

物流倉庫のオーダピッキング作業における 従業員の作業方略に含まれる行動パターンの抽出

Extraction of employers' behavior patterns for finding order-picking work strategies in warehouse

中町 望[†]
Nozomu Nakamachi

一刈 良介[‡]
Ryosuke Ichikari

蔵田 武志[‡]
Takeshi Kurata

中平 勝子[†]
Katsuko T. Nakahira

北島 宗雄[†]
Muneo Kitajima

1 はじめに

オーダピッキング作業は物流倉庫業務の大半を占める。オーダピッキング作業とは、物流倉庫などで注文票を基に商品を棚や床などの配置場所から収集する作業である。最近の物流システムは大規模な物流センターを要しており、非常に多くの品種の製品を管理している。しかし、オーダピッキング作業は人手を要する作業である。従って、オーダピッキング作業を効率よく行うことが物流倉庫業務全体の高速化に寄与し、顧客の注文の納期に間に合う出荷計画を作成することに貢献すると考えられる。一方で従業員とカートの作業動線は計測が困難であった。しかし近年、各種センサの発展に伴い、人や物の測位が可能になりつつある。本研究では、オーダピッキング作業の効率改善手法の基礎として、可視光通信と倉庫管理システム(WMS)のデータを用いて動線推定とピッキング作業の分析を行い、熟練した従業員の作業方略を明らかにする。熟練した従業員は、効率的かそうでないかに関わらず何らかの行動方略を持っていることが考えられる。そこで、オーダピッキング作業をモデル化し、その中で方略が表れると考えられる部分について、従業員の移動、カートの移動、作業時間の3つの基本要素で出現パターンを抽出することで方略パターン記述要素を特定する。その上で方略の是非や従業員プロフィールの関係の有無などについて考察する。

以下、2章では測定対象倉庫の概要について述べる。3章ではオーダピッキング作業のモデル化について述べる。4章ではメソッド推定方法について述べる。5章では結果と考察を述べる。6章でまとめを行う。

2 抽出対象倉庫の概要

筆者らは国内のある物流倉庫 A において従業員とカートの作業動線の計測を行った。図1に測定対象となる倉庫 A のオーダピッキング作業フロアレイアウトを示す。長辺が 54m、短辺が 25m × 2 の 50m となっている。フロア中央には資材搬出入用のエレベータ、吹き抜けが存在する。フロアは A から D までの4つのエリアに区分されている。各エリアには棚が設

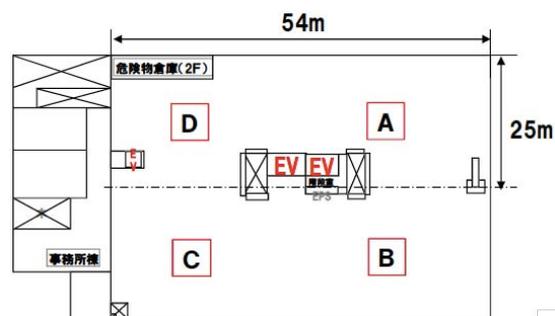


図1 オーダピッキング作業フロアレイアウト

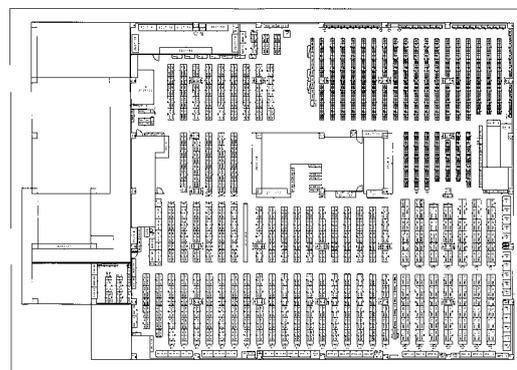


図2 棚の配置図

置されており、商品が格納されている。図2に詳細な棚の配置図、図3に棚寸法を示す。棚は高さ 1.9m、幅 0.90m、棚間の幅 0.95m、照明の高さは 3.4m、天井の高さは 5.5m となっており、それぞれの場所に照明が設置されている。棚と棚の間の幅が狭いため、カートの移動は幅の広い大通りに限定される。

以下にピッキング作業の流れを示す。

1. ホワイトボードで販売店からの受注切時間・受注確定時間を確認する
2. ホワイトボードで誰がどの行先分のピッキング作業を行っているか確認する
3. ハンディターミナルで輸送種別毎のピッキング件数を WMS から取得・確認し、配送スケジュールと照らしあわ

[†] 長岡技術科学大学

[‡] 産業技術総合研究所

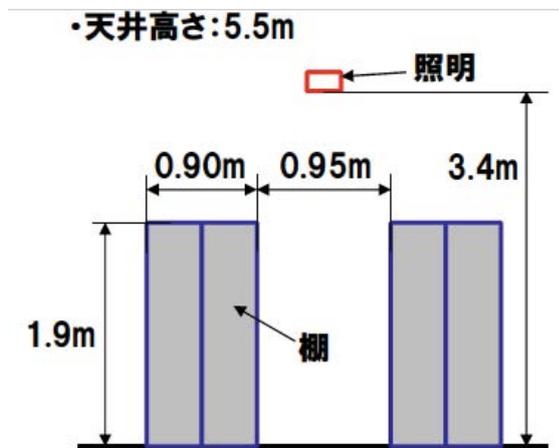


図3 棚の寸法

せて優先順位を判断

4. ホワイトボードに自分の名前付マグネットを貼ることで自分がどの行先分を担当するか宣言する
5. 行先分のプレートを付けたオリコンをカートに載せてピッキング開始
6. オリコンをエレベータ付近に置きピッキング作業終了

従業員はそれぞれハンディターミナルを持ち、ピッキング内容の設定やピッキング指示データの取得、商品のバーコードの読み取りを行う。ピッキング作業はゾーン毎に行われ、セット品や小物は、袋にバーコードを貼って袋詰めする。バーコードはカートに設置されている印刷機で出力する。また、先行研究において、1 オードあたりの平均移動距離はカートが 95.9m、従業員が 351m と、従業員のほうが大きく、従業員はカートを棚の近くに運んで、カートから離れて作業をしていることが分かっている [1]。

本研究ではデータの収集に可視光通信と倉庫管理システム (WMS) を用いている。可視光通信とは LED 蛍光装置等に信号を重畳させて送信する通信方式であり、受信機で受信したデータから信号を取り出すことができる [2]。フロア内の照明器具に可視光通信に対応した LED 照明を取り付け、照明装置ごとに固有の ID を送信するように設定されている。図 4 に設置した可視光装置を示す。従業員、カートには可視光通信の受信機が装着されており、これにより従業員とカートがいつ、どの位置にいたかの推定が可能となる。可視光通信は常に起動しているので、ピッキング作業の動線を推定するためには WMS の情報が必要となる。WMS には、ハンディターミナルにオードを取得した時間や、棚の位置、商品をピックアップした時間やオード終了時間など様々なデータが記録されており、これらと可視光通信の位置情報を合わせることで 1 オードごとの動線を推定できる。

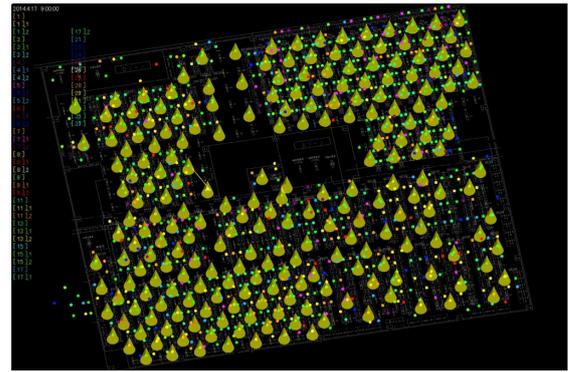


図4 設置した可視光装置

3 GOMS モデルによるピッキング行動のモデル化

従業員の抽出対象行動の特定と従業員の行動方略の記述方法に、GOMS モデルによるモデル化を用いる。GOMS モデルとは、人が目的志向のルーチンタスクを実行する場面を対象としたときの、ユーザが持っている手続き的知識を表現するモデルである。G: ゴール (目標), O: オペレータ (操作系列), M: メソッド (操作系列), S: 選択規則 (目標達成可能な操作系列の選択規則) の 4 要素で表現される。ゴールはユーザが達成する目標である。オペレータは知覚行為、認知行為、運動行為を示し、オペレータの実行によりユーザの心的状態や、外部環境の状態などに何らかの変化が生じる。メソッドはサブゴールを達成するための十分に学習されたオペレータの系列であり、自動的に実行され、実行時に、次にどのオペレータを実行するかを意識することはない。選択規則は個々のユーザに固有のメソッド選択のための知識である [3]。GOMS モデルは、ユーザが既に十分に学習されたタスクを行うときに用いられる手法で、定量的、および定性的に用いることができる [4]。Haunold, P. らは地図のデジタル化作業に GOMS モデルの一種である KLM (キーストロークレベルモデル) を用いてタスクのモデル化を行い、その後タスクの最適化を行うことで改善効果が得られた [5]。このように GOMS モデルの考え方をを用いることで、ピッキング行動タスクをモデル化し従業員の行動方略を定義する事ができると考えた。まず、物流倉庫 A でのピッキング作業の流れを参考にし、考えられるゴールとオペレータ候補を設定する。そのオペレータをベースとし、オペレータ単位で熟練した従業員の行動を推定することで、オペレータの系列であるメソッドを特定する。このメソッドが従業員の行動方略となる。ゴール・オペレータ候補は必要に応じて変更・追加する。これらゴール、オペレータは分析のレベルに応じて相対的に設定することができる。

4 メソッド推定

設定したオペレータから抽出対象行動を設定する。ここでは WMS データを用いるため、WMS への入力対象外となる行動は設定できない。まず、対象となる従業員は十分に熟練して

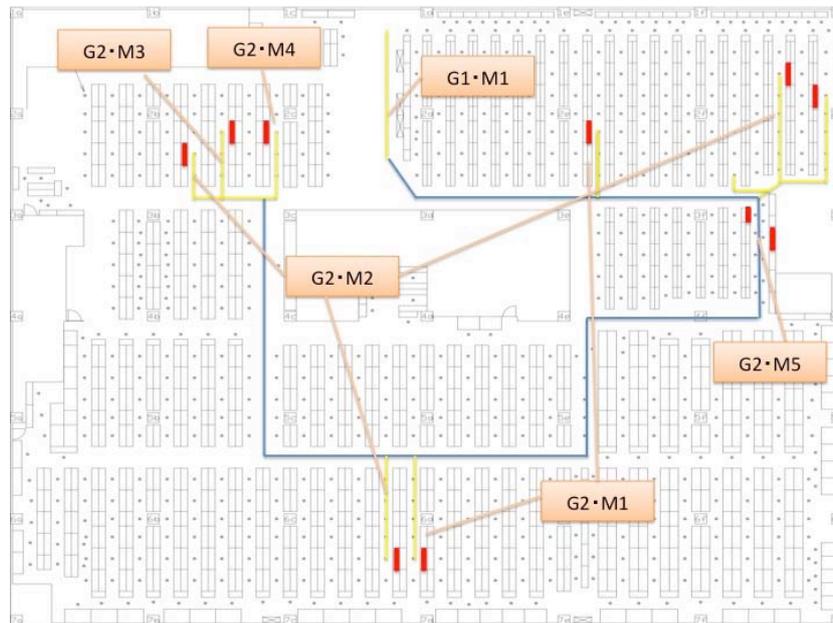


図 5 動線推定結果

いると考えられるパートタイム従業員女性に設定した。WMS データより、オーダ毎の対象商品の棚位置とバーコードの読み取り時間を抽出し、対象の従業員とカートの可視光通信データより、時間毎の位置情報を抽出、それらを合わせることで動線の推定を行う。その上で、ピッキング作業手順と推定した動線をもとに、従業員とカートの位置とそこに停留している時間、WMS データによるピッキング時のバーコード読み取り時間と棚位置、ピッキングするアイテムの情報とその個数からオペレータの実行時間を仮に設定し、設定したオペレータを推測することによりメソッドの推定を行う。例えば、ゴール：「商品をピッキングする」を行うオペレータは移動、バーコードの読み取りなどがあり、上記の情報より設定したオペレータレベルで何を行っているのかを推定し、その系列であるメソッドを導出する。表 1 に実際に記録された可視光データを示す。データは従業員を指定、入力エラーや同じ時間のデータを除外して実際に用いるもののみを抽出してある。従業員が用いたカートの可視光データも同様に記録されている。この可視光データにおけるある時刻 t_{li} での (x_{li}, y_{li}) 座標と WMS データの商品のバーコード読み取り時刻 t_{wj} 、およびその商品の棚の位置 (x_s, y_s) を照合すると、オペレータの設定が可能となる。可視光通信は倉庫での運用の都合上、性能を落として用いていることや、影になるなど何らかの理由で検知できない時があることから、利用可能データの入り方が不規則であり、数秒に一度程度の頻度で入っている時と、1 分間程度入力がない時がある。そこでメソッドの推定は、推定が可能であると判断した部分の可視光通信データを用いて行ったが、この理由から、より細かいレベルのオペレータを設定しての推定は難しいと考えられる。

表 1 記録された可視光データ

date	lightname	x	y
2014/04/21 11:44:55	W33-01	1103	127
2014/04/21 11:44:56	W33-01	1103	127
2014/04/21 11:46:01	W33-05	1104	559
2014/04/21 11:46:02	W33-05	1104	559
2014/04/21 11:46:24	W45-06	1513	669
2014/04/21 11:46:25	W45-06	1513	669
2014/04/21 11:46:30	W51-06	1651	667
2014/04/21 11:46:31	W51-06	1651	667
2014/04/21 11:46:33	W52-05	1709	559
2014/04/21 11:46:52	W52-05	1709	559
2014/04/21 11:46:53	W52-05	1709	559
2014/04/21 11:47:24	W53-06	1779	668
2014/04/21 11:47:25	W53-06	1779	668
2014/04/21 11:47:32	W61-06	2045	669
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

5 結果と考察

図 5 に動線推定結果を示す。図の黄線は従業員の動線、青線はカートと従業員の動線を示す。赤い長方形はピッキング対象商品のある棚位置を示す。薄橙線はそれぞれのゴール、メソッド推定がなされた場所を示す。表 2 に推定した GOMS モデルを示す。それぞれゴール、そのゴールの達成メソッドとその選択規則、そのメソッドのオペレータとなっている。ゴール：「オリコンをカートに載せる」のメソッドについてはカートと従業

員の初期座標の違いと停留時間、カートに到達するまでの時間から推定した。ゴール：「商品をピッキングする」のメソッドはカートと従業員の移動開始時座標とWMSデータから、タスクをカートと従業員が同じ位置から開始されるか異なるか、袋詰めが必要か必要でないか、カートの停止後の移動の有無、という基準で照合、同様に位置・停留時間・時間差から推定した。ゴール：「商品をオリコンに入れる」のメソッドは商品のバーコードを読み取ってカートに戻る際の従業員の位置が最初からカートにいるかないかで照合した。

ゴール：「商品をピッキングする」の選択規則は、メソッド1：ピッキング対象商品が小物やセット品でかつカートの位置にいる時、メソッド2：ピッキング対象商品を袋詰めする必要がなく、かつカートの位置にいる時、メソッド3：ピッキング後、次のピッキング対象商品を袋詰めする必要がなく、かつ近くにある時、メソッド4：ピッキング後、次のピッキング対象商品が小物やセット品でかつ近くにある時、メソッド5：ピッキング対象商品がカートを持って入れる場所にあり、袋詰めする必要がない時、となっている。

この結果から、近くに次のピッキング対象商品がある時、カートへ戻らず続けて商品をピッキングすることが示唆された。セット品や小物をピッキングする場合、カートの印刷機でバーコードを出力、商品を袋詰めした上で袋にバーコードを貼ってからバーコードを読み取る必要があるが、商品を袋詰めしてカートまで戻ってきてからバーコードの出力、貼り付け、読み取りを行っていることが示唆された。

6 まとめと今後の課題

本稿では、物流倉庫業務の大半を占めるオーダピッキング作業の効率改善手法の基礎となるピッキング作業方略パターンの抽出のため、GOMSモデルによるモデル化を行った。

モデル化の結果、ゴール：「オリコンをカートに載せる」において1つ、ゴール：「商品をピッキングする」において5つ、ゴール：「商品をオリコンに入れる」において2つのメソッドが特定された。

今後の課題として、より多くのデータから推定を行い、オペレータ実行時間の設定と示唆された方略の検証、他のメソッドの有無の調査を行うことが挙げられる。また、それぞれの熟練した従業員の持つ方略は異なると考えられるので、より多くの熟練した従業員のピッキング作業方略パターンの抽出を行うこと、非熟練従業員のパターン抽出を行いピッキング作業方略の有無について検討することなどが挙げられる。また、長時間の間同じか或いは近くの位置に停留しているパターンが発見されたため、より多くのデータを参照して理由を特定する必要がある。

参考文献

- [1] 岩田翔汰, 福原知宏, 一刈良介, 蔵田武志, 中平勝子, 北島宗雄: “可視光通信とWMSに基づくピッキング作業動線の分析と改善効果予測”, 2015年度サービス学会第3回国内大会, 2015年4月8日-9日.
- [2] 春山真一郎: “可視光通信”, 電子情報通信学会誌, Vol.94, No.12, pp.1055-1059, 2011.

表2 推定したGOMSモデル

ゴール：オリコンをカートに載せる	
メソッド1:	
	<ul style="list-style-type: none"> ・行先表示のプレートを取る ・行先表示のプレートをオリコンに付ける ・短距離を移動する ・オリコンをカートに載せる
ゴール2：商品をピッキングする	
メソッド1:	
	<ul style="list-style-type: none"> ・カートを持って移動する ・短距離を移動する ・商品を袋詰めする ・短距離を移動する ・カートの印刷機でバーコードを出力する ・袋にバーコードを貼る ・商品のバーコードを読み取る
メソッド2:	
	<ul style="list-style-type: none"> ・カートを持って移動する ・短距離を移動する ・商品のバーコードを読み取る
メソッド3:	
	<ul style="list-style-type: none"> ・短距離を移動する ・商品のバーコードを読み取る
メソッド4:	
	<ul style="list-style-type: none"> ・短距離を移動する ・商品を袋詰めする ・短距離を移動する ・カートの印刷機でバーコードを出力する ・袋にバーコードを貼る ・商品のバーコードを読み取る
メソッド5:	
	<ul style="list-style-type: none"> ・カートを持って移動する ・商品のバーコードを読み取る
ゴール3：商品をオリコンに入れる	
メソッド：通常メソッド	
	<ul style="list-style-type: none"> ・短距離を移動する ・商品をオリコンに入れる
メソッド：カート前にいる時	
	<ul style="list-style-type: none"> ・商品をオリコンに入れる

- [3] Stuart K. Card and Thomas P. Moran and Allen Newell: “The Psychology of Human-Computer Interaction”, CRC Press, pp.139-228, 1986.
- [4] Bonnie E. John: “Why GOMS?”, Magazine interactions, Volume 2 Issue 4, pp.80-89, 1995.
- [5] Haunold, P. and Kuhn, W.: “A keystroke level analysis of a graphics application: Manual map digitizing”. In Proceedings of CHI, 1994 (Boston, MA, USA, April 24 - 28, 1994). New York: ACM, pp. 337 - 343.