

# 実行制御の負荷がサイモン効果の視野差に及ぼす影響

渡辺友里菜\*<sup>1</sup>・吉崎一人\*<sup>2</sup>

Effect of task load on lateral difference in the Simon task.

Yurina Watanabe and Kazuhito Yoshizaki

## 要旨

従来、視覚注意は右視野へ偏ることが示されており (Corbetta & Shulman, 2002; Kinsbourne, 1987; Mesulam, 1981), 近年では、左右空間への注意の偏りの有無が、発達により変化することが示されている (Takio, Koivisto, Tuominen, & Hämäläinen, 2014; Takio, Koivisto, Tuominen, Laukka, & Hämäläinen, 2013)。発達の変化の知見では、前頭葉機能が未成熟な児童や前頭葉機能が低下した高齢者では顕著な右視野への偏りを認めるが、前頭葉機能が成熟している若年成人では、実行制御の働きにより左右視野へ注意を均等に分配することができるとした。本研究では、実行制御に負荷がかかる課題において、若年成人における視覚注意は右視野へ偏るか、また、その偏りの大きさは実行制御への負荷に比例するのかを検討した。実行制御への負荷は、サイモン課題における実験ブロック毎に、各反応に対応する刺激種類を変化させることで操作した。実験の結果、サイモン効果は左視野よりも右視野で大きくなり、視覚注意の右視野への偏りがみられた一方、偏りの大きさは実験ブロックにより変化しなかった。実験ブロックによるサイモン効果の視野差がみられなかった要因としては、実行制御への負荷の操作が適切ではなかった可能性があげられた。

キー・ワード：視覚注意，大脳半球機能差（ラテラルリティ），実行制御，サイモン効果

## 問題と目的

ヒトの視覚情報は、左空間の情報は、まず右半球へ、右空間の情報は、まず左半球へ投射される。ラテラルリティ研究では、この生理学的基盤を使って、左右の空間に瞬間呈示した情報に対する認知成績の左右差から、左右半球の機能差を推測してきた (永江, 2012; 八田, 2003)。具体的には、参加者が凝視点を注視している状態で、刺激を左あるいは右空間に、眼球運動潜時以内の時間 (通常は150 ms以内) で瞬間呈示する。例えば、右空間に呈示した条件の認知成績が左空間に呈示した

条件よりも優れていれば、その刺激や課題の処理は、右空間の視覚情報が最初に投射される左半球の方が優れていると推測される。左半球の言語性材料の処理優位と右半球の非言語性材料の処理優位を主張した機能特殊化説 (Kimura, 1966) を皮切りに、大脳半球損傷患者のみならず、健常者の空間 (視野) 分割研究が盛んに実施され、現在では、言語性刺激の処理が右空間 (左半球) 優位であること (Bradshaw & Nettleton, 1983; Hellige, 1993) と、非言語刺激の処理は右空間 (左半球) に対して相対的に左空間 (右半球) 優位であること (永江, 2012) とは、広く知られるようになった。

このような刺激属性の視野差 (ラテラルリティ) の検討に比べて、視覚注意のラテラルリティの検討

\*1 愛知淑徳大学大学院心理医療科学研究科

\*2 愛知淑徳大学心理学部 教授

は多いとはいえない。これまでに視覚注意は、右空間への偏りがあることが示され (Corbetta & Shulman, 2002; Kinsbourne, 1987; Mesulam, 1981), 近年では, その発達の変化も明らかになっている (Takio, Koivisto, Tuominen, & Hämäläinen, 2014; Takio, Koivisto, Tuominen, Laukka, & Hämäläinen, 2013)。本研究は, 刺激反応適合性課題を用いて, 視覚注意のラテラルリティを検討する。

視覚注意の右視野への偏りは, 左右大脳半球の注意の偏りに基づいて説明される。この説明では, 左半球は右視野に対する注意が左視野に比べて強く, 左右差がみられる一方, 右半球は視野間で注意の強さに顕著な差はみられないとしている (Kinsbourne, 1987; Mesulam, 1981)。つまり, 左半球の視覚注意は, 右視野へ偏り, 右半球の視覚注意は, 左右視野全体へむけられる。そのため, 両半球で総合すると, 視覚注意は右視野へ偏るのである。

近年Takio et al. (2013) は, 視覚注意の右視野への偏りは児童にみられ, 若年成人では小さく, 高齢者で再び大きくなるという発達の変化を明らかにした。Takio et al. (2014) は, この発達の変化を, 前頭葉機能が成熟している若年成人は, 実行制御の働きにより左右視野へ注意を均等に分配することができるが, 前頭葉機能が未成熟な学童期の児童や前頭葉機能が低下する高齢者は, 左右視野への注意のバランスが取れず, 右視野への偏りが生じるためであるとした。このことから, 実行制御の働きが視覚注意の右視野への偏りを解消するのであれば, 若年成人でも, 実行制御に負荷がかかることで, 視覚注意の視野差が生じ, かつ, その視野差は実行制御への負荷の大きさに比例して大きくなることが予想される。この仮説を検討するため本研究は計画された。

本研究の目的は, 若年成人における実行制御への負荷が, 視覚注意の視野差に与える影響を検討することである。そのため, 視覚注意の視野差が得られると推測される刺激反応適合性課題 (サイモン課題) を用いて, 実行制御への負荷が, 注意の視野差に与える影響を検討した。

これまで, 視覚注意における実行制御は, 主に

刺激反応適合性課題を用いて検討されてきた。これは, サイモン課題 (Simon, 1990), フランカー課題 (Eriksen & Eriksen, 1974) といった, 課題関連情報と課題無関連情報の間に競合が生じるような不一致条件と, 競合が生じない一致条件とが設定される課題である。条件間の差である干渉量は, 適合性効果 (サイモン課題では, サイモン効果) と呼ばれ, 競合解消の効率性を示す指標となる。サイモン課題において実験参加者は, 左右に呈示される刺激に対して, できるだけ速く, できるだけ正確に, 左右に配置されたボタンを押すことを求められる。サイモン課題の課題無関連情報は, 刺激呈示位置 (左右) であり, 刺激に対応した反応ボタンの左右によって, 適合性が決まる。適合性は, 刺激の呈示位置 (左右) と反応位置 (左右) が同じであれば一致条件, 異なれば不一致条件となる。一般的には, 一致条件よりも不一致条件の方が遂行成績は劣る。Stürmer, Leuthold, Soetens, Schröter, & Sommer (2002) は, サイモン課題では, 運動の活性化を反映する事象関連電位であるLRP (Lateralized Readiness Potential: 片側性準備電位) の振幅から, 刺激の呈示位置と同側の反応位置における手の運動が自動的に準備されることを示している。つまり, 不一致条件では, 刺激の呈示位置と反応位置の不一致による競合を解消する必要があるため, 一致条件に比べて反応時間は延長し, 間違えやすくなるのである。

サイモン課題のこれらの特徴と, 前述した注意の右視野への偏りから, サイモン課題では, 右視野への刺激呈示時に, 一致条件での反応が促進されやすく, かつ, 不一致条件での反応は抑制しにくいと考えられる。よって, 左視野に比べて右視野での一致条件は速く, 正確になり, 不一致条件は遅く, 間違えやすくなるため, サイモン効果は, 左視野よりも右視野で大きくなると推測される。

本実験では, 実行制御への負荷を, 各反応手に対応する刺激種類を実験ブロック毎に変化させることで操作し, 実験ブロック内に呈示される刺激の種類が多いほど, 負荷は高いと想定した。実験課題は, 刺激の中心部分の円の色弁別 (白色, 灰色) を行うサイモン課題であった。実験ブロック

は3種類、刺激は6種類用意された（Figure 1）。このうち単独の円刺激（2種類）をターゲットとする実験ブロックは、実行制御への負荷が低い単一円サイモン刺激ブロックとした。五つの円で構成される刺激をターゲットとするブロックを、十字型フランカー刺激ブロックとした（Figure 1）。このフランカー課題では、実験参加者は、周囲のノイズを排除しながら中心に配置されたターゲットの同定を行うことが求められる（Eriksen & Eriksen, 1974）。つまり、ターゲットとノイズの適合性による刺激-刺激競合が生じる刺激であるため、ノイズ（競合）の排除が必要となる。この4種類の刺激が呈示される十字型フランカー刺激ブロックは、単一円サイモン刺激ブロックよりも、刺激種類が多いうえ、刺激-反応競合に加えて、刺激-刺激競合が生じるため、実行制御への負荷が高いとした。全6種類の刺激を使用するブロックを、刺激混合ブロックとした。刺激混合ブロックは、片方の反応手に対応する刺激種類が3種類と最も多いため、実行制御にかかる負荷が最も高いとした。

もし、Takio et al. (2013) の主張通り、実行制御が視覚注意の右視野への偏りを補正しているのであれば、課題負荷の増大により実行制御の働きが低下し、若年成人でも視覚注意の右視野への偏りが大きくなると考えられる。つまり、本研究におけるサイモン効果の視野差は、実験ブロック内で使用される刺激の種類が多いほど大きくなり、単一円サイモン刺激ブロック、十字型フランカー刺激ブロック、刺激混合ブロックの順で大きくなると推測された。

## 方 法

**要因計画** 視野（2；左視野、右視野）× 実験ブロック（3；単一円サイモン刺激ブロック、十字型フランカー刺激ブロック、刺激混合ブロック）× 適合性（2；一致条件、不一致条件）の3要因実験参加者内計画であった。

**実験参加者** 実験参加への同意書に署名を得た、18歳から31歳までの右手利きの大学生24人（ $M=22.9$ 歳、 $SD=2.6$ 歳、女性23名）が実験に参加し

た。利き手の判定にはフランダース利き手テスト（大久保・鈴木・Nicholls, 2014）を用いた。すべての実験参加者は、矯正視力を含む正常な視力を有していた。

**装置** 刺激はパーソナルコンピュータとそれに接続された17インチCRTディスプレイ（リフレッシュレート70 Hz）によって呈示された。反応の採取はCedrus社製反応キー（RB-530）により行われた。刺激呈示の制御、反応の記録には、Cedrus社製SuperLab（Ver.4.52）を使用した。また、頭部を固定し、画面と目の距離を一定に保つために顔面固定台を使用した。

**刺激** 刺激は、灰色（153, 153, 153）、あるいは白色（255, 255, 255）で塗りつぶされた、一つ、あるいは五つの円で構成されていた（Figure 1）。円は、全て黒（0, 0, 0）の実線で輪郭を縁どられ、一つの円の大きさは、視角にして縦 $0.77^\circ$ ×横 $0.77^\circ$ であった。五つの円で構成された刺激は、中心のターゲットを囲む形で、その上下左右計4箇所にターゲットと同様の円刺激のノイズが配置され、ターゲットの円とノイズの円との間は、視角にして $1.16^\circ$ であった。一致条件と不一致条件は、ターゲットである中心の円の色とフランカーの円の色との適合性によって定められた。すべての刺激は、白色の背景に呈示された。ターゲットは画面中心に呈示される凝視点“+”（視角にして $0.46^\circ \times 0.46^\circ$ ）を通る水平線上の左右いずれかに呈示され、凝視点からターゲットの中心までの距離は、視角にして $4.65^\circ$ であった。

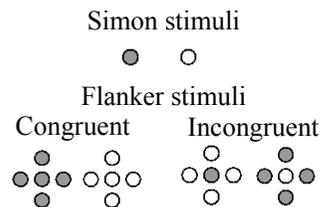


Figure 1. All stimuli in the present experiment.

**手続き** 実験は個別に行われた。実験参加者は画面から37 cmの距離に顔面固定台によって頭部を固定され、実験中は画面中心を凝視するように求められた。各試行の流れは以下の通りであった

(Figure 2)。まず画面中央にチャイム音と共に凝視点が500 ms呈示された。その後、刺激が150 msの間、左右2箇所のいずれかに呈示された。実験参加者は、単一の円もしくはは刺激中心の円の色が、白色か灰色かの同定を、できるだけ速く、できるだけ正確に、左右手の人さし指で、左右に配置された反応キーを押すことによって行うように求められた。実験参加者の反応後、1000 msのブランク画面の後に、次試行が開始された。ターゲット呈示から1000 msの間、実験参加者が無反応であった場合、さらに1000 ms後に次試行が開始された。ターゲット呈示時から1000 msまで、反応は1 ms単位で記録された。ブロック間の休憩は10秒であった。

練習試行は、毎ブロックの最初に実施された。練習試行の課題内容は、練習後に行う実験ブロックと同様で、16試行実施した。実験の本試行は、64試行からなる実験ブロックを3回実施したため、計192試行であった。3種類のブロックの内訳は、単一円サイモン刺激ブロック、十字型フランカー刺激ブロック、刺激混合ブロックであった。ブロック内の試行の内訳は、左右視野共に一致条件が16試行、不一致条件が16試行であった。適合性の基準は、サイモン課題に基づいており、反応と刺激とが同側のときを一致条件、異なるときを不一致条件とした。単一円サイモン刺激ブロックと十字型フランカー刺激ブロックの本試行および、それらのブロックの練習試行は、刺激の呈示頻度、呈示位置、適合性の条件が均等であった。刺激混合ブロックおよび、その練習試行は、試行数の半分が単一円サイモン刺激ブロック、残りの半分が十字型フランカー刺激ブロックであり、各ブロック内での刺激の呈示頻度、呈示位置、適合性の条件は均等であった。三つの実験ブロックの並べ方は

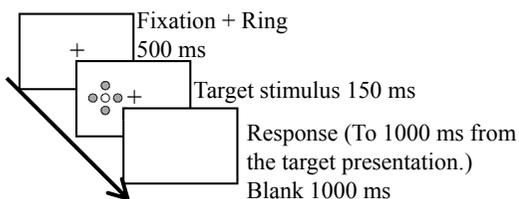


Figure 2. Sequence of events on a trial.

6パターンで存在し、1パターンにつき4名の参加者が割り当てられた。また、ターゲット（白色、灰色）と反応ボタン（左右）の対応は参加者間でカウンターバランスされた。

## 結果

実験参加者個々に、正答に要した反応時間の平均と誤答率を、実験条件別に算出した。反応時間が150 ms未満の尚早試行はみられなかった。Figure 3, Table 1に、各実験条件での24名の反応時間の平均と標準誤差、誤答率の平均と標準誤差をそれぞれ示す。全実験条件での反応時間と誤答率の間には正の相関が確認され、トレードオフはなかった ( $r = .69$ ,  $df = 10$ ,  $p < .02$ )。

**反応時間** 正答に要した反応時間を使って、要因計画に沿った分散分析を実施した。その結果、実験ブロックに主効果がみられた ( $F(2, 46) = 72.71$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .76$ )。多重比較 (TukeyのHSD法)の結果、刺激混合ブロック (426 ms)の方が、十字型フランカー刺激ブロック (449 ms)よりも速く、単一円サイモン刺激ブロック (380 ms)は、刺激混合ブロックと十字型フランカー刺激ブロックよりも速かった。視野と適合性の交互作用がみられた ( $F(1, 23) = 8.14$ ,  $p = .009$ ,  $\eta_p^2 = .26$ )。一致条件は、左視野よりも右視野の方が速く ( $F(1, 46) = 5.46$ ,  $p = .002$ ,  $\eta_p^2 = .11$ )、不一致条件は、左視野よりも右視野の方が遅いこ

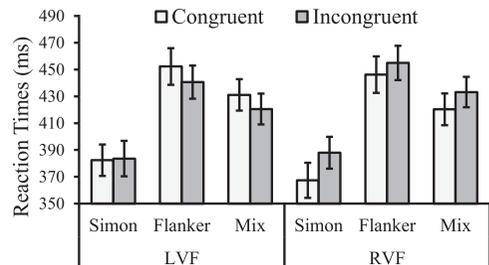


Figure 3. Mean reaction time in each experimental condition. The vertical bars represent the standard error of the means. LRFV=Left Visual Field; RRVF=Right Visual Field. "Simon", "Flanker", and "Mix" indicate the category of used stimuli in experimental block respectively.

とが示された ( $F(1, 46)=5.28, p=.003, \eta_p^2=.10$ )。つまり、この交互作用は、サイモン効果（不一致条件から一致条件を引いた値）は、右視野だけで得られ ( $F(1, 46)=8.15, p=.006, \eta_p^2=.15$ )、左視野では得られなかった ( $F(1, 46)=2.02, p=.162, \eta_p^2=.04$ ) ことを反映していた。また、実験ブロックと適合性に交互作用がみられた ( $F(2, 46)=3.82, p=.029, \eta_p^2=.14$ )。これは、サイモン効果は、単一円サイモン刺激ブロックだけで得られ ( $F(1, 69)=6.58, p=.013, \eta_p^2=.09$ )、十字型フランカー刺激ブロックや刺激混合ブロックでは得られなかったことの反映であった ( $F(1, 69)=0.12, p=.730, \eta_p^2<.01; F(1, 69)=0.08, p=.784, \eta_p^2<.01$ )。その他の主効果、交互作用は有意ではなかった ( $F_s<1.91, p_s>.15$ )。

**誤答率** 誤答率を用いて、反応時間と同様の分散分析を実施した。その結果、実験ブロックに主効果がみられた ( $F(2,46)=9.21, p<.001, \eta_p^2=.29$ )。多重比較（TukeyのHSD法）の結果、単一円サイモン刺激ブロック（2.7 %）は、十字型フランカー刺激ブロック（5.5 %）よりも誤答率が低く、刺激混合ブロック（4.2 %）と他のブロックとの間に有意な差はなかった。その他の主効果、交互作用は有意ではなかった ( $F_s<1.54, p_s>.21$ )。

Table 1  
Mean error rates and SEs (on parentheses) in each experimental condition

	LVF		RVF	
	Congruent	Incongruent	Congruent	Incongruent
Simon	1.6 (0.6)	3.4 (0.9)	3.9 (1.2)	2.1 (0.7)
Flanker	4.9 (1.3)	6.5 (1.2)	3.9 (0.9)	6.5 (1.9)
Mix	3.6 (1.0)	4.9 (1.3)	4.2 (1.1)	3.9 (1.2)

## 考 察

本研究の目的は、若年成人における視覚注意の偏りの関係を検討することであった。そのため、実行制御への負荷を操作した場合のサイモン効果の視野差を観察した。実行制御への負荷の高低は、実験ブロックにより、各反応手に対応する刺激種類を増減させることで操作した。よって、遂行成績（反応時間および誤答率）は、単一円サイモン刺激ブロックが最も高く、次に十字型フランカー

刺激ブロック、そして刺激混合ブロックで最も低くなると想定した。実験の結果、ブロック毎に遂行成績の差がみられたものの、その差は想定とは異なるパターンを示した。この詳細については、後述する。サイモン効果の視野差に関しては、Takio et al. (2014) の主張通り、実行制御が視覚注意の右視野への偏りを補正しているのであれば、課題負荷の増大により実行制御の働きが低下することで、視覚注意の右視野への偏りが大きくなると想定した。つまり、サイモン効果の視野差は、単一円サイモン刺激ブロック、十字型フランカー刺激ブロック、刺激混合ブロックの順で大きくなると推測した。

実験の結果、左視野よりも右視野の方が一致条件は速く、不一致条件は遅いという仮説を支持する反応傾向が示され、サイモン効果は右視野だけで得られた。つまり、右視野優位性の出現という仮説は支持された。しかし、サイモン効果は実行制御への負荷に関わらず、単一円サイモン刺激ブロックだけで得られ、実行制御の負荷の増加に関する仮説は支持されなかった。顕著な差が認められたブロック同士、つまり、単一円サイモン刺激ブロックと十字型フランカー刺激ブロックの反応時間を比較するため、実験ブロック要因の3水準から刺激混合ブロックを排除し、単一円サイモン刺激ブロックと、十字型フランカー刺激ブロックだけで、要因計画に沿った分析を行った。その結果、実行制御の負荷の増加に関する仮説は支持されなかった（3要因の交互作用： $F(1, 23)=.01, p=.926, \eta_p^2<.26$ ）。

本研究の結果が、仮説の一部支持となった要因として、いくつかの実験設定上の問題があげられる。まず、サイモン効果が、単一円サイモン刺激ブロックだけで得られたことに関しては、反応時間の延長による効果の減衰が考えられる。例えばHommel (1994) は、凝視点から刺激呈示位置までの距離を操作して、凝視点から遠く、反応により長い時間を要する条件の方が、凝視点から近い条件よりも、サイモン効果が小さくなることを示している。よって、フランカーを排除するために生じる反応時間の延長が、サイモン効果の減少を招き、実行制御への負荷の増加における視覚注意

の偏りを正しく検出できなかった可能性がある。今後は、反応時間により干渉量が増減しないような課題を用いて検討を行う必要がある。また、反応時間および誤答率における実験ブロックの主効果から、実行制御への負荷が高くなるとした実験設定が適切ではなかった可能性が想定される。実験ブロックの主効果の多重比較の結果から、単一円サイモン刺激ブロックが最も遂行成績が高く、次に、刺激混合ブロック、最も低かったのは十字型フランカー刺激ブロックであった。これは、単一円サイモン刺激ブロック、十字型フランカー刺激ブロック、刺激混合ブロックの順に実行制御への負荷が高くなるとした本研究の実験操作から想定したものとは異なり、一つの反応に対応する刺激種類の多さが、単純に実行制御への負荷に繋がるわけではないことを示唆した。今後は、実行制御への負荷の操作方法を改善した検討が必要となる。

適切な実行制御への負荷の操作方法は、サイモン効果と実行制御の関係性を検討した知見から、推察される。Clouter, Wilson, Allen, Klein, & Eskes (2015) や Wühr (2011) は、実行制御への負荷は、サイモン効果を減衰させるものの、消失には至らないことを示している。Clouter et al. (2015) は、ブロックの最初の試行、あるいは2試行前の試行の呈示位置と、現試行の呈示位置とを比較させるサイモン課題を実施し、サイモン効果と実行制御の負荷の関係性、時間経過の影響を検討した。実験では、刺激が呈示される可能性がある箇所が左右視野に2箇所ずつ存在しており、反応は、前の試行と現試行の適合性によって定められた左右のボタンにより行われた(例えば、前の試行と同じであれば、右のボタン、異なれば左のボタン)。実行制御への負荷の操作は、どの試行の呈示位置を参照するかにより行われ、ブロックの最初の試行と現試行とを参照する場合は低負荷、2試行前とを現試行とを参照する場合は高負荷とされた。実験の結果、サイモン効果は、実行制御への負荷によって減少するものの、反応時間が延長しても消失しないことが示された。この結果は、反応時間の延長により、サイモン効果が消失した本研究の結果と相反している。しかし、

Clouter et al. (2015) と本研究では、負荷の操作方法が異なることから、負荷の操作方法によるサイモン効果への寄与を、ある程度説明できる。Clouter et al. (2015) の課題における実行制御への負荷の操作では、何試行か前に、どこに刺激が呈示されたかを想起し、反応を行うため、反応同定の段階で遅延が生じたと考えられる。一方、本研究における実行制御への負荷の操作では、ノイズの付加や各反応に対応する刺激種類の増加により、ターゲット(刺激)の同定の段階で遅延が生じたと考えられる。つまり、サイモン効果を消失させず、実行制御への負荷を増加させるには、刺激同定よりも反応同定を遅延させる設定の方が望ましいともいえる。本研究の課題では、各反応に対応する刺激種類を操作したが、ターゲットは常に灰色か白色かの二者択一であったため、各ブロックで反応同定の負荷に差はなかった。今後は、ターゲットの数を増加させるなどの工夫を行うことで、適切に実行制御に対する負荷の操作を実施することが可能だろう。

本研究は、使用課題や実行制御への負荷の操作方法に改善すべき点があるものの、若年成人の刺激反応適合性パラダイムの実施において、右視野への注意の偏りがみられることを示した点は、注目に値する。Takio et al. (2013) は、一側視野、あるいは両側視野に刺激が呈示され、指定された刺激の場合だけボタン押しでの反応を行う同定処理を含むGo/No-go課題において、若年成人の遂行成績は左視野よりも右視野の方が高く、ドットが呈示され次第、出来るだけ速く反応ボタンを押す刺激検出課題では視野差はみられないことを報告している。Takio et al. (2013) の結果は、指定された刺激以外では実行制御による反応を抑制する必要があるGo/No-go課題だけで、右視野への視覚注意の偏りが認められたとも捉えられる。刺激反応適合性パラダイムは、課題遂行に伴う課題無関連情報の干渉を抑制するものが多く、その抑制には実行制御が関与している。本研究の単一円サイモン刺激ブロックのような比較的、実行制御への負荷が低いと想定された課題においても右視野への注意の偏りがみられたことから、実行制御に負荷がかかる課題では年齢に関係なく視

覚注意の右視野への偏りがみられる可能性がある。今後はまず、実行制御への負荷の有無が、若年成人における視覚注意の右視野への要因であるかどうかを検討したうえで、負荷の強さによって偏りの大きさが変化するかを吟味することが求められる。

## 付 記

本研究はJSPS科研費(基盤研究(C)24530929, 15k04198:研究代表者 吉崎一人)の助成を受けた。

## 引用文献

- Bradshaw, J. L., & Nettleton, N. C. (1983). *Human cerebral asymmetry*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Clouter, A., Wilson, R., Allen, S., Klein, R. M., & Eskes, G. A. (2015). The influence of verbal and spatial working memory load on the time course of the Simon effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *41*, 342-355.
- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, *3*, 201-215.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, *16*, 143-149.
- 八田 武志 (2003). 脳の働きと行動のしくみ 医歯薬出版株式会社
- Hellige, J. B. (1993). *Hemispheric asymmetry: What's right and what's left*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Hommel, B. (1994). Spontaneous decay of response-code activation. *Psychological Research*, *56*, 261-268.
- Kimura, D. (1966). Dual functional asymmetry of the brain in visual perception. *Neuropsychologia*, *4*, 275-285.
- Kinsbourne, M. (1987). Mechanisms of unilateral neglect. In M. Jeannerod (Ed.), *Neurophysiological and neuropsychological aspects of spatial neglect* (pp.69-86). Amsterdam, NH: North-Holland.
- Mesulam, M. M. (1981). A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Annals of Neurology*, *10*, 309-325.
- 永江 誠司 (2012). 認知と脳—ラテラルリティの心理学— おうふう出版
- 大久保 街垂・鈴木 玄・Nicholls, M. E. R. (2014). 日本語版 FLANDERS 利き手テスト—信頼性と妥当性の検討— 心理学研究, *85*, 474-481.
- 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* (pp.31-86). Amsterdam, NH: North-Holland.
- Stürmer, B., Leuthold, H., Soetens, E., Schröter, H., & Sommer, W. (2002). Control over location-based response activation in the Simon task: Behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *28*, 1345-1363.
- Takio, F., Koivisto, M., Tuominen, T., & Hämäläinen, H. (2014). The influence of executive functions on spatial biases varies during the lifespan. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *10*, 170-180.
- Takio, F., Koivisto, M., Tuominen, T., Laukka, S. J., & Hämäläinen, H. (2013). Visual rightward spatial bias varies as a function of age. *Laterality*, *18*, 44-67.
- Wühr, P. (2011). Working-memory load decreases mappings effects in spatial-

compatibility tasks. *Psychological  
Research*, 75, 393-405.