15-84-9 表情分析による疲労感の評価

Evaluation of Feeling of Fatigue Using by Analysis of Facial Expression

○劉 成珍, 泉佳伸, 武田真一, 西嶋茂宏

大阪大学大学院工学研究科

Sung-Jin Yu, Yoshinobu Izumi, Shin-ichi Takeda, Shigehiro Nishijima

Graduate School of Engineering, Osaka University

1. 序言

疲労は多くの現代人が感じている生体現象であり、不快感を与え、活動意欲を失わせることなどで日常生活の活動に障害を与える原因の一つであると考えられる。さらに、高齢化社会への急速な進行に伴い、疲労により社会活動に障害を訴える人はますます増えるものと予想される。

疲労とは継続的運動や作業などにより心身の機能が低下した状態である。疲労は体力の消耗による肉体疲労と眼精疲労や精神的疲労に大別でき、その原因毎に疲労の判定法は様々である。肉体疲労は心拍数や血液中の乳酸測定、そして尿成分分析など主に生理学および生化学的検査から疲労の判定を行う。精神的疲労はその症状が人により異なるため判定することは難しいが、一般的に医者との相談や問診検査などから疲労判定を行っている。しかしながら、生理学や生化学検査の場合は疲労の判定結果を得るまでに長時間を要し、問診などの場合には定量的に疲労を評価することが困難である。以上の様々な理由から、疲労感を訴える人への適切な処置が遅れ、慢性疲労に陥るなどの社会的問題にまで発展している。したがって、正確で迅速な疲労の判定が重要であり、このような判定法が実現できれば疲労に悩む人々に対して症状にあった適切な処置が可能になり、彼らの精神的および経済的負担を低減させることで、QOL 向上にもつながると考える。そのため、我々のグループでは人の表情が様々な感情や感覚、そして精神的および身体的状態の変化を外観的に表す特徴であることに着目し、表情から疲労感に関する情報を抽出することができれば、迅速な疲労判定法の開発につながると考え、疲労感の判定に対する表情分析の適用性を検討した。

2. 実験方法

表情分析によって疲労感の評価するために、被験者に精神的疲労と肉体疲労を与えた。

2.1 被験者

肉体的、精神的に健康な男性 7 人（年齢：22 歳～31 歳、平均年齢：24.7 歳）、女性 4 人（年齢：22 歳～27 歳、平均年

齢：24.3 歳）が実験に参加した。

2.2 精神疲労の付与

被験者に精神的疲労を与えるために技能作業として単純計算作業 (UKT; Uchida-Kraepelin test) を行わせた。この方法は、精神的疲労を評価するため数字を連続計算する方法として臨床心理学や精神医学分野で広く用いられる方法である。本研究では、計算作業は 1 段階から 5 段階まで設定した。被験者には、室温が 25℃に設定されている部屋で与えられた制限時間（1 段階：3 分 30 秒～5 段階：17 分 30 秒）にランダムな数字を順番に足していく計算を行わせた。被験者には計算作業をできるだけ多く計算するように指示し、疲労を評価するため 1 分間隔で時間経過による作業速度を評価した。そして、それぞれの段階で計算作業が終わった後、表情撮影を行った。

2.3 肉体疲労の付与

肉体疲労による表情の変化を確認するため、予備実験としてダンベル運動を被験者に与えた結果、顔表情の変化が確認できた。予備実験から表情の変化が確認できたので、自転車エルゴメータを用いて被験者に肉体疲労を与えた。自転車エルゴメータは、負荷量の調節が容易であり、外的負荷量が定量化できる。さらに、被験者の体位変動が少ないため各種同時測定が容易である。実験は、被験者に様々な運動負荷量を与えた前後の表情変化を撮影した。そして、運動後の時間経過に伴う表情変化の撮影も行った。表情分析の結果との比較のために、各段階で全血液中の乳酸値測定や心拍数を測定した。

2.4 臨界融合周波数（フリッカー検査）

フリッカー検査は作業が終了した直後にリッカー・メピカ（ヒロボー株式会社）を用いて測定した。フリッカーは 3 回連続測定をした。

2.5 表情の 3 次元分析

表情分析には VIVID 910 3D Digitizer (Minolta Co., LTD Japan) を用いた。この装置を用いて被験者の顔の 3 次元撮影を行った後、3D-Rugle 3 ソフトウェアを用い作業前後の被験

Fig. 1 A representative time course of the performance of serial calculation task in each one min.

Fig.2 Relationship between CFF and questionnaire results. (A): overall fatigue, (B): eye fatigue

者の表情変化の分析を行った。

3. 結果および考察

図 1 は、計算作業を行った回数と計算作業速度の変化を示した結果である。各段階の中での計算作業速度は作業時間に伴い低下した。これは作業中の精神疲労が蓄積されたためであると考えられる。例えば、3 回目の作業の場合は、作業開始 3 分後から作業速度に有意な差が見られた ($0.01 < P < 0.05$)。しかし、各段階間の平均作業時間には有意な差は見られなかった。これは各段階での作業時間の間に他の計測を行ったため、その間に疲労が回復したためであると考えられる。

図 2 はそれぞれの計算作業終了後、測定したフリッカー値と全体の疲労感 (A) そして眼精疲労感 (B) との関係を示

Fig. 3 Images of the facial expression.

A: facial image post mental fatigue task, B: facial image post physical fatigue task.

した。計算作業を行うことで、それぞれの疲労感は増加した。そして、疲労感の増加に伴いフリッカー値は低下した。フリッカーは脳の活動を評価する検査であるため、計算作業を行うことにより精神的疲労が蓄積され、それにより脳の活動水準の低下しフリッカー値が減少したと考えられる。

結果 3.1 と 3.2 から、計算作業を行うことで被験者は精神的疲労を感じていることが分かった。図 3 は、精神疲労と肉体疲労による被験者の表情変化を示したイメージである。

その結果、精神的疲労の場合 (A) は精神疲労を評価するフリッカーや計算作業速度の低下にもかかわらず、表情の変化は小さく、有意の特徴的な変化は得られなかった。そして表情の変化は左右対称的に変化しない結果が得られた。このことから、脳や眼精疲労による精神的疲労は顔の表情に大きく表れないことと考えられる。一方、被験者にダンベルを用い肉体疲労を与えた場合 (B)、顔の表情は大きく変化した。肉体疲労による表情変化の特徴としては、1) 左右の表情が対称的に変化する、2) 顔の前頭筋や皺眉筋が大きく変化する、3) 口角下制筋の表情筋の部位の変位が大きい結果が得られた。このことから肉体疲労は精神的疲労より顔の表情変化に大きく影響を及ぼすと言える。

4. 結論

表情分析により精神および肉体疲労による顔の表情変化を検討した結果、肉体疲労による表情の特徴的な変化を抽出することができた。さらに、この表情分析により疲労を検出する手法としての適用可能性が確認できた。また、表情分析は人に負担を与えず疲労を判定できる観点から、従来の疲労判定と異なり、障害者の看護やリハビリ分野への適用が期待できる。