

労働中の作業位置遷移情報を活用した暴露環境評価法の検証 Assessing the utility of measurement methods by integrating worker's positioning with environmental factors for factory workers

中江 悟司[†] 小木曾 里樹[†] 森 郁恵[†] 三浦 貴大[†] 杉 隆紀[‡]

芳賀 靖憲[‡] 中野 恵理[‡] 木村 篤[‡] 蔵田 武志[‡]

Satoshi Nakae Satoki Ogiso Ikue Mori Takahiro Miura Takanori Sugi
Yasunori Haga Eri Nakano Atsushi Kimura Takeshi Kurata

1. はじめに

労働者に過度な負担をしいることによって短期的に生産量が増加したとしても、その結果として労働者が健康を損ない離職したり、無理をして事故や労働災害を起こせば長期的には雇用側にとっても労働者側にとってもデメリットの方が大きい。労働生産性を高めるにあたっては、労働者の安全衛生をいかに確保するかが課題となる。とりわけ製造業や建設業といった、過酷な環境下での作業や身体的負担の大きな作業に従事する職種において労働災害の発生率が高く[1]、業務負担や労働環境の管理・適正化は喫緊の課題である。

例えば、温度、湿度といった環境情報であれば、環境センサを設置することで簡便、かつ、安価に評価することができる。しかしながら、屋外、あるいは屋外の影響を受けやすかったり、熱源や日射があるような労働環境においては、環境因子は様々に分布しているとはいえず、どこに環境センサを設置したかによって、労働者らの暴露された環境は容易に過大評価あるいは過小評価される。また、熱源の近く、または遠くの一定の場所に留まり続けて作業に従事する者と、様々なエリアへ往来がある労働者とは暴露された環境に違いが起ころうするため、誰が、どのくらい（時間、量）の環境に暴露されたかという情報は、労働者の安全衛生の確保および労働災害防止の観点から非常に重要であるものの、特定の場所に設置した環境センサから労働者全員の暴露環境をひとりひとり定量評価することは現実的には困難である。

我々の研究グループでは、屋内測位技術を活用し実際に就業中の労働者の滞在エリア遷移や作業パターン分類を可能とする技術を開発してきた[2-5]。さらに、これらの技術と、計測エリア内の複数地点で取得した環境情報とを統合することで、ひとりひとりが暴露された環境を評価する手法を開発した[6-7]。

本研究では、我々の提案手法により得られた労働者の暴露環境情報の有用性検証のため、酷暑環境下の製造工場労働者を対象とし、従来用いられてきた労働現場のとある代表点の環境計測値をもってその時点の労働者の暴露環境値とみなす定点評価法、および労働者に装着させた小型環境センサとの比較を行った。また、暴露環境情報にくわえ、生体信号（加速度・脈波）より身体的な作業負担を評価し、

労働者の安全衛生の向上に寄与する因子についても検証した。

2. 方法

2.1 対象

愛知県内にある株式会社デンソーの自動車部品製造工場にて計測を実施した。計測対象としたエリアの面積はおおよそ 15,000m²であり（図 1）、同エリア内の製造ラインで作業に従事する 48 名を対象とした。本工場は、屋外へつながる開放的な空間が存在するため屋外環境の影響を強く受け、また、製造ライン内には熱源となる炉が常時稼働しているため局所的に高温な作業エリアが存在し、工場内の温熱環境は一様ではない。なお、計測期間は 2023 年 7 月 31 日～8 月 12 日（前半）、8 月 28 日～9 月 9 日（後半）であり、当期間中の当該地域の最高気温（平均値±標準偏差）は、前半は 33.1 ± 1.7°C、後半は 31.2 ± 2.2°Cであった。なお、土曜日および日曜日は休日につき、計測は前半後半ともに平日 10 日間ずつ実施した。

本研究は産業技術総合研究所の研究倫理審査組織である人間工学実験員会の承認を得て実施した。計測開始に先立ち、研究の目的および内容、ならびに研究参加によって生じ得るリスクについて口頭および文書にて説明し、十分理解したうえで研究参加の同意を得た。

2.2 計測項目

2.2.1 作業者の位置推定

計測対象となるエリア全体を網羅するように環境中に BLE ビーコンを設置した。図 1 のように、実験協力者が作業に従事するエリアには 2~5m 間隔で密になるように、立ち止まる機会が少なく通過するだけの移動動線上には 10~20m おきに設置し、合計で 125 個の BLE ビーコンを設置した。

本研究では、実験協力者にスマートフォンを貸与し、始業から終業まで装着するように指示した。位置推定にあたって、まずスマートフォンに搭載されている加速度センサおよび角速度センサより、歩行者相対測位（PDR: Pedestrian Dead Reckoning）を推定する[8]。ここで、PDR による位置推定法は推定誤差を蓄積していくことで真の位置からの乖離が大きくなることが知られているため、他の絶対位置測位法と組み合わせる必要がある。小木曾ら[4]に倣い、BLE 信号の受信強度と測位用端末（貸与したスマー

[†] 国立研究開発法人産業技術総合研究所
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

[‡] 株式会社デンソー
DENSO CORPORATION

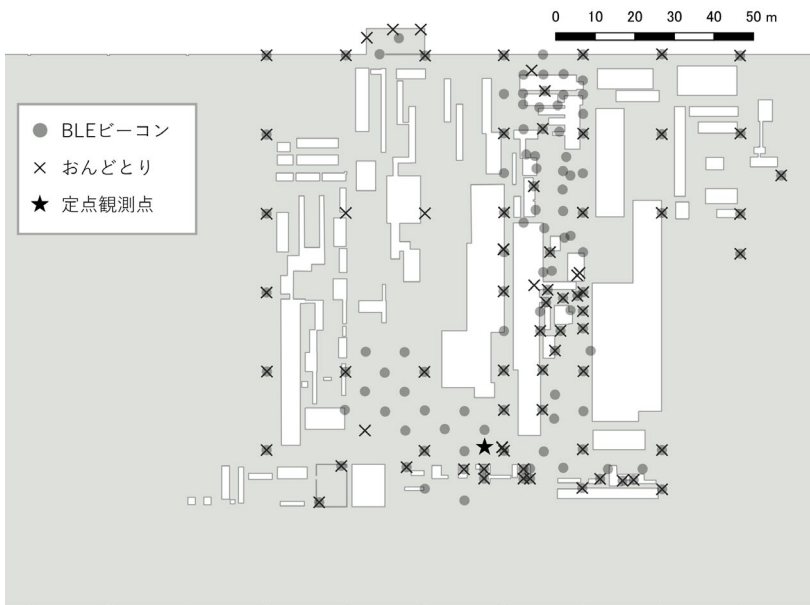


図 1 計測エリアの概要およびセンサ設置状況

トフォン) 間の距離との間に相関があることを利用して、測位座標の尤度計算を行った。PDR による推定位置の事前分布と、BLE 信号受信強度より得られた位置尤度から位置の事後分布を計算し、その平均値を位置座標とみなして実験参加者毎に位置推定を行った。なお、計測期間の前後に、LiDAR (Light Detection And Ranging) による計測した位置を正解値として計測エリア内をくまなく歩きまわったところ、本実験で用いた測位手法の推定誤差は $3.5 \pm 1.5\text{m}$ であった。

2.2.2 身体的な作業負担 (身体活動強度)

前節で求めた作業者の位置情報の時系列変化から、作業者の移動距離および移動速度を求めることができる。そこで、Ainsworth ら [9] による歩行速度と身体活動強度 (METs: Metabolic Equivalent of Tasks) との関係から本実験協力者の作業負担を METs 値に換算した。METs とは、おおよそ座位安静状態を 1 として、その何倍のエネルギーを消費するかを表す身体活動強度の指標である [10]。

また、実験協力者には始業から終業までスマートウォッチ (Fitbit Sense, Fitbit 社、以下 Fitbit) を非利き腕に装着するよう指示した。Fitbit 端末より得られた心拍数より、次の手順で作業者ごとに身体活動強度を算出した。

1. 5 分窓の移動平均を 1 分毎に算出し、計測期間中に低値を示した下位 10 区間を抽出し、その平均値を安静時心拍数 (HRrest) とした

2. Tanaka の式 [11] に倣い、最大心拍数 (HRmax) を算出した

$$\text{最大心拍数 (bpm)} = 208 - 0.7 * \text{年齢}$$

3. ある時点の心拍数を HRact とし、以下のとおり心拍予備能 (HRR: Heart Rate Reserve) を求めた

$$\text{HRR} = \frac{\text{HRact} - \text{HRrest}}{\text{HRmax} - \text{HRrest}}$$

HRR は、ある個人が取り得る心拍数の最小値と最大値で正規化した指標であり、広く運動強度の指標として用いられている。さらに、Fitbit で評価可能な METs 値および歩数も解析に用いた。本研究では、測位手法より求めた METs 値、Fitbit より求めた HRR、METs 値 (以下、Fitbit_METs)、歩数を身体活動の指標とした。

2.2.3 暴露環境評価

本研究では、作業者が暴露された環境について、3 つの方法で評価した。

・経験評価法

実験参加者が滞在 (通過も含む) するエリア全体を網羅するよう、環境センサ (温度、湿度) としておんどとり (ティアンドデイ社) を設置した (図 1×印)。BLE ビーコン設置個所と同様に、実験協力者の往来が少ないエリアや環境が均一とみなせるような開放的な空間では疎に、実験協力者が頻繁に往来または滞在するエリアや熱源の近く、空気の流れが遮られるような空間では密になるように環境センサを設置した。計測対象エリア内の座標ごとに、当該座標が含まれるような三角形を描く近接 3 点の環境値を、当該位置と環境センサの設置位置との距離で重みづけした平均値をもって当該位置の環境値を求めた。このようにして求めた環境値と実験協力者の位置情報を統合し、実験協力者ひとりひとりが暴露されたであろう環境値を推定し、これを経験データ (ここでは経験温度、経験湿度) と定義した。図 3 にある一時点における計測エリアの温度分布状況および実験協力者の移動軌跡を示した。例えば、計測エリア中心部は 40°C 前後の非常に暑い環境であり、その付近で作業に従事する者と、図下部で作業に従事している者らとは暴露されている環境が大きく異なることがわかる。経

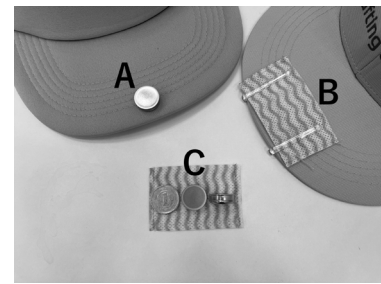
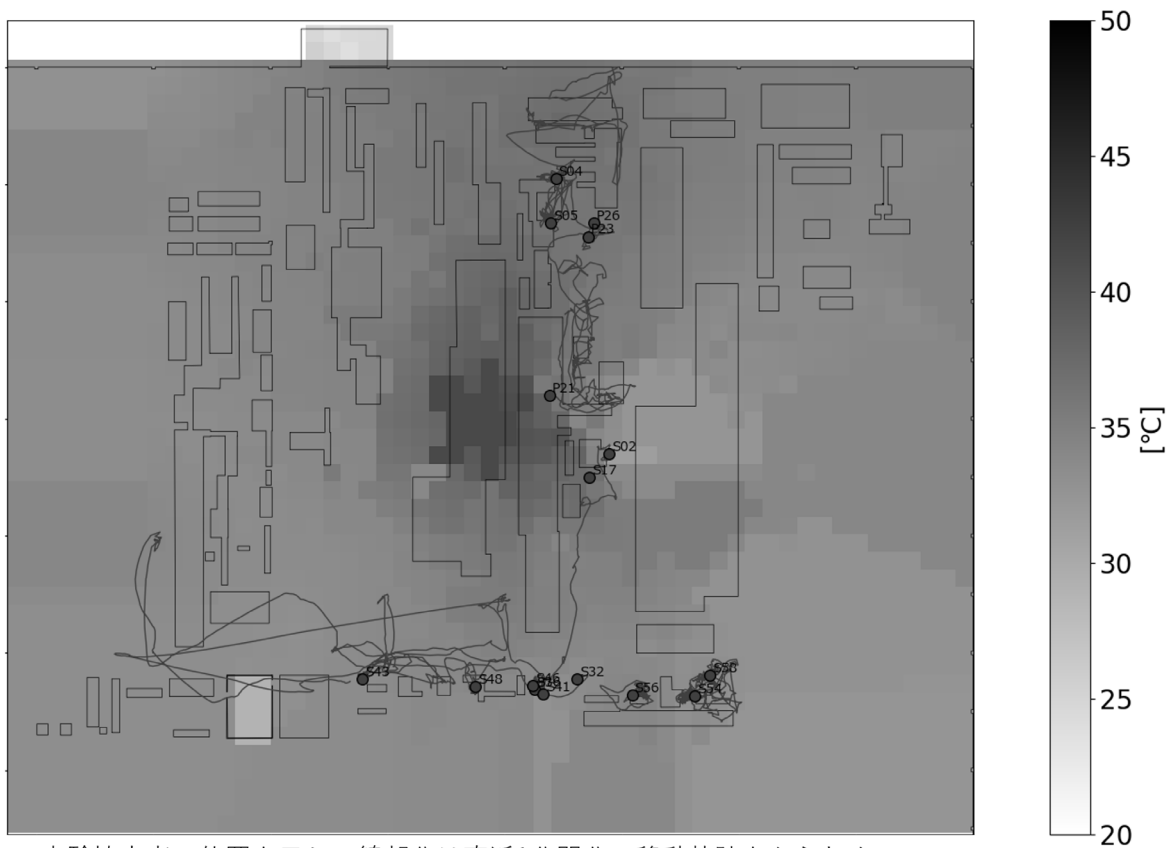


図 2 小型環境センサ

A : センサ設置位置

B : 実際の取り付けの様子

C : 左から 1 円玉、センサ上面、センサ側面



● 実験協力者の位置を示し、線部分は直近1分間分の移動軌跡をあらわす

図 3 ある時点における計測エリアの温度分布および実験協力者の移動軌跡

験評価法では、このように作業員ひとりひとりが暴露された環境を位置情報に定量化する手法である。

・ 定点評価法

計測対象エリア内に設置した環境センサのうち、周囲に空気の流れを遮るものがなく、開放的な空間に設置した環境センサの値を、計測エリア全体の平均的な環境とみなし、その時間に計測エリア内で作業に従事する者が一律に暴露されたであろう環境値とみなし、これを定点データ（定点温度、定点湿度）と定義した。

・ 小型環境センサ

実験協力者に小型環境センサ（iButton 温度/湿度ロガー DS1923, Analog Devices 社、以下 iButton）を装着するよう指示した。装着者の体温の影響を避けるため、帽子のブリム前方先端部分に図 2A の位置にセンサが配置されるよう不織布で作成したケースに入れ、B のようにクリップで固定した。iButton の大きさは直径 17.35mm、厚さ 5.89 mm である（図 2C、左から直径 20mm の 1 円玉、iButton 上面、iButton 側面）。iButton のメモリ記憶容量の制約のため、前半、後半それぞれの期間全体をカバーするよう記録間隔を 5 分とした。なお、帽子は本研究参加のために装着するものではなく、労働者の安全のために制服の一部として作業中の装着が義務付けられているものである。

2.2.4 アンケート（主観項目）

食事休憩時および終業時の 2 回、作業環境の温熱環境、だるさに関するアンケートに回答するよう指示した。温熱環境の評価は日本建築学会環境基準[12]を参照に、作業環境における温冷感（9 段階温冷感尺度: 1 非常に寒い～5 どちらでもない～9 非常に暑い）を、だるさ（倦怠感、疲労感）の評価には日本語版 Brief Fatigue Inventory（簡易倦怠感尺度）[13]を用いて 11 段階（0 なし～10 これ以上考えられないほどのだるさ）について質問した。

2.3 データ処理

主観項目に関しては、回答直近の環境負荷や身体負担の影響が強いと考えられるため、各アンケート回答時刻から遡って 60 分間の暴露環境情報（経験データ、定点データ、iButton）、METs、HRR を解析に用いた。解析にはすべて R（ver 4.1.3）を用いた。単変量回帰分析には Spearman の順位相関検定を、目的変数と説明変数間に線形性が認められない場合には階層的クラスター分析として決定木分析を行った。多変量分散分析は整列ランク変換を行った後に実施した[14-15]。なお、統計的有意水準は 5%とした。

表1 対象者特性および計測期間中の各指標計測値

	前半		後半	
	昼勤 (N = 139)	夜勤 (N = 181)	昼勤 (N = 195)	夜勤 (N = 251)
年齢 (歳)	42.2 ± 13.7	42.8 ± 12.0	41.2 ± 13.3	39.5 ± 13.0
経験温度 (°C)	33.0 ± 1.5 ^{a,b}	29.4 ± 1.1 ^b	31.7 ± 1.7 ^a	27.9 ± 1.3
経験温度 (%)	56.6 ± 7.9 ^{a,b}	71.7 ± 4.5 ^b	58.6 ± 6.5 ^a	73.8 ± 4.0
定点温度 (°C)	32.4 ± 1.3 ^{a,b}	29.6 ± 0.9 ^b	30.8 ± 1.2 ^a	28.0 ± 1.0
定点温度 (%)	57.5 ± 6.5 ^{a,b}	69.3 ± 3.6 ^b	61.1 ± 5.4 ^a	73.6 ± 3.6
iButton温度 (°C)	31.3 ± 2.1 ^{a,b}	29.0 ± 1.4 ^b	30.3 ± 1.7 ^a	28.0 ± 1.5
iButton温度 (%)	59.9 ± 7.9 ^{a,b}	67.6 ± 5.7 ^b	61.8 ± 6.1 ^a	70.1 ± 5.9
METs	1.9 ± 0.4	1.8 ± 0.4	1.8 ± 0.4	1.9 ± 0.4
HRR	0.24 ± 0.09 ^a	0.21 ± 0.08	0.22 ± 0.07 ^a	0.20 ± 0.07
Fitbit_METs	3.0 ± 1.1	2.9 ± 0.9	2.9 ± 0.9	2.9 ± 0.9
歩数 (歩/分)	24.9 ± 15.9	23.6 ± 14.7	24.8 ± 15.2	24.5 ± 14.7
温熱感	8.0 ± 1.1 ^{a,b}	7.5 ± 1.3	7.3 ± 1.6	7.1 ± 1.6
だるさ	3.2 ± 2.5	3.7 ± 2.8	2.9 ± 2.3	3.1 ± 2.3

平均値 ± 標準偏差

a: 同一計測期間内の夜勤に対して有意な差が認められた (p < 0.05)

b: 同一シフト内の後半に対して有意な差が認められた (p < 0.05)

3. 結果

計測期間中に収集されたデータは前半 197 人・日、後半 269 人・日であった。表 1 に計測期間別、勤務シフト別の対象者特性および各計測値を示す。計測手法によらず、実験協力者が暴露された温度は夜勤より昼勤が、後半より前半が高く、湿度は低かった。身体活動強度の指標である METs、Fitbit_METs、歩数は計測期間、シフト間に差がみとめられなかったが、HRR がいずれの計測期間においても夜勤より昼勤の方が高値を示した。温熱感に関しては、前半昼勤が前半夜勤、後半昼勤よりも有意に高値を示した。だるさには差がみられなかった。

図 4 に、計測手法別の暴露温度と温熱感の関係を示す。経験温度および iButton 温度は温熱感と強い相関関係がみとめられたが、定点温度では前半期間において相関関係が認められなかった。温熱感と身体活動に関する指標との間には相関関係は認められなかった (data not shown)。いずれの計測手法においても、同じ暴露温度に関わらず、前半期間の方が温熱感が高い傾向があった。

だるさに関しては、暴露環境および身体活動に関する指標との間に相関関係がみられなかったため (data not shown)、階層的クラスター分析として決定木分析を行った (図 5)。測位に基づいた経験データおよび身体活動強度を説明変数に用いた場合、経験温度が高いグループおよび身体活動強度が低く経験温度のばらつきが小さい、すなわち一定の温度環境に晒され続けているグループのだるさが高かった。一方、iButton および Fitbit 計測値を説明変数とした決定木分析では、歩数が低いグループがだるさを訴える傾向にあり、測位ベース指標を用いた決定木分析と同様に身体的に不活動なグループのだるさが高い傾向がみられた。なお、iButton による環境因子はいずれのノードにも選択されず、身体活動指標のみが説明因子として選ばれた。

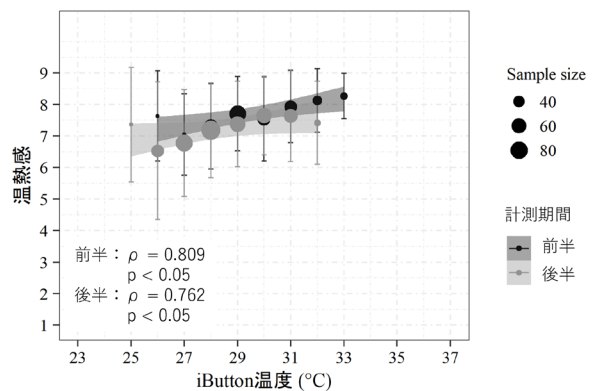
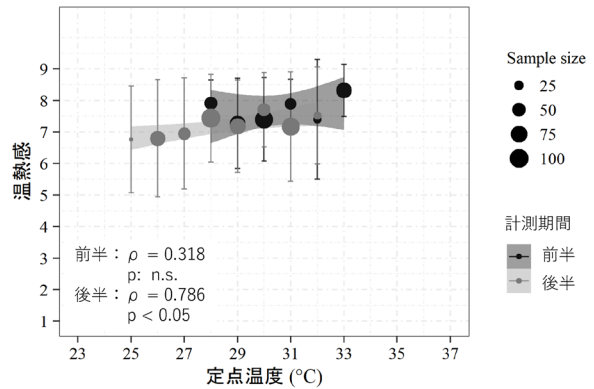
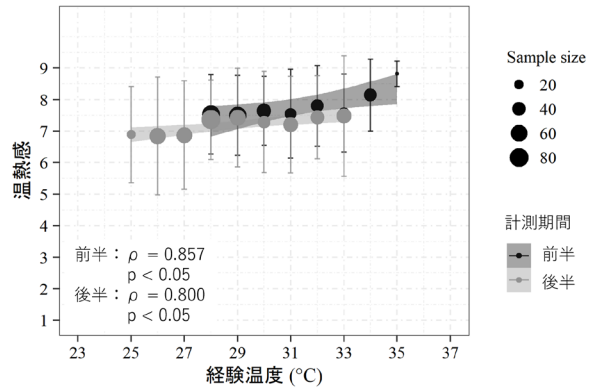


図 4 計測手法別の暴露温度と温熱感の関係

ρ: Spearman の相関係数

■: 回帰直線の 95%信頼区間

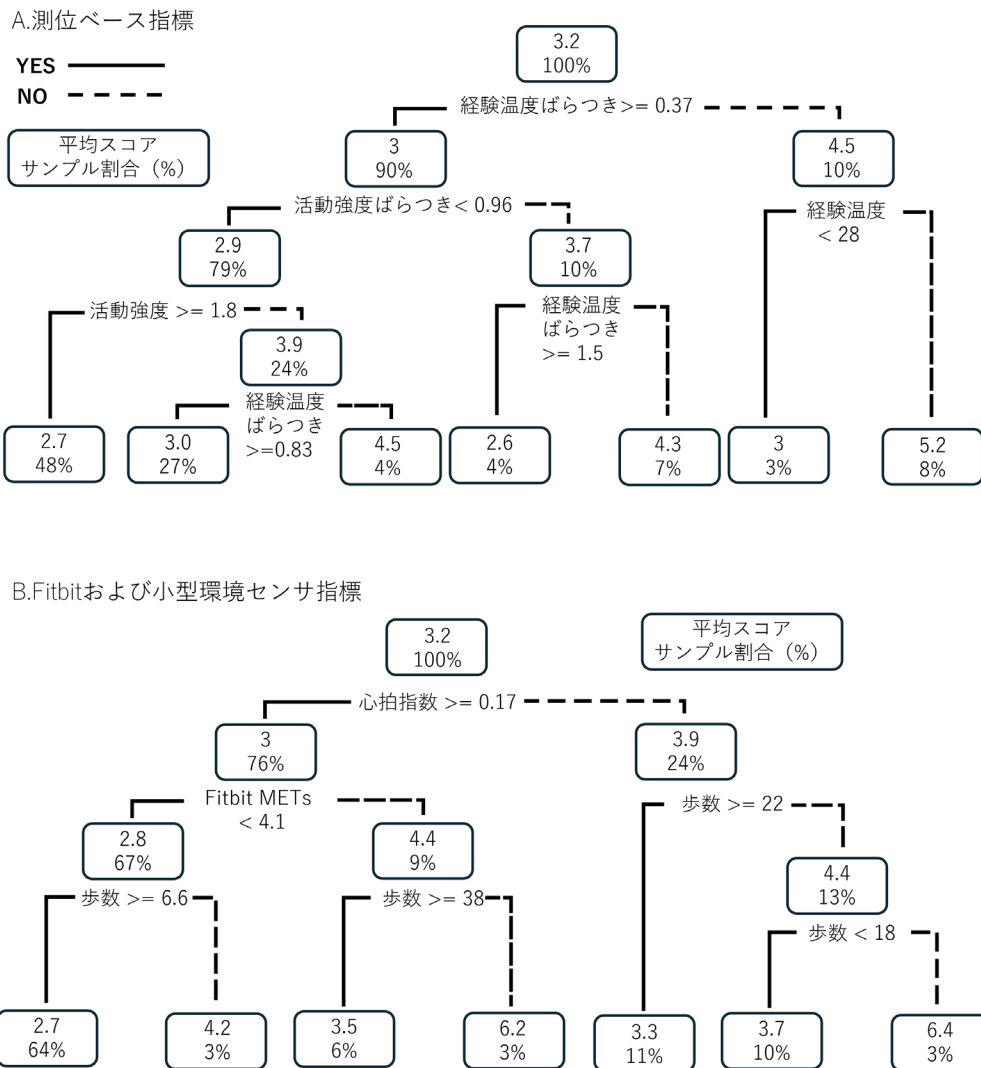


図 5 だるさを目的変数とした決定木分析

4. 考察

本研究で計測対象としたエリアは、中心部近くに熱源となる炉があるため時間によっては 40℃近い酷暑環境であり、また、屋外環境の影響を強くうけるため熱源から離れたエリアであっても日中は 30℃を越える環境であった (図 3)。本研究では、このような環境下で異なる 3 つの手法による暴露環境評価法を比較した。我々の提案する、屋内測位技術による作業位置の遷移情報と環境情報を統合した経験評価法によって求めた暴露温度がもっともよく作業者の温熱感と関連しており、次に帽子に固定した小型環境センサによる評価法の相関が高かった (図 4)。定点評価法の場合、本研究対象エリアのような温度分布に著しい差がある場合に、個々人の暴露環境を評価するには適さないことが示唆された。労働者に直接センサを装着することが可能であれば正確に暴露環境を評価することができるものの、装着者の体温が影響しない箇所が限定的であり、従事する

作業の内容によっては装着が困難なケースもある。また、我々の知る限り今回用いたセンサと同程度に小型で、リアルタイムにデータを送信する機能があるセンサはみあたらず、計測終了後にデータを抽出してはじめて暴露された環境を知ることができる。そのため、誰が、どの程度の負担に晒されたのか、といった日々の労務負担管理等には活用できるものの、就業中に過度な環境負担がかかっていないかといったモニタリングには不向きである。一方で、経験評価法で用いた屋内測位技術と計測環境中の温度分布はリアルタイム化が可能であり、今後労働現場の IoT 化が進むにつれて導入も容易になっていくと考えられ、本計測対象のような同じ空間内であっても環境分布が一様でないような労働現場においては、経験評価法が有用であることが示された。本研究では、同じ暴露温度であっても前半期間の方が後半期間にくらべて温熱感が高い傾向にあった。厚生労働省によると、同程度の暑さであっても、7月より8月、8月より9月の熱中症による救急搬送者数は低下することが報告されており、これは暑さへの馴れによって説明されて

いる。本研究の計測期間前半は 8 月前半、後半は 9 月前半であることを考えると、同程度の暴露環境であっても後半で暑さの訴えが減少したことは実験協力者の暑さへの馴れによるものと考えられ、計測時期や暴露温度の累積などから労働者の暑さへの馴れを評価することができれば、より精緻に労働者の環境負担を定量化できるようになることが期待される。

安全衛生上重要な指標として、労働者が訴えるだるさがある。本研究では、単一の暴露環境および身体活動に関する指標はだるさとは関連が認められなかったため、階層的クラスター分析を実施した(図 5)。測位ベースの指標である経験データと移動速度からもとめた METs を説明変数とすると、経験温度のばらつきが小さく、かつ、経験温度が高いグループがもっともだるさの得点が高かった。また、経験温度の多寡によらず、活動強度が小さく、経験温度のばらつきが小さい、すなわち、一定の箇所にとどまって作業に従事するグループはだるさの得点が高いため、適度に体を動かすことで主観的なだるさが軽減されることが示唆された。一方で、Fitbit および iButton 計測値を説明変数として投入した場合、歩数が少ないグループのだるさが高い結果が得られ、測位ベース同様やはり身体を適度に動かすことがだるさを軽減するうえで重要なことが示された。しかしながら、iButton による環境計測値は説明変数として選択されなかった。測位ベースの場合、経験温度そのものよりも経験温度のばらつきが選択されるケースが多かったが、測位由来の場合は位置情報が更新される度に即座に遷移先の環境に暴露されたよう評価されるが、iButton の場合はセンサ特性としてダイナミックな環境の変化に対して応答が遅れがちであり、さらに、メモリ容量の制約からサンプリングを 5 分ごととせざるを得なかったため環境値を取得する間の情報損失が大きく、重要な要素である暴露環境のばらつきを適切に評価することができなかつたためと考えられる。

5. まとめ

本研究では、労働者の位置情報と環境計測値を統合する経験評価手法の有用性について示した。労働者の作業負担や環境負担を適切に評価することは、労働者の健康管理や労働災害予防においてきわめて重要である。また、過度な労働負担や不公平な労働負担は身体やメンタルに不調をきたすため[16-17]、労働者ひとりひとりの作業負担を知ることによって作業配分の公平化を達成する上でも有用な技術といえる。さらに、環境改善のための対策を講じる場合において、やみくもに対策を施すのではなく、労働者の滞在位置や滞在時間長などの情報にもとづいて効率よく改善を実施することでムダを省き生産性向上にも寄与すると期待される。

最後に、本手法を応用することで、温湿度のみでなく、騒音、照度、気流、二酸化炭素、環境汚染物質などにどの程度暴露されたのかを、労働者に環境センサを装着させる必要なく評価することが可能となるため、今後はさらに本技術を拡張させるべく研究をすすめていく。

謝辞

本研究に参加いただいた工場作業従事者の皆様に心より感謝申し上げます。

なお、この成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP21501015-0)の結果得られたものである。

参考文献

- [1] 厚生労働省：令和 5 年の労働災害発生状況を公表，厚生労働省（オンライン），入手先 <https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_40395.html>（参照 2024-06-13）。
- [2] Kurata, T.: Geospatial Intelligence for Health and Productivity Management in Japanese Restaurants and Other Industries, APMS, IFIP AICT 632, 206–214. (2021).
- [3] Kurata, T., Harada, M., Nakahira, K., Maehata, T., Ito, Y., Aso, H.: Analyzing Operations on a Manufacturing Line using Geospatial Intelligence Technologies, APMS, IFIP AICT 663, 69–76. (2022).
- [4] 小木曾里樹, 大隈隆史, 蔵田武志. 少数位置での電波強度計測値を用いる歩行者相対測位及び統合測位の補正法. HCG シンポジウム 2021, B-2-2 (5 pages). (2021).
- [5] 渡邊怜, 小木曾里樹, 森郁恵, 三浦貴大, 加藤狩夢, 芳賀靖憲, 島山慎太郎, 木村篤, 中平勝子, 蔵田武志. 作業エリア遷移モデル生成とそのクラスター分析に基づく製造現場分析. HCG シンポジウム 2022, B-2-3 (6 pages). (2022).
- [6] 中江悟司, 小木曾里樹, 森郁恵, 三浦貴大, 芳賀靖憲, 島山慎太郎, 木村謙吾, 杉隆紀, 木村篤, 蔵田武志. 地理空間インテリジェンスを用いた製造ライン作業者の労働環境および作業負荷の評価. サービス学会講演論文集, pp.377-381. (2023).
- [7] Nakae, S., Ogiso, S., Mori, Ikue., Miura, T., Haga, Y., Hatakeyama, S., Kimura, K., Sugi, T., Kimura, A., Kurata, T.: Geospatial intelligence system for evaluating the work environment and physical load of factory workers, 45th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC), pp. 1-5. (2023).
- [8] Kourogi, M., and Kurata, T.: Personal positioning based on walking locomotion analysis with self-contained sensors and a wearable camera. The Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp.103–112. (2003).
- [9] Ainsworth, B.E., Haskell, W.L., Whitt, M.C., Irwin, M.L., Swartz, A.M., Strath, S.J., O'Brien, W.L., Bassett, D.R.Jr., Schmitz, K.H., Emplaincourt, P.O., Jacobs, D.R.Jr., Leon, A.S.: Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. Med Sci Sports Exerc, 32(Suppl 9), pp.S498-504. (2000).
- [10] Ainsworth, B.E., Haskell, W.L., Leon, A.S., Jacobs, D.R., Montoye, H.J., Sallis, J.F., Paffenbarger, R.S.Jr.: Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. Med Sci Sports Exerc, 25(1), pp.71-80. (1993).
- [11] Tanaka, H., Monahan, K.D. and Seals, D.R.: Age-predicted maximal heart rate revisited. J Am Coll Cardiol. 37(1), pp. 153-156. (2001).
- [12] 日本建築学会環境工学委員会(2014). 日本建築学会環境基準 AIJES-H0004-2014 温熱心理・生理測定法規準・同解説
- [13] Okuyama, T., Wang, X.S., Akechi, T., Mendoza, T.R., Hosaka, T., Cleland, C.S., Uchitomi, Y.: Validation study of the Japanese version of the brief fatigue inventory. J Pain Symptom Manage, 25(2), pp.106-117. (2003).
- [14] Elkin, L.A., Kay, M., Higgins, J.J., Wobrock, J.O.: An aligned rank transform procedure for multifactor contrast tests. The 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp.754-768. (2021).
- [15] Wobbrack, J.O., Findlater, L., Gergle, D., Higgins, J.J.: The aligned rank transform for nonparametric factorial analyses using only ANOVA procedures. CHI '11: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.143-146. (2011).
- [16] 吉川徹, 川上憲人, 小木和孝, 堤明純, 島津美由紀, 長見まき子, 島津明人. 職場環境改善のためのメンタルヘルスアクションチェックリストの開発. 産業衛生学雑誌, 49, pp.127-142. (2007).
- [17] Siegrist, J.: Effort-reward imbalance at work and cardiovascular disease. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health. 23(3), pp.279-285. (2010).