

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月31日現在

機関番号：82401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21500267

研究課題名（和文） 視覚情報の分節化にともなう事象関連電位と視線移動

研究課題名（英文） Event-related potentials and eye movement during segmentation of visual information

研究代表者

Abila Dilshat (ABLA DILSHAT)

独立行政法人理化学研究所・非侵襲BMI 連携ユニット・研究員

研究者番号：00391847

研究成果の概要（和文）：

本研究では、先に行った聴覚分節化研究で得られた分節化を反映する事象関連電位（ERP）と同様な成分が、視覚情報の分節化過程でも検出されるか、その電位は時系列情報の遷移確率、学習進行過程・達成度とどのような相関関係を持っているかについて調べた。その結果、被験者は統計的情報を手がかりにして視覚情報を分節化し、N400電位がその統計的学習および分節化を定量的に反映していることを示唆した。また、視覚情報の分節化過程は聴覚分節化と同じく、領域一般性の脳処理様式で行われることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：

In order to determine the time course and neural processes involved in online word segmentation and statistical learning of visual sequence, we recorded event-related potentials (ERPs). The results suggested that the N400 effect indicated online segmentation of the visual sequence and the degree of statistical learning as well as the auditory sequence learning processes. Our results also imply that statistical learning represents a common learning device.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2010年度	300,000	90,000	390,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

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：分節化、統計的学習、系列学習、言語獲得、事象関連電位、ERP、N400

1. 研究開始当初の背景

言語の習得に関わる脳機能を明らかにすることは、現代の脳科学においてもっとも重要かつ興味深いテーマのひとつである。音声言

語習得の場合は、まず聴覚的に連続な刺激が切り分けられ（分節化）、次に意味と対応を持つシンボルとなる必要がある。それと同様に、視覚的な言語習得の場合においても、視

覚文字列、パタンの分節化が重要である。連続音声及び視覚情報の分節化については、これまでに様々な行動研究が行われ、系列信号に含まれる統計的情報（遷移確率）が連続音声及び視覚系列情報の分節化において重要な手がかりとなることがわかってきており、この過程は統計的学習と呼ばれている。

われわれは、これまでの研究で、連続音声の分節化（統計的学習）に関わる神経処理過程を知るためにERPを指標とした実験を行い、オンライン分節化及び学習程度を反映する脳電位を発見したのである。

2. 研究の目的

聴覚分節化研究で得られたERPと同様な成分が、視覚分節化過程でも検出されるか、その電位は遷移確率、学習成績・進行過程とどのような相関関係を持っているかなどを明らかにすることを研究目的にし、以下の手法で研究を行った。

3. 研究の方法

(1) 実験1

本実験では、先に行った聴覚分節化研究に類似した手法で、まず11つの図形(a~k)を作り、その中の3つの図形から一つの図形列(単語)が形成させるようにして、6個の図形列を用意した。それをランダムに隙間を空けずにつないで7分の連続刺激を作った(図1)。連続刺激の特徴としては、図形単語内の3つの図形間の遷移確率が高く(0.67)、単語と単語間の遷移確率が低い(0.16)という統計的性質を持っている。連続刺激に含まれる各図形をTVモニターに個別に呈示し、被験者に黙視してもらった。この過程で計3セッションのERP記録を行った。その後、連続刺激の中で呈示した図形列(図1 Triplet-set1)と新規の図系列(図1 Triplet-set2)を対で呈示し、どちらが先の連続刺激の中で見た図形列パターンかを被験

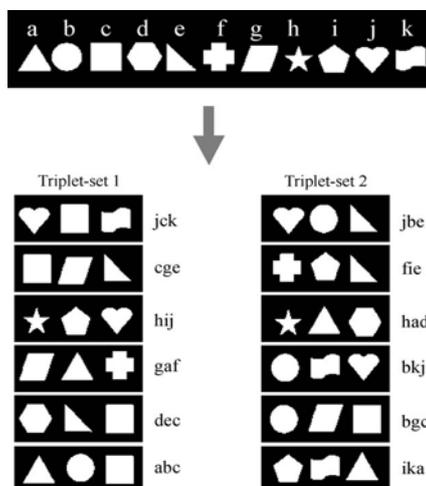


図1 視覚刺激

者に判断させる行動テストを行った。そして行動テストの成績を基に被験者を学習成績の高いグループと成績の低いグループに分け、学習過程の初・中・後期のセッションごとにERP解析を行った(Abla, et al., 2009)。

(2) 実験2

本実験では、連続視覚信号の分節化(知覚学習)及び運動学習の統合過程をオンラインで評価するため、脳波計測に加え、時系列反応時間(SRT)を取り入れた系列の運動学習課題を実施した。

実験では、有限状態文法規則に従って生成された系列刺激が、音符画像として個別にTVモニターに呈示され、被験者は音符に対応するピアノキーをできるだけ速く押すというSRT課題を施行した。1センテンスには4-6チャンク(単語)が含まれ、各チャンクは3つの音符から構成された。10個のセンテンスの2回繰り返しが1ブロックとして、計9ブロックの学習が行われた。その過程で、反応時間(RT)とERPの同時記録を行い、学習過程のRTとERPの相関解析を行った。

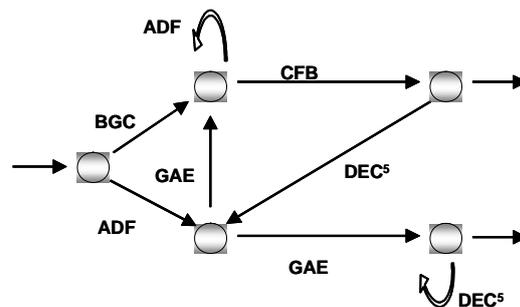


図2 有限状態文法により再生される視覚刺激

(3) 実験3

本研究では、被験者間の個人差をなくし、視覚情報の分節化及び統計的学習の領域一般性をさらに明らかにするため、視覚刺激呈示には数字刺激を用いた。実験2の課題と同じく、数字刺激は有限状態文法規則に従って生成され、TVモニターに呈示された。被験者は数字に対応するピアノキーをできるだけ速く押すというSRT課題を施行中に、ERPの同時記録を行った。

4. 研究成果

(1) 実験1

実験の結果、遷移確率がもっとも低い単語の切れ目(単語の第1図形)で、単語の第2、3図形に比べ、高い振幅のN400電位が観察された。どの程度分節化ができたかをテストして、その成績で2つのグループに分けると、分節化を示すこのERP成分は、成績の高い被験者(図2A, B, C)では学習初期にもっとも強く、成績の低い被験者(図2D, E, F)では、

学習が進むにつれ徐々に大きくなった。これらの結果は、被験者が連続刺激の中で次に呈示される図形を予測し、統計的情報を手がかりにして分節化し、N400 電位がその統計的学習および分節化を定量的に反映していることを示唆する。本研究から、視覚情報の分節化過程は聴覚分節化と同じく、領域一般性 (domain generality) の脳処理様式で行われることが示唆された (Abla, et al., 2009)。

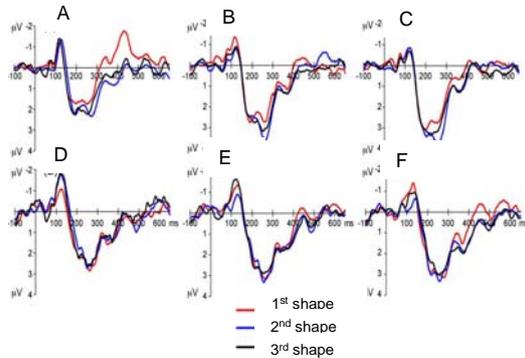


図3 高成績の被験者(上段)と低成績の被験者(下段)のERP結果(A,D: 学習初期、B,E:学習中期;C,F: 学習後期)。赤線は単語始点に対するERPを示す。

(2) 実験 2

反応時間 (RT) は学習ブロックの進行に伴って短縮した。また、RT はチャンクのオンセット (第一音符) では遅くなるものの、チャンク内 (第二、第三音符) 及びセンテンス末端では短縮を示した (図 4)。ERP では、同じくチャンクのオンセットに対し、チャンク内の音符に比べ、刺激呈示後 300-400 ms 区間により大きな陽性電位 P3 が観察された。またその電位が学習ブロックの進行につれ徐々に大きくなった。この ERP の P3 振幅が RT と有意な相関を示した (図 5)。研究結果は、RT と ERP 成分は、分節化及び文法学習の進行過程を定量的に反映していることを示唆する。本研究では、系列信号の分節化及び学習進行過程における感覚運動統合学習過程を行動-生理学的指標より評価できた。

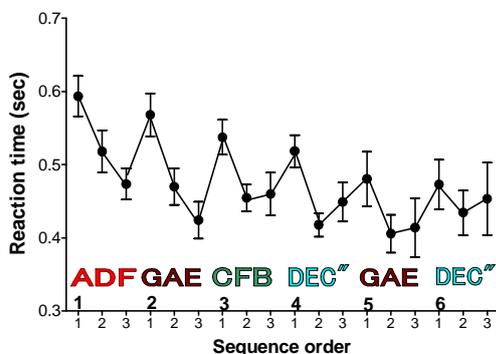


図4 系列刺激における反応時間を示す。Sequence orderの位置"1"はチャンクのオンセットを示し、この位置では反応時間が遅くなった。

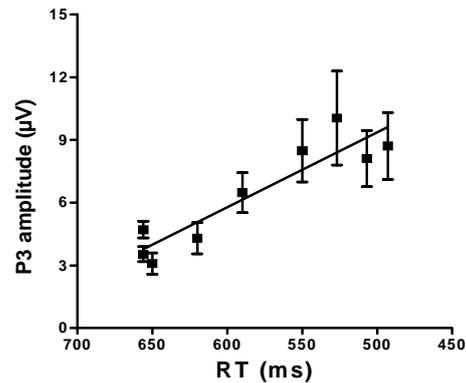


図5 ERPのP3振幅が反応時間と強く相関 ($r = -0.92$)を示した。

(3) 実験 3

RT は実験 2 の結果と同じく学習ブロックの進行に伴って短縮した。また、RT は 3 数字で構成されたチャンクのオンセット (予測しにくい始点) では遅くなるものの、チャンク内 (比較的予測しやすい第二、第三位置) では短縮を示した。ERP では、音符を用いた実験結果と同じく、チャンクのオンセットに対し、刺激呈示後 300-400 ms 区間により大きな陽性電位 P3 が観察された。しかし、学習進行過程での ERP 振幅と RT の相関は認められなかった。本研究結果から、音符を用いた実験 2 の結果は被験者の音感に依存する可能性は否定できないが、系列情報の統計的学習・分節化を示す ERP と行動指標が聴覚及び視覚情報の学習過程で一致することが示唆された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

①Kamiyama, K., Katahira, K., Abla, D., Hori, K. & Okanoya, K. (2010). Music playing and memory trace: Evidence from event-related potentials. *Neuroscience Research*, 67, 334-340.

②Abla, D. & Okanoya, K. (2009). Visual statistical learning of shape sequences: An ERP study. *Neuroscience Research*, 64 (2), 185-190.

[学会発表] (計 6 件)

①Abla, D., Asamizuya, T., Ueno, K., Sun, P., Cheng, K. & Okanoya, K. Neural changes in the cortical-basal ganglia network during online statistical sequence learning: An fMRI study. 34th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society. Yokohama, Japan. Sep. 14-17, 2011.

②Abla, D., Katahira, K. & Okanoya, K. Visual segmentation of musical chunks embedded in finite-state grammar strings: A neuro-behavioral approach. 14th European Congress on Clinical Neurophysiology 4th International Conference on Transcranial Magnetic and Direct Current stimulation. Rome, Italy; 21-25 June 2011.

③Abla, D., Asamizuya, T., Ueno, K., Suzuki, C., Sun, P., Cheng, K. & Okanoya, K. Online statistical learning in the cortico-basal ganglia network: an fMRI study. The 15th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping. Barcelona, Spain. June 6-10, 2010.

④Abla, D., Asamizuya, T., Ueno, K., Suzuki, C., Sun, P., Cheng, K. & Okanoya, K. An fMRI study of speech segmentation. Technical Committee of Psychological and Physiological Acoustics. Kyoto, Japan. May 14-15, 2010.

⑤Abla, D., Katahira, K. & Okanoya, K. Segmentation of chunks and hierarchies in artificial grammar learning task: a neuro-behavioral approach. (Review selected). CUNY2010: Conference on Human Sentence Processing. New York, USA, March 18-20, 2010.

⑥Abla, D. & Okanoya, K. (2009). Visual statistical learning of shape sequences: An ERP study. The 15th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping. San Francisco, USA. June 18-23, 2009.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

A b l a D i l s h a t (ABLA DILSHAT)
独立行政法人理化学研究所・非侵襲BMI連携
ユニット・研究員
研究者番号：00391847

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし