

規則的移動刺激に対する視覚的注意特性

大橋 智樹

宮城学院女子大学 学芸学部 〒981-8557 仙台市青葉区桜ヶ丘 9-1-1

E-mail: ohashi@mgu.ac.jp

あらまし 視覚的注意の移動特性に関する研究では、注意が視野内の二点間を移動する方略について検討するものが多かったが、本研究では、規則的に運動する刺激に対して視覚的注意がどのような特性をもって定位されるかについて3つの実験によって検討した。いずれの実験でも、ターゲットに先立って提示される刺激（先行刺激）が、仮想円上を規則的に移動する刺激事態を用いた。実験1ではターゲットの検出に単純反応時間課題を用い、実験2および実験3では弁別反応課題を用いて検討を行った。実験2では受動的注意の効果を検討し、実験3では能動的注意の効果を検討した。これらの実験から、先行刺激の移動方向とは逆の方向にターゲットが提示された場合に反応時間が短くなることから、規則的に移動する刺激に対しては、その移動方向に基づいた顕著性の計算が行われることが示された。

キーワード 視覚的注意、規則的移動刺激、顕著性

Attentional mechanisms for the orderly moving stimulus

Tomoki OHASHI

Department of Cultural Study, Miyagi Gakuin Women's University

9-1-1 Sakuragaoka, Aoba-ku, Sendai, 105-0123 Japan

E-mail: ohashi@mgu.ac.jp

Abstract For investigating the property of the attentional spotlight moving, most of the study concerned to examine how the attentional spotlight moves between two locations. In this study, three examinations were conducted for investigating how the attentional spotlight allocates for the moving stimulus in an orderly manner. The cueing stimulus with orderly moving was used for the all experiments. The simple-reaction-time task was used for experiment-1, and the discrimination-reaction-time task was used for experiment-2 and 3. Involuntary components were examined in experiment-2, and voluntary components were examined in experiment-3. These results shows that the reaction time for the opposite direction of the orderly moving stimulus was shorten, and it indicates the saliency is calculated based on the direction of the moving stimulus.

Keyword Visual attention, orderly moving stimulus, Saliency

1. はじめに

注意の移動特性に関する研究で従来用いられてきた手続きとしては、手がかり刺激とSOAを用いて、注意が2点間をどのように移動するかを求めるものが多かった。移動する刺激に対する注意の特性を扱った研究としては、線運動錯視課題(Illusory line motion task)を用いたHikosaka et al. (1993)がある[1]。彼らは、ディスプレイの仮想円上に4個の青い点を等間隔に提示し(4点は正方形を形成する)、これらを同時に反時計回りに移動させた。移動中にこのうちの一点の輝度を短時間だけ高くさせる。4点はそのまま移動を続け、90°回転したのちに4点のうち2点(輝度変化を生

じた点と輝度変化を生じた場所)を端点とする線分が提示される。被験者は、この線分がどちら側から引かれたように感じたかを判断する。この実験は、注意が“位置 location”に引かれるのか、それとも“もの object”に引かれるのか、を検討した研究であるが、もし、注意が“位置”に対して向けられるのであれば線運動錯視は輝度変化を生じた位置から輝度変化を生じた点に対して生じ、“もの”に対して向けられるのであれば、逆の結果が得られると予想される。結果は後者であり、この実験からは注意が“もの”に対して向けられていると結論づけられている。

一方、Hikosakaらの文脈とは異なるが、この実験結

果を移動する刺激に対する注意の特性という観点から考察し直すと、輝度変化があった刺激に対しては、その時点で注意がその刺激に対して捕捉され、その刺激の移動にもなって注意の焦点も移動し続けるということになる。

もし、刺激が同一円上を規則的に移動していた場合、スポットライトはその時点においてもっとも顕著性の高い位置、すなわち、刺激提示位置に焦点化する。このポップアウト刺激が消滅した場合は、どうなるであろうか。従来の知見から推測される結果は、スポットライトが最後のポップアウト刺激の位置で停止するというものである。一方、もしスポットライトが慣性移動をしている場合は、刺激の規則的な移動が継続されているかのようにふるまうと考えられる。本研究においては、このような刺激事態における視覚的注意の移動特性を探ることを目的とした。

2. 実験 :単純反応時間課題による受動的注意の検討

2.1. 目的

研究では、最もシンプルな手続きとして、ターゲットに対する単純反応時間課題を用いた検討を行った。手続きとしては、規則的な回転運動をする刺激を継続的に提示し、その刺激を突然消失させた後に、ターゲットを提示して反応を行わせることとした。

2.2. 方法

被験者: 正常な視覚機能を有する東北大学の学生 8 人。全ての被験者は正常な視覚機能を有していた。

刺激と装置: 刺激は、パソコン(EPSON 385S)で制御し、ディスプレイ(MITSUBISHI RD - 17G II)に提示した。刺激は全て黒色背景上(0.7cd/m²)に白色(193cd/m²)で提示した。また、円形刺激は視角 11° で、注視点から 2.58° 離れた仮想円上の 8ヶ所に 1つずつ提示した。ターゲットには視角 5° の円形刺激を用いた。

手続き: 被験者の課題は注視点を中心とした仮想円上の 8ヶ所のいずれかに提示されるターゲットを検出することである。被験者にはキー押し反応によってターゲットを検出させ、その反応時間を測定した。

実験では仮想円上の 8ヶ所を先行刺激である円形刺激が時計回り方向に規則的に移動しながら提示される。先行刺激の提示時間は 35msec.ec、ISI は 141msec.ec。先行刺激は仮想円上 8ヶ所のランダムな位置から移動を開始し、最低 1 周を規則的に移動したのちにランダムな位置で消失する。その後、ターゲットをランダムな位置に、141msec.ec の時間間隔(先行刺激の提示タイミングと同一)をおいて提示した。

ターゲット提示位置は、最終先行刺激の位置を基準として時計回り方向を相対的プラス、反時計回り方向

を相対的マイナスとして、それぞれ 3 段階に設定した。

2.3. 結果と考察

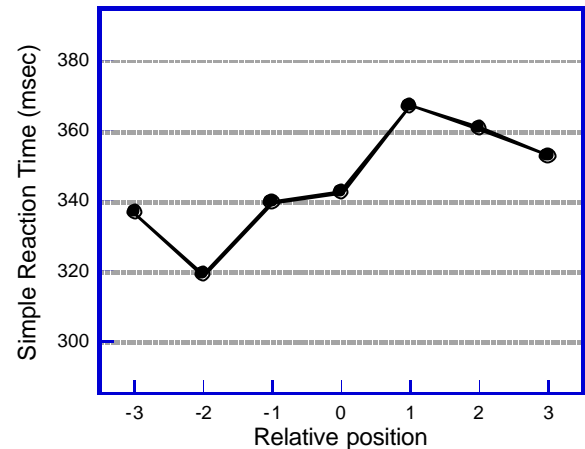


図 1: 単純反応時間課題における先行刺激の効果

実験の結果、プラスの提示位置で抑制効果がみられ、マイナスの提示位置で促進が生じた [$F(6,42)=20.05$, $p=.0001$]。この結果は、注意の移動は慣性特性から予測される結果とは逆の傾向を持ち、さらに、従来の知見から考えられる最終先行刺激の提示位置における促進もみられなかった。

視覚的注意のスポットライトは視野内に追加された新規な刺激に対して自動的に捕捉されるという特性(新規対象説)がある[2][3]。本研究で得られた結果は、この新規対象説によって説明できると考えられる。

すなわち、マイナスの提示位置は、先行刺激の時計回りへの継続的な運動と比較すれば運動方向が逆であり、プラスの提示位置では同方向の運動となる。逆方向への提示は運動方向として新規であるため、その刺激は新規刺激として顕著性が高くなり、反応は促進される。一方、同方向への提示は運動方向としては先行刺激と同質であるため、刺激の顕著性が低く、反応は抑制されるのである。

実験からは、視覚的注意の特性として慣性移動の特性はみられないことが明らかにされ、さらに、従来の知見から推測される結果とも異なる結果が得られた。これらの結果は、視覚的注意には、先行刺激の継続的な移動を前提としてその移動方向に基づいた顕著性の計算がなされるという移動特性が存在することを示唆するものである。

3. 実験 :弁別反応時間課題による受動的注意の検討

3.1. 目的

実験で得られた知見をさらに詳細に解析するため、弁別反応時間課題による検討を行った。また、最終先行刺激とターゲットとの時間間隔を 3 条件設定し、

先行刺激の規則的な移動リズムと反応との関連を検証した。さらに、先行刺激が移動しない標準的な posner paradigm と同等の手続きを設定し、両者を比較した。

3.2. 方法

被験者: 東北大学の学生 8 人 (男性 4 人, 女性 4 人) を被験者とした。全ての被験者は正常な視覚機能を有していた。

刺激と装置: 刺激は、コンピュータ(EPSON 385S)で制御し、ディスプレイ(MITSUBISHI RD - 17G II)に提示した。全ての被験者は頭部を顎台で固定し、両眼で 115cm 離れたディスプレイの中心部分を注視させた。刺激は全て黒色背景上(0.7cd/m²)に白色(193cd/m²)で提示した。また、円形刺激は視角 11° で、注視点から視角 2.58° 離れた仮想円上の 8ヶ所に 1つずつ提示した。ターゲットは注視点から 2.36° 離れた一辺が 13.5° の線分で構成された十字刺激(+)とその刺激を 45° 回転させたクロス刺激(x)を用いた。

先行移動刺激は仮想円上の 8ヶ所のいずれかから出発し、最低 1 周移動した後、ランダムな位置で消失する。ターゲットは、先行移動刺激の消失後 8ヶ所いずれかの位置に等確率で提示され、被験者はその弁別をおこなう。

手続き: 実験は、先行刺激が規則的に移動する条件と、移動しない条件(最終先行刺激のみが提示される)との二つの条件を設定した。

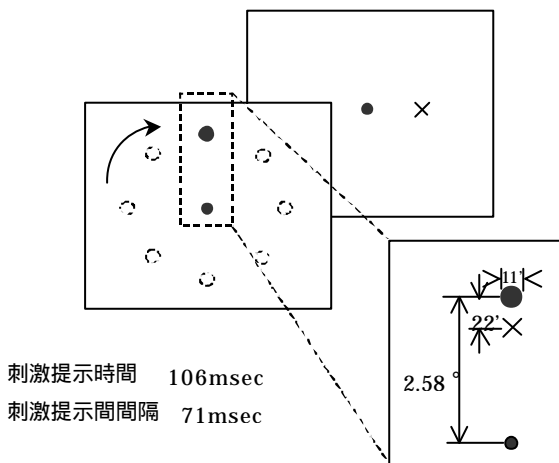


図 2: 実験 で用いた刺激のサイズおよび刺激布置

両条件で共通の手続き 被験者の課題は注視点を中心とした仮想円上の 8ヶ所のいずれかに提示されるターゲットを弁別することである。被験者にはターゲットが x であったか + であったかをキー押しによって報告させ、その弁別反応時間を測定した。誤った反応の場合、もしくは反応が遅い場合にはピープ音を鳴らしエラーであることをフィードバックした。

先行刺激移動あり条件 試行はまず仮想円上の 8ヶ所を先行刺激である円形刺激が時計回りに移動しなが

ら提示される。先行刺激の提示時間は 106msec. で、刺激提示間隔(ISI)は 71msec. である。先行刺激は仮想円上 8ヶ所のランダムな位置から移動を開始し、最低 1 周を規則的に移動したのちにランダムな位置で消失する。その後、ターゲットがランダムな位置に、あとに述べる 3 種の時間間隔をおいて提示された。このターゲットに対して被験者が弁別を行った。

先行刺激移動なし条件 この条件が先行刺激移動なし条件と異なるのは、先行刺激が一ヶ所にだけしか提示されないことだけである。先行刺激は、仮想円上の 8ヶ所のうち 1ヶ所に 1 回だけ提示され、続いてターゲットが 3 種類の時間間隔(177・266・354msec.) おいて提示される。

実験デザイン

両条件における要因は 2 要因からなり、それぞれをターゲット提示位置(提示位置)とターゲット提示遅延(提示遅延)とした。

提示位置要因は、最終先行刺激の位置を基準として、その位置から時計回り方向の位置を相対的にプラス、反時計回り方向の位置を相対的にマイナスとして、それぞれ 3 段階を設定した。この 6 水準に最後の先行刺激と同じ提示位置(±0)と注視点をはさんで反対側の提示位置(±4)とを加えた 8 水準が提示位置の水準となる。ただし、先行刺激移動なし条件では、刺激の移動がないため相対的なプラス・マイナスの方向が規定されないために、相対位置を ±0 から ±4 までの 5 水準とした。

提示遅延要因では、最終先行刺激の提示からターゲット提示までの時間間隔を変数とした。この要因では、先行刺激の SOA を基準として、その間隔と同じ SOA(177msec)、その 1.5 倍の SOA(266msec.)、その 2 倍の SOA(354msec.) の 3 水準を設定した。したがって本実験は提示位置(8 水準) × 提示遅延(3 水準)の二要因実験計画となる。

3.3. 結果

先行刺激移動あり条件 図 3 は、ターゲット提示位置を関数とした弁別反応時間を示したものである。提示位置 × 提示遅延の二要因分散分析を行ったところ、両要因の主効果に有意差がみられた[それぞれ、F(7, 49)=6.07, p=0.000, F(2, 14)=70.46, p=0.000]。また、提示位置と提示遅延の交互作用にも有意差がみられた[F(14, 98)=3.55, p=0.001]。

提示位置についての下位検定では、先行刺激の継続移動によって、プラス位置での反応が延長する傾向が示され、提示遅延についての下位検定では遅延時間の延長にともなって反応時間が短くなることが示された。提示位置と提示遅延の交互作用の下位検定では、遅延時間がのびるとプラス位置における反応時間が短縮し、

提示位置の単純単純主効果が消失することが示された。

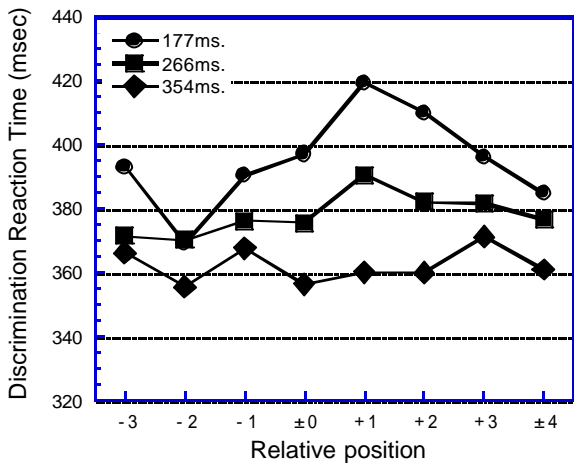


図 3：先行刺激移動あり条件における先行刺激の効果
提示遅延の延長にともなって最終先行刺激とターゲットとの相対距離を関数とする反応時間の変動が少なくなっている。特に、プラスの位置での変動が減少している

先行刺激移動なし条件 図 4に各相対位置における弁別反応時間を示した。提示位置 × 提示遅延の 2 要因分散分析を行ったところ、両要因の主効果に有意差がみられた[それぞれ, $F(4,28)=3.06, p<.05, F(2, 14)=10.66, p<.01$]。交互作用は有意ではなかった。

提示位置について下位検定を行ったところ、最終先行刺激からターゲットの提示位置までの距離が延びることにより、反応時間も延長する結果となった。提示遅延についての下位検定では、先行刺激が移動する条件で得られた結果と同様に、遅延時間の延長にともなって反応時間が短くなることが示された。

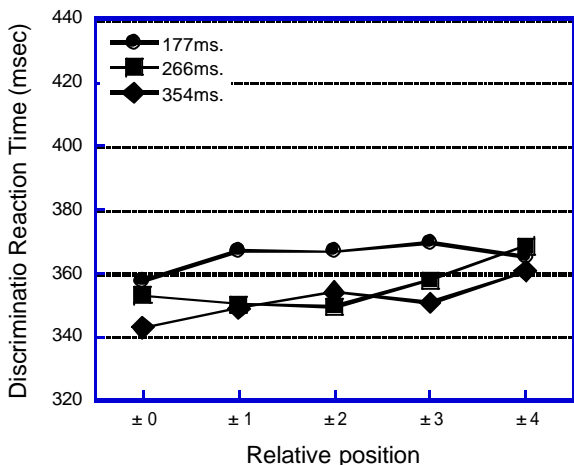


図 4：先行刺激移動なし条件における先行刺激の効果
最終先行刺激とターゲットの相対位置が近くなると弁別反応時間は短縮する。また、提示遅延の延長にともなって、反応時間は短縮する傾向がみられた

3.4. 考察

実験 では、先行刺激が規則的に継続移動をするときの視覚的注意の特性を検討した。もし、視覚的注意

の焦点が先行刺激の継続移動によって慣性を生じているのであれば、先行刺激が不意に消失した場合には最終先行刺激の一つ先の位置に移動しており、その部位において視覚的注意の影響がみられると考えた。

結果は、実験 とほぼ同じ傾向を示した。最も顕著な変動を示した先行刺激移動あり条件の提示遅延 177msec.での結果はプラスの位置での抑制とマイナスの位置での促進を示した。先行刺激移動なしの条件では反応時間の変動がほとんどないことから、この 177msec.条件で得られた大きな変動は、先行刺激の継続移動によって生じたことは明らかである。それでは、先行刺激が規則的に移動を継続していた場合に、なぜこのような結果が生じるのであろうか。

これまでの研究で視覚的注意は顕著性の高い刺激にひきつけられやすいことが明らかにされている[3][4]。本実験における刺激の顕著性は、先行刺激の継続移動の影響によって決定されたと考えられる。すなわち、継続移動によって視覚的注意は時計回りの方向に“慣れ(habituation)”を生じ、刺激への“慣れ”は抑制を生じさせる。特に + 1 の提示位置は最も“慣れ”の影響を大きく受ける。この“慣れ”の影響によって + 1 の位置に提示される刺激は顕著性が低く計算され、その結果として反応が遅延したと考えられる。また、継続移動方向とは逆の方向（反時計回り方向）へ刺激が提示された場合には、時計回り方向に提示された場合よりも顕著性が高くなる。したがって、マイナスの位置では反応が促進されることになったと考えられる。

また、本実験の手続きにおいては、最終先行刺激の提示位置とターゲットの提示位置との間に相関がなかった。すなわち、いずれの提示位置に対しても均等な提示確率で提示が行われていた。したがって、被験者はターゲットの提示位置に関して全く予期できない状態にあり、得られた効果は受動的注意の影響によるものといえよう。

この結果は、また、移動方向によって顕著性が定義されるという視覚的注意の新しい特性も示している。これまで取り上げられてきた顕著性の定義には、輝度、色、方位の違いといった時間変数を考慮する必要の少ない刺激特性が多かった。また、輝度の変化や色の変化、運動などの時間的変化も顕著性を決定するが、これらも非常に一過性の変化で生じる刺激特性である。本実験で用いられたような持続的な刺激の変化、すなわち、継続的な移動方向という刺激特性から刺激の顕著性を決定されることはこれまでにない知見であり、視覚的注意の持続的特性の解明に寄与するものと考えられる。

さらに、提示遅延の延長は、反応時間を全体的に短

縮する効果と、先行刺激の継続移動による影響を軽減させる効果を持っていることが明らかにされた。これらの結果は、先行刺激の運動方向によって刺激の顕著性が決定される効果が、最終先行刺激提示後わずか350msec.しか持続しないことを示唆するだろう。反応時間の全体的な短縮は、本実験の課題において提示遅延がのびることによって反応しやすくなるという最適時間間隔の影響とともに、効果の消失によって反応への干渉が低減されたことを示しているかもしれない。

また、継続移動のない条件では、最終先行刺激の位置からターゲットの提示位置が離れるにしたがってわずかに反応時間が延長する傾向が示された。この結果は、先行刺激とターゲットとの距離を関数として反応時間が影響を受けることを示すことから、注意はサーチライトのように途中の地点を通過しながら連続的に視野を走査し、目的部位に達するとするアナログ移動モデル[5][6]を支持する可能性もある。

4. 実験 : 弁別反応時間課題による能動的注意の検討

4.1. 目的

実験においては、刺激の規則的な継続移動によって注意に慣性移動は生起せず、継続移動の方向とは逆の方向への刺激提示が高い顕著性を持つことが明らかになった。また、この効果は受動的注意の影響によって生じていることも示された。

それでは、同じ手続きを用いて、能動的注意の条件も付加した場合はどのような効果が得られるであろうか。すなわち、事前にターゲットの提示される位置が高確率で予測できる場合には、被験者は意図的にその位置に対して注意を焦点化させていた方が反応効率は高くなる。この能動的注意のはたらきが加わった場合に、受動的注意のはたらきによって生じていたと考えられる実験で得られた効果はどうなるであろうか。たとえば、プラスの位置（最終先行刺激より時計回り方向の位置）に意図的に注意を向けさせた場合、継続移動による抑制効果は消失するのであるだろうか。

4.2. 方法

被験者: 正常な視覚機能を持つ大学生8人。全ての被験者は正常な視覚機能を有していた。

装置: 刺激は、ディスプレイ(MITSUBISHI RD - 17G II)に提示し、コンピュータ(EPSON 385S)で制御した。全ての被験者は頭部を顎台で固定し、115cm離れたディスプレイの中心部分を注視する。

刺激: 刺激は全て実験と同一のものを用いた。ただし、ターゲット提示位置の手がかり刺激は二つのターゲットを重ねたパターンとした(図5)。継続移動する先行刺激と区別するために、この手がかり刺激を特に

マーク刺激と呼ぶことにする。



図5: 実験に用いた刺激

手続き: 実験手続きや被験者の課題は実験と同一であるが、先行刺激の提示の前にマーク刺激が1ヶ所に提示される点が異なる。被験者には必ずマーク刺激が提示された位置へのターゲット提示の確率が高いことを伝え、したがって、その位置へ予め注意を向けておくことが素早い反応につながることを教示した。ターゲットは、50%の確率でマーク刺激が提示された位置へ提示し、残りの7ヶ所のいずれかへはそれぞれ約7%の等確率で提示された。ターゲットが提示される時間間隔（提示遅延）は実験において最も効果の現れた円形の先行刺激の移動タイミングと同じ177msec.のみとした。被験者には、実験と同様に、ターゲットの弁別を行わせ、その弁別反応時間を測定した。

実験デザイン

要因は2要因からなり、それぞれターゲット提示位置(ターゲット位置)、マーク刺激提示位置(マーク位置)とした。1)ターゲット位置: 実験(1)と同様。(-3 ~ ±4, 8水準)。2)マーク刺激提示位置: マーク刺激が提示される相対位置で、最終先行刺激との相対位置がそれぞれ -2, ±0, +2, ±4 に置かれ、4水準となる。

4.3. 結果

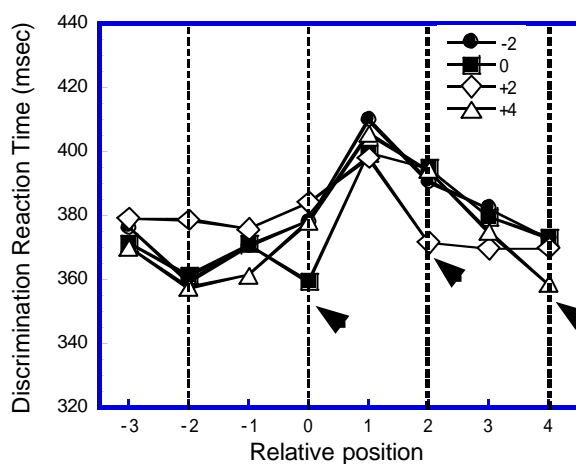


図6: 能動的注意要因を负荷した先行刺激の効果。マーク刺激の位置ごとにプロットした。垂直線はマーク刺激が提示された相対位置をあらわす。図中に矢印で示した相対位置で能動的注意の効果が生じている。

図6は相対位置を関数とした平均弁別反応時間を示したものである。得られた結果にターゲット位置×マーク位置の二要因分散分析を行った結果、ターゲット

位置の主効果に有意差がみられたが $[F(7,49)=20.64, p<.01]$, マーク位置の主効果はみられなかった $[F(3,21)=2.08, p=0.13, n.s.]$.また,交互作用が有意だった $[F(21,147)=2.16, p<.01]$.

ターゲット位置の主効果ついでの下位検定では,実験と同様にプラス位置での反応時間が遅延し,マイナス位置では短縮する傾向が示された.交互作用についての下位検定では, - 2 , ± 0 と + 2 の相対位置においてそれぞれ + 2 , ± 0 , + 2 の位置にマーク刺激が提示された場合に反応時間が短くなる傾向が示された.

4.4. 考察

先行刺激の継続移動による効果は,実験と同様に,プラスの位置での反応遅延とマイナス位置での反応促進がみられた.これは,能動的注意を条件として投入したにもかかわらず,先行刺激の移動方向によって顕著性が決定され,反応に影響があらわれたものといえる.一般に能動的注意の影響は,受動的注意に比べて効果の立ち上がりが遅く,効果の大きさも小さいことが示されているが[7],本実験でもやはり能動的注意の影響はそれほど大きなものではなかったといえよう.

しかし,ターゲット位置とマーク位置の交互作用からは,マーク提示位置のうち, ± 0 と + 2 の位置でマークの単純主効果があり,この位置においては能動的注意の効果が発揮されたと考えられる.ほかの位置へのマーク提示による効果は示されていないが,これは,先行刺激の継続的な移動方向とは逆の方向へ顕著性が高まりやすいという特性があるために,それ以上の効果があらわれなかったものと考えられる.

また,マーク提示位置が + 2 の条件では, - 2 の位置においてほかの条件よりも有意に遅くなるなど,独特の反応時間の変動パターンを示している. + 2 の位置は,最も先行刺激による抑制が大きいため,マーク刺激に対する能動的な注意との競合が大きく生じ,それによって全体のパフォーマンスが変化したと考えられる.

5. まとめ

本研究は,規則的に移動する刺激に対して視覚的注意がどのように定位されるかを単純反応時間課題および弁別反応時間課題を用いて検証した.この結果,両課題ともに規則的に移動する刺激の移動方向と同一の方向に対しては反応時間が延長し,逆方向に対しては短縮されることが明らかとなった.また,この効果は先行刺激の提示タイミングと同期してターゲットが提示された時に最も大きいことが確認された.

これらの効果は,先行刺激が規則的に移動することによって,その移動方向に基づいて顕著性が計算され,

注意焦点が定位したことを示すといえる.視覚的注意の定位を決定する顕著性の計算は,これまで,提示された静的な状態における属性間の関係において計算されると考えられてきたが[4],本研究においては,ある程度長い時間経過の中における動的な要因に基づいて計算が行われていることを示した.

さらに,これらの効果が刺激の属性とどのような関係にあるかについても検討を行っている.この研究では,移動刺激が先行刺激として提示されるのではなく,実験中は継続して円運動をし続けており,より動的な刺激事象とした.このような刺激事象において,移動刺激とターゲットの色属性の関連を操作した結果,異なる属性をもつターゲットよりも同じ属性を持つターゲットに対して,移動刺激がより大きな効果を与える可能性も示唆されている[8].

これらは,従来の静的な視覚的注意研究の成果に動的な側面を加える研究といえ,新たなメカニズムの解明に向けてさらに検証を加えていく予定である.

文 献

- [1] Hikosaka, O., Miyauchi, S., & Shimojo, S. Voluntary and stimulus-induced attention detected as motion sensation. *Perception*, 22, pp.517-526., 1993.
- [2] Yantis, S. & Hillstrom, A. P. Stimulus-driven attentional capture: evidence from equiluminant visual object. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 20, pp.95-107, 1994.
- [3] Theeuwes, J. Exogenous and endogenous control of attention: The effect of visual onsets and offsets. *Perception & Psychophysics*, 50(2), 184-193., 1991.
- [4] Koch, C., & Ullman, S. Shifts in selective attention: Towards the underlying neural circuitry. *Human Neurobiology*, 4, pp.219-227., 1985.
- [5] Shulman, G. L., Remington, R. W., & McLean, J. P. Moving attention through visual space. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 5, pp.522-526., 1979.
- [6] Tsai, Y. Movements of attention across the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 9, pp.523-530., 1983.
- [7] Posner, M. I. Orienting of attention. *Quarterly of Journal of Experimental Psychology*, 32, pp.3-25., 1980.
- [8] 大橋智樹, “規則的な刺激移動が視覚的注意の定位に及ぼす影響 刺激の属性関係による効果の違い”, 東北心理学研究第52号, p.51., 2002.