

2021 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：室内環境

研究期間：2021 年度

課題番号：21213006

研究課題名（和文）：被験者の皮膚温特性と局所気流の好みに関する研究

研究課題名（英文）：Experimental Study on Skin Temperature Characteristics and Local Airflow Preference

研究代表者：東海大学 中野淳太

1. 研究の目的

2020 年度の共同研究課題（20202009）「吹き出し性状の異なる局所気流の体感効果に関する研究」において、被験者実験により好まれる局所気流の吹き出し性状に関する分析を行った。その結果、体感した 4 種の気流条件の順序に関係なく、体感的な気流の強さとその時の快適感によって、気流の好みを 4 群に分けることができた。各群の被験者の皮膚温には共通した特徴が見られ、被験者の部位別皮膚温の傾向が気流の好みに影響していたことが示唆された。

申請時の研究計画では、前年度の成果を発展させ、被験者実験により局所皮膚温の変動傾向と気流の好みの関係に着目した分析を行う予定であった。しかし、コロナ禍のために被験者実験の実施が困難となり、異なった視点から局所気流の熱的快適性評価を行うこととした。

温熱環境基準の ISO7730:2005¹⁾では首元の気流、ASHRAE55-2020²⁾では足元の気流に関するドラフト不満足者率予測式を示している。本研究では、温熱環境基準に示されているドラフトに相当する局所気流にサーマルマネキンを曝露し、放熱量と不満足者率の関係を明らかにすることを目的とした。

2. 研究の方法

実験は 2021 年 12 月 10、11 日に東京工芸大学厚木キャンパス内の人工気候室にて行った。人工気候室の壁一面に 45cm 角のプラグファン 8×6 台により構成される気流生成装置が設置されており、インバータで個々に回転数制御ができるようになっている。温湿度は 24°C、50% に設定し、実験を行った。人工気候室の平面図を図 1 に示す。

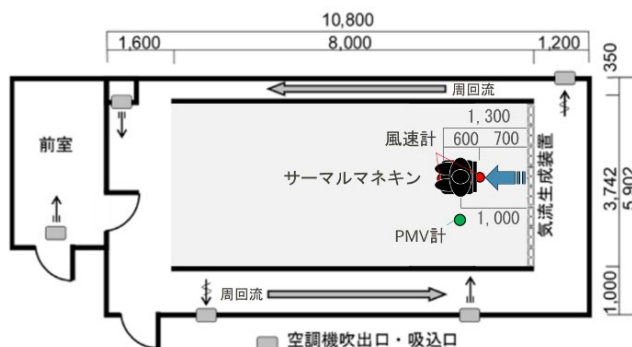


図 1 人工気候室 平面図

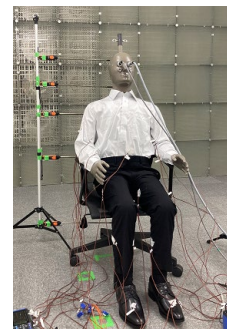


図 2 サーマルマネキン実験風景

本実験で使用したサーマルマネキンは、各々独立した 20 個の部位ごとに、皮膚表面温度・放熱量の測定が可能である。冬のオフィスの男性着衣を想定し、ランニングシャツ・長袖ワイシャツ・下着・スラックス・靴下・革靴を着用させ、メッシュチェアに座らせた状態で測定を行った。また、皮膚温を 33°C 一定制御とし、26 カ所に着衣の上から熱電対を貼り付けて着衣表面温度を測定した。実験風景を図 2 に示す。

マネキンを気流生成装置から 1m の位置に背面から気流が当たるように配置した。気流なし(裸体時・着衣時) 2 条件・気流あり(着衣時) 6 条件の計 8 条件で実験を行った。気流条件を表 1 に示す。平均風速が等しく、乱れの強さの異なる気流を再現するのに sin 波の振幅を調整した。

首元は高さ 1.1m、足元は高さ 0.2m のファンを 1 台ずつ稼働させた。各気流条件の 30 分前から気流に曝露し、温度の安定した 1 時間の平均値を分析に用いた。各条件における曝露部位高さにおけるの気流速度の変動を図 3 に示す。

表 1 気流条件

条件名	曝露部位	平均風速[m/s]	乱れ[%]
気流なし(裸体)	-	0.05	-
気流なし(着衣)	-	-	-
首 3-20	首元	定常風	0.3
首 3-50		変動風(sin波)	0.3
首 5-20		変動風(sin波)	0.5
首 5-50		変動風(sin波)	0.5
足 3-20	足元	定常風	0.3
足 5-20		定常風	0.5

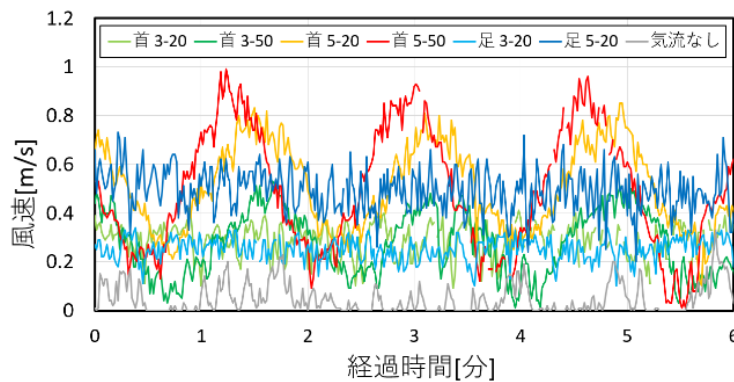


図 3 各条件曝露部位高さにおける気流変動

3. 研究成果

3.1 着衣量

気流なし条件の放熱量を図 4 に示す。着衣時は、着衣部位のみ放熱量が小さくなり、特に背中・足で小さくなった。部位ごとの着衣量³⁾を図 5 に示す。全身の着衣量は 0.50clo であったが、ドラフトを感じやすい頭・顔・下腿の着衣量が小さくなることがわかった。

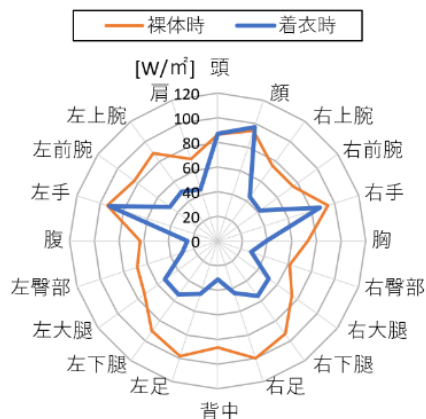


図 4 放熱量(気流なし)

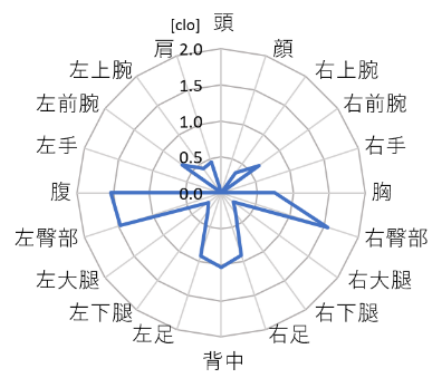


図 5 部位別着衣量

3.2 放熱量と総合熱伝達率

条件ごとの全身の放熱量を図 6 に示す。気流速度が大きくなるにつれて放熱量が増加していた。気流の乱れの強さによる放熱量の差は、全身で 0.6W 以下と小さかった。

部位ごとの放熱量を図 7 に示す。首元条件では特に頭で平均風速による差が大きくみられ、足元条件では下腿で差がみられた。これらの部位は着衣量が小さく、直接気流が当たる箇所と

いう共通点がみられた。部位別でも気流の乱れによる差は見られなかった。

部位別の総合熱伝達率を図8に示す。首元条件では、肩・頭が大きくなり、足元条件では、足・臀部が大きくなっていった。

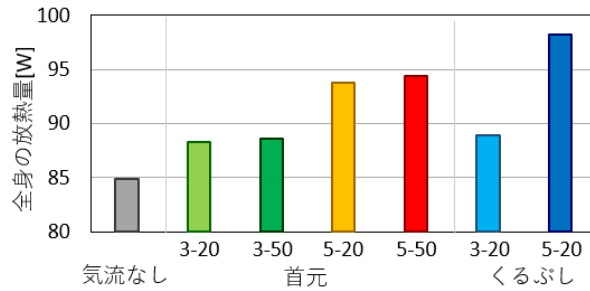


図6 全身放熱量

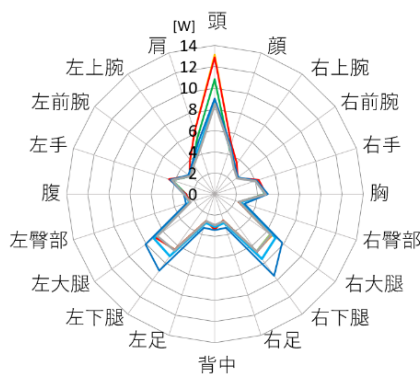


図7 部位別放熱量

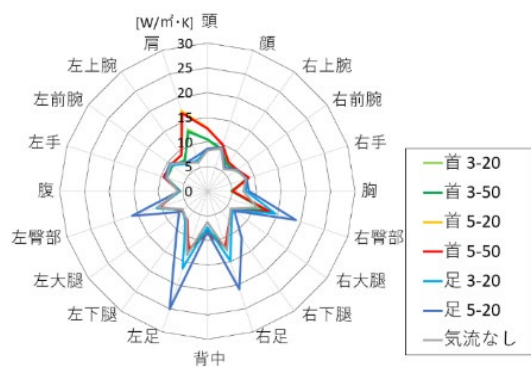


図8 部位別総合熱伝達率

3.3 放熱増加量と不満足者率

気流なし条件を基準とした部位別の放熱増加量と不満足者率の関係を分析した。首元風速に対する頭の放熱増加量と不満足者率を図9に示す。放熱量には乱れによる差は見られず、風速に対してほぼ線形に増加していた。しかし、不満足者率は指数関数的に増加し、風速が増えるにつれて乱れ20%と50%の差が拡大していった。頭の放熱増加量に対する不満足者率を図10に示す。不満足者率の増え方は、風速と放熱増加量で傾向が一致していた。

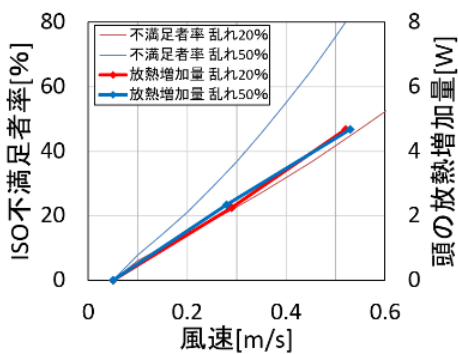


図9 風速と頭の放熱増加量・不満足者率

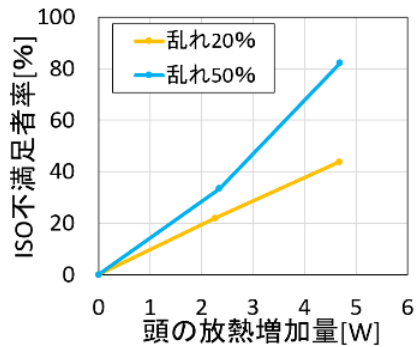


図10 頭の放熱増加量と不満足者率

足元風速に対する下腿の放熱増加量と不満足者率を図11に示す。PMVが-0.69だったため、風速が0でも約16%の不満足者率であった。風速と共に放熱量が増加し、増え方も大きくなっていった。下腿の放熱増加量と不満足者率を図12に示す。放熱量が大きくなるにつれて不満足者率の増加量は鈍化していた。気流なし時の頭の放熱量が8W、下腿が13Wであったため、同じ放熱増加量でも首元への影響が大きいと考えられる。

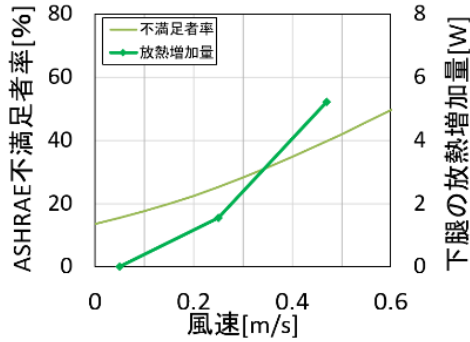


図 11 風速と下腿の放熱増加量・不満足者率

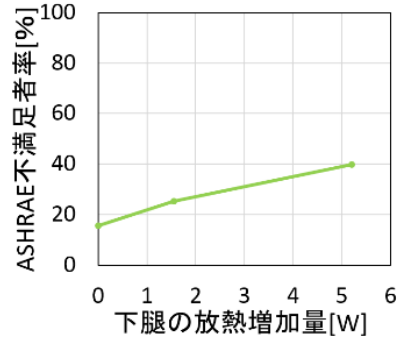


図 12 下腿の放熱増加量と不満足者率

3.4 放熱量の振幅と不満足者率

首元条件の放熱量を図 13 に示す。風速が大きいと気流の乱れが小さくても放熱量の振幅が大きかった。放熱量の振幅と不満足者率を図 14 に示す。平均風速が同じでも、乱れが強くなると振幅も大きくなり、不満足者率も増えていた。

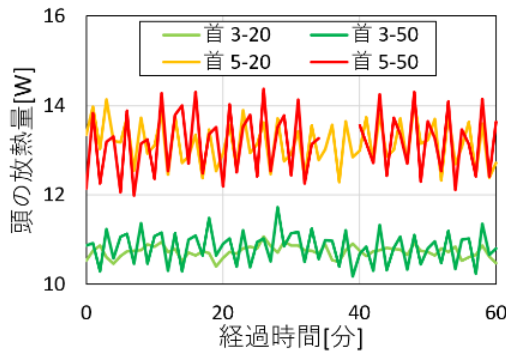


図 13 首元放熱量の経時変化

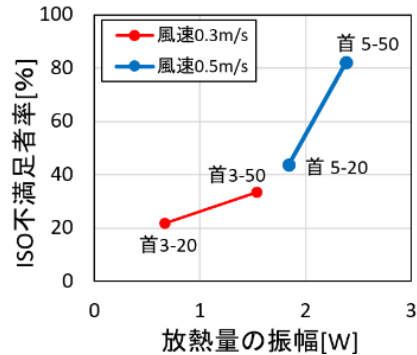


図 14 放熱量の振幅と不満足者率

3.5 まとめ

ドラフトを感じやすい部位は着衣量が小さく、放熱量が大きかった。ドラフトの影響を受ける部位の放熱量の増加に伴って、不満足者率も増加していたが、首元での増え方が顕著であった。同じ平均風速でも放熱量の振幅が大きくなると不満足者率が高くなったと考えられる。

参考文献

- 1) ISO, ISO7730:2005, 2005
- 2) ASHRAE, ASHRAE55-2020, 2020
- 3) 田辺ら, 快適な温熱環境のしくみと実践, 空気調和・衛生工学会, 107-124, 2019

4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

〔学会発表〕(計 2 件)

中野淳太、山本佳嗣：吹き出し性状の異なる局所気流が熱的快適性に与える影響に関する研究(第1報)熱的快適域における気流、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、2020年12月

2. 研究組織

(1) 研究代表者

中野淳太 (東海大学・工学部建築学科・准教授)

(2) 研究分担者

1. 山本佳嗣 (東京工芸大学・工学部工学科建築コース・准教授)
2. 佐久間寛嗣 (東海大学・工学部建築学科・学部4年)
3. 佐藤 勲武 (東海大学・工学部建築学科・学部4年)

6. 要約(Abstract, 英文)

Experimental Study on Skin Temperature Characteristics and Local Airflow Preference
 Junta Nakano (Associate Professor, Department of Architecture, Tokai University, D.Eng)

Due to the difficulty of conducting subject experiments during the corona disaster, the thermal comfort of the local airflow was evaluated from a perspective different from the original research scheme. This study aims to determine the relationship between local body heat loss and draft rate by exposing a thermal manikin to local airflow corresponding to the draft risks indicated in the thermal comfort standards, ISO7730:2005 and ASHRAE 55-2020.

Experiments were conducted in December of 2021 at a climate chamber in Tokyo Polytechnic University. Thermal manikin dressed in winter office attire, namely a long-sleeve shirt, underwear, slacks, socks, and shoes, was set on a mesh office chair and exposed to local airflow at the neck and the ankle from the backside. The room air temperature was 24 °C, and the skin temperature of the manikin was controlled at 33 °C. The six airflow conditions consisted of a combination of exposure areas (neck, ankle), mean air velocity (0.3m/s, 0.5 m/s), and turbulence intensity (20%, 50%).

The local body areas with high draft risks tended to have smaller local clothing values and larger heat loss. The draft rate increased with heat loss in the draft-sensitive areas, but the increase was more pronounced in the neck area. The draft rate increased as the amplitude of heat loss increased at higher turbulence intensity with the same mean air velocity.

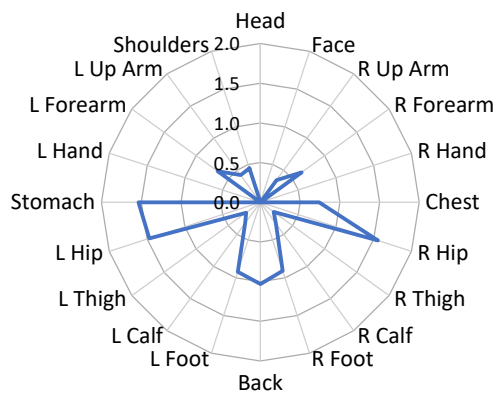


Fig.1 Local clothing insulation (clo)

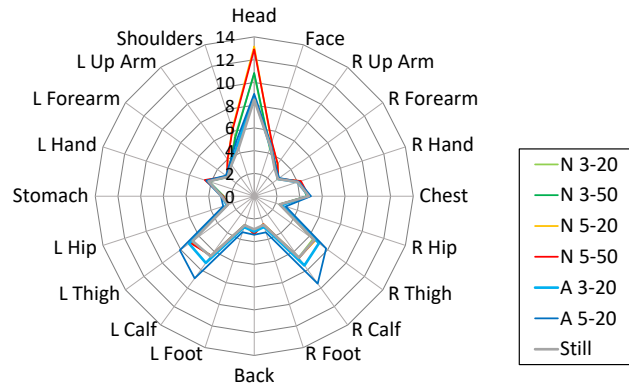


Fig.2 Local body heat loss due to draft (W)

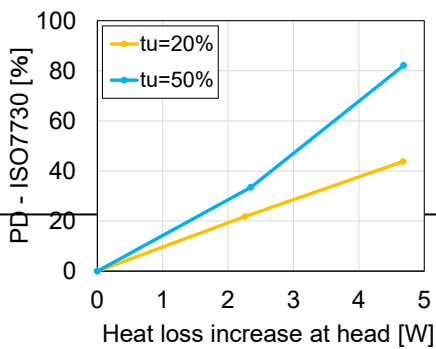


Fig.3 Heat loss increase and draft rate

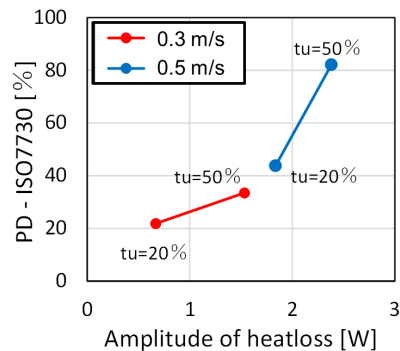


Fig.4 Amplitude of heat loss and draft rate