

ウェアラブルエアコンによるフィードバックの生理効果

川崎 勇佑, ^{†1} 本多 一騎, ^{†2} ホサイン タヘラ ^{†3} ロペズ ギヨーム ^{†4}
青山学院大学 青山学院大学 青山学院大学 青山学院大学

1. はじめに

厚生労働省によると、熱中症による死者数は年々増加傾向にあり、2020年は1500人を超える人が熱中症で命を落としている。図1より、熱中症の死者数の中でも特に高齢者の割合が大きく、2010年以降熱中症による死者数の約80%が高齢者であった[1]。

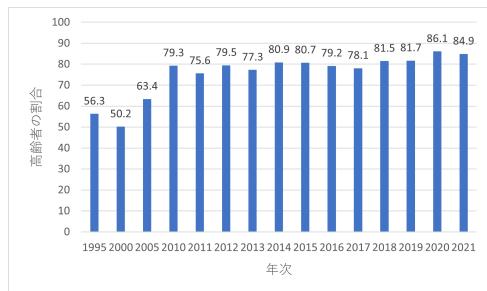


図1 热中症死者のうち高齢者の割合 ([1] より作成)

Figure 1 Percentage of elderly among heat stroke fatalities (created based on data from [1])

2. 関連研究

千葉らの研究によると、頸動脈を直接冷やすことにより体全体に冷えた血液が回り、頸動脈を冷やしていない人と比べ、発汗量が少ない傾向にあることが分かった[2]。

3. 暑熱環境下における実験

実験中、被験者に Empatica E4 リストバンドを装着し、心拍の指標を取得した。また、周囲の空気温度、平均放射温度、気流速度、相対湿度、代謝率、衣服の断熱性の6つの要素から求められ、「寒い」から「暑い」まで7段階に分けられるPMVを用い、実験環境を設定した。

3.1. ウェアラブルエアコンを使用しない実験

この実験では、実験中、「寒い」、「涼しい」、「快適」、「少し暖かい」、「暖かい」、「暑い」、「非常に暑い」の7ラベルに対して主観評価のアンケートをとった。また、実験環境は「快適」、「少し暖かい」、「暖かい」、「暑い」の4つの環境に設定した。被験者は20代から60代までの合計44名であった。より詳しい実験内容を表1に示す。

表1 冷却の無い実験内容

Table 1 Experimental details without cooling

順序	課題	温度	湿度	期間(分)
1	ラジオ体操	32°C	80%	10
2	ラジオ体操	25°C	60%	10
3	読書	25°C	60%	15
4	読書	32°C	80%	15
5	読書	27°C	60%	15
6	読書	32°C	80%	15
7	転写	32°C	80%	15
8	転写	27°C	60%	15

3.2. ウェアラブルエアコンを使用した実験

この実験では頸動脈を直接冷やすことのできるウェアラブルエアコンのCómodo gear^{*1}を使用した。また、「快適」、「暖かい」、「暑い」、「非常に暑い」の4ラベルに対して主観評価のアンケートを取った。また、実験環境は「暖かい」、「暑い」の2つの環境に設定した。被験者は20代から60代までの合計27名であった。より詳しい実験内容を表2に示す。

表2 冷却時実験内容

Table 2 Experimental details with cooling

順序	課題	温度	湿度	期間(分)
1	待機	32°C	80%	10
2	読書 (Cómodo gear 起動)	32°C	80%	15
3	待機	32°C	80%	10
4	ラジオ体操 (Cómodo gear 起動)	32°C	80%	10

^{†1} YUSUKE KAWASAKI, Aoyama Gakuin University

^{†2} KAZUKI HONDA, Aoyama Gakuin University

^{†3} TAHERA HOSSAIN, Aoyama Gakuin University

^{†4} GUILLAUME LOPEZ, Aoyama Gakuin University

^{*1} <https://www.fujitsu-general.com/jp/products/neck-gear/index.html>



図 2 ウェアラブルエアコンを使用している様子

Figure 2 The use of a wearable air conditioner

4. ウェアラブルエアコンの有無による結果

ウェアラブルエアコンの有無による結果は図 3, 図 4, 図 5, 図 6 である。読書における主観評価アンケートでは、ウェアラブルエアコン無しに比べ、ウェアラブルエアコン有りの場合、「非常に暑い」または「暑い」と感じている割合は 20.2% 減っていた。ラジオ体操における主観評価アンケートでは、ウェアラブルエアコン無しに比べ、ウェアラブルエアコン有りの場合、「非常に暑い」または「暑い」と感じている割合は 13.3% 減っていた。しかし、「非常に暑い」に限ってみると、どちらもウェアラブルエアコン無しに比べ、ウェアラブルエアコン有りの方が「非常に暑い」と感じている割合は高かった。

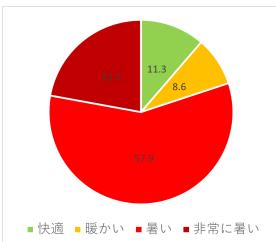


図 3 ウェアラブルエアコン無しの場合の読書における主観評価

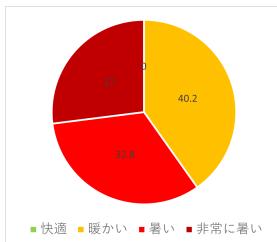


図 4 ウェアラブルエアコン有りの場合の読書における主観評価

Figure 3 Subjective evaluation in reading without wearable air conditioner

Figure 4 Subjective evaluation in reading with wearable air conditioner

また、Empatica E4 リストバンドから得られる心拍変動指標を特徴量とし、ウェアラブルエアコンを使用しない場合の生体情報で Random Forest を用いて PMV を予測するモデルを作成しウェアラブルエアコンの有無について、予

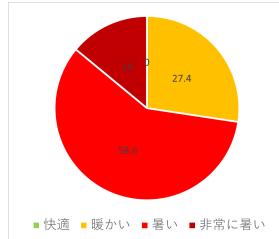


図 5 ウェアラブルエアコン無しの場合のラジオ体操における主観評価

Figure 5 Subjective evaluation in Radio gymnastics without wearable air conditioner

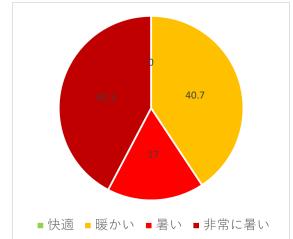


図 6 ウェアラブルエアコン有りの場合のラジオ体操における主観評価

Figure 6 Subjective evaluation in Radio gymnastics with wearable air conditioner

測を行った。その結果、ウェアラブルエアコンを使用しない場合と比べ、ウェアラブルエアコンを使用した場合、PMV が「暖かい」環境において、「快適」環境であると予測した割合が 20% 上がった。一方、PMV が「暑い」環境においてが「暑い」環境であると予測した割合が 12% 上がっていた。これは、ウェアラブルエアコンを使用しない実験ではなかった温度 32°C、湿度 80% の待機時間があったためだと考えられる。

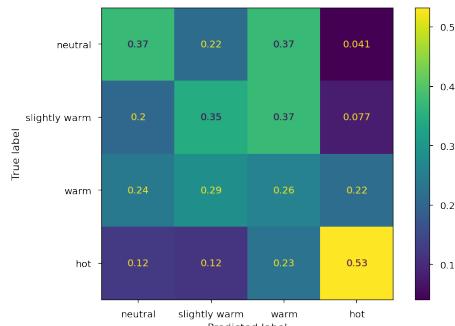


図 7 ウェアラブルエアコンを使用しない場合における温感覚の混同行列

Figure 7 Confusion Matrix of thermal sensation without wearable air conditioners

5. 結論

5.1. まとめ

読書における主観評価アンケートでは、ウェアラブルエアコン無しに比べ、ウェアラブルエアコン有りの場合、「非常に暑い」または「暑い」と感じている割合が減っていた。また、ラジオ体操における主観評価アンケートでは、ウェア

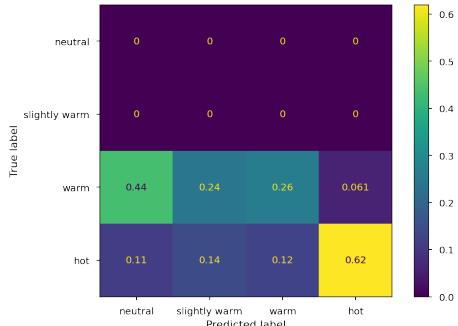


図 8 ウェアラブルエアコンを使用した場合における温熱感覚の混同行列

Figure 8 Confusion Matrix of thermal sensation with wearable air conditioners

ラブルエアコン無しに比べ、ウェアラブルエアコン有りの場合、「非常に暑い」または「暑い」と感じている割合が減っていた。機械学習の結果では、「暖かい」環境において、「快適」環境であると予測した割合が上がり、PMV が「暑い」環境においてが「暑い」環境であると予測した割合が上がっていた。したがって、ウェアラブルエアコンで頸部を冷やすことで、快適に感じるだけでなく、生体情報も快適な環境にいるような状態になる可能性が示唆された。しかし、「非常に暑い」に関しては、どちらもウェアラブルエアコン無しに比べ、ウェアラブルエアコン有りの方が「非常に暑い」と感じている割合は高かった。これらが起きた原因は実験開始時の違いによる差であると考えられる。ウェアラブルエアコンを使用しない実験では比較的涼しい部屋から暑い実験室に入ったのに対し、ウェアラブルエアコンを使用した実験では暑い実験室に入り 10 分間待機したのちに実験を行った。この差によって、主観評価での「非常に暑い」の割合の変化などが起きたと考えられる。

5.2. 今後の展望

本研究では生体信号のみを用いて温熱快適性を予測している。Empatica E4 リストバンドで得られる加速度情報や表面体温情報などを追加して精度が上がるか検証していく。さらに、生体信号に影響を与えていたのが熱ストレスだけではなく作業による精神ストレスの影響があるのか検証していく必要がある。また、今後はより正確な比較ができるように、実験の前後での温湿度状況を同じものにし実験数を増やしていきたい。

6. 謝辞

本研究は、セコム科学技術振興財団研究助成金の支援を受けて実施した。実験は、株式会社富士通ゼネラルの協力

のもとに実施された。実験プロトコルは、青山学院大学倫理委員会の承認を得た (H21-009)。

参考文献

- [1] 厚生労働省年齢（5歳階級）別にみた熱中症による死亡数の年次推移（平成7年～令和3年）～人口動態統計（確定数）より、<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/tokusyu/necchusho21/dl/nenrei.pdf> (2021). (参照日 2023/1/1).
- [2] 千葉友樹, 高橋幹雄, 黒木友裕, 和田一樹, 天野健太郎, 桑山絹子局所冷却行為による暑熱ストレス軽減効果の予測手法に関する研究（その1）警部冷却時の生理反応の検討, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, Vol. 6, pp. 37–40 (2019).