計算課題実行時のヒトの応答特性と脳の反応特性

○ 洪川美紀（白鷗大学）， 船田眞里子（白鷗大学）

Human Responses and Cerebral Reactions during Performing Calculation Tasks

Miki SHIBUKAWA (Hakuoh University, Faculty of Education),

Mariko FUNADA (Hakuoh University, Faculty of Business Administration)

1. はじめに

筆者らは割算課題の反復学習の進捗を事象関連電位（ERP）¹⁾の特徴値によって分類する試みを行ってきた²⁻⁴⁾。具体的には人間の反復作業に対する特性を正答率で測定し，正答率の高低を事象関連電位の特徴値で判別分析した。その結果ヒトの反復作業の信頼性を改善するには，対象となる課題を早く正確に把握することが重要であるという人間特性が明らかとなったので報告したい。

2. 方法

2. 1 実験方法

- (1) 被験者：実験に協力的な全員右ききの男性8名と女性5名（19～22歳， $a \sim m$ で識別）。
- (2) 実験場所：外界から遮断され，実験のみに使用される研究室を使用した。実験時には特に実験への集中を保つよう配慮した。
- (3) 刺激の種類：3桁÷2桁の割り算200題。
- (4) 刺激表示のタイミング：19インチの画面中央部に計算式を表示し，被験者と画面の距離を約60～80cmにし，画面と目の位置は平行とした。表示される割り算の式は，縦×横約1×(5～6)cm，眼球を動かさないで見ることのできる範囲に収めた。
- (5) タスク：被験者は表示された課題画面を見ながら，次の○が表示されたとき，それを合図に答えをキー入力した。
- (6) 反復回数：これを1週間ごとに4回行った。1回目の測定データは破棄し，2回目～4回目のデータを対象データとして分析した。
- (7) 脳波：国際10-20法によるA1A2を基準電極とするCz, Pz, C3, C4の単極導出とした。
- (8) A/D変換：脳波のサンプリング周波数は1kHz。刺激表示後1秒間をリアルタイムで記録。

脳波は日本光電社製のNeurofax EEG8310でハイカット周波数を60Hz，時定数を0.3秒，抵抗を約2k Ω とし，A/D変換ボードを挿入したgateway社のコンピュータG7-600を用いてリアルタイムで測定

した。電極には皿電極を使用し，刺激後1秒間の脳波を対象データとした。瞬きは白色画面のときに行うよう指示した。

実験は一週間おきに4回反復した。1回目は練習とし，2～4回を解析対象とした。

2. 2 解析方法

最初に，測定データにアダプティブフィルタを用いて，高周波雑音と低周波雑音を除去する。次に，各波形を標準化し，加算平均して1セットのERPを求め，更に1日の実験で測定した分を加算平均して実験日ごとのERPを求めた。被験者の正答率をクラスター分析に基づき分割し，ERPの特徴値を用いて分割された群の判別分析を行った。

3. 結果

3. 1 課題実行時のERP

図1は2回目の実験実行時に得られたERPの例である（被験者e）。横軸が課題提示後の時間，縦軸は標準化処理後に加算平均した値である。矢印で示した頂点電位（P1, N1, P2, N2, P3, N3）が出現している。

3. 2 課題の正答率

正答率の平均値は実験の回数ごとにそれぞれ66%，72%，74%であった。反復により正答率は向上した。最も高い正答率を得た第4回目の正答

図1 計算課題のERPの例
(被験者e, 加算回数: 200回, 実験日: 2回目)

図2 ERPに関する変数(特徴値)の定義

率を用いてクラスター分析した結果、高正答群 { *a*, *d*, *e*, *f* } と低正答群 { *b*, *c*, *g*, *h*, *i*, *j*, *k*, *m* } に分割された。それぞれの平均と標準偏差は (89%, 5.01), (66%, 4.33) である。

4. 考察

筆者らは ERP の特徴値で学習の進捗を推定するために、すでに各電位の潜時・振幅とそれらの差からなる特徴値 (図 2) を定義²⁾した。最も雑音の少ない ERP を計測した 4 回目の全頂点電位の潜時の特徴値を用いた。ステップワイズ法により特徴値 { *Cz*[P1], *C3*[P1] } が抽出され、判別率は 100% であった。実験 2 回目・3 回目のデータに求められた判別関数を適用すると、それぞれ 75%, 100% の判別率を得た。

次に、実験日 2 回目の誤判別の要因について考察する。誤判別となった被験者は *f*, *k*, *m* である。測定データを 50 問ずつに分割し、ERP と正答率をそれぞれ求めた。*k* は反復による改善が認められず正答率も低い被験者で、測定脳波上に α 波の出現が認められた。実験時に居眠りが確認され、刺激を見ているだけで計算をしていない、目を閉じて居眠りをしている時間帯で誤判別が生じた。

被験者 *m* は 151~200 問の脳波に α 波が混入し P1 と P2 が重なり、明確に分離されていないので正しく判別されなかったと考えられる。151~200 問を除いて求めた ERP に対して判別関数を適用すると判別率 100% を得た。

被験者 *f* は 51~100 問で正しく判定された。*f* は高正答群に属している。ERP は個人差も大きく、複数の被験者で同一の判別関数を求めることの難しさを示していると考えられる。

ところで、選択された特徴値は視覚誘発電位である P1 の潜時である。判別関数の係数の符号を

考慮すると、潜時が短縮すると高正答群に分類されることが示された。この結果は、課題を「見る」すなわち「早く正確に把握すること」が正答率の改善の一要因であることを示唆している。

5. まとめ

以上の試みより、次のようにまとめられる。

- (1) 計算課題について 4 回の実験を行い、1 回目を破棄し、2~4 回の ERP と正答率を求めた。
- (2) 最も正答率の平均が高い 4 回目を用いて、クラスター分析を行い、被験者を高正答群、低正答群に分類した。
- (3) ERP の 4 回目の特徴値による判別分析を行い、判別関数を得た (判別率 100%)。この関数を第 2, 第 3 回目の実験データに適用し、それぞれ判別率 75%, 100% を得た。
- (4) 誤判別の原因は実験中の居眠り、状態の変化、個人差であることが推定された。
- (5) 判別関数の変数として抽出された特徴値は視覚誘発電位であり、その符号から潜時が短縮すると高正答群に分類されることが示された。
- (6) (5) から課題を「よく見る」ことが正答率の改善につながることを示唆された。

被験者を増やし、再現性を確認すること、今回の実験で使用した課題と異なる課題を実行した場合も識別可能か等を検討することが今後の課題である。

参考文献

- 1) Piction, T.W, et al.”Guidelines For Using human Event-related potentials to study cognition: recording standards and publication criteria.”, *Psychophysiology*, 37, 128-152, 2000.
- 2) 渋川美紀他：“解答時間を指標とする漢字反復学習の進捗状態と事象関連電位の変化に関する研究”，*日本生理人類学会誌*, Vol. 11, No. 2, pp. 1-13, 2006.
- 3) 渋川美紀他：“漢字課題に関する事象関連電位を指標としたコンピュータと筆記による学習効果の比較”，*日本生理人類学会誌*, Vol. 12, No. 1, 25-36, 2007.
- 4) 渋川美紀他：“計算の得手不得手と事象関連電位”，*人間工学会誌* 第 48 巻特別号, 160-161, 2012.