

熱中症予防対策におけるウェアラブルセンサーの活用と効果的な熱中症予防法の検証

研究代表者：丸山 崇（産業医科大学 医学部 第1生理学）

分担研究者：山田晋平（産業医科大学 産業保健学部 安全衛生マネジメント学）

倉岡宏之（産業医科大学 産業保健学部 安全衛生マネジメント学）

黒坂知絵（産業医科大学 産業保健学部 人間情報科学）

江口泰正（産業医科大学 産業保健学部 人間情報科学）

八谷百合子（産業医科大学 産業保健学部 産業・地域看護学）

上田陽一（産業医科大学 医学部 第1生理学）

東敏昭（一般財団法人 西日本産業衛生会/産業医科大学名誉教授）

< 研究結果の概要 >

研究の背景と目的：

熱中症は暑熱環境下で働く労働者に生命の危機をおよぼすこともある疾病であり、労働災害防止の観点からも、予防すべき重要な課題の一つである。予防対策として、作業時間の短縮や定期的な休憩などの作業管理、空調の導入などの作業環境管理、普段からの体調管理の呼びかけなどの健康管理、労働衛生教育による熱中症対策の啓蒙等が行われてきているが、気候変動による猛暑の影響もあり、死亡災害も後を絶たない状況である。各企業において様々な対策がなされ、熱中症予防対策が講じられているが、詳細な現場の実態は把握されておらず、先進的な対策や効果的な対策の情報も広く共有されていない状況である。近年、ウェアラブルセンサーを用いて心拍や体動などの生体情報をセンシングしインターネットを通じ、そのデータを労働者の健康管理に活用する Internet of Things(IoT)技術が多く開発されている。一部の企業ではこのウェアラブルセンサー（IoT 技術）を用いて熱中症対策が行われていることも知られているが、有効な熱中症予防対策として十分な認識はされていない。

労働現場での熱中症対策の実態を把握するため、「労働現場で行われている熱中症対策の現状調査」および「先進的な熱中症対策の抽出」が本研究課題の1つ目の目的である。次に、先進事例の中で、近年利用が進んでいる、「ウェアラブルセンサーによる体調変化予測システムが、熱中症予防に有用であるかの検証」を行うことが2つ目の目的である。3つ目の目的は、「ウェアラブルセンサーによる体調変化予測システムが、実際の労働現場において、熱中症予防に有用であるか検証を行うこと」である。これら一連の研究において、ウェアラブルセンサーによる熱中症対策をはじめとした、先進的な熱中症対策が、多くの労働現場に展開されることで熱中症による労働災害を防止することが本研究課題の目的である。

方法及び結果の概要：

2018年度は、日本国内の事業所（1460カ所）に、郵送によるアンケート調査を行い、287事業所より回答を得た（回答率19.7%）。質問項目は、作業者に対する熱中症予防対策に関する事項、熱中症リスクの高い作業や作業環境に関する事項、管理体制に関する事項、先進事例・特色ある熱中症対策に関する事項、熱

中症対策全般に関する事項であった。この調査により、休憩や水分・塩分の補給、日頃からの体調管理、熱中症予防に関する教育などの対策が通常の安全衛生活動として行われている現状が把握できた。また、設備改善や熱中症対策用品の導入など積極的な対策が行われている現状が把握できた。一方で、補水量や補水タイミング、休憩（作業中止）タイミングなどは、各事業所で取り組みに差異があり、今後、具体的な方策が示される必要があると考えられた。企業における熱中症対策の現状が把握出来るとともに、IoT 技術を用いた熱中症対策に取り組む事業所が、10 事例抽出できた。また、これらの企業のヒアリング調査によって、ウェアラブルセンサー（IoT 機器）導入の効果や課題なども把握出来た。2019 年度は、前年度の調査で先進事例として抽出されたウェアラブル機器の中から、発売元企業の協力が得られたウェアラブル機器 3 機種（腕時計型 1 機種、シャツ型 2 機種）を用いて、産業医科大学人工気候室において、被験者の協力のもと、暑熱環境下での運動負荷試験を行い「熱中症対策に用いられるウェアラブルセンサーの実証実験」を行った。その結果、いずれのウェアラブル機器も熱中症予防に一定の有用性を示し、熱中症予防対策の一つとなり得ることが示された。

2020 年度は、人工気候室実験で、有用性の示されたウェアラブルセンサーを用いて、実際の暑熱環境の労働現場において、作業者にセンサーを装着しモニタリングする現場実験を行った。個人要因（主観的な疲労感など）や環境要因（WBGT など）より熱中症リスクを見積もり、ウェアラブルセンサーにより推定されたリスク評価との関連性などを検討した。また、現場実証に加え、暑熱環境下において作業者にウェアラブルセンサーを装着した際の、現場実例と使用効果について調査を行った。その結果、暑熱環境の労働現場においてもウェアラブルセンサーによるアラーム通知システムは、熱中症リスクを妥当に評価しており、適時に作業者に対処行動を促すことで、熱中症防止に有用であることが示された。

まとめと今後の展開：

ウェアラブルセンサーから得られる生体データをリアルタイムに分析し、体調変化や身体負荷のリスク評価をおこなうことで、事前に危険性を知らせる通知システムが、熱中症予防に一定の効果があることが本研究により示された。これまでの WBGT を指標とした作業環境管理や、補水、休憩、体調管理などの熱中症予防対策に加えて、ウェアラブルセンサーによる熱中症予防も、効果的な個人対策の一つとして推奨される。このような先進的な熱中症予防対策の現場導入が進めば、熱中症による労働災害による死傷者数の低減に寄与するものと考えられる。また、暑熱環境では、熱中症に至らないまでも、判断力が低下し様々なヒューマンエラーが発生しやすい状況となる。有効な熱中症対策によりヒューマンエラーを防止し様々な労働災害防止にも貢献すると考えられる。