

Basic Studies on Thermal Ergonomics of Clothing for Human Comfort and Performance

胡, 少営

<https://hdl.handle.net/2324/4110514>

出版情報 : Kyushu University, 2020, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :

権利関係 : Public access to the fulltext file is restricted for unavoidable reason (3)



氏 名 : 胡 少 営

論 文 名 : Basic Studies on Thermal Ergonomics of Clothing for Human Comfort and Performance (人間の快適性とパフォーマンスのための衣服の温熱人間工学に関する基礎研究)

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

人々はさまざまな温度環境で生活または仕事をしているが、人間の快適性とパフォーマンスは気温によって変化する。室内の不快感と過剰なエネルギー使用は、空調の過冷房または過暖房によるものであると世界中で報告されている。衣服は、居住者が温熱環境に適応するための最も効果的で省エネルギーな調整であると考えられている。したがって、この論文の主題は、気温と衣服の影響に注目することによって、人間の快適性とパフォーマンスのための衣服について温熱人間工学の観点から研究することです。主な目的として (1) 季節ごとの衣服の適応特性と熱的快適性を調査すること、(2) 気温と衣服のさまざまな組み合わせの下での人間の快適性、パフォーマンス、および関連する生理学的反応を調べること、(3) 人間の快適性とパフォーマンスのための衣服の温熱人間工学における性差や部位差を調べること、とした。

これらの目的を達成するため、日本人大学生を対象として、人間の快適性とパフォーマンスに関連するモデルに基づいて、1年間のフィールド調査(目的(1)および(3))および2つの実験室研究(目的(2)および(3))を実施した。主な結果は次のように要約される。

フィールド調査の結果: 衣服に関する項目(特に着衣量とクロー値)は、主に気温の季節変化のため、季節によって変化した。夏季においては安定性が認められた。ほぼ温熱的中立で快適な状態にもかかわらず、屋内の温冷感、温熱的希望度、温熱的受容度には明らかな季節的影響が認められた(特に夏季)。また、夏季に女性は屋内が涼しく、屋外が快適であると感じたが、男性は屋内で徐々に快適度が上昇した。衣服と熱の主観申告は、性別によって相互に影響し、季節の変動に適応した。

実験室研究の結果: (1) 寒冷暴露(特に低い衣服レベルと組み合わせた場合)は、手の運動能力を損なうが、注意レベルを増加させた。計算テストのパフォーマンスは、テストの開始時に影響を受ける傾向があった。衣服の影響と快適さの部位差は、特に寒い条件で明らかであり、また、参加者は、暑い条件と比較して、寒い条件では覚醒度が高く不快感が少なく、0.9 clo よりも 0.3 clo の方が不安定であると感じた。体温、特に皮膚温度は、気温が高くなると上昇し、寒冷暴露中では衣服のクロー値の影響を大きく受けた。(2) 認知課題パフォーマンスと感情の両方は、男女で類似していた。0.6 clo-U (0.3 clo に上半身のみ 0.3 clo の着衣を追加) 条件において、注意課題と計算課題のパフォーマンスは、他の衣服条件よりも持続的に高かった。衣服は、16°Cで眠気と快適性のレベルを増加させた。寒冷暴露中、男性は女性よりも LF/HF が高く、P300 潜時が長かった。平均皮膚温は、衣服、特に上半身の衣服のクロー値の上昇とともに増加し、衣服の体温への影響は上半身と下半身で異なった。人間のパフォーマンスへの衣服の影響は、主観的な知覚と生理学的反応に関連していた。

これらの発見は、いくつかの制限にもかかわらず、衣服の温熱人間工学に関する適応特性、快適性、パフォーマンス、および生理学的な反応に関連する新しい証拠を提供した。この論文は、人間の快適性とパフォーマンスのための温熱人間工学の理解を促進し、さまざまな温熱環境のための衣服の将来の設計への応用が期待される。

氏 名 : 胡 少 営

論 文 名 : Basic Studies on Thermal Ergonomics of Clothing for Human Comfort and Performance (人間の快適性とパフォーマンスのための衣服の温熱人間工学に関する基礎研究)

区 分 : 甲

Abstract of Dissertation

People live or work in various temperature environments, whereas human comfort and performance may change with varying air temperatures. Indoor discomfort and excessive energy use have been reported worldwide due to air conditioning over-cooling or over-heating. Clothing is considered to be a most effective and energy-saving adjustment for occupants to adapt to thermal environments. Thus, the main aim of this thesis was to investigate the thermal ergonomics of clothing for human comfort and performance by focusing on the effects of air temperature and clothing. The main objectives were: (1) to investigate participants' seasonal adaptive characteristics of clothing and thermal comfort; (2) to examine human comfort, performance, and the related physiological responses under different combinations of air temperature and clothing; (3) to explore gender and local differences in thermal ergonomics of clothing for human comfort and performance.

To address these objectives, a series of field studies across a year (objectives (1) and (3)) and two laboratory studies (objectives (2) and (3)) were conducted using Japanese college students as participants in a systematic way based on the models related to human comfort and performance. The main results of this thesis were summarized as follows.

Concerning the field studies: Clothing items (especially amount and insulation) changed with seasons, mainly due to air temperature, but kept stable in summer. Despite almost thermoneutral and comfort conditions, obvious seasonal effects existed in indoor thermal sensation, thermal preference, and thermal acceptability, especially for summer, in which females felt cooler indoors and more comfortable outdoors, but males showed improvement in thermal comfort indoors. Clothing and thermal feelings influence each other by gender to adapt to seasonal variation.

Concerning the laboratory studies: (1) Cold exposure (especially when combined with lower clothing levels) undermined manual motor performance, but increased attention levels. Calculation test performance tended to be affected at the beginning of the test. There were noticeable clothing effects and local differences for comfort, especially in the cold; moreover, under cold conditions, participants felt more alert and less uncomfortable compared to hot conditions, and showed more instability in 0.3 clo than 0.9 clo. Body temperature, particularly skin temperature, increased with increasing air temperature and was significantly influenced by clothing insulation during cold exposure. (2) Both cognitive performance and emotions showed gender similarity. 0.6 clo-U (0.3 clo (baseline) and 0.3 clo upper-body clothing) showed higher sustained attentional performance and calculation test performance than other clothing conditions. Clothing increased sleepiness and comfort levels at 16 °C. Males showed higher LF/HF and higher P300 latencies than females during cold exposure. Mean skin temperature increased with increasing thermal insulation of clothing, especially the upper-body clothing; the upper-lower clothing difference induced different effects on thermoregulation. The effects of clothing on performance were associated with subjective perceptions and physiological responses.

These findings provided novel evidence related to adaptive characteristics, comfort, performance, and physiological responses for thermal ergonomics of clothing despite some limitations. This thesis is expected to advance understanding of thermal ergonomics for human comfort and performance, and aid in the future design of clothing for various thermal environments.