

スマートフォンを用いた倉庫内作業プローブシステムにおける要素作業推定に関する一検討

著者	麻生 敏正, 黒川 久幸, 上村 聖, 東 聖也
雑誌名	日本物流学会全国大会研究報告集
号	33
ページ	85-88
発行年	2016
権利	(c) 2016 Japan Logistics Society. This is the author's version of the work. It is posted here for your personal use. Not for redistribution.
科学研究費研究課題	スマートフォンを用いた倉庫内作業プローブシステムの動作識別に関する研究
研究課題番号	15K17140
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00001679/



スマートフォンを用いた倉庫内作業プローブシステムにおける要素作業推定に関する一検討 On Work Element Estimation of Warehouse Work Probe System by Using Smartphones

麻生敏正(東京海洋大学)、黒川久幸(東京海洋大学)、
上村聖(城西大学)、東聖也(株式会社 オンザリンクス)
Toshimasa ASO, Hisayuki KUROKAWA (Tokyo Univ. of Marine Science and Technology),
Shikato KAMIMURA (Josai Univ.), Masaya HIGASHI (ONZA LINX Corp.)

要旨

本稿では、実際の作業データを用いて、スマートフォンを用いた倉庫内作業プローブシステムにおける要素作業推定について検討を行っている。第一に、本システムにおいてハンディターミナルのデータを活用するための連携方法とその効果について述べている。第二に、実際の作業データを利用して、本システムの性能評価を行っている。ビデオカメラで撮影した動画を目視で確認して得た真値と比較し、誤差について検討している。さらにハンディターミナルのデータに記録された時刻と、これに対応する要素作業の紐づけが可能であることを示した上、これを利用することで更なる精度向上が可能であることを考察している。以上より、本システムの実用性を確認している。

1. はじめに

物流現場において倉庫は重要な要所である。この倉庫内において、ピッキングはコスト全体の約6割を占めることもある⁽¹⁾。このため、多くの改善事例⁽²⁾が報告されている。現場改善を行うためには、現状の把握を継続的かつ定量的に行うことが重要であるが、多くの従来研究で用いている手法(例えば、アンケートや筋電位計測⁽³⁾、主観評価など)では、コストや時間の制約から、日常業務を継続的に調査するのが困難である。

近年、物流現場においても、画像センサやスマートフォン、タブレットといった情報機器の導入が盛んに行われており、作業に関する多種多様な情報を取得することが可能になってきている。例えば、文献(4)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た、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。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⁽⁴⁾。このシステムは、スマートフォンを作業者の胸ポケットに入れて作業をするだけ(低ストレス)で、スマートフォンに搭載されている加速度センサや方位センサ等を用いて、作業や動作に関する情報とその負荷を定量的に把握できる。このシステムは低ストレスかつ低コストで実現できるため、継続的な利用が期待できる。現在までに本システムの提案、姿勢や位置の推定精度の評価、見える化に関する基礎

検討、要素作業推定に関する基礎検討が行われている⁽⁵⁾⁻⁽¹⁰⁾。文献(10)では、物をつかむ、はなす等の動作を基本の要素動作とし、この要素動作の集まりを要素作業と定義している。

しかしながら、上記システムにおいて、実際の作業データを用いた要素作業推定精度の検討や、ハンディターミナルのデータの活用方法に関する検討は行われていない。

そこで本稿では、本システムにおいてハンディターミナルのデータを活用するための連携方法とその効果について検討した上、実際の作業データを利用して、本システムの性能評価を行うことを目的とする。

2. 倉庫内作業プローブシステム⁽⁴⁾

2.1. システムの概要

本研究では、プローブに関係する部分だけをシステムと考えるのではなく、プローブシステムの出力結果に基づく判断と、修正の過程まで含め、倉庫内作業プローブシステムと考える(図1参照)。本システムは、主として、人力による運搬や荷役作業を主たる対象としている。

図1の“調査”では、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、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できる。サーバでは、雑音の除去などを行った上、このデータと指示書や倉庫内レイアウトに基づき、無理な姿勢の抽出や

動作推定や作業推定、これらの負荷の推定を行う。そして作業管理者に対して、直感的でわかりやすいよう情報の加工もしくは取捨選択（見える化）を行う。“判断”では、作業管理者が前述の情報に基づき、現在の問題点の有無や以前に実施した改善策（例えばレイアウト変更など）の効果を判断する。“修正”では、“判断”に基づき、作業修正やレイアウトの変更を行う。結果的に無理な姿勢の修正や作業の省力化、これによる安全性の向上や効率化、コスト削減が可能となる。

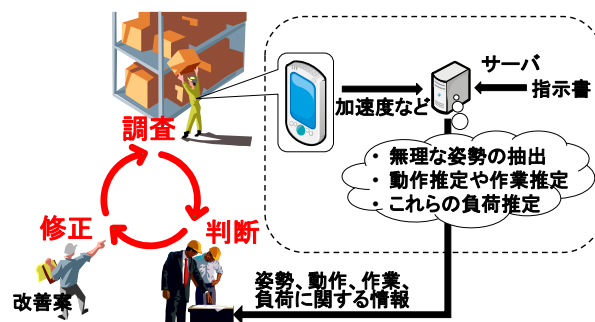


図1 倉庫内作業プローブシステム

2.2. 要素作業の推定方法⁽¹⁰⁾

事前に、サンプルデータとして、分類したい要素作業（具体的には、「移動」と「探索」と「荷の取り出し」）のデータを準備する。サンプルデータの時間長を基準に実際の作業データの部分区間を抽出した上、DP マッチングを行い、類似度を算出・比較することで、各要素作業が行われている時刻を算出する（紙面の都合上、詳細は割愛する）。

本システムは、サンプルデータを、現場で直接取得することで、現場が各要素作業を直接定義し、分析することができる。

3. ハンディターミナルのデータの活用方法

前述のように、スマートフォンを用いた倉庫内作業プローブシステムにおける要素作業推定では、作業者の時々刻々の要素作業を推定することができる⁽¹⁰⁾。そのため、ハンディターミナルと時間同期して連携し、時刻や作業分類、作業者、商品、ロケーション等の情報が利用できる場合、それぞれの荷の取り出しにかかった時間や探索時間、さらに商品間の移動にかかった時間を計測することが可能となる。具体的には、ハンディターミナルのデータに記録された時刻と、作業分類や商品等をそれに最も近い時刻の要素作業と紐づけする。

上記のように、作業者ごとに詳細な特性を把握することができれば、例えば、取り出し時間に配慮した、適材適所での作業者の再配置が可能になる。これは、とくに、女性や高齢者の雇用では重要である。また、探索時間に着目した場合、ある作業者が他と比べて探索時間が極端に大きい荷があれば、その作業者にとって、この商品ロケーションや商品知識が不足していることがわかり、

的確な再教育を実施することができる。さらに作業員全体のデータ解析を行うことで、全体として、作業に時間がかかっている荷や棚を把握することが可能となる。以上の情報を取得することで、作業管理者は効率的な作業改善を実施することができる。

さらにハンディターミナルのデータと連携することにより、要素作業の推定精度を向上することができる。実際の倉庫内作業では、「移動」と「探索」と「荷の取り出し」以外の要素作業（「その他」）があることが多い。「その他」は倉庫ごとに異なり、また数も一定ではないため、これを作業データのみを用いて推定することは難しい。そのため、ハンディターミナルのデータを利用し、このデータ上に記載されている作業分類を活用することで、3種の要素作業の検出精度を向上できる可能性が高い。

4. 実際の倉庫の作業データを用いた要素作業推定

4.1. 実験

動物用の医薬品を取り扱う物流センターにおいて、ピッキング担当者1名（167 cm、男性）にスマートフォンを身につけて約40分作業してもらい、その作業データを取得した（この作業データは、文献（8）と文献（9）のものと全く同じものである）。計測した作業者は、荷の運搬には台車を用いていた。また、ピッキングにおいて、ハンディターミナルを利用していた。

作業の基本的な流れは、まず指示書を受け取り、台車へ移動した後、そこで指示書に作業者の判を押す。その後、ハンディターミナルにて指示書のバーコードを読み取ることでピッキングする荷を登録し、すべての荷をピッキングする。ピッキングの際、ハンディターミナルを用いて荷の確認

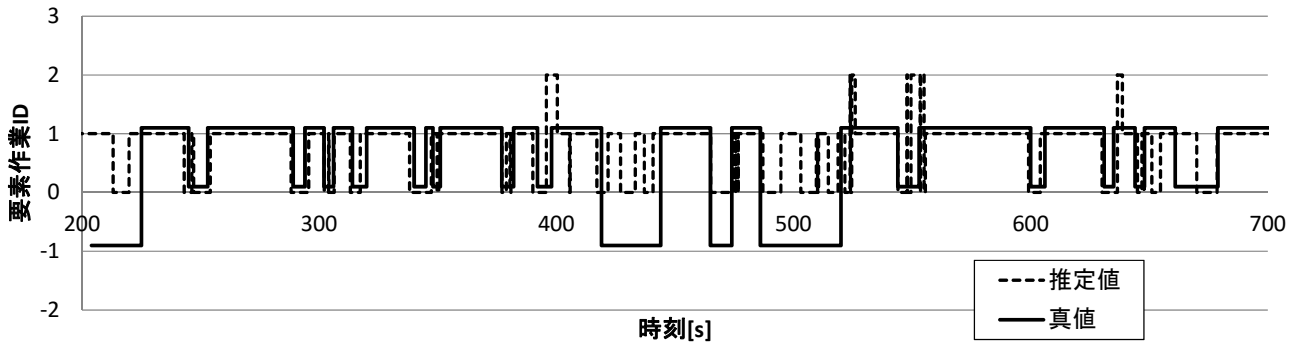


図2 滞留時間マップ

を行う（本稿では、この操作も「荷の取り出し」の一部とした）。そして、指定の場所に移動して荷の仕分けを行う。以降、繰り返してである。

4.2. サンプルデータ

作業者が異なるサンプルデータを利用して、要素作業推定を行った。具体的には、文献（10）のサンプルデータ（男性、180cm）に加え、さらに別の男性（172 cm）のサンプルデータ（取り出しのみ）を1つ追加した。サンプルデータを追加した理由は、文献（10）では比較的大きな荷の取り出し（とくに、両手で荷を掴む）を対象とし、小さな荷を取り出す（とくに、片手で荷を掴む）といったサンプルデータが含まれていなかったためである。

4.3. 評価

まず、スマートフォンで取得した実際の倉庫の作業データを用いて、本システム単独での要素作業の推定精度を評価する。その結果の一部を図2に示す。この図では、便宜上、要素作業とそのIDを荷の取り出し(0)、移動(1)、探索(2)として表現している。ただし、実際の作業では、4.1で述べたように、上記の要素作業のほかに、荷の仕分け等の「その他」の要素作業が含まれるため、これらをその他(-1)として表現した。具体的には、204～225秒と486～520秒は指示書に作業者の判を押して、ハンディターミナルで指示書のバーコードを読み取る、419～444秒は荷の仕分け、465～474秒は指示書の受け取りを行っていた。

図中の推定値とは、本サブシステムを用いて算出したものであり、真値とは、作業の様子を撮影した動画を目視で確認して求めたものである。図の見やすさに配慮し、真値を上にならして表示し

ている。

図2より、この区間では、すべての「荷の取り出し」を検出できていることがわかる。また、ほぼすべての荷の取り出しの誤差(真値-推定値)が±3秒以内であることがわかった。実際の作業は、「棚へ移動しながら、腕を荷の高さへ持ち上げる」といったように、動作を厳密に区切ることが難しいことがあるため、本稿では、要素作業の区切りに関して1、2秒程度の誤差は許容するものと考えている。この精度向上については今後の課題とする。また、660～670秒付近において5s程度の誤差が発生している。この区間を動画より確認したところ、作業者は袋から荷を取り出すといった作業を行っていた。今回サンプルデータとしては、このような要素作業のデータを取得していなかったため、上記のような誤差が発生したと考えられる。これは、この要素作業のサンプルデータを追加することで誤差を削減することができる可能性が高い。

さらに、図2の区間では、「探索」が行われなかったが、システムでは探索を5回誤検出している。動画より確認したところ、これらはすべて荷の取り出しを終え、台車をUターンした場合であった。これらの誤検出を削減する解決策の一つに、要素作業の順を考慮することによる、誤り訂正が考えられる。具体的には、荷を探す「探索」は、移動の後、かつ取り出しの前に発生するという前提を用いることで、誤検出を抑制することが可能になる。この詳細な検討は今後の課題とする。

以上より、今回の結果では、サンプルデータの作業者とは別の作業者が行った作業でも、要素作業推定は可能であること、また、実際の倉庫内作業においても要素作業の推定は可能であることを明らかにした。

次に、ハンディターミナルの紐づけの可能性について考察する。今回は実際のハンディターミナルのデータを入手することができなかつたため、動画を利用してこれについて検討する。図2では、ハンディターミナルで荷を確認する動作も「荷の取り出し」の一部とみなしている。前述のように、推定の誤差が小さいことから、ハンディターミナルのデータに記録された時刻と、最も近い時刻の「荷の取り出し」を見つけることにより、作業分類や商品等を紐づけすることが可能であることがわかる。つまり本システムでは、ハンディターミナルのデータと連携することにより、それぞれの荷の取り出しにかかった時間や探索時間、さらに商品間の移動にかかった時間を計測することが可能であることがわかった。

さらに、このように紐づけを行うことによって、204～225秒等の「その他」を「荷の取り出し」として紐づけすることがほぼ発生しなくなる。このような紐づけされなかつたものを「その他」の要素作業と判別することにより、3種の要素作業に関する推定精度が向上し、実用性がさらに高まると考えられる。

5. まとめ

本稿では、実際の作業データを用いて、スマートフォンを用いた倉庫内作業プローブシステムにおける要素作業推定について検討を行った。第一に、本システムにおいてハンディターミナルのデータを活用するための連携方法とその効果について述べた。第二に、実際の作業データを利用して、本システムの性能評価を行った。ビデオカメラで撮影した動画を目視で確認して得た真値と比較し、誤差について検討した。特に、荷の取り出しに未検出はないこと、誤差が±3秒以内であることを示した。さらにハンディターミナルのデータに記録された時刻と、これに対応する要素作業の紐づけが可能であることを示した上、これを利用することで更なる精度向上が可能であることを考察した。以上より、本システムの実用性を確認した。

今後の課題として、様々な倉庫における要素作業の推定精度の評価や、サンプルデータの汎用性に関する検討などが挙げられる。

謝辞

本研究は JSPS 科学研究費補助金（科研費）15K17140 の助成を受けたものである。記して謝意を表する。

参考文献

- (1) Edward Frazelle : World-Class Warehousing and Material Handling, McGraw-Hill, 2001
- (2) 例えば、米田輝憲、原田美智子：ピッキング時間と移動時間の短縮による作業生産性の改善、全日本物流改善事例大会 2012、pp. B-8-1-B-8-10、2012
- (3) 田坂晃一、田中翔、鶴田三郎、黒川久幸：ケースピッキング作業における筋電位と腰の圧力の評価、日本物流学会誌第 15 号、pp. 97-104、2007
- (4) 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
- (5) 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
- (6) 清水彩、東條安宏、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の基礎的検討、電子情報通信学会技術研究報告、ITS2013-70、pp. 13-18、2014
- (7) 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の位置推定精度、日本物流学会誌第 22 号、pp. 69-76、2014
- (8) 麻生敏正、黒川久幸、東聖也：スマートフォンを用いた倉庫内作業プローブシステムの利用方法について～実際の倉庫における移動や姿勢に関する計測～、日本物流学会第 31 回全国大会研究報告集、pp. 41-44、2014
- (9) 麻生敏正、黒川久幸、東聖也：スマートフォンを用いた倉庫内作業プローブシステムの見える化に関する一検討、日本物流学会第 32 回全国大会研究報告集、pp. 125-128、2015
- (10) 麻生敏正、黒川久幸、上村聖：スマートフォンを用いた倉庫内作業プローブシステムにおける要素作業推定、電子情報通信学会技術研究報告、LOIS2016-13、pp. 5-10、2016