

平成 22 年 6 月 10 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19300092

研究課題名（和文） 視覚的注意の発達と発達障害に関する神経計算論的モデルの構築

研究課題名（英文） A neurocomputational study of the development of visual attention

研究代表者

Phillips Steven (PHILLIPS STEVEN)

独立行政法人産業技術総合研究所・脳神経情報研究部門・主任研究員

研究者番号：90344209

研究成果の概要（和文）： 視覚探索課題における標的 妨害項目間類似性を操作し、若齢者および高齢者の脳波の同期性を検討した。若齢者群では、低 帯域（トップダウン注意制御を反映）の前頭-頭頂同期性が高類似刺激において増強され、高 帯域（ボトムアップ注意制御を反映）に刺激間の差異は認められなかった。高齢者群では、高 帯域の同期性が低類似刺激において増強され、低 帯域に刺激間の差異は認められなかった。この結果は、加齢によって注意の制御様式が変化することを示している。

研究成果の概要（英文）： We examined EEG synchrony during a visual search task in low and high target-distractor similarity conditions for young and elderly adults. For young adults, high gamma phase synchrony between prefrontal and parietal regions (indicating top-down control of attention) was greater in the high similarity condition, but low gamma phase synchrony (indicating bottom-up control of attention) was not different between conditions. For elderly adults, high gamma phase synchrony was greater in the low similarity condition, but low gamma phase synchrony was not different between conditions. These results indicate that attentional control style varies with aging.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
2008年度	3,200,000	960,000	4,160,000
2009年度	3,200,000	960,000	4,160,000
年度			
年度			
総計	10,700,000	3,210,000	13,910,000

研究分野： 認知科学

科研費の分科・細目： 情報学・認知科学

キーワード： 認知科学、脳・神経

1. 研究開始当初の背景

視覚探索は注意のボトムアップ制御とトップダウン制御の交互作用によって行われると考えられている。近年のサル（サル）の細胞活動記録実験において、高帯域（36 - 56 Hz）での同期性はボトムアップ制御に、低帯域（22 - 34 Hz）での同期性はトップダウン制御に関連している可能性が示唆されていた（Buschman & Miller, 2007）。

2. 研究の目的

ヒトもサルと同様に、視覚探索における注意制御において、高帯域での同期性はボトムアップ制御に、低帯域での同期性はトップダウン制御に関連しているかを、脳波を用いた実験的検証を行うことを目的とした。また、これらの関係性は、加齢あるいは個人差による影響があるのかどうかについても検討した。

視覚的注意に関連する脳波の成分を確認することは、注意制御が加齢とともにどのような変化をするのかを知ることや、視覚的注意とその資源に影響を与える環境要素（外的要素）について理解を深めることの一助になると考えられる。

3. 研究の方法

まず、実験1では、視覚探索課題を用いて、健常若齢者（大学生）を対象とした脳波実験を行った。被験者には、類似した刺激（妨害刺激）が含まれた複数の刺激の中から、ある特定の刺激（標的刺激）を探し、その位置を答えるように求めた。課題は、刺激の色や傾きを操作することで難易度を調節し、標的 - 妨害刺激間の類似性が低い課題（特徴探索課題）と類似性が高い課題（結合探索課題）を行った。

特徴探索課題は、妨害刺激と標的刺激の類

似性が低いため、反応時間は短くセットサイズに依存しないと予想される。一方、結合探索課題では、妨害刺激と標的刺激の類似性が高いため、全体的な反応時間が長くなるとともに、セットサイズの増加に伴って反応時間が増加すると予想される。

実験2では、実験1と同様の内容と手法で、健常高齢者（65～80歳）を対象として実験的検証を実施した。

各試行の流れを Figure. 1 に示す。まず、コンピューター画面中央に固視点（白い丸）が 1500ms 表示された。その直後に標的刺激を指示する画面が 1000ms 呈示され、再び画面中央に固視点が 1000ms 表示された。最後に、妨害刺激を含む 2 つまたは 4 つの刺激が画面の左上、右上、左下、右下の位置に呈示され、被験者はこの中から標的刺激を探し出し対応するボタンを押下することで反応した。標的刺激および妨害刺激の種類や位置はランダムであった。被験者にはできるだけ早くかつ正確に反応するように求めた。なお、反応時間の測定は画面上に刺激が呈示されている 2500ms を限度とし、それを超えての反応はエラーとみなした。

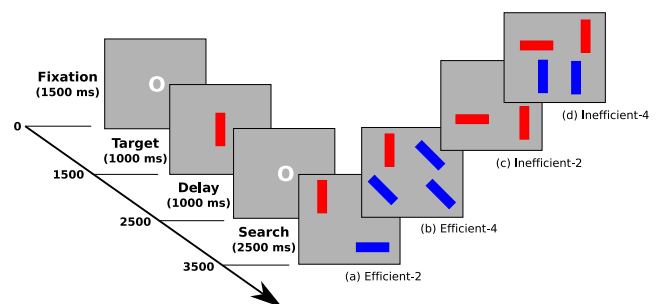


Figure 1. Example trials

4. 研究成果

実験1の結果、健常若齢者において、特徴探索課題と比較して結合探索課題における前頭 - 頭頂間の位相同期性が低帯域で高くなることが示された。一方、高帯域の位相同期性に有意な差異はみられなかった (Figure. 2 参照)。

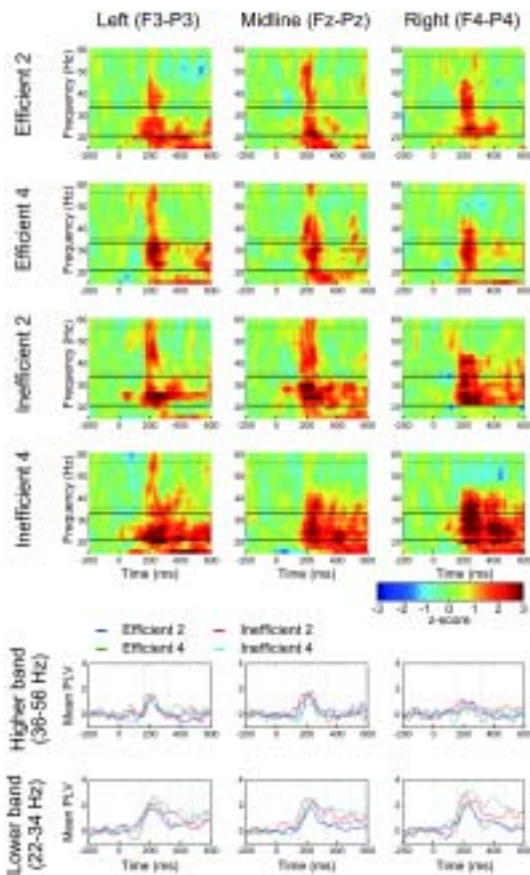


Figure 2. Young Adults

実験2の結果、健常高齢者において、結合探索課題と比較して特徴探索課題における前頭 - 頭頂間の位相同期性が高帯域で高くなることが示された (Figure. 3 参照)。

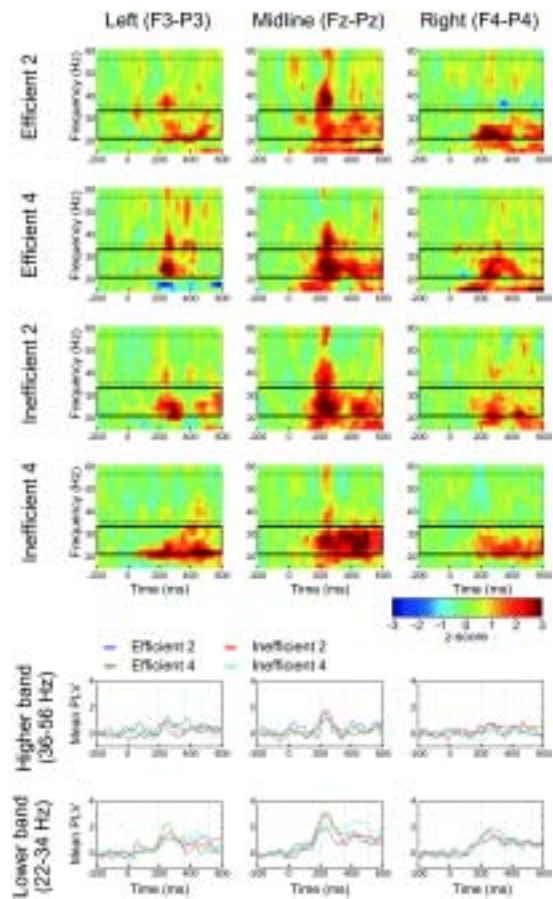


Figure 3. Elderly adults

若齢者群 (実験1) において、高帯域での同期性とボトムアップ制御の間に有意な関係が認められなかった理由として、前頭葉機能が健常に発達した若齢者ではトップダウン制御が強く働くため、特徴探索課題においてもトップダウン制御にバイアスしていた可能性が考えられる。これに対して、高齢者 (実験2) では前頭葉機能が低下することが知られており、健常若齢者よりもボトムアップ制御にバイアスされた可能性が考えられる。さらに、高齢者はトップダウン制御を強く必要とする条件下でさえ、補償的方略として、ボトムアップ制御を働かせることが示唆された。

研究代表者は、本課題と関連したプロジェクトで、認知的発達の差が圏論 (category theory) における直積 (product) あるいは直和 (co-product) の計算能力と関連があるということを提唱している [Phillips, S., Wilson, W. H., Halford, G. S. (2009). What do transitive inference and class inclusion have in common? Categorical (co)products and cognitive development. *PLoS Computational Biology*, 5(12), e1000599.]. 以下では、本研究課題の視覚探索における発達をこの枠組みを適用して考察する。

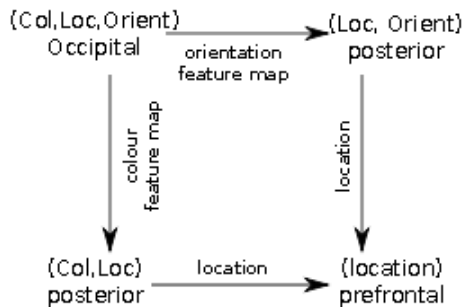


Figure 4. Visual search model derived from category theory.

圏論の枠組みの上では、視覚探索における結合探索条件は色特徴、傾き特徴から位置マップ上に情報をプルバックする過程であると考えられる (Figure 4 の下および右の矢印)。すなわち、傾きマップ上の位置 (Figure 4 右上) と色マップ上の位置 (Figure 4 左下) の組み合わせによって、標的の位置 (Figure 4 右下) が特定されることが考えられる。このようなプルバックによる情報統合は、特徴マップがある頭頂野とそれらの結合を行う前頭前野との間の低帯域での

同期として観察されたと考えられる。一方、プルバックを必要としない特徴探索課題の場合、色または傾きマップ内の情報で遂行可能であり、その情報処理は脳部位間の高帯域位同期性として観察されたと考えられる。

一般的に、認知の発達と加齢による機能低下は逆U字を描くと考えられている。すなわち、子どもから大人への認知発達の逆を辿って、加齢に伴う認知低下が生じると考えられている。圏論による認知発達のモデルではプルバックの計算容量が成長とともに増加することを仮定している。本研究における脳波同期性の結果は、加齢に伴ってプルバックの計算容量が低下することを示しており、認知的発達のモデルと一致している。

今後は、推論作業におけるトップダウン処理とボトムアップ処理について、脳波の位相同期性の変化に着目する予定である。若齢者や高齢者を対象に新しい実験パラダイムや解析手法を使って、推論課題の難易度を決定している要因を、行動指標と脳機能計測 (脳波) の両面からアプローチする。

課題の難易度は、課題遂行に必要な結合次元数や記憶負荷などを操作することによって変化させ、これらの次元数が等しい場合には課題間で有意な関係性が認められると予測される。また、それらの関係性に対する加齢による影響についても検討する。

さらに、脳波データの解析においては、次元間の情報結合にかかわる脳内処理過程を明らかにできるものと期待される。

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2件)

Phillips, S., & Takeda, Y. (2010). Frontal-parietal synchrony in elderly EEG for visual search. *International Journal of Psychophysiology*, 75(1), 39-43. 査読有

Phillips, S., & Takeda, Y. (2009). Greater frontal-parietal synchrony at low gamma-band frequencies for inefficient than efficient visual search in human EEG. *International Journal of Psychophysiology*, 73(3), 350-354. 査読有

[学会発表](計4件)

Phillips, S. & Takeda, Y. (2009). An EEG/ERP study of efficient versus inefficient visual search. In N A Taatgen & H van Rijin (Eds.), *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pp. 383-388. Amsterdam, The Netherlands. July.

Phillips, S. & Takeda, Y. (2009). Frontal-parietal synchrony (phase-locking) in human EEG during visual search. *Neuroscience Research*, 65 (Suppliment 1), s192. Abstracts of the 32nd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society (Neuro 2009).

Phillips, S. & Takeda, Y. (2009). Duration but not onset of working memory processes differs for inefficient versus efficient visual search: An EEG/ERP study. Presented at the *29th Annual Meeting of the Australian Neuroscience Society*. Canberra, Australia. January 27-30. Abstract.

Phillips, S. & Takeda, Y. (2008). An fMRI study of item similarity effects in visual search. In, *Proceedings of the 14th annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping*. Melbourne, Australia. June 15-19. *Neuroimage*, 41, s4. Abstract.

6. 研究組織

(1)研究代表者

Phillips Steven (PHILLIPS STEVEN)
独立行政法人産業技術総合研究所・脳神経
情報研究部門・主任研究員
研究者番号： 90344209

(2)研究分担者

武田 裕司 (TAKEDA YUJI)
独立行政法人産業技術総合研究所・人間福
祉医工学研究部門・主任研究員
研究者番号： 10357410

(3)連携研究者

()
研究者番号：