

時間過大視に時間周波数・空間周波数が与える影響

金子 沙永*・村上 郁也**

* 東京大学 教養学部

〒 153-8902 東京都目黒区駒場 3-8-1

** 東京大学大学院 総合文化研究科

〒 153-8902 東京都目黒区駒場 3-8-1

1. 序 論

動いている刺激と静止している刺激を、同じ時間呈示しても、同じ時間呈示されたように見えず、動いている刺激の方が長く呈示されていたように知覚される¹⁻⁴⁾ (この現象を今後「時間過大視」と呼ぶ)。しかし、この現象の詳細なメカニズムは未だ明らかにされていない。

運動しているものを見たときの視覚情報の処理は階層的なものであると考えられている。我々が運動するものを見たとき、視覚情報処理系は、まず運動している刺激に含まれる空間周波数および時間周波数に感度を持つ検出器群の応答によって視覚入力をエンコードする (図1)。その後の処理で、空間周波数と時間周波数の情報やその他の手がかりを用いて運動速度が推定される。

このような運動視の階層的メカニズムに着目し、本研究では運動刺激の要素として空間周波数・時間周波数・運動速度の3つを想定した。その上で、刺激の時空間周波数をそれぞれ独立に操作した。時間過大視に3つの要素がどのような影響を与えるかを検討し、これらの変数の効果を明らかにすることは時間過大視の生じる処理段階について示唆を与える。もし時間過大視が空間周波数・時間周波数によって決定されるのであれば、錯視をもたらす原因となるメカニズムは視覚情報処理の初期段階に位置してい

ると考えられる (図1参照)。一方、もし時間過大視が運動速度によって決定されるのであれば、視覚情報処理の比較の後期段階に位置していると考えられる。

2. 方 法

2.1 装置

刺激はすべて、コンピュータ (アップルコンピュータ社製, PowerMac G5) で制御した CRT ディスプレイ (22 型, MITSUBISHI RDF233H, リフレッシュレートは 75 Hz) に呈示した。

2.2 刺激

運動刺激・静止刺激ともに垂直方位のガボールパッチ (SD は 1.37 deg) を用いた (図2参照)。コントラストは 99% にした。平均輝度 (41.6 cd/m²) の一様灰色背景の中央に刺激を呈示した。運動刺激の空間周波数は、0.5, 1, 2, 4

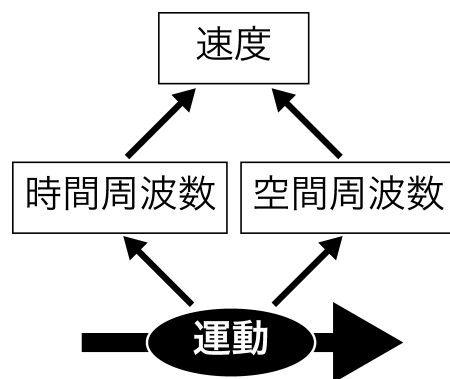


図1 運動情報処理の階層性。運動しているものを見ると、まず時空間周波数次元で処理され、その後速度が計算される。

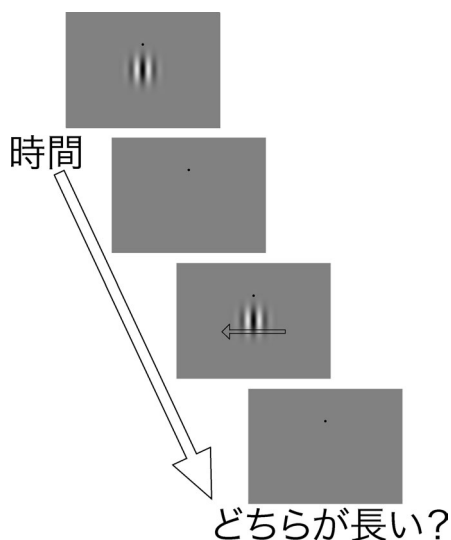


図2 実験の手続き。静止刺激が先に出る試行と運動刺激が先に出る試行があった。

c/deg の 4 条件，時間周波数は 1, 2, 4, 8, 16 Hz の 5 条件に設定した。運動刺激の呈示時間は，0.45, 0.64, 0.91 s の 3 条件とした。静止刺激の空間周波数は 1 c/deg で一定とした。試行中は常に，ガボールパッチの 6 deg 上に直径 0.6 deg の黒円を固視点として呈示した。ガボールパッチの呈示開始時の位相はランダムに選んだ。

2.3 被験者

正常な視力または矯正視力を持つ 4 人の男女が実験に参加した。

2.4 手続き

1 試行の流れを図 2 に示す。被験者は，固視点の下に継時呈示される静止刺激と運動刺激を観察した後に，どちらの呈示時間の方が長かったかをキー押しによって回答した (2AFC)。運動刺激の呈示時間は上記 3 条件のうち 1 つが選ばれた。運動刺激と同じ時間呈示されていたように見えた静止刺激の呈示時間を階段法によって求め，これを主観的等価点 (PSE) とした。呈示順序が反応に与える影響を考慮し，静止刺激が先に呈示される試行と，運動刺激が先に呈示される試行を同数行った。被験者は空間周波数 4 段階 × 時間周波数 5 段階 = 20 条件を 4 回ずつ行った。ただし被験者の 1 人は時間周波数 16

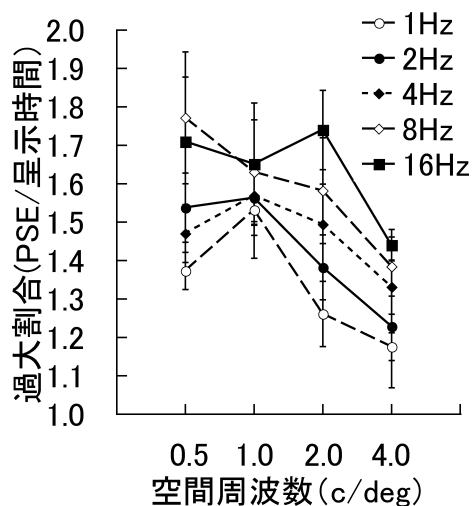


図3 時間周波数別の過大割合。横軸は空間周波数。被験者 4 人の平均。エラーバーは $\pm 1SE$ 。

Hz の条件を行わなかった。

3. 結果

3 つの呈示時間条件についての結果をまとめるために，階段法によって求めた PSE を実際の運動刺激の呈示時間で割った値を「過大割合」とし，錯視量の指標とした。したがって過大割合が 1 であれば，運動刺激と静止刺激の呈示時間が物理的に等しいときに両者が等しいと知覚されることを意味する。一方，過大割合が 1 よりも大きければ，運動刺激の呈示時間が静止刺激の呈示時間よりも長く知覚され，運動により時間過大視が生じたことを意味する。

被験者 4 人の過大割合の平均を時間周波数別に空間周波数の関数として示したのが図 3，空間周波数別に時間周波数の関数として示したのが図 4 である。いずれのグラフの横軸も対数表記である。図 3 を見ると，低い時間周波数では，過大割合が 1 c/deg に緩やかなピークを持つものもあるが，おおむね空間周波数が低い方が，過大割合が大きい傾向にあることがわかる。また図 4 からは，1 c/deg 条件では時間周波数の変化による過大割合の増加があまり見られないものの，総じて時間周波数が高い方が，過大割合が大きい傾向が読み取れる。しかし，4 c/deg 条件

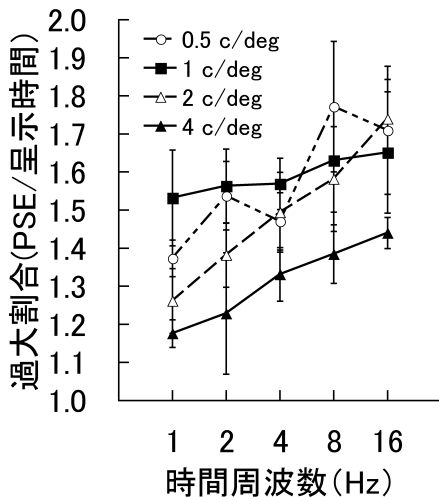


図4 空間周波数別の過大割合. 横軸は時間周波数. 被験者4人の平均. エラーバーは $\pm 1SE$.

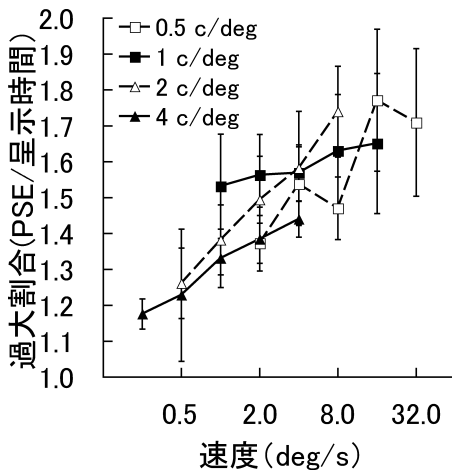


図5 空間周波数別の過大割合. 横軸は運動速度. 被験者4人の平均. エラーバーは $\pm 1SE$.

の過大割合が他の条件よりも比較的小さいなど空間周波数間での過大割合の大きさの違いもある。

運動速度は同じ時間周波数なら空間周波数が低くなるほど、同じ空間周波数なら時間周波数が高くなるほど速くなる。つまり、図3、4からは速度が速いほど過大割合が大きくなる傾向が読み取れるということである。そこで、横軸に速度をとり、改めて各空間周波数別の過大割合をプロットしたものが図5である。図5から

は速度が速くなるほど対数関数的に過大割合が大きくなるのがわかる。

時間過大視が速度によって決定されるのであれば、過大割合は空間周波数によらず、速度の関数として表現できるはずである。そこで、すべての空間周波数でのデータをまとめて過大割合を速度の対数軸上にプロットしたものに回帰直線を当てはめた。すると、決定係数は0.78となった。空間周波数、時間周波数に関しても同様に回帰直線をフィットさせたところ、決定係数はそれぞれ0.36、0.43となった。

4. 考 察

本研究では、時間過大視という錯視現象の錯視量を決定する要因が、刺激の空間周波数・時間周波数・運動速度のうちのどれであるかを検討した。それぞれの変数に回帰させた際の決定係数の大きさの比較から、速度が過大割合の大きさを説明する変数として最もふさわしいと考えられる。さらに時間過大視の錯視量は、運動速度の関数として対数関数的に増大することが示唆された。運動刺激の速度が知覚されるのは、視覚情報処理系の後期、空間周波数・時間周波数次元での情報処理の後の段階であると考えられている（図1参照）。したがって本研究の結果は、時間過大視が視覚情報処理の比較的後期で生じていることを示唆している。また、ここから時間知覚の生成に運動速度の情報が重要な役割を果たしていること、ゆえに時間知覚は視覚情報処理の後期以降で生じることが推測できる。

しかし近年、Kanai, Paffen, Hogendoorn and Verstraten (2006)⁵⁾は、キー押しによる再生法を用いて運動刺激の知覚される呈示時間を測り、運動刺激の時間過大視の決定要因は速度ではなく時間周波数であるという結論に達している。こうした、本研究と異なる結果が出ている原因について、手続きや刺激形状の違いによるものなのか、今後追試を行い、詳細に検討していきたい。

文 献

- 1) S. W. Brown: Time, change, and motion: The effects of stimulus movement on temporal perception. *Perception and Psychophysics*, **57**, 105–116, 1995.
- 2) W. T. Lhamon and S. Goldstone: Movement and the judged duration of visual targets. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **5**, 53–54, 1975.
- 3) L. Mitrani and Y. Stoyanova: Direct scaling of short time intervals presented with moving and stationary visual stimuli. *Acta Physiologica et Pharmacologica Bulgarica*, **8**, 29–34, 1982.
- 4) M. Tayama, M. Nakamura and T. S. Aiba: Estimated duration for rotating-spot-pattern. *Japanese Psychological Research*, **29**, 173–183, 1987.
- 5) 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.