

博士論文（要約）

温熱環境下における
作業者の覚醒度と熱的快適感の相互作用に基づく
生理指標の特性

郭 鐘声

「博士論文要約」

温熱環境下における作業者の覚醒度と熱的快適感の相互作用に基づく生理指標の特性

東京大学大学院 工学系研究科 機械工学専攻

37-147020 郭 鐘声

指導教員：小竹元基 准教授

KEYWORD：温熱環境，覚醒度，熱的快適感，作業パフォーマンス，自律神経，中枢神経

第1章「序論」

・研究の背景

- 室内空間で長時間作業を行う作業者の増加により，室内環境づくりが重要となっており，作業者の状態に影響を与える環境要素として，温熱環境に注目し，作業者が快適かつ高覚醒状態で作業できるような温熱環境設計が必要となる．

- 既存研究によると，覚醒度が高くなる温熱環境条件と，人が快適と感じる温熱環境条件は一致しないため，温熱環境を一定に制御することは覚醒度と熱的快適感の両方を向上させるための方策として適切ではないと考えられる．そこで熱的快適感には室内温度の変化に伴い瞬時に変化することに対し，覚醒度は外的刺激により高い状態が持続されることから，室内温度を変化させるにより，覚醒度と熱的快適感の両方を向上できる可能性があると考えた．

- その可能性の示した上で，具体的な制御方針を決めるため，室内温度の変化時における作業者の覚醒度と熱的快適感の関係性を明らかにする必要があるが，その際に，覚醒度と熱的快適感を連続的かつ定量的に評価可能な指標が必要となるが，今までの既存研究では覚醒度と熱的快適感が両方変化する場面における評価指標の検討はなされていない．

・本研究の目的

：作業者の覚醒度と熱的快適感の両方の向上を可能とする温熱環境設計を目指し，室内温度の変化における作業者の覚醒度と熱的快適感の関係性と，その相互作用下における生理指標の特性を明らかにする．

第2章「室内温度の変化時における作業者の生理反応過程」

・本研究にて対象とする室内温度の変化時における作業者の生理反応過程を整理した．

・その生理反応過程に基づき，作業者の覚醒度と熱的快適感の評価するための計測項目の選定した．

第3章「室内温度の変化が作業者の覚醒度と熱的快適感に及ぼす影響」

・目的：室内温度の変化による覚醒度と熱的快適感の両状態の向上への可能性を確認する．

・方法：室内温度が変化する幾つかの環境条件の中で，作業者の熱的快適感の主観評価値と覚醒度の主観評価値及び眠気評定値の時系列変化を特徴として捉え，それらの関連性を調べた．

- ・結果と考察

- 室内温度が変化する際における熱的快適感の変化

- : 熱的快適感は室内温度の変化に類似し変化する.

- 室内温度が変化する際における熱的快適感の変化

- : 熱的に快適と感じる熱的中立状態からの室内温度の低下に伴い, 覚醒度が上昇する. その後, 室内温度を熱的中立状態に戻しても高覚醒状態が維持することから, 室内温度の上下変動により, 作業者の覚醒度と熱的快適性の両状態を向上できる可能性を示した.

第4章「室内温度変化に伴う作業者の覚醒度と熱的快適感の相互作用下における生理指標の特性」

- ・目的: 覚醒度および熱的快適感の違いにおける生理指標の特性を明らかにし, 評価指標としての適用可能性を検討する.

- ・方法: 第3章の結果を参考にし, 覚醒度と熱的快適感が変化するように室内温度を変化させ, 熱的快適と不快, 高覚醒と低覚醒状態を組み合わせた4つの状態を作り, 各状態における自律神経系指標と中枢神経系指標の特性を調べた.

- ・結果と考察

- 中枢神経系指標の特性

- : 前頭葉部位の中枢神経系指標は覚醒度の影響のみを受けするため, 熱的快適感の状態に関係なく, 覚醒度を評価できる可能性がある. 頭頂葉周り(体性感覚葉)の中枢神経系指標と熱的快適感の影響と覚醒度の影響を両方とも受けることがわかった.

- 自律神経系指標の特性

- : 自律神経系指標は熱的快適感の影響と覚醒度の影響を両方とも受けることがわかった.

第5章「難易度が異なる作業時における室内温度の変化が覚醒度と熱的快適感および生理指標に及ぼす影響」

- ・目的: 作業難易度の違いが作業者の覚醒度と熱的快適感に及ぼす影響を明らかにした上で, 作業難易度の違いによる生理指標の特性を明らかにする.

- ・方法: 室内温度の変化と暗算作業の難易度の2要因による作業者の覚醒度と熱的快適感への影響と作業パフォーマンスについて調べた. 作業難易度の違いが第4章で検討した覚醒度と熱的快適感の違いによる生理指標の特性に及ぼす影響を調べた.

- ・結果と考察

- 作業難易度の違いが作業者の覚醒度と熱的快適感に与える影響

- : 単位時間当たりの情報処理量が多い作業を遂行することにより, 作業時の反応時間は長くなることが示された. 作業難易度が高い作業を行うほど, 覚醒度が高くなる傾向がみられた.

- 作業難易度の違いが生理指標に与える影響

- : 覚醒度と生理指標との関連性に関し, 前頭葉部位, 頭頂葉部位, 左側頭葉部位を中心とした脳波パラメータは, 眠気評定値との間に有意相関が認められ, 作業難易度が低い条件下では, それらの相関は強くなることが示唆された.

第6章「動作を伴う作業時における室内温度の変化が覚醒度と熱的快適感および生理指標に及ぼす影響」

- ・目的：複雑な連続的動作を伴う作業時における室内温度の変化に伴う作業者の覚醒度と熱的快適感の変化特性と、生理指標の特性を明らかにする。

- ・方法：連続的な動作を伴う運転作業を対象にし、室内温度の変化が運転時におけるドライバの覚醒度と熱的快適感、運転パフォーマンスに与える影響についてDS（Driving Simulator）実験により調べ、その際における生理指標の特性を調べた。

- ・結果と考察

- 室内温度の変化が熱的快適感と覚醒度および運転パフォーマンスに与える影響

: 熱的快適感は室内温度の推移に類似して変化する。室内温度の低下に伴い、覚醒度が上昇し、その後、室内温度を熱的中立状態に戻しても高覚醒状態が維持される。覚醒度の上昇により、運転パフォーマンスが向上する。

- 運転作業時における覚醒度および熱的快適感と生理指標との関連性

: 中枢神経系指標は、計測部位ごとに覚醒度のみに影響を受ける指標と、覚醒度と熱的快適感の両方の影響を受ける指標が混在する。また、自律神経系指標は、覚醒度と熱的快適感の両方の影響を受ける指標であることがわかり、暗算作業における結果と同様であった。動作を含む作業時においても覚醒度のみに影響を受ける指標を用い、覚醒度を評価できる可能性がある。

第7章「温熱環境設計への応用」

- ・第6章まで得られた知見を応用し、運転行動時におけるドライバの覚醒度と熱的快適感の両方を向上させるための温熱環境の一例を提案した。

- ・DS 実験を実施し、提案した温熱環境におけるドライバの熱的快適感と覚醒度および運転パフォーマンスを評価し、覚醒度と熱的快適感の向上に関する効果を調べた結果、熱的快適感と覚醒度の向上が確認でき、提案した温熱環境の有用性を示した。

第8章「結論」

- ・以上により、暗算作業と運転作業を対象とし、作業時における室内温度の変化時における覚醒度と熱的快適感の関係性と、その相互作用下における生理指標の特性について明らかにした上で、得られた知見に基づき温熱環境の一例を提案し、室内空間における温熱的要素の変化による作業者の覚醒度と熱的快適感の両方の向上への可能性を示す知見を得た。

- ・今後、属性ごとに温熱環境要素と覚醒度および熱的快適感の関係性を検討することにより、より精度よく、各属性に適した温熱環境設計が可能になると考えられる。また、着衣量の違いによる影響を含め、気流、輻射温度などの室内温度以外の温熱環境要素の影響について総合的に検討することにより、様々な生活シーンにおける作業者の覚醒度と快適感の向上を可能とする温熱環境設計が可能になると考える。これらにより、様々な生活シーンにおける覚醒度と熱的快適感の評価および室内温度制御などの応用への展開のための基礎的な知見となることを期待する。