

大域統合による局所運動の無視

谷 浩司† 酒井 宏†

筑波大学システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻†

1. はじめに

人間が外界を見たとき、それは1つの大きな情景として知覚される。視覚情報を処理している脳内では、比較的単純である局所的な情報を始めに処理し、その処理の結果を統合してより大域的で高度な処理に導く階層的な処理が行われている [1]。局所的な情報がどのように統合され、大きな情景として知覚されるのかはまだよくわかってはいない。本研究では、運動方向と奥行きに注目し、それらがどのように統合メカニズムによって処理されるのかを検討する。

2. 関連研究と目的

近年、運動方向の統合において局所的に呈示された視覚刺激とそれらを大域的に統合したときで知覚が異なる新しい刺激が報告された [2]。その刺激はランダムドットで構成され、すべてのドットが左に運動し、一定時間の後、逆に右に運動して元の場所に戻ってくる運動を周期的に行う。それらのドットがすべて同期して運動をするとき、ドットの描かれた1つの面が振動しているように知覚される (図 1a)。しかし、すべてのドットの運動周期の位相をずらして呈示するとき、ドットが描かれた透明な二つの面がそれぞれ右と左に連続して運動しているように知覚される (図 1b)。つまり、大域的に知覚された運動が局所的な運動を無視する。

また、知覚される運動と色に時間的な位相差を生じる実験が報告された [3]。刺激を構成するドットが左に運動するときの色を白、右に運動するときの色を黒とした。大域的に統合された知覚が局所的な運動と同じとき (図 1a)、運動方向と色の切り替わりのタイミングがズレて知覚される。しかし、2つの面がそれぞれ右と左に運動する知覚のときは (図 1b)、運動方向と色の切り替わりは一致して知覚される。運動情報は背側経路によって処理され、色情報は腹側経路によって処理される。処理経路に違いがあることから、それぞれの情報が切り替わるときに処理時間にズレが生じると考えられている。

本研究では、3次元運動における統合を検討する。局所的な運動として視差によって奥行きに運動する刺激を与え、以下の二つについて実験を行う。

- ・奥行き方向でも局所運動と異なる大域的運動が知覚されるのか
- ・処理経路の異なる奥行きと色で知覚のズレが生じるかどうか

これらから、3次元運動では2次元運動と同様の統合メカニズムを大域的な運動に利用しているのかを検討する。

3. 実験：視差による奥行き運動の統合

運動情報の統合には皮質視覚野 MT が大きく関わっていることが知られている [3]。また、MT には奥行きにおける選択性があることが知られている。このことから、2次元運動と同様に3次元運動の統合も同様の統合メカニズムを利用している可能性がある。そこで、奥行きに対して振動するドットを局所的な運動として呈示する。このドットが多数あり、すべて同期して運動するとき、または位相がずらされて運動するとき、大域的に統合されることで知覚は変化するのか。また、視差が運動方向と同様に色と異なる処理経路で処理されているならば、局所的に呈示された刺激の運動と色の切り替わりにズレが生じるのか。これらについて心理物理実験を行った。

3-1. 色条件

被験者には奥行きと色の変化の周期をずらした刺激を見せる。図 2 は1つのドットの各色条件での奥行きにおける位置と色の時間変化を表している。視差によって奥行きに振動運動するドットが、視差0の位置より手前にあるとき白色、奥にあるときは黒色である条件を0°とする。徐々に奥行きの位相と色変化の位相をずらしていき、固視点より手前で白と黒が半分ずつ呈示される時 90°となる。180°では固視点より手前にあるとき黒色、奥にあるとき白色になる。

(a) 振動運動

(b) 一定方向への運動

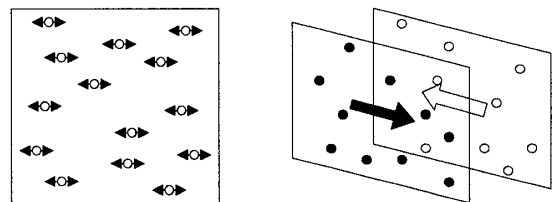


図 1 統合されて知覚された運動。(a) 局所的に呈示された振動運動と同様の振動運動が知覚される。(b) 二つの面がそれぞれ左右に一定に運動する。

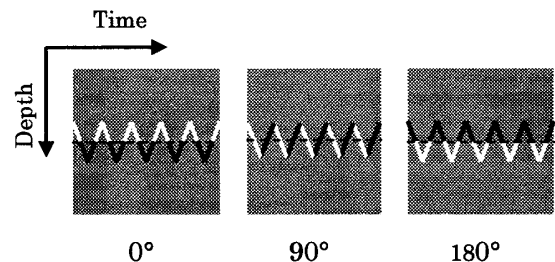


図 2 各色条件での刺激の奥行きにおける位置と色の時間変化。点線は視差0を表す。

Local motion perception in Global motion

Koji Tani†, Ko Sakai†

†Graduate School of System & Engineering, University of Tsukuba

3-2. 運動条件

ドットの運動における同期の程度を **Coherence** として表した。 **Coherence** が 100 のとき、すべてのドットは同期して運動する (図3)。 **Coherence** が 50 のとき、常に反対の奥行きを持つドットが存在する。 **Coherence** が 0 のとき、すべてのドットは振動の位相をランダムにずらして運動する。

3-3. 実験手順

被験者は奥行き対して振動する運動が 2 往復表示され、ドットの色が白色と黒色の時を比べて白色が黒色より手前にあるか奥にあるかを回答する。色条件が 2 4 種類、運動条件が 3 種類あり、それぞれの組み合わせを各 5 回ずつ行い、被験者 1 人あたり 360 回トライアルを行った。また、実験後に被験者に刺激がどのように見えたかを自由に述べてもらい、内観として記録した。

3-4. 実験結果

被験者 1 人を例にとり、実験の結果を図4に表す。円周に描かれている数字は色条件を表している。円の中に描かれている点は、各色条件のときに被験者が白色を黒色より手前にあると回答した割合を表している。円の中に描かれている実線は、各点のベクトルを合計して得られた中央値を指す。中央値が指す色条件の時、被験者が奥行きと色の切り替わりを同期して知覚している。

各被験者について同様に中央値を求めた結果を図5に表す。各被験者から得られたデータに、 **Bootstrap** 法を用いて得たデータの平均値と標準誤差を表している。実験結果から要因を被験者と **Coherence** として **two-way ANOVA** を行ったところ、被験者間 ($P = 0.146$) と **Coherence** 間 ($P = 0.821$) の両方に有意な差はみられなかった。よって、どの被験者においても **Coherence** 条件に関わらず中央値は 0 付近にあり、奥行きと色の切り替わりにズレは生じなかった。

4. まとめと考察

Coherence が 100 のときの実験結果から、奥行き方向に振動する刺激において奥行きと色の切り替わりに知覚のズレは起こらなかった。これは奥行きと色の処理経路が異なることを示唆しない。また、MT で処理が行われる運動方向とは異なり、色を処理する皮質視覚野 V 4 に奥行きの選択性があることが原因として考えられる。

被験者に刺激がどのように見えたかを聞いたところ、運動条件の違いで明らかな知覚の違いは起こらず、局所的に呈示した運動と同様の知覚が起こっていた。奥行きは運動方向とは異なる統合メカニズムを利用していることを示唆している。このことは、従来同様に扱われてきた 2 次元運動と 3 次元運動の知覚メカニズムが異なるものであることを示唆する。

参考文献

- [1] "PRINCIPLES OF NEURAL SCIENCE", E.R.Kandel
- [2] Blindness to inconsistent local signals in Motion Transparency from oscillating dots (2004) R. Kanai, C.L.E. Paffen, Walter Gerbino, Frans A.J. Verstaeten *Vision Research* 44 2207-2212
- [3] Motion Transparency promotes synchronous perceptual binding (2004) C.W.G. Clifford, B. Spehar, J.Pearson *Vision Research* 44 3073-3080

Research 44 2207-2212

[3] Motion Transparency promotes synchronous perceptual binding (2004) C.W.G. Clifford, B. Spehar, J.Pearson *Vision Research* 44 3073-3080

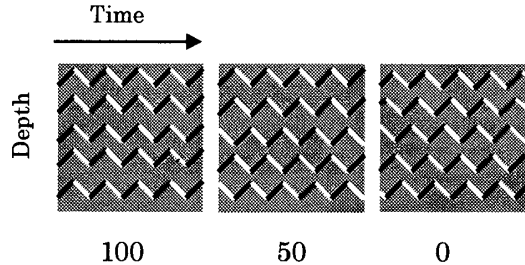


図3 各 **Coherence** におけるドットの奥行きの時間変化。色条件はすべて 90° である。

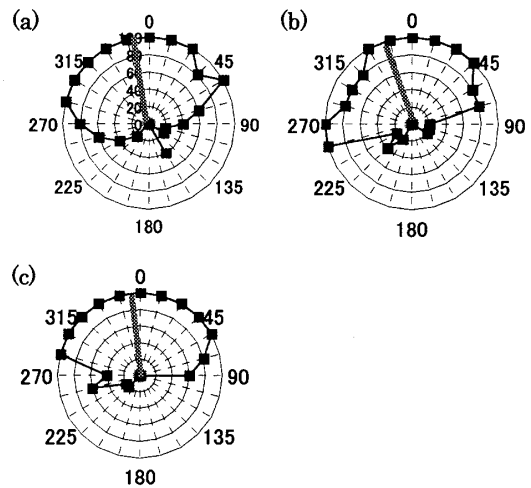


図4 KT の各 **Coherence** 条件における実験結果。中央値は (a) **Coherence** が 100 のとき -12.9、(b) 50 のとき -16.2、(c) 0 のとき -7.2 である。

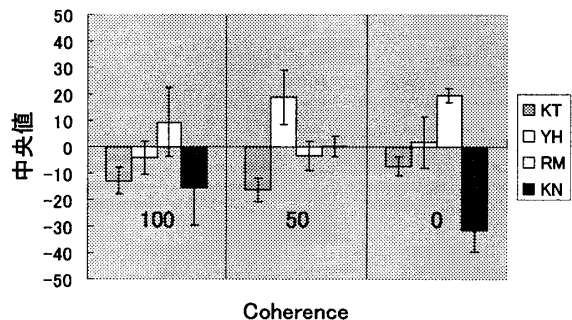


図5 各被験者の実験結果。エラーバーは各被験者から得られたデータに **Bootstrap** 法を用いて得た 1000 個のデータの平均と標準誤差である。