14-85-7 事象関連電位(ERP)による五感性記憶の格納位置解析

The Analysis of the Sensory Memory Location by Event Related Potential (ERP)

○内藤 かほり, 鈴木朋, 京相雅樹, 石島正之

武蔵工業大学 工学研究科 生体システム工学

Kahori Naito, Tomo Suzuki, Masaki Kyoso, Masayuki Ishijima,
Dept. of Biomedical Engineering, Musashi Institute of Technology

1. 研究目的

現在様々な分野で脳科学の研究は行われ、日々脳機能が解明されているが、未だ完全な解明には至っていない。そこで本研究では、脳機能解析の一端を担うべく、現在数多くの研究がなされている「記憶」について、そのシステム解明を目指した。特に今回は記憶想起段階、つまり「どこに」記憶が格納されるかについて着目した。記憶の格納位置に関しては、言語記憶などでは知られているが[1], 五感性(視覚・聴覚・嗅覚など)記憶については今なお明確な答えが出ていないため、五感ごとの記憶格納位置を調査した。解析手段は伝統的で簡易な脳波(EEG: electroencephalogram)を用い、外部刺激によって生じる事象関連電位(ERP: Event Related Potentials)をこの EEG から読み取ること、記憶格納位置の特定を試みた。

2. 研究方法

1) 実験手順

健常な 20 代の男女 7 名の協力を得て以下の実験を行った。まず暗闇状態のシールドルーム内に、PC のディスプレイと椅子を距離 1m となるように置き、椅子に被験者を座らせる。次にディスプレイから視覚情報(ある 1 つの画像)を与え、その内容を記憶させた。この時他の感覚からの情報を極力除去するため記憶時は耳栓を使用し、また画像を見せるまでは閉眼状態を保たせた。そして 30 秒間の閉眼遅延時間を置いた後、1 秒間隔で様々な画像(事物画像)と灰色画像を交互に見せ、記憶したものを想起させた。ただし筋電等の混入を防ぐため、記憶したものの画像(記憶画像)が出ても、何らリアクションは取らせなかった。

これを 1 セットとして、セットごとに休憩時間を挟みながら合計 10 セットの実験を行った。同様に、始めに記憶させる情報を画像から音に変えた聴覚情報記憶想起実験、記憶情報を画像から匂いに変えた嗅覚情報記憶想起実験もそれぞれ 10 セットずつ繰り返し、記憶時の使用五感によって記憶の格納位置がどう異なるのか確認した。なお、聴覚情報記憶時のみ音を聞かせるため、耳栓を除外した状態で行った。

2) 脳波 (EEG) 採取

脳波は、記憶時ではなく様々な画像を見せた記憶想起時に採取した。採取条件は以下の通りである。

- ①Sensitivity 1.0mV/V
- ②Frequency Band 0.5~30Hz
- ③Sampling Frequency 100Hz

本研究では記憶は側頭葉に蓄えられているという説に基

づき[2], 五感性記憶に対しても側頭葉が大きく関与していると予測したため、側頭葉に重点的に電極を配置した。また、前頭葉も関連性が指摘されているが、記憶想起の「きっかけ」となる信号を発する司令部の役割を果たしているとされており[3], 記憶格納位置としては考慮しなかった。ただし記憶想起の信号が送られる経路を確認するため、電極は前頭葉や頭頂葉を含む頭部全体に 15 チャンネル配置した。

3) 解析

本研究では、事物画像と灰色画像の切り替わりを感知する外部トリガ回路からの信号を AD 変換後チャンネル 16 に入力して、それを基準に分割した EEG 波形の加算平均を行うことで、ERP 特に P400 成分と呼ばれる刺激付加後約 400ms 後に現れる反応の抽出を試みた。フィルタリング処理を行ってあらかじめノイズを除去した後、まず記憶画像を見た時の分割波形のみを取り出して、1 セット 2 回×10 セット=20 回分を加算した。次にランダムに選択した 20 回分の分割波形を同様に加算平均し、両者の反応振幅値の比較を行った。

その後 15 チャンネルのデータそれぞれに対して、記憶した画像を見た時の加算平均波形(記憶波形)とランダムに選択した加算平均波形(ランダム波形)の差分を取り、部位ごとの相対波形を求めた。これを基に P400 成分の反応がピークに達するまでの時間が短いほど脳内での反応が早い部位、相対振幅値が大きいほど記憶格納位置に近い部位であると考え、被験者ごとに 15 チャンネルの反応時間及び相対値に順位を付した。そして反応時間の相対順位平均値から記憶想起の経路を推定することによって、最終的に記憶想起信号が到達する部位を調べ、使用五感(視覚、聴覚、嗅覚)ごとの記憶格納位置について考察・検討を行った。

3. 結果

P400 を 300~500ms 後に発生した最大振幅として解析した結果、部位ごとに差はあるものの、Fig.1 に表すように記憶波形の方がランダム波形よりも顕著な反応を示した。更にこれらの波形を基に求めた相対波形から、最も顕著な反応を示したのが予測通り側頭葉で、次いで前頭葉・頭頂葉も有意な反応を示すという結果が得られた。これは聴覚の一部を除き、データ全体の傾向として現れた。

しかし、同じ側頭葉でも左脳側と右脳側では反応時間、反応振幅値共に違いが見られ、左側頭葉の方が右に比べ

て反応時間が遅く、振幅値が大きかった(Fig.2)。前頭葉や後頭葉では側頭葉ほどの差異は見られず、また個人差も大きかった。

Fig.1 The ensemble average waveforms of some examinee when recalling visual information (The temporal lobe). Solid line: Waveform of recalling, Broken line: Random averaged waveform

Fig.2 The relative waveforms of some examinee when recalling visual information. Solid line: Waveform of left temporal lobe, Broken line: Waveform of right temporal lobe

次に相対順位の平均値と P400 の時間的推移を元に推測した、各五感の記憶格納位置を Fig.3 に示す。

Fig.3 The estimated memory storage location of each sense

Fig.3 より、視覚情報と嗅覚情報は左側頭葉から後頭葉にかけて、聴覚情報は若干右脳寄りだがほぼ中心部の後頭

葉に、それぞれ格納されている可能性が示された。

4. 考察と結論

測定データの加算平均波形から求めた相対順位から、Fig.3 のように記憶は側頭葉に蓄えられているという説を支持する形となり、視覚性記憶及び嗅覚製記憶に関しては、特に左脳側に優位性が存在する可能性を示した。また聴覚性記憶に関しては、若干右脳側に優位性が見られたものの、ほぼ後頭葉上部全体に格納されていると考えられた。被験者によってばらつきが目立ったので、より多くの被験者数を確保し、詳細な検討を加えることが必要である。

一方感覚別の位置深部については、視覚・聴覚実験の脳波は反応の相対値がほぼ同等だったため、両感覚性記憶は同程度の深部に格納されていると考えられた。嗅覚実験のみ反応の相対値が全体的に小さく、平均相対順位も低かったことから、嗅覚製記憶は他の五感性記憶に比べて脳の深層に格納されていると考えられた。

以上本研究では五感性記憶の格納位置を推測したが、有意な反応が得られなかった測定データも存在し、加算平均の精度を低下させる原因となった。この理由として、まず被験者の疲労(精神的負荷)状態が挙げられる。休養が少なく疲労が蓄積されがちだった被験者の測定結果では、低周波ノイズと思しき大きな振幅の揺れが見られたためである。また、電極装着位置の個人差も理由と考えられる。

新しい解析手段の発展によって、もはや EEG は古いと考えられがちである。しかし脳波から得られる情報は膨大であり、ヒトを研究対象にする上で被験者への精神的負荷を軽減させるという重要課題を克服するためにも、EEG が脳研究発展のために果たす役割は大きい。

本研究は脳波の有用性を示す目的も兼ねて、異なる五感性の記憶格納位置を、EEG の ERP を抽出することで特定しようと試みた。その結果、視覚情報と嗅覚情報は側頭葉中部から後部にまたがる範囲に、聴覚情報は後頭葉上部に、それぞれ格納されている可能性が示唆され、使用五感ごとに記憶の格納位置と深度が異なるという結論に至った。一方主な課題として、被験者数の確保、よりストレスを軽減できる実験環境の実現、電極位置の検討、そしてより多角的な解析手法の模索が挙げられた。データ数の拡充を図った上で、実験方法や解析手法の更なる改善が必要である。

参考文献

- [1] 植村慶一監訳 「オックスフォード・生理学」丸善株式会社: Chapter11. 高次神経機能のある側面: 171-173, 2003.
- [2] Hasegawa. I, Fukushima. T, Ihara. T and Miyashita. Y: Callosal window between prefrontal cortices: cognitive interaction to retrieve long-term memory. Science, 281: 814-818, 1998.
- [3] 甘利俊一・外山敬介編 「脳科学大事典」朝倉書店: 第2章 記憶と学習: 2000.