

サイモン課題並びにストループ様課題における 反応キー間の距離が競合解消に及ぼす影響

渡辺 友里菜・吉崎 一人

Does the distance between response keys affect the conflict resolution
in the Simon and Stroop task?

Yurina Watanabe and Kazuhito Yoshizaki

要旨

これまで実験心理学の研究では、刺激の空間特性に着目した研究が行われてきた。しかしその一方で、反応様式が空間特性を持っている場合に、刺激反応適合性課題にどのような影響があるのかを検討した研究は少ない。ストループ課題を用いた研究 (Lakens et al., 2011, *Psychological Science*, 22, 887-890) により、反応キー間の距離が近い場合と遠い場合を比較すると、遠い場合に競合解消が効率的に行われることが示されているが、Lakens et al. のイベントコーディング理論による解釈には裏付けがない。本研究は、反応の空間特性が刺激反応適合性課題に与える影響およびLakens et al. の解釈の妥当性を調べるために、サイモン課題とストループ課題で、反応キー間の距離が近い場合と遠い場合の遂行成績を比較した。その結果、サイモン課題にてイベントコーディング理論による解釈が支持された一方、ストループ課題では、反応キー間の距離の影響自体が認められなかった。この結果は、刺激-反応競合課題と、刺激-刺激競合課題では反応キー間の距離の効果が生じる機序が異なる可能性を示し、反応キー間の距離の影響をイベントコーディング理論によるものと結論付けるのは尚早であることを示唆した。

キー・ワード：反応キー間の距離，刺激反応適合性パラダイム，サイモン課題，ストループ課題

問題と目的

数字や言語のような心的表象と物理的な空間表象の間にはどのような関係性があるのだろうか？この問いに対して実験心理学では、刺激呈示空間の一致性が刺激反応適合性課題に与える影響を観察することでアプローチしている (e.g., Chen & Proctor, 2014; Dehaene, Bossini, & Giraux, 1993; Meier & Robinson, 2004; Nett & Frings, 2014; 渡辺・吉崎, 2014)。これらの研究は、ヒトが対象の関係を、空間的な比喻によって捉えていることを示唆してきた。刺激の空間特性に着目した研究が行われてきた一方で、反応様式自体に空間特性を持たせた場合に、刺激反応適

合性課題にどのような影響がみられるかについては、着目されていない。本研究は、反応キー間の距離を変化させたLakens, Schneider, Jostmann, & Schubert (2011) をもとに、反応キー間の距離 (空間) が刺激反応適合性課題の遂行成績に与える影響を明らかにする。

我々は、身体を通して、視覚、聴覚、触覚といった感覚を手に入れている。例えば、自分の正中線よりも右方向に存在するものを右側と捉えるように、身体は、外界を認知する際の基準となる。この自己の身体を基準とした空間の認識は、言葉や数字といった心的表象を評価する際にも影響を及ぼす。例えば、数字が奇数か偶数かの判断を求められれば、小さい数字は左側で、大きい数字は右

側での反応がより速くなる。これはSNARC (spatial numerical associations of response codes) 効果と呼ばれる (Dehaene et al., 1993)。この効果は、「1」から「5」の5つの数字を刺激セットとしたとき、「4」と「5」は右側での反応が速くなり、「4」から「9」を刺激としたとき、「4」と「5」は左側での反応が速くなることから、左右どちらで反応が速くなるのかは刺激に使用されている数字の相対的な大きさによって決まることが示されている (Dehaene et al., 1993)。これは、空間的な数字の表象と身体との関係性は固定されているのではなく、使用される数字により変化することを示している。また、文字を右から左へと読むアラビア語を母国語としている人々は、この効果の方向性が逆になることから、読書習慣との関連も指摘されている (Dehaene et al., 1993)。これは、我々が習慣をもとに、複数の対象の関係を、空間を利用して捉えていることを示唆している。このような数量的心的表象と、空間との結びつきは、処理過程や、処理に関わる脳領域といった認知神経心理学的な視点からも研究され、着目されているトピックである (Walsh, 2003)。

刺激の持つ空間特性に着目が集まる一方、反応に相対的な空間特性を持たせた場合の検討は数が少なく、検討の余地がある。これまでにサイモン課題 (Simon, 1990) のような刺激の呈示位置と反応布置の適合性に着目した課題はあるものの、その際の反応は、左右、上下といった一元的なものであった。しかしストループ課題を用いた Lakens et al. (2011) によって、反応キー間の距離が近い場合 (Close条件) と遠い場合 (Far条件) を比較すると、Far条件の方で競合解消が効率的に行われることが示された。具体的には、Lakens et al. は、色名単語のインク色をボタン押しによって回答するストループ課題 (Stroop, 1935) で、キーボードの“5”(テンキー)と“S”で反応を行う場合 (Far条件) の方が、“K”と“L”で反応を行う場合 (Close条件) よりも不一致条件が速くなることを示した。この知見は、ストループ課題のような課題関連並びに無関連情報に空間が関与しない課題において、反

応の空間特性が、競合の解消に寄与することを示した点で画期的であった。Lakens et al. は、この結果を、イベントコーディング理論 (theory of event coding; Hommel, 2009; Hommel, Müsseler, Aschersleben, & Prinz, 2001) を用いて説明している。具体的には、2つの反応キー間の距離が遠い状態 (Far条件) では、近い状態 (Close条件) よりも左右の空間的差異が顕著となるので、反応への空間のコーディング (符号化) が容易となり (例; 「青」と「右側」)、空間の符号 (例: 右側) はインク色と競合しないため、反応選択が容易になるという訳である。しかし現在のところ、Lakens et al. の結果がイベントコーディングによるものなのかどうかを裏付けるものではなく、解釈の一つに過ぎない。また、試行数の多寡の遂行成績への影響についても検討する余地が残されている。Proctor & Chen (2012) は、反応キー間の距離の遂行成績への影響は、実験の初期試行にみられ、徐々に減少していくと主張している。Lakens et al. の実験でも試行数は30試行と少ないことから、試行数を多くした事態での傾向を観察することが発生機序解明へのヒントとなり得る。

以上のことから本研究は、反応の空間特性が、刺激反応適合性課題に与える影響を調べるために、反応が共通 (例; 左手で白色に反応, 右手で黒色に反応) の、サイモン課題とストループ課題を連続して行う。まず、Lakens et al. (2011) の主張するように、Far条件で反応に空間の符号が付与されるのであれば、サイモン課題のような刺激と反応間で競合が生じる課題では、空間の符号によって競合がより解消しにくくなると予測される。つまり、サイモン課題ではFar条件よりもClose条件で不一致条件 (試行) が速くなるのに対して、ストループ課題では、Lakens et al. と同様にClose条件よりFar条件で不一致が速くなると予測できる。次に、反応が共通した二つの課題を連続して行うことで、反応キー間の距離の違いによる影響は、各競合課題の初期にみられるのか、Close条件とFar条件での刺激と反応の対応を教示される反応形成の初期段階にみられるのかを検討する。もし、実験課題の初期の試行 (30試行程

度)でみられるのであれば、サイモン課題とストループ課題の双方でみられると予測されるが、反応形成の初期段階でみられるのであれば、先に実施された課題だけでみられると考えられる。

方 法

実験参加者 実験参加への同意書に署名を得た、大学生32人 ($M = 21.78$ 歳, $SD = 2.18$ 歳, 女性30名)が実験に参加した。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 すべてのターゲットは灰色画面に呈示された。サイモン課題のターゲットは、黒色、白色の円で、一つの円の大きさは、視角にして縦 $1.55^\circ \times$ 横 1.55° であった。ストループ課題のターゲットは、黒色、並びに白色インクで描かれた「黒」、「白」、および“XXXXXX”であった。漢字は36ptのMSPゴシック体で描かれ、大きさは視角にして、「黒」が縦 $1.39^\circ \times$ 横 1.55° 、「白」が縦 $1.55^\circ \times$ 横 1.39° であった。英語は28ptのArialで描かれ、“XXXXXX”の大きさは視角にして、縦 $0.93^\circ \times$ 横 3.72° であった。サイモン課題では凝視点を中心に、上下左右に刺激を呈示し（上下、凝視点から垂直線上に視角にして 2.32° ；左右、水平線上に 3.72° ）、ストループ課題は常に画面中心に呈示した。

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。半数の参加者には前半セッションでストループ課題を、後半にはサイモン課題を実施した。残り半数の参加者には、その逆順で実施した。刺激（黒／白）と反応キー（右側／左側）の対応は前後半セッションで共通であった。セッション

内は、反応ボタン間の距離によって、CloseフェーズとFarフェーズの二つに分かれていた。練習試行は、毎フェーズの最初に12試行実施された。また、練習試行だけは、ボタン押し後に画面に正答、誤答の文字を呈示するフィードバックが与えられた。各セッションでは36試行を2フェーズ実施するため、各課題の本試行は、72試行であった。フェーズ内の試行の内訳は、一致条件が12試行、不一致条件が12試行、中立条件が12試行であった。練習試行は、本試行と同様に、刺激の呈示頻度、呈示位置、適合性の条件は均等であった。各試行の流れは以下の通りであった（Figure 1）。音と共に、凝視点（「+」）が500 ms呈示された後、反応があるまでターゲットが呈示され続けた。反応後は、200 msのブランクを挟んで次試行へと移った。サイモン課題の場合は、凝視点もターゲットと共に呈示され続けた。ターゲットの呈示開始から反応まで、反応は1 ms単位で記録された。課題は、ターゲットの色（サイモン課題）、あるいはインク色（ストループ課題）が、黒か白かをできるだけ速く、できるだけ正確にキー押しによって同定することであった。反応は、左右手第二指により、キーボード（Windows 106キーボード）のキーを押すことにより行われ、Close条件では“K”（左側），“L”（右側）キー、Far条件では“S”（左側）、テンキーの“5”（右側）キーを使用した。サイモン課題の適合性は刺激呈示位置の左右と反応キーの左右により規定され、刺激と反応が同一方向である場合が一致条件、異なる場合が不一致条件であった。中立条件は刺激が上下呈示される条件であった。ストループ課題の適合性は刺激のインク色と色名单語により規定され、インク色と単語の示す色名が同一であれば一致条件、異なれば不一致条件であった。“XXXXXX”が呈示された場合は中立条件であった。フェーズの並べ方は2パターンで（Close条件→Far条件、Far条件→Close条件）、課題間で共通しており、1パターンにつき8名の参加者が割り当てられた。また、ターゲット（白色、黒色）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。

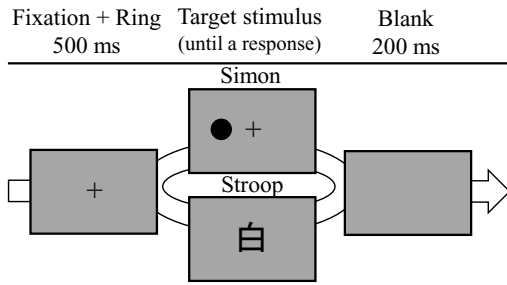


Figure 1. Sequence of events on a trial.

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。反応時間は、実験参加者ごとに平均値と標準偏差 (*SD*) を算出し、平均値から±3 *SD* 以上の試行を除外した。除外された試行は、サイモン課題で全体の1.3%、ストループ課題で全体の1.6%であった。全実験条件での反応時間と誤答率の間には、両課題とも正の高い相関が確認され、トレードオフはなかった (サイモン課題: $r = .83$, $df = 4$, $p < .05$; ストループ課題: $r = .93$, $df = 4$, $p < .01$)。本研究は試行数が少なく (全72試行)、1試行の誤りが、実験条件での平均誤答率に大きく影響すること、誤答が全体的に少ないことから ($M = 3.61$ 試行, $SD = 1.87$ 試行)、誤答率は分析対象外とした。実験課題別に反応時間を比較したところ、サイモン課題 ($M = 358$ ms, $SD = 341$ ms) よりもストループ課題 ($M = 366$ ms, $SD = 42$ ms) の方が遅い傾向がみられた ($t(31) = 1.84$, $p = .076$, Cohen's $d = .20$)。よって以後の分析は、課題別にFar条件からClose条件を引いた値をキーの距離効果 (key distance effect; 以下, KDEとする) を指標として実施した。

サイモン課題 KDEを用いて、課題セッション (2; 前半, 後半) × 適合性 (3; 一致条件, 不一致条件, 中立条件) の2要因混合分散分析を実施した。その結果、課題セッションの主効果がみられ、前半にサイモン課題を行った群の方が、後半にサイモン課題を行った群よりもKDEは有意に小さかった ($F(1, 30) = 4.63$, $p = .040$, $\eta_p^2 = .13$)。重要なことに、交互作用に有意傾向がみ

られた ($F(2, 60) = 2.65$, $p = .079$, $\eta_p^2 = .08$)。これは、Figure 2に示すように、不一致条件でだけ、前半の群 (-16 ms) の方が後半の群 (10 ms) よりもKDEが有意に小さかったことの反映であった。適合性の主効果は有意ではなかった ($F(2, 60) = 0.908$, $p = .408$, $\eta_p^2 = .03$)。

ストループ課題 KDEを用いて、課題セッション (2; 前半, 後半) × 適合性 (3; 一致条件, 不一致条件, 中立条件) の2要因混合分散分析を実施した。その結果、重要なことに、交互作用に有意傾向がみられた ($F(2, 60) = 2.49$, $p = .092$, $\eta_p^2 = .08$)。しかし、不一致条件で、前半の群 (1

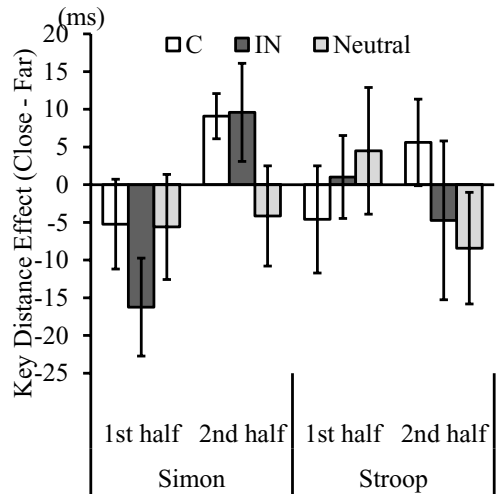


Figure 2. Key Distance Effect (Close condition minus Far condition) in each experimental condition. The vertical bars represent the standard error of the means.

Note. C=Congruent; IN=Incongruent; “Simon”, “Stroop” indicate the experimental task respectively.

Table 1
Mean error rates and *SD*s (on parentheses) in each experimental condition.

		1st half		2nd half	
		Close	Far	Close	Far
Simon	C	3.1 (4.0)	1.0 (4.0)	5.2 (5.0)	2.1 (3.6)
	IN	7.3 (7.1)	12.5 (7.2)	7.3 (7.1)	7.3 (5.8)
	Nt	2.6 (3.9)	5.7 (6.4)	2.6 (4.9)	2.6 (4.9)
Stroop	C	1.6 (3.3)	3.1 (5.8)	5.2 (6.5)	3.1 (4.0)
	IN	8.3 (5.1)	6.8 (6.7)	7.8 (10.0)	8.3 (9.8)
	Nt	3.1 (5.0)	5.2 (5.0)	2.6 (3.9)	5.7 (7.6)

Note. C=Congruent; IN=Incongruent; Nt= Neutral.

ms) と後半の群 (-5 ms) の間に有意な差はみられず、その他の単純主効果も有意ではなかった ($F_s < 1.9$, $p_s > .15$)。また、いずれの主効果も有意ではなかった ($F_s < 1.4$, $p_s > .75$)。

考 察

本研究では、反応に空間特性を持たせた場合に刺激反応適合性課題の遂行にどのような影響がみられるかを検討するために、課題遂行時の反応キー間の距離を操作する実験を行った。具体的には、反応キー間の距離が近い状態 (Close条件) と遠い状態 (Far条件) で、サイモン課題とストループ課題を実施した。これにより、反応の空間特性と競合解消の繋がりを明らかにすることが本研究の目的の一つであった。

本研究のもう一つの目的は、Lakens et al. (2011) のイベントコーディング理論による解釈の検証と、反応キーの距離の効果の持続性に関する検証であった。これまでの研究では、Close条件よりもFar条件のときに、不一致条件が速くなることが示されている (Lakens et al., 2011)。Lakens et al.は、Far条件がClose条件よりも左右の空間的差異が顕著であるため、反応に空間のコードが付与される (例えば「青」と「右側」) ことで反応を容易にするというイベントコーディング理論 (Hommel et al., 2001) に基づいて、反応キー間の距離の効果を解釈した。本研究ではこの解釈を検証するため、サイモン課題を用いて反応キー間の距離の操作を行った。サイモン課題は刺激-反応競合課題であるため、反応に空間のコードが付随するFar条件の不一致試行はClose条件よりも遅延し、競合が大きくなると予測した。また、反応キー間の距離の効果は実験の初期試行にしか現れないという知見から (Proctor & Chen, 2012)、それは各競合課題の初期なのか、反応形成の初期段階なのかを検討するため、サイモン課題とストループ課題で反応を共通のものとし (例; 左手で白色に反応, 右手で黒色に反応)、二つの課題を連続して実施した。もし距離の影響が、各競合課題の初期試行だけでみられるのであれば両課題で、刺激と反応の対応が形成される実

験の初期だけでみられるのであれば、前半に実施した課題だけでみられると予測した。

実験の結果、サイモン課題における不一致条件のKDEは、前半に課題を実施した群の方が後半に課題を実施した群より小さかった。KDEとは、Close条件からFar条件を引いた値である。Figure 1に示されているように、前半のサイモン課題の不一致試行でKDEは大きく負の値にふれている。Lakens et al.の分析と同様に、サイモン課題の不一致試行のClose条件 (前半 $M = 364$ ms, $SD = 46$ ms; 後半 $M = 380$ ms, $SD = 58$ ms) とFar条件 (前半 $M = 365$ ms, $SD = 29$ ms; 後半 $M = 355$ ms, $SD = 26$ ms) を比較した結果、その差は前半だけでみられ、前半に課題を実施した群で反応キー間の距離の影響があることが示された (前半 $t(15) = 2.42$, $p = .029$, Cohen's $d = .31$; 後半 $t(15) = 1.43$, $p = .174$, Cohen's $d = .35$)。これは、サイモン課題の不一致試行はFar条件の方がClose条件よりも遅延するものの、それは実験を前半に実施された群だけでみられることを示している。つまりこの結果は、KDEをイベントコーディング理論で解釈したLakens et al.を支持すると共に、反応キー間の距離の影響は、刺激と反応の対応が学ばれた直後でしかみられないことを示唆した。まとめると、本研究は、反応キー間の距離の影響が、1) 反応形成の初期段階にみられること、2) ストループ課題以外の刺激反応適合性課題でみられること、3) 競合量を増加させる方向に働く事態があること、を見出した点で有意義である。

ストループ課題において、Laken et al. (2011) と同様の反応キー間の距離の影響がみられなかった原因には、刺激に使用した色の影響が挙げられる。ストループ課題は、青色で描写された「赤」のような刺激に対して、色名单語の意味する色を無視してインク色の回答を求める課題である (Stroop, 1935)。本研究は、白色と黒色を刺激に用いたため、不一致試行の一部には、黒色で描かれた「白」に対して「黒」という反応を行うものが含まれていた。黒色で描写された文字は、日常的に目にするものであるため、黒色で描写された不一致刺激は、競合を生じさせる刺激

として正しく機能していなかった可能性が考えられる。今後は、刺激に使用する色に青色、赤色、緑色、黄色といったストループ課題での使用頻度の高い色を使用した検討が必要である。しかしこれまでに、SNARC課題を使用した課題して反応キー間の距離の影響を検討した実験では反応キー間の距離の影響がみられなかったことや (Schiller, Eloka, & Franz, 2016), 刺激の呈示位置によってはストループ課題でも反応キー間の距離の影響がみられない事態も報告されていることから (Jonas, Eloka, Stephan, & Franz, 2014), 刺激ー刺激競合課題で反応キー間の距離の影響がみられる事態は限定的である可能性も指摘される。

反応キー間の距離の効果が、本研究ではサイモン課題だけで得られたことや、過去の研究 (Jonas, et al., 2014; Schiller, et al., 2016) でストループ課題やSNARC課題といった刺激ー刺激競合課題を用いた場合には得られなかったことを総合すると、刺激ー反応競合課題と、刺激ー刺激競合課題では反応キー間の距離の効果が生じる機序が異なる可能性がある。もし、Lakens et al. の主張するようにFar条件時に左右の顕著性が増し、空間のコードが付与されるため反応キー間の距離の影響が生じるのであれば、反応キー間の距離が大きくなるにつれ、その効果は大きくなることも予測できる。しかしストループ課題を使って、反応ボタン間の距離 (6 cm, 51 cm, 108 cm) を操作した実験では、ストループ効果に反応ボタン間の距離の影響はなかった (Jonas et al., 2014)。反応ボタン間の距離が明らかに異なることを考慮すると、左右の顕著性だけで刺激ー刺激競合課題における反応機器間の距離の影響を説明するのは難しい。

一方、本研究のサイモン課題でみられた反応キー間の距離の効果は、イベントコーディング理論で説明できる。しかし今回の知見だけでは、反応キー間の距離の影響がイベントコーディングによるものだと結論付けられない。これを立証するためにはJonas et al. (2014) のように反応機器間の距離を調節し、距離に比例してサイモン効果が大きくなるかどうかを検証する必要があるだろう。

本研究の結果は、反応キー間の距離の効果をイ

ベントコーディング理論によるものとするのは尚早であること、効果生起の機序は、刺激ー反応競合課題と刺激ー刺激競合課題とで異なる可能性を踏まえて検討していく必要があることを示唆した。

付 記

本研究はJSPS科研費JP16J02232 (研究代表者 渡辺友里菜) および愛知淑徳大学研究助成 (特定課題研究16TT12: 研究代表者 吉崎一人) の援助を受けました。

引用文献

- Chen, J., & Proctor, R. W. (2014). Conceptual response distance and intervening keys distinguish action goals in the Stroop color-identification task. *Psychonomic Bulletin & Review*, *21*, 1238-1243.
- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, *122*, 371-396.
- Hommel, B. (2009). Action control according to TEC (theory of event coding). *Psychological Research*, *73*, 512-526.
- Hommel, B., Müsseler, J., Aschersleben, G., & Prinz, W. (2001). Codes and their vicissitudes. *Behavioral and Brain Sciences*, *24*, 910-926.
- Jonas, M., Eloka, O., Stephan, J., & Franz, V. H. (2014). Need for space: the key distance effect depends on spatial stimulus configurations. *PloS ONE*, *9* (3), e91432. doi.org/10.1371/journal.pone.0091432
- Lakens, D., Schneider, I. K., Jostmann, N. B., & Schubert, T. W. (2011). Telling things apart: The distance between response keys influences categorization times. *Psychological Science*, *22*, 887-890.

- Meier, B. P., & Robinson, M. D. (2004). Why the sunny side is up: Associations between affect and vertical position. *Psychological Science, 15*, 243-247.
- Nett, N., & Frings, C. (2014). Things can be told apart: No influence of response categories and labels on the distance effect in Stroop tasks. *Experimental Psychology, 61*, 142-148.
- Proctor, R. W., & Chen, J. (2012). Dissociating influences of key and hand separation on the Stroop color-identification effect. *Acta Psychologica, 141*, 39-47.
- Schiller, F., Eloka, O., & Franz, V. H. (2016). Using key distance to clarify a theory on the SNARC. *Perception, 45*, 196-221.
- 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, The Netherlands: North-Holland.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology, 18*, 643-662.
- Walsh, V. (2003). A theory of magnitude: Common cortical metrics of time, space and quantity. *Trends in Cognitive Sciences, 7*, 483-488.
- 渡辺 友里菜・吉崎 一人 (2014). 呈示位置がブロックレベルの競合適応の刺激間般化に及ぼす影響 心理学研究, 85, 404-410.