

## 2種類の2次運動視と運動残効

蘆田 宏

京都大学 文学研究科  
〒606 京都市左京区吉田本町

### 1. はじめに

運動刺激は1次運動と2次運動に分類される<sup>1)</sup>。1次運動は画像の1次特徴すなわち輝度(あるいは色も)次元でのフーリエスペクトルからわかるが、2次運動はフーリエスペクトルからはわからない。1次運動は方位検出器と同じように時空間次元においてエネルギー抽出を行うメカニズムによって検出できる<sup>2)</sup>。2次運動検出の機構としては、少なくとも2種類が存在すると考えられている。1つは整流など何らかの非線形な前処理を介して1次運動と同様のエネルギー抽出処理を行うもの<sup>3)</sup>、もうひとつは刺激の特徴点を追従することによるものである<sup>4)</sup>。

運動残効は、運動刺激に順応した結果、逆方向の運動が見える現象である。静止刺激において観察される運動残効(静止運動残効)は2次運動刺激によっては起こらないと考えられているが、テストにフリッカー刺激を用いると(フリッカー運動残効)2次運動に対しても残効が起こる<sup>5)</sup>。しかし、Smith and Ledgeway<sup>6)</sup>は、エネルギー抽出型の2次運動はフリッカー運動残効を起こすが、特徴追従型の場合は残効が起こらないことを示した。

一方、Culham and Cavanagh<sup>7)</sup>は注意によって縞を追うことにより見かけの運動方向が変えられ、さらにそのことでフリッカー運動残効が起こることを示した。この結果はフリッカー運動残効における注意の効果を示すが、運動が十分注意を喚起する状況では特徴追従型の2次運動によっても残効が出ることも考えられる。

本研究では、2次運動における2種類の検出

機構とフリッカー運動残効の関係について検証するための実験を行った。Smith<sup>4)</sup>と同様のISIによって運動方向が反転する刺激を用い、あわせて注意の効果を見るため、順応時の運動方向判断の有無を実験条件とした。

### 2. 方法

#### 2.1 装置と刺激

刺激はパーソナルコンピュータ(IBM PS/V)とSVGAカード(NANA HA50)を用いてCRT(SONY GVM1411)上に提示した。緑蛍光体のみを使用し、8ビットグレースケールで表示した。刺激布置を図1に示す。各提示窓の左右端0.67 degには余弦波曲線によるエッジのスムース化を行った。

順応刺激は、2次元静的ランダムドットのコントラストを3f+4f波で変調したもので、パターン周期の1/4ずつ運動させた(図2)。3f+4f波は、静止状態では

$$c(x) = m [\cos(3 \cdot 2\pi ux) / 3 + \cos(4 \cdot 2\pi ux) / 4]$$
と表わされる。uは基本波相当の空間周波数、

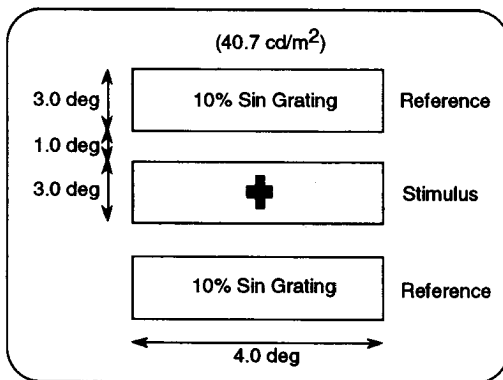


図1 刺激布置

mは全体のコントラストを決める定数である。

これを基本周期の1/4ずつ運動させると、3倍高調波とパターン全体が反対方向の運動を示す(図3)。ここでは、ランダムドット刺激のコントラストをこのパターンで変調しているため、この刺激は輝度変調を含まない非フーリエ運動刺激である。刺激の1周期は2.0 degで、基本波形が0.5 cpd、3倍高調波は1.5 cpd相当とした。

運動刺激のISIは0msまたは67msの2条件を設けた。ISIが67msの場合には各フレーム間にコントラスト50%のランダムドットが挿入された。SOAはどちらの場合にも133msで、1.88 Hz、3.76 deg/sに相当した。

フリッカー運動残効はコントラスト10%の

輝度縞を用いて測定した。テスト縞はSOA = 200msで180degずつ矩形波状にフリッカーさせた。テスト縞の空間周波数は順応刺激の3倍高調波に相当する1.5 cpdとした。

## 2.2 手続き

実験条件はISI(2) × 順応時の方向判断の有無(2)とした。1試行は順応期間とテスト期間で構成された。順応期間は30秒で、その間中央の窓にコントラスト変調縞による運動刺激が提示された。方向判断条件では、被験者は注視点を注視したまま見かけの運動方向をマウスの左右ボタンで常に報告するように求められた。運動方向がはっきりしない場合はどちらのボタンも押す必要はなかった。方向判断なし条件では、被験者はただ注視点を注視し、特に運動方

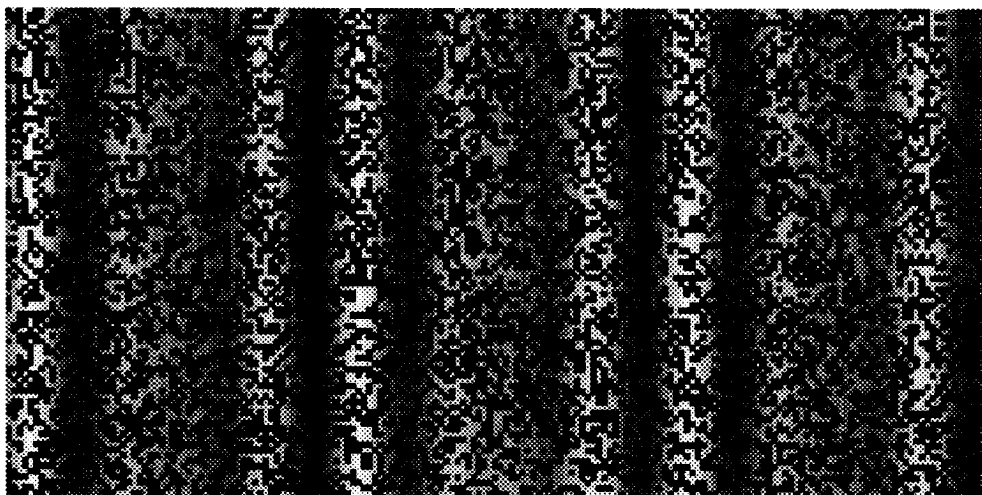


図2 コントラスト変調刺激の例

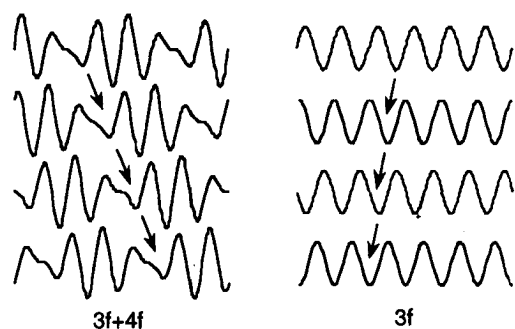


図3 3f+4f コントラスト変調刺激を基本周期の1/4ステップで運動させた様子。パターンは右へ、3倍高調波は左へ運動する。

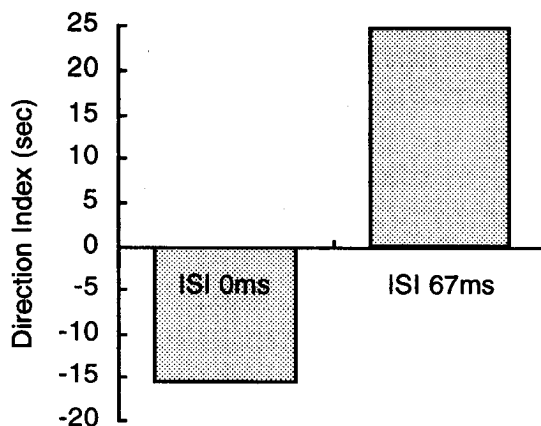


図4 方向判断条件における運動方向判断の結果

向を気にしないよう指示された。

順応期間後直ちに 20 秒のテスト期間になった。テスト期間中は輝度変調のフリッカー縞が提示され、被験者は注視点を見ながら絶えずその見かけの運動方向をマウスボタンで報告するよう求められた。

方向判断条件、ISI 条件ともに被験者内変数とし、各被験者は方向判断あり・なしの両条件に 1 セッションずつ参加した。方向判断の有無の順序は被験者間でカウンターバランスされた。ISI 条件はセッション内の変数とし、運動方向についてもセッション内でカウンターバランスを行った。

観察距離は 85.8 cm で、被験者はあご台とヘッドレストを使用し、両眼視で刺激を観察した。

### 2.3 被験者

被験者は心理学関係の学生及び教官の男女計 8 名で、全員裸眼あるいは矯正によって正常な視力を有した。全ての被験者は実験の目的に関してナイーブであった。

### 3. 結果

図 4 に方向判断条件における順応刺激の見かけの運動方向を示す。パターン方向を正とし、両方向への運動知覚時間の差を結果 (direction index) とした。結果は 8 名の被験者の平均である。ISI = 0 ms の場合には 3 倍高調波成分の運

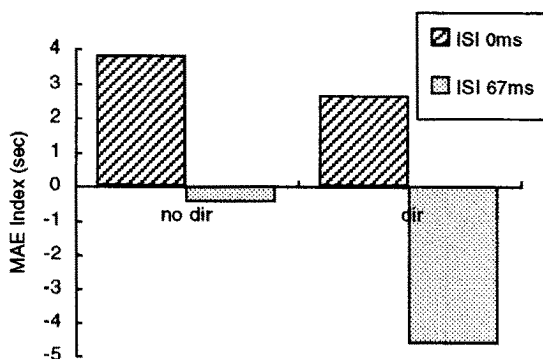


図 5 運動残効の結果。dirは方向判断条件、no dirは方向判断なし条件を示す。

動方向へ、ISI = 67 ms の場合にはパターン方向への運動が見えたことがわかる。

図 5 は運動残効の結果を示す。パターン方向を正とし、両方向への運動知覚時間の差を結果 (MAE index) とした。結果は 8 名の被験者の平均である。2 要因分散分析の結果、ISI の効果は有意で ( $F_{(1,14)}=12.13, p<0.01$ )、方向判断の効果も示唆された ( $F_{(1,14)}=2.53, p<0.1$ ) が、交互作用は有意ではなかった。

1 次運動の混在に対する統制条件として、1 名の被験者においてランダムドットに対して輝度成分を混在させた刺激との制止運動残効の比較を行った結果、方向判断では差がないのに対し、運動残効には大きな差が生じた (図 6)。実験で用いた刺激において 1 次運動成分の効果はほとんどなかったと考えられる。

### 4. 考察

コントラスト変調刺激において運動方向が ISI によって変化することが確認された。この結果は Smith<sup>4)</sup>の結果を支持し、2 次運動における 2

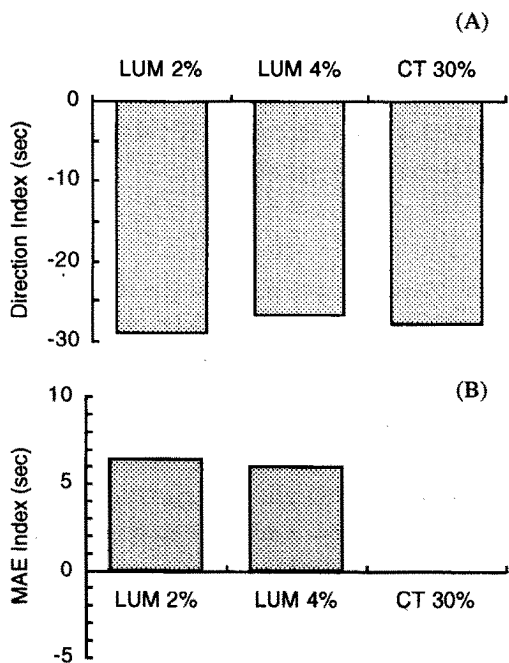


図 6 輝度変調条件とコントラスト変調条件の比較。(A) 運動方向 (B) 静止運動残効。

種類の検出機構の存在を示す。

運動残効の結果は一概には解釈しにくい。ISIがない場合には、方向判断の有無にかかわらず残効が得られた。これはエネルギー抽出型の機構によってフリッカー運動残効が誘導されることを示しており、これまでの結果とも一致する。一方、ISIがある場合には、方向判断なしの場合には運動残効はごく小さいが、方向判断によってパターン方向への運動に対する残効が強められるという傾向が見られた。この傾向が確かならば、注意の効果の介在を示すものと思われるが、ISI条件と方向判断条件の交互作用が見られなかったため、この点は強く主張できるものではない。少なくとも、パターン方向への運動、すなわち特徴抽出による運動方向に対しても運動残効が得られる場合があることは注目すべきだろう。

全般にデータの分散はかなり大きく、特に被験者内の差が大きかった。今回は被験者が完全にナイーブであることを重視して一人当りの試行数を最小に抑えたが、今後はある程度訓練を積んだ被験者での実験を工夫する必要もあるだろう。

本研究は平成6年度文部省科学研究費（特別研究員奨励費）の補助を受けた。

## 文 献

- 1) P. Cavanagh and G. Mather: Motion: The long and short of it. *Spatial Vision*, 4, 103-129, 1989.
- 2) E. H. Adelson and J. R. Bergen: Spatiotemporal energy model for the perception of motion. *Journal of the Optical society of America*, A2, 284-299, 1985.
- 3) C. Chubb and G. Sperling: Drift-balanced stimuli: a general basis for studying non-Fourier motion perception. *Journal of the Optical Society of America*, A5, 1986-2007, 1988.
- 4) A. T. Smith: Energy-based and feature-based mechanisms for detecting second-order motion. *Perception*, 22 (Supplement), 31, 1993.
- 5) S. Nishida, H. Ashida and T. Sato: Complete interocular transfer of motion aftereffect with flickering test. *Vision Research*, in press.

- 6) A. T. Smith and T. Ledgeway: Dissociation of second-order motion and "long-range" motion by adaptation. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 35, 1268, 1994.
- 7) J. Culham and P. Cavanagh: Attentive tracking of a counterphase grating produces a motion aftereffect. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 35, 1622, 1994.