

平成22年 5月 20日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2009

課題番号：20730471

研究課題名 (和文) 視覚・触覚間における形態情報統合の処理ステージを探る

研究課題名 (英文) Investigating the locus of multisensory integration of shape information between vision and touch

研究代表者

和田 裕一 (WADA YUICHI)

東北大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号：80312635

研究成果の概要 (和文)：視覚・触覚間における形態情報統合の処理ステージを探ることを目的とした心理物理実験を行い, (1) 情報統合は空間的注意が作用するよりも前の情報処理過程で行われることを示唆する知見を得るとともに, (2) 視覚刺激の検出に及ぼす触覚フランク刺激のクロスモーダルな文脈的修飾効果を見出した。以上を総合すると, 視覚・触覚間における形態情報統合は, 注意による選択が生じる前の比較的初期の知覚処理過程で生起し得ると考えられ, そこにはクロスモーダルに作用する知覚的体制化の処理が関与している可能性が示唆される。

研究成果の概要 (英文)： To investigate a possible locus of multisensory integration between vision and touch, I conducted a series of studies concerning the effects of spatial attention and contextual modulation on the perception of shape information of visual and tactile inputs. The main findings were as follows:(1) The integration process might occur at a stage of object-identification prior to attentional stages of information processing. (2) Contextual effects of flankers on the target detection (i.e., detection of a central Gabor stimulus is modulated by the presence of collinear flanker stimuli) could occur in a cross-modal setting (a central visual target and tactile flankers). In sum, these findings suggest that the integration process could occur at a relatively early perceptual processing stage of perceptual grouping prior to attentional selection.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：認知心理学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：クロスモーダル知覚, 異種感覚間統合, 視覚と触覚における交互作用, 空間的注意, 文脈的修飾

1. 研究開始当初の背景

われわれの脳は目や耳などの各感覚器から絶え間なく入力される感覚情報をどのようにして統合しているのだろうか。また、複数の知覚対象が存在していても一つの対象から由来する感覚情報同士を正確に対応づけることができるのはなぜだろうか。

近年、視覚と聴覚や視覚と触覚といった複数の感覚モダリティ間で生じる相互作用（以下、クロスモーダルリンクと呼ぶ）に関して注目が集まりつつある。様々なクロスモーダルリンクの諸様相が明らかになることで、上述の問い、すなわち異種感覚間における情報統合の機序を解明するための重要な手掛かりが得られると期待されている。

異種感覚間の情報統合を規定する刺激要因として、異なる感覚モダリティをもつ2つの刺激が同時に提示される場合や、それぞれの刺激に対する受容野が空間的に重なっている場合、またそれぞれの刺激の刺激強度が互いに弱い場合などに、より顕著な情報統合が生じることなどがこれまでに指摘されている（Stein & Meredith, 1993）。しかしながら、この情報統合が刺激の入力段階から反応実行までの知覚情報処理プロセスのうちのどのステージにおいて生じるのかという問題に関しては、先行研究間で見解の一致を見ていない。この点を明らかにすることは、脳内における異種感覚間の情報統合の機序を解明する上で重要な知見となり得ると考えられる。

2. 研究の目的

上記の点を検討するために、本研究では視覚・触覚間における形態情報統合の処理ステージを探ることを目的とし、以下に述べる2つのテーマに関して心理物理実験による検討を行った。

研究 I：視覚・触覚間の形態情報の統合に及ぼす空間的注意の影響

研究 II：視覚刺激の検出に及ぼす触覚フランカー刺激の文脈的修飾効果

(1) 研究 I

いくつかの先行研究からは、異種感覚間の統合は前注意過程で行われており、したがって情報統合は注意の影響を受けないとする

知見が報告されている（Bertelson & de Gelder, 2004; Kayser, Petkov, Augath, & Logothetis, 2005）。しかし最近になって、注意の操作が課題成績に影響を及ぼすとする報告も提出されており（Sanabria, Soto-Faraco, & Spence, 2007; Talsma & Woldorff, 2005）、情報統合に注意が必要か否かという問題に関しては議論が続いている状況にある。そこで本研究では、視覚と触覚に同時に提示される線分刺激の方位弁別を求める課題（redundancy-gain paradigm）と空間的注意を操作するために用いられる典型的な手法である空間的手掛かり法を組み合わせた実験を行い（詳細は“研究の方法”を参照）、視覚・触覚間の情報統合に注意が必要か否かという点について検討した。具体的には、刺激の提示位置にあらかじめ空間的注意が向けられた場合に情報統合がより促進されるか、逆に、注意が向けられない場合には情報統合が生じないかといった点を明らかにすることを目指した。

(2) 研究 II

本研究では、視覚・触覚間の形態情報の統合が行われる処理ステージを探るための一貫として、視覚刺激の検出に及ぼす触覚フランカー刺激の文脈的修飾効果について検討した。

ある方位を持った線分刺激やガボール刺激の検出に際して、同じ方位を持つフランカー刺激が同一線上の隣接する領域に存在している場合（collinear flankers）、それらは要検出刺激の処理に対して課題無関連であるにも関わらず、当該刺激の検出が促進（場合によっては抑制）される場合がある（Polat & Sagi, 1993; Kapadia et al., 1995）。このようなかたちで作用する文脈依存的な修飾作用（contextual modulation）は、初期視覚系における輪郭検出に寄与していると考えられている。

ところで、物体の輪郭情報は視覚だけでなく触覚によっても検知することができる。この点を考慮すると、フランカー刺激が触覚に提示された場合にも、上述のような刺激布置条件を満たしていれば、視覚に提示される方位刺激の検出が促進される可能性が考えられる。そこで本研究では、視覚刺激の検出

に及ぼす触覚フランカー刺激のクロスモーダルな文脈的修飾効果について検討した。

3. 研究の方法

(1) 研究 I

本研究では、視覚・触覚間における形態情報の統合処理の有無を定性的かつ客観的に評価するために、redundancy-gain パラダイム (Miller, 1982) を採用した。この手法を用いた一般的な実験では、実験参加者は2つの異なるモダリティに提示される刺激に対してなるべく速く反応するように求められる。この際、刺激がいずれか一方のモダリティに提示される場合 (Unimodal条件) と、2つのモダリティに同時に提示される場合 (Bimodal条件) がある。後者の場合、2つのモダリティにはつねに同一の課題関連属性を持つ刺激が提示されるため、実験参加者はどちらのモダリティの刺激に基づいて反応を行ってもよいことになる。先行研究からBimodal条件の反応時間がUnimodal条件に比べて短くなることが知られており、この反応時間の短縮はredundancy gain (以下、RG) と呼ばれる。RGを説明する代表的なモデルとして独立競争モデルと同時活性化モデルが提案されている。独立競争モデルでは2つの刺激の処理が独立に進行する競争事態が想定されており、RGは2つの刺激に対する反応確率の加重によるものと説明される。一方、同時活性化モデルでは2つの刺激が共通の刺激表象で処理されることが想定されており、RGの生起は2つの刺激が統合的に処理されることで表象の活性化が促進された結果として説明される。実験で得られたデータに対してrace-model inequality testと呼ばれるテストを適用することで、実験結果が両者のモデルのどちらと適合するかを判断することができる。これにより同時活性化モデルが採択された場合、当該の実験事態において情報統合が生じていたと判断される。

実験では、先述のredundancy-gain パラダイムによる方位弁別課題に空間的手掛かり法を組み合わせた実験事態を用いた。具体的には、外因性注意手掛かり刺激として、線分パターン刺激の提示に先行して、凝視点の左右に配置された刺激提示位置のいずれかの位置に、光点刺激を提示した。注意手掛かり条件として、線分パターン刺激が手掛かり刺激と同じ位置に提示されるValid条件と、それら

が異なる位置に提示されるInvalid条件を設けた。各注意手掛かり条件についてRGの大きさと情報統合の有無を算定し、これらの値を注意手掛かり条件間で比較検討した。

(2) 研究 II

実験では、以下に示す二重課題を、2区間強制選択法を用いて実施した。

課題 1. 触覚フランカー刺激のパターン弁別: 触覚フランカー刺激が線分パターン (‘-’) かランダムパターンか?

課題 2. 視覚刺激の検出: 前後どちらの区間に視覚線分刺激が提示されたか?

視覚刺激として、実験ブースの上方に設置されたCRTから、ハーフミラー上の左右の人差し指の見える中間の位置に、長さ 0.4° の水平線分を提示した (Fig. 1)。1試行の刺激系列は、凝視点 (300 ms)、ブランク画面 (20 ms)、第 1 区間 [視覚線分刺激 (50 ms) → ブランク (90 ms) → マスク (90 ms)]、ISI (500 ms)、第 2 区間の系列提示からなる。視覚刺激のコントラストは 6 段階 (15–33%) を設定し、各コントラストレベルにつき 20 試行を提示した (恒常法)。カーブフィッティングにより 75% 検出閾を推定した。

触覚フランカー刺激として、5 つの振動ピンから構成される 2 種類のパターンをオプタコンで生成し、左右の人差し指に 1 つずつ、視覚線分刺激と同期して提示した (50 ms)。1 回の試行で提示されるパターンは 2 区間を通して固定した。

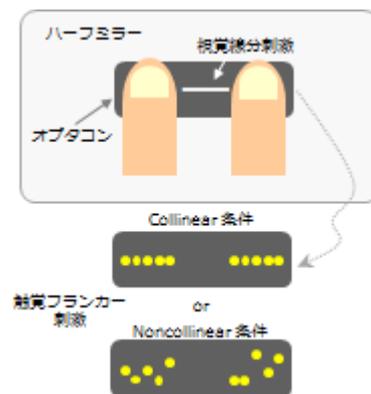


Fig. 1. 研究 II における刺激事態の模式図

触覚フランカー刺激と視覚刺激の空間的布置を操作する条件として、以下に示す2つの刺激提示条件をランダムに提示した。

Collinear 条件: 触覚フランカー刺激が線分パターンであり、視覚刺激と触覚フランカー

刺激の方位が同一線上に並ぶ配置で提示した。

Noncollinear 条件 : Collinear 条件における触覚フランク刺激をランダムパターンにした条件であった。

4. 研究成果

(1) 研究 I

Valid 条件の反応時間は Invalid 条件と比べて有意に短かったことから、注意手掛かりの先行提示により空間的注意が手掛かり刺激の位置に向けられていたと考えられ、注意操作の妥当性が確認された。Invalid 条件においては有意な RG が観察され、先述の race-model inequality test の結果は情報統合を仮定する同時活性化モデルと適合するものであった。この結果は、刺激位置に空間的注意に向けられていなくても視覚・触覚間の情報統合は生じ得ることを示しており、視覚・触覚間の形態情報統合は空間的注意が作用するよりも前の過程で生じている可能性を示唆する知見であるといえる。一方、注意が向けられた位置に刺激が出現する Valid 条件では、有意な RG は認められたものの、情報統合処理の生起には否定的な結果となった。これには本条件における RG の効果量が Invalid 条件と比べて小さかったこととの関連が考えられるが、その理由は本実験の結果からは明らかでない。

ところで、上述の実験では外因性の注意定位事態 (exogenous or bottom-up attention) を設定したが、空間的注意の定位の様式には内因性のそれ (endogenous or top-down attention) も存在する。そこで続く実験では、内因性の注意定位課題を用いて先述の実験の追試を行った。その結果、Valid 条件と Invalid 条件ともに有意な RG が観察され、race-model inequality test の結果も、いずれの条件においても情報統合の生起を支持する結果が得られた。

以上の知見は、本実験で用いた刺激事態における視覚・触覚間の形態情報統合が、空間的注意が作用するよりも前の情報処理過程で生じていた可能性を示唆するものである。ただし、上述したように外因性注意定位を用いた場合には Valid 条件において情報統合が生じないという結果が得られており、情報統合に及ぼす空間的注意の影響は、外因性・内因性の注意定位課題間で必ずしも同様では

ないと考えられる。これらの点に関してはさらなる検討が必要である。

(2) 研究 II

視覚線分刺激の検出閾は、同方向の方位をもつ触覚線分刺激がその両隣の位置に提示された場合 (Collinear 条件)、方位情報を持たない触覚フランク刺激が提示された場合 (Noncollinear 条件) と比較して低下した。この結果は、視覚刺激の検出等において従来報告されている文脈的修飾効果と類似の現象が、フランク刺激が触覚に提示される刺激事態においても生じうることを示唆している。また、この促進効果は、触覚フランク刺激と視覚線分刺激の間の距離を長くとした場合や指先の見えを遮蔽した場合には生じないことを、補足実験の結果から確認した。

これらのことから、上述の効果は、刺激特徴に対する選択的注意 (feature-based attention) や心的イメージ等の高次のトップダウン要因を反映したものとは考えにくく、初期知覚過程における感覚間統合作用が関与している可能性が考えられる。

以上の2つの研究から得られた知見を総合すると、視覚・触覚間における形態情報統合は、注意による選択が生じる前の比較的初期の知覚処理過程で生じ得ると考えられ、そこにはクロスモーダルに作用する知覚的体制化の処理が関与している可能性が示唆される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 5 件)

- ① 和田裕一, 触覚間の形態情報統合に及ぼす空間的注意の効果, 第一回多感覚研究会, 2009年12月16日, 東北大学
- ② 和田裕一, 視覚情報の触覚促進効果に及ぼす視野上下反転の影響, 日本基礎心理学会第28回大会, 2009年12月6日, 日本女子大学
- ③ 和田裕一, 視触覚統合に及ぼす内因性空間的注意の影響, 日本心理学会第73回大会, 2009年8月27日, 立命館大学
- ④ 和田裕一, 触覚間の運動情報統合に及ぼす空間的注意の影響, 日本基礎心理学会

第 27 回大会, 2008 年 12 月 7 日, 東北大学
⑤ 和田裕一, 視覚・触覚間の情報統合
に及ぼす空間的注意の影響, 日本心理学会第
72 回大会, 2008 年 9 月 20 日, 北海道大学

[図書] (計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

和田 裕一 (WADA YUICHI)
東北大学・大学院情報科学研究科・准教授
研究者番号: 80312635

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし