

様式第 11 別紙 2

建設技術研究開発費補助金 総合研究報告書

- (1) 課 題 名：建設現場におけるスマートウェアを用いた安心・安全及び生産性向上 IoT システムの開発
- (2) 研 究 期 間：平成 29～30 年度
- (3) 交 付 申 請 者 名： 児玉 耕太（立命館大学・准教授）
- (4) 研 究 代 表 者 名： 児玉 耕太（立命館大学・准教授）
- (5) 共 同 研 究 者 名： 石田 修一（立命館大学・教授）
小林 泰三（立命館大学・教授）
塩澤 成弘（立命館大学・教授）
小林 和博（東京理科大学・講師）
北原 成郎（株式会社熊谷組・部長）
宮崎 安弘（株式会社熊谷組・部長）
黒石 真一（株式会社熊谷組・所長）
橋口 伸樹（株式会社イシダ・課長）

(6) 補助金交付総額：17,948,000 円

(7) 技術研究開発の目的

本研究開発の目的は、以下の2つである。

第1の目的は、建設作業員の身体的な労働負荷や活動量を外部に連続して発信し、作業員の体調不良を把握する実験システムの開発である。開発したシステムを建設現場に適用し、就業者の心拍数に関連した労働状況を検証する。

第2の目的は、作業員に職場意識に関するアンケート調査を実施し、健康リスクの指標の1つである心拍数の高さに着目し、建設作業における自己意識、作業の効率化および安全に対する意識を分析する。

(8) 技術研究開発の内容と成果

本研究開発では、先行研究で用いられた、心拍数による労働強度（%HRR）を建設作業員の労働負荷の判定指標とし、バイオセンサを装着したスマートウェアを利用することで、%HRR による身体負荷を測定した。心拍数の個人差を正規化することで、作業員間での身体負荷の比較を行なった。身体活動が激しく長期の作業時間の心拍計測に向けたウェアラブル機器を用い、建設現場における業務遂行を妨げずに、終日作業の心拍変動と労働負荷を測定することで、作業員の労働負荷について分析した。

具体的な研究方法および研究手段としては、建設作業員に対し、本開発システムを適用すると共に、アンケート調査を実施し、Python 言語を用いて生体データの分析、可視化を行なった。統計分析では、R 言語にて共分散構造分析による各意識モデルの分析、妥当性評価を行なった

生体情報センサ（心拍数や加速度センサ）を一体化した下着型シャツに無線 IoT 機器を装着し、無線通信機器と組み合わせ、被験者の生体情報と身体活動量を測定するシステムを開発した。このシステムを建設現場に適用し、作業員の業務進行を妨げずに、身体負荷により生じる心拍数変動を計測し、心拍数と身体活動量の関係を分析した。併せて、建設業

就業者にアンケート調査を行ない、普段の心拍数が関連する健康リスクに着目し、建設作業員の作業の効率および安全に対する意識と健康リスクとの関係性を調査した。

実証実験では、①延べ3日に渡り、作業員11名の身体負荷と身体活動量の関係性より、作業員の身体活動量と心拍変動には強い相関があり、②アンケート分析では、建設作業員の自己意識モデル、作業効率化および安全性への意識モデルを検討し、その適合性を評価することにより、作業員の心拍数の高さ^①と自己意識との間に^②関連があることが示唆された。今後に向けた社会的な貢献として、作業の効率化と安全性を実現するため、心拍数の観察することにより、労働者の労務状況の把握および労務管理への利用を提案した。

(3) 成果の刊行に関する一覧表

刊行書籍 又は 雑誌名 (巻号数、論文名)	刊行年月日	刊行・発行元	原著者
第 61 回日本経営システム学会全国研究発表大会講演論文集 (vol. 1 No. 1 P. 86-87)	H30. 10. 13	日本経営システム学会	第 61 回日本経営システム学会全国研究発表大会実行委員会

(4) 成果による知的財産権の出願・取得状況

知的財産権の内容	知的財産権の種類・番号	出願年月日	取得年月日	権利者
屋内空間作業支援システム	特許	H31. 02. 01	出願中	児玉 耕太 橋口 伸樹 マジシステム(株)

(5) 成果の実用化^{*}の見通し ^{*}論文発表や現場試行ではなく実業務での社会実装

この研究開発プロジェクトにおいて得られた成果より、以下の可能性が見いだされた。

- ①直接的な仕事の物理的負荷と生産性との間にギャップがある場合(すなわち、高い労働負荷が必要になるが、低い負荷の直接的作業では生産性が低く、予定する工程計画が満たされない場合)、潜在的风险回避のために作業員の増員や適切な計画変更を見出すことが可能になる。
- ②同一の場所で同じタスクおよび作業を行なう異なる作業員の間において、作業負荷に対する異なる物理的な応答が見つかった場合、スマートウェアを使用するすべての労働者のために、個々の身体的、健康的な問題の発生、または異常状態を引き起こす要因を見つける機会が提供できると考える。過度な身体的負荷に直面しないように、作業員間で様々な身体的な負荷を考慮した新たな作業方法の設計につなげられる可能性がある。
- ③建設作業中の作業員の心拍数は、作業による身体活動量に比例して変動し、心拍数と身体活動量との間には、高い相関傾向が見られた。この関係性をシステムで監視することにより、心拍数と身体活動量を比較し、現場における健康障害の判断、予知に繋げられる可能性がある。

社会実装に向けては、以下の課題が残ることが分かった。

- ①土木・建設現場における実運用に向けては、本システムの現場インストールや、無線環境のセットアップは煩雑であり、環境準備に時間を要する。各建設現場に応じて、ネットワークおよび機器構成のレイアウトや設置数に関する最適化を検討する必要がある。

②無線機器やネットワーク機器の設置環境として、天候および直射日光からの影響を回避するための保護が必要である。機器側において、防水および防塵の耐環境性能が必要に思われる。

(12) その他
特になし。