

静止画が動いてみえる錯覚の空間スケーリング

久方 瑠美・村上 郁也

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. はじめに

周辺ドリフト錯視とよばれる、静止画が動いてみえる錯覚の一種に「蛇の回転錯視」が知られている¹⁾。これは、黒、濃灰色、白、薄灰色の輝度パターンを円環状に繰り返し並べることによりこの方向に回転運動が知覚される、非常に鮮明な運動錯視である。周辺ドリフト錯視という名前からもわかるように、この錯覚は中心視野よりも周辺視野で観察したときにより強く錯覚運動が知覚されることが明らかになっている²⁾。この事実は、錯視図形の空間特性および視覚情報処理の処理単位の大きさが錯覚量に影響を及ぼすことを示唆している。本研究では「蛇の回転錯視」の空間特性を実験的に検討するため、錯覚図形内に含まれる錯覚輝度パターンのサイズ（黒、濃灰色、白、薄灰色を1パターンとする）、および輝度パターン観察偏心度を操作し、錯覚量がどのように変化するかを観察した。

2. 方法

2.1 被験者

正常な視力もしくは矯正視力をもつ9名が実験に参加した（うち1名は著者）。著者以外の被験者はnaiveだった。

2.2 装置

刺激はコンピュータ (Apple PowerMac G5) を用いて作成され、22 インチ CRT モニタ (1600×1200 pixels, 0.025 deg/pix, リフレッシュレイト

75 Hz) に呈示された。観察距離は 57 cm, 画面平均輝度は 48 cd/m² だった。

2.3 実験刺激・条件

黒、濃灰色、白、薄灰色の輝度パターンを円環状に配置したリング状の刺激を注視点の周りに呈示した (図 1)。リングの幅は常に 2 deg だった。

実験条件として、黒、濃灰色、白、薄灰色の1輝度パターンのサイズおよびその偏心度を操作した。刺激はリング状なので、リングに含まれる輝度パターンのサイクル数を操作すれば、1輝度パターンサイズを変化させることができる。また、刺激は注視点を取り囲むリングのため、輝度パターンを呈示する偏心度はリングの半径で規定される。パターンサイクル数を 24~88 サイクルの間で5段階、リング半径 (偏心度) は 8~14 deg の間で4段階に変化させた。

刺激呈示時間は 500 ms, 背景は静止ランダムノイズだった。被験者は常に両眼を用いて観察した。パターンサイクル数の呈示順序は試行間でランダム、偏心度はセッション間でランダムだった。

2.4 手続き

被験者は注視点を見続け、呈示された刺激リングが時計回り、反時計回りどちらに回転していたかを判断し回答した。刺激を物理的に時計回り、反時計回りに回転させ、恒常法にて錯覚を相殺する物理的速度を求め、これを錯視量と定義した。

3. 結果

図 2a に、輝度パターンサイズおよび偏心度ごとの錯視量の被験者平均を示した。下横軸に

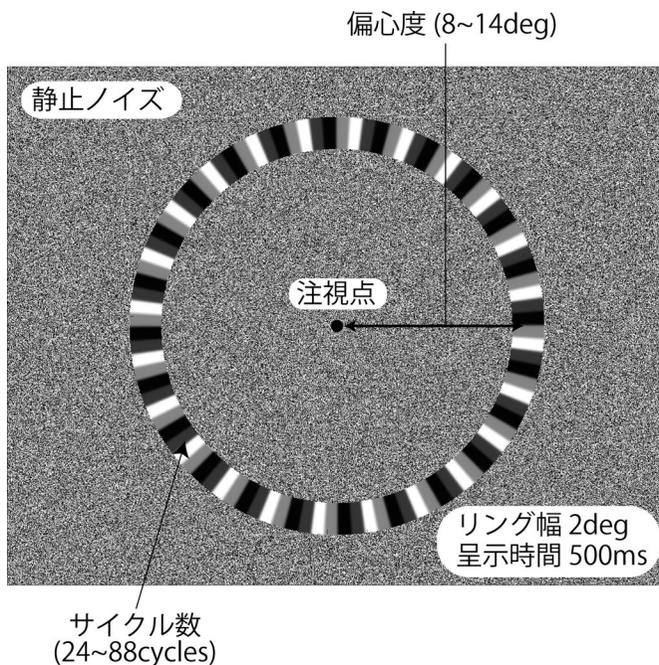


図1 呈示刺激例.

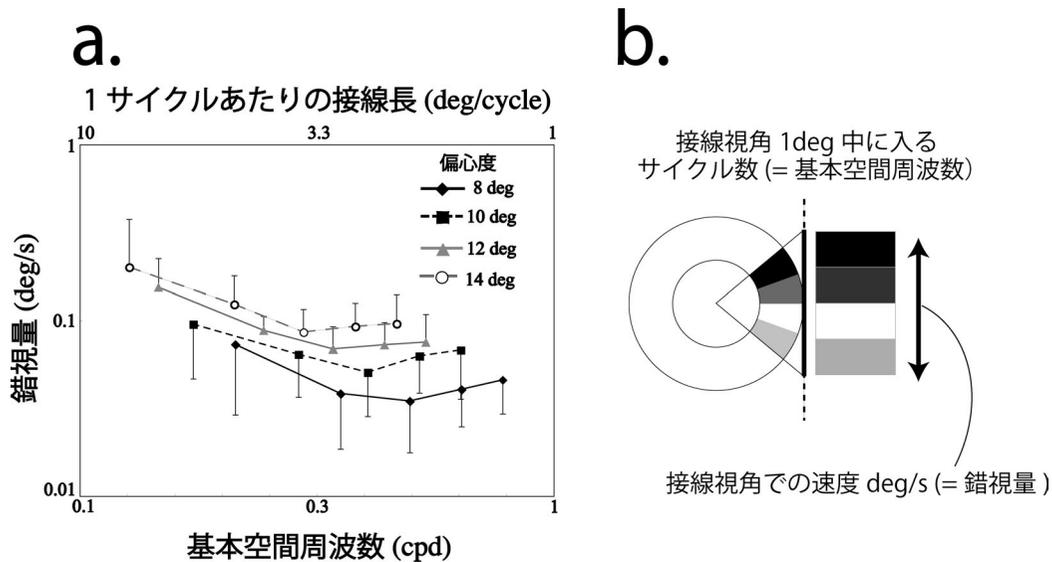


図2 a, 錯視量の被験者平均 (n=9). 横軸は基本空間周波数 (接線視角 1 deg あたりのサイクル数), 縦軸は錯視量. エラーバーは標準偏差を表す. b, 接線 1 deg あたりに相当する輝度パターンサイクル数.

示した基本空間周波数とは、リング外径に接する接線視角 1 deg に含まれるパターンサイクル数である (図 2b)。1 サイクルあたりに相当する接線長は上横軸に示した。基本空間周波数が

高くなればなるほど、輝度パターンサイズが細くなることを表している。これに合わせ、錯視量も接線視角での速度 (deg/s) と表記した (図 2b)。図 2a の結果から、基本空間周波数が

高くなる、つまり輝度パターンが細くなればなるほど錯視量は減少する傾向になることが明らかになった。さらに錯視量の減少は、それぞれの偏心率ごとに異なる基本空間周波数で収束するようだった。また、同じ基本空間周波数で比べると偏心率が大きくなればなるほど錯視量は増大しており、Hisakata and Murakami (2008)²⁾の結果と一致していた。偏心率ごとに、基本空間周波数による錯視量減少の推移を比較すると、偏心率が大きくなるにつれ、錯視量減少が収束する基本空間周波数が低空間周波数側へシフトしているようだった。

これらの結果は、錯視量が空間スケーリング可能であることを示している。空間スケーリングとは、あるスケーリング係数により刺激サイズを変化させ、刺激呈示視野によらず空間処理の結果を同一にする操作である。視覚処理の処理単位（神経細胞や機能的なユニットの受容野サイズ）は、視野周辺になるにつれ大きくなる。この視野周辺になるにつれ粗くなる空間処理単位の大きさに、呈示刺激サイズの大きさを合わせることで、出力結果を刺激呈示視野に寄らず同一にする。今回は、錯視に影響を及ぼす視覚処理ユニットのスケーリング係数は未知のため、Whitaker et al. (1992)³⁾の Assumption-

free methods を用いて錯視量の空間スケーリングを試みた。その結果、錯視量は空間スケーリング可能であることが示された（図 3a）。また、空間スケーリングの結果得られた各偏心率ごとのスケーリング係数を図 3b に示した。錯視量のスケーリング係数は偏心率が増えるにつれ大きくなることが明らかになった。

4. 考 察

実験の結果、錯視量は空間スケーリングすると偏心率による変化がなくなり、錯視輝度パターンが細くなると錯視量が一様に減少することが明らかになった。この結果から、錯視運動を発生させる運動処理ユニットの大きさと錯視輝度パターンの大きさが一致した時に錯視量が大きくなり、その運動処理ユニットの空間解像度の限界を超えると錯視運動が発生しなくなると考えられる。今回得られた錯視量のスケーリング係数を、先行研究で得られた視覚処理ユニットのスケーリング係数と比較した結果、相対運動検出閾や副尺視力などのスケーリング係数よりも絶対運動検出閾や空間周波数ごとのコントラスト感度などのスケーリング係数とよく一致する傾向にあった。これは、錯覚に関与する運動処理ユニットが視覚処理初期に存在する

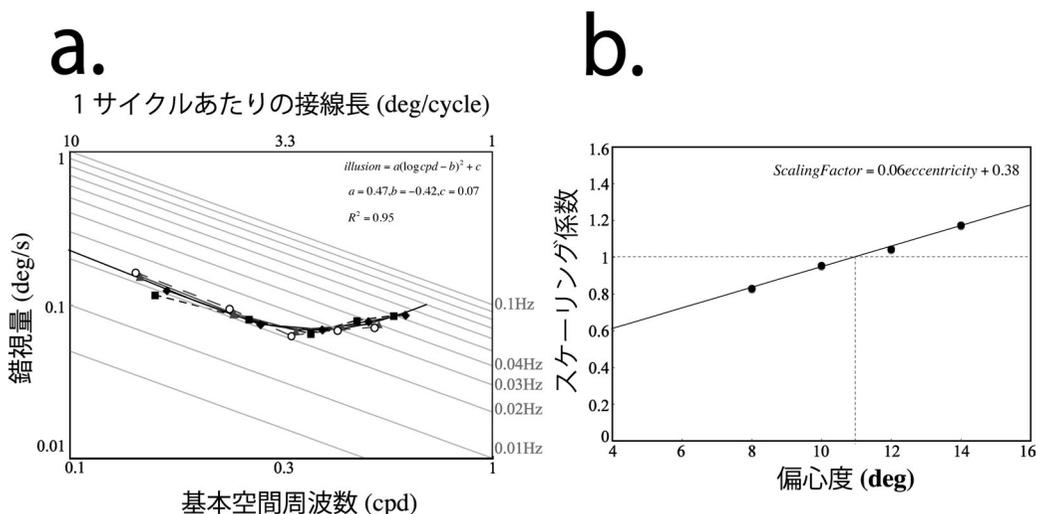


図 3 a, 錯視量の空間スケーリングの結果. b, 空間スケーリングから得られた偏心率ごとのスケーリング係数.

ことを示唆している。

また今回の実験により，錯視量の発生には刺激全体のサイズではなく，錯視を発生させる輝度パターンのサイズが重要であることが示された。このことから錯覚は，視覚処理初期の運動処理ユニットが局所的に黒，濃灰色，白，薄灰色の方向へ錯視運動を発生させ，それらが視覚処理後期に統合され回転運動として知覚されると考えられる。

文 献

- 1) A. Kitaoka and H. Ashida: Phenomenal characteristics of the Peripheral drift illusion. *Vision*, **15**, 261–262, 2003.
- 2) R. Hisakata and I. Murakami: The effects of eccentricity and retinal illuminance on the illusory motion seen in the stationary luminance gradient. *Vision Research*, **48**, 1940–1948, 2008.
- 3) D. Whitaker, J. Rovamo, D. MacVeigh and P. Mäkelä: Spatial scaling of vernier acuity tasks. *Vision Research*, **32**, 1481–1491, 1992.