

関西学院大学 研究成果報告

2021年 3月 12日

関西学院大学 学長殿

所属：理工学研究科
職名：博士研究員
氏名：張帆

以下のとおり、報告いたします。

研究制度	<input type="checkbox"/> 特別研究期間 <input type="checkbox"/> 自由研究期間 <input type="checkbox"/> 大学共同研究 <input type="checkbox"/> 個人特別研究費 <input checked="" type="checkbox"/> 博士研究員 ※国際共同研究交通費補助については別様式にて作成してください。
研究課題	生理情報を用いた室内快適性、生産性推定に関する研究
研究実施場所	感性価値創造研究センター
研究期間	2020年 4月 1日 ～ 2021年 3月 31日 (12ヶ月)

◆ 研究成果概要 (2,500字程度)

上記研究課題に即して実施したことを具体的に記述してください。

目的

室内空間で知的作業を行う作業者の増加により、室内快適性と生産性の改善が注目されている。その為、快適性と生産性の計測方法は不可欠である。従来のやり方では、質問表を用いた主観的指標をよく使用されたが、頻繁な質問は勤務の妨げになる他、仕事場で自分自身の生産性を評価するのは客観性が欠けるという問題がある。これに対して、生理指標に基づいた客観的な指標が必要と思われる。本研究では、生理指標を用いた快適性予測手法を開発するため、実用現場に近いPMVが一定の環境下で各年齢層参加者に通常業務をしてもらい、主観的快適性、個人属性、作業内容と生理指標を計測した。さらに、予測精度の向上方法について検討した。

方法

生理指標を用いた快適性、生産性予測手法を開発するため、室温が一定の環境下で参加者に通常勤務を行わせ、主観的快適性と各種生理指標を計測した。参加者はオフィスワーカー24名で、通常勤務を3時間行わせた。実験中は20分ごとに参加者に質問紙を送り、主観的快適性、主観的生産性、知的作業分類するための能力についての質問紙を回答させた。また、実験中に参加者の心電、両手の皮膚電気反応を計測した。実験後、心電データから心拍変動分析を行い、時間

域指標、周波数域指標とカオス解析指標を算出した。皮膚電気反応データから反応水準、反応頻度、強度を算出した。さらに、近年関連研究では皮膚電気反応には左右差が存在し、以前皮膚電気反応が計測出来ないと言われた感情価を計測が出来る可能性があると言われている。そのため、本研究では左右それぞれの皮膚発汗のピークを検出し、両手のピークをペアリングした上でピーク毎の振幅差、上昇時間差、発生時間差などの左右差指標を算出した。重回帰分析を用いて上述の生理指標と参加者の快適性・生産性の関係を分析した。

結果

心拍変動、皮膚電気反応指標及び健康、生活習慣情報、能力因子を用いて、主観的快適性を説明変数、その他の指標を独立変数として参加者全員について重回帰分析（最小BIC法）を行った。全参加者を対象とした回帰モデルは $R^2=0.65$ ($p<.0001$)の精度を示した。年齢、皮膚電気反応左右差指標とHRV指標が貢献していることが明らかになった。その中、影響強い要因は年齢、VLF、皮膚電気反応発生時間差である。年齢が大きければ主観的快適度が下がることを確認できた。VLFではよく体の熱調整に関連すると言われる。農業系の研究ではよくVLFを家畜にいる熱環境を評価するに使われる。しかし、今回の実験環境では熱環境は最適にするように一定化しているため、その機序に当てはまらないと考えられた。これに対して、Harunobu Usui (2017)らは温熱環境が一定の状態のVLF変化について調べた。被験者にストレス負荷（ストループ課題）を課せた時とその後のHRV変化を観察した。VLFはHFより遅れて低下し、課題後はゆっくり回復する傾向を確認した。VLFは炎症反応見たいな累積しやすいが回復が遅い性質を持っていると推測し、本研究において「疲労」に近い性質であると考えられる、そのような性質は快適性に繋がると見られた。皮膚電気反応発生時間差は、発汗反応のピークの左右差から生じた。今回計測したすべての生理指標と相関が見られず、また同じ被験者のその値は揃っている。先行研究によると、その値は個人に対してある程度の固定値であると言われる。心理、生理的意味が不明だが、何かの個人属性を表していると考えられる。

続いて、同じ手法で生産性の予測モデル構築を行った。回帰モデルは $R^2=0.57$ ($p<.0001$)の精度を示した。快適性のモデルと同じく年齢、VLFと左右差指標が影響している他、昼寝習慣も影響要素に入って、昼寝習慣がある方の生産性が5%低いことが分かった。

各生理指標因子と快適度の相関を求め、クラスター分析の結果、ストレス・覚醒指標と快適性の関係について正相関と逆相関二つのグループが現れた。同じ生理指標の変化に対して、主観的な感覚が異なることが判明した。そのグループ分けは論理的作業の適応性にも関連する。

考察

室内快適度と生産性は室内環境が一定の場合でも変化していることが判明した。PMV一定の状態下の快適度・生産性予測は可能と示している。以前の温熱環境が変化する研究からよく見られる自律神経系指標は殆ど効かないと見られる。可能性として、生理指標は年齢や個人の健康状況・生活習慣による影響が強いため、年齢や健康状態のばらつきが大きい本実験に向いてないと考えられる。各被験者の通常状態を表すキャリブレーションデータが必要とする。また、室温が一定のため、内面要因の快適度変化はメインとする。熱的快適度の生理反応は比較的に一致するが、内面要因の場合、作業の性質や快適の定義に差があるため、生産性と快適度の関係が人によって異なり、覚醒、疲労、ストレスなどの内面感覚に対する快か不快化かの認識が人によって異なると考えられる。生理指標因子と快適度のクラスター分析結果もその可能性を指摘している。

今後の課題

快適性予測の機序を明らかにするため、今回の予測モデルに適用したVLF、皮膚電気反応左右差指標と快適度との関係を基礎研究で解明する。また、個人内の主観的生産性変化量を高精度に予測するため、被験者の生理指標と主観感覚の関係の個人差などに基づくタイプ分類が必要だと考えられる。その為、使用者の主観報告を基づく自動的キャリブレーション機能、或いはAIで被験者の所属タイプを判別し、各タイプに特化したモデルで快適性・生産性を予測する。

以上

提出期限：研究期間終了後2ヶ月以内

※個人特別研究費：研究費支給年度終了後2ヶ月以内 博士研究員：期間終了まで

提出先：研究推進社会連携機構（NUC）

※特別研究期間、自由研究期間の報告は所属長、博士研究員は研究科委員長を経て提出してください。

◆研究成果概要は、大学ホームページにて公開します。研究遂行上大学ホームページでの公開に支障がある場合は研究推進社会連携機構までご連絡ください。