周りの場の広がり、視知覚の成立過程と関連があること、主に図形の輪郭線近くの場の分布が、できるだけ丸く円になっていると、図形が形やまとまりとして見えるとの考えを示している(内山, 1967; 内山, 1968)。

一方、長石は、図形の輪郭線による視知覚の場の計算方法を提案(長石, 1996)、場の分布が丸く円になっている程度を、場の分布の複雑度で定量化し、複雑度が文字列の読み易さ(長石, 1998)、フォントやパターンの印象の強さ(長石, 2003)、フォントの読み易さ(長石, 2005)を評価できることを報告している。そして、場の分布の複雑度が場の強さで異なることに着目、場の分布の複雑度を場の強さのシグモイド関数で表し、文書のレイアウトの良さ(長石, 2011)、顔表情の違い(長石, 2014)を説明できることが報告されている。

これまでの長石の研究は、様々な図形について、視知覚の場の複雑度で感性的な定量評価が可能か追求したもののだが、内山の視点のように、視知覚の場は、図形が形やまとまりとして見えるための要因になっているかという検討はされていない。視知覚の場は、様々な図形について、感性的な評価の可能性が示されているので、場の複雑度は図形が形やまとまりとして見える上で関連が高いと考えられる。

そこで、本研究は、視知覚の場¹の分布の複雑度が、図形の形やまとまりとして見える上で関連があるか確かめるため、まず、無意味図形など簡単な図形について、場の強さによって複雑度がどのように変化するか調べ、形やまとまりとして見える場合、シグモイド関数のようになることを示す。

次に、単純な眼、口、鼻、眉の部品からなる顔図形について、全ての部品が揃っていない顔らしくない図形から、部品を増やした顔らしい図形に変化させて、シグモイド関数で顔らしさが評価できるか検討し、視知覚の場の複雑度の変化の仕方が、図形が形やまとまりとして見える上での要素になり得るか考察した。

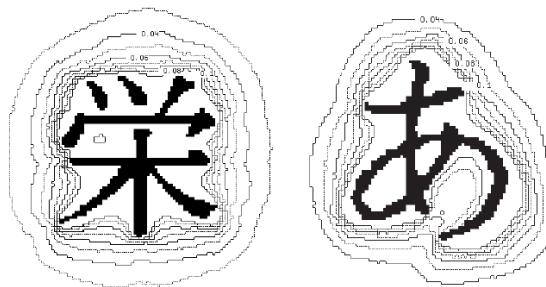


図1 視知覚の場の例

¹従来、「視覚の誘導場」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(長石, 2014)。

2. 簡単な図形における複雑度の変化

まず、形として見える図形の視知覚の場の複雑度の変化が、場のポテンシャル値のどのような関数となっているか、簡単な図形で観察を行った。

図形画像は、白黒2値のデジタル画像で、64×64ドットの矩形に入るように拡大または縮小させて、64×64ドットの大きさの 패턴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。

図形の外郭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2(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。

$$M_p = \frac{1}{n} \sum_i^n \frac{1}{r_i} \quad (1)$$

図2(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郭のみ寄与する(横瀬, 1986)ため、(1)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2(b)の曲線 $f_3(s)$ と曲線 $f_2(s)$ の一部は、曲線 $f_1(s)$ に遮られて点Pから見えないので、和はとらない。

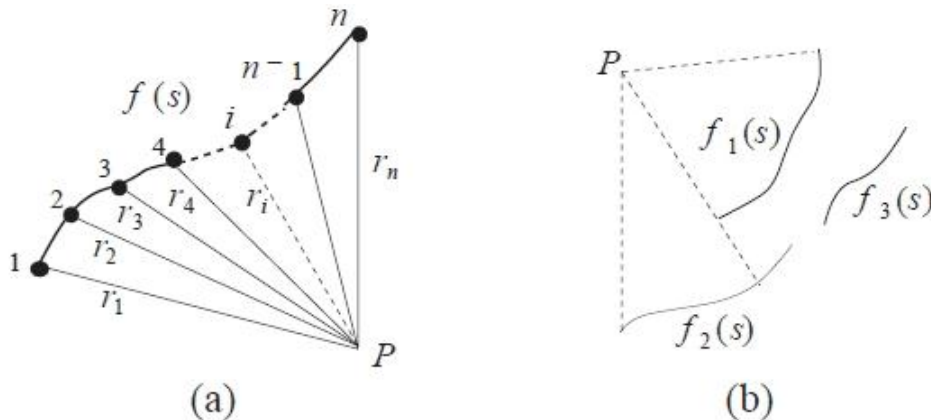


図2 デジタル画像における視知覚の場

複雑度は各等ポテンシャル面ごとに求める。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)。

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

複雑度は、円に近いと1.0、複雑になるほど大きな値をとる。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。

2.1 無意味図形

簡単な図形として、閉じた輪郭図形で、形態的に無意味で日常物体を容易に連想できない無意味図形(遠藤・齋木・中尾・齋藤, 2003)100個について観察を行った。図3は、そのうちの10個について、縦軸に場の複雑度、横軸に場のポテンシャル値をとったグラフで、グラフ中の図形は無意味図形を示す。

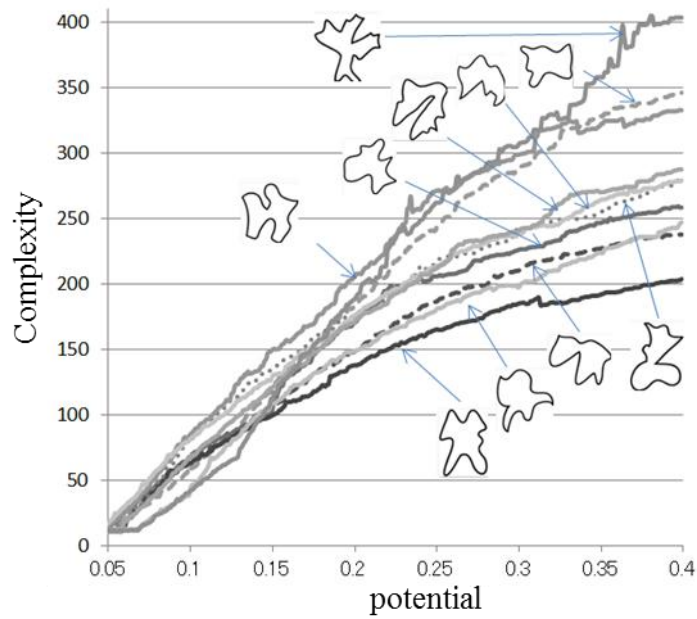


図3 複雑度の変化：無意味図形（遠藤・齋木・中尾・齋藤，2003）

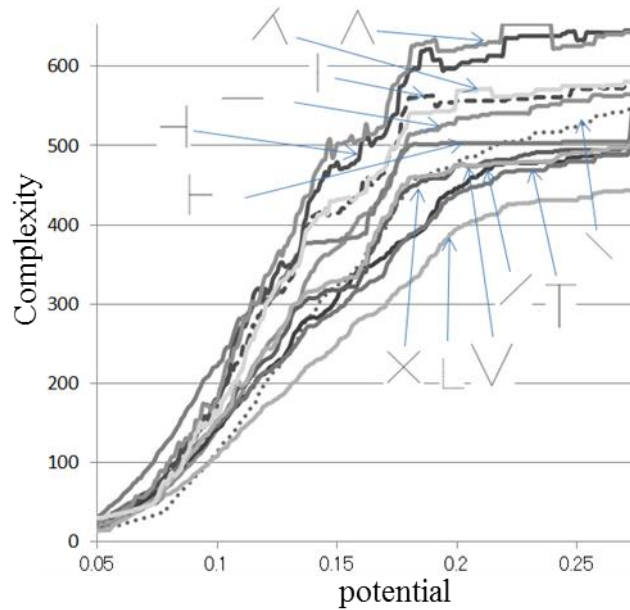


図4 複雑度の変化：線図形（Lupker, 1979）

図3の例も含め、無意味図形において、複雑度はポテンシャル値に対し単調増加する傾向が見られ、シグモイド関数のような特徴をもった変化は見られなかった。

2.2 線図形

単純な線分で構成された線図形（Lupker, 1979）について観察を行った。図4は、縦軸に場の複雑度、横軸に場のポテンシャル値をとったグラフで、グラフ中の図形は線図形を示す。図4から、「/」「|」などの図形は、複雑度はポテンシャル値に対して単調増加しているが、「×」「T」など記号に見える図形は、シグモイド関数の特徴である平坦部と立ち上がりの変化が見られる。

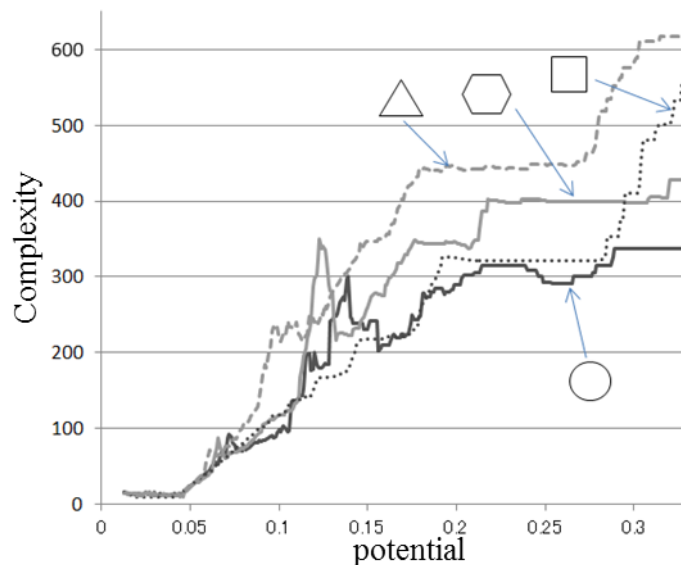


図5 複雑度の変化：単純図形（長石，2003）

2.3 単純図形

単純図形（長石，2003）について観察を行った。図5は、縦軸に場の複雑度、横軸に場のポテンシャル値をとったグラフである。図5から、円、正六角形、正方形、正三角形について、複雑度はポテンシャル値に対して、単調変化ではなく、シグモイド関数の特徴である平坦部が見られる。

以上のように、簡単な図形において、何の形か認識できる図形の場合、複雑度はポテンシャル値のシグモイド関数に近くなると考えられる。

3. シグモイド関数による顔らしさの検討

形かどうか半別できる図形の場合、複雑度はポテンシャル値のシグモイド関数になっているかどうか確かめるため、パターンの構成を変えて、形かどうかわからないパターンから、徐々に形らしく見えるパターンに変化させたとき、場の複雑度の変化がシグモイド関数になるか調べた。

検討パターンとして、眼、口、鼻、眉を部品とする顔図形を用い、(1)眼のみ、(2)眼と口、(3)眼・口・鼻、(4)眼・口・鼻・眉と、徐々に顔らしく見える顔図形の組をつくり、場の複雑度のポテンシャル値に対する変化を調べた。

図6は、眼のみで構成された顔図形について、縦軸に場の複雑度、横軸に場のポテンシャル値をとったグラフで、グラフ中の図形は顔図形を示す。同様に、図7と図8は眼と口、図9と図10は眼・口・鼻、図11と図12は眼・口・鼻・眉で構成された顔図形についてのグラフである。

眼のみの顔図形の場合、単に離れた2点にしか見えないが、複雑度の変化にシグモイド関数の特徴である平坦部は見られない（図6）。眼に口を加えた顔図形の場合、複雑度は単調増加傾向があり（図7, 8）、図7の顔図形17, 18などにシグモイド関数の特徴である平坦部のような部分が見られる。以降、図9, 10, 11と、顔の部品が増えるごとに、複雑度の変化がよりシグモイド関数らしい、平坦部と立ち上がりの部分がはっきりしてくる。線画だがほぼ顔として見える顔図形である図12は、ほぼシグモイド関数と見られる変化になっている。

複雑度の変化がシグモイド関数らしいかどうか調べるため、顔図形の複雑度の変化をシグモイド関数で近似して、シグモイド関数のパラメータを比較する。

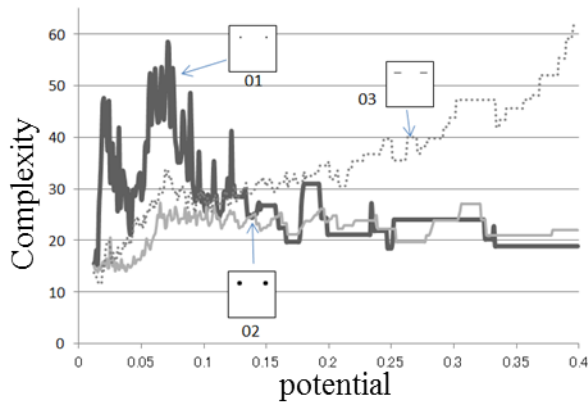


図6 複雑度の変化：顔図形 眼のみ

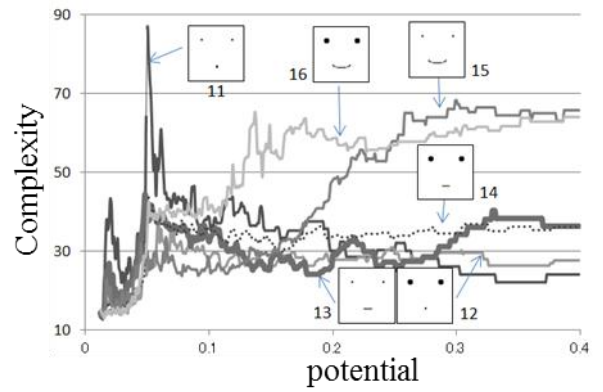


図7 複雑度の変化：顔図形 眼と口(1)

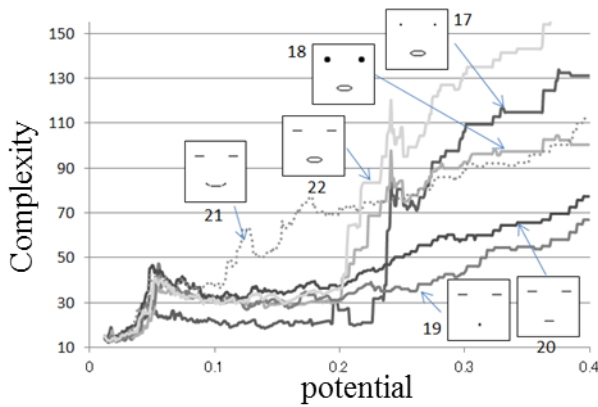


図8 複雑度の変化：顔図形 眼と口(2)

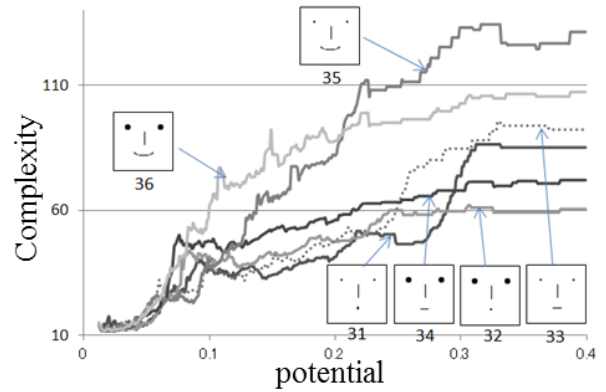


図9 複雑度の変化：顔図形 眼・口・鼻(1)

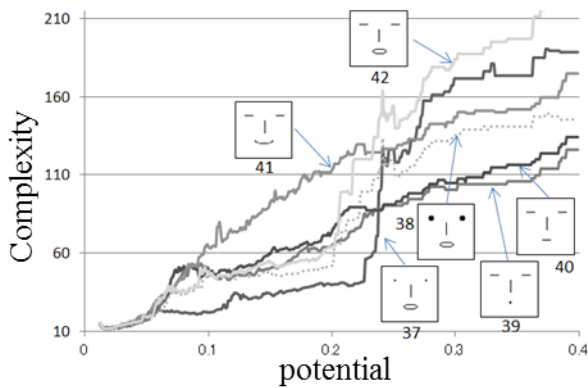


図10 複雑度の変化：顔図形 眼・口・鼻(2)

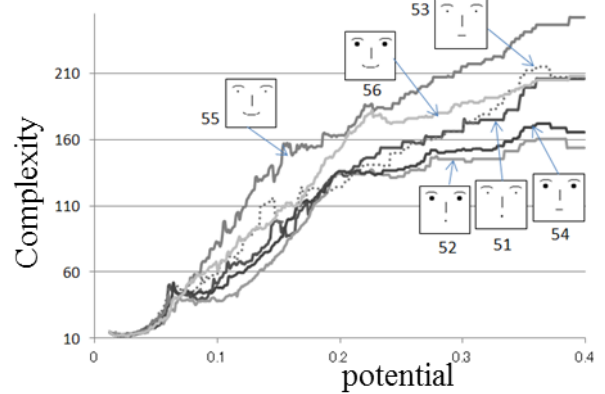


図11 複雑度の変化：顔図形 眼・口・鼻・眉(1)

視知覚の場の分布の複雑度をC, ポテンシャル値をx, a, b, t, p を定数とするとシグモイド関数は(3)式で表される。

$$C = a \left(\frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{x-p}{t}\right)} \right) + b \tag{3}$$

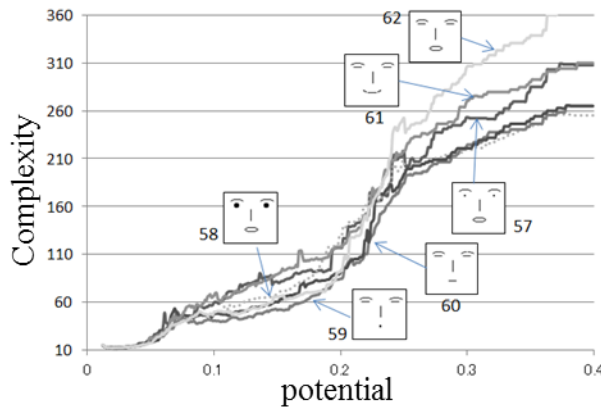


図12 複雑度の変化: 顔図形 眼・口・鼻・眉(2)

表1に、図6から12を(3)式で近似したパラメータを示す。表の図形番号は、グラフ内の顔図形の番号である。表1から、眼のみの顔図形01から03は、シグモイド関数で近似できず、シグモイド関数にはならない。

眼に口を加えた顔図形11から14は、顔だと言われれば、顔に見えないことがないが、単に3つ点が離れた図形に見え、シグモイド関数で近似できず、シグモイド関数にはならない。

眼に口を加えた顔図形15、16は、シグモイド関数で近似可能で、顔らしく見える。顔図形17から62は、全てシグモイド関数で近似でき、明確に顔と認識できる。このことから、シグモイド関数で近似できるかどうかで、顔らしく見えるか判断できると考えられる。

本研究と同じ64×64ドットの大きさの顔画像の視知覚の場を検討した例(長石, 2014)では、シグモイド関数で近似したパラメータは、aが300-400程度、tが0.03-0.1程度である。この範囲のものは、構成要素が多い顔図形37から62である。

また、顔図形19、21、40、41、51、53、54は、顔らしくは見えるが、口が小さいためバランスが悪く、やや顔らしさが欠けているように見える。これらの顔図形のグラフをシグモイド関数で近似したパラメータは、他の顔図形のパラメータからはずれている(例:aが1000以上)。

4. ま と め

図形が形やまとまりとして見える場合、図形の視知覚の場の複雑度の変化が、ポテンシャル値のシグモイド関数になっているか、顔図形で検討した。

表1 シグモイド関数で近似したパラメータ

顔図形	図形番号	a	t	p	b	
眼のみ	01	近似できず				
	02	近似できず				
	03	近似できず				
眼口	11	近似できず				
	12	近似できず				
	13	近似できず				
	14	近似できず				
	15	41.8	0.0284	23.9	0.20	
	16	23.2	0.0103	36.7	0.12	
	17	105	0.0233	18.0	0.26	
	18	69.4	0.0191	27.9	0.23	
	19	438530	0.137	23.7	1.66	
	20	46.6	0.571	29.6	0.27	
	21	665	0.351	-511	-0.48	
	22	135	0.0365	22.0	0.24	
	眼口鼻	31	45.4	0.0114	40.8	0.29
		32	21.1	0.0264	39.2	0.20
		33	58.2	0.0289	36.4	0.25
		34	34.3	0.0585	38.8	0.19
35		110	0.0470	22.1	0.18	
36		102	0.0908	7.9	0.07	
37		149	0.0169	30.6	0.25	
38		101	0.0232	41.5	0.23	
39		82.5	0.0513	34.3	0.22	
40		196	0.146	-35.4	0.16	
眼口鼻眉	41	266	0.128	-83.9	0.06	
	42	179	0.0365	36.0	0.24	
	51	2660	0.205	-2404	-0.41	
	52	157	0.0381	-5.6	0.14	
	53	1161	0.411	-753	-0.27	
	54	1063	0.0905	-891	-0.08	
	55	527	0.165	-229	0.02	
	56	223	0.0603	-17.9	0.13	
	57	259	0.0466	50.2	0.24	
	58	225	0.0438	28.0	0.21	
59	222	0.0331	34.3	0.23		
60	218	0.0346	40.2	0.29		
61	242	0.0365	62.2	0.23		
62	321	0.0337	37.5	0.24		

その結果、顔らしく見える図形は、シグモイド関数になっていることが示された。また、部品の互いの間隔、長さの相対関係で、顔らしさが失われると、シグモイド関数による近似性が劣る。

以上から、場の複雑度の変化がシグモイド関数になっているか、シグモイド関数をどの位満たしているかが、図形の形らしさを決める尺度になり得ると考えられる。そして、視知覚の場の複雑度の変化の仕方が、図形が形やまとまりとして見える上での1つの要素と考えられる。

今後、いろいろな図形で実験を行い、シグモイド関数のパラメータと形らしさの関連性を詳しく調べる予定である。

参考文献

- 遠藤信貴・齋木潤・中尾陽子・齋藤洋典(2003). 無意味輪郭図形の階層的特徴記述に基づく知覚判断特性の分析. 『心理学研究』, 74, 46-353.
- 行場次朗(1995). 認知心理学重要研究集 1—視覚認知. 『誠信書房』
- 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
- 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(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(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.
- 長石道博(2014). 視知覚の場による顔表情認知モデルの検討. 『映像情報メディア学会誌』, 68 (9), J414-416.
- S. J. Lupker(1979). On the nature of perceptual information during letter perception. *Perception & Psychophysics*, 5(4), 303-312.
- 内山道明(1967). 視覚場の時間的変容過程に関する研究. 『名古屋大学文学部研究論集(哲学)』, 45-85.
- 内山道明(1968). 視覚場の時間的変容過程に関する研究(その2). 『名古屋大学文学部研究論集(哲学)』, 81-91.
- 横瀬善正(1986). 『形の心理学』. 名古屋大学出版会.

付録 無意味図形 (遠藤・齋木・中尾・齋藤, 2003) の100パターン

