

# 心拍数を用いた熱中症リスク回避のための アプリケーションの開発

浅水 仁\* , 栗原 浩平\*

## Development of application for avoiding heatstroke risk using heart rate

Satoshi ASAMIZU\* Kohei KUWABARA\*

**Abstract** — We have developed an application for avoiding heatstroke risk using heart rate. In the proposed method, the risk of heat stroke is calculated from the heart rate acquired using the sensor. The proposed method calculates the risk of heat stroke by estimating deep body temperature and exhaustion rate from age, heart rate and metabolic rate. The risk of heat stroke is notified to the subject by the smartphone.

**Key words** : Heatstroke, Heart Rate, Smartphone

### 1. はじめに

2017年度の熱中症による救急搬送者数は49,583人であり、図1に示す通り近年の熱中症による救急搬送者数は毎年4万人を上回っている[1]。熱中症は体外に熱を放出できなくなり、暑さの影響で心拍数・深部体温が上昇することから発症する[2]。また、熱中症は日常生活で起こりうる非労作性と運動中に起こりうる労作性に大別され、特に労作性は短時間の間に状態が変化し発症する。

これら熱中症のリスク回避のために、文献[3]では年齢、心拍数と代謝量より深部体温の推定と現在の疲弊率 (PPF: Percentage of Physical Fatigue) の推定方法が示されている。また、センサの小型化により簡易に人体の心拍数の測定が可能であり、スマートフォンの普及によりセンサのデータ処理を行うことができるデバイスを、個人で携帯していることに着

目した。

本研究では心拍センサを用いて、被験者の心拍数を検出し、スマートフォンより熱中症のリスクを算出することにより事前に警告を行い、熱中症を回避することを目的としたアプリケーションの作成を行う。スマートフォンを用いることで、リアルタイムな情報の取得及び利用が可能であり、異常な値を検出した場合に警告する。

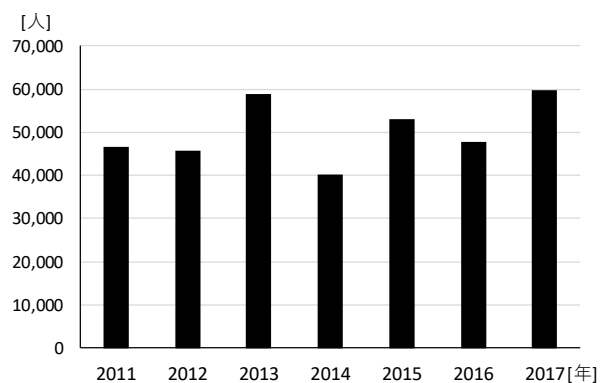


図1.熱中症による救急搬送の状況[1]

\* 釧路高専 創造工学科

また、スマートフォンの通信機能により、雇用主や緊急連絡先などに異常を知らせる通知を行うことが可能となる。

熱中症は「非労作性熱中症」と「労作性熱中症」に大別できる。これらの基本症状は同じだが大きく違う点は発症環境と症状の進行時間である。非労作性は基本的に気温の高い室内などの暑熱環境で長時間生活していると発症し、症状は数日間かけてゆっくりと進行する。対して労作性は暑熱環境に加え作業や運動、特に慣れない作業を行っている短期雇用の労働者などが発症しやすい。また、非労作性とは違い症状の進行が早く、数時間のうちに悪化する。そのため初期症状に気付くことができず、体に大きな異変が起きてから対処することが多々ある。

特に労作性は作業をしている労働者に多く発症し、適切に対処できなければ作業効率の低下を招く。本研究では「労作性熱中症」を発症しやすい労働者を対象として研究を行う。本研究の目的は、図2に示す通り、屋外で作業者が自覚症状のないまま熱中症の初期症状が発生したことをスマートフォンにより、作業者本人と雇用者へ通知する。早期に熱中症に対処することにより本格的な熱中症の発症の防止につなげる。

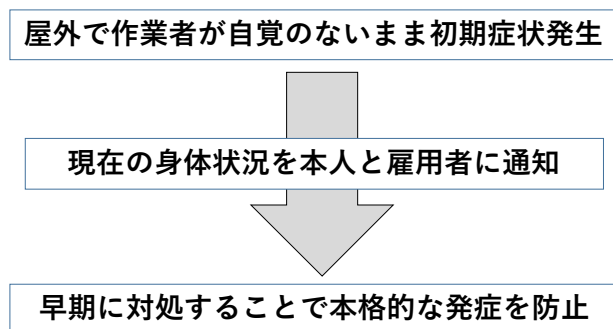


図2. 熱中症の防止

## 2. 提案手法

本研究では、心拍センサを用いて心拍数を取得し、Bluetoothを用いてAndroid端末へ送信する。その後、心拍数から現在の疲労状態を算出し熱中症リスクを評価、通知するシステムを提案する。

本手法では、ArduinoとAndroidアプリケーションを用いる。第一に心拍センサで心拍数を取得し、

Arduinoを用いてBluetoothのシリアル通信でAndroid端末へ送信する。第二に受信した心拍数を用いて現在の疲労状態を算出する。算出した値を危険度レベルとして評価し、端末の画面上に表示する。

現在の疲労状態の算出については、文献[4]の疲弊率PPFの算出式を使用した。またPPFを算出する際に許容可能な身体疲労 (PF: Physical Fatigue) に到達するまでの時間 (TPF: Time of a level of Physical Fatigue) の算出が必要となる。

TPFの算出式は以下のとおりである。

$$TPF = 11.6 \exp\{0.79PF - 0.079\%VO_{2max}\} [h] (1)$$

$\%VO_{2max}$ は相対作業強度 (体力の負担度) を示し、以下の式で表される。

$$\%VO_{2max} = \frac{HR - b_{HR}}{a_{HR}} (2)$$

$a_{HR}$ ,  $b_{HR}$ は文献[5]より年齢から得られる定数、HRは心拍数(Heart Rate)である。

よって、HRを用いたTPFの算出は次式となる。

$$TPF = 11.6 \exp\left\{0.79PF - 0.079\left(\frac{HR - b_{HR}}{a_{HR}}\right)\right\} [h] (3)$$

PPFの算出は以下のとおりである。

$$PPF = \sum \left\{ \frac{\Delta t}{TPF(HR)} \times 100 \right\} [\%] (4)$$

本研究では算出したPPFを4段階の危険度で判別し、Android端末に表示して警告を行う。

## 3. 心拍数を用いた熱中症リスク回避のためのアプリケーションの開発

アプリケーションの開発は、Google社のAndroid Studioをエディタとして使用し、言語はJavaを使用した。動作確認はVAIO社製VAIO Phone A VPA0511Sを用いて、Androidバージョンは6.0.1 (APIレベル23)として実験を行った。また、心拍数取得装置ではデバイスにArduino SRL社製Arduino Micro、心拍センサにSparkFun Electronics社製Pulse Sensor SEN-11574、Bluetoothによるシリアル通信には浅草ギ研製BLESerial2を用いた。プログラムの開発には

Arduinoの統合開発環境であるArduino IDEを用いた。本手法で用いた心拍数取得装置を図3に示す。

本アプリケーションは労働者を対象としているため、端末やセンサの持ち運びが作業に支障をきたさないことが重要である。そこで今回は広く普及しているAndroid端末と、小型だが拡張性の高いマイコンであるArduinoを用いてアプリケーションを作成した。

本アプリケーションでは、心拍センサから取得した心拍数をAndroid端末上で表示する。また、取得した心拍数から身体疲労を算出して表示、警告を行う。図4にシステムの概要を示す。

本アプリケーションを起動すると、図5に示すように周辺のBluetoothを接続するためのBLEモジュールをスキャンし表示する。表示した一覧にはそのBLEモジュールの名前、アドレス、信号強度を表示する。次にその一覧にある装置を選択すると図6に示すように心拍数や現在の身体状況の表示画面に遷移する。表示画面では年齢と許容できる疲労状態をスピナーで選択し、式(3)と式(4)を用いて TPF と PPF を算出し表示する。スタートボタンを押すと PPF の算出が1分ごとに行われ、もう一度押すとタイマーがリセットされ算出が停止する。算出された PPF より危険度を判定、警告文を表示する。

#### 4. むすび

本研究では、心拍センサにより取得した心拍数より疲弊率を推測し、スマートフォンで危険度の評価を行い、結果をユーザに知らせることで熱中症リスクを回避するアプリケーションを作成した。危険度の評価は、閾値により4段階で分類したが、今後は適切な閾値の検討を行う必要がある。また、対象者や雇用者に対しての警告の効果的な方法の検討、正確に安定して心拍数を測定するためのセンサの装着器具の検討、及び装着位置に合わせたアプリケーションの調整を行っていく必要がある。

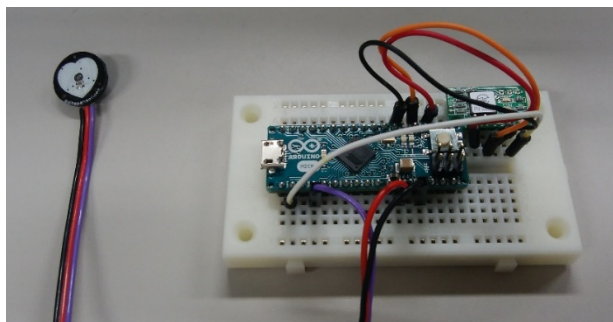


図3. 心拍数取得装置

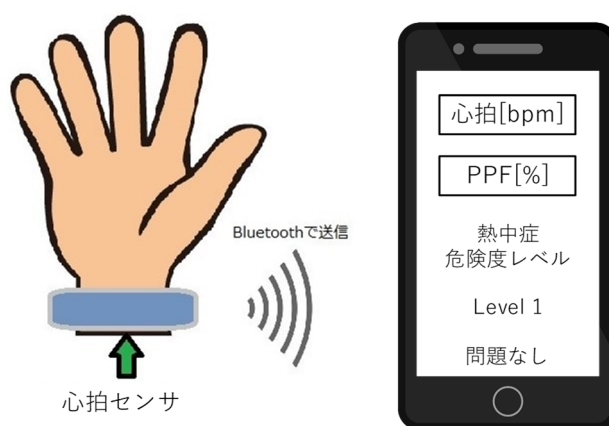


図4. システム概要



図5. 起動画面



図 6. アプリケーション画面

- [4] 柴田侑治, 栗原浩平, 濱田靖弘, 窪田英樹:  
ウェアラブル端末を利用した熱中症リスク評価に関する研究(第3報) 任意の体力的疲労度に達する時間の心拍数に基づく測定, 空気調和衛生工学会北海道支部第51回学術講演会論文集, 2017
- [5] 山地啓司, 心拍数の科学, 大修館書店, p42, 1986

## 謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 (C)(課題番号：16K06626)により行われた。

## 参考文献

- [1] 総務省消防庁 熱中症情報 熱中症搬送人員
- [2] 中谷 則天, 桑原 浩平, 窪田 英樹, 濱田 靖弘, 中村 真人:平均皮温・体内温予測モデルを用いた暑熱環境の評価ー予測モデルの検証実験ー, 衛生工学シンポジウム論文集, p127-130, 2013
- [3] 柴田侑治, 栗原浩平, 濱田靖弘, 窪田英樹:  
ウェアラブル端末を利用した熱中症リスク評価に関する研究(第2報) 心拍数による体力的疲労評価, 空気調和衛生工学会北海道支部第51回学術講演会論文集, 2017