

[成果情報名]暑さ指数だけでは見えない暑熱リスク-心拍データを用いた農作業者の集団評価-  
[要約]高温化に伴う夏季の酷暑作業のリスクに対し、スマートウェアを用いた心拍数モニタリングにより、労働者集団の熱ストレスを客観的に評価する手法を開発する。この手法は集団の安全衛生管理指標として活用できる。

[キーワード]スマートウェア、施設園芸、心拍数、加速度偏差、熱ストレス評価

[担当]三重県農業研究所・野菜園芸研究課

[分類]研究

---

#### [背景・ねらい]

近年、35℃を超える猛暑日が増加しており、農作業中の熱中症リスクが深刻化している。特に施設栽培では周年生産の普及に伴い、夏季の酷暑期におけるハウス内作業が増加している。農林水産省は、熱中症対策の一環としてWBGT（暑さ指数）の活用を推奨しているが、体温を超えるような極端な高温環境下では、従来の基準をそのまま適用することが難しいという課題がある。そこで、スマートウェア（図1）を用いて作業者の生体情報を直接測定することで、作業環境の実態に即した新たな熱ストレス評価法を確立する。

#### [成果の内容・特徴]

- 7月のハウス内環境のWBGTを時刻別に確認したところ、午前7時の時点で既に安静時の暑熱負荷上限値（ISO7243:2017）に達しており（図2）、早朝から既に許容限度を超える過酷な状態にある。
- 活動量ごとに心拍数データを分離し、分位点回帰を用いて低活動量と高活動量の応答を解析することで、集団としての心拍反応を評価する新たな熱ストレス評価手法を構築（図3）。
- ハウス内の気温上昇に伴い労働者集団の心拍数も上昇し、気温38℃以上の酷暑環境では、労働者集団の中央値の心拍数は24℃未満の環境と比較して10bpm（拍/分）以上高くなり、気温35℃以上38℃未満でも一部の活動量帯で10bpm程度高くなる（図4）。さらに熱応答が大きい集団では、心拍数の増加程度はさらに上昇する。
- 酷暑環境下における心拍数の増加を「作業による心拍増（10～20bpm）」と「暑さによる心拍増（10～17bpm）」に分けて明示することができ、実効性の高い安全衛生対策に向けた基礎資料となる（図4）。
- 本手法は、個人ごとの差（安静時心拍や一時的な体調変動）を平滑化して、集団の傾向を見ることで、職場全体の負荷上昇を早期に検知しやすくなる。

#### [成果の活用面・留意点]

- WBGTは環境（気温・湿度・放射）を総合した暑さ指標で、作業中の休憩や作業強度の目安に用いられる。本研究では、ハウス内で気温が35～38℃以上に達する状況を「極端な高温環境」として扱っている。
- WBGT上限値は、直腸温（深部体温）が38℃を超えない範囲（安静時は37℃）として見積もられた値であり、暑熱労働環境における許容限度を考える目安となる。国際規格（ISO7243:2017）では、深部体温が1℃上昇すると心拍数が平均33bpm増加するとされている。本成果のデータは、半分の労働者の心拍数の増加幅が、許容限度を超える深部体温の上昇を示唆する範囲に相当する可能性を示している。
- 評価を集団単位で行うことで、生体情報（個人情報）の取り扱いに関する倫理的課題が軽減されるが、導入時には労働者の同意とデータ管理体制の明確化が必要である。
- 本成果はスマートウェア（Smartfit for Work：クラブウ 図1）を用いて生体データを取得している。また、トマトの周年栽培に従事する女性労働者19名という特定の労働者集団を対象とし、調査結果に基づいているため、年齢や性別、作業内容、作業環境が異なるそれぞれの集団特性に応じた評価が必要になる。

[具体的データ]



図1 着用したスマートウェア（左）  
ハウス内作業の様子（右）

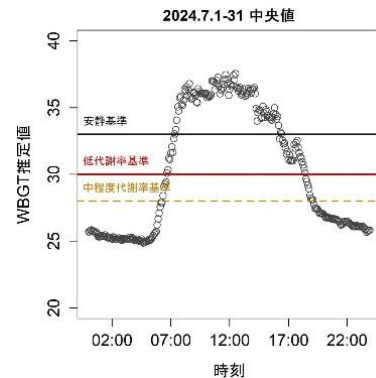


図2 2024年7月における  
WBGT推定値の中央値  
(三重県農業研究所内ハウス)

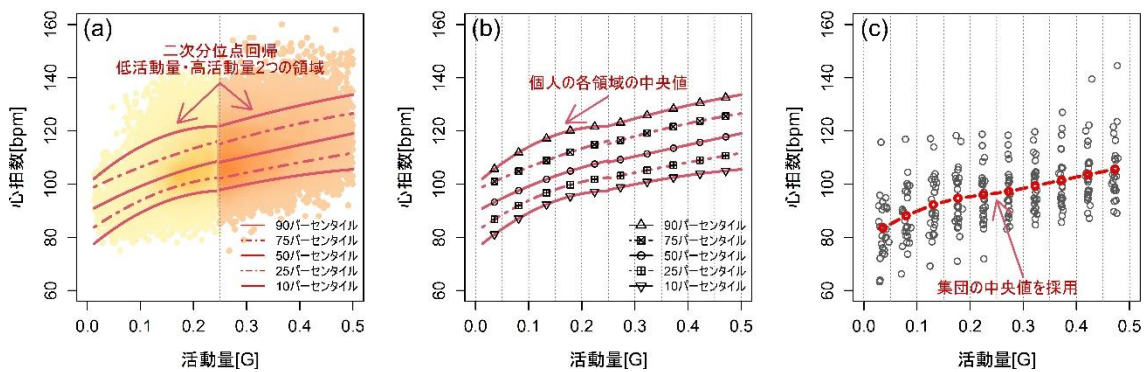


図3 心拍数応答に基づく集団の熱ストレス評価法

- (a) 活動量と心拍数の関係について低活動量（黄）と高活動量（橙）のそれぞれで分位点回帰（10、25、50、75、90パーセンタイル曲線）を実行
- (b) 活動量を0.05[G]毎に分割し、中央値を各労働者の値として採用
- (c) 19人の労働者の中央値を採用し、集団の環境への反応を評価

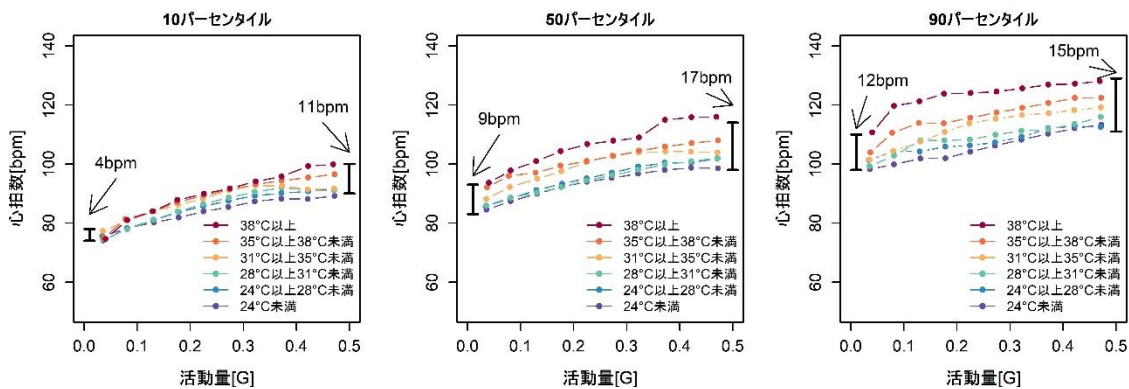


図4 ハウス内気温別にみた労働者集団の心拍応答 (n=19)

(左から10[熱応答小]、50[中央値]、90[熱応答大]パーセンタイル)

(磯山陽介)

[その他]

研究課題名：健康経営実践のためのIoB(Internet of Bodies)を活用した実証

予算区分：植物工場パイロット

研究期間：2020～2022年度

研究担当者：磯山陽介、中島正登（浅井農園）、清野健（大阪大）、金子美樹（大阪大）

発表論文等：Isoyama et al(2024).Acta Horticulturae (1404):259-268