メガネ型ウェアラブルデバイスを用いた二重課題時の認知負荷推定に関する研究

野口 翼[*1]　遠藤 輝人[*1]　三浦 直樹[*1]

An experimental study on estimation of cognitive load at dual task using eyeglass-type wearable device

Tsubasa Noguchi[*1], Teruto Endo[*1] and Naoki Miura[*1]

Abstract - In order to measure the cognitive load in a realistic work environment easily, we attempted to estimate a cognitive load based on eye and head movement information during a dual-task using a commercial product of eyeglass-type wearable device. Twelve participants performed a dual task under fluctuated task difficulty, and eye and head movement information were measured. Those experimental data were classified into severe and usual conditions by using a support vector machine. Additionally, an importance of each parameter was estimated by a random forest algorithm. As a result, the proposed approach could classify the data from severe and usual conditions, and the horizontal head movement would relatively important for the classification. Thus, the present result suggested that the measured data from wearable device was available to use the estimation of cognitive load even though the raw electrooculography data could not be used.

Keywords : Wearable Device, Cognitive load, Dual-task, Machine Learning

1.　序論

大規模システムの運用に携わる作業者は，運転中に生じる事象に対して常に適切な行動をとることを求められる．しかしながら特殊なトラブルなど非常に稀でかつ過酷な事象が生じた場合などは，平静な心理状態を維持することが困難となり，ヒューマンエラーの原因となることが予想される．このような作業者が感じる過酷な心理状態を外部から検出することができたならば，動的な支援体制の構築など，システムの安全性を向上する方策の実施に寄与すると考えられる．

先行研究では，ウェアラブルデバイスである JINS MEME を用いたドライバの運転余裕[1]や，ワークロードの推定手法[2]を提案している．JINS MEME は低拘束・低負荷なデバイスであり，生体情報を簡便に計測可能である．しかしながら，これらの研究では Raw データの利用可能なアカデミック版を使用してあり，高精度な生体情報を利用できる一方で，一般社会への普及を考慮した場合の制約になることが考えられる．

そこで本研究では，一般向けに市販されている普及版のデバイス（JINS MEME ES）を用いて，認知負荷推定が可能であるか検討をおこなう．一般向け JINS MEME を用いることで，現実的な作業環境において低コストで導入することが可能になる．ただし，本製品では，加工データのみ取得可能であるため，加工データが特徴量として利用可能であるかについて検討を行う．

認知負荷を推定する課題として，二重課題を用いる．課題難易度を変化させることで過酷・非過酷状態を生成し，課題遂行中の電位・頭部運動情報を計測する．計測されたデータに対し機械学習による識別を行い，過酷状態の分類が可能であるか評価する．

2.　認知負荷計測実験

本研究は，東北工業大学研究倫理委員会の承認を得て実施された．実験には 12 名の大学生(男性 11 名，女性 1 名)が実験内容に対し同意をしたうえで参加した．

認知負荷計測課題として，二重課題を用いた．図 1 に実験画面のモデル図を示す．課題中は画面の左右に一桁の加算を行う式を複数表示し，その式を画面上方に向けて移動させた．被験者には画面を注視し，数式が画面上部の横線より上に達した時点で, その式の位置(左右)を左手のマウスボタン，式の解を右手のテンキーで回答するよう教示した．課題難易度を変化させるため，画面の更新頻度を初期状態の 1.8 秒から 15 秒毎に 0.1 秒ずつ短縮した．ただし，更新頻度は 0.8 秒を上限とした．

計測実験は 1 セッションあたり，課題時間を 180 秒とし，前後に 60 秒間の安静時間を挿入した．実験を行うにあたり，課題説明と 60 秒間の練習課題を行ったのち， 5 セッションの計測を，休憩を挟みつつ行った．

本実験で得られたデータにおいて認知負荷の変化を分析するために，30 秒毎に正答率を算出した．正答の基準

*1: 東北工業大学　工学部　情報通信工学科
*1: Department of Information and Communication Engineering, Faculty of Engineering, Tohoku Institute of Technology

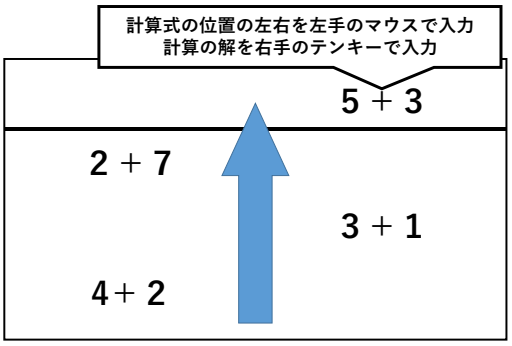

図 1　実験画面のモデル図
Fig. 1　Example of experimental stimuli

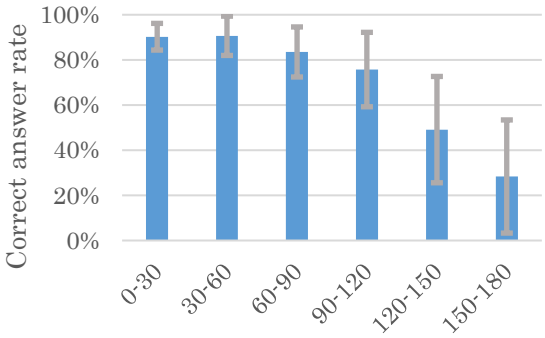

図 2　課題正答率の時間推定
Fig. 2 Changes of task performance

として，各数式に対してマウス，テンキーによる入力の両方が正しい場合を正解とした．

3.　行動データの分析結果

図 2 に 30 秒毎の正答率を示す．結果より，経過時間とともに正答率が低下することが確認できた．特に，課題開始直後の 30 秒は 9 割以上正答できているのに対し，終了直前の 30 秒は 3 割未満と極端に正答率が低下した．これは，更新頻度が課題の難易度と強く関係している事を示している．本結果に基づき 0-30 秒を非過酷状態，150-180 秒を過酷状態と定義し，以降の解析に用いた．

4.　機械学習による認知負荷推定

サポートベクターマシン(SVM)を用いて過酷・非過酷状態の識別を試みた．一般向け JINS MEME で計測された眼電位・頭部運動情報を各状態の計測データから取り出し，窓枠サイズ 10 秒のデータセットを生成した．データセットから，瞬目回数の累積値，及び，瞬目速度，瞬目強度，眼球運動の上下，左右，頭部運動の加速度，回転量の平均値を特徴量として算出した．また，SVM の入力データとして，過酷・非過酷状態を目的変数，眼電位・頭部運動情報を説明変数として与えた．

本研究では個人内での未知の計測データに対する識別を目的とする．そこで，個人内のセッション間での交差検証を行った．1 人当たり 5 セッションの計測データに対し，4 セッションを学習データ，残り 1 セッションをテストデータとし，全ての組み合わせの識別結果に基づき本手法の評価を行った．

また，各特徴量の識別を評価するために，ランダムフォレストを用いてパラメータの重要度を算出した．

5.　推定結果と考察

表 1 に過酷・非過酷状態の識別結果を示す．未知のデータに対し 73%の識別率が得られた．先行研究[2]と比較しても同程度の識別能があったと考えられる．個人ごとにデータを見た場合，非常に高い識別精度を示す被験者がいる一方で，識別率が 6 割を満たない被験者も存在した．被験者毎の識別率に差が見られる要因として，各セッションにおけるデータのばらつきの差が考えられる．そこで，特徴量の正規化手法や，識別器の改善により，識別精度の向上が期待される．

表 1　過酷・非過酷状態の識別結果
Table. 1 Classification result of severe condition

平均識別率(%)	最低識別率(%)	最高識別率(%)
73.00	55.42	93.45

ランダムフォレストを用いた解析結果より水平方向の頭部運動が重要であると示唆された．これは課題の特性上，計算式の位置を把握するための頭部移動を反映していると考えられる．

以上の結果より，一般向け JINS MEME を用いて二重課題時の過酷状態を識別可能である事が示唆された．今後の課題として，過酷さの中間状態を含む分類を可能とするように識別手法の改良を行う．

6.　結論

本研究では一般向け JINS MEME を用いて，二重課題時の過酷状態の推定を行った．その結果，個人内で未知のデータに対し，過酷状態の分類が可能である事が示唆された．また，課題の特性を反映し，頭部の水平運動が重要パラメータとして選択されることが確認された．

参考文献

[1]. 乙川 友佑，西内 信之，茅原 崇徳，山中 仁寛，森島 圭祐：ウェアラブルデバイスを用いたドライバの運転余裕推定；ヒューマンインターフェースシンポジウム 2017，pp. 263-268（2017）

[2]. 小川 剛史，高橋 信：ライフログデバイスによるリアルタイムワークロード推定の基礎的検討；ヒューマンインターフェースシンポジウム 2017，pp. 945-950（2017）