

作業員規範 GOMS モデルによる 欠損データからの作業員モデルの構築

Construction of worker's models as normative GOMS model from missing data

中町 望[†] 一刈 良介[‡] 蔵田 武志[‡] 中平 勝子[†]
 Nozomu Nakamachi Ryosuke Ichikari Takeshi Kurata 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によ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なので、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。

一方で作業員とカートの作業動線は計測が困難であったが、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。岩田ら [1] は、ある物流倉庫 A において、フロア内の照明器具に固有の ID を送信するように設定された LED 照明を取り付け、カートと作業員に受信機を装着し測位する可視光通信と、倉庫管理システム (WMS) のデータを用い、作業員とカートの動線推定、ピッキング作業の分析を行い、作業員別の 1 オーダあたりの作業時間や移動距離を明らかにすると共に棚配置交換などによる効率改善手法を提案した。

しかし、作業員それぞれが持つ能力の差や、作業や棚配置が変わることによる作業員への影響など、人的要因による作業効率への影響は考慮されていなかった。また、可視光通信データは、その仕組み上多くの欠損データが生じ得る為、作業員行動を特定するのは困難であった。オーダピッキング作業の効率改善手法としては、作業員の環境変化や個々の能力、知識などに応じた振る舞いを規定したモデルを通して人的要因を考慮した上で改善効果を検討するべきである。そこで本研究では、観測データに矛盾しない作業員規範モデルを個々の操作であるオペレータとその系列で表現する GOMS モデルの形式で構築する。

2 作業員規範 GOMS モデル

作業員規範モデルは無駄がなくエラーを起こさない理想的な作業員のモデルであり、GOMS モデルの形式で記述される。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り、定量的、および定性的に用いること

ができる [2]。G: ゴール (目標)、O: オペレータ (個々の操作)、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]。

本研究の作業の対象は、作業員がオーダ票に従ってカートを用い商品を格納する棚が設置された倉庫内から商品を収集するオーダピッキング作業であり、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という特徴を持つ。ゴールをピッキング作業に設定し、作業員が取り得る行動を網羅的に設定したオペレータによる GOMS を使うことで、観測データに矛盾しない作業員の理想的な行動群が規定できる。GOMS を用いる対象がピッキング作業の場合に設定するオペレータの例として、カートを動かす、カートを押して移動する、作業員が移動する、作業員が商品を持って移動する、商品のバーコードを読み取るなどがある。それら個々の操作であるオペレータの系列が、例として、カートを動かす、カートを押して移動する、カートを止める、作業員が移動する、止まる、商品をピッキングする、商品のバーコードを読み取る、などの一連の流れで表現されるのがオーダピッキング作業におけるメソッドである [4]。選択規則はそれぞれのメソッドがどのような場合に選択されるかの知識であり、個々の作業員に固有である。

3 欠損データからの作業員モデル構築

3.1 扱うデータの性質

作業員の動作を把握するためには、本来は作業員の種々の行動が某かの形で記録されることが望ましい。しかしすべての作業員の動作記録を行うことは難しいため、作業員の動線とピッキングされた商品の位置情報を組み合わせて、前述した GOMS モデルと照らし合わせ、作業員の動作を推定することを試みる。

作業員の動線を把握するために、本稿では WMS データと可視光通信データを用いる。WMS データは、商品棚の位置情報 (u, v) と連動しているため、倉庫における商品の位置を正確に

[†] 長岡技術科学大学

[‡] 産業技術総合研究所

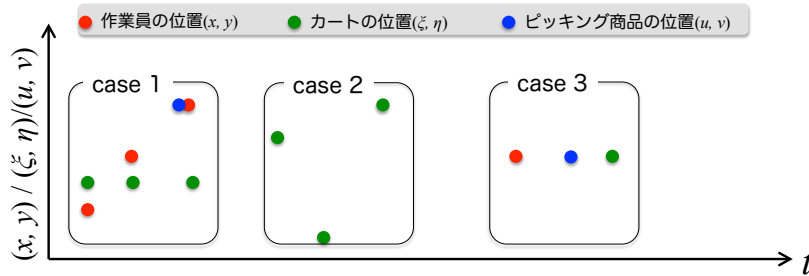


図1 計測データの組み合わせ例.

知ることができる。また、オーダ票番号、担当した作業員コード、オーダ開始/終了時刻、追加時刻(バーコード読み取り時刻)、商品コード、必要個数が記録されており、商品のバーコードが読み取られるたびにこれら一連のデータが正確に記録される。すなわち、 (u, v) は、作業員が商品をピッキングすることにより確実に記録される動線情報で、作業員のみで正確な位置情報を示すとともに“作業員が商品の前に滞在している”ことを示す重要な情報である。しかし、商品がない場所での作業員の位置情報やカートの位置情報を取得することはできない。可視光通信データは、作業員とカートに固有のオブジェクト番号、照明装置の座標と各オブジェクトが照明を受信した時刻が記録される。本稿では、可視光通信による人の位置座標を (x, y) 、カートの位置座標を (ξ, η) と表す。可視光通信データは、その仕組み上、照明を確実に受信できなければ記録できないため、 (x, y) および (ξ, η) には多くの欠損データが生じ得る。そうした欠点はあるものの、広く作業員やカートの位置情報を知る上で有効な情報である。

3.2 欠損データからの行動推定

図1に、 (x, y) , (ξ, η) , (u, v) の取得情報パターン例を示す。

【case 1】 時刻 t_1 における (x_1, y_1) , (ξ_1, η_1) , t_2 における (x_2, y_2) , (ξ_2, η_2) , t_3 における (x_3, y_3) , (ξ_3, η_3) , (u_3, v_3) が記録されている。これは、すべてのデータがほぼ完全な形で記録されているため、容易に作業員の行動を推定することができる。 (x, y) と (ξ, η) が異なること、 (x, y) のみが経過時間とともに変化していることから、作業員はカートを置いて移動していることがわかる。そして、 t_3 で (u, v) が取得されていることから、そこで少なくとも商品棚の前にたどり着き、ピッキング作業を行ったことも推定できる。

【case 2】 (x, y) が取得されず、 (ξ, η) のみが取得できた例である。 (ξ, η) は時間の経過とともにその位置を変えている。考えている GOMS モデルではカート単体で移動することはない(自走式カートではない)ため、作業員がカートを動かしている、すなわち、 (x, y) は (ξ, η) と等価であると推定される。

【case 3】 $(x, y) \sim (\xi, \eta)$ であり、 (u, v) もほぼ同じ位置にいることから、作業員はカートを押し入れる箇所におり、カートのそばでピッキング作業を行ったと推定される。

3.3 作業員モデルの構築方法

このほかにも、前後の作業員の動作を推定できなければ現在の動作がわからないケースがあることも考えられる。これら一

連の推定は作業員規範 GOMS モデルと (x, y) , (ξ, η) , (u, v) を合わせることで行う。例えば、ある時刻 t_i において作業員の座標 (x_i, y_i) が狭い通路に観測された時、カート操作に関連するオペレータは実行されていないことがわかる。その前の時刻 t_{i-1} にバーコードを読み取っていた場合、商品座標 (u, v) と (x_i, y_i) が同じならピッキング作業を行っており、異なっている場合は商品運んでいることがわかる。次の時刻 t_{i+1} におけるカートの座標 (ξ_{i+1}, η_{i+1}) が (ξ_i, η_i) と異なっていれば作業員がカートの位置まで歩いて商品運び、カートに入れ、カートを動かしてカート運んだことがわかる。このように観測データを制約条件として利用して、観測データと整合する作業員規範 GOMS モデルを選択することができる。こうして、作業員モデルを構築することができる。

4 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方法の基礎として、物流倉庫規範作業員モデルを、観測データを制約条件として利用して、観測データと整合する作業員規範 GOMS モデルを選択することで作業員モデルを構築する手法を提案した。

今後の課題として、シミュレータを実装してデータを入力し作業員モデルを構築すること、作業員モデルに表れるであろう複数の GOMS から一番尤もらしいものを判定する方法の検討などが挙げられる。

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] Bonnie E. John: “Why GOMS?”, Magazine interactions, Volume 2 Issue 4, pp.80-89, 1995.
- [3] Stuart K. Card and Thomas P. Moran and Allen Newell: “The Psychology of Human-Computer Interaction”, CRC Press, 1986.
- [4] 中町望, 一刈良介, 蔵田武志, 中平勝子, 北島宗雄: “物流倉庫のオーダピッキング作業における作業員の作業方略に含まれる行動パターンの抽出”, FIT2015(第 14 回情報科学技術フォーラム) 講演論文集, 第 3 分冊, 405-408.