

M-025

人物立位状態におけるヒューマンレコーダを用いた脈拍推定手法の検証 Study of Pulse Rate Estimation Human-Recorder in Standing Position

野村 大樹¹⁾ 木下 翼²⁾ 熊木 武志³⁾ 蔭山 享佑²⁾
Daiki Nomura Tsubasa Kinoshita Takeshi Kumaki Kyosuke Kageyama

1 はじめに

救助隊員や現場作業員は、職務の性質上、肉体的及び精神的負荷が大きく、疲労が蓄積しやすい傾向にある。疲労とは、「過度の肉体的および精神的活動、または疾病によって生じた独特の不快感と休養の願望を伴う身体の活動能力の減退状態」[1]と定義されている。そして、疲労により多くの場合に不快感と活動意欲の低下が認められるとされている。この不快感と活動意欲の低下は、現場でのパフォーマンスに影響を及ぼす可能性がある。このため、救助隊員及び現場作業員の体調を常にモニタリング可能なシステムが求められている。

近年、災害現場や工事現場では頭部装着型カメラの利用が進んでいる[2]。頭部装着型カメラはリアルタイムな現場状況の伝達、映像による進捗状況や作業時における問題点の記録及びハンズフリーでの使用可能性等の有用性がある。我々はこの様に使用されている頭部装着型カメラを活用した救助隊員及び作業員の体調を管理することを目的に、疲労検知ヒューマンレコーダを提案している[4]。これまでの手法では被験者が座位状態により頭部の揺れをヒューマンレコーダで撮影し、解析することで疲労度合い及び脈拍数の推定を行っていた。しかし、実際の災害現場や工事現場では、救助隊員や作業員は立位状態で活動することが多く、座位状態のデータのみでは現場環境下への導入が難しい。本論文では、現実的な環境下での従事者の体調管理に貢献し、安全性の向上のために、被験者が立位状態により頭部の揺れをヒューマンレコーダで撮影し、解析することで脈拍数の推定を行う。

2 ヒューマンレコーダ

図1にヒューマンレコーダの概要を示す。ヒューマンレコーダは頭部装着型カメラで撮影した動画を解析し、撮影者の脈拍数や疲労度合いを検知するシステムである。以下の手順により撮影動画を解析する。

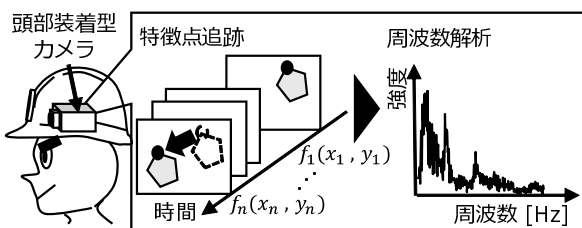


図1 疲労検知ヒューマンレコーダの概要

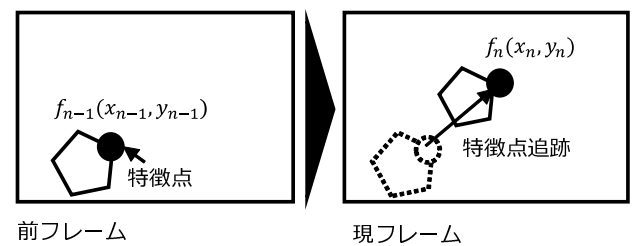
- 1) 近畿大学大学院 総合理工学研究科 Kindai University, Graduate School of Science and Engineering
- 2) 近畿大学 理工学部 電気電子通信工学科 Kindai University, Department of Electrical, Electronic and Communication Engineering
- 3) 立命館大学 理工学部 電気情報工学科 Ritsumeikan University, Department of Electrical and Electronic Engineering

- (1) 頭部装着型カメラにより撮影した動画の1フレーム目から特徴点 $f_1(x_1, y_1)$ を決定する。決定した特徴点 $f_1(x_1, y_1)$ に対してオプティカルフローを適用し、追跡することで動画中の各フレームにおける特徴点の座標 $f_n(x_n, y_n)$ を抽出する。
- (2) (1)の処理により抽出した特徴点 $f_n(x_n, y_n)$ の時間変化から4,096フレーム分のデータを抽出する。この抽出したデータに対して、頭部の大きな動きや体動により生じるノイズを除去するために0.2 Hzのハイパス処理を用いたデトレンド処理を行う。そして、デトレンド処理を行った波形に対して一般的な成人の脈拍数である60~120 bpmの成分を抽出するため、1~2 Hzのバンドパスフィルタを適用し、周波数解析(Fast Fourier Transform: FFT)を行い、各周波数に対するパワースペクトラムを算出する。そして、1~2 Hzの間で最大のパワースペクトラムとなる周波数を最大ピーク周波数 f_{max} として取得し、 f_{max} と式(1)を用いて脈拍数 PR_{est} を算出する。

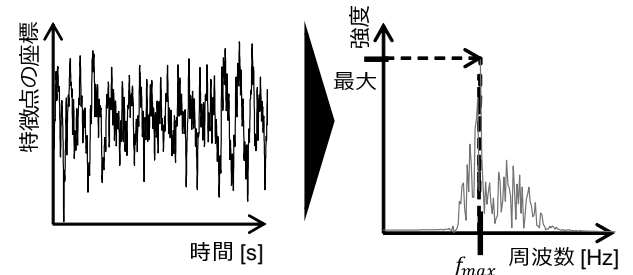
$$PR_{est} = f_{max} \times 60 \quad (1)$$

- (3) 解析区間を1秒間(50フレーム)毎にオーバーラップさせ、(2)の処理を繰り返し実行し、各解析区間における脈拍数 PR_{est} を算出する。各解析区間での脈拍数を時系列に算出することで被験者の脈拍数をリアルタイムに推定する。

(1) 特徴点の追跡



(2) 特徴点の時間変化に対する周波数解析



(a) デトレンド処理後の波形 (b) 周波数解析後の波形

図2 解析の手順

3 実験手法

本実験では、被験者4名に対して立位状態でヒューマンレコーダにより頭部の揺れを撮影し、脈拍数が推定可能であることを確認する。被験者にヒューマンレコーダを取り付け、動画中の特徴点から頭部の揺れを計測し、解析することで推定脈拍数を算出する。併せて、被験者の指にパルスセンサを取り付け、実測脈拍数の測定を行う(図3(a))。ヒューマンレコーダとして、Raspberry Pi zero 2wにCamera module 3を接続し、50 fpsで120秒間撮影する(図3(b))。また、Arduino Uno3にパルスセンサを取り付け、サンプルレート50 Hzで120秒間で脈拍を測定する(図3(c))。

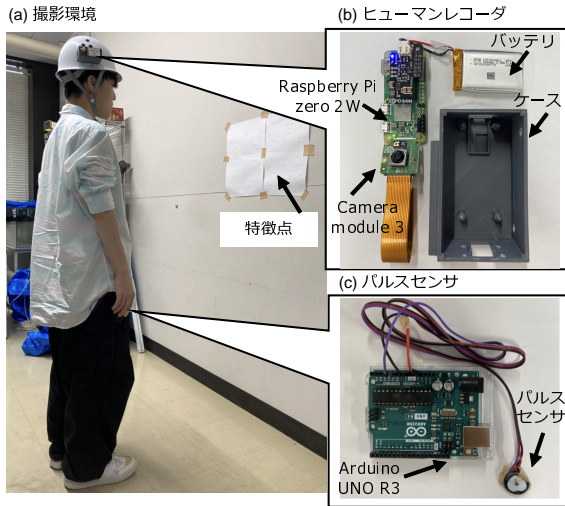


図3 脈拍数推定のための実験環境

4 実験結果

被験者4名のヒューマンレコーダによる周波数解析結果を図4に示す。点線はパルスセンサによって取得した最大ピーク周波数である。また、表1に被験者4名におけるヒューマンレコーダにより取得した最大ピーク周波

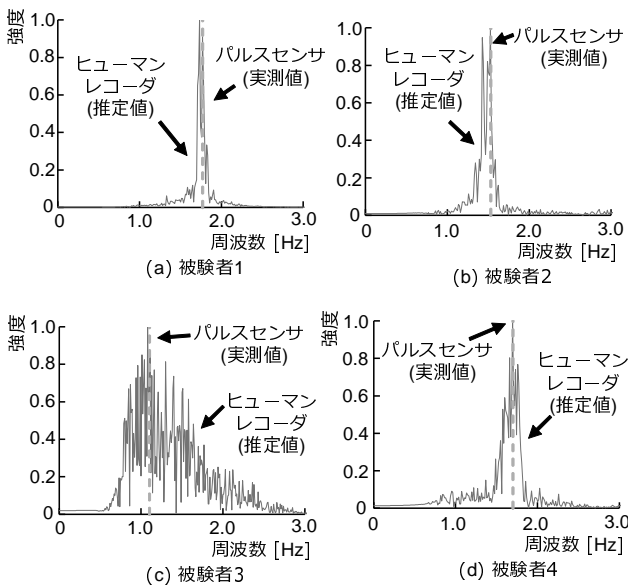


図4 被験者4名に対する周波数解析結果

数及びパルスセンサにより取得した最大ピーク周波数を示す。図4及び表1より、ヒューマンレコーダにより取得した最大ピーク周波数及びパルスセンサで取得した最大ピーク周波数が一致していることが確認できた。また、図5に被験者4名に対する推定及び実測脈拍数の時間変化を示す。実線がヒューマンレコーダの推定脈拍数であり、点線がパルスセンサの実測脈拍数である。図5より、脈拍数の時間変化が一致すること確認した。

表1 推定最大ピーク周波数及び実測最大ピーク周波数

周波数 [Hz]	1回目	2回目	3回目	4回目
ヒューマンレコーダ	1.73	1.53	1.08	1.70
パルスセンサ	1.77	1.53	1.10	1.70

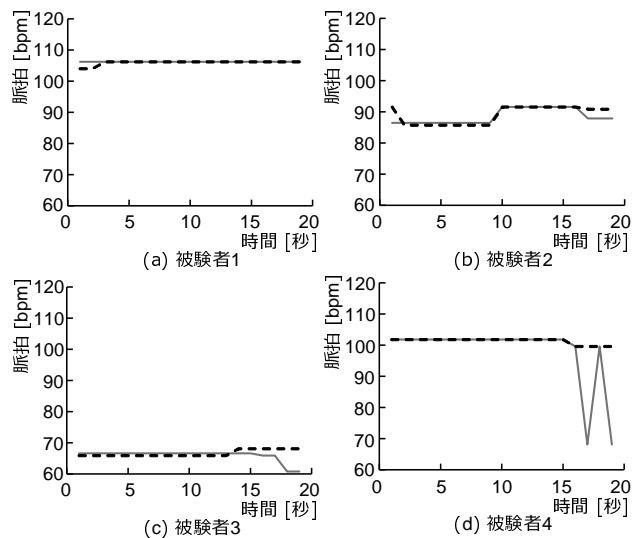


図5 被験者4名に対する推定脈拍数及び実測脈拍数の時間変化

5 まとめ

本論文では、ヒューマンレコーダにより被験者の立位状態における脈拍数の推移の推定を行った。ヒューマンレコーダにより撮影した動画中における特徴点の座標変化を抽出し、周波数解析を行うことで立位状態での被験者の脈拍数を推定できると確認した。

参考文献

- [1]日本疲労学会,“抗疲労臨床評価ガイドライン,” <https://j-fatigue.jp/wp-content/uploads/2024/02/guideline.pdf> (2025/5/1 閲覧)
- [2]総務省消防庁,“先進技術活用事例,” https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/post-51/03/shiryou1.pdf (2025/5/1 閲覧)
- [3]野村大樹, 井上暢人, 日比野良彦, 熊木武志, 蔭山享佑, “奥行推定手法を用いた疲労検知ヒューマンレコーダの検証,” 第68回組込みシステム研究発表会, Vol. 2025-EMB-68, No. 30, pp. 1-6, Mar (2025).
- [4]Daiki Nomura, Masato Inoue, Takehiro Nakano, Yoshihiko Hibino, Takeshi Kumaki, and Kyosuke Kageyama, “Feature Extraction of Head Movements using the Fatigue Detection Human-recorder,” 2025 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP2025), Mar (2025).