

【研究ノート】

影の運動（Hayashi の v -現象）による静止
運動残効とフリッカー運動残効の研究

中 村 浩
川 部 大 輔
藤 木 晶 子

研究ノート

影の運動 (Hayashi の v-現象) による静止運動残効と
フリッカー運動残効の研究中村 浩 川部 大輔 藤木 晶子
Ko NAKAMURA Daisuke KAWABE Akiko FUJIKI

目次

1. 序論
2. 実験方法
3. 実験結果および考察
4. 結論

1. 序論

運動は実際運動 (real motion) と仮現運動 (apparent movement) に分けられるが、心理学の運動知覚実験においては後者の仮現運動が一般的に用いられる。これは Wertheimer(1912) によって報告されて以来、条件設定が適切であるならば仮現運動と実際運動の間に知覚体験としてはほとんど違いが無いと言われると同時に、仮現運動は実験的に条件設定が容易であることが大きな理由である。日常生活において我々が知覚する運動の多くは実際運動であるが、テレビや映画など、現在さまざまな形で提供される映像の全てが仮現運動を利用したものであり、我々自身実際運動と仮現運動の違いを意識することはほとんどない。

この仮現運動について Hayashi(1990) は新しい仮現運動 (new apparent movement) と呼んで v 現象 (v-phenomenon) を紹介した。

彼は黒を背景として直径15mm の二つの LED を100mm の距離をおいて設置し、第1

実験を実施した。Wertheimer(1912) による古典的仮現運動実験では、それを交互に点灯させることによって白い丸の往復運動が観察されるが、Hayashi は二つの LED を点灯した状態にしておき、その消灯時間ならびに一方が消灯して点灯した後、他方が消灯するまでの時間 (ISI) を変数として実験を行い、次のことを見出した。(1) 適切な時間条件 (LED の消灯時間および ISI が20 ~ 60ms, 従って SOA は40 ~ 120ms) において、運動対象を特定できない黒い影の往復運動が観察される。Hayashi はこれを古典的仮現運動に対して新仮現運動あるいは v 現象と呼んだ。またこの黒い影の運動が観察される状況において二つの LED が常に点灯しているように見える点も重要なこととして取り上げている。(2) LED の消灯時間の長さ (off-duration) が25ms の条件までは黒い影の往復運動は観察されるが、それよりも短くなると影の運動は知覚されなくなる。この条件は古典的仮現運動における同時時相と一致するものと考えられる。(3) この影の運動の速度は ISI に

のみ依存し、ISI が長くなると影の運動の速度は低下し、ISI が短くなると速度は上昇する。

この新仮現運動の基本的現象を応用して Hayashi は実験 II -b において12個の LED を円環状に等間隔 (30度) に配置し、全ての LED が点灯している状態から順次一つずつ時計回りにおよそ30ms 消灯すると、新仮現運動において見られた黒い影の時計回りの円環運動が観察されることを示した。

この黒い影の運動に関連して Wertheimer(1912) は、仮現運動における最適時相と同時時相の間で対象を特定できない「純粋な運動」のみが観察されるとして、これを ϕ 運動と呼んでいる。この点については Hayashi も指摘しており、新仮現運動における純粋 ϕ (pure ϕ) と呼べるこの現象は Wertheimer の仮現運動における運動対象のない ϕ 運動と一致するものであると述べている。Steinman, Pizlo & Pizlo (2000) は、Wertheimer の ϕ 運動については β 運動との違いが曖昧に理解されてきた歴史があり、 β 運動は最適時相における滑らかな仮現運動であり、 ϕ 運動とは全く異なることを指摘すると同時に、Hayashi の新仮現運動の円環運動と同じ現象が観察されるマグニ ϕ (Magni ϕ) 現象を提示している。Hayashi は刺激の消灯 (off) によって知覚される現象であることからこれを新仮現運動と呼び、Steinman et al. は Hayashi の新仮現運動、v- 現象を引用することなく Wertheimer による ϕ 運動の延長上にマグニ ϕ を位置付けているが、両者はほぼ同じ現象と考えることができる。

そして Hayashi の円環運動する新仮現運動をアレンジしたものが中村・川部・藤木 (2021b) による林の影の運動である。Hayashi(1990) が実験 II b で示した円環運動との大きな違いは、灰色を背景として円環状に16個の黒丸を配置し、それが順時計回りに消えては現れるというもので、動きが遅い場合は個々の黒丸の反時計回りの仮現運動が

観察されるが、動きを速くすることによって時計回りの影の運動が観察される。Hayashi が用いた刺激とは白黒を反転した点が大きく異なるが、この条件においても対象を特定できない影の運動が観察される点に変わりはない。Hayashi(1990) は刺激装置として LED を用いていたので白丸の配列が唯一の手段であったが、パソコンのモニター上に同様の現象を提示するにあたってはそこにさまざまなアレンジを加えることが可能であり、それによってこの現象に対する理解が深まることが期待できるのである。Hayashi は LED の消灯を刺激としたために off ニューロンの反応がこの現象に関与していると考察しているが、我々が用いた刺激において黒が消える現象を off ニューロンによって説明はできない。従って輝度の上昇であれ、減少であれ、この林の影の運動を運動検出機構との関係で論じるならば (Smith and Ledgeway, 2001), energy-based motion detector のみが機能したことによって「運動対象を特定できない影の運動」が知覚されたと考える方が妥当と言えよう。通常の運動知覚においては feature-based motion detector も機能して色や形を持つ特定の対象の運動を知覚するのであるが、この林の影の運動、あるいは Wertheimer の ϕ 運動においては通常同時に機能する二つの運動検知機構の一方しか関与していないという非常に特殊な運動の知覚であり、今後運動知覚の研究において色々な角度からの研究を可能にするものと考えられる。

そこで本研究においてはこの影の運動の性質を理解するために、その運動残効 (motion after effect) について検討することとした。蘆田 (1994) は、運動残効には静止運動残効とフリッカー運動残効があり、前者は第一次視覚野までの初期の運動処理機構が関与し、後者は第二次視覚野から MT 野までのより高次な処理機構が関与していると指摘している。林の影の運動は Wertheimer およ

び Hayashi によって運動対象のない純粹な運動知覚であると記述されており、輝度や波長の変化を検知する初期の運動検知機構、energy-based motion detector が関与していると考えられることから、静止運動残効が生じることが予測される。しかし我々の予備観察において静止運動残効は観察されなかった。これは Hayashi(1990) も指摘するように、影の運動が観察される状況においては、それを誘導する LED 刺激は常に点灯しているように見え、刺激提示画面を大きく支配する LED の配列、中村らの林の影の運動では円環状に配置された黒丸自体には運動が知覚されないために運動残効も弱くなり、静止運動残効が観察されなかったことが一つの理由として考えられる。あるいはこの影の運動が観察される程度の速さに至る前の段階、すなわちそれぞれの刺激の消失時間が長い条件において (例えば120ms)、個々の LED 刺激あるいは黒丸が順次隣り合う刺激へ影の運動とは反対方向の仮現運動が生じるため、この反対方向への運動が何らかの拮抗的な効果を示し、そのために運動残効が生じないということも考えられる。そこで本研究ではより高次の処理機構が関与していると考えられているものの、運動残効の感度が高いとされる (Nishida, S., & Sato, T.,1995) フリッカー運動残効を用いて林の影の運動に運動残効が認められるか否かについて検討する。

2. 実験方法

被験者：知覚実験にナイーブな短期大学生2名と著者の一人(中村)の計3名であった。

刺激：実験に用いられた基本的刺激は以下に示す通りである。

(1) 順応刺激1：灰色 (#888888) を背景として水平に等間隔 (2.7mm 間隔) に9個配列された黒丸 (直径12.9mm:#000000) を順次左から短時間だけ消していくと、提

示速度が遅い場合 (黒丸の消失時間および SOA:133ms) はそれぞれの黒丸が右から左方向へ順次一つずつ仮現運動するように知覚される。しかし黒丸の消失時間を67ms に短縮すると左から右へのスムーズな形を持たない影の運動が知覚される。この左から右への影の運動が6列 (上下の間隔2.7mm)、しかもそれぞれの列で異なった位置の黒丸が消失するように時間設定することで、刺激提示画面全体 (13.4cm × 17.8cm) で左から右への影の運動が知覚されるようにした (Fig.1参照)。これを順応刺激として10秒間観察し、その後、フリッカー残効を調べるためのテスト刺激を提示した。順応刺激は影の運動の方向が左から右へ移動する条件とその逆の運動方向の条件を設定した。

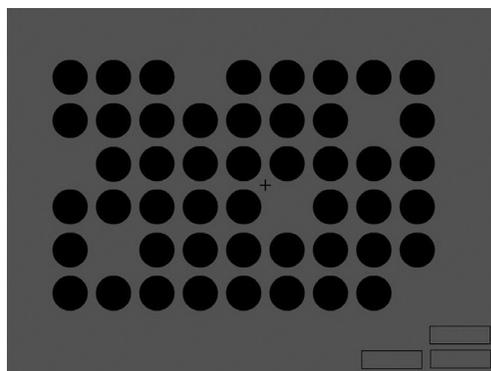


Fig.1 影の運動順応刺激1の一画面。各行の黒丸が消えている空白部分が例えば右方向に移動することで影の運動が観察される。さらにこれを6列提示することで、画面全体に影の運動が観察される。

順応刺激1に対するフリッカー・テスト刺激は Fig.2に示すとおりで、第一刺激 (黒丸) と白丸の位置に黒丸が提示される第2刺激を100ms の提示時間と100ms の ISI, 従って SOA200ms で交互に提示した。また最初に提示される刺激位置の効果を相殺するため、テスト刺激1から提示する条件とテスト刺激2から提示する条件を設定した。

(2) 順応刺激2：中村・川部・藤木

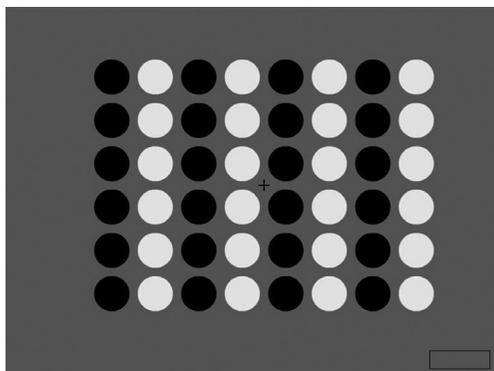


Fig. 2 フリッカー・テスト刺激。黒丸が第 1 刺激、白で示した位置に第 2 刺激 (黒丸) が提示される。第 1 刺激と第 2 刺激を交互に提示することによって仮現運動が知覚されるが、その際順応刺激における運動方向に影響されて反対方向への運動残効が生じる。

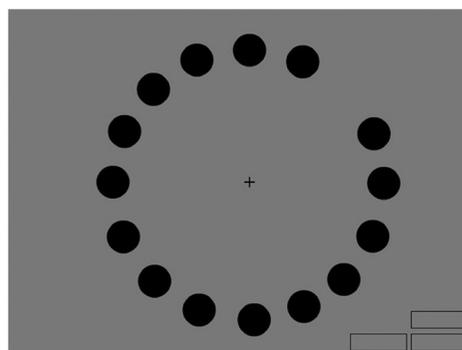


Fig. 3 順応刺激 2。影の円環運動刺激を順応刺激として用い、フリッカー運動残効が見られるか調べた。

(2022b) の「影の運動による色の捕捉錯視」で用いた円環運動をする影の運動を順応刺激として用いた (Fig.3参照)。この順応刺激においても時計回りの運動と反時計回りの運動の 2 条件を設定した。テスト刺激は影の運動を誘導する 16 個の黒丸を一つ置きに 8 個ずつに分けた画像を作成し、それらを第 1 刺激および第 2 刺激として、順応刺激 1 に対するテスト刺激同様の条件を設定した。

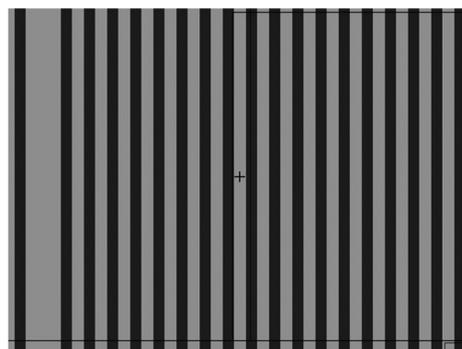


Fig. 4 順応刺激 3。矩形波による縦縞格子模様で、縦縞が一定方向に消失して行き、その消失時間を短くすると影の運動が観察される。

(3) 順応刺激 3 : Fig.4に示すように、矩形波による縦縞格子模様 (幅 4.2mm, 縦縞間隔 4.7mm, 明るさ #333333) を灰色 (#AAAAAA) の背景上に提示し、縦縞を端から順に一つずつ消してゆくことで影の運動を提示した。各縦縞の消失時間は 50ms で、左から右への運動と右から左へ運動する 2 条件を設定した。テスト刺激は縦縞を一つ置きに半分に分けた 2 枚の画像を作成し、第 1 刺激および第 2 刺激として順応刺激 1 に対するテスト刺激同様の条件を設定した。

(4) 実験手続き

実験に関する理解を求めるために順応刺

激 3 を用いて練習試行を行った。その後 6 種類の順応刺激と各 2 種類のテスト刺激、合計 12 条件をランダムな順序で提示し、各テスト刺激に対して観察される運動方向について尋ね、これを 2 回繰り返した。ただしテスト刺激を長く観察していると運動方向が変わるため、順応刺激からテスト刺激に切り替わって最初に観察された運動方向を反応として採用した。なお刺激提示画面の中心部に十字の凝視点を配置し、順応刺激およびテスト刺激観察時はその凝視点を見るように指示した。観察距離はおおよそ 60cm であった。

実験終了後、確認のために各順応刺激についてそれぞれ一方向の条件だけを提示し、観察途中で停止した時の静止運動残効の有無に

についても尋ねたが、明瞭な静止運動残効は認められなかった。

3. 実験結果および考察

著者を除く2名の被験者については、1名の被験者は全24施行中全ての試行においてフリッカー運動残効が認められ、残りの1名については順応刺激2に対する2試行において期待される運動残効とは反対方向の運動を報告した。著者自身の観察においてはすべての条件でフリッカー運動残効が観察された。

以上の結果から影の運動に対するフリッカー運動残効が観察されることが確認された。蘆田 (1994), Nishida, Ashida, & Sato, (1994), Nishida & Sato(1995) はフリッカー運動残効が完全な両眼間転移 (interocular transfer) を示すことなどを理由として、より高次の MT 野や MST 野における運動処理機構が関与していることを示唆している。逆に静止運動残効は一次運動の処理機構が関与して生じることから第一次視覚野におけるより低次の処理機構が関与していることも示唆し、Nishida & Sato(1995) は Fig.5 に示すような一次運動と二次運動のそれぞれの処理系と静止運動残効およびフリッカー運動残効との関係性に関するモデルを提唱している。ただしこのモデルに従うと一次運動も高次の処理系によって二次運動と統合されるという処理がされており、Ledgeway and Smith (1993) や彼らもフリッカー運動残効が一次運動および二次運動両方に対して見られると述べている。このモデルに従う限り、典型的な一次運動の特徴を持つ影の運動に対して二次運動処理機構が関与していると考えられるよりも、影の運動における運動反応の弱さによって静止運動残効が認められないものと考えられることができる。しかしフリッカー運動残効が生じるということは明らかに運動として処理されていることは間違いなく、今後さらに検討を進める必要がある

るものと考えられる。

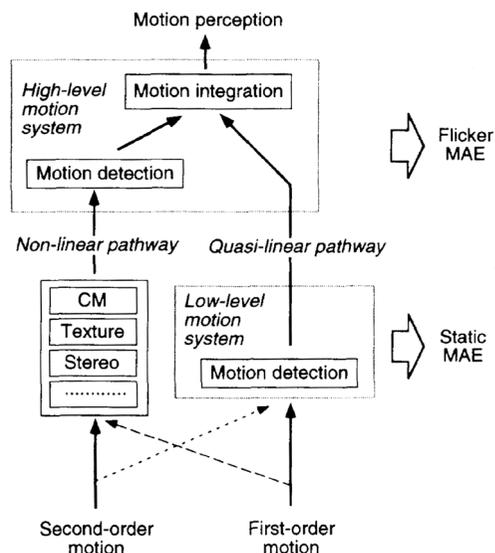


Fig.5 Nishida & Sato(1995) による一次運動と二次運動の処理系と静止運動残効およびフリッカー運動残効との関係性に関するモデル。彼らは一次運動の処理は V1 など低次の運動処理機構が担い、その処理機構が関与して静止運動残効が生じると考えた。それに対して二次運動については MT 野や MST 野などの高次の運動処理機構が担い、フリッカー運動残効の処理に関与しているとした。ただし一次運動の処理が高次のレベルで統合されており、この段階で一次運動に対してもフリッカー運動残効が生じることになる。

4. 結論

影の運動を従来の運動検知モデルに照らし合わせてみると (Smith and Ledgeway, 2001), energy-based motion detector および feature-based motion detector のうち、前者だけが機能している稀な状況と考えることができ、その意味でこの影の運動は一次運動の性質を満たすものでもある。この実験結果から、energy-based motion detector だけが関与する運動現象においても運動残効が生じることが確認された。そしてこれを踏まえてさらに影の運動の性質について調べると同時にこれを用いることでさらに運動知覚の性質について調べることが可能になるものと考えられる。

引用文献

- 蘆田宏 (1994). 2種類の運動残効と運動視機構. *心理学評論*, **37(2)**, 141-163.
- Ashida, H. & Osaka, N. (1995). Motion Aftereffect with Flickering Test Stimuli Depends on Adapting Velocity. *Vision Research*, **35(13)**, 1825-1833.
- Hayashi, K. (1990). The new apparent movement: v-movement. *Gestalt Theory*, **12**, 3-32.
- Ledgeway, T. & Smith, A. T. (1993). Adaptation to second-order motion results in a motion aftereffect for directionally ambiguous test patterns. *Perception (Suppl.)*, **22**, 89-90.
- 中村浩・川部大輔・藤木晶子 (2022b) . 「影の運動による色の捕捉現象」の紹介, 解釈, および実験観察によるその検証. *北星論集 (短) 第19巻 (通巻第57号)* , 47-56.
- Nishida, S., Ashida, H., & Sato, T. (1994). Complete interocular transfer of motion aftereffect with flickering test. *Vision Research*, **34**, 2707-2716.
- Nishida, S., & Sato, T. (1995). Motion aftereffect with flickering test patterns reveals higher stages of motion processing. *Vision Research*, **35**, 477-490.
- Smith, A. T. and Ledgeway, T. (2001). Motion Detection in Human Vision: A Unifying Approach Based on Energy and Features. *Proceedings: Biological Sciences*, **268(1479)**, 1889-1899.
- Steinman, R. M., Pizlo, Z. & Pizlo, F. J. (2000). Phi is not beta, and why Wertheimer's discovery launched the Gestalt revolution: a minireview. *Vision Research*, **40**, 2257-2264.
- Wertheimer, M. (1912). Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung. *Zeitschrift für Psychologie*, **61**, 161-265.

