

氏 名	辻 道夫
学位(専攻分野)	博 士 (学 術)
学 位 記 番 号	博 甲 第 7 3 6 号
学位授与の日付	平成 27 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	工芸科学研究科 生命物質科学専攻
学 位 論 文 題 目	高温・輻射環境下運動時における着衣条件と温熱ストレスに関する実験的研究
審 査 委 員	(主査)准教授 芳田哲也 教授 中島敏博 教授 野村照夫 教授 常岡秀行

論文内容の要旨

近年、熱中症の予防対策として湿球黒球温度(Wet Bulb Globe Temperature, WBGT)を温熱指標とし、関係省庁やスポーツ団体等では環境温度への配慮や水分補給の重要性等の熱中症予防指針を作成して予防活動が進められている。しかし、着衣に関しては明確な指針が示されておらず、運動時の着衣形態は半袖や長袖、上半身裸体など各個人の判断に委ねられているのが現状である。本研究では夏季グラウンドの環境条件をナイター用照明や扇風機を用いて再現し、高温・輻射環境下運動時における着衣条件と温熱ストレスについて定量的に解析している。

第 1 章では、本研究の背景と目的を述べている。その中で、近年における熱中症死亡数の動向や、WBGT による温熱ストレスの評価、スポーツウェアの蒸発と通気性に関する特徴や色の違いによる生理的反応について解説している。また、これまでの研究の問題点として着衣条件に加えて太陽の輻射熱や気流など、暑熱障害が多発する WBGT28℃以上の自然環境を総合的に再現して運動時の温熱ストレスについて検討した研究はあまり見当たらないことを述べている。

第 2 章では、暑熱障害が多発する WBGT28℃以上の夏季のグラウンドに近い輻射熱と気流を再現した実験室において、着衣条件の違いによる軽・中程度運動時の温熱ストレスの差異について比較・検討を行っている。その結果、運動前安静時の貯熱量は長袖・半ズボンの白色スポーツウェア着用条件が水泳パンツのみの半裸体条件よりも低値を示した。また軽運動時の貯熱量はスポーツウェアと半裸体条件が同じであったが、中程度運動時ではスポーツウェアが高値を示した。さらに中程度運動時の心拍数や主観的運動強度、温冷感、食道温上昇はスポーツウェアが高値を示したが、軽運動時には着衣条件間で同様の傾向を示した。したがって WBGT28℃以上の輻射・有風下において、①スポーツウェアの着用は半裸体条件に比べて安静時の貯熱量を軽減することが出来る、②軽運動ではスポーツウェア着用条件の温熱ストレスは半裸体条件と同様であるが、中程度運動ではスポーツウェア着用が半裸体よりも生理的・心理的な温熱ストレスを高めることが示された。

第 3 章では、四肢部露出の有無が運動時の温熱ストレスに与える影響を解析している。実験の背景として、夏期に実施されるスポーツ活動の多くはスポーツウェア着用が一般的であり、水泳やボクシングのように半裸体で実施するスポーツは極めて少ない。つまりスポーツウェアの多くは体幹部を衣服で覆われているため、四肢部露出の有無(半袖・半ズボンと長袖・長ズボンの違い)が夏期運動時の熱放散に関与して温熱ストレスの程度を決定する重要な要因と考えている。そこで、第 3 章では WBGT28℃以上の屋外グラウンドに類似した無風・太陽輻射環境下の運動時において、四肢部露出の有無が体温調節反応に与える影響を実験的に検討した。その結果、軽度及び中程度運動時における体温調節反応や、運動後半の主観的感覚は四肢部露出の有無による顕著な差異は認められなかった。しかし、四肢部を衣服で覆った場合、両運動時の上腕・前腕・下腿の皮膚温上昇度や軽運動時の心拍数は四肢部を露出した場合よりも低値を示した。したがって、WBGT28℃以上の輻射環境下による中程度運動時の温熱ストレスは四肢部露出の有無による顕著な差異は認められないが、軽運動時には四肢部を衣服で覆うことにより皮膚温や心拍数の上昇

を抑制し、温熱ストレスを軽減できる可能性が示された。

第4章では WBGT28℃以上の輻射環境下におけるスポーツウェア着用について総括的に結論し、本研究の実験データは日本におけるスポーツ活動時の熱中症予防指針に資料提供が可能であることを示している。

論文審査の結果の要旨

近年、地球の温暖化を背景として運動現場や日常生活での熱中症の発生が危惧されている。本論文は暑熱障害のリスクが高まる湿球黒球温度(Wet Bulb Globe Temperature, WBGT)28℃以上の高温・輻射環境をナイター用照明や扇風機により再現して運動時における着衣条件と温熱ストレスに関する実験的研究を実施し、スポーツウェアの着用や四肢部を衣服で覆うことによる温熱ストレスの軽減効果について定量的に解析している。

本研究では、WBGT28℃以上の輻射・有風下において長袖・半ズボンの白色スポーツウェア着用は水泳パンツのみの半裸体条件に比べて安静時の貯熱量を軽減出来ること、また軽運動時ではスポーツウェア着用条件の温熱ストレスは半裸体条件と同じであるが、中程度運動ではスポーツウェア着用が半裸体よりも生理的・心理的な温熱ストレスを高めることを示した。この研究成果は、運動時におけるスポーツウェア着用時の温熱ストレスは運動強度により異なることを定量的に解析したもので、十分な新規性と独創性を有し学術的価値は高いと認められる。

さらに、WBGT28℃以上の輻射・無風環境下における中程度運動時の温熱ストレスは四肢部露出の有無による顕著な差異は認められないが、軽運動時には四肢部を衣服で覆うことにより皮膚温や心拍数の上昇を抑制し、温熱ストレスを軽減できる可能性を示した。これらの研究成果は日本におけるスポーツ活動時の熱中症予防指針へ資料提供が可能であり、学術的にも社会的にも高く評価できるものと認められる。

以上より、本論文は学術論文として十分な内容を備えていると判断できる。

なお、本論文の研究内容は以下の2編の学術論文としてまとめられ、すでに掲載されている。そのいずれも申請者が筆頭著者である。また、参考論文として1編の学術論文が公表されている。

I. 本学位論文の基礎となった学術論文

1. Tsuji, M., Kume, M., Tuneoka, H., Yoshida, T. (2014) Differences in the heat stress associated with white sportswear and being semi-nude in exercising humans under conditions of radiant heat and wind at a wet bulb globe temperature of greater than 28C. International Journal of Biometeorology, 58:1393-1402. DOI 10. 1007 / s00484-013-0722-3
2. 辻 道夫, 久米 雅, 芳田 哲也 (2015) WBGT28℃以上の輻射環境下における四肢部露出の有無が運動 時の温熱ストレスに与える影響. 日本生気象学会雑誌, 51: 127-139.

II. その他の学術論文

1. Demachi, K., Yoshida, T., Kume, M., Tsuji, M., Tsuneoka, H. (2013) The influence of internal and skin temperatures on active cutaneous vasodilation under different levels of exercise and ambient temperatures in humans. *International Journal of Biometeorology*, 57:589-596. DOI 10.1007/s00484-012-0586-y