

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500320

研究課題名(和文) 視覚皮質における活性化拡散を指標とする視覚情報処理過程の解析

研究課題名(英文) Analyses of activation-spreading in visual cortex as an index of visual information processing

研究代表者

河西 哲子 (Kasai, Tetsuko)

北海道大学・教育学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：50241427

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：特定の位置に注意を向けたとき、その位置が含まれる物体やまとり全体に注意が広がる傾向があることが知られている。本研究は脳活動の高い時間解像度を持つ脳波・事象関連電位を用いて、出現した物体に対する注意拡散の様相を検討した。複数の実験の結果から、以下の3段階の注意過程が同定された。物体出現後150 ms付近における図として表象された知覚的まとりへの注意拡散、250 ms付近における分離された物体の選択、350 msにおけるトップダウン的な注意と注意拡散の相互作用過程である。さらにこれら過程には系統的な個人差があることも見出された。

研究成果の概要(英文)：It is known that, when attention is directed toward a particular location, attention tends to spread over a whole object/group region that includes the location. The present study examined attention-spreading for emerging objects, by using event-related brain potentials with a high temporal resolution of brain activities. According to results in several experiments, we identified three attention processes: attention-spreading for groups represented as figures against the background at around 150 ms post-stimulus, selection of parsing objects at around 250 ms, and an interaction process between top-down attention and attention-spreading at around 350 ms. We also found that these processes have systematic individual differences.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・認知科学

キーワード：視覚情報処理 空間的統合 選択的注意 知覚的体制化 事象関連電位

1. 研究開始当初の背景

視覚は感覚モダリティの中でもっとも豊富な情報源である。たとえば形や色などの視覚特徴は、物体の同定・探索・操作を精緻なレベルで可能にするとともに、対人コミュニケーションにおいては他者の状態を推測するための重要な手がかりになる。また、文化・芸術における媒体としても視覚情報が多く用いられている。ヒトの適応的な情報処理機能を理解するのに、視覚情報処理過程を解明することは不可欠である。

しかしながら、私たちの能動的な行動の文脈において、視覚世界が脳にどのように逐次表現されているのかはまだほとんど明らかでない。視覚情報処理には、数十の皮質領域における並列・階層的な神経ネットワーク（フィードフォワード、フィードバック、ラテラル結合を含む）が関わる。それらがどのように分業・協調しているのかを明らかにするためには、神経活動における空間情報と時間情報の両方を同時に扱うことが有効だろう。

私たちの研究室は、脳活動に関する高い時間分解能を持つ事象関連脳電位（event-related brain potential, ERP）を用いて、物体の出現に対して強制的に生じる空間統合過程を調べる手法を開発した（Kasai, 2010, Journal of Cognitive Neuroscience）。この手法により、有線外視覚皮質が起源と考えられる後方部電極部位において、刺激出現後約 150 ms と 350 ms に生じる 2 段階の空間統合作用を、視覚皮質における活性化の拡散として観察することができた。その基本性質に関して、本研究課題が設定された。

2. 研究の目的

(1) 全体的目的

本研究は、ヒトの ERP に反映される、視野の広域情報が無意図的に統合される際の一連の処理過程の性質を明らかにすることを目的とした。特に、視覚情報処理の基本的な機能構築の性質を明らかにする上で、そのような統合処理過程が時間的に不変であるのかどうかに着目した。そのため、注意拡散過程を変動させると予想される独立変数について多角的に検討を行った。具体的には ERP に反映される注意拡散過程への以下の変数の効果を検討した。

(2) 操作された変数

刺激駆動的な群化要因

- 実験 1 色類似性と形類似性
- 実験 2 対称性（連結性との比較において）
- 実験 3 領域共通性
- 実験 4 非感性的補完
- 実験 5 色類似性と形類似性の組み合わせ

学習・知識に基づく群化要因

- 実験 1 平仮名文字列の語彙性（特徴課題）
- 実験 2 平仮名文字列の語彙性（音韻課題）

実験 3 図式的な顔と表情

トップダウン的な注意焦点化を変動させる課題要因

実験 1 標的弁別性

実験 2 群化要因への課題関連性を排除した上での標的弁別性

認知特性に関わる個人差要因

実験 1 自閉症特性

実験 2 ADHD 特性

実験 3 性差

3. 研究の方法

上記の実験すべてにおいて基本的実験方法は共通であり、ERP の持続的空間的注意パラダイムが用いられた（図 1）。このパラダイムでは、片方の視野に注意を向け続けるとき、視野の両側に提示された刺激に対する後方部の視覚誘発反応が、注意する視野の反対側で同側よりも増強することを利用する。左右の刺激が統合される時、注意側の対側の活性化が同側に拡散するのが観察される。

被験者は北海道大学の学生・大学院生であり、1 つの実験につき、約 12-24 名が参加した。実験は音響的・電氣的シールド室において、頭皮上 26 箇所から脳波を導出しながら次の注意実験を行った。刺激はパソコンディスプレイ上に視野の両側に高速で提示され（刺激持続時間 50-100 ms、刺激堤時間間隔 300-700 ms で変動）。課題として参加者は、左または右に注意を向け続けて、注意する視野に低頻度（12.5%）で出現する標的に対してのみボタン押しをするよう教示された。1 ブロックは約 1 分間からなり、左注意条件と右注意条件をそれぞれ 12-16 ブロック行った。記録した脳波は、条件ごとに加算平均処理して ERP を算出した。行動データ（Hit, FA, RT）と、主に標準刺激に対する ERP データ（同定された区間の平均電位）に対してそれぞれ統計的処理を行った。ERP に関しては等電位マップを作成し、頭皮上分布を分析した。

なお、特性に関しては健常成人を対象に自己記入式質問紙を用いた。

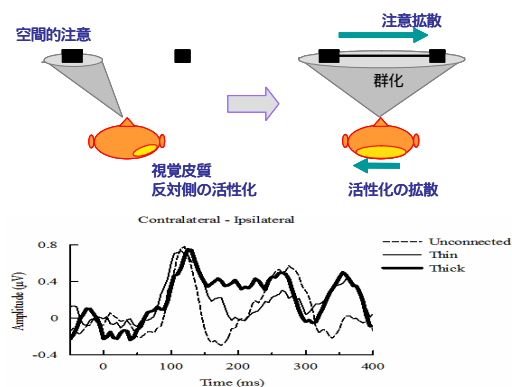


図1 ERPの注意拡散パラダイム

4. 研究成果

(1) 時間的に一貫した広域空間統合過程

本研究はERP成分に反映される複数の空間統合過程を同定した(図2)。

初期の過程

本研究で検討した出現物体は、先行研究で調べられてきた持続的に存在する物体と類似して、N1 潜時帯(刺激提示後約 150 ms)に、注意拡散効果を生じさせた。またこの効果は連結性、特徴類似性、さらに非感性的補完手がかりのいずれによる群化でも観察された。また複数の群化要因が同時に存在するときには、それらの効果は互いに独立であった。ただしこのようなN1 注意拡散効果は、表面を持たない線画物体に対しては出現しないことが確かめられた。

以上の結果は、視覚初期の広域空間統合が、物体の持続・出現や群化要因によらず、図としての感覚増強を伴う物体に対して一貫したタイミングで生じることを示す。またこの初期広域空間統合は、個々の特徴モジュールにおける並列的な群化に基づくことが示唆される。

より後期の過程

N1 注意拡散効果に続いて P2 潜時 200-250 ms)と N2 潜時(300-400 ms)に注意誘導効果が同定された。これらは持続的に存在する物体に関して調べた先行研究では報告されていないため、出現に伴い符号化を要する物体に特有な空間統合過程を反映すると考えられる。これらの効果が N1 と同様の頭皮上分布を持ちながら潜時が遅かったことから、物体の出現に対しては、有線外領域における再帰処理が生じることを示唆する。

P2 注意誘導効果は非連結条件における注意視野の対側半球の増大であり、左右の刺激が相対的にはっきりと分離される、もしくは左右の群化が弱いと想定される場合に観察された。これにより P2 注意効果の増大は、注意視野における刺激の選択を反映すると推測される。一方 N2 注意誘導効果は、知覚的負荷による注意焦点の調節によって変動したため、P1(約 100 ms)に反映される初期のゲート機能とその後の物体選択過程が収束する過程を反映すると考えられる。

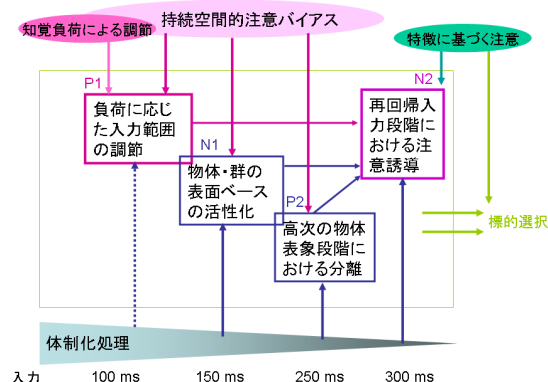


図2 物体の出現に対する空間統合・選択過程

なお、これら後期の時間帯に重なって、標的特徴を持つ刺激に対して注意側対側で増大する標的 N2 成分が同定され、行動反応とより直接的な関わることを示す結果が得られた。

(3) 過学習された物体の広域統合過程

群化による活性化拡散は、離れた要素を共活性化させるメカニズムであり、要素を符号化するニューロン群間の長期増強を促すと推察される。そのため、視覚パタンの知覚学習に寄与する可能性が高い。本研究では、過学習されたパターンである平仮名文字列および図式的顔に対しては、カテゴリに特異的なN170成分に弱いN1 注意拡散効果に重なって生じることを見出した。このことは、N1の時間帯の神経活動が、知覚学習による神経ネットワークの構造化に関わる可能性を示唆する。

(4) 広域空間統合における個人差の同定

高次の群化に関わる条件において、一般大学生における自閉症傾向は N1 注意効果量と負方向に相関することが見出された。これは自閉症特性が高いほど、注意が拡散しないことを示唆する。また早い皮質処理段階(約 70 ms)からの注意誘導効果が女性に対してのみ見出された。これらの結果は、視覚皮質における広域空間統合機能に生物学的要因による制約があることを示す。

(5) 今後の課題

本研究で同定された物体の出現に対する一連の注意拡散効果は、物体の知覚表象の形成過程に関わると考えられる。今後は、より実際の視覚場面における処理過程を明らかにするために、奥行き手がかりを持つよりリアルな物体の場合の検討が必要である。またより詳細な神経基盤とメカニズムに対しては、動物を対象とする神経生理学的手法を組み合わせていることが有効であると考えられる。

一連の注意拡散効果が条件によらず一定の時間帯に生じたことは、視覚統合的処理が時間的に厳密に規定されていることを示す。このことから統合処理は生物学的に脆弱であり、発達障害や精神疾患で報告される視覚機能不全に対して、処理タイミングの観点からの検討が有益であると推察される。

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 10 件)

竹谷隆司・河西哲子(印刷中) 物体ベースの初期注意選択における連結性の役割。心理学研究, 査読有

Okumura Y., Kasai T., & Murohashi H.

(2014). Early print-tuned ERP response with minimal involvement of linguistic processing in Japanese Hiragana strings. *NeuroReport*, **25**, 410-414. 査読有

奥村安寿子・河西哲子・室橋春光(2014). 文字列に対する初期の音韻変換処理は刺激への注意を必要とする. Technical Report on Attention and Cognition (16) 査読無

Kasai, T., & Murohashi, H. (2013). Global visual processing decreases with autistic-like traits: a study of early lateralized potentials with spatial attention. *Japanese Psychological Research*, **55**, 131-143. 査読有

Ding, X., Kasai, T., Takeya, R., Yamada, Y., & Yang, F. (2013). Effects of Schematic Face on Attention-spreading. 電子情報通信学会技術研究報告, 112 (455), 161-166. 査読無

竹谷隆司・河西哲子 (2013). 色および形類似性に基づく空間選択 Technical Report on Attention and Cognition (2013), No. 7. 査読無

李旻昊・河西哲子 (2013). 視覚的注意における分節化と群化の役割 事象関連電位を用いた検討 Technical Report on Attention and Cognition (2013), No. 24. 査読無

Kasai, T., & Takeya, R. (2012). Time course of spatial and feature selective attention for partly-occluded objects. *Neuropsychologia*, **50**, 2281-2289. 査読有

竹谷隆司・河西哲子 (2011). 物体ベースの注意選択における複数のゲシュタルト要因の効果 事象関連電位を用いた検討 電子情報通信学会技術研究報告. HIP, ヒューマン情報処理, 111 (283), 83-88. 査読無

Kasai, T., Moriya, H., & Hirano, S. (2011). Are objects the same as groups? ERP correlates of spatial attentional guidance by irrelevant feature similarity. *Brain Research*, **1399**, 49-58. 査読有

[学会発表](計 19 件)

河西哲子・田中翔・山田優士 物体構造による注意誘導における性差 日本認知心理学会 2014 年 6 月 29 日 仙台国際会議場(仙台市)

河西哲子・竹谷隆司・田中翔 視覚における 3 つの空間選択過程と物体 日本心理学会第 78 回大会 2014 年 9 月 10 日 12 日 同志社大学(京都市)

鈴木沙季・竹谷隆司・奥村安寿子・河西

哲子 線画刺激と塗り刺激における選択的注意 フランカー課題を用いた検討 北海道心理学会第 60 回大会 2013 年 9 月 1 日 北海道大学(札幌市)

Okumura, Y., Kasai, T., & Murohashi, H. Letter-string-specific N170 broadly distributes under rapid presentation. Cognitive Neuroscience Society 20th Annual Meeting 2013 年 4 月 13 日 Hyatt Regency Hotel (San Francisco, USA)

Takeya, R., & Kasai, T. Electrophysiological correlates of attention-spreading based on task-irrelevant shape similarity and luminance similarity. Cognitive Neuroscience Society 20th Annual Meeting 2013 年 4 月 15 日 Hyatt Regency Hotel (San Francisco, USA)

竹谷隆司・河西哲子 物体ベースの空間選択過程は課題に依存する 日本心理学会第 76 回大会 2012 年 9 月 11 日 専修大学(川崎市)

奥村安寿子・河西哲子・竹谷隆司・室橋春光文字列に対する空間的注意における語彙性と読み方向の影響 日本心理学会第 76 回大会 2012 年 9 月 13 日 専修大学(川崎市)

山田優士・河西哲子・竹谷隆司・奥村安寿子 空間選択的注意の刺激文脈による妨害 領域共通性に関わる注意誘導効果 第 30 回日本生理心理学会大会 2012 年 5 月 2 日 北海道大学(札幌市)

竹谷隆司・河西哲子 複数の群化要因による独立した注意誘導 事象関連電位による検討 第 30 回日本生理心理学会大会 2012 年 5 月 2 日 北海道大学(札幌市)

奥村安寿子・河西哲子・竹谷隆司・室橋春光語彙性が文字列に対する空間的注意に及ぼす影響 第 30 回日本生理心理学会大会 2012 年 5 月 2 日 北海道大学(札幌市)

河西哲子 ERP による注意・知覚機能の評価: 自閉症スペクトラム指数(AQ)を用いた予備的検討 第 30 回日本生理心理学会大会 2012 年 5 月 3 日 北海道大学(札幌市)

Yamada, Y., Kasai, T., & Murohashi, H. Stimulus context violates spatial attention: effects of region commonality on attentional selection Cognitive Neuroscience Society 2012 Annual Meeting 2012 年 4 月 2 日 The Palmer House Hilton (Chicago, USA)

Takeya, R., & Kasai, T. Feature similarity guides spatial attention regardless of object unity. Cognitive Neuroscience Society 2012 Annual Meeting 2012 年 4 月 2 日 The Palmer House Hilton (Chicago, USA)

Okumura, Y., Kasai, T., Takeya, R., & Murohashi, H. ERP manifestations of knowledge-based attention-spreading: effects of lexicality on attentional selection. Cognitive Neuroscience Society 2012 Annual Meeting 2012年4月2日 The Palmer House Hilton (Chicago, USA)

奥村安寿子・室橋春光・河西哲子 ひらがな文字列の正書法・音韻処理の特性と時間経過 日本心理学会第75回大会 2011年9月15日 日本大学(世田谷区)

河西哲子・竹谷隆司 物理的連結性と知覚的単一性に基づく注意拡散 日本心理学会第75回大会 2011年9月17日 日本大学(世田谷区)

竹谷隆司・河西哲子 対称性と輝度極性による独立した注意拡散 日本心理学会第75回大会 2011年9月17日 日本大学(世田谷区)

Kasai, T., & Takeya, R. Electrophysiological correlates of attention-spreading for a partly-occluded object. The 15th Annual Meeting of The Association for the Scientific Study of Consciousness 2011年6月11日 Kyoto University (Kyoto, Japan)

Takeya, R., Ogihara, A., & Kasai, T. Far elements guide attention before near elements do. The 15th Annual Meeting of The Association for the Scientific Study of Consciousness 2011年6月11日 Kyoto University (Kyoto, Japan)

[図書](計 1 件)

河西哲子 (2012). 5章 注意. 基礎心理学入門, pp. 73-86. 田山忠行・須藤昇 (編) 培風館.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河西 哲子 (KASAI, Tetsuko)

北海道大学・大学院教育学研究院・准教授
研究者番号: 50241427

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: