

2022 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：	2022 年度
課題番号：	22225001
研究課題名（和文）：	サーマルマネキンを用いたドラフトの熱的影響評価に関する研究
研究課題名（英文）：	Evaluation of Thermal Effect of Draft Using Thermal Manikin
研究代表者：	東海大学建築都市学部建築学科 中野 淳太
交付決定額（当該年度）：	0 円

1. 研究の目的

ISO7730¹⁾では首元の気流、ASHRAE55²⁾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。着衣量は無風状態で測定するのが一般的である。しかし、ドラフトが発生している場合は局所的に着衣量が低下し、熱伝達率も増加していると考えられる。ドラフトによる不快感の評価には、これらの物理的な人体影響を考慮した上で評価を行うのが適切と考えられる。そこで本研究は、局所気流による着衣量及び熱伝達率への影響を明らかにすることを目的とする。

2. 研究方法

2022 年 11 月 26、29 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なった。

2.1 人工気候室

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。

2.2 サーマルマネキン

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。

2.3 気流条件

マネキンを気流生成装置から 1 m の位置に背面から気流が当たるように配置した。局所気流は、首元気流と足元気流の 2 種類とした。首元は高さ 1.1 m、足元は高さ 0.2 m のファンを 1 台ずつ稼働させた。首の後ろ、踵の後ろを測定位置とし、定常風の平均気流速度が 0.2、0.4、0.6、0.8 m/s となるようにファンの回転数を制御した。これに無風(裸体時・着衣時) 2 条件を加え、計 10 条件で実験を行った。各気流条件につきマネキンの放熱状態が安定するまで 30~120 分間気流に曝露し、最後の約 10 分間の平均値を分析に用いた。

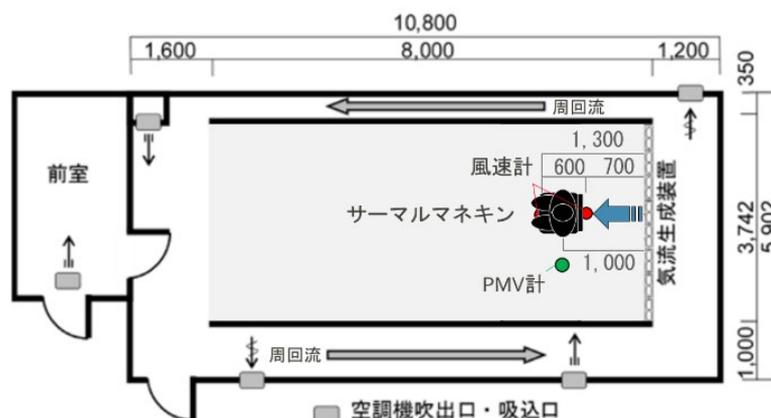


図 1 人工気候室

3. 研究成果

3.1 着衣量

全身の着衣量を図2に示す。無風時の着衣量は、0.29 cloであったが、0.2 m/s 条件では、首元気流も足元気流も無風時とほぼ差がなかった。しかし、それより気流速度が高くなると、着衣量は低下する傾向が見られ、0.4 m/s では首元気流も足元気流も 0.04 clo 以上の低減効果が見られた。首元気流では0.6 m/s 時に 0.15 clo になり、それ以上の変化はなかったが、足元気流では気流速度が増えるにつれて着衣量が低下していた。首元気流と足元気流の部位別着衣量を図3に示す。無風時において、服を着ている部位では、大腿、下腿、上腕の着衣量が小さかった。首元気流により変化の大きかった部位は、肩、上腕、背中であり、最大 0.5 clo の差が背中で見られた。足元気流では、下半身全体で着衣量が低下しており、どの部位も 0.4 clo ほど着衣量が低下していた。どちらの気流も 0.4 m/s から 0.6 m/s に変わるときに大きな着衣量の低下が見られたものの、0.6 m/s から 0.8 m/s への変化では差が小さかった。

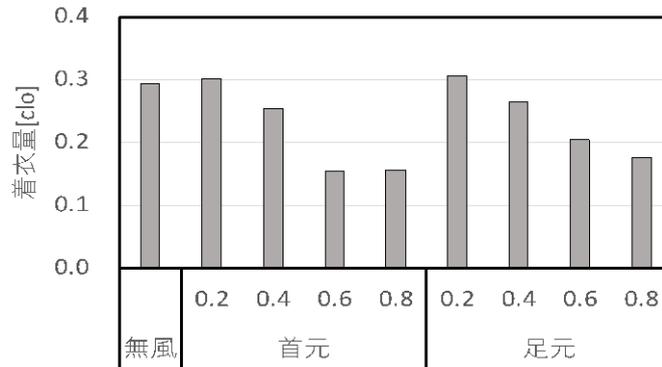


図2 全身着衣量

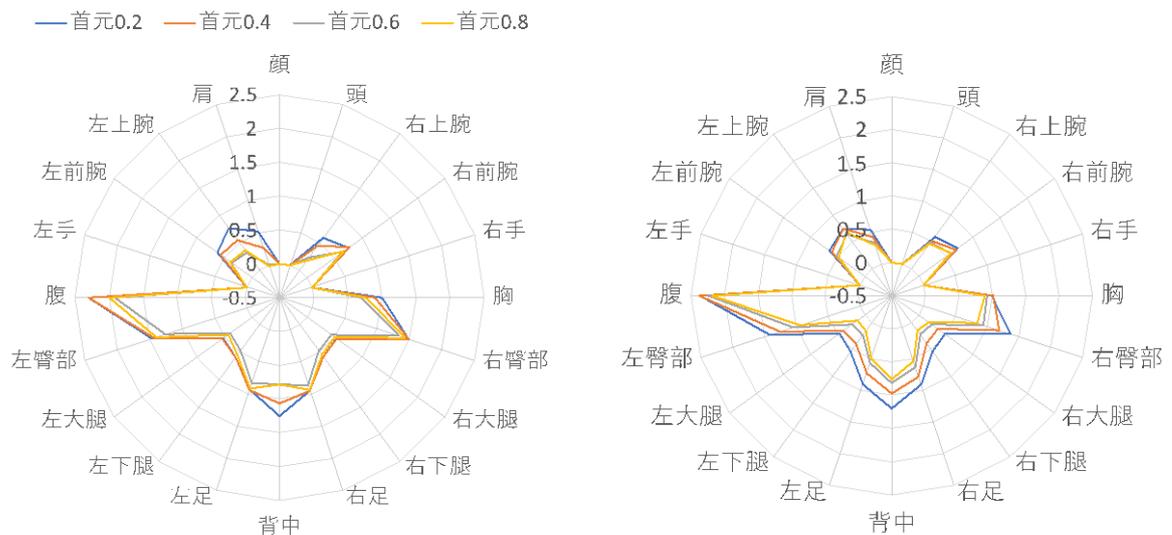


図3 部位別着衣量 (左：首元気流 右：足元気流)

3.2 総合熱伝達率

全身の総合熱伝達率を図4に示す。無風時の総合熱伝達率は、8.3 W/m²Kであった。気流速度が高くなると、足元気流では気流速度に比例して総合熱伝達が増加していたのに対し、首元気流では指数関数的に総合熱伝達が増加し、0.6 m/s で上限の 10.4 W/m²K に達していた。これは首元気流の方が全身に当たる面積が広く、熱的な影響が大きかったためと考えられる。

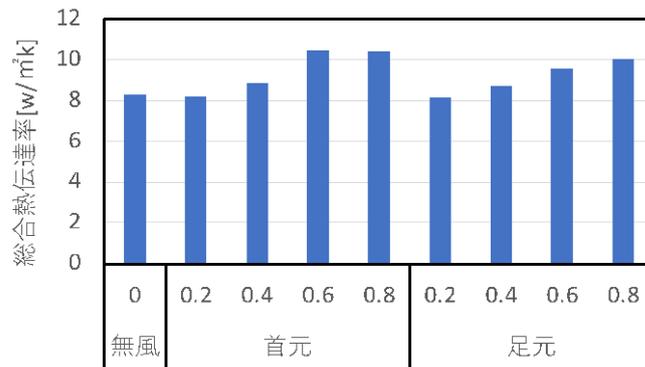


図4 全身の総合熱伝達率

3.3 対流熱伝達率

全身の対流熱伝達率および総合熱伝達率に対する対流熱伝達率の比率を図5に示す。気流のない状態での対流熱伝達率は $3.8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ であり、総合伝達率に対する比率は 0.45 であった。気流による対流熱伝達率の増加傾向は総合熱伝達率とほぼ変わらず、首元気流は指数関数、足元気流は比例で増加していた。対流熱伝達率の比率が 0.5 を超えるのはどちらの気流も 0.6 m/s 以上であった。

部位別対流熱伝達率を図6に示す。首元気流による変化の大きかった部位は顔、頭であり、頭で最も大きい $10.0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ の差が見られた。足元気流では下腿、大腿に大きな差が見られ、どちらも $2.0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ の差であった。

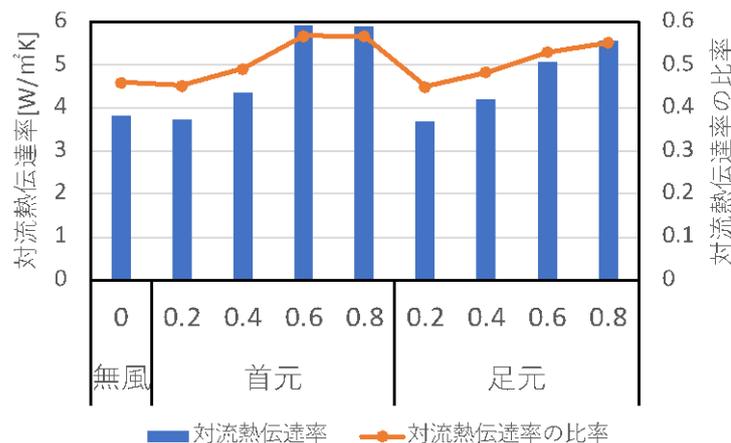


図5 全身対流熱伝達率

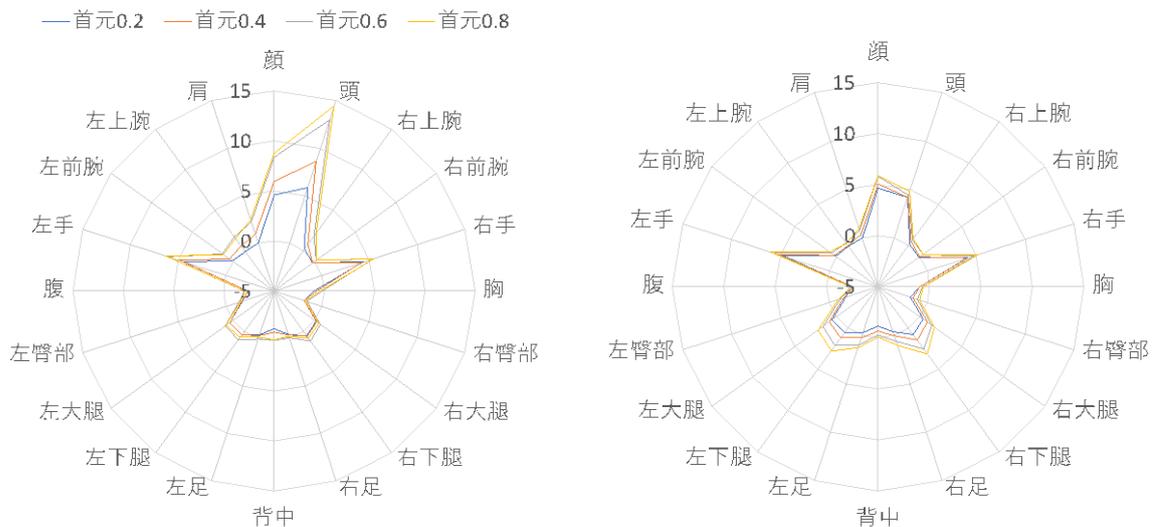


図6 部位別対流熱伝達率 (左:首元気流 右:足元気流)

3.4 まとめ

足元の気流速度は、着衣量の低下と対流熱伝達率の増加に比例的に作用しており、低風速から熱的影響が大きいことがわかった。首元気流は曝露暴露される体表面積が大きいため、低風速での影響は小さいが、0.6 m/s を超えると着衣量の低下と対流熱伝達率の増加に指数関数的に作用することがわかった。

参考文献

- 1) ISO, ISO7730:2005, 2005
- 2) ASHRAE, ASHRAE55-2020, 2020

4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

- 1.
- 2.

〔学会発表〕(計 0 件)

- 1.
- 2.

〔図書〕(計 0 件)

- 1.
- 2.

〔その他、産業財産権、ホームページ等〕

- 1.
- 2.

5. 研究組織

(1) 研究代表者

東海大学建築都市学部建築学科・准教授 中野淳太

(2) 研究分担者

1. 東海大学大学院工学研究科建築土木工学専攻・修士課程 福田大輔
2. 東海大学工学部建築学科・学部4年 今田朋弥

6. 要約 (Abstract, 英文)

Evaluation of Thermal Effect of Draft Using Thermal Manikin

Junta Nakano (Associate Professor, Department of Architecture, Tokai University, D.Eng)

Thermal comfort standards ISO 7730 and ASHRAE 55 provide air velocity limits for airflow at the neck and feet, respectively. Clothing insulation is basically measured under still air conditions, but the local clothing insulation decrease, and the heat flow rate increases with increased air velocity. The objective of this study is to clarify the thermal effects of draft on local clothing insulation and heat transfer coefficient.

Thermal manikin dressed in winter attire was set on a mesh chair, 1 m away from the local airflow generator. The skin temperature was controlled at 33°C, and thermocouples were attached to the garments at 26 locations to measure the garment surface temperature. The manikin was exposed to airflow at the neck and the ankle with air velocity conditions of 0.2, 0.4, 0.6, and 0.8 m/s.

The whole-body clothing insulation was 0.29 clo without airflow, and the values were similar for 0.2 m/s condition, both at the neck and ankle (Figure 1). Clothing insulation decreased proportionally with increased ankle airflow, while the value decreased exponentially for neck airflow.

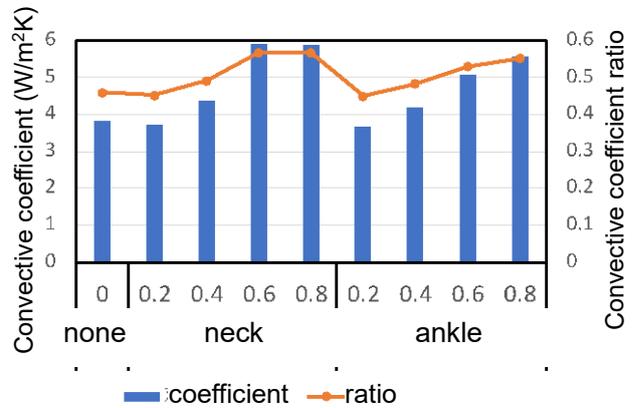
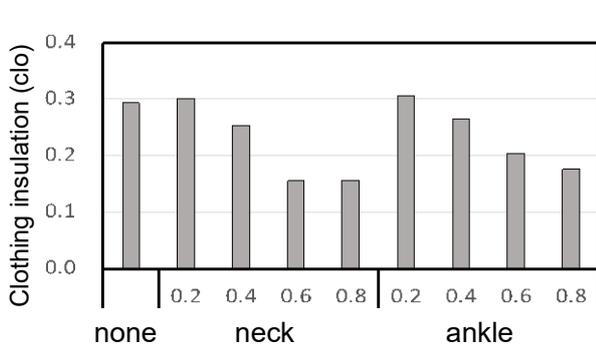


Figure 1. Whole body clothing insulation

Figure 2. Whole-body convective heat transfer coefficient

The whole-body convective heat transfer coefficient without airflow was 3.8 W/m² K, and the ratio to the overall transfer coefficient was 0.45 (Figure 2). The value increase was proportional to increased ankle airflow and exponential for neck airflow. The ratio of the convective heat transfer coefficient exceeded 0.5 for both airflows above 0.6 m/s.