長時間単調作業時における 脳波変化の特徴

○井口 弘和

小里 明男

(株)豊田中央研究所)

EEG Variations at Long-term Monotonous Work

Hirokazu Iguchi,

Akio Kozato

Toyota Central Research & Development Laboratories, Inc.

1. はじめに

高速道路での車の運転に見られるような単調作業時における安全性は、運転者の意識状態に依存するところが大きく、フェイル・セーフな機械システムの設計を行うには、人間の特性を十分に考慮する必要がある。居眠りについては、種々の生理量が使われているが、判定基準がないため経験的な分析に頼らざるを得ない。今回、意識の中核である脳機能の状態を示す脳波の変化をより詳細に理解できるようにするため、長時間の単調作業時における脳波を計測し、その経時的特徴を抽出することにより、覚醒時における意識変化と脳波との関係を明らかにした。

2. 方法

負荷作業は、単調で意識低下を誘導しやすい、作業量の評価が容易な作業として、パソコンによるTVゲームとした(図1)。

図1. 実験方法

作業内容は、2つの並行移動するT字型のターゲット図形の中心点を、動きを制御できるマーク図形で追跡させるもので、移動方向

(斜め4方向)と3種類の移動速度(1, 2, 3 cm/秒)で変化するようにした。パソコンからは、作業成績として、ターゲット間中心からマークが外れている距離に応じたアナログ信号を出力した。2つの指標の間隔は、最大8 cm(マークが指標間中点にある時)で視角は約7.6°である。被験者は、健康成人男子10名(平均年齢29.1歳)を対象とした。生理量の計測は携帯型脳波計(豊田中研製)¹⁾を用いて、脳波を、国際10/20法におけるP3, P4, C3, C4の4箇所から両耳共通の不関電極による単極導出により計測した。意識状態を反映したパフォーマンス指標として、前述したトラッキング作業の成績を同時に計測した。実験は、開閉眼の安静状態を前後に挟んで、90分間の連続作業を各被験者に課した。

3. 解析方法

図1に示すように、データ・レコーダに記録された波形をA/Dコンバータで1ミリ秒サンプリングによりデジタル変換し、ワークステーション(SUN SPARC STATION370GXP)で波形解析を行った。脳波の解析は、医師が脳波判読手法として用いている手動的波形判読法に基づいて作成されたコンピュータ用判読アルゴリズム(SCALE法)²⁾により波間隔を計測して、脳波の出現率、平均周波数、平均振幅電圧を求めた。作業成績は、単位時間内の平均電圧を求めた。

4. 結果

作業量の変化に対応した脳波変化としては、 α 波・ β 波が特徴的であった。実験開始後30分程度経過した後に出現する意識低下状態における脳波波形の例を作業成績の波形と共に図2に示す。

図2. 居眠り時の脳波と作業成績の波形

作業開始直後に比較して、意識低下状態においては脳波波形が特異的なパターンを示した。90分間における脳波の α 波出現率の変化と作業成績の変化との対応を求めると、図3に示すように負の相関が見られ、表1に示すように作業成績の低下が著しい場合に相関が高かった。この特徴は振幅電圧にも同様の傾向があり、計測部位の差は顕著ではなかった。

図3. 脳波と作業成績の相関

居眠り時における波形の特徴は、図2に示すように、居眠り状態に入ると α ・ β 波の出現率が、直前に比べて減少する傾向が見られた。

また、居眠りに入る前に6~10Hzの緩徐な α 波様の突発的な波の出現を認めることがあった。

表1. 作業成績と α 波出現率の相関係数値

—:低下なし △:少し低下 ×:大きく低下

被験者	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
作業成績	△	—	—	×	△	×	×	×	△	×
相関係数	0.38	0.05	0.07	0.59	0.40	0.81	0.73	0.74	0.34	0.84

5. 考察

作業中に発生する居眠り状態で、 α 波以上の帯域の波が少ない脳波像であることは、長時間変化とは逆説的な結果とも思えるが、居眠り中は積極的な精神活動が表出しない「空白」の状態と考えれば、 α 波・ β 波の出現率の減少は、脳機能の休止を表すものと理解することができる。長時間変化における α 波の増加については、緊張のタガが外れモウロウとした、外界からの刺激が少ない状態の中で、意識の安定化が図られているとすれば、閉眼・安静時に似た脳波になるものと考えることができる。

6. まとめ

長時間にわたる単調作業中の意識低下時における脳波の変化は、以下の特徴を有していることが分かった。1) 覚醒度の低下に伴い、 α 波の出現率・振幅電圧が増加する。2) 居眠り中は、 α 波・ β 波の出現率が低下する。3) 意識低下の開始数十秒前に、低周波 α 波が、時々、出現する。

7. 参考文献

- 1) Iguchi, H., et al.: An Ambulatory EEG System for Monitoring of Worker, Proc. of IEA, 1991.
- 2) 井口, 石井, 渡辺, 古池: 脳波のパターン変化抽出のための波形認識法の検討, 信学論DⅡ, J74-DⅡ(9), 1301~1308, 1991.