

(1) 研究題目

※スペースが足りない場合は、枠を追加いただいて構いません。

物流施設における業務指導システムの開発

(2) 本研究の期間

(西暦) 2021 年 4 月 ~ 2022 年 3 月

(3) 本研究の成果と今後の課題

研究の目的: 作業者に寄り添い、企業内でムリなく、生産性と労働安全性を向上させることができる物流施設での業務指導システムの構築を行った上で、実際の倉庫で計測を行い、このシステムの性能を明らかにする。

暮らしの向上にどのように通じるのか: 物流は人々の生活を支える重要な基盤であり、労働集約型産業である。近年はトラックドライバ不足を始めとする、物流労働力不足が深刻な社会問題となっており、このままでは、これまでのような暮らしを維持することさえ難しい。そこで本研究では、IT による物流施設内での業務管理の高度化を通じて、生産性と労働安全性の向上を実現する。結果として、持続可能なサプライチェーンの構築と頑健化を支援し、暮らしの向上に寄与する。さらに本研究では、動作レベルでの業務指導により、不要または乱暴な動作を削減することができるため、物流品質の向上にも寄与でき、流通する商品の質的な視点からも、暮らしの質の向上に貢献できる。

意義: 本研究は、物流施設での IT を活用した業務指導システムを構築することで、女性や高齢者にも働きやすい職場づくり、さらに持続可能なサプライチェーンの構築と頑健化、物流品質の向上が可能であり、日常生活の利便性確保といった社会への貢献ができる。物流業界は主に中小企業で構成され、DX の推進が乏しく、業務管理の多くで現場の経験や勘に頼り、科学的には未管理状態である。物流はサプライチェーンの下流ほど、商品の形状・重さ・耐性は多様化し、技術的にも経営的にも、すべての作業を機械化することは合理的ではない。物流業界は労働力不足が深刻で、管理者まで現場で作業することもあるため、十分な指導ができず、例えば腰痛リスクの高い姿勢で作業を続け、仕事を続けることが困難になることが多い。そのため、サプライチェーンの維持さえも難しくなっている。以上より、物流施設における生産性や労働安全性の向上は、社会的にも必要性が非常に高い。

本研究の成果:

A) システムの開発

本研究で開発したシステム概要を図 1 に示す。本システムでは、スマートフォンにアプリをインストールすることで、計測器として用い、作業推定等を行う。作業者がスマートフォンを胸ポケットにいれて作業をするだけで、業務を阻害することなく、時々刻々の作業姿勢や移動などの動作を反映する加速度などのデータを取得する。サーバでは、無理な作業姿勢の抽出や動作推定や作業推定、これらの負荷推定を行い、可視化する。この結果を管理者に対しては Excel データとして、作業者に対しては音声やチャットでフィードバックする。

まず、実装したクラウドサーバの概要を述べる。ユーザページは、アップロード画面と結果リストで構成される。一例を図 2 に示す。作業分析を行いたい場合、ユーザ(現場管理者を想定)はアップロード画面で、分析データをアップする。分析データとは、スマートフォンで取得した作業データと、ハンディターミナルのデータを 1 つの zip ファイルにまとめたものである。そして管理者は、結果リスト画面に移動し、分析結果(Excel ファイル)をダウンロードする。結果リストの画面では、過去 1 年分の分析結果がダウンロードでき、分析中の場合はその進捗状況を表示する。Excel ファイルには、①分析データ(生データ)、②全体生産性(1 行や 1 ピースあたりの作業時間)、③作業構成(要素作業の構成比)、④要素作業生産性、⑤非効率な動作(非効率な動作をしている作業者の列挙)、⑥歩数、⑦機械化の効果、⑧手作業中の姿勢構成、⑨業務報告書をそれぞれ 1 シート出力する。②～④と⑥～

※本書式に基づき収まるよう、本文は原則 10.5 ポイント以上の文字にてご記載願います。

⑧のシートには、グラフや文章が自動で作成される。機械化の効果では、例えば、自動搬送車を導入した際の最大削減効果を算出する。図3に一例として③作業構成のシートを示す。

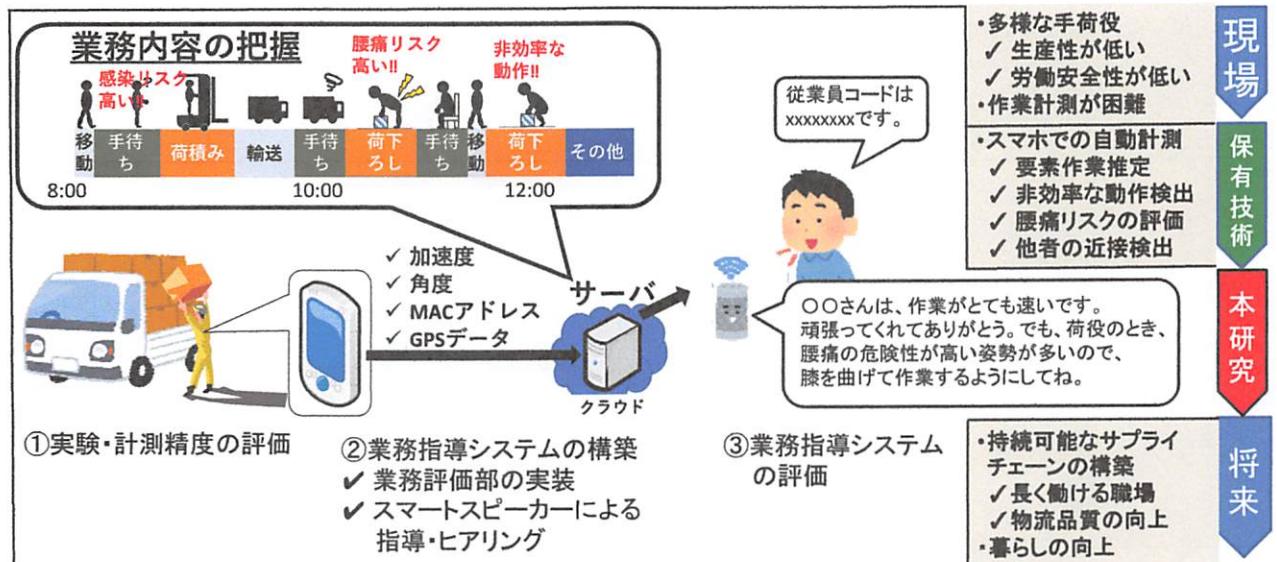


図 1 システム概要



図2 ユーザページの例

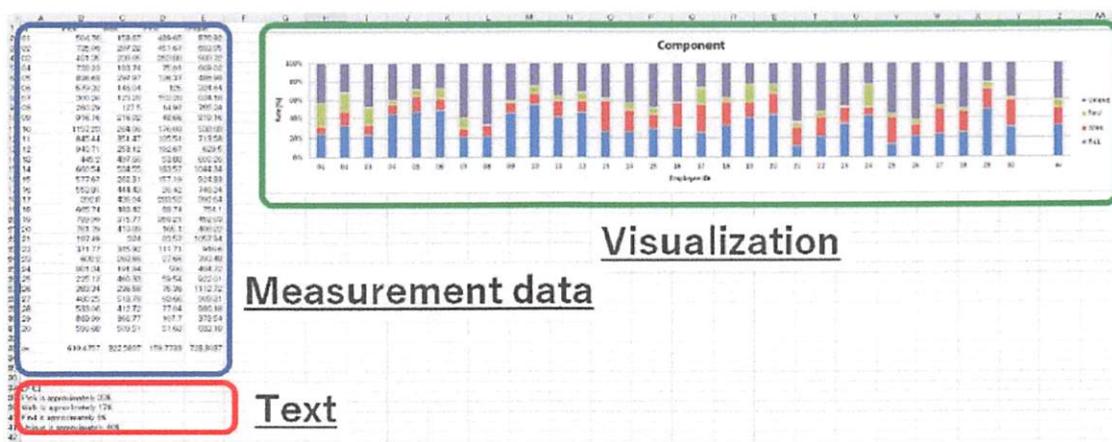


図3 Excel データ例

※本書式に基づき収まるよう、本文は原則 10.5 ポイント以上の文字にてご記載願います。

次に、作業者へ業務内容をフィードバックするための作業相談アプリの概要について述べる。本アプリは、従業員コードを尋ね、その計測結果を作業者にフィードバックする。セキュリティやプライバシーを重視する場合、これに加えて、従業員ごとのパスワードを設定することも可能であるが、この詳細な検討は今後の課題とする。このアプリは、スマートスピーカー（またはスマートディスプレイ）やスマートフォンで利用できる。会話の一例を図4に示す。スマートスピーカーの場合、ユーザは音声でアプリを起動する。従業員コード（ここでは「100」と仮定）を話すと、スマートスピーカーは作業計測結果を読み上げる。スマートフォンで実行した場合の例を図5に示す。スマートフォンの場合、スマートスピーカーと同様に、音声入力も可能であるが、キーボード入力もできる。本アプリで想定している利用方法の一つは集団での利用である。例えば、休憩室等にスマートスピーカーを置けば、作業相談終了後に、「みんなはどうしている？」といった従業員同士の会話を促し、効率的な作業方法を教えあうきっかけが作れると考えられる。これは従業員同士の交流も促進できる可能性が高い。他の利用方法は、単独での利用であり、対象の従業員しかいない環境（例えば、個室）での使用に制限すれば、コロナウィルス感染対策を実施しつつ、これまで通りの作業指導が実現できる。交流が希薄にならないよう、メッセージには、管理者からの感謝の言葉を入れられる機能を実装している。

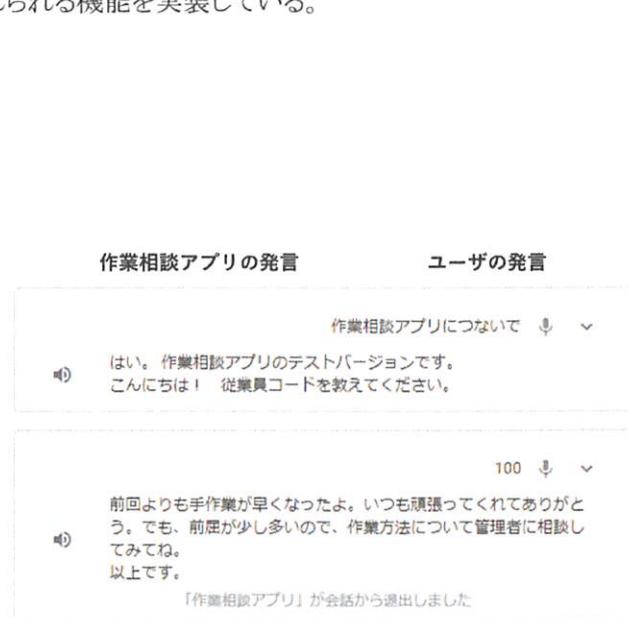


図4 スマートスピーカーでの動作例

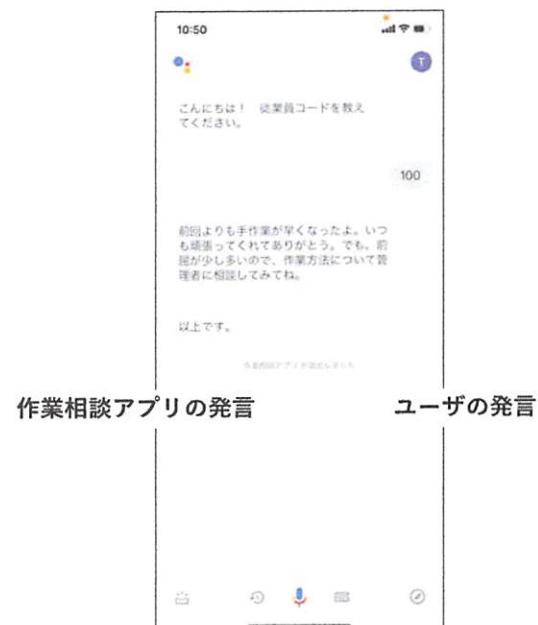


図5 スマートフォンでの動作例

B) システムの性能評価

作業計測誤差について

複数の物流施設において実験を行い、ピッキング作業（出荷指示に従い、必要な商品を必要な数だけ取りそろえる作業）とフォークリフト作業の要素作業に関する計測誤差を評価した。その結果、ピッキング作業では平均誤差 3%以下、フォークリフト作業では平均誤差 2%以下であることが分かった。以上の結果より、本計測システムの計測誤差は実用上、十分小さいことがわかった。

実態把握について

作業プローブシステムを用いた実態調査を行った。まず、物流施設で働く約 100 名に対して、作業プローブシステムによる作業計測と、作業に関するアンケート調査を行った。作業計測の結果、例えば、手作業が平均よりも 8 倍程度遅い作業者がいることを示した。また、アンケート調査より、80% 程度の作業者が、自身の作業速度は普通と考えていることがわかった。これらのデータを比較したところ、作業に関する自己評価の正解率は最大でも約 50% であった。これらの結果により、自身の作業に関して高精度な自己評価を行うことは難しいことを明らかにした。さらに、工夫と動作の関係性について検討したところ、約 38% の作業者が工夫

※本書式に基づき収まるよう、本文は原則 10.5 ポイント以上の文字にてご記載願います。

しているが成果に結びついていないことがわかった。以上より、情報システムによる作業計測の意義や、アンケート結果の活用でより適切な業務管理が実現できる可能性があることを確認した。

ユーザビリティ評価について

前述の物流施設においてピッキング作業の計測を実施した後、本システムについてアンケートに回答してもらった。具体的には、(1) 計測の手間が少ない、(2) 計測の心理的な負担が小さいかどうか質問した。被験者は、「当てはまる」、「やや当てはまる」、「どちらとも言えない」、「やや当てはまらない」、「当てはまらない」より一つ選択する。被験者は全員従業員であり、約 100 名である。年齢は 10 代から 70 代である。結果を図 6 に示す。この結果より、約 92% の作業者が本計測の手間は普通以下、約 85% の作業者が本計測の心理的な負担は普通以下と感じていることがわかった。以上の結果より、作業者が本システムに抵抗を感じることは少なく、本システムが利用される可能性は十分高いといえる。

作業プロープシステムの計測結果を、作業者へ適切にフィードバックするための文面について検討を行った。まず、ピッキング作業の管理者経験を有する社員を対象とし、フィードバックする文章について調査した。この調査は、商社（X）と物流企業（Y）の 2 社で、それぞれ 9 名に実施した。次に、これらの結果を分析し、管理者が重要と考える項目を整理した。その結果、腰痛に関連する姿勢の可視化はニーズが高いこと、さらに多くの管理者は、評価結果よりも、より直接改善に結び付きやすい改善案の提示を求めていることを明らかにした。本システムの評価として、管理者経験を有する従業員へ「管理業務で利用したいと思いますか？」と質問し、5 段階で回答してもらった。図 7 に結果を示す。2 社とも肯定的な意見（思う・やや思う）と中立的な意見（どちらとも言えない）の和が過半数を占めており、とくに物流企業 Y 社では否定的な意見はなかった。そのため、業務指導システムの有効性を一定程度確認できた。

以上より、本研究では、作業者に寄り添い、企業内でムリなく、生産性と労働安全性を向上させることができる物流施設での業務指導システムの構築を行った上で、実際の倉庫で計測を行い、このシステムの性能評価を行った。その結果、計測誤差は 3% 以下と実用上十分小さいこと、特に物流企業において業務指導システムの評価が 5 段階中平均 4 (最高評価は 5) であることを明らかにした。

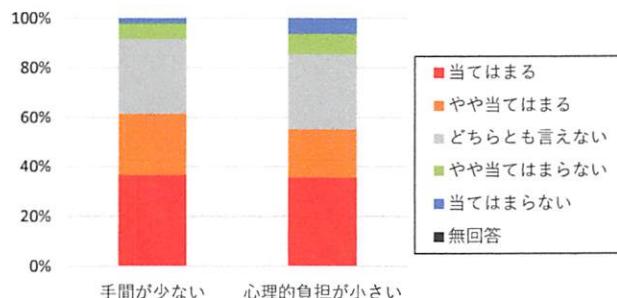


図6 システムの負担

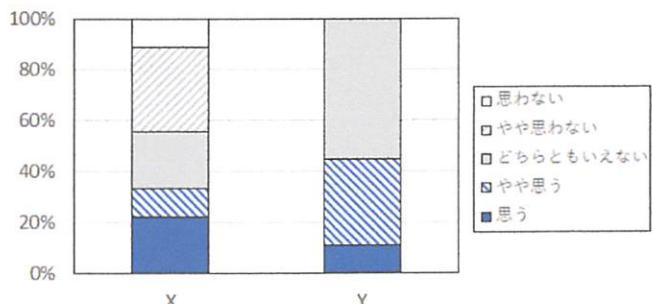


図7 管理者経験を有する従業員評価

今後の課題：

今後の課題として、継続的な作業計測による作業者特性の詳細な把握や、作業相談アプリの改良とともに多くの企業・業界でのユーザビリティ評価、フォークリフトオペレータの作業計測が挙げられる。さらに多くの施設で計測を行い、性能評価することも今後の課題である。