

物流業界のための RPA Robotic Process Automation for Logistics Industry

麻生 敏正[†]
Toshimasa Aso

1. はじめに

物流は人々の生活を支える重要な基盤である。物流企業はトラック輸送だけでなく、荷降ろしや荷積みといった荷役や、倉庫等の物流施設において荷の管理も行う。これらの業務には、生産性が低く、機械化が難しいものが多数存在している。物流施設での主要業務の一つは、ピッキング(保管されている大量の商品から、注文の商品を必要な個数だけ取りそろえること)である。その多くが人手で行われており、施設運営費全体の約 6 割を占めることもある[1]。海外では近年、IT 化によって効率向上を目指す研究が盛んに行われている。例えば、文献[2]では、デジタルピッキング(pick-by-light)とスマートグラスと重量計を組み合わせ、ペーパーレス化と荷の取り出しミス防止するピッキングシステムを実装している。文献[3]では、作業員の移動を大幅に削減できる AGV (Automatic Guided Vehicle) に関する研究を行っている。

一方、日本の物流業界は主に中小企業で構成されるため、資金の制約から IT の導入が進まず、業務管理の多くで現場の経験や勘に頼っているのが現状である[4]。とくに、AGV は本体が 1 台数十万円と高価であり、さらに棚や床といった施設全体の改修等の大規模な設備投資が必要である。これに加え、人員不足により、管理者自身が現場で作業を行わなければならないことも多く、改善活動の第一歩である現状分析さえ十分に行えないケースも多い[5]。

そこで近年、ウェアラブルデバイス等の IT を用いて現状把握を代替的に支援する研究が行われている。例えば、ろじたん[6]は、作業員自身がスマートフォン等に作業内容を手入力することで業務内容を可視化する。文献[7]では、専用デバイスを作成し、工場でのピッキング作業を対象とし、地磁気・加速度センサを用いたモニタリングシステムについて検討を行っている。前者は計測のための付帯作業(作業員が進捗状況をスマートフォン等に入力)による効率低下や人為的ミスが発生し、後者は計測できる要素作業が少ない。また両者とも姿勢(腰痛の危険性)を測ることができない。一方、著者らは、2013 年にスマートフォンを用いた倉庫内作業プローブシステムを提案している[8]。このシステムでは、作業員がスマートフォンを胸ポケットに入れて作業をするだけで、業務を阻害することなく、姿勢・動作・要素作業を定量的に計測できる。現在までに、腰痛リスクや手待ち時間の推定精度評価[9]、非効率な動作の検出手法の提案[10]、要素作業の計測手法の提案[11]が行われている。

しかしながら、従来研究は現状把握の技術開発を主たる目的としており、業務報告書の自動作成や、典型的な改善企画の効果予測ができる、包括的なシステムの検討が不

[†] 東京海洋大学

Tokyo University of Marine Science and Technology

十分である。もし AGV を自社で導入した場合の効果を予め概算できるシステムがあれば、適切な機械化を支援し、結果として、効率的で安全な労働環境の構築を支援できると考えられる。さらに、荷主連携で代表的な事例(例えば、発注単位の見直し等)の効果予測できれば、荷主企業との実データに基づく交渉を支援でき、結果として、持続可能な物流システムの構築に寄与できる。これに加え、作業計測の自動化や業務報告書の自動作成により、多忙な管理者業務の削減も可能となる。

そこで本稿では、物流業界の作業管理を対象に、業務報告書の自動作成や典型的な改善企画の効果予測ができる RPA システムの提案とその基礎的な評価を行う。提案システムはスマートフォンで計測したデータを分析し、種々の生産性、要素作業の構成、非効率な動作の検出、AGV 導入の効果や荷主連携等の効果を定量的に算出できる。これを実装した上、ある倉庫の実測データを用いて、AGV 導入の効果や荷主連携等の効果の推定精度について基礎的な検討を行う。

2. 物流現場改善と倉庫内作業プローブシステム

2.1 物流現場改善

日本ロジスティクスシステム協会では、物流現場改善推進のための手引書を公開している[12]。この手引書には、物流現場改善活動の基本的な流れは、

- (1) 改善推進体制の構築
- (2) 物流現場の現状把握
- (3) 改善企画
- (4) 改善実行
- (5) 評価・定着・横展開

であり、この現場改善のリーダーに必要な能力は、

- A) 現状把握力
- B) 改善企画力
- C) 改善実行力
- D) 評価・定着力

であると示されている。現状把握力とは、全社目標及び部門目標や経営状況を理解し、物流の基本的な知識や現場の品質・コスト・生産性の分析技術を有し、問題・課題の抽出が正しくできる能力である。改善企画力とは、改善案の立案・策定、その立案のための発想手法を有し、優先順位を決めて具体的に実行可能な計画が策定でき、現場の担当者に分かりやすい目標設定を行える能力を指す。改善実行力とは、改善実行計画と目標を現場に分かりやすく説明して周知でき、適切な教育・指導、トラブル対応、コミュニケーション力を有するといった能力である。評価・定着力とは、運用可能な評価指標の設定ができ、進捗管理を行い、目標の達成につながる施策を実施し、改善した内容の定着化を図る能力を意味する。以上より、物流の知識を始めと

する包括的な知識や IT スキルが必要であり、熟練のリーダーになるには長い年月を要する。

2.2 倉庫内作業プローブシステム[8]

本システムは、人力による運搬や荷役作業を主たる対象とし、とくに現場管理者が主体となった改善の支援を目的としている。システム概要を図 1 に示す。本システムでは、スマートフォンやウェアラブルデバイス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。

計測では、例えば、作業者がスマートフォンを胸ポケットに入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、腰痛リスクの可視化や非効率な動作検出や要素作業推定を行う。そして作業管理者（または現場改善のリーダー）に対して作業情報の可視化を行う。現場改善のリーダーが前述の情報に基づき、現状の問題点や以前に実施した改善策（例えば作業修正やレイアウト変更など）の効果を分析し、作業修正やレイアウトの変更を行う。これにより現場主体で、無理な姿勢の修正や作業の省力化、安全性の向上や効率化、コスト削減が可能となる。つまり本システムは、現状把握力や評価・定着力を補助できる。

3. 作業管理のための物流 RPA

本稿では、作業管理のための物流 RPA を提案する。提案システムの目的は、業務報告書の作成と、現場改善企画の立案とその効果予測を、現場改善のリーダーの代わりに実施することである。提案システムは、日常業務の改善や省力化だけでなく、機械化や荷主連携といった大局的な業務改善にも活用できる。このシステムの概要を図 2 に示す。

提案システムは、スマートフォンのセンサデータとハンディターミナル等の作業実績を入力すると、まず、腰痛リスクや手待ち時間の評価手法[9]や、非効率な動作の検出手法[10]や要素作業の計測手法[11]で作業分析を行った上、この分析結果から業務報告書を自動作成する。さらに機械化の効果・荷主連携の効果予測の結果も出力する。業務報告書には、計測結果を集計してグラフ化した上、その説明文を作成する。説明文は定型的に作成する。例えば生産性の低い作業者の列挙や、前回の計測結果と比較し、生産性が何パーセント上昇（または下降）したのか記載する。さらに、姿勢分析では、腰痛リスクの高い姿勢で作業を行っている作業者を抽出し、教育・指導することで腰痛リスクの低減を促す。また、動作分析結果より、非効率な動作をしている作業者を列挙した上、その原因も併記することで、現場改善のリーダーによる指導を促し、結果として生産性向上を図る。要素作業の構成比を提示することにより、ボトルネックとなっている要素作業の可視化を行い、改善活動を促す。

一方、業務シミュレータには典型的な現場改善事例をモデリングすることで、AGV の導入効果や荷主連携の効果を予測する。これにより、自社の上層部への提案資料作成を支援する。

4. 業務報告書の自動作成機能の実装

本稿では、汎用性の高さと現場改善のリーダーが手軽に利用できるよう配慮し、業務報告書のファイル形式は Excel ファイルとした。この業務報告書は OpenPyXI[13]を

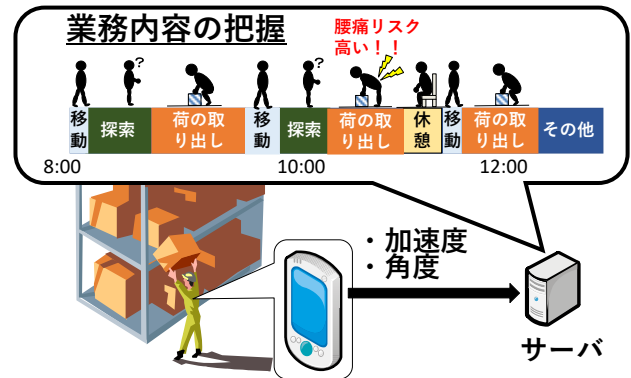


図 1 倉庫内作業プローブシステム

利用して自動作成する。今回作成した業務報告書は、まず分析目的ごとにシートを分け、最後に総評として現状を文章化している。シートは、

- ① 計測結果
- ② 全体生産性
- ③ 作業構成
- ④ 要素作業生産性
- ⑤ 非効率な動作
- ⑥ AGV の効果
- ⑦ 荷主連携の効果
- ⑧ 業務報告書

である。本稿では、プロトタイプとして、①のシートに非効率な動作の検出手法や要素作業の計測手法の結果をまとめた。②～⑦のシートには、分析データとそれを可視化したグラフ、さらにそのグラフに関する説明文を記述している。最後にシート⑧の業務報告書に、①～⑦のシートの説明文をまとめて記載する。このような構成にすることにより、ユーザが必要に応じて、根拠となるデータが容易に参照できるようにしている。これらの例を図 3～図 4 に示す。これらは文献[10]で取得した実際の作業データを用いて作成した。

各シートの説明文の書式について述べる。作業者は指示書に従って業務を行うため、定量的に数値として捉えられる作業量は、荷の取り出しは総数回（総ピース数とも呼ばれる）、移動と探索は総回数、その他の要素作業は指示書の枚数回である。全体生産性のシートでは、文献[14]に基づき、実際の現場で用いられる生産性指標（例えば、1 ピース当たりの平均作業時間など）について記載する。本稿では、簡易的に表記方法を、「**生産性指標** は平均約 **Time[s]**です。」とした（**Time** は任意の数値）。

作業構成のシートでは、ピッキング作業の要素作業（荷の取り出し、移動、探索、その他）の構成比を文章化する。本稿では、「**要素作業** は作業全体で約 **Ratio%**です。」と表記する（**Ratio** は任意の数値）。現場改善のリーダーがこれを見ることで、改善効果の大きい（またはボトルネックとなっている）要素作業を把握することができる。

要素作業生産性のシートでは、各要素作業において単位作業あたりの作業時間が平均値よりも十分大きい（本稿では、平均値の 2 倍以上の）作業者を列挙する。この説明文の書式は、該当者がいない場合、「**要素作業** の生産性が特に低い作業者はいません。」とした。一方、該当者がいる

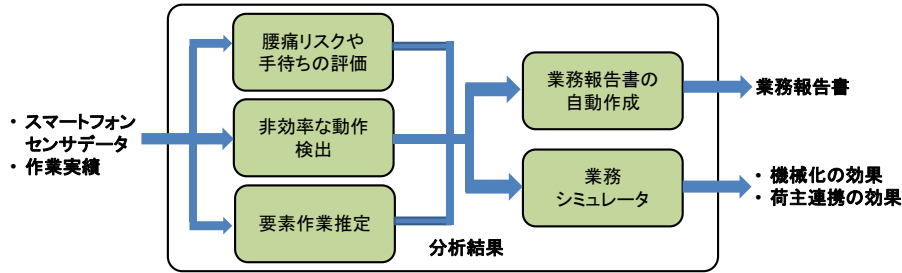


図 2 作業管理のための物流 RPA

場合は、「作業員 A, B, … は要素作業の生産性が低いです。」と表記する(A, B は作業員 ID)。これにより、現場改善のリーダーは注目すべき作業員を絞り込むことができる。

非効率な動作のシートでは、荷の取り出し中のかかむ動作や方向転換、または移動中の旋回が多い作業員を「**非効率な動作**」が多い作業員は A, B, … です。」と表記する。該当者がいない場合は、「**非効率な動作**」が多い作業員はいません。」と表記する。これにより、現場改善のリーダーは非効率な動作を行っている作業員を特定して指導により、生産性や安全性の向上を行うことができる。

AGV の効果のシートでは、AGV を導入した際の削減効果を記載する。この記載により、自社の設備投資に関する意思決定を支援する。書式は、「AGV を導入すると作業時間を約 **Ratio** [%]削減できる可能性があります。」とした。荷主連携の効果のシートでは、荷主連携の典型的な手法を実施した場合の効果を推定し、これを記載する。これにより、実データに基づく交渉を支援する。書式は AGV と同様に、「荷主連携できれば、作業時間を約 **Ratio** [%]削減できる可能性があります。」とした。

5. 業務シミュレータの評価

実装した業務シミュレータについて説明した後、文献 [10] の実測データを用いて、この性能を評価する。今回構築した業務シミュレータでは、AGV が商品保管棚をピッキングステーション（作業場）へ運搬する場合の作業時間の算出や、発注単位の変更といった荷主連携をした場合の作業時間の算出を目的とした。

AGV を前述のように利用する場合、作業員は歩かないで作業を行うことが可能になる。つまり、作業中の移動時間を 0 秒とすることで簡易的なシミュレーションが可能である。このモデル化を行った場合、AGV の導入効果の推定精度を検討した。本システムによる作業計測を利用した場合、業務時間を 19.5%削減できると推定された。一方、動画より算出した真値を利用した場合、業務時間を 19.0%削減できると推定された。この結果より、文献 [10] のデータでは、削減効果の推定誤差は 1%未満であることがわかった。

次に、発注単位の変更といった荷主連携をした場合の予測精度について評価する。本稿では、基礎的な検討として、発注単位が 1 ピースから 1 ケースになった場合の作業時間を算出する。ここでは簡易的に、荷の取り出し回数が総行数になると想定した。このモデル化を行った場合、本システムによる作業計測を利用すると、業務時間を 19.8%削減できると推定された。一方、動画より算出した真値を利用した場合、業務時間を 19.9%削減できると推定された。こ

の結果より、削減効果の推定誤差は 1%未満であることがわかった。

以上の結果より、構築した業務シミュレータにより、今回想定した機械化の効果や荷主連携の効果を高精度に推定できることがわかった。つまり、提案システムを利用することで、日常業務の現状把握だけでなく、業務報告書の自動化による省力化、さらに設備投資等の大局的な意思決定を支援できる可能性が高いと考えられる。

6. おわりに

本稿では、物流業界の作業管理を対象に、業務報告書の自動作成や典型的な改善企画の効果予測ができる RPA システムの提案と実装、その基礎的な評価を行った。提案システムはスマートフォンで計測したデータを分析し、種々の生産性、要素作業の構成、非効率な動作の検出、AGV 導入の効果や荷主連携等の効果を定量的に算出できる。これを実装した上、ある倉庫の実測データを用いて、AGV 導入の効果や荷主連携等の効果の推定精度について基礎的な検討を行った。その結果、今回想定した改善企画を実施した場合の削減効果の推定誤差は、1%未満であることがわかった。以上より、提案システムの有効性を確認した。

今後の課題として、より多くの改善企画のモデル化と業務シミュレータへの導入が挙げられる。現場管理者への提案システムのユーザビリティ評価も今後の課題である。

謝辞

本研究の一部は公益財団法人 SBS 鎌田財団の物流研究助成を受けたものである。また、実験に協力いただいた方々に感謝する。

参考文献

- [1] Edward Frazelle, "World-Class Warehousing and Material Handling," McGraw-Hill, 2001.
- [2] Xiaolong Wu, Malcolm Haynes, Anhong Guo, Thad Starner, "A Comparison of Order Picking Methods Augmented with Weight Checking Error Detection," ISWC 2016, pp. 144-147, 2016.
- [3] Lothar Schulze, Sebastian Behling, and Stefan Buhrs, "Automated Guided Vehicle Systems: a Driver for Increased Business Performance," Proc. of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists 2008, pp.1275-1280, Hong Kong, China, March 2008.
- [4] 公益社団法人全日本トラック協会, "中小トラック運送事業者のための IT ガイドブック及び IT ベスト事例集, 動画," http://www.jta.or.jp/jyoho/ITguidebook/IT_guidebook.html.
- [5] 秋川健次郎, 大江賢治, 實藤政子, "物流センターの改善の進め方がよ〜くわかる本, 秀和システム". pp.18-19, 2017.
- [6] 株式会社 日通総合研究所, "ろじたん", <https://www.logitan.jp/>.
- [7] 大塚昌太, 佐藤永欣, 村田嘉利, 高山毅, "地磁気・加速度センサを用いた工場でのピッキング作業のモニタリングシステム

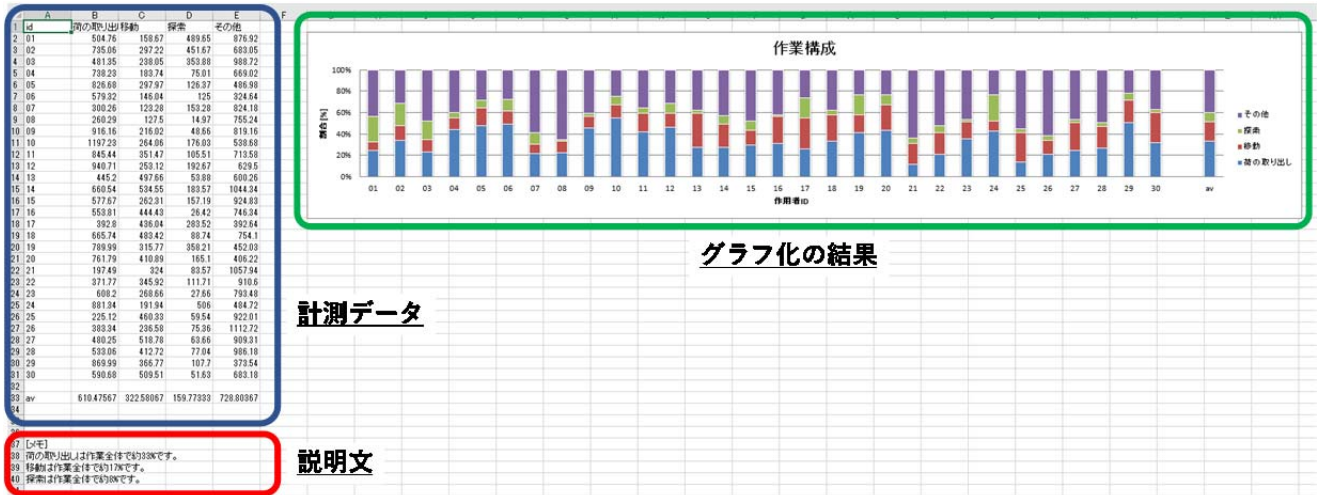


図3 シートの例

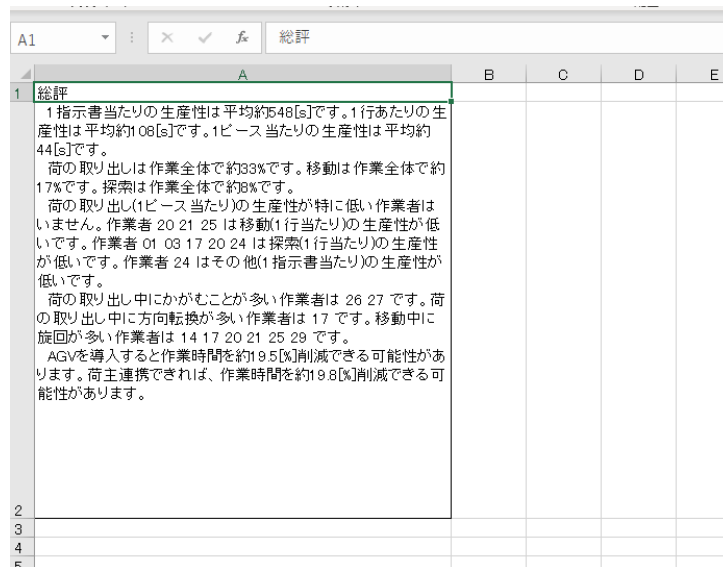


図4 業務報告書の総評

の開発, "情報処理学会全国大会講演論文集第 72 回(ネットワーク), pp.521-522, 2010.

[8] 麻生敏正, 黒川久幸, "スマートフォンを用いた倉庫内作業プローブシステム-運搬と荷役における作業姿勢の推定可能性-, "日本物流学会誌第 21 号, pp.87-94, 2013.

[9] 麻生敏正, 黒川久幸, 上村聖, ""倉庫内作業プローブシステムにおける姿勢分析と動作分析, "日本物流学会誌第 28 号, 2020 (印刷中) .

[10] 麻生敏正, "倉庫内作業プローブシステムによる生産性計測, "電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J103-D, No.10, Oct. 2020 (印刷中) .

[11] 麻生敏正, 黒川久幸, 上村聖, "倉庫内作業プローブシステムにおける要素作業推定, "電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J101-D, No.10, pp.1397-1404, 2018.

[12] 社団法人日本ロジスティクスシステム協会, "物流現場改善推進のための手引書(改訂版)," http://www.logistics.or.jp/pdf/education/kaizentebiki_kai.pdf.

[13] OpenPyXL, "openpyxl, " <https://openpyxl.readthedocs.io/en/stable/>.

[14] 廣田幹浩, "物流センターのすべて, "日本実業出版社, pp.194-196, 2015.