Aperture問題における輪郭運動知覚と注意との関連について

On the relationship between perceptural grouping to motion and attention in apertures

林　勲
Isao Hayashi
阪南大学 大学院
Hannan University

親泊 元太郎
Gentaro Shinpaku
阪南大学 大学院
Hannan University

Abstract　The physical data in the aperture experiments is significant to analyze human visual system. In this paper, we analyze the relationship between the perception and the attention mechanism when four types of stimuli are given.

1．はじめに

網膜での視覚情報は視野内の受容野に対応した各細胞で処理され，対象全般の知覚はより上位の外側膝状体や視覚野で認識される．しかし，各細胞から全体像を処理するメカニズムはいまだ解明されていない．視覚構造を解析する実験の一つに Aperture 実験 [1] がある．モニターに円が表示され，基本線分が円内を法線方向に右下から左上方向に移動する．基本線分の移動中に円の両側に 2 つの別の円が表示され，刺激線分が円内を別方向に移動する．基本線分と刺激線分が連続した一直線として知覚グルーピングされた場合には，基本線分の運動方向は刺激線分と同方向となる．この知覚は呈示時間が長くなるにしたがい高くなる傾向として観測される．しかし，呈示時間が 550ms 以上の低速度領域では，むしろ知覚認識率が下降する傾向がある [2]．

本論文では，この下降現象が基本線分の移動によって注意が中心円に集中するために，対応する受容野が小さくなり，周辺方向に知覚が拡散しないことで起ると予想した．具体的には，周辺円付近に刺激信号を与えてより大きい受容野への信号を増大させ，呈示時間が長い領域で知覚認識率を上昇させることを試みた．ここでは，この仮説に基づいた輪郭運動知覚と注意との関係について実験結果を報告し，低速度と高速度の運動刺激に対する視覚機構の違いについて考察する．

2．Aperture 実験

被験者をコンピュータ前面の支持装置で緩やかに固定し，ディスプレイとの距離の剰余変数を 50cm に統制した．コンピュータは富士通製 PC(FMV-6550DX4e) ,CRT は 17 インチ FMV-DP9713(垂直周波数 85.0KHz, 水平周波数 68.7KHz) を用いた．すべての実験は，円の半径：35mm，円間距離：95mm，基本線分の方向角：135° に固定し，刺激線分の挿入角度：-45° (鉛直上方向)，0° (左上方向)，+45° (水平左方向)，呈示時間：100, 250, 400, 550, 700, 850, 1000, 1150ms に対して運動知覚の認識を調べた．与える刺激信号として次の 4 種類を設定した．

(1) 挿入円の円弧を太くする．
(2) 挿入円の円弧を点滅させる．
(3) 挿入円外部に赤点滅刺激を与える．
(4) 挿入線分を赤色にする．

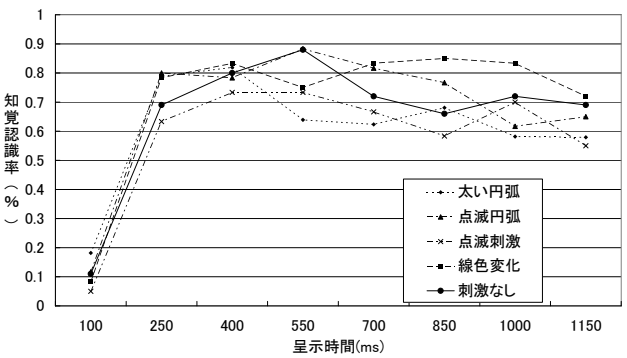

Fig. 1: Total Results

20 歳代の 3 名の被験者に対し，刺激信号を与えない実験との合計 5 種類を行ない，一人当たり 10 回の知覚の有無の回答を得て知覚認識率を計算した．結果を図 1 に示す．呈示時間 550ms を境として長い呈示時間に対して知覚認識率が降下している．刺激信号を与えた場合と与えない場合との一致性を見るために，相関係数を計算した．結果を表 1 に示す．刺激信号なしと刺激信号を挿入した知覚認識率との相関は高く，長い呈示時間における知識認識率の低下は刺激信号に依存しないことがわかる．

Table 1: Correlation Coefficient

	信号なし	太い円弧	点滅円弧	点滅刺激
太い円弧	0.41	–	–	–
点滅円弧	0.65	0.12	–	–
点滅刺激	0.71	0.51	0.26	–
線色変化	0.48	0.74	0.33	0.59

当初，周辺円付近に刺激信号を与えることにより，注意が周辺に拡散し呈示時間 550ms 以上でも知覚認識率は低下しないだろうと予想した．しかし，この予想に反して，刺激信号を与えた場合でも知覚認識率は上昇しなかった．この原因を解明するため，刺激信号を与えた各実験についてより検分した．円弧を太くする刺激を加えた場合の実験結果を図 2 に示し，挿入円外部に点滅刺激を加えた場合の実験結果を図 3 に示す．ただし，知覚認

識率は実線で示し標準偏差値は波線で示している．また，知覚認識率の最大値と最小値を帯幅で表した．知覚認識率と標準偏差値はともに，呈示時間が 550ms より短い場合には上昇傾向にあるが，550ms より長い場合には一貫性がない．特に，図 3 において，呈示時間 850ms における知覚認識率は 700ms より下降していているが標準偏差値は上昇しており，最大値と最小値の偏差も大きい．さらに，850ms 付近での標準偏差値は，100ms ~ 550ms での同じ知覚認識率の標準偏差値と比較しても同じとは限らない．他の実験結果でも同様な現象が見られた．この知覚認識率と標準偏差との関係を明らかにするため，各呈示時間 t における次の γ_t を計算した．

$$\gamma_t = \frac{SD_t}{|PR_t - 0.5|}$$

ただし，SD_t は呈示時間 t での標準偏差値であり，PR_t は知覚認識率である．

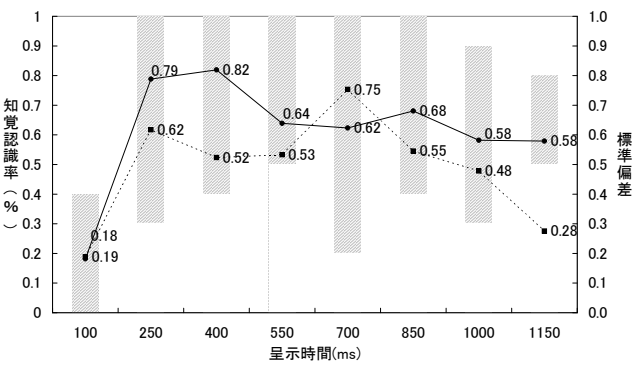

Fig. 2: Bold Arc

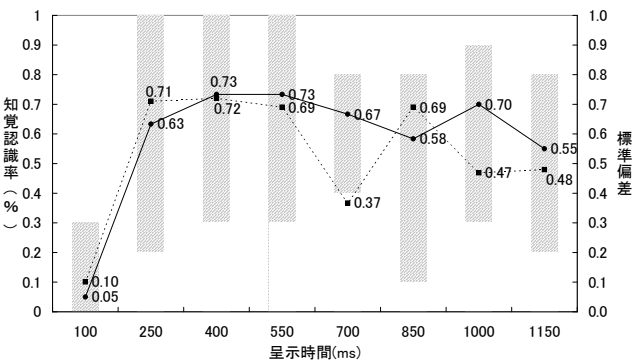

Fig. 3: Flashing Stimulus

知覚認識率は 0 か 1 に近づくと分散が小さくなる傾向にある．同じ知覚認識率に対する γ の値を比較することにより，知覚認識率と標準偏差との関係を検分できる．図 3 の結果を表 2 に示す．ここで，VAR は分散値であり，$Com.$ は呈示時間 850ms を 1 とした場合の標準偏差値の比較である．呈示時間 850ms における γ は高く，前後の 700ms や 1000ms の呈示時間値と比較しても高い．また，知覚認識率が類似の 250ms と比較してもその標準偏差値は高い．他の実験結果でも同様に呈示時間 700ms ~ 1000ms において γ が高くなる現象が見られた．

Table 2: Result of Flashing Stimulus

	Display Time							
	100	250	400	550	700	850	1000	1150
PR	0.05	0.63	0.73	0.73	0.67	0.58	0.70	0.55
max	0.3	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.9	0.8
min	0.0	0.2	0.3	0.3	0.4	0.1	0.3	0.2
VAR	0.01	0.50	0.52	0.48	0.13	0.48	0.22	0.23
SD	0.10	0.71	0.72	0.69	0.37	0.69	0.47	0.48
γ_t	0.22	5.46	3.27	3.00	2.18	8.63	2.35	9.60
Com.	-	0.63	-	-	-	1.00	-	-

3．考察

呈示時間 550ms 以上での知覚認識率の下降が注意に由来すると考え，各種の刺激信号を与える実験を行なった．しかし，予想に対して知覚認識率は上昇しなかった．結論として，注意の機構は知覚認識率の下降と関係がない．

一方，呈示時間 700ms ~ 1000ms 付近において γ の値が高くなる現象を確認した．Hawken[3] は低速度と高速度の運動刺激では色と輝度情報を処理するメカニズムが異なると述べている．また，Cropper[4] は短い刺激信号の呈示に対して通常と異なる視覚メカニズムが存在すると述べている．こららの報告によれば，視覚機構は呈示刺激の速度に依存してその処理過程を切り替えている可能性を示唆している．

本実験での γ が高くなる現象が呈示刺激に対する視覚機能の切り替えを示しているかは明らかでないが，知覚認識率が上昇する短い呈示時間帯と知覚認識率が下降する長い呈示時間帯の境界において，γ が高くなることは興味深い．今後，この現象をより詳細に検証する必要がある．本研究の一部は，文部科学省科学研究補助金 (基盤研究 C) 課題番号 14580433 の一環として行われた．

参考文献

[1] 仁科 繁明，岡田 真人，川人 光男：輪郭運動方向の計算における充填過程と大局的バインディング，電子情報通信学会 ニューロコンピューティング研究会予稿集, pp.81-88 (1998)

[2] 林 勲，親泊 元太郎：Aperture 問題における輪郭運動方位と速度に対する知覚について，第 *18* 回ファジィシステムシンポジウム予稿集, pp.513-514 (2002)

[3] M.J.Hawken, K.R.Gegenfurtner, and C.Tang: Contrast dependence of colour and luminance motion mechanisms in human vision, *Nature*, pp.268-270, Vol.367 (1994).

[4] S.J.Cropper and A.M.Derrington: Motion of chromatic stimuli: First-order or second-order?, *Vision Research*, pp.49-58, Vol.34 (1994).

[連絡先]

Isao Hayashi, Hannan University
5-4-33, Amami-higashi, Matsubara, Osaka 580-8502
e.mail ihaya@hannan-u.ac.jp
http://www.hannan-u.ac.jp/kcn/