予測制御における予測を反映した ERP について

平間 紀行(*東京理科大学)、小林 大二(**日本橋学館大学)、庄子 洋平*、○山本 栄*

A Study of the ERP in the Case of the Predictive Manual Controls

Noriyuki HIRAMA*, Daiji KOBAYASHI**,

Yohei SHOJI*, and Sakae YAMAMOTO*

(*Tokyo University of Science, **Nihonbashi Gakkan University)

1. はじめに

自動車の運転や大型プラントの制御など、人間による機械の制御は日常的に行われている。特に、大型船舶のような入力に対する出力の応答が大きく遅れる系を操縦する場合、人間は制御対象の動きを推測しながら制御する。このような制御を予測制御と呼ぶ¹⁾。予測制御では、時定数が大きくなるほど、系の挙動の予測が困難になり制御が難しい。そのため、時定数の大きい系の手動制御に関する研究が多く行われている¹⁾²⁾。例えば、操作者のパフォーマンスから人間の手動制御を検討した研究は多く行われているが、予測制御を行う際の操作者の精神状態は、パフォーマンスに大きく影響を与えと考えられる。そこで、制御作業を行っている操作者の精神状態を明らかにするため本研究では、精神変動が表出する脳波を通して操作者の予測制御の評価を行った。

脳波の中には、誘発電位と呼ばれるものがあり、また、外部から呈示された感覚刺激を手がかりに、被験者にある課題を遂行するように教示し、課題遂行中の脳波を、刺激の提示点で揃えて加算平均することで、ERP(事象関連電位: event-related potential)が得られる。事象関連電位は、予期、注意、知覚、検索、識別、意思決定、記憶等と対応した大脳活動を反映していると言われている⁴⁾。例えば、CNV(期待、予期)、P300(認知、識別)などがある。

加算平均とはランダムなノイズを加算することによって除去し、一定の極性と潜時(時間)をもつ目的的成分だけを記録する方法である。

本研究の目的は、予測制御作業中の脳波の特徴的な波を抽出し、予測制御を反映した ERP の検討を行うことである。

2. 方法

遅れの大きい系の制御作業を行わせるために、本研究では大型船舶であるタンカーの特性を単純化したシミュレータを構築し実験を行った²⁾。

課題遂行時の被験者の脳波は、被験者に装着

した EEG 電極を通して脳波計(日本光電製 EEG1100)に記録した。電極位置は国際式 10-20 法に基づく 19 電極部位とした。また、ハンドル操作時にどこを見ているかを明らかにするため、操作者の課題遂行時の眼球運動を非接触型注視点測定装置により測定した。

被験者には、ディスプレイ(タッチパネルシステムズ製 21 型タッチモニター7400TD21)上にある一次遅れ要素の動特性をもつタンカーを操作ハンドルにより操作して、最終的にゴールへ導くように指示した。

図1 実験コース1

ハンドル角は直流電圧に変換し、外部信号としてコンピュータと脳波計に入力し記録した。ハンドル操作のデータとタンカーの座標データはリアルタイムにコンピュータ上に記録した。また、課題スタート時、旗門通過時、課題終了時にはトリガー信号を脳波計に記録した。

被験者には、タンカーの操作に慣れてもらうために、実験開始前に同じ条件(時定数 1.5 秒、図1に示した実験コース1)で練習を行わせた。全旗門を通過することができた時点で練習終了とした。その後、被験者にタンカーシミュレーションを行わせ、そのときの脳波と眼球運動を測定した。途中休憩を取る際に、操作の方略や特に気づいたことなどを聞いた。また、被験者から事前にインフォームド・コンセントを得た。実験条件は、タンカーの時定数 1.5 秒または 4.5 秒ランダムに設定し、50 回ずつ計 100 回の試行を行わせた。実験コースは実験コース1およ

び、実験コース2をランダムに行った。タンカーの速さは40(pixel/sec)とした。

被験者には、画面上のタンカーを出来るだけ旗門を通過するように操作するよう指示した。

被験者は、健康な男子大学生20~24歳の10名とした。

事象関連電位(ERP)は、刺激提示をトリガーとして背景脳波を加算平均した刺激に対する波形である。このERP波形の中の各頂点(または谷)をその成分と見なし、目的とする成分の極性、潜時、振幅を基準にして、各被験者の加算平均波形の中にその成分を同定する方法である。ERPの極性を分けるために、トリガーから1000(msec)前の脳波の平均振幅を基線とした。基線から上が陰性、下が陽性になっている。トリガーを0(msec)として考え、ERP(長潜時)の波形をみるために、そのトリガーから前後3000(msec)の範囲を加算平均した。また、極性の傾向を知るために面積を求めた。解析部位はFz, Cz, Pzとした。

3. 結果

図2 加算平均波形

原波形を調べた結果、精神的な集中を表すといわれている θ 波成分³⁾がハンドル操作開始時に現れていることがわかった。つまり、ハンドル操作開始時に被験者は、操作に集中していると言える。そこで、ハンドル操作開始時をトリガーとして加算平均した。

加算平均した波形を調べた結果、タンカーシミュレーションの条件が時定数1.5秒においては、特徴的な波形は見られず、時定数4.5秒において図3に示したように、特徴的な波形がハンドル操作開始後に見られた。

そこで、ハンドル操作開始前後の陰性電位の面積の大きさを比較した結果、ハンドル操作開始後は、操作開始前に比べ陰性方向に電位が強く出ていることがわかった。5%で有意差が確認できた。

次に、眼球運動をトリガーとしたERPにおいても同様な結果が得られた。

図3 時定数4.5秒での加算平均波形

4. 考察

眼球運動から、本実験では操作者に対して予測制御をさせていると言える。また、操作者はハンドル操作後、入力(ハンドル操作)に対する出力(タンカーの応答)を予測していると考えられることから、この特徴的な波形が予測を表していると考えられる。

5. まとめ

操作者は操作対象の移動を予測してハンドルを操作していることから、ハンドル操作後の波が予測を反映していると考えられる。

参考文献

- 1) 林喜男:「人間の予知制御」, 人間工学, Vol.11, No.2.3, pp69-70, 1975
- 2) 林喜男:「タンカー・シミュレーションを用いた人間の制御動作(第2報)」, 日本人間工学会第19回大会講演論文集, pp23-24, 1978
- 3) 稲永和豊(編):「精神疾患の生物学的研究」, 山口雄三:「Fm θ の心理学的基礎」 pp385-408, 医学書院, 1988
- 4) 丹羽真一, 鶴紀子 編著:「事象関連電位」, 新興医学出版社, 1997.
- 5) 林喜男:「制御における人間特性」, 人間工学, Vol.3, No.4, pp266-274, 1967

〒162-8601 新宿区神楽坂1-3
東京理科大学工学部経営工学科
山本研究室 平間 紀行
mail:n-hirama@ms.kagu.tus.ac.jp
TEL/FAX : 03-5228-8352