

# 赤外線温度センサを用いたウェアラブル熱中症対策手法の一検討

## A study of wearable heatstroke measures method using the infrared temperature sensor

川瀬瑞貴† 横田知樹‡ 中下岬‡ 野中直樹‡ 岩井将行‡  
Mizuki Kawase Tomoki Yokota Misaki Nakashita Naoki Nonaka Masayuki Iwai

### 1. まえがき

直近10年間で、熱中症による死傷者が増加している。図1より平成21年度時点では死傷者は150人であり平成17年から平成21年の間では年間平均253人であった。しかし平成22年には10年間で最大の656人の死傷者が確認され、平成22年から平成26年までに平均494人もの死傷者を出しており問題が深刻化している状況である[1]。

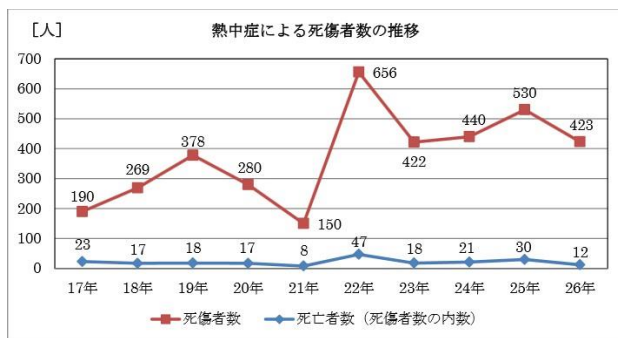


図1. 熱中症による死傷者数の推移  
([1]より抜粋)

熱中症は一般的に WBGT と呼ばれる暑さ指数を基準に対策や環境省から注意喚起がされているが、個人の体調や環境、生体的な観点から対策を打つには不十分であり、これらを含んだより精密な対策を考えることが熱中症被害減少の要因となる。現在行われている研究では、熱温関係を利用した装置を使った熱中症対策手法[2]などが考えられているが、大型な装置であり個人の状態は反映されていない。そのようなことから本研究では、小型で肌身に身につけて情報端末を操作することが可能なウェアラブル技術とセンシングに着目し、赤外線温度センサを用いることで熱中症の発生に密接な関係を持つ皮膚温度を計測し、値を取得することにより熱中症の危険を未然に防ぐような場面でも個人の状態を判定することができるウェアラブル皮膚温度計測器を提案するに至ったことを報告する。

### 2. 赤外線温度検知の手法

本機器では皮膚温度の測定に非接触の赤外線温度センサを用いる。赤外線センサは温度と相関関係を持つ赤外線をセンサ部に受光させ、それを電気信号に変換することで測定値を取得する仕組みである。センサそのものから赤外線は照射せず受け取るのみになっているが物体から照射される。物体の温度を非接触で計測できるため、安全で衛生的である。しかしながら、赤外線量には個体

差があり、これは「放射率」と呼ばれ、黒体と呼ばれる放射率が100%であり補正をかける必要がない理想物体を基準に測定する物体の温度に対して補正をかける必要がある。本研究における物体は人間の皮膚であり、人間の皮膚の放射率は99%であるため皮膚温度の値はセンサの値×99/100=人間の皮膚温度で表される。

### 3. システム構成

本実験に用いる実験機材【図2】を示す。本研究では計測値取得に非接触の熱型赤外線温度センサ MLX90614 を搭載した評価ボード、値の解析、保存に OpenLog を用いる。また動きが要求される場面での測定を想定し、ネットワーククーラーに機体を取り付けている。



図2. 提案システムのプロトタイプ

#### MLX90614 評価ボード

MLX90614 が組み込まれたボードである。表1にて MLX90614 評価ボードのハードウェア仕様を示す。

プロセッサ	ATMega328 w/ 8MHz STK500
センサ	MLX90614 IR sensor
動作環境	-40°C~125°C(センサ) -70°C~380°C(測定物体)
動作電圧	5V

表1. MLX90614 評価ボードの仕様

#### OpenLog

オープンソースの小型ロガーである。計測値の保存に用いる。表2にて OpenLog のハードウェア仕様を示す。

プロセッサ	ATMega328P
動作電圧	3V~12V
シリアル通信速度	2400~115200bps

表2. OpenLog の仕様

†東京電機大学未来科学部情報メディア学科,TDU

‡東京電機大学大学院未来科学研究科情報メディア学専攻,TDU

## 4 実験概要

### 4.1 実験手法

本実験では調査員の通学場面での皮膚温度の測定を行った。測定方法は皮膚温度と熱中症の相関関係が密接である。首に、センサ機器を取り付けたネッククーラーを巻き、首の背後の皮膚とセンサ部がなるべく密着するようにする。図3にて装着時の様子を示す。なおネッククーラーには保冷剤を収納することが可能であり、首に巻くことによる暑苦しさや、センサの計測値がこもった熱によって上下しないように対策する。その状態から計測を開始する。計測終了後はデータのグラフ化を行い、場面ごとの皮膚温度の推移と傾向を調べる。大学退出から帰宅までの1時間40分、天気は晴れ、気温19℃、相対湿度が95%~97%での状況で行った。WBGTに基づく熱中症注意レベルは低く「注意」レベルであった。また衣服によるWBGTの値に必要な補正は発生しなかった。また実験にあたって表3のようにPhaseを区切ることとする。

P1	大学内 to 乗車	10分	徒歩
P2	乗車 to 下車(1回目)	38分	静止
P3	乗継 to 下車(2回目)	13分	静止
P4	下車 to 帰宅	39分	自転車

表3. 測定区間の区分け



図3. 冷却タイルに装着し首に巻いた様子

### 4.2 実験結果及び考察

実験より得られた皮膚温度データ図4を示す。実験は1時間40分にわたって行った。Phaseごとに考察する。

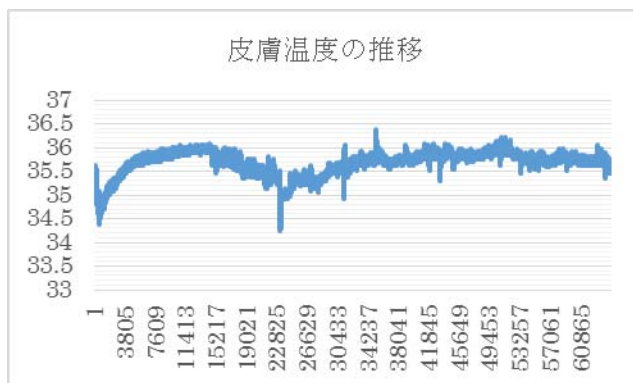


図4 皮膚温度の推移(縦軸…温度 横軸…10ms)

Phase1において計測開始時点で温度は35.6℃であった。大学研究室内では一定の温度が保たれていたが、外に近

づくにつれて温度が下降し、外に出た時点で34.4℃になった。これは気温が19℃でやや風も吹いていたことから急激に首回りが冷やされたということが考えられる。

Phase2では電車に乗車して座席に座ると車内の温度の影響から徐々に温度が上昇を始めた。35.5℃~36℃付近を緩やかに上昇し、36度に達すると再び緩やかに35.5℃付近まで下降した。このような上昇下降が見られたのは、終点駅に近づくにつれて乗車人数が減少して車内温度が低下したことに加え、静止状態の間に体が冷えたことが原因と思われる。センサは非常に敏感に体温を取得していることを実感した。

Phase3では外気に触れたことで一時的に34.4℃まで加工したが、Phase2同様に下車直前には35.7℃までに上昇していた。Phase2とPhase3にて同様の環境下で行い、類似した推移を示したことからデータの正確性がある程度確認できた。

Phase4では下車した直後にこれまでのPhase同様に34.9℃まで下がったが、これ以後、徒歩と自転車を合わせて39分計測した中では常に運動中のためか、35.5℃~36.2℃で推移していた。また、最高温度36.2℃を計測したことから自転車で走ることで、外気に強く当たる状態でも体の熱がよく発生していることが観測できた。

## 5 まとめ

実験の結果、赤外線温度センサによる皮膚温度の計測は有用性が高いことを感じた。フェーズごとに行動や環境の特長が良くあらわれており、今後の研究を続行する上で実用的であるといえる一方で今回の実験では基準値となる温度や調査員が少なく正確な普遍的なデータを収集できたとはいえない。また、実験手法についてもより考慮する必要があり、装着の簡易化やケーブルの簡略化、首に密着する取り付け構造などを考えねばならない。加えて多種のセンサを用いて皮膚温度との相関付けを行って個人ごとの熱中症対策の有用な手段となるようにしたい。今後はBLE等無線規格の搭載によるスマートフォンとの連携を考慮し、到達制度の向上や高精度の体温取得の方法、発汗センサとの連携を目指す。

### 謝辞

本研究はNICT ソーシャル・ビッグデータ利活用・基盤技術の研究開発「オープン・スマートシティを実現するソーシャル・ビッグデータ利活用・還流基盤」の支援を受けている。またタカヤ株式会社には研究を進めるにあたり、様々なアドバイスをいただいた。ここに深く感謝いたします。

### 参考文献

- [1] 職場における熱中症による死傷災害の発生状況  
<http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-11303000-RoudoukijunkyokuanzeniseibuRoudouiseika/000084998.pdf>  
 労働基準局安全衛生部労働衛生課 H26
- [2] 佐古井智紀, 蔵澄美仁, 持田徹, 飯塚浩二郎, 都築和代, 神谷武「変動を考慮した熱環境計測機の開発」HES in Nagasaki 6-7 Dec, 2014 P88