

# 上下あるいは左右反転した視野の持続が 空間的な刺激－反応適合性効果に及ぼす影響

Influences of long-term up-down and left-right reversed  
vision on spatial stimulus-response compatibility effect

江 草 浩 幸・宮 内 哲\*<sup>1</sup>  
銅 銀 ゆう子・林 美恵子\*<sup>2</sup>  
太 城 敬 良

## 序

### 知覚－運動協応

我々は、何らかの意図や目的を持って行動するが、その際、知覚した外部状況に応じて適切な行動を選択する。たとえば、車を安全に運転するためには、道路の右側から歩行者が飛び出してきた場合は左にハンドルを切り、左から飛び出してくれば右にハンドルを切らねばならない。あるいは、廊下をまっすぐ歩こうとする場合、右に逸れたのが見て取れれば、左に歩く方向を修正しなければならない。このように、外界環境の知覚に基づいて選択・遂行された行動が適応的であり、行動者の目的・意図が実現されるような知覚と行動との結合関係を知覚－運動協応（*perceptual-motor coordination*）と呼ぶ。

知覚－運動協応の研究法には様々なものがあるが、その一つに、既に確立された知覚－運動協応がうまく機能しない状況下に人を置き、知覚－運動協応が再構成される、すなわち行動が外界不適応的なものから適応的なもの変わっていく過程を調べるというやり方がある。その一例が、心理学における初等の実験演習でよく用いられる鏡映描写である。たとえば、

\*<sup>1</sup>(独) 情報通信研究機構未来 ICT 研究所

\*<sup>2</sup> 立命館大学文学部

覆いのために直接見ることができず、鏡を通してのみ自分の手の近辺を見ることができる状況下で、手に持ったペンで、折れ曲がった経路を、できるだけ速く、しかも狭い道からはみ出さないようにたどるという課題を課す。この課題は手元を直接見ることができれば容易に遂行できる。しかし、鏡を通す場合、実際の手元の様子とは手前・向こうが逆になった映像が与えられるため、動作はきわめて困難になる。ペンを動かそうとするとしばしば道からはみ出してしまい、道に戻ろうとするとよけいに離れてしまうといった具合で、課題の遂行にたいへん時間がかかる。しかし、同じ課題を繰り返していると、しだいに動作はスムーズになり、道から外れることも少なくなって、遂行時間が短縮されていく。

### 視野変換実験

鏡映描写の場合、手の周辺の見え方のみが変化させられており、それ以外に見える範囲は元のままに保たれている。それに対して、見え方を変化させる範囲をもっと広げ、それ以外の範囲は覆い隠してしまうというやり方もある。以下、覆われておらず、見ることのできる範囲を視野、それを裸眼の場合と異なる見え方に変える措置を視野変換 (optical transformation of visual field) と呼ぶ。

視野変換を用いた心理学的研究の歴史は古い。たとえば、Stratton (1896, 1897) は、「ものが正立して知覚されるのに網膜像が逆転していることは必要か」という問の下に、視野を視線の回りに  $180^\circ$  回転する光学装置を 8 日間連続的に装着し、その間の知覚上、行動上の体験を報告した。以来、視野 (あるいは網膜像) を光学的に変換する実験方法は、元々の問を離れ、一種の破壊実験法として、視覚、感覚間統合、知覚－運動協応などの機能の分析に適用されてきた。視野変換を実現するためには、多くの場合、観察者の両眼ないしは単眼の前にプリズムやレンズからなる眼鏡様の装置が装着されるが、用いられた視野変換の様式は様々であった。Stratton が用いた、上下逆転あるいは単に逆転 (inversion) と呼ばれる様式以外にも、たとえば、視野を前額平行面における水平軸の回りに  $180^\circ$  回転する上下反転 (up-down reversal)、垂直軸の回りに  $180^\circ$

回転する左右反転 (left-right reversal) などがある。そして、Stratton 以後も多くの国で研究が継続されてきたが、特に、近年の我が国において、様々に変換された視野への適応過程が精力的に研究され、多くの興味ある事実が明らかにされている (それらをまとめた文献としては、牧野, 1998; 森, 1988; 積山, 1987, 1997; 太城・大倉・吉村・雨宮・積山・江草・筑田・野津, 1984; 吉村, 1993, 1997 などが挙げられる)。

視野変換が施されると、観察者自身の身体を含めた諸々の物事事象に関する視覚情報と他の感覚情報とが食い違うようになる。それに伴って、観察者の知覚に次のような特徴が現れる。(1) 世界が逆さまに見える。ただ、この印象は視野変換開始直後には強くなく、観察者が活動を始め、外界に働きかけるようになって初めて明瞭になる。(2) 視野の動揺が生じる。すなわち、頭を上下に振ったり、水平に回したりする際に、風景全体の流れるような動きが経験される。(3) 大きさや形の恒常性が失われる。たとえば、遠方にある見慣れた対象が普段より小さく感じられ、対象までの距離が連続的に変化すると、対象が拡大縮小するように見える。(4) 距離や奥行の知覚が変化する。たとえば、届くつもりで伸ばした手が見えている対象に届かなかったり、見慣れた廊下が以前より遠くまで続いているように感じられたりする。特に、逆転や左右反転変換の場合は、両眼網膜像差の反転に伴って実際とは逆の奥行が知覚される (たとえば、灰皿の底が出張って見える)。(5) 見えている世界のリアリティが失われ、現実にはそこにはない、自分がいるのとは別の世界といった印象が生じる。そして、世界の中での自身の定位 (自分が今いる場所や向いている方向の認知) が困難となる。

視野変換の時間が延びるにつれて、これらの特徴は適応的な変化を示す。(2)、(3)、(4)、(5) については、時間の経過に伴って、視野変換以前の状態に連続的に復旧してゆく。たとえば、視野の動揺は徐々に弱まり、やがてはよほど激しく運動しない限り起こらなくなる。一方、(1) の世界の正立-逆さの印象に関しては、そのような連続的な変化は見られない。すなわち、逆さに見えていたものが、中間的な段階を経て、やがて正立するといった経過をたどるのではない。あくまで印象は正立か逆さかの

2種類しかなく、それらが交互に現れる。ただ、正立の印象の頻度や持続時間がしだいに増大していくのである。その間、世界は正立しているが自分の体は逆さまである、といった印象の現れることがある。また、視野内のある対象は正立して見えたのに、注意を移すと他の物は逆さに感じられるという場合もある（たとえば、本棚は正立して見えるのに本の背文字は逆さに見える）。ただし、観察者自身の身体を含めた世界全体の正立印象の完全な安定は未だ確認されていない。

視野変換を終了して裸眼に戻ると、視野変換直後の状態が再現されるという残効の生じる場合がある。特に、視野の動揺において最も明瞭に認められる。すなわち、頭部運動に伴って激しい視野の動揺が再発する。しかし、世界の正立－逆さの印象については残効がみられない。裸眼に戻った瞬間から世界も自分の身体も正立して知覚される。

しかし、視野変換直後から最も劇的に経験されるのは、これら知覚上の特徴ではなく、知覚－運動協応の崩壊である。たとえば、右にある物をつかもうとして左に手を伸ばしたり、上にある物を見ようとして下を向いたりしてしまう。また、意図した方向に体を向けることもできず、まっすぐ歩くことすらできなくなる。しかし、視野変換状況下で生活を続けると、諸動作はしだいに正確さと速さを回復していく。また、裸眼に戻った直後に残効が現れる場合もある。たとえば、物があるのとは別の方向に手を伸ばして掴み損ねるといったことが起こる（江草・御領, 1993；江草・太城・中塚・上田・天野, 1999；御領・江草, 1996；中塚・江草・太城・上田・天野, 1999；Sekiyama, Miyauchi, Imaruoka, Egusa, & Tashiro, 2000；Snyder & Pronko, 1952 など）。本研究では、視野変換に伴う諸現象のうち、知覚－運動協応の崩壊と再構築を取り上げる（視野変換を用いた心理学的研究全般については、太城・大倉・積山, 1994 を参照されたい）。

## 空間的な刺激－反応適合性効果

知覚－運動協応は、知覚内容と行動内容のどのような組合せに対しても同等に成立するわけではなく、組合せによって行動の効率が上がったり下

がったりする。たとえば、観察者の正中面の右に提示された刺激に対しては、正中面の右側に置かれたスイッチで反応する方が左側のスイッチで反応するより速い（反応時間が短い）。一般に、刺激属性と反応属性との調和・不調和が選択反応の効率を増減させる現象は、刺激－反応適合性効果（*stimulus-response compatibility effect*）と呼ばれる（Fitts & Seeger, 1953）。上記のように、刺激や反応の諸属性のうち、提示あるいは設置位置という空間的属性の調和・不調和が反応効率に影響する場合は、空間的な刺激－反応適合性効果（*spatial stimulus-response compatibility effect*）と呼ばれる（たとえば、Umiltà & Nicoletti, 1990）。本研究では、このタイプの適合性効果を取り上げる。

空間的な刺激－反応適合性効果は、刺激の提示位置が反応選択に関わりがない場合にも生じる。たとえば、観察者の正中面の右か左に提示される刺激の形に応じて正中面の右または左にあるキーを押すという選択反応課題において、刺激の提示位置（左右）と反応位置（左右）とが一致していると一致しない場合より反応が速くなる。この場合、反応選択に必要な情報は刺激の形態であって、刺激の提示位置は要求されている課題に関わりがない。このように、関わりがないはずの刺激属性が行動選択あるいは行動遂行の効率に影響する現象はサイモン効果（*Simon effect*）と呼ばれる（たとえば、Simon, 1990）。本研究では、サイモン効果の実験事態（以下、サイモン課題（*Simon task*）と呼ぶ）を用いる。

空間的な刺激－反応適合性効果には様々な変数が影響する。たとえば、調和・不調和あるいは一致・不一致（以後、適合性と呼ぶ）が問題になる刺激対象の提示位置には、身体に対する方位（たとえば、正中面の右か左か）だけでなく、刺激対象間の相対的位置（たとえば、2個の対象が両者の中心の左右どちら側にあるか、あるいは対象の構成部分が対象の中心より右にあるか左にあるか）も関わってくる。たとえば、Nicoletti, Anzola, Luppino, Rizzolatti, & Umiltà (1982) は、実験 1 において、2個の光点（観察距離 70 cm で直径が視角  $0.67^\circ$ ）の提示位置を正中面上にある凝視点の左右に振り分けるのではなく、両方とも凝視点の同じ側で、凝視点から視角にして  $5^\circ$  および  $10^\circ$  離れた位置に設定し、観察者に光点の

出現位置に応じて2個の反応スイッチのどちらかを押す課題を課した。ただし、反応スイッチは観察者の正中面の左右に設置された。もし身体に対する方位のみが適合性を規定するならば、凝視点（あるいは身体の正中面）に対する刺激位置の左右と反応位置の左右との間に適合性効果が生じ、しかも凝視点の同じ側にある、どちらの刺激に対しても同じだけの適合性効果が生じると予想されたが、凝視点に対する対象位置と反応位置との適合性効果は見られず、対象位置間の相対的左右と反応位置の左右との間に適合性効果が見られた（たとえば、右スイッチで反応する場合、相対的に右の刺激に反応する方が左の刺激に反応するよりも速かった）。さらに、この傾向は腕を交差しても（すなわち右手（左手）の指で左（右）スイッチを押す）しなくても（右手（左手）の指で右（左）スイッチを押す）同じであった。江草・宮内・橋本・中山・林・太城（2002）は、内部の円形または方形部分が欠けた白色円盤（背景および欠損部は黒）を正中面上にある凝視点の左または右に提示した。なお、欠損部は円盤の左または右の縁に接していた。観察者の課題は、欠損部の形（円形、方形）に応じて、観察者の正中面から左右に等距離離れた2個のスイッチのいずれかを押すことであった（すなわち、先に述べたサイモン課題である）。その結果、円盤の提示方位（正中面の左か右か）と反応スイッチの位置との間だけでなく、欠損部の相対位置（円盤中心の左側か右側か）と反応位置との間にも適合性効果が見られたが、前者に比べて後者の効果はかなり弱かった。ただし、相対位置に基づく適合性効果の強さは、反応課題に依存し、サイモン課題ではなく、欠損部の相対位置に応じて反応を選択する通常の適合性課題では、方位に基づく適合性効果と同程度であった（江草・銅銀・宮内・橋本・中山・林・太城, 2002, 2003）。

Nicoletti et al. (1982) が示したように、反応位置に関しては、反応する身体部分の解剖学的位置（たとえば、左手か右手か）ではなく、反応がなされる外部空間位置（たとえば、反応スイッチが観察者の正中面の左に置かれているか右に置かれているか）が適合性の対象となる。Wallace (1971) は、観察者から 44.5 cm 離れた位置で、凝視点の上下左右 2.4 cm のいずれかの位置に円（直径 6.5 mm）または正方形（一辺 6.0 mm）の

線図形を提示し、図形に応じて観察者の正中面から左右に等距離離れた 2 個のキーのいずれか（円なら左キー、正方形なら右キー）を押す課題（サイモン課題）を観察者に課した。その際、腕を交差させずに右手の指で右のキーを、左手の指で左のキーを押す条件と腕を交差させて右手の指で左のキーを、左手の指で右のキーを押す条件とを設けた。刺激位置と反応する腕・手との間にも適合性効果が存在するなら、両者が不適合な関係にある交差条件の方が、刺激位置と反応位置間に観測される適合性効果が弱くなることが予測されたが、腕の交差、非交差のいずれの条件でも、刺激位置の左右とスイッチの左右が一致する場合は一致しない場合より反応時間は短く、この適合性効果の強さにも条件差はなかった。この結果は、手やキーを見ることができない状況下でも同じであった（Wallace, 1972）。Lien & Proctor (2002) も同様な傾向を指摘している。しかし、解剖学的位置に基づく適合性効果が存在しないわけではない。たとえば、江草・銅銀・宮内・橋本・中山・林・太城 (2002) は、先に述べた欠損部の相対位置に応じて反応位置を選択する課題を、腕を交差させない条件と交差させる条件とで実施した。その結果、非交差条件より交差条件の方が、刺激の提示方位と反応位置間の適合性効果、欠損部の相対位置と反応位置間の適合性効果ともに弱かった。

さらに、身体に対する方位（たとえば、正中面の右か左か）だけでなく、反応がなされる相対的位置も問題になる。Nicoletti et al. (1982) は、実験 2 において、刺激位置を両方とも凝視点の同じ側に設定しただけでなく、反応スイッチを両方とも正中面の同じ側で、正中面から 25 cm および 35 cm 離れた位置に設置した。もし、適合性が身体を中心とした方位だけに規定されるのなら、凝視点の右（左）にある刺激に対しては正中面の右（左）にあるどちらのスイッチで反応しても同程度の適合性効果が見られるはずであるが、刺激位置の相対的左右と反応位置の相対的左右の間に適合性効果が見られた。

また、適合性効果は、刺激位置と反応位置の間だけでなく、刺激位置と反応方向の間でも生じることが知られている。たとえば、Fitts & Deininger (1954) は、放射状に伸びる 8 本の通路のいずれかを中心位置から

周辺へ利き手に持ったペンでできるだけ速くたどるという反応を用いた。刺激としては、観察者から 28 インチの距離にある直径 8 インチの円周上に等間隔に並ぶ 8 点のいずれかの位置を点灯させた。その結果、刺激提示円の中心から見た点灯位置と同じ方向にたどる場合の方が、逆方向にたどる場合や無関係な方向にたどる場合より反応時間が短かった。太城 (1997) は、顔面固定した観察者の正面、約 56 cm 離れた位置に置かれた CRT ディスプレイ上に刺激を提示し、刺激の形態に応じて垂直のレバーを、左-右または手前-向こう方向に、右手または左手で、できるだけ速くかつ正確に倒すことを求めた (サイモン課題)。刺激は白色の正方形 (一辺 7.5 mm) または円 (直径 8.1 mm) で、観察者の正中面上、眼の高さの凝視点から上下左右に 3 cm 離れた位置のいずれか 1 カ所に提示された。観察者は 2 群に分けられ、一方の群では、円であれば左 (右)、正方形であれば右 (左) にレバーを倒すことが求められた。もう一方の群は、円であれば手前 (向こう)、正方形であれば向こう (手前) にレバーを倒した。その結果、用いる手の左右に関わりなく、刺激位置と反応位置が適合的である場合 (たとえば、右刺激に対して右方向へ反応、上刺激に対して向こう方向へ反応) の方が、不適合的である場合より反応時間が短い傾向が明瞭に示された。また、江草・高田・林・太城 (2010) は、観察者の約 60 cm 前方で眼の高さより約 40 cm 下に、ほぼ水平に設置された CRT 画面上の凝視点から手前・向こう・右・左に 3 cm 離れた位置のいずれかに赤または緑の円 (一辺 6 mm) を提示し、その色に応じてレバーを右か左、あるいは手前か向こうに倒す課題を参加者に課した (サイモン課題)。そして、レバーの設置位置を観察者の正面、左真横、左斜め 45 度に設定した。その結果、レバーの設置位置によって、刺激位置と適合的な反応方向が異なることが明らかになった。本研究では、このようなレバー倒し反応を用いる。

また、空間的な刺激-反応適合性効果の強さは、反応を反復してもほとんど変化しない、少なくとも消失することはないと言われる (Dutta & Proctor, 1992; Fitts & Deininger, 1954; Fitts & Seeger, 1953; Lien & Proctor, 2002; Wallace, 1971)。



## 視野変換と空間的な刺激－反応適合性効果

先に述べたように、視野変換の直後は動作が不適応的になるが、その状況で生活し続けると、動作は正確さと速さを回復していく。すなわち、知覚－運動協応の再構築がなされると考えられる。そうであるならば、視野変換の持続に伴って空間的な刺激－反応適合性効果も変化する可能性がある。端的に言えば、刺激位置と反応位置との適合関係が逆転する（右の刺激に対して左での反応が速くなる、など）ということである。

太城（1996）は、この可能性を確かめるため、9日間連続的に左右反転眼鏡を装着して日常生活をおくった（ただし、睡眠中、休憩中など一部の期間はアイマスクにより外界の映像を遮断）、3名の実験参加者に対して、適合性効果の測定を行った。その測定においては、顔面固定した参加者から約45 cmの距離に置かれたCRTディスプレイ上に、直径6 mmの円または1辺6.51 mmの正方形が提示された。その位置は、参加者の正中面上、眼の高さに提示される凝視点から上下左右に24 mm離れた位置のいずれかであり、提示時間は80 msecであった。参加者の課題は、左右反転眼鏡を着けたまま右眼単眼で観察し、提示された図形の形に応じて、参加者の正中面を挟んで左右に15 cm離れたスイッチのいずれか（円なら左スイッチ、正方形なら右スイッチ）を、できるだけ速くかつ正確に押すこと（サイモン課題）であり、その反応時間が測定された。測定は、反転眼鏡着用直後、着用5日目、7日目、10日目（最終日）に行われた。また、連続着用期間の前に、裸眼の視野を制限するだけの素通し眼鏡を着用した状態で同じ測定を実施した。その結果、視野制限のみの条件下では明瞭な適合性効果が生じた。すなわち、正中面に対する刺激図形の左右方向の提示位置と反応すべきスイッチの位置とが一致する場合の方が不一致の場合より反応時間は短かった。左右反転眼鏡装着直後の測定では、この関係が逆になり、刺激図形が右（左）に提示された場合は左（右）のスイッチによる反応の方が速かった<sup>1)</sup>。そして、眼鏡着用直後の適合性効果の傾向は、以後3回の測定において明瞭な変化を示さなかった。ただ、1名の参加者で、5日目と10日目に、左スイッチの反応において、裸眼の場合と同じ傾向が見られ、7日目には反転眼鏡着用直後と同

じ傾向が見られるという変動が生じた。また、この参加者ともう1名の参加者において、5日目以降の測定で適合性効果が減少した。太城は、このような適合性効果の変動や減少を、2種類の知覚あるいは知覚-運動協応（視野変換以前の環境に適応した協応と反転した視野に適応した協応）の併存と交替によるものと解釈している。

また、伊丸岡・林・中塚・太城・上田・天野（1999）は、左右反転眼鏡を35日または39日間連続着用した4名の実験参加者に対して、太城（1996）と同様な測定を行った。測定は、眼鏡装着2または3日目、9または10日目、30または35日目と装着前（裸眼および素通し眼鏡装着）に実施された。その結果、適合性効果を示し続けた参加者は2名だけであった。そのうちの1名では視野反転直後の適合性効果の傾向が持続したが、もう1名では、30日目の測定で裸眼時のような傾向を示した。

## 本研究の目的

視野変換に関する多くの研究が、視野反転の持続に伴う行動的適応の回復、すなわち知覚-運動協応の再構築を示していることから、視野反転の持続が空間的な刺激-反応適合性効果にも変化をもたらすと予測されたが、上記のように、過去の研究では、そのような影響に関して明瞭な結果が得られていない。また、視野変換実験では短期間で多くの参加者を得ることが難しく、しかも多数の実験協力者を必要とするのでたびたび実験を実施することができないため、未だ十分なデータの蓄積がなされていない。そこで、本研究では、新たな視野変換実験の機会を得て、持続する反転視野への日常的な行動的適応が、空間的な刺激-反応適合性効果にどう反映するかをさらに検討する。

## 一般的方法

大学生の男5名（HH、IK、SS、IT、ST）、女3名（IM、SA、OY）の計8名が実験に参加した。彼らはいずれも、事前に実験の内容や参加中止の権利などに関する説明を十分受けた上で参加同意書を提出した、自

発的な参加者であった。

IK、ST、SA、OY が両眼用プリズム式上下反転眼鏡（視野は上下約 40°、左右約 90°）を、HH、SS、IT、IM が左右反転眼鏡（視野は上下、左右とも 60~70°）を着けたまま、主として通信総合研究所関西先端研究センター（現在は（独）情報通信研究機構未来 ICT 研究所）構内で 5 日間（HH）ないし 6 日間（HH 以外の 7 名）生活し、その間に知覚や行動に関する種々のテスト<sup>2)</sup>を受けた。SS、IT、SA、OY は矯正用レンズを用いて、他は裸眼で 0.7 以上の視力があつた。

## 適合性効果テスト

### 装置

刺激は 15 インチ CRT ディスプレイ（NEC 製 Multi Sync、640×400 画素）に提示された。刺激の発生と反応の計測はコンピュータ（NEC 製 PC9821AS2）でなされた。ディスプレイは、画面の中心が参加者の正中面上で眼の高さに位置するように、参加者から 45 cm の距離に置かれた。さらに、反応用のジョイスティックが参加者の手元の、参加者からは見えない位置に設置された。測定は暗室で行われた。

### 刺激

白色（8.01 cd/m<sup>2</sup>）の円（直径 0.6 cm）またはアスタリスク（構成線分の長さ 0.6 cm）で、その中心が画面の中心を通る垂直または水平線にくるように画面中心から上下左右いずれかの方向に 2.4 cm 離れた位置に提示された。背景は黒（0.34 cd/m<sup>2</sup>）であつた。画面の中心には白色の十字が凝視点として提示された。刺激図形は提示位置（上、下、左、右）×形態（円、アスタリスク）の計 8 種類であつた。

### 手続

参加者は反転眼鏡を着用したまま顎台で頭部を固定し、単眼で刺激を観察した。参加者の課題は、刺激の位置に関わりなく、その形（円、アステ

リスク)に応じて、できるだけ速くかつ正確に、ジョイスティックを定められた方向に倒すことであり、その反応時間が計測された。上下反転眼鏡着用者は上または下に、左右反転眼鏡着用者は左または右に倒すことが求められた。

凝視点がビーブ音とともに1秒間提示された後、刺激が100ミリ秒間提示された。凝視点は刺激とともに消された。刺激図形の8条件をランダムに提示することが8回(SAとIKの第1セッションのみ10回)反復された。刺激形態(円、アスタリスク)と反応方向(左、右または上、下)との対応関係は参加者ごと、観察眼ごとに変えられた。

上記の手続が、観察眼(左眼、右眼)×反応手(左手、右手)の4条件に対して繰り返された。この4条件の実施順序は、参加者ごと、セッションごとに変えられた。測定セッションは眼鏡着用2日目と4日目(HH、SS、IT、ST、OY)または5日目(İK、IM、SA)の2回であった。

## 結果

刺激の提示位置と反応方向の組合せによる8種の条件のそれぞれについて、正反応時間のうち平均値から標準偏差の2倍以上離れた値を除いた後、あらためて平均値を求めた。空間的な刺激-反応適合性効果の出現と変化が予想される刺激位置(上下反転眼鏡着用者に関しては上下の位置、左右反転眼鏡着用者に関しては左右の位置)における平均正反応時間をセッション別、参加者別に図1、2に示す。適合性効果は、2つの提示位置に関するグラフの交差として現れる。

図1、2の平均値を計算した反応時間に関して、参加者ごと、セッションごとに、刺激位置と反応方向を要因とし、各処理の測定値数が異なる場合の、重みづけのない平均値による2要因分散分析(篠原, 1984)を行った。なお、適合性効果は、要因間の交互作用として示される。

上下反転眼鏡着用者の結果 第1セッションでは、STに統計的に有意な刺激位置の主効果と交互作用( $F(1, 116) = 9.47, p < .01$ ;  $F(1, 116) = 9.32, p < .01$ )が、SAに反応方向と刺激位置の主効果( $F(1, 140) =$

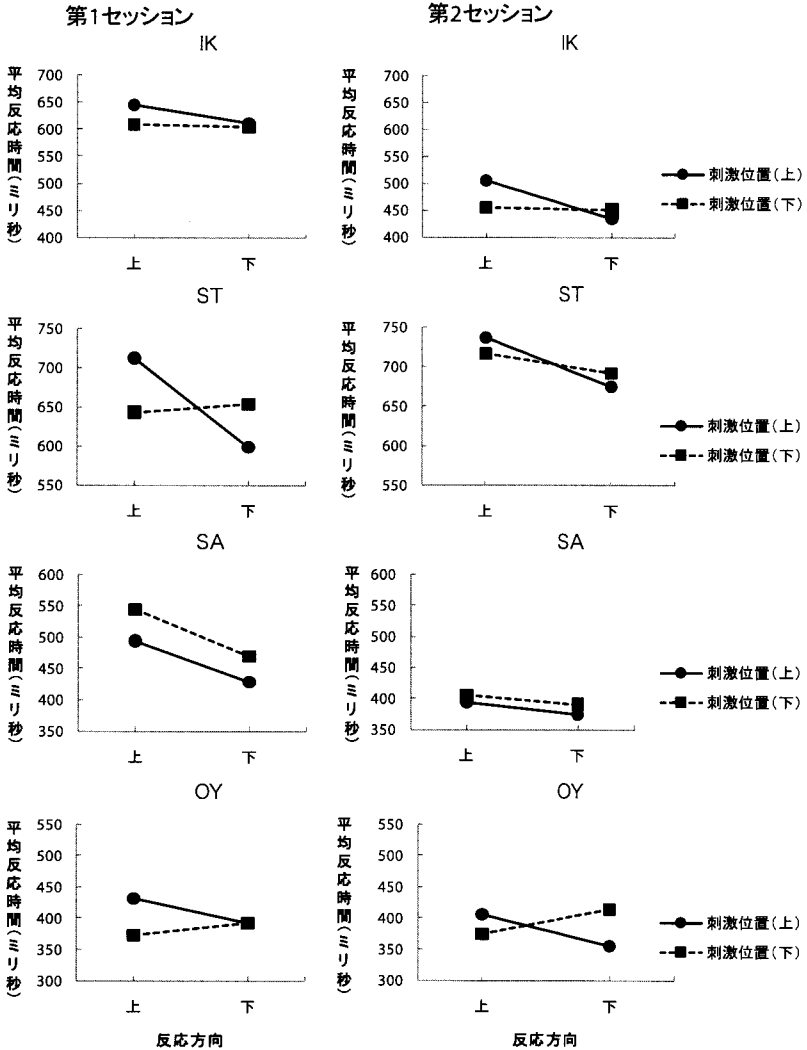


図1 上下反転眼鏡着用者の結果

12.60,  $p < .01$ ;  $F(1, 140) = 5.50, p < .05$ ) が、OY に刺激位置の主効果と交互作用 ( $F(1, 116) = 9.47, p < .01$ ;  $F(1, 116) = 9.32, p < .01$ ) が見られた。したがって、ST と OY に統計的に有意な適合性効果が見られたことになるが、図1 からわかるように、いずれも通常の適合性効果 (裸眼

上下あるいは左右反転した視野の持続が空間的な刺激-反応適合性効果に及ぼす影響

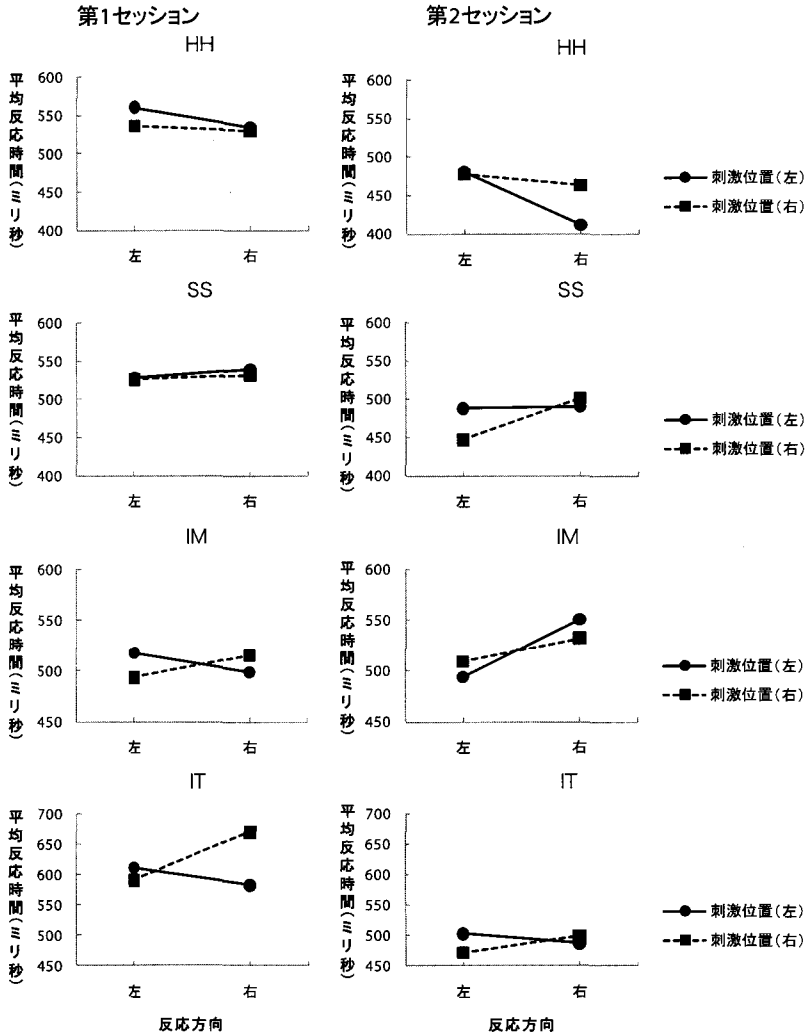


図2 左右反転眼鏡着用者の結果

の場合と異なり、刺激の外界における提示位置と反応方向とが一致しない場合に反応時間が短くなる。注1を参照)であった。また、図1より、反応方向の主効果は下方への反応の方が速いという傾向を、刺激位置の主効果は下の刺激に対する反応の方が速いという傾向を意味することがわ

かる。

第2セッションでは、統計的に有意な効果は OY における交互作用 ( $F(1, 117) = 16.75, p < .01$ ) のみであり、その傾向は第1セッションと同じであった。したがって、第1セッションで ST に見られた適合性効果は消失したことになる。なお、IK と ST に、下方向への反応の方が速いという有意な傾向 ( $F(1, 110) = 2.90, p < .10$ ;  $F(1, 115) = 3.69, p < .10$ ) が見られた。

**左右反転眼鏡着用者の結果** 第1セッションでは、IT に有意な交互作用の傾向 ( $F(1, 103) = 3.21, p < .10$ ) が見られただけであった。図2より、この傾向も通常の適合性効果であることがわかる。また、この傾向は IM にも見られる。

第2セッションでは、HH に統計的に有意な反応方向と刺激位置の主効果および交互作用 ( $F(1, 112) = 11.01, p < .01$ ;  $F(1, 112) = 3.91, p < .05$ ;  $F(1, 112) = 4.87, p < .05$ ) が、SS に反応方向の主効果と交互作用 ( $F(1, 116) = 5.42, p < .05$ ;  $F(1, 116) = 4.53, p < .05$ ) が、IM に反応方向の主効果 ( $F(1, 114) = 4.40, p < .05$ ) が見られた。したがって、IT が第1セッションで示した適合性効果は消失したことになる。また、図2より、HH と SS が示したのは通常の適合性効果であるといえる。なお、図2からわかるように、反応方向の主効果は、HH では右への、SS と IM では左への反応の方が速いというものであり、刺激位置の主効果は左の刺激に対する方が反応が速いというものである。ところで、統計的には有意ではないが、注目すべき傾向が IM に現れている。すなわち、第1セッションとは逆に、刺激の提示位置と同方向への反応の方が速い(左(右)方向への反応は左(右)の刺激に対する方が速い)という適合性効果が見られる。

## 歩行テスト

### 目的

過去の研究で、行動的適応の進行を捉えるために、しばしば実施されて

きた歩行のテストを今回も補助的に実施した。

## 方法

参加者の課題は、高さと幅が約 12 cm、全長が約 7.8 m の平均台様のコースを、できるだけ普段と同じように歩き、往復することであった。コースは、高さと幅が 12 cm で長さが 60 cm のブロック 13 個を、30°、60°、90° の右および左向きの角度が全て含まれるように配置したものであった。そして、課題遂行の所要時間とコースからの落下回数が記録された。

測定は、反転眼鏡着用中の 2 日目から 6 日目まで 1 日に 1 回ずつ、また 7 日目の眼鏡除去後に 2 回行われた。除去後の 1 日目の測定は完全な裸眼で、2 回目は反転眼鏡とほぼ同じ広さに視野を制限するだけの素通し眼鏡を着けた状態でなされた。ただし、諸般の事情により、SS、IT、ST、OY、HH については眼鏡除去後の測定が行われなかった。また、HH の 6 日目と SA の 3 日目の測定もなされず、SS の 2 日目は往路のみ測定された。

## 結果と考察

左右反転眼鏡着用者のうち、IM は常に前向きに（進行方向を向いて）歩き、HH と SS は常に横向き（進行方向に対しほぼ直角の方向を向いて）に歩いた。IT は 5 日目の復路（前向き）を除いて横向きであった。上下反転眼鏡着用者では、SA、ST、OY が常に前向きに歩いた。IK は、3 日目の往路までは前向きに歩き、3 日目の復路から 6 日目の往路まで横向きと前向きを併用し、6 日目の復路以降は前向きに歩いた。

図 3 に課題の遂行に要した時間の着用日数に伴う変化を、図 4 に落下回数の変化を参加者別に示す。ただし、SS の 2 日目と IT の 5 日目に関しては往路の測定値を 2 倍した値を示してある。

一般的に、遂行時間、落下回数とも 3 日目または 4 日目まで減少し、その後はほぼ一定の値になっている。同様の傾向は、HH、IM、SA、IK の 4 人に対してなされた標的指示動作テストにおける遂行時間の結果に



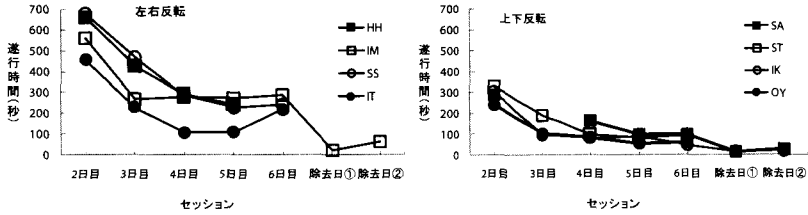


図3 遂行時間

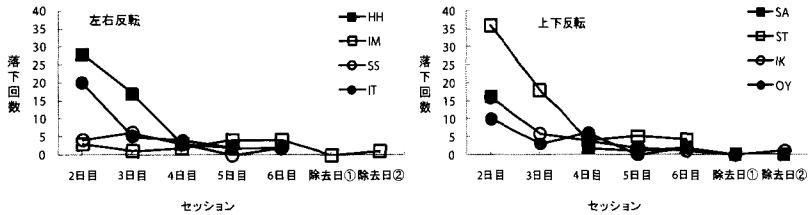


図4 落下回数

も現れている<sup>3)</sup>。このような行動的適応の経過は、過去の多くの研究で示されたものと一致する。

## 全体的考察

上下反転眼鏡を着用した4名のうちの2名(STとOY)が空間的な刺激-反応適合性効果を示した。しかし、視野反転が持続した後、そのうちの1名(OY)では適合性効果の性質に変化が見られず、もう1名(ST)では適合性効果が消失した。したがって、反転した視野への行動的適応に一致するような適合性効果の明瞭な変化は見られなかったことになる。

左右反転眼鏡の着用者の場合、第1セッションから適合性効果を示した1名(IT)では、視野変化の持続にともなって適合性効果が消失した。一方、弱い適合性効果を示した1名(IM)では、視野反転の持続後に、適合する刺激位置と反応方向の対応関係が逆になった。また、IMは、イメージ上の空間位置と反応位置との適合性効果においても対応関係の反転を示した<sup>4)</sup>。これら、IMに関する結果は、視野反転の持続によって、視

覚－運動協応過程に介在する、視対象の空間位置に関する心的表象が変化  
する可能性を示唆する。

ただし、IM における適合性効果の反転が安定したものであるかどうか  
はわからない。イメージ上での適合性効果の反転は翌日には消えてしまっ  
たし、我々の過去の研究（太城，1996；伊丸岡ほか，1999）でも、適合  
性効果が一度反転した後、元にもどった例があるからである。先にも述べ  
たように、このような反転視野への適応の不安定さは、2種類の空間表象  
が併存し交替することによると解釈できよう。

ST や IT における適合性効果の消失は、単なる測定の反復の影響とは  
考えられない。なぜなら、多くの研究が測定の反復によっては適合性効果  
が消失しないことを示している（Dutta & Proctor, 1992；Fitts & Dein-  
inger, 1954；Fitts & Seeger, 1953；Lien & Proctor, 2002；Wallace,  
1971）からである。たとえば、ST や IT の試行回数は両セッション合わ  
せて 256 回であるが、Wallace（1971）の実験では、136 試行からなる 3  
つのセッションが 3 日間にわたって繰り返されたが、適合性効果の強さ  
は変化しなかった。また、Dutta & Proctor（1992）は、第 1 実験で、観  
察者正面の左または右に提示される刺激に対して、左または右のキー押し  
で反応する（適合）観察者群と右または左のキー押しで反応する（不適  
合）観察者群の反応時間を比較した。両群とも 1 日 300 試行の測定が 8  
日にわたって反復された。その結果、初日には適合群の方が平均 73 ミリ  
秒反応が速いという適合性効果が見られ、8 日目でも適合群の方がまだ 46  
ミリ秒速かった。すなわち、2400 試行を繰り返しても、適合性効果は、  
弱まりはしたが、消失しなかった。したがって、ST や IT に見られた適  
合性効果の消失は反転視野への中間的な適応状態を反映したもので、さら  
に視野反転期間が延びて適応が進めば適合性効果の反転が生じるかもしれ  
ない。

第 1 セッションで適合性効果を示さなかった（IK、SA、HH、SS）の  
4 名に関しては、視野反転による適合性効果の変化について議論すること  
ができない。ただ、HH と SS では、第 2 セッションにおいて通常の適合  
性効果が観察された。着用 9 日目を過ぎてから適合性効果が反転した例

も存在する（太城, 1996; 伊丸岡ほか, 1999）ので、視野反転期間がさらに延びれば HH や SS が適合性効果の反転を示す可能性がある。HH がイメージ上の適合性効果では反転傾向を示していることも、この可能性を示唆する。

なお、日常生活上の行動や歩行・標的指示動作テストの結果からは、過去の研究の場合と同様、視野変換開始後 3、4 日で行動的適応がかなり進んでいることが見て取れる。しかし、空間的な刺激－反応適合性効果の変化はそれほど明瞭なものではなかった。適合性効果を規定する、外界対象に関する一般的な心的空間表象の変化は、個々の動作の適応よりも時期的に遅れるのかもしれない。

## 要 約

視野を反転させる眼鏡を着用した直後は動作が不適応的となる。たとえば、右にある物をつかもうとして左に手を伸ばしたり、上にある物を見ようとして下を向いたりしてしまう。しかし、その状況で生活し続けると、諸動作は正確さと速さを回復していく。本研究では、そのような反転視野への行動的適応が空間的な刺激－反応適合性効果（刺激位置と反応位置が調和する場合に反応効率が高まる現象）にどう反映するかを検討した。8 名の参加者が上下または左右反転眼鏡を着けたまま 5 日ないし 6 日間生活し、種々の知覚的・行動的テストを受けた。適合性効果テストの課題は、CRT ディスプレイ上の凝視点の上下左右いずれかの位置に提示される 2 種の図形の形態（円またはアステリスク）に応じて、ジョイスティックを上下左右いずれかの定められた方向にできるだけ速く倒すことであった。そして、眼鏡着用 2 日目と 4 または 5 日目との適合性の現れ方の差違が検討された。その結果、眼鏡着用（視野反転）の持続に伴って、左右反転眼鏡着用者 1 名に適合性効果の反転傾向がみられ、上下および左右反転眼鏡着用者 1 名ずつに適合性効果の消失が見られた。これらの結果から、視野反転の持続によって、知覚－運動協応過程に介在する、視対象の空間位置に関する心的表象が変化し、それが適合性効果の変化となっ

て現れる可能性が示唆された。

### 付記

本研究の一部は、平成 14-15 年度科学研究費補助金（基盤研究（C）（2）、課題番号 14510104、「視覚情報と体性感覚情報のクロスモーダル知覚における脳内過程の検討」、研究代表者：太城敬良）の援助を受けた。なお、研究結果の一部は、日本視覚学会 2004 年冬季大会において発表され、上記の科学研究費補助金の研究成果報告書にも収録された。

また、本研究は、共著者の他、田中靖人、松本絵理子、三崎将也、住谷昌彦、橋本文彦、中山満子、天ヶ瀬正博の各氏と共同で、通信総合研究所関西先端研究センター（現在は（独）情報通信研究機構未来 ICT 研究所）の支援の下に行なった 2003 年 9 月および 2004 年 9 月の長期視野変換実験の一部として実施された。ここに記して、様々な援助をいただいた研究参加者諸氏および上記研究センターへの謝意を表す。さらに、生活上の様々な制約が 1 週間近く続くにも関わらず、実験参加を快く引き受けてくれた 8 名の学生諸氏、ならびに彼らの日常生活における付き添い役を引き受けてくれた人々にも深く感謝する。

### 注

- 1) これら 2 回の測定結果は、刺激の提示位置を、外界での位置ではなく、参加者から見た視方向で定義すれば、同じ適合性効果を意味する。なぜなら、左右反転眼鏡を通して見る場合、ディスプレイ上で凝視点の左（右）に提示された刺激の視方向は右（左）になる、すなわち裸眼で右（左）に提示された刺激を見る場合と同じ視方向になるからである。本研究における左右反転眼鏡着用の場合も、ディスプレイ上で左（右）に提示された刺激の視方向は右（左）になるので、ディスプレイ上の刺激提示位置とは逆方向、すなわち右（左）方向への反応がより速ければ、通常の適合性効果ということになる。上下反転眼鏡着用の場合も同様に、上（下）の位置に提示された刺激の視方向は下（上）となり、下（上）方向への反応の方が速いことが通常の適合性効果を意味する。
- 2) これらのテスト結果の一部は、Tanaka, Miyachi, Misaki, & Tashiro (2007)、太城・江草・天ヶ瀬・中山・橋本・宮内・松本・三崎・田中 (2004) において公表されている。
- 3) 三崎将也からの私信 (2004 年 1 月) による。  
このテストでは、参加者は、椅子に座り顔面を顎台で固定して、前額平行に置かれたディスプレイ画面の 9 カ所（凝視点位置およびその周囲の円周上で 45° ずつ離れた 8 カ所）のいずれかに提示される円形の標的を

できるだけ速く指で触れることを求められた。そして、刺激提示から画面に指が触れるまでの時間（運動時間）および指示（画面接触）位置の標的からのずれが測定された。この測定は **HH**、**IM**、**SA**、**IK** の 4 人に対してのみなされた。その結果、4 人とも眼鏡着用直後に着用前より運動時間が延び、着用日数とともに減少して着用前とほぼ同じレベルに戻った。眼鏡除去直後の残効は見られなかった。指示位置の標的からのずれに関しては、左右反転眼鏡着用の **HH** と **IM** では、上下方向のずれは一貫して着用前と同程度であったが、左右方向のずれは着用直後に増大した後、次第に減少した。ただし、着用前のレベルには戻らなかった。また、**IM** では眼鏡除去直後に残効が見られた。上下反転眼鏡の **SA** と **IK** は、上下、左右の両方向で眼鏡着用直後にずれの増大を示し、その後減少した。ただし、**SA** では、上下方向の方が左右方向より眼鏡着用後のずれの増大が大きかった。両者とも残効は示さなかった。

4) 松本絵理子からの私信（2004 年 1 月）による。

用いられた課題は、参加者に時計の文字盤をイメージさせ、ディスプレイ画面に提示された数字（1～5、7～11）が時刻を表すとして、その時刻が 6 時より前なら右（左）、6 時以後なら左（右）のボタンを押させるというものであった。この場合、時計の文字盤の右側に表示される時刻を表す数字（1～5）に対しては右で反応する方が左で反応するより速く、文字盤の左側の数字（7～11）に対しては左で反応する方が速いという適合性効果が生じる。参加者には時計の文字盤は提示されず、数字は常に正面の同じ位置に提示されるので、この適合性効果における刺激位置はイメージ上の空間位置ということになる。

## 引用文献

Dutta, A. & Proctor, R. W. 1992 Persistence of stimulus-response compatibility effects with extended practice. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18(4), 801–809.

江草浩幸・銅銀ゆう子・宮内哲・橋本文彦・中山満子・林美恵子・太城敬良  
2002 空間的な刺激－反応適合性効果を規定する参照枠（3）——反応課題による差異—— 関西心理学会第 114 回大会発表論文集, 41.

江草浩幸・銅銀ゆう子・宮内哲・橋本文彦・中山満子・林美恵子・太城敬良  
2003 空間的な刺激－反応適合性効果を規定する参照枠（2）——刺激形態および反応課題の影響—— 基礎心理学研究, 21(2), 173.

江草浩幸・御領謙 1993 逆転視野における読書と動作 基礎心理学研究, 11, 87–101.

江草浩幸・宮内哲・橋本文彦・中山満子・林美恵子・太城敬良 2002 空間

- 的な刺激-反応適合性効果を規定する参照枠——身体中心枠と対象中心枠の比較—— 日本心理学会第 66 回大会発表論文集, 395.
- 江草浩幸・高田雅弘・林美恵子・太城敬良 2010 空間的な刺激-反応適合性効果を規定する参照枠 (7) ——反応場所による差異: 2 肢選択反応の場合—— 日本心理学会第 74 回大会発表論文集, 539.
- 江草浩幸・太城敬良・中塚麻記子・上田智巳・天野旬 1999 左右反転眼鏡着用による標的指示動作の変化——1998 年 39 および 35 日間連続着用実験—— 関西心理学会第 111 回大会発表論文集, 11.
- Fitts, P. M. & Deininger, R. L. 1954 S-R compatibility: Correspondence among paired elements within stimulus and response codes. *Journal of Experimental Psychology*, 48, 483-492.
- Fitts, P. M. & Seeger, C. M. 1953 S-R compatibility: Spatial characteristics of stimulus and response codes. *Journal of Experimental Psychology*, 46, 199-210.
- 御領謙・江草浩幸 1996 逆転視野への適応過程 (2) ——知覚-運動協応過程と高次認知過程の相互作用—— 人文研究 (千葉大学文学部紀要), 25, 31-73.
- 伊丸岡俊秀・林美恵子・中塚麻記子・太城敬良・上田智巳・天野旬 1999 左右反転眼鏡長期着用による刺激-反応適合性効果の変化——1998 年 39 および 35 日間連続着用実験—— 関西心理学会第 111 回大会発表論文集, 7.
- Lien, M. & Proctor, R. W. 2002 Stimulus-response compatibility and psychological refractory period effect: Implications for response selection. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 212-238.
- 牧野達郎 (編) 1998 知覚の可塑性と行動適応 プレーン出版
- 森孝行 1988 視野変換による知覚体制の崩壊と再構造化 昭和 62 年度科学研究補助金 (総合研究 A) 研究成果報告書
- 中塚麻記子・江草浩幸・太城敬良・上田智巳・天野旬 1999 左右反転眼鏡長期着用中の諸動作の変化——歩行・ダーツ投げ・片足立ちからの考察—— 関西心理学会第 111 回大会発表論文集, 5.
- Nicoletti, R., Anzola, G. P., Luppino, G., Rizzolatti, G., & Umiltà, C. 1982 Spatial compatibility effects on the same side of the body midline. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 664-673.
- 積山薫 1987 左右反転眼鏡の世界 ユニオンプレス
- 積山薫 1997 身体表象と空間認知 ナカニシヤ出版
- Sekiya, K., Miyauchi, S., Imaruoka, T., Egusa, H., & Tashiro, T. 2000

- Body image as a visuomotor transformation device revealed in adaptation to reversed vision. *Nature*, 407, 374-377.
- Simon, J. R. 1990 The effects of an irrelevant directional cue on human information processing. In R. W. Proctor & T. G. Reeve (Eds.) *Stimulus-response compatibility: An integrated perspective*. Amsterdam: North-Holland. pp.31-86.
- 篠原弘章 1984 行動科学の BASIC (2) 実験計画法 ナカニシヤ出版
- Snyder, F. W. & Pronko, N. H. 1952 *Vision with spatial inversion*. Wichita: University of Wichita Press.
- Stratton, G. M. 1896 Some preliminary experiments on vision without inversion of the retinal image. *Psychological Review*, 3, 611-617.
- Stratton, G. M. 1897 Vision without inversion of the retinal image. *Psychological Review*, 4, 341-360, 463-481.
- Tanaka, Y., Miyauchi, S., Misaki, M., & Tashiro T. 2007 Mirror symmetrical transfer of perceptual learning by prism adaptation. *Vision Research*, 47, 1350-1361.
- 太城敬良 1996 空間的刺激と反応の適合性効果よりみた空間認知 (1) —— 左右反転視野眼鏡 9 日間着用実験による検討 —— 人文研究 (大阪市立大学文学部紀要), 48, 239-261.
- 太城敬良 1997 空間的刺激と反応の適合性効果よりみた空間認知 (2) —— 刺激位置と運動反応方向との適合性効果 —— 人文研究 (大阪市立大学文学部紀要), 49, 213-231.
- 太城敬良・江草浩幸・天ヶ瀬正博・中山満子・橋本文彦・宮内哲・松本絵理子・三崎将也・田中靖人 2004 上下反転眼鏡への順応 —— 上下さかさ絵判断に見られる 3 種の順応形態 —— 関西心理学会第 116 回大会発表論文集, 34.
- 太城敬良・大倉正暉・積山薫 1994 6. 知覚-運動協応 大山正・今井省吾・和氣典二 (編) 新編感覚・知覚心理学ハンドブック 誠信書房 pp.168-209.
- 太城敬良・大倉正暉・吉村浩一・雨宮俊彦・積山薫・江草浩幸・筑田昌一・野津直樹 1984 上下反転眼鏡実験基礎資料集 ユニオンプレス
- Umiltà, C. & Nicoletti, R. 1990 Spatial stimulus-response compatibility. In R. W. Proctor & T. G. Reeve (Eds.) *Stimulus-response compatibility: An integrated perspective*. Amsterdam: North-Holland. pp.89-116.
- Wallace, R. J. 1971 S-R compatibility and the idea of a response code. *Journal of Experimental Psychology*, 88, 354-360.

上下あるいは左右反転した視野の持続が空間的な刺激-反応適合性効果に及ぼす影響

Wallace, R. J. 1972 Spatial S-R compatibility effects involving kinesthetic cues. *Journal of Experimental Psychology*, 93, 163-168.

吉村浩一 1993 左右反転視の世界への知覚的順応 (心理学モノグラフ 21)  
日本心理学会

吉村浩一 1997 3つの逆さめがね (改訂版) ナカニシヤ出版