

Title	視覚的注意における能動的動作の重要性
Author(s)	内藤, 宏; 木村, 貴彦; 三浦, 利章
Citation	大阪大学大学院人間科学研究科紀要. 2006, 32, p. 307-326
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/3834
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

視覚的注意における能動的動作の重要性

内 藤 宏

木 村 貴 彦

三 浦 利 章

目 次

1. 序論
2. 心理学研究における能動的動作
3. 視覚的注意と能動的動作
4. まとめ及び現実場面への示唆

視覚的注意における能動的動作の重要性

内藤 宏

木村 貴彦

三浦 利章

1. 序 論

1.1 はじめに

我々は何らかの目的を持って行動する能動的な存在である。その行動を支える背景には、外界の刺激を獲得し、知覚的・認知的処理を行い、運動を制御するという一連の過程がある。日々の我々の行動を理解する上で、心的処理と運動制御の相互作用を明らかにすることが重要である。

しかしながら注意研究においては、実験室内で厳密に統制された環境内で行われた実験による知見が多く、「実際の行動場面 (フィールド) で視覚的注意を実験的に検討した研究は少ないのが現状である」(三浦, 2003, p.295)。また、基礎的な実験では実験参加者の反応に恣意的なもの(例えばキーを押す, 口頭で報告する)を割り当てた場合が多い。得られた知見を実際の行動場面へ適用するためには、目的のある能動的な動作を反応課題とし、能動的動作が注意の特性に及ぼす影響、あるいは逆に注意の特性が運動制御に及ぼす影響を検討することを欠くことはできない。

1.2 視覚的注意の空間的特性

注意はひとつの概念ではなく、いくつかの心理学的現象の総称である (e.g. Neumann, 1987; Styles, 1997)。そこで機能面から分類すると次の4つに大別される。集中的注意 (focused attention), 選択的注意 (selective attention), 分割的注意 (divided attention), 予期・期待 (anticipation, expectancy) である(三浦, 1996)。視覚的注意の空間特性については、選択的注意や予期・期待といった機能を中心に検討される。

注意によって処理が促進されるのは限られた範囲である。このことは、弁別すべきターゲット文字の周囲にディストラクタ文字が存在した場合に、それが視角 1° 程度の範囲内になければ干渉効果が見られないということから、範囲が非常に小さなスポットライ

トに喩えられ (Eriksen & Eriksen, 1974), 焦点的注意 (focal attention) とも呼ばれる。また, 注意の焦点の大きさは可変的であるが, 大きくなると全体的な処理の促進程度が下がるというような, 範囲の大きさと処理の促進の程度にトレードオフの関係が見られるズームレンズにも喩えられた (e.g. Eriksen & St.James, 1986; Eriksen & Yeh, 1985). あるいは, 注意を向けている領域であっても, 均等に処理が促進されるわけではなく, その領域内でも勾配があることも示唆されている (e.g. Downing & Pinker, 1985; LaBerge & Brown, 1986). これらのことから, 我々は注意を移動させることによって外界から情報を効率よく選択していると考えられている。

さらに, 3次元空間における注意の移動は次のような表象に基づく特性があると仮定されている。ひとつは, 対象中心表象 (object-centered representation; e.g. Andersen, 1990) である。注意の移動は, 注意を向けている対象を中心に, その対象から遠ざかるにつれて効率が悪くなるというものである。例えば Previc & Blume (1993) は, 視覚探索パラダイムで研究を行い, 探索効率は固視点付近で高く, 固視点と異なる奥行き面にターゲットが提示された場合, 固視点から近い空間に提示された場合と遠い空間に提示された場合で反応時間に差がないことを示した。今ひとつは, 観察者中心表象 (viewer-centered representation; e.g. Downing & Pinker, 1985; Gawryszewski, Riggio, Rizzolatti, & Umiltà, 1987; Miura, Shinohara, & Kanda, 1994, 2002) である。注意を向けている対象から観察者に近い領域への注意の移動は, 観察者から遠ざかる領域への移動よりも効率が良いというものである。

以上まとめると, 視覚的注意の資源配分には2次元平面, 3次元空間それぞれで勾配があり, 対象中心表象に基づいていたり, 観察者中心表象に基づいていたりする。しかしながらこれらの基本特性は, 観察者が静止した状態で, 恣意的な反応を要求された実験によって明らかにされたものである。では, 観察者が能動的に動作を遂行している場合はどうであろうか?

2. 心理学研究における能動的動作

我々が適切な行動をとるためには, 環境内にある多くの情報の中から, 目的の行動に無関連な情報を捨て, 行なおうとしている行動に関する情報のみを選択的に処理する必要がある。ゆえに, 視覚的注意そのものの基本特性を調べる研究に加えて, 我々の能動的な動作が視覚的注意に及ぼす影響について研究することが必要である。この節でははじめに, 心理学研究における能動的動作とはどのようなものであるかを説明する。次に,

能動的動作を行なうときの視覚的注意を調べることの意義を、心理学的見地、神経生理学的見地から述べる。

2.1 能動的動作とは

我々の行動には多くの種類があるが、視覚的注意研究で議論されているのは最も基本的な下記のいくつかの運動である。3次元空間における我々の視知覚及び視覚的注意について論じた Previc (1998) は、行動学的及び神経心理学的知見に基づき空間を4つの領域に分類した。観察者に近い順から、①周身体領域 (peripersonal realm), ②焦点的身体外領域 (foral extrapersonal realm), ③行動的身体外領域 (action extrapersonal realm), ④環境的身体外領域 (ambient extrapersonal realm) とし、各領域において主となる運動系をそれぞれ、①リーチング動作, パーシュート眼球運動, サッケード, 輻輳, 頭部の運動, 胴体上部の運動, ②サッケード, ③頭部の水平方向の運動, サッケード, 胴体上部の運動, ④歩行, 頭部(首)の運動, であるとした(表 1)。つまり大別すると、眼球運動, 上肢の運動, 頭部の運動, 胴部の運動, そして移動である。

表 1. 3次元空間の各領域で主な働きをする運動 (Previc, 1998 table1 を元に作成)

運動系	3次元領域			
	周身体領域	焦点的身体外領域	行動的身体外領域	環境的身体外領域
	腕の運動	サッケード	頭部の運動	脚の運動
	パーシュート眼球運動		サッケード	頭部(首)の運動
	サッケード		胴体上部の運動	
	輻輳			
	頭部の運動			
	胴体上部の運動			

リーチング動作とはある位置から目的とする対象まで手を移動させる動作である。また、運動の最終的な目的に関してさらに分けることが可能である。研究者や研究目的によって多少異なるが、対象に触れる「ポインティング (pointing)」, 把持する「グラスピング (grasping)」, 持ち上げる「リフティング (lifting)」, 移動させて別の場所に置く「プレイング (placing)」に分類される。最も単純な動作がポインティングであり、この動作を課題とすることで、能動的動作をすることそのものが視覚的注意にいかに関与するかを検討することができる。次にグラスピングであるが、掴むという要素が加わるため、実験事態では立体の対象に対してなされることが前提である。さらに、掴む対象の大きさ、方向、あるいは形という属性に対する視覚的注意の働きを検討できよう。このことはリフティングでもプレイングでも同様であるが、連続した運動が続くという点でグラスピングとは異なる。このような動作の目的の違いが知覚過程や認知過程に影

響することが示唆されている (e.g. Fischer & Hoellen, 2004). また, リーチング動作の種類による効果の違いを検討する上でもうひとつ重要な概念が, 「弾道要素 (ballistic component)」と「修正要素 (corrective component)」という分類である (e.g. Gangitano, Deprati, & Gentilucci, 1998; Pratt & Abrams, 1994; Rizzolatti, Riggio, & Sheliga, 1994). 一般的に, リーチング動作が最高速度に達するまでの運動を弾道要素, 最高速度到達後の運動を修正要素とする. 弾道要素とは手を運ぶ運動であり, どのリーチング動作でも共通に含まれる要素である. 修正要素はリーチング動作の各運動によって異なり, ターゲット対象に触れる最後の制御段階を含んでおり, 動作の違いを検討する上でこの要素に焦点を当てることが多い.

2.2 心理学的見地

我々を取り巻く環境は無数の刺激で満たされているが, 我々はその全てを処理することはできないため, 選択することが必要である. ではその選択の方法はどのようなものであろうか?

注意の容量理論では, 注意容量には限界があり, 一度に全ての知覚・認知的処理を行うことができないために“選択”が生じると考えられた. ここで重要なのは, 我々は仮にできたとしても, 同時には少数の行為しか行なえないということである. また, 何らかの行為をするときには, それをどのように制御するかという問題を抱えている. つまり, 容量に限界があるかどうかとは無関係に, 我々は①どの行為を行なうのか, ②どのように (何に対して) 行なうのか, という選択を行なっているのである (Allport, 1987; Neumann, 1987). さらに Neumann (1987) は, 行為に関する選択をしなければならぬことが容量に限界を生じさせると述べている.

2.3 神経生理学的見地

神経生理学的な観点からも, 能動的動作の重要性は指摘されている. Schneider(1969) は対象の形や大きさといった物理的属性に関する視覚情報は腹側経路 (what 経路), 空間的位置に関する視覚情報は背側経路 (where 経路) で処理されることを示した. これに関連して Goodale and Milner (1992) は, 対象がどのようなものであるかを説明できるにもかかわらず, その対象を掴もうとすると大きさ, 形, 方向に関する情報を利用できないという頭頂葉に損傷を受けた患者の例を挙げて, 背側経路が知覚と運動の統合にとって重要であるとしている.

脳内で空間がどのように表象されているか, そして空間的注意について論じた

Rizzolatti, et al. (1994) によれば、背側経路を通じて伝達された信号はさらに下頭頂小葉 (inferior parietal lobule) における複数の回路で並列的に処理される。また、要求されている運動 (例えば眼球運動や上肢の運動) に応じて空間に関する情報処理の機構が異なる。特に上肢の運動に関しては、リーチング要素とグラスピング要素でも情報処理の機構は異なっており、リーチング要素については身体を中心とした座標軸に基づいて対象の空間情報が処理され、グラスピング要素については対象の空間情報ではなく、どのようにそれを掴むかに関する情報が処理される、とされている。

これらのことは、視覚的注意の基本特性について研究するに留まらず、能動的動作との相互作用を検討することの重要性を示唆している。

3. 視覚的注意と能動的動作

視覚的注意の中でも空間的注意はいくつかのパラダイムで検討されてきた。注意によって処理が促進される範囲を測る方法としてはフランカー (flanker) パラダイム (Eriksen & Eriksen, 1974)、空間内での注意の移動特性を調べる方法としては視覚探索パラダイム、先行手がかり (pre-cuing) パラダイム (Posner, Nissen, & Ogden, 1978; Posner, Snyder, & Davidson, 1980)が代表的である。能動的動作を行うときの選択的注意の特性についても同様のパラダイムを適用して研究が行なわれ、議論されている。

観察者の反応が、例えば指でのキー押し反応や口頭反応といった恣意的なものである場合、視覚的注意の資源分布がどのようなものであるかは、対象中心表象あるいは観察者中心表象といった表象が提案されてきた。これらは視覚的注意の基本的な空間特性を表したものであるが、能動的動作も何らかの表象に基づいて、計画され、実行されるはずである。では、能動的動作実行時の注意資源の分布はどのようなものであろうか？

3.1 ディストラクタの干渉効果からの検討

能動的動作を行なうときの視覚的注意の資源分布を検討する多くの研究では、複数の対象の中からターゲットを探し、ディストラクタを無視してターゲット対象にリーチング動作をするという課題が用いられてきた。この方法では、ターゲット対象への反応動作に対するディストラクタの干渉効果の大きさから注意資源分布を調べる。前提となっているのはフランカーパラダイムと同様の考え方である。すなわち、ディストラクタがターゲットへの反応動作と競合する別の内的反応を誘発すると仮定されている。ディストラクタ提示による反応時間の遅延は、ディストラクタへの反応の抑制に要した時間を

反映していると考えられ、その大きさ (干渉効果) をもって注意の資源分布を検討する。したがって、探索時の干渉に加えて、運動の準備及び制御の段階における干渉が検討されることになる。

Tipper ら (Howard & Tipper, 1998; Meegan & Tipper, 1998, 1999; Tipper, Lortie, & Baylis, 1992) は、リーチング動作の対象となるターゲット刺激と同時に、触れてはいけないディストラクタ刺激を提示し、ディストラクタの干渉効果の程度から注意資源の分布を検討した。Tipper et al. (1992) は、実空間でリーチング課題を適用して実験を行った。ボード(51cm×51cm)に3×3の行列状に配置されたボタンがあり、各ボタンのすぐ下には赤色と黄色のLEDがひとつずつ配置された(図1)。被験者は赤色のLEDが点灯すればそのボタンはターゲットボタン、黄色のLEDが点灯すればそのボタンはディストラクタボタンであると教示された。スタート位置は9つのボタン配列の手前と奥の2箇所であり、そのため運動方向も「近くから遠くへ」と「遠くから近くへ」の2種類があった。課題は赤色のLEDを検出し、黄色のLEDは無視してターゲット

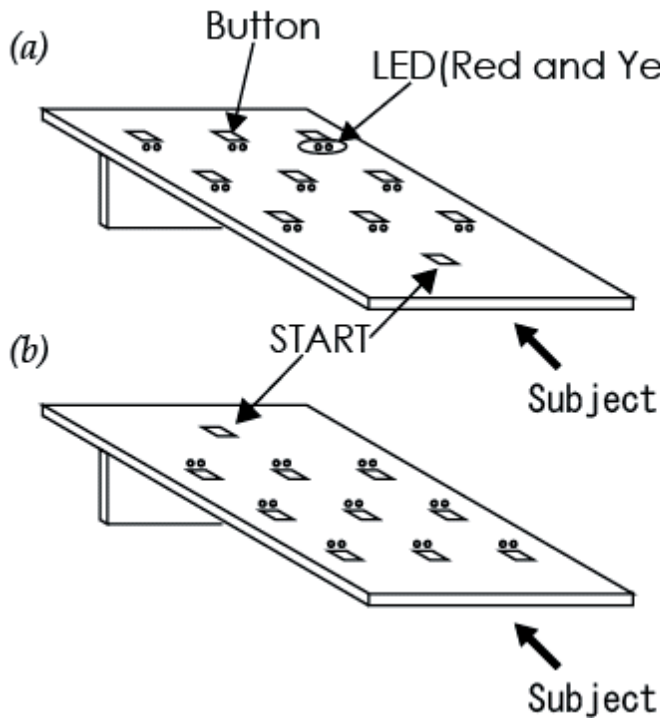


図 1. Tipper et al. (1992) で用いられた装置。(a)が手前からスタートする条件、(b)が奥からスタートする条件である。(Tipper, Howard, & Houghton, 1999 を元に作成)

ボタンをできるだけ早く押すことであった。ディストラクタボタンの位置を操作し、ディストラクタの干渉の大きさからリーチング動作実行時の注意資源の分布を検討した。結果は、どちらの運動方向でも、スタートとターゲットの間、及びターゲットと同行にディストラクタが提示された場合に、反応時間(ターゲットが提示されてからボタンが押されるまでの時間)の遅延が大きかった。このことから、その運動のスタート位置とターゲットの間に注意資源が多く分布していると結論付けられた。この結果は従来の対象中心表象説や観察者中心表象説では説明ができず、能動的な行為を遂行することが注意資源の分布に影響していると考えられ、行為中心表象 (action-centered representation) が提案された。また、スタート位置に近いディストラクタがより大きな干渉をもたらすことが示された (Meegan & Tipper, 1998)。

Tipper et al. (1992) では LED の点灯から運動完了までの時間を反応時間として検討したが、後の研究では、LED の点灯から運動開始までの時間 (運動開始潜時) と運動開始から運動完了までの時間 (運動時間) に分けて検討されている (実空間では Meegan & Tipper, 1998, 1999. コンピュータディスプレイを用いては Lyons, Elliott, Ricker, Weeks, & Chua, 1999; Pratt & Abrams, 1994 など)。例えばタッチスクリーンを用いて実験を行った Keulen, Adam, Fischer, Kuipers, and Jolles (2002) では、スクリーンに提示されているプレースホルダ間の距離が大きい場合に (20mm)、運動時間に関してスタート位置とターゲットの間にあるディストラクタの干渉が大きく、プレースホルダ間の距離が小さい場合 (5mm) ではターゲットを中心とした対称的な干渉効果が見られることが示された。これらの結果は、我々が複数の参照棒を持っていることを示唆している。つまり、ターゲットとディストラクタの全体的な位置は主に行為中心的な参照棒に基づいて、ターゲットとディストラクタの局所的な位置は主に環境中心的 (environment-centered) な参照棒に基づいてなされるとした。ただし、運動開始潜時については行為中心表象に基づいたディストラクタの干渉はなかった (他に Fiscier & Adam, 2001; Welsh & Elliott, 2004)。この運動開始潜時において行為中心表象に基づいたディストラクタの干渉効果が見られないことについては、ターゲット位置を同定する前に運動を開始するという方略を被験者が採っているのではないかと議論されている (Keulen et al., 2002; Meegan & Tipper, 1999; Welsh & Elliott, 2004)。

運動時間についてはさらに、弾道要素と修正要素に分けて分析されることもある。例えば Pratt & Abrams (1994) は、ディストラクタの影響は弾道運動段階では見られず、修正運動段階で見られるということを示している。

また、運動時間以外にも運動軌道、運動速度などが指標とされ、ディストラクタ刺激

が運動制御にどのように影響するかが検討されている。この場合に重要なのは、ディストラクタ刺激が潜在的な障害物であるかどうかである (Welsh, Elliott, & Weeks, 1999)。つまり、ディストラクタとして提示された刺激が、その刺激への反応を誘発するのか、その刺激への反応を抑制しなければならないのかが、運動制御を左右するということがある。Welsh et al. (1999) はコンピュータディスプレイを用いて刺激を提示したが、ターゲット刺激とディストラクタ刺激の両者ともに平面的であるため、ターゲットへのリーチング動作にとってディストラクタは障害物としての影響が小さいものと考えられた。このような事態ではディストラクタ刺激に近い位置へ向かうような運動が見られた。また、ディストラクタがターゲットより近くに存在しても遠くに存在しても同様の傾向を示した。一方で実空間で実験を行った Howard and Tipper (1997) では、リーチング動作はディストラクタから離れるような運動となったことから、ディストラクタ刺激は立体で存在し、障害物としての影響が大きかったものと考えられる。また、その影響はディストラクタがスタート位置に近い場合に見られた。このことは行為中心表象説を支持する結果である。

3.2 知覚的課題との二重課題法

運動準備あるいは運動の実行が注意の働きにどのような影響を及ぼすかについて、知覚的課題を副課題とした実験によっても検討されてきた。この場合の知覚的課題は遂行中の運動とは無関係なものである。例えば Fischer (1997) は、主課題をスタートボタンからターゲットボタンまでのリーチング動作とし、副課題にプローブ文字の同定を課した。机の上に置かれたキーボードを使い、リーチング動作は左右方向で行われた。具体的には、左右どちらかのボタンからスタートして正面にあるターゲットボタンを押す (inward 条件)、正面にあるスタートボタンから左右どちらかのターゲットボタンを押す (outward 条件) の 2 種類があり、inward 条件か outward 条件かはブロックで決まっていた。キーボードの上にはミラーが置かれ、その上に視覚刺激が提示された。ゆえに、被験者はミラーに提示された視覚刺激を見ながら課題を行った。試行開始時には左右両方の手が左右それぞれのスタートボタンに置かれ、どちらの手で運動するかを指示する手がかりは、視野中央に矢印 (<, >) で (実験 1, 2)、あるいは視野周辺に「#」(実験 3) で提示された。プローブ文字は左右どちらかの視野に提示された。被験者は手がかりを検出し、できるだけ早くターゲットに対して運動を開始することが要求された。手がかりとプローブ文字の提示に時間差 (SOA) を設定し、運動準備および実行と視覚的注意の相互作用について時間的側面も検討された。実験 1 では inward 条件のリーチ

ング動作と、指をスタートボタンから離すだけという条件とを比較した。リーチング動作条件の方がプローブ文字同定課題の成績が低かった。このことから、リーチング動作と知覚的処理が共通の認知資源を使用していることが示唆された。実験2では、どちらの運動方向条件 (inward 条件, outward 条件) でも、リーチング動作をする手と同側の視野 (例えば右手で反応する場合は右視野) にプローブ文字が提示された方が反対側に提示された場合よりも同定成績は悪かった。この結果から、運動準備と同定課題の処理が同じ脳半球で行われることで、干渉が生じたのではないかと議論された。しかしながら、周辺に運動手がかりを提示した実験3では、outward 条件では150ms以上では反対側の視野において同定成績が良かったが、inward 条件ではSOAが150ms以上で同側視野のプローブ文字の同定の成績が良かった。inward 条件に関しては、プローブよりも外側に提示された運動手がかりが外発的に注意を引きつけ、プローブ課題提示前の注意の焦点位置が運動手がかり位置周辺に移動したために、同側のプローブ文字の同定成績が高くなったのではないかと考えられた。一方運動実行中については、実験2,3では運動開始後にプローブ文字を提示した条件もあったが、運動実行中に提示されたプローブ文字の同定成績に、運動方向、プローブ位置、SOAが影響することはなかった。これらの結果は、運動準備と視覚的情報処理が認知資源を共有し、また、どのような運動をするかが視覚的注意の空間特性に影響することを示唆する。

同様にリーチング動作と無関係な視覚情報の知覚的処理を検討したものに、Schiegg, Deubel, & Schneider (2003) がある。彼らはブロックの端を掴むという行為を行っているときの注意がどこに向けられているかを検討した。主課題は「×」の形状をしたブロックの端を親指と人差し指で掴むことであった。音刺激が提示され、高い音(3800Hz)なら左手で、低い音(500Hz)ならば右手で反応することが要求された。左手の場合「×」の右上と左下を、右手の場合「×」の左上と右下を掴んだ。故に、反応する手によって掴む場所が異なった。同時に行った副課題は、ブロックの周囲に提示される文字の弁別であった。ブロックを囲むようにして文字は提示された(16文字)が、弁別すべき文字は必ずブロックの端に隣接する4箇所のいずれかであった。実験1は、音刺激の提示から弁別文字の提示までの時間(SOA)は150msであった。弁別成績はその試行において掴むべき端(右手で反応が要求されたならば左上と右下の端)の傍に弁別文字が提示された場合の方が、そうでない場合よりも高かった。実験2では、セッションによってどの位置に弁別文字が提示されるかが決められており、被験者はどの位置に弁別文字が提示されるかをわかった状態であった。SOAが操作され、SOAが短い場合(100ms条件, 300ms条件)は、掴むべき端の周辺に提示された文字の弁別成績が高かつ

た、SOA が 500ms の場合にはこの傾向は見られなかった。これらの結果は、運動準備の初期には視覚的注意を行為と関連のない場所に保持しておくことが困難であることを示す。

3.3 先行手がかりパラダイムによる検討

注意の移動特性をより直接的に操作する方法として、先行手がかりパラダイムがある。先行手がかりパラダイムとは、ターゲット検出の課題において、ターゲットの提示前に、予めターゲットが提示される空間的位置に関する情報を手がかりとして与えられる。手がかりの提示方法は中心的手がかり (central cue) と周辺的手がかり (peripheral cue) がある。中心的手がかりは、固視点位置に提示される、矢印や数字といったシンボリックなもので、被験者は手がかりに従い注意をその空間に向けるよう求められる。周辺的手がかりは、プレースホルダを枠で囲ったり、輝度変化させたりすることで直接的に与えられる。周辺的手がかりを与えられた場合、注意は自動的にその空間に向けられると考えられる。ただし、ターゲットは必ず手がかりの示す位置に出現するわけではない。手がかり通りにターゲットが出現する場合を Valid 条件、ターゲットが手がかりとは異なる位置に出現する場合を Invalid 条件、手がかりがターゲットに関する情報を持たない (例えば左右両方向の矢印が与えられたり、ターゲット候補が全て輝度変化したりする) 場合を Neutral 条件と呼ぶ。また、分析方法として、Cost-Benefit 分析が用いられることが多い。この分析では、Valid 条件で見られる Neutral 条件に対する反応の早さを Benefit (=Valid 条件の反応時間から Neutral 条件の反応時間を引いた値)、Invalid 条件で見られる Neutral 条件に対する反応の遅延を Cost (=Invalid 条件の反応時間から Neutral 条件の反応時間を引いた値) として分析がなされる。

ところで、リーチング動作を行う上で、運動準備段階で前もってどのような運動を行うかを知っていると、運動開始が早くなることが示されてきた (e.g. Rosebaum, 1980)。Adam & Pratt (2004) は、利き手の人差し指でポインティングを行う場合と、左右の人差し指と中指でキー押し反応を行う場合とで、手がかりの効果を調べた。コンピュータディスプレイにはプレースホルダが水平に 4 箇所提示された。4 箇所のうち 2 箇所が赤色に変化し、ターゲットとなる位置に対する手がかりとなった。手がかり提示から一定時間 (100, 250, 500, 1000, 2000ms のいずれか) 経過後、赤色のプレースホルダのうち 1 箇所が緑色に変化し、ターゲットとなった。説明の便宜を図るため、プレースホルダを左から順に 1, 2, 3, 4 とする。キー押し反応では、反応キーもプレースホルダに対応して 4 つあり、1 のキーを左手中指、2 のキーを左手人差し指、3 のキーを右

手人差し指, 4 のキーを右手中指でそれぞれ押下した. 手がかり水準は 4 つあり, left-right 条件 (1, 2 vs. 3, 4), inner-outer 条件(2, 3 vs. 1, 4), alternative 条件 (1, 3 vs. 2, 4), neutral 条件 (4 つ全て) であった (図 2). この場合の手がかりは 2 種類の意味を持つ. 第一は視覚的注意に関する手がかりである. 手がかり条件によって, 視覚的注意を向ける領域の広さが操作された. 第二は, キー押し反応の場合, どの指で反応するかを準備するための手がかりである. 結果はキー押し反応の場合は手がかり条件間で差が見られたのに対し, ポインティングの場合には neutral 条件以外の 3 つの手がかり条件間に差が見られなかった. しかし両反応とも統制条件 (4 つとも輝度変化) よりは有意に早い反応が見られ, ポインティングにおいても手がかりの効果が見られることが示された. この結果から示唆されるのは, 視覚的注意における手がかりの効果に加え, どのような運動を行うかの情報も重要であり, それは指の運動のような単純な場合に限らないと考えられる.

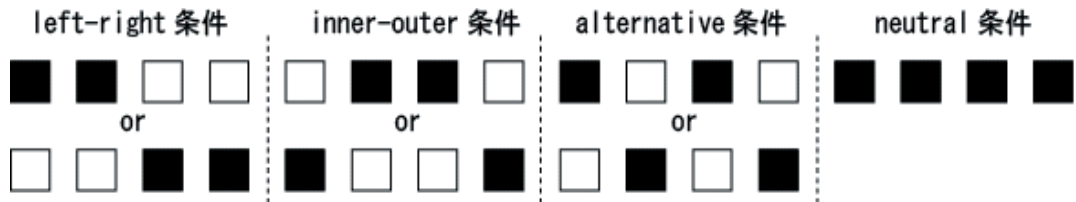


図 2. Adam & Pratt (2004) の手がかり条件の詳細. (Adam & Pratt, 2004 の Figure1 を元に作成)

このように, どのような運動を知っておくことの利得がある一方で, 視覚的注意と同様, 手がかりに裏切られることによる損失も存在する. すなわち運動計画の修正である.

Egly パラダイム (Egly, Driver, & Rafal, 1994) と呼ばれる, 先行手がかりパラダイムを応用した方法を使った研究がある. Egly et al. (1994) は, 注意の移動特性について検討したものであるが, 注意の移動距離が同じであるにも関わらず, 同一対象内での注意の移動は異なる対象間での移動よりも早いことを示し, この特性を object-based attention と呼んだ. Bekkering and Pratt (2004) は能動的動作を課題とし, この Egly パラダイムを適用して運動方向の効果と object-based attention の効果を検討した. ターゲットは LED で提示され, それぞれ長方形で囲まれていた. 操作された注意の移動は次のようであった. (1)リーチング動作の運動方向は同じであるが異なる長方形に属するターゲットに注意を移動する場合(Invalid same direction 条件), (2)運動方向は異なるが同じ長方形に属するターゲットに注意を移動する場合 (Invalid same object 条件) であった (図 3). 結果は, (2)の注意の移動の方が早く, 運動計画段階での選択過程に

は、運動方向の修正という損失よりも object-based attention の利得の方が大きいことが示された。

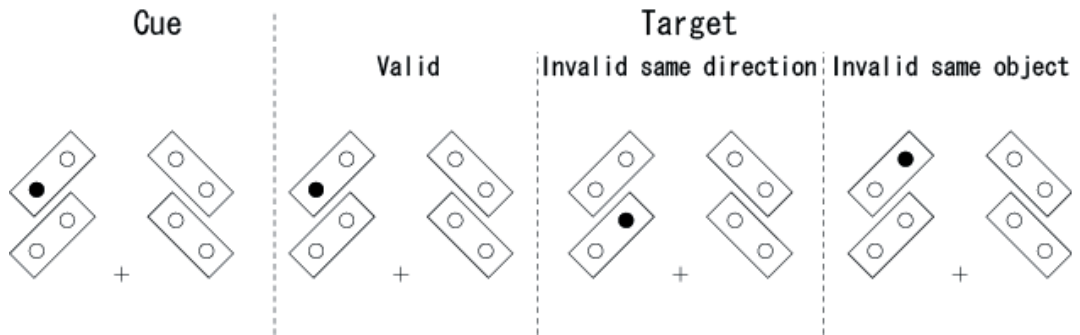


図3. Bekkering and Pratt(2004)で用いられた刺激布置の例。黒丸はその位置にあるLEDが点灯したことを示す。(Bekkering & Pratt, 2004, Figure6を元に作成)

また同じく Egly パラダイムを適用して実験を行った Fischer and Hoellen(2004)は、単純反応(リフティング;キーから指を離すだけ)、ポインティング、グラスピングを課題として、それぞれの場合の注意の移動特性を検討した。結果は運動開始時間においてグラスピング課題でのみ object-based attention の効果が見られ、運動時間においてはポインティングよりもグラスピングの方が object-based attention の効果が大きく、課題要件に依存して注意の移動特性が異なることを示した。

これらの知見は、運動計画段階で視覚的注意によって影響を受け、さらには動作が複雑になるほど視覚的注意が機能的に働いていることを示唆するが、先に述べた観察者中心表象などの相互作用について言及している研究は少ない。内藤・三浦(2005)では、奥行き方向へのリーチング動作を課題とし、先行手がかりパラダイムを適用して注意の移動を操作し、運動方向が注意の移動方向に及ぼす影響を検討した。結果は、遠くから近くへリーチング動作する場合には注意を近くへ移動する効率が良かったのに対し、近くから遠くへリーチング動作を行う場合は、注意の移動効率に遠方で異方性は見られなかった。これらの結果から、運動方向に依存した異方性と観察者中心表象に基づく異方性の両方が、注意の移動効率に影響することが示唆された。

3.4 視覚探索による検討

視覚探索パラダイムのひとつである結合探索では、従来より刺激の属性に関する情報処理について検討されてきた。動作の目的が視覚的注意に及ぼす影響について、

Bekkering & Neggers (2002) は結合探索課題を適用して実験を行った。被験者は色と方向で定義されたターゲットをディストラクタ刺激の中からターゲットを探索した (結合探索)。ターゲットは緑色あるいはオレンジ色のブロックであり、被験者の矢状軸に対して右に 45° (45° 条件) あるいは左に 45° (135° 条件) 傾いた状態で置かれた (図4)。ターゲットブロックに指で触れる (ポインティング)、あるいは掴む (グラスピング) という反応を要求された。ターゲットの方向について、被験者には2種類の音が提示され、1000Hzの音が提示されれば右に 45° 傾いたブロック、2000Hzの音が提示されれば左に 45° 傾いたブロックであることが知らされた。ターゲットの色は固視点の色の变化で示され、緑色かオレンジ色であった。探索項目数の条件は3, 6, 9個のいずれかであった。検討されたのは、最初にサッケードが向かった対象 (ブロック) の持つ属性であった。結果は、探索項目数が6または9個のときに、ターゲットとは異なる方向属性を持つ対象へのサッケードの割合は、ポインティング反応よりもグラスピング反応で小さかった。一方でターゲットとは異なる色の対象へのその割合は反応間で差がなかった。同様のことが

Hannus, Cornelissen, Lindermann, & Bekkering (2005) によっても示された。彼らはコンピュータディスプレイを用いて実験を行い、ターゲットそのものを視覚提示してから探索場面を提示した。被験者はターゲット刺激を検出してポインティングするという課題と、親指と人差し指で刺激を掴むかのようにスクリーンに触れる (グラスピング) という課題を行った。ターゲット

とは異なる方向の刺激に対して最初にサッケードがなされた割合は、探索項目数が少ない場合 (7個) に、ポインティング条件よりもグラスピング条件で有意に小さかった。しかし探索項目数が多い (16個) と両者の差は有意ではなくなった。方向属性はポインティング動作の制御におけるよりも、グラスピング動作の制御において重要であることは明らかである。これらの知見は、動作の目的がある属性 (例えば方向) の処理に影響すること、すなわち、動作にとって必要な情報を処理するために注意の機構が適応的に機能していることを示唆する。ただし、探索項目数に依存することから分かるように、

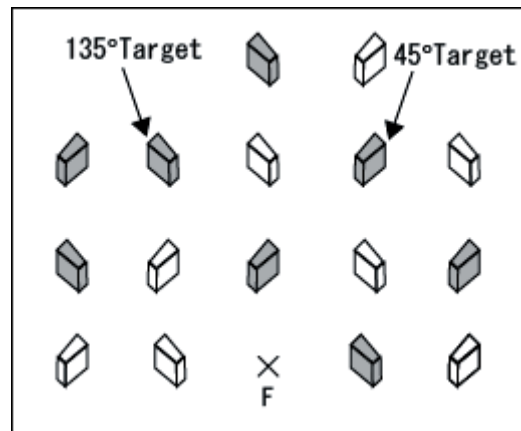


図4. Bekkering & Neggers (2002) で用いられた刺激配置。16個のブロックのうち、LEDの点灯によりターゲットが1つと、2, 5, 8個のいずれかのディストラクタが提示された。

動作の目的が刺激の属性に関する情報処理を促進する程度は、課題の負荷にも影響を受ける。

3.5 第3節のまとめ

能動的動作と視覚的注意の相互作用について、複数の方法で検討されてきた事項について説明した。視覚的注意の空間特性については、ディストラクタの干渉効果からの検討により、行為中心表象に基づく注意資源分布が示唆された。また、先行手がかりパラダイム、視覚探索パラダイムを適用した研究からは、動作の目的が手がかりの効果の現われ方、刺激の属性の処理のされ方に影響することが示唆された。

4. まとめ及び現実場面への示唆

能動的動作が視覚的注意に影響することを示した研究を概観した。視覚的注意の基礎的な機能・特性を明らかにするためには、従来から多く行われてきたような、指でキーボードのキーを押すなどの任意に割り当てた反応を使った研究も重要である。しかしながら本稿で見てきたように、反応に目的があることが視覚的注意に影響することも明らかである。現実の行動場面に即しているという点で、このような研究はより生態学的妥当性が高いといえる。

では現実場面ではどのような事態が相当するだろうか？能動的動作と視覚的注意の相互作用について検討される事項の一つに、「アクションスリップ (action slip)」(Norman, 1981) がある (e.g. Allport, 1987; Tipper et al., 1992)。アクションスリップとはヒューマンエラーの一つで、意図したのではない行為をしてしまうことである (Norman, 1981)。あるいは、正しい行為が選択されたにもかかわらず、誤った対象に対してその行為を行ってしまう場合である (Allport, 1987)。例えば、いくつかのボタンがあるときに、Aのボタンを押そうとしたにもかかわらず、実際にはBのボタンを押してしまうような場合である。この場合、先行知見に基づけば、Bのボタンはどのような位置にあっても等しくアクションスリップを誘発するのではないと考えられる。なぜなら、Tipperらの提案する行為中心表象説に従えば、手に近い位置にあるボタンが誤った反応を強く誘発すると考えられるからである。そして、Welsh et al. (1999) が議論したとおり、押す予定ではないボタンに誘発される反応を抑制しないならば、Aのボタンを押そうと意図した運動はBのボタンの方へと近づくと考えられる。

また、実際の行動場面では、ある運動を制御しながら視覚情報を処理し、それを次の

運動制御に利用することも多い。例えばタッチパネル式のインターフェースを使う場合などである。Schiegg et al. (2003) の実験事態はちょうど、手を伸ばしてある領域にポインティングしながら、次にタッチする場所を指示する情報を探す状況に近い。このような場合、行為とは無関連な位置にトップダウン的に注意を向け続けるのは困難であると考えられ、そのような位置に提示された情報は見落とされる可能性が生じる。コンピュータディスプレイを用いて行った他の研究、例えば Lyons et al. (1999) や Pratt & Abrams (1994) は注意の資源分布が行為中心表象に基づいていることを示しており、マン・マシン・インターフェースの人間工学的な設計に寄与することもできるだろう。

注

- 1) プレースホルダとは、試行の開始の時点で提示されている四角や円の領域である。ターゲットや手がかりは、このプレースホルダの輝度変化や色変化によって提示される。

引用・参考文献

- Adam, J. J., & Pratt, J. (2004) Dissociating visual attention and effector selection in spatial. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **30**(6), 1092-1106.
- Allport, D. A. (1987) Selection for action: Some behavioural and neurophysiological considerations of attention and action. In H. Heuer & A. F. Sanders (Eds.), *Perspectives on perception and action* (pp.395-419). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Andersen, G. J. (1990) Focused attention in three-dimensional space. *Perception & Psychophysics*, **47**, 112-120.
- Bekkering, H., & Neggers, S. F. W. (2002) Visual search is modulated by action intentions. *Psychological Science*, **13**(4), 370-374.
- Bekkering, H., & Prat, J. (2004) Object-based processes in the planning of goal-directed hand movements. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **57A**, 1345-1368.
- Downing, C., & Pinker, S. (1985) The spatial structure of visual attention. In M.I. Posner & O.S.M. Marin (Eds.), *Attention and performance XI* (pp.171-187). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Egly, R., Driver, J., & Rafal, R. D. (1994) Shifting visual attention between objects and locations: Evidence from normal and parietal lesion subjects. *Journal of Experimental Psychology: General*, **123**, 161-177.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974) Effects of noise letters upon the identification of a target in a non-search task. *Perception & Psychophysics*, **16**, 143-149.
- Eriksen, C.W., & St. James, J.D. (1986) Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception & Psychophysics*, **40**, 225-240.

- Eriksen, C.W., & Yeh, Y. (1985) Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **11**, 583-597.
- Fischer, M. H., & Adam, J. J. (2001) Distractor effects on pointing: the role of spatial layout. *Experimental Brain Research*, **136**, 507-513.
- Fischer, M. H., & Hoellen, N. (2004) Space- and object-based attention depend on motor intention. *The Journal of General Psychology*, **131**, 365-377.
- Fischer, M. H. (1997) Attention allocation during manual movement preparation and execution. *European Journal of Cognitive Psychology*, **9**, 17-51.
- Gangitano, M., Daprati, E., & Gentilucci, M. (1998) Visual distractors differently interfere with the reaching and grasping components of prehension movements. *Experimental Brain Research*, **122**, 441-452.
- Gawryszewski, L., Riggio, L., Rizzolatti, G., & Umiltà, C. (1987) Movements of attention in the three spatial dimensions and the meaning of "neutral" cues. *Neuropsychologia*, **25**, 19-29.
- Goodale, M. A., & Milner, A. D. (1992) Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neurosciences*, **15**, 20-25.
- Hannus, A., Cornelissen, F. W., Lindemann, O., and Bekkering, H. (2005) Selection-for-action in visual search. *Acta Psychologica*, **118**, 171-191.
- Howard, L. A., & Tipper, S. P. (1997) Hand deviations away from visual cues: indirect evidence for inhibition. *Experimental Brain Research*, **113**, 144-152.
- Keulen, R. F., Adam, J. J., Fischer, M. H., Kuipers, H., & Jolles, J. (2002) Selective reaching: evidence for multiple frames of reference. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **28**, 515-526.
- LaBerge, D., & Brown, V. (1986) Variations in size of the visual field in which targets are presented: an attentional range effect. *Perception & Psychophysics*, **40**, 188-200.
- Lyons, J., Elliott, D., Ricker, K. L., Weeks, D. J., & Chua, R. (1999) Action-centered attention in virtual environments. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, **53**, 176-187.
- Meegan, D. V., & Tipper, S. P. (1998) Reaching into cluttered visual environments: spatial and temporal influences of distracting objects. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **51A**, 225-249.
- Meegan, D. V., & Tipper, S. P. (1999) Visual search and target-directed action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **25**, 1347-1362.
- Miura, T., Shinohara, K., & Kanda, K. (1994) Attentional shift in three-dimensional space for moving observers. *Perception*, **23** (Suppl.) 43.
- Miura, T., Shinohara, K., & Kanda, K. (2002) Shift of attention in depth in semi-realistic setting. *Japanese Psychological Research*, **44**, 124-133.
- 三浦利章 (1996) 行動と視覚的注意 風間書房
- 三浦利章 (2003) 視覚的注意の行動指向型研究 心理学評論, **46**, 295-296
- 内藤宏・三浦利章 (2005) リーチング動作が注意の移動に及ぼす影響 日本心理学会第 69 回大会論文集, 701.
- Neumann, O. (1987) Beyond capacity: a functional view of attention. In H. Heuer & A. F. Sanders (Eds.), *Perspectives on perception and action* (pp.361-394). Hillsdale, NJ: Lawrence

Erlbaum.

- Norman, D. A. (1981) Categorization of action slips. *Psychological Review*, **88**, 1-15.
- Posner, M. I., Nissen, M. J., & Ogden, W. C. (1978) Attended and unattended processing modes: the role of set for spatial location. In H. L. Pick & E. J. Saltzman (Eds.), *Modes of perceiving and processing information* (pp.171-187). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Posner, M. I., Snyder, C., & Davidson, B. (1980) Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, **109**, 160-174.
- Pratt, J. & Abrams, R. A. (1994) Action-centered inhibition: Effects of distractors on movement planning and execution. *Human Movement Science*, **13** 245-254.
- Previc, F. H. (1998) The neuropsychology of 3-D space. *Psychological Bulletin*, **124**, 123-164.
- Previc, F. H. & Blume, J. L. (1993) Visual search asymmetries in three-dimensional space. *Vision Research*, **33**, 2697-2704.
- Rizzolatti, G., Riggio, L., & Sheliga, B. M. (1994) Space and selective attention. In C. Umiltà & M. Moscovitch (Eds.), *Attention and Performance XV: Conscious and nonconscious information processing*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Rosebaum, D. A. (1980) Human movement initiation: specification of arm, direction, and extent. *Journal of Experimental Psychology: General*, **109**, 444-474.
- Schiegg, A., Deubel, H., & Schneider, W. X. (2003) Attentional selection during preparation of prehension movements. *Visual Cognition*, **10**, 409-431.
- Schneider, G. E. (1969) Two visual systems: brain mechanisms for localization and discrimination are dissociated by tectal and cortical lesions. *Science*, **163**, 895-902.
- Styles, E. A. (1997) *The Psychology of Attention*. East Essex, UK: Psychology Press.
- Tipper, S.P., Howard, L. A., & Houghton, G. (1999) Action-based mechanisms of attention. In G.W. Humphreys, J. Duncan, & A. Treisman (Eds.), *Attention, Space, and action* (pp.232-247). Oxford: Oxford University Press.
- Tipper, S. P., Lortie, C., & Baylis, G. C. (1992) Selective reaching: evidence for action-centered attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **18**, 891-905.
- Welsh, T. N., & Elliott, D. (2004) Movement trajectories in the presence of a distracting stimulus: evidence for a response activation model of selective reaching. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **57A**, 1031-1057.
- Welsh, T. N., Elliott, D., & Weeks, D. J. (1999) Hand deviations toward distractors: evidence for response competition. *Experimental Brain Research*, **127**, 207-212.

The significance of active movements in visual attention

Hiroshi NAITO, Takahiko KIMURA, and Toshiaki MIURA

It is important to examine the interaction of visual attention and motor control, because we selectively process information from environment in order to control actions during acting. In spite of importance, researchers have emphasized the effect of active movements on visual attention in only recent years.

In literature of attention there are many studies about selective attention. For spatial characteristics of selective attention, some representations are suggested: for example, viewer-centered representation and object-centered representation. But these suggestions are based on studies only with arbitrary responses such as key pressing.

Allport (1987) and Neumann (1987) suggested that selective mechanisms are affected by action. Allport (1987) stated that we can control only one or a few actions at one time although sensory mechanisms receive a lot of stimuli at once. Therefore, in order to control the action efficiently, we need to select stimuli which determine the way of controlling actions, and he called this process "selection for action". Neumann (1987) suggested that the limited the capacity of attention is caused by selecting actions and relevant stimuli among several ones.

Although we have variety of action, we often use upper limbs to achieve behavioral purposes such as grasping a pen. Therefore, some researches have investigated the effects of the arm and/or the hand movements on visual attention. In order to measure spatial allocation of resources of attention, they applied paradigm used in previous studies of visual attention: for example, distractor interference effects on reaching to the target, a dual task with the letter discrimination, and the visual search task. Based on these studies, actions affect allocation of visual attention. Tipper and his colleagues proposed action-centered representation of attention in which attentional resource is allocated on proximity to hand. Furthermore, other researchers found that intentions of action, such as grasping an object, affect processing of the attributes of objects.

These suggest that actions play a significant role in visual attention and, more importantly, attention supports motor control. It seems that the findings by these works can contribute to our daily life by resolving problems such as action slip (Norman, 1980) and with proposing better designs for information equipments with which we perform manual tasks.