

## 高次視覚段階における運動処理は時間知覚を伸長させる

山本 健太郎\*\*\*・三浦 佳世\*\*\*

\*九州大学 大学院人間環境学府

〒812-8581 福岡市東区箱崎6-19-1

\*\*日本学術振興会, \*\*\*九州大学 大学院人間環境学研究院

### 1. はじめに

動いている対象を観察する時間は、それよりも遅いもしくは静止した対象を観察する時間よりも長く知覚されることが知られている<sup>1-3)</sup>。しかし、この現象がどのようなメカニズムで生じているのかは、まだ明らかでない。

Kaneko と Murakami<sup>3)</sup> は、ガボールパッチの時空間周波数を独立に操作して、時間周波数・空間周波数・運動速度のうちどの要因が時間知覚の伸長に重要であるのかを検討し、運動速度が説明変数として最もふさわしいという結果を得ている。Kaneko と Murakami はこの結果から、運動速度の決定される視覚情報処理系の後期の段階の処理が、この現象に重要であることを示唆している。しかし、これまでにどの視覚段階における運動処理が時間知覚に影響するのかについて、直接的に検討した研究はほとんどない。そこで本研究では、ブラッド刺激を用いて低次と高次の運動処理の影響を分離し、特に高次視覚段階における運動処理が時間知覚に影響するのかについて検討をおこなった。

ブラッド刺激は、方位の異なる2つの運動縞を重ね合わせて作られる刺激で、一方向への一貫した運動（パターン運動）が知覚される。パターン運動の速度は、2つの運動縞の制約線の交点によって求められる<sup>4)</sup>。そのため各運動縞の速度だけでなく、それらの運動方向によってもパターン運動の速度は変化する（図1）。本研究では、運動縞の速度は変えずに、運動方向を

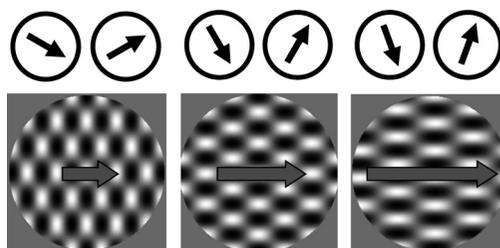


図1 運動縞の運動方向とパターン運動速度. 上図は運動縞の略図で、一对の運動縞がそれぞれ一つのブラッド刺激（下図）を構成している。矢印の向きは運動方向を表し、矢印の長さは運動速度を表す。運動縞間の運動方向の差が広がるほど、ブラッド刺激のパターン運動速度は速くなる。

変化させることによってパターン運動の速度を操作し、時間知覚への影響を検討した。ブラッドを構成する運動縞は、視覚情報処理の初期の段階 (V1) で処理され、それらが統合されて知覚されるパターン運動は、より高次の段階 (MT など) で処理されることが示唆されている<sup>5)</sup>。そのため、もし運動縞の運動方向変化によるパターン運動速度の上昇が時間知覚を伸長させるのであれば、高次の段階における運動処理が時間知覚の伸長に重要であると考えられる。

また、運動縞の運動方向自体が時間知覚に影響を及ぼす可能性を考慮し、空間周波数の異なる運動縞を重ねたブラッド刺激を統制刺激として実験に用いた。2つの運動縞の空間周波数が一定以上異なる場合、一貫したパターン運動は知覚されず、2つの独立した運動（要素運動）が知覚される<sup>6)</sup>。そのため、もしパターン運動の速度ではなく運動縞の運動方向が時間知覚に

影響するのであれば、要素運動が知覚される場合にもパターン運動が知覚される場合と同様の結果が得られることが予想される。

## 2. 方法

### 2.1 被験者

正常な視力もしくは矯正視を持つ大学生・大学院生9名が実験に参加した(著者1名含む)。

### 2.2 装置

刺激はコンピュータ(Mac Pro)を用いて作成され、ガンマ補正された17インチCRTモニター(1024×768pixels, リフレッシュレート100Hz)に呈示された。観察距離は57cmであった。

### 2.3 刺激

標準刺激は、2つの正弦波運動縞(直径10°)を重ね合わせたブラッド刺激であった。パターン運動条件では、2つの運動縞は同じ空間周波数(1cpd)で、時間周波数はそれぞれ1Hzであった。要素運動条件では、2つの運動縞の空間周波数は3オクターブ異なり(それぞれ0.25

cpdと2cpd)、時間周波数は各運動縞の速度が1°/sになるように設定された(それぞれ0.25Hzと2Hz)。運動縞の運動方向は、約±60°, ±75.5°, ±82.8°, ±86.4°の4条件を設定し、パターン運動として知覚される場合の運動方向は右側、または左側水平方向であった。制約線の交点により算出されるパターン運動の速度は、それぞれ約2, 4, 8, 16°/sであった。標準刺激の呈示時間は、0.5, 0.75, 1.0sの3条件を設定した。比較刺激は、静止したブラッド刺激で、見かけの空間周波数の影響を統制するため同じ試行中の標準刺激の1フレーム分を用い、運動残効を防ぐために90°回転させて呈示した。試行中は、凝視点が常に画面中心から5.5°上方に呈示された。試行数は、繰り返し8回を含む計192試行であった。

### 2.4 手続き

図2に1試行の流れを示す。被験者は、スペースキーを押してそれぞれの試行を開始した。キー押し後、凝視点が0.5s呈示され、その後標準刺激が画面中心に上記のいずれかの時間呈示

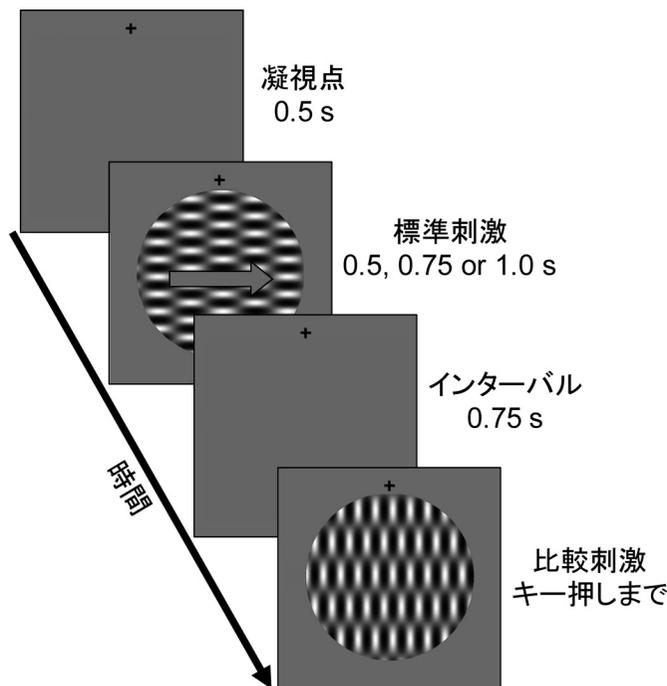


図2 実験の手続き例。

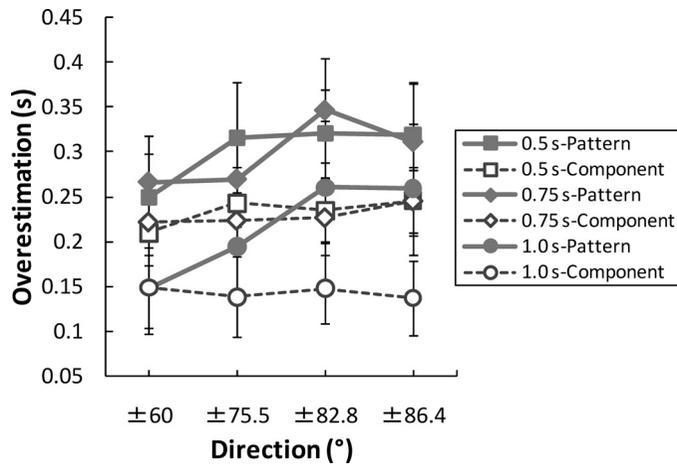


図3 各呈示時間条件, 運動条件 (パターン運動, 要素運動) における実験結果. 縦軸は再生時間から呈示時間を引いた値を, 横軸は運動縞の運動方向を示す. エラーバーは標準誤差.

された. 標準刺激呈示後, 0.75sのインターバルにおいて比較刺激が画面中心に呈示された. 比較刺激は, 被験者がスペースキーを押すまで呈示され続けた. 被験者の課題は, 標準刺激と比較刺激の呈示時間が等しくなるように, キーを押して比較刺激の呈示を終了させることであった. 被験者がキーを押すと比較刺激と凝視点は消失し, 次の試行に移行した.

### 3. 結果

各被験者の再生時間データについて, 呈示時間条件ごとに平均 $\pm 3SD$ の範囲から外れる値を外れ値として分析から除外した. 各呈示時間条件の結果について, 再生時間から呈示時間を引いた値を算出し, まとめて分析をおこなった (図3). 分析の結果, パターン運動条件では, 運動縞の運動方向の差が広がるほど再生時間が増加した ( $F(3,48)=8.68, p<.001$ ). 一方要素運動条件では, 運動縞の運動方向が変化しても再生時間には影響が見られなかった ( $F(3,48)=0.24, p=.87$ ).

### 4. 考察

本研究では, プラッド刺激を用いて, 高次視覚段階における運動処理が時間知覚に与える影響を検討した. 実験の結果, パターン運動が知

覚される場合, プラッド刺激を構成する2つの運動縞の運動方向の差が増加するほど, 再生時間が増加することが示された. 一方で, 要素運動が知覚される場合は, 運動縞の運動方向による再生時間への影響は示されなかった. これらの結果は, 運動縞の運動方向変化によって増加したパターン運動の速度が, 時間知覚を伸長させることを示している. パターン運動の処理が視覚情報処理の高次の段階でおこなわれる<sup>5)</sup>ことから, 本研究の結果は, KanekoとMurakamiの主張と同様に, 高次視覚段階における運動処理が時間知覚の伸長に重要であることを示唆している.

しかし, 本研究はあくまで高次の運動処理が時間知覚に及ぼす影響を調べたものであり, 低次の運動処理が時間知覚に影響しないことを示すものではない. 先に低次の運動処理が時間知覚に影響を与え, その後に高次の運動処理の影響が生じている可能性も考えられる. 今後は, 高次の運動情報を変えずに低次の運動情報だけを変化させるなどの操作をおこない, 低次の運動処理が時間知覚へ及ぼす影響を検討する必要があるだろう.

謝辞 本研究は科学研究費補助金 (基盤研究 (B) 20330153, 特別研究員奨励費 22・4466)

の補助を受けて行われた。

## 文 献

- 1) S. W. Brown: Time, change, and motion: the effects of stimulus movement on temporal perception. *Perception & Psychophysics*, **57**, 105–116, 1995.
- 2) R. Kanai, C. L. E. Paffen, H. Hogendoorn and F. A. J. Verstraten: Time dilation in dynamic visual display. *Journal of Vision*, **6**, 1421–1430, 2006.
- 3) S. Kaneko and I. Murakami: Perceived duration of visual motion increases with speed. *Journal of Vision*, **9**(7), 14, 1–12, 2009.
- 4) E. H. Adelson and J. A. Movshon: Phenomenal coherence of moving visual patterns, *Nature*, **300**, 523–525, 1982.
- 5) A. C. Huk and D. J. Heeger: Pattern-motion responses in human visual cortex. *Nature Neuroscience*, **5**, 72–75, 2002.
- 6) A. T. Smith: Coherence of plaids comprising components of disparate spatial frequencies. *Vision Research*, **32**, 393–397, 1992.