

「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

中 村 浩
川 部 大 輔
藤 木 晶 子

「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

中 村 浩 川 部 大 輔 藤 木 晶 子
Ko NAKAMURA Daisuke KAWABE Akiko FUJIKI

目次

1. 序論
2. 実験刺激作成方法
3. 実験観察 1： 影の運動が捕捉できる空間的、時間的範囲
4. 実験観察 2： 影の運動の方向の予測が色刺激の捕捉を促進しているのか？
5. 実験観察 3： 捕捉刺激の提示位置に規則性は必要か
6. 実験観察 4： 円環上2点の捕捉刺激提示の場合、捕捉現象は生じるか？
7. 実験観察 5： 反対方向に向かう二つの影の運動それぞれに2種類の捕捉刺激が同時に捕捉されるか？
8. 実験観察 6： 影の運動誘導刺激と捕捉刺激の形とサイズの違いが捕捉現象に及ぼす影響について
9. 結論

[Abstract]

Feature Captured Motion illusion: Interpretation and Verification

First, 16 black disks are arranged in the form of a circle at intervals of 22.5° on a gray background. These disks then disappear for a moment—i.e., for about 133 ms—one after another and in a clockwise direction. Under these conditions, successive counterclockwise classical motions become apparent in each disk. When the duration of disappearance of each disk is decreased to 67 ms, a clockwise motion of shadow is observed. In this scenario, when colored disks are presented at four positions—namely, at the 12, 3, 6, and 9 o'clock—among the 16 black disks in sync with the circular motions of the shadows, a colored disk running circularly in a clockwise direction is observed, even though colored disks are presented only at four places. It may be inferred that the color of the disks presented on the four corners of the circular trajectory is captured and reflected by the moving shadow. This phenomenon may be referred to as “Feature Captured Motion Illusion.” The purpose of this study is to discuss the perception of motion and the apparent motion on the basis of phenomena observed in several variations of this Feature Captured Motion Illusion.

1. 序論

Fig.1-(1) から Fig.1-(2) のように、パソコンモニター上に灰色を背景として直径

11.8cm の円周上に等間隔に配列された 16 個の黒丸（直径12.9mm）が1個ずつ順に時計回りに消えては現れるという刺激を提示すると、当該の刺激から次の刺激が提示さ

キーワード：v 現象, マグニ ϕ , 影の運動, 特徴捕捉運動錯視

Key words: v-phenomenon, Magni ϕ , Motion of shadow, Feature Captured Motion Illusion

れるまでの時間間隔 (SOA : Stimulus-onset asynchrony) が長い条件 (例えば133ms : それぞれの黒丸の提示時間は133ms で ISI は 0ms) では、Fig.1-(1) の空白の位置にその右側にあった黒丸が反時計回りに仮現運動をして移動している様子が知覚される。従ってその位置変化が一周する時の全体の動きをとしては、次々と反時計回りに黒丸が一つずつ仮現運動をしているように知覚される。次にそれぞれの静止図形と次の静止図形が提示されるまでの時間感覚 (SOA) を短くすると (例えば67ms, ISI は0ms)、反時計回りの一つ一つの仮現運動は知覚されず、形の無い灰色の影が時計回りに円環運動している様子が観察される。この現象は Hayashi(1990) が「新しい仮現運動 new apparent motion (v-movement)」として紹介したものであるが (鷲見 (2014) は「林の影の運動」と呼んでいる)、Hayashi(1990) はこの現象を連続的な off-neuron の反応による仮現運動として解釈している。

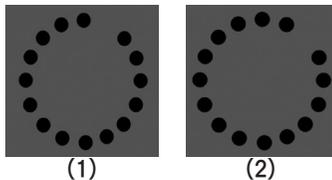


Fig.1 Hayashi (1990) の影の運動の一部 : (1) 円環状に並べられた黒丸の内、最上段から一つ右側の黒丸が 67msec 消失する。(2) 次にその位置に黒丸が現れて、その右側の黒丸が 67msec 消失する。これを順次時計回りに繰り返すことで、形を持たない影が時計回りに円環運動する様子が観察される。

これと同様の現象を Steinman, Pizlo & Pizlo(2000) が Magni ϕ として紹介しており、彼らによると、本来この現象の基礎となる ϕ 運動は Wertheimer(1912) によって言及されていたものの、Boring(1942) によってアメリカに仮現運動が紹介された際、 β 運動と

ϕ 運動の違いが適切に記載されていなかったため、これまでこの二つの運動が明瞭に区別される事なく混同されたままであったと述べている。すなわち Wertheimer(1912) は空間的に離れた二つの対象が時間において (60ms) 点滅した時、二つの対象間で滑らかな運動が知覚される場合を β 運動と呼び、その ISI が60ms 前後の時を最適時相と呼び、ISI が30ms 以下で両者が同時に知覚される場合を同時時相と呼んだ。そしてこの同時時相と最適時相の間で、二つの対象が互いに近傍に位置し、ISI=51ms、SOA=101ms の条件において対象の運動は知覚されないが対象の間を影のようなものが運動する「純粹運動 pure motion」、すなわち「対象のない運動 objectless motion」が知覚されることから、これを ϕ 運動として β 運動とは区別していたと述べている。この事は Wertheimer の提唱した ϕ 運動が Hayashi の v-movement の基礎となっていることを示唆するものであるが、彼らの論文において Hayashi(1990) は引用されておらず、彼らは β 運動と ϕ 運動の違いについて調べていくうちに Magni ϕ に至ったと思われる。また Hayashi(1990) においては当初から ϕ 運動が取り上げられていたわけではない。円環運動をする v-phenomenon における運動を同時時相になるまで速くした条件 (すなわち円環上に全ての黒丸が同時に提示されているように見える条件) より少し遅い条件において運動対象を特定することができない円環運動だけが観察される時があり、これを運動物体がない純粹な運動、「新たな仮現運動における純粹 ϕ (Pure- ϕ in new apparent movement)」と呼び、これは Wertheimer の純粹 ϕ と同じ現象であると考えた。このように Steinman, Pizlo & Pizlo(2000) とは異なり、Hayashi は v-movement と ϕ 運動を別の現象であると考えていたがその根拠としては、v-movement における最適時相よりもさらに速い条件に

において ϕ 運動が観察される点を指摘している。ただし Steinman, Pizlo & Pizlo(2000) の Magni ϕ と Hayashi(1990) の v-movement がほぼ同じ現象であること、さらに Hayashi が示す v-phenomenon と「新たな仮現運動における純粹 ϕ 」のどちらにおいても運動対象を特定することが困難であることを考えると、これらの関係について今後さらに検討する必要があるものと思われる。しかし本研究の主眼はそこにはないので、これについては今後の課題としたい。

Hayashi の影の運動、あるいは Magni ϕ の現象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)、明るさの位置変化を検知することによって働く energy-based motion detector、および前の刺激対象 (object) と次の刺激対象における色や形態など対象が持つ特徴の一致 (correspondence) を前提として働く feature-based motion detector のうち、前者だけが機能している状況と考えることができる。何故ならば、運動対象の特徴である黒丸の運動は知覚されず、黒丸の位置変化によって誘導される明るさの変化だけを手がかりとして運動が知覚されるからである。

しかし、我々が日常生活の中心視において観察する運動のほとんどはこの二つの検知機構が同時に働くことによって知覚される。energy-based motion detector だけが機能する数少ない経験のうちの一つは、周辺視において、何かはわからないが何かが動いたことだけはわかるという現象で、これはほとんどの人が経験したことがあるはずである。また、唯一 feature-based motion detector だけが機能する現象は、いわゆる Cavanagh & Mather(1989) において二次運動 (second-order motion) と呼ばれたものである。代表的な二次運動は、輝度変化を伴わない刺激のテクスチャの変化などによって知覚される運動であるが、この運動を日常生活におい

て経験することはほとんどない (Snowden, Thompson & Troscianko, 2012)。

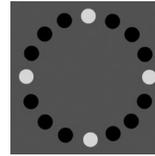


Fig.2 時計回りに円環運動する Hayashi の影の運動の軌跡上、上下左右の4カ所に青丸を円環運動に同期させて67msec 提示すると青丸が時計回りに円環運動する様子が観察される。

この「林の影の運動」における円環運動の軌跡上に、例えば Fig.2に白丸で示した上下左右の4カ所に色付きの丸 (たとえば青丸) を、その円環運動に同期させて提示した場合、実際は4点しか提示されていないにも関わらず、影の運動と一緒に青丸が円周上を一周するという運動が観察される。これは「影の運動による色の捕捉現象」(中村, 2016) と呼ばれる錯視現象であるが、これを上記の運動検知機構に当てはめて考えると、検知された energy-based motion に青丸という feature が捕捉されたものと考えることができる。当然ではあるが、影の運動を誘導する刺激を提示せずに色刺激のみを同じタイミング (267ms 間隔) で4箇所に提示した場合、円環運動は観察されず、断続的に提示された4点が観察されるだけである。さらに円周上の16の位置に黒丸を静止した状態で提示し、その上で上下左右の位置に順次色刺激を提示した場合も同様の結果である。このことは円周上の静止した黒丸の配置が色刺激の仮現運動を誘導している訳ではないことを示すものである。

Newsome, Mikami & Wurtz (1986) はヒトに仮現運動が生じる条件として、第1刺激と第2刺激のフラッシュライトの空間的距離と速度 (deg/sec) (2刺激の空間的距離を2刺激の時間間隔で除したもの) との関係について調べ、同じ条件におけるアカゲザル rhesus monkey の大脳皮質第一次視覚野

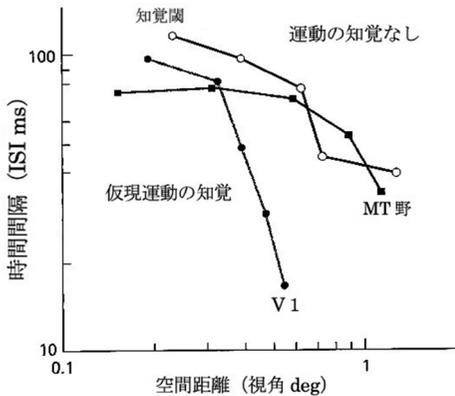


Fig.3 仮現運動が観察されるとき2刺激間のISIと空間距離の関係をV1(第一次視覚野)とMT野について調べたNewsome, Mikami & Wurtz (1986)の結果をMather(2009)が書き直したもので、知覚閾グラフの右上の条件では仮現運動が知覚されないことを示している。

(V1)および第5次視覚野(MT野)の反応についても調べた。そしてその実験結果をMather(2009)がまとめ直したものがFig.3である。この図からわかるように、V1およびMT野で反応が生じる(運動を知覚するためには第1刺激と第2刺激のISI(刺激間隔)が100ms以下であることが必要となる。影の運動によって捕捉される4点についてみると、誘導刺激三個分が空白すなわちISIに当たり、その時間間隔は200msとなるため、この条件ではスムーズな運動が知覚されないことが理解できる。

本研究は、この錯視現象(※注1)の紹介およびその知覚機序に関する議論とその検証を目的とするもので、そのために実施したさまざまな条件下での実験観察について以下に報告する。

2. 実験刺激作成方法

上記現象を含め、全ての動画刺激はAdobe Director ver.11を用いて作成した。基本的刺激においてはまずパソコンの液晶モニター上

(背景は灰色:#888888)に直径529ピクセル(118mm)の正円を描き、その円周を16等分(22.5度)に分けてそれぞれの位置に直径58ピクセル(12.9mm)の黒丸(#000000)を配置した。そして最上段の黒丸から順次反時計回りに67ms消しては再度提示することを繰り返した。これによって時計回りの影の運動が観察されることになる。影の運動が円環上を一周するのに要する時間は1067msとなる。もし消失している時間を倍の133msにすると、先に述べたように消えている位置にその隣にあった黒丸が反時計回りに次々と仮現運動をする様子が観察され、影の運動は観察されない。反時計回りの個別の仮現運動が一周するのに要する時間は2134msとなる。また液晶モニターにおいては一つの画面から次の画面が生じるまでの時間間隔はほぼ0msとなるため、仮現運動の条件設定で用いられるISI(前の刺激が消失して次の刺激が提示されるまでの時間)ではなく、SOA(前の刺激が提示されて次の刺激が提示されるまでの時間間隔)をここでは時間設定条件の指標として用いる。

上に示した影の運動が観察される条件において、上下左右(時計の12時、3時、6時、9時)の位置に誘導刺激が消えたタイミングで、それが消失している間(67ms)、誘導刺激と同じサイズの色刺激丸(#33FFFF:ライトブルー)を提示すると、この色刺激丸が16点の内4点しか提示されていないにも関わらず円環上を影の運動と一緒に回転運動している様子が観察される。この現象を「影の運動による色刺激の捕捉錯視」と呼ぶ。

以下にこの基本刺激をさまざまにアレンジし、そこで観察される現象を基にこの錯視の性質について考察していくことにする。

3. 実験観察1： 影の運動が捕捉できる空間的、時間的範囲

最も顕著に捕捉錯視が生じる条件は影の運動と同期して、その軌跡上の上下左右4点に色刺激を提示する場合であるが、その同期あるいは提示位置をずらした場合、上記のような捕捉が生じるのであろうか。本実験観察では Fig.4 に示すように、影の運動の軌跡から誘導刺激一つ分内側にずらして観察してみた。その結果捕捉現象は観察されたが、誘導刺激二つ分ずらした場合はスムーズな捕捉現象を観察することはできなかった。タイミングについては67ms 程度のズレ（色刺激の提示が遅れる）であれば捕捉現象を観察することができるが、それを超えると色刺激が影の運動を追いかける印象が強くなり、さらにズレが大きくなるにつれて影の運動と色刺激が乖離してくることが分かった。

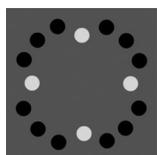


Fig.4. 影の運動を誘導する黒丸より50ピクセル捕捉刺激（青丸）を内側にずらした時の各捕捉刺激の位置。捕捉刺激の提示は影（黒丸の消失）と同期しているため、それぞれが提示される時その外側に黒丸は提示されていない。

局所的な運動（local motion）を検出する第一次視覚野の受容野の大きさ（視角 2° 以内）に比べて、全体的な運動の検出に関わっている MT 野（第5次視覚野）の受容野は視角 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 以内と広く（Tanaka, Hikosaka, Saito, Yukie, Fukada, & Iwai, 1986; Andersen, 1997）、そのために多少の空間的ずれが生じたとしても捕捉されるものと思われる。時間的ずれに関しては、影の運動から遅れるということはそこに空間的ズレが生じるというこ

とであるから、MT 野の受容野の大きさによってある程度は説明できるものと考えられる。ただし空間的、時間的ずれがどの程度まで許容されるかについてはさらに厳密な実験が必要と思われる。

4. 実験観察2： 影の運動の方向の予測が色刺激の捕捉を促進しているのか？

この錯視現象が生じる要因の一つとして、影の運動が円環運動をしているために動きの予測が容易で、そのことが色刺激の捕捉に関与しているのではないかという仮定が考えられる。そこでこの実験観察2においては影の運動を円環運動ではなく、Fig.5 に示すようなランダムに方向を変える循環運動とした場合に、これまで同様途中4箇所に提示された色刺激が捕捉されるか否かについて検証する。この循環運動事象では、いくつかの箇所においては次の移動方向が多義的であり、運動方向の予測が困難となっている。しかしこのような条件においても色刺激が捕捉されて影の運動の軌跡上を移動する現象が観察されることがわかった。この結果は運動方向の予測によって色刺激の捕捉が生じているわけではないことを示唆するものである。

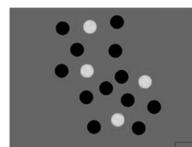


Fig.5 影の運動を誘導する黒丸とそれに同期して提示される捕捉刺激（青丸）の提示位置。この場合影の運動は循環運動するが、黒丸の移動に対して時間的に等間隔に青丸を提示した。

仮現運動については、これまでいくつかの研究で第1刺激と第2刺激の空間的中間地点に内的表象が形成されており（Yantis & Nakama, 1998; Hidaka, Nagai,

Sekuler, Bennett, & Gyoba, 2010)、その内的表象はMT野から第一次視覚野へのフィードバックによるものであることが報告されている (Sterzer, Haynes & Rees, 2006 ; Arstila, 2016)。この考えに従うならば、まず影の運動を知覚し、それによってその運動軌跡上に提示された刺激が捕捉されるものと考えられる。実際に上記の基本となる刺激を観察した知覚研究者の一部から、色刺激が提示された位置から遡って前の位置に色が知覚されるという報告もされており、これはMT野において生じた影の運動によって色刺激が捕捉され、それが第一次視覚野にフィードバックされることによって遡った位置に内的表象として色が知覚されていることを示唆するものと言えよう。

5. 実験観察3： 捕捉刺激の提示位置に規則性は必要か

これまでの影の運動による色刺激の捕捉現象において設定された条件では、正円を16等分し、正円上のそれぞれの位置に影の運動の誘導刺激を配置すると同時に色刺激を等間隔で上下左右の4点に提示した。この実験観察では円環上のランダムな位置に提示した場合でも色刺激の捕捉現象が生じるか否かについて検討する。観察条件として Fig.6(1)～(4) に示した4通りの位置に色刺激を提示したものをを用いた。(1)の位置に提示したのから一周するごとに順次右の配置へと提示する位置を変え、4つの円環運動が終わったら再度(1)に戻り、それを繰り返すという偽ランダム条件を設定した。図からわかるように隣合う色刺激間の時間的空間的距離が遠いものから近いものまで様々な位置に提示されているが、特に(1)と(2)では前の色刺激の位置から次の位置までの空間的距離が157.5度、時間的間隔(SOA)が467msという配

置も含まれている。

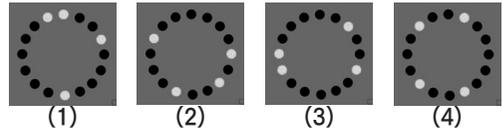


Fig.6 捕捉刺激(青丸)の提示位置をランダムに変えたシリーズを4種類準備し、それらを(1)から(4)まで繰り返し提示することで偽ランダム条件とした。

観察の結果、この刺激条件においてもこれまで同様の捕捉現象が観察された。この観察結果は、捕捉される色刺激が等間隔に提示される必要はないこと、一旦影の運動が知覚されると、その軌跡上であるならば色刺激同士の間隔、あるいは空間的距離が離れていても捕捉現象が生じることが理解できる。

6. 実験観察4： 円環上2点の捕捉刺激提示の場合、捕捉現象は生じるか？

先の観察では捕捉される色刺激の間隔が最大157度、時間的間隔が467msでも捕捉現象が観察されるということであったが、この円環上に提示される場合、その最大値は180度、533msである。すなわち、二つの色刺激が直径の両端にのみ提示されることになるため、提示され得る色刺激は自ずと2つだけとなる (Fig.7参照)。このような条件において捕捉現象が観察されるか否かを調べるのが本実験観察の目的である。

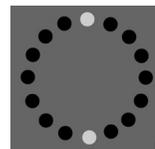


Fig.7 影の運動を誘導する刺激を青(#0000EE)、捕捉刺激をピンク(#FF66FF)と設定した場合、捕捉刺激の提示位置が上下の2点であっても捕捉現象が観察された。

これまで同様影の運動の誘導刺激を黒丸として円周の上下2点に色刺激を提示した場合、ある程度の捕捉現象は観察されるが、円環上の途中で灰色が見えるなど円環運動全体に色刺激が観察されることはない。しかし影の運動の誘導刺激として青(#0000EE)、上下2箇所に提示する色をピンク(#FF66FF)に設定すると円環全体の捕捉現象が観察される。



Fig.8 Hinton(2005)によって作成されたライラック・チェイサー。ライラック・チェイサーではグラデーションのあるピンクの丸を円環上に並べて Hayashi の影の運動と同様ではあるがゆっくり円環運動させるというものである。その結果、途切れた位置にそれまで提示されていた色とは補色の関係にある緑の丸がピンクの後を追うように円環運動する様子が観察される。

影の運動の誘導刺激を色付きの丸にする条件は、Hinton(2005)によって作成されたライラック・チェイサー錯視 (Fig.8) とほぼ同じ条件を備えている。この錯視においてもさまざまなヴァリエーションが存在するが、もっとも代表的なものでは中心から周辺に向かってグラデーションのあるピンクの円図形が図のように円環状に配置されており、本研究におけるゆっくり動く誘導刺激と同じように、順次時計回りに消失しては現れるというもので (従って影の運動は生じない)、観察者は図の中心点を凝視することによって、すなわち周辺視においてピンクの陰性残像による緑色の円がピンクの円の後を追うように知覚されるというものである。本実験観察で用いた色付きの刺激条件においてもライラックチェイサーと同じ現象が生じ、それが捕捉現象に関与していると考えられることもできるが、ライラックチェイサー錯視との間には次の点に

おいて決定的な違いがある。すなわち影の運動の誘導刺激は青であり、青の陰性残像の色はオレンジ色となるため、捕捉されて円環運動するピンクとは異なるという点である。従って本実験観察における現象はライラックチェイサー錯視とは異なり、明らかにピンク刺激が影の運動に捕捉されて円環運動していると理解される (※注2)。

しかし、捕捉刺激の2点提示において明瞭な捕捉現象が観察されるのは上記条件、あるいは誘導刺激、捕捉刺激のどちらも色がついている場合に限られるため、これまで示してきた捕捉錯視とは性質が異なることも考えられるため、今後さらに検討する必要があるものとする。

7. 実験観察5： 反対方向に向かう二つの影の運動それぞれに2種類の捕捉刺激が同時に捕捉されるか？

これまでの実験観察では、基本的に一つの影の運動に一種類の色刺激が捕捉される現象にさまざまなアレンジを加え、そこにおいて観察される現象を基にこの補足錯視の性質について検討してきた。この実験観察では時計回りの影の運動と反時計回りの影の運動を同時に誘導し、それぞれの影の運動に同期して提示された別々の色刺激が同時に捕捉されるか否かについて検討することを目的とする。

Fig.9に示すように、影の運動による補足錯視の基本刺激に以下のようなアレンジを加えて実験刺激とした。基本刺激では時計回りに円環運動する影の運動の誘導刺激は黒丸であったが、ここでは明るい青(#33FFFF)、それに捕捉される色刺激は赤(#FF0000)とした。さらにその明るい青の間に挟まれるように反時計回りの影の運動を誘導する刺激としてそれよりは若干小さい薄い緑丸(#66FF66)を配置した。それに捕捉される色刺激は赤と同じサイズで赤と同じ位置に提

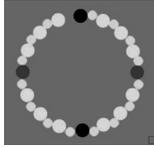


Fig.9 時計回りの影の運動を誘導する刺激を明るい青 (#33FFFF) (図では大きな丸)、それに捕捉される刺激は赤 (#FF0000) とした場合と、反時計回りの影の運動を誘導する刺激を薄い緑丸 (#66FF66) (図では小さな丸)、それに捕捉される刺激を青丸(#0033FF) とした時の刺激配置図を示す。この条件では時計回りと反時計回りのそれぞれの影の運動によって、それぞれに同期して提示された捕捉刺激が同時に捕捉される現象が観察される。

示される青丸 (#0033FF) とした。二つの影の運動の誘導刺激は同時に動き出し、同じ速度で円環運動をするため、赤丸と青丸は12時と6時の位置では重なり合うために、赤丸は上下左右の4点に提示され、青丸は3時と9時の2地点だけに提示されることになる。それぞれの刺激の提示時間および誘導刺激の消失時間は67msで、時計回り、反時計回りどちらの円環運動も円周上を一周するのに要する時間は1067msであった。

観察の結果、4箇所に提示された赤丸も2箇所にしか提示されなかった青丸もそれぞれの影の運動に捕捉されることがわかった(※注3)。ただし観察者の中には、それぞれの円環運動が反対方向へ一周するのではなく、12時の位置から同時に反対方向に回転を始め、6時の位置で互いに衝突して反発し、さらに12時の位置で再度衝突して反発し、円周の右側と左側だけを行ったり来たりするように回転するという現象を報告する場合もあった。ただしどちらの現象を報告した場合であっても、赤丸と青丸が同時に影の運動に捕捉されていることは明らかである。先述の実験観察4では特定の色刺激を用いた時のみ捕捉現象が観察されたが、本実験観察のように捕捉される色刺激が2箇所で重なり合う場合、互いの遮蔽関係が知覚され2箇所しか提

示されない場合でもその位置における遮蔽による補完が成立し、それが2箇所の提示だけでも捕捉を可能にするものと考えられる。この点については反対方向への二重の影の運動が知覚されることによってMT野の反応が強くなりその反応の強さに応じて捕捉されやすくなったと考えることもできるが、今後さらに検証する必要がある。

8. 実験観察6： 影の運動誘導刺激と捕捉刺激の形とサイズの違いが捕捉現象に及ぼす影響について

実験観察5において反時計回りの影の運動誘導刺激とそれによって捕捉される色刺激は提示される位置がズレていると同時に、そのサイズも異なっている。もしサイズが異なっても捕捉されるのであれば、形が異なった場合はどうであろうか。この実験観察においては誘導刺激と捕捉刺激の違いが捕捉現象に対してどのように影響するかという点について検討する。

これまで述べてきたように energy-based motion detector が単独で働いた結果、影の運動が知覚されると考えられるが、この検知機構は明るさの変化に基づく運動検出機構と言われており、もしそうであれば誘導刺激の形は影の運動を知覚する上ではほとんど関係ないことになる。そこで誘導刺激と捕捉刺激の形と大きさを異なるものにして、影の運動が知覚されるのであればその動きに同期して提示される捕捉刺激もどのような形であれ捕捉されるものと考えられる。そこで実験観察5で用いた刺激条件の内、反時計回りの影の運動を誘導する刺激の形を丸から四角に変えたものだけを取り出して観察した (Fig.10)。誘導刺激の色は薄い緑 (#66FF66) で捕捉刺激は青 (#0033FF) とした。捕捉刺激が提示される位置は上下左右の4箇所とした。

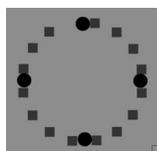


Fig.10 影の運動を誘導する刺激を正方形に変えた時の刺激の配置図。影の運動は反時計回りの円環運動をするが、上下左右にその運動と同期して提示された丸刺激がその運動に捕捉され丸刺激の円環運動が観察される。

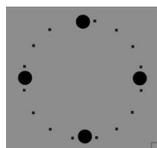


Fig.11 影の運動を誘導する刺激は円環状に並べられた小さい正方形である。この条件下では明瞭な捕捉現象を観察することはできない。

観察の結果、これまでの影の運動による捕捉錯視同様、青丸が捕捉される現象が観察された。このことから誘導刺激の形は関係ないことが明らかとなった。次に誘導刺激のサイズを小さくしたところ (Fig.11)、Fig.10に示した条件において見られるような明瞭な捕捉現象を観察することはできなかった。これは誘導刺激が小さいことによって影の運動に伴う V1 および MT 野の反応が小さくなり、そのために捕捉が不十分になったことが理由として考えられる。

9. 結論

通常我々が運動を知覚するほとんどの場合において energy-based motion detector と feature-based motion detector の二つの運動検知機構が同時に機能している。その結果特定の特徴 (形や色) を持った対象の運動が知覚されることになる。それに対して Wertheimer の ϕ 運動、Steinman et al. の Magni ϕ 、あるいは Hayashi の v-movement

のような、運動対象を特定できない純粋な運動だけが知覚される条件下においては、その軌道上に部分的に、しかもフラッシュ刺激として特徴を持った対象が提示されると本来の二つの運動検知機構が同時に働く運動知覚に戻そうとする機序が働き、影の運動が特徴を持つ対象をその動きに取り込んで通常の運動知覚に変容するものと考えられる。従って特徴を持つ刺激が捕捉された運動は既に影の運動ではなく、通常の運動知覚に変容しており、その結果として捕捉された刺激が影に代わって円環運動するように知覚されるものと考えられる。

注

※注1: 「影の運動による色の捕捉錯視」現象については「2016年度第8回錯視・錯聴コンテスト」においてグランプリを受賞しており、日本の錯視研究者によって新しい錯視現象として認定されている。

(<http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/sakkon/sakkon2016.html>)

※注2: 影の運動による2点捕捉錯視現象については「2017年度第9回錯視・錯聴コンテスト」において準グランプリを受賞している。

(<http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/sakkon/sakkon2017.html>)

※注3: 反対方向に円環運動する二つの影の運動によって2種類の色刺激が同時に捕捉される錯視現象には「2018年度第10回錯視・錯聴コンテスト」において準グランプリを受賞している。

(<http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/sakkon/sakkon2018.html>)

引用文献

- Andersen, R. (1997). Neural Mechanisms of Visual Motion Perception in Primates. *Neuron*, **18**, 865–872.
- Arstila, V. (2016). Theory of apparent motion. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, **15**, 337–358.
- Boring, E. G. (1942). Sensation and perception in

- the history of experimental psychology. New York: Appleton, Century, Crofts.
- Cavanagh, P. & Mather, G. (1989). Motion: The long and short of it. *Spatial Vision*, **4**, 103-129.
- Hayashi, K. (1990). The new apparent movement: v-movement. *Gestalt Theory*, **12**, 3-32.
- Hidaka, S., Nagai, M., Sekuler, A., Bennett, P., & Gyoba, J. (2010). Suppression of pattern detection in apparent motion trajectory. *The Japanese Journal of Psychonomic Science*, **29(1)**, 81-82.
- Hinton, J.L. (2005). <https://michaelbach.de/ot/col-lilacChaser/>
- Mather, G. (2009). Foundations of Sensation and Perception. 2nd ed. Psychology Press.
- 中村浩 (2016). <http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/sakkon/sakkon2016.html>
- Newsome, W. T., Mikami, A. & Wurtz, R.H. (1986). Motion selectivity in macaque visual cortex. III. Psychophysics and physiology of apparent motion. *Journal of Neurophysiology*, **55**, 1340-1351.
- Snowden, R., Thompson, P. & Troscianko, T. (2012). Basic Vision. An Introduction to Visual Perception (rev. ed.) Oxford University Press.
- 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.
- Sterzer, P., Haynes, J. D., & Rees, G. (2006). Primary visual cortex activation on the path of apparent motion is mediated by feedback from hMT+/V5. *Neuroimage*, **32(3)**, 1308-1316.
- Tanaka, K., Hikosaka, K., Saito, H., Yukie, M., Fukada, Y. & Iwai, E. (1986). Analysis of Local and Wide-Field Movements in the Superior Temporal Visual Areas of the Macaque Monkey. *The Journal of Neuroscience*, **6**, 134-144.
- Yantis, S. & Nakama, T. (1998). Visual interactions in the path of apparent motion. *Nature Neuroscience*, **1**, 508-512.
- 大山 正、鷺見 成正 (2014). 見てわかる視覚心理学 新曜社
- 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.
- Wertheimer, M. (1912). Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung. *Zeitschrift für Psychologie*, **61**, 161-265.

