

# 熟達度と環境に基づいたピッキング作業員行動遷移モデルの記述

Description of picking behavior transition model based on experienced and environment

太田 大智<sup>†</sup>  
Daichi Ohta

中平 勝子<sup>†</sup>  
Katsuko T. Nakahira

北島 宗雄<sup>†</sup>  
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、物流倉庫などでオーダ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擁しており、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効率化に寄与し、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。オーダピッキング作業の効率化については商品配置手法や経路決定方法の改善など様々なアプローチが存在する。ここではその様々なアプローチの中から作業員の行動改善による効率化について考える。

中町ら [1] は、GOMS モデルの形式でピッキング作業員規範モデルをオペレータとその系列で表現し、その上で作業員の知識とストラテジ効果の作業への影響を明らかにした。ここでは選択されたメソッドによって行動が決まるため、固定されたオペレータ系列をとるモデルとなっていた。本稿では、個々の作業員が経験と、オーダや棚の構造といった環境に基づいてオペレータを各ステップで確率的に選択し、オペレータ系列を生成する行動モデルを構築し、作業員が経験を積むにしたがって熟達していく過程を示す。

## 2 ピッキング作業における行動選択

人の行動は、認知サブシステムによって知覚情報をもとに記憶に保持された自身の過去の経験と照合し、最適な行動を選択する形で行われる。この考え方を、倉庫における作業員のピッキング作業に当てはめることで、ピッキング作業における行動選択の記述を行う。

### 2.1 行動選択確率

行動選択に必要な知覚情報  $I$  は、時間に依存する動的情報  $D$  と時間に依存しない静的情報  $S$  に分けて考える。 $D$  は作業員が行動することで生じる情報で、作業員の現在地で見える構造物特徴や作業員が実際に行う作業の状態（移動、ピッキング、梱包など）、他作業員との関係や混雑度を示す。 $S$  は商品設置場所やオーダー内容とし、短期には変更しない情報である。作業員は短期記憶  $M_W$  に  $I$  を格納し、ピッキング作業を行っていく中で蓄積された倉庫全体の構造、全体的な商品の配置や形状などの長期記憶  $M_L$  に格納されている情報と照らし合わせ、オーダ内容にある商品はどのようなものか、今いる場所は倉庫

全体のどのあたりかといった認識をする。それらに自身の身長や歩幅などの身体的特徴  $\mathbf{B}$  を加味して次に行う作業（オペレータ  $O_j$ ）を選択する。この時の行動選択確率  $a_{ij}$  は、式 (1) により表現できる。

ここで、作業員が行う作業を、大きく「移動」「カート操作」「ピッキング」の3種に分類すると、それぞれの作業は表1に示したオペレータが含まれる。

$$a_{ij} = P(I(S, D), M(M_W, M_L), \mathbf{B}) \quad (1 \leq i, j \leq 13) \quad (1)$$

表1 オーダピッキング作業に含まれるオペレータ

移動		カート操作		ピッキング	
$O_1$	前進	$O_6$	カートを置く	$O_9$	商品を探す
$O_2$	右を向く	$O_7$	カートに入れる	$O_{10}$	手を伸ばす
$O_3$	左を向く	$O_8$	カートを持つ	$O_{11}$	ピッキング
$O_4$	後ろを向く			$O_{12}$	バーコード
$O_5$	立ち止まる			$O_{13}$	袋詰する

## 3 行動遷移確率行列

現場における作業員の行動選択は、理想的な  $a_{ij}$  に加え、作業員の不確定変動要素  $\mathbf{C}_{\text{error}}$  が加味されて行われる。これを作業員行動遷移確率と呼ぶこととし、式 (2) で表す。

$$a_{ij}^* = P(I(S, D), M(M_w, M_L), \mathbf{B}, \mathbf{C}_{\text{error}}) \quad (2)$$

$\mathbf{C}_{\text{error}}$  は本人の調子、集中力によるパフォーマンスの変動を表す。これを導入することによって常に適切な選択のできる熟達作業員でも、探索の際に左を好んで探すとといった癖や、集中力の低下や体調不良から十字路で曲がるところをうっかりしてまっすぐ移動してしまうなどの適切な行動とは異なる行動をとることをあらわすことができる。その環境における作業員の行動遷移は全オペレータの組み合わせで構成される遷移確率行列の要素とする遷移確率行列  $\mathbf{A}$  で表すことができる。

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{1,1}^* & a_{1,2}^* & \cdots & a_{1,j}^* \\ a_{2,1}^* & a_{2,2}^* & \cdots & a_{2,j}^* \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i,1}^* & a_{i,1}^* & \cdots & a_{i,j}^* \end{pmatrix}$$

<sup>†</sup> 長岡技術科学大学

熟達者の遷移行列  $A_{exp}$  は行列各要素の値に 0 が多い行列

$$A_{exp} = \begin{pmatrix} a^*_{1,1} \cdots a^*_{1i} \cdots a^*_{1n} \\ 0 \quad \ddots \quad 0 \quad \cdots \quad 0 \\ \vdots \quad 0 \quad a^*_{1i} \quad \vdots \quad \vdots \\ 0 \quad \cdots \quad 0 \quad \ddots \quad a^*_{i,n} \\ a^*_{n1} \cdots a^*_{ni} \cdots a^*_{nn} \end{pmatrix}$$

非熟達者の遷移行列  $A_{nov}$  は行列要素に 0 の少ない行列

$$A_{nov} = \begin{pmatrix} a^*_{1,1} \cdots a^*_{1i} \cdots a^*_{1n} \\ \vdots \quad \ddots \quad \vdots \\ a^*_{i1} \quad a^*_{ii} \quad a^*_{in} \\ \vdots \quad \ddots \quad \vdots \\ a^*_{n1} \cdots a^*_{ni} \cdots a^*_{nn} \end{pmatrix}$$

となる。ピッキング、カート操作、移動の各種作業中には他作業に関わるオペレータへの遷移確率が 0 となる。  $N_W$  で過去の遷移確率行列を保持しない場合は、そのステップで生成された  $A$  を用いて行動を遷移させるモデルとなり、保持する場合には、過去の行動選択も踏まえた行動遷移モデルとなる。

#### 4 遷移行列による熟達度の表現

環境から同じ情報刺激を知覚しても、それを認知するときに熟達度の差によって選択される行動が変わる。  $S$  で次のピッキング対象棚や対象商品といった目標を与えられた時、  $M_L$  の値によってその位置や形状を認知できるかの差が生じ、  $D$  によって自分の今いる位置、とっている行動が与えられ、現在地と目的地との位置関係やピッキングした商品が正しいものかを認知できるかの差も生じる。熟達者は目的が与えられたときにとる行動のパターンが決まっているため、戸惑うことなく適切なオペレータ選択を行うことができる。  $M_L$  が大きな値をもつとき、適切なオペレータへの遷移確率の値が大きくなり、適切でないオペレータへの遷移確率は 0 となる遷移確率行列  $A_{exp}$  が生成される。非熟達者は行動パターンが不安定であるため、  $M_L$  が小さいとき、適切でないオペレータへの遷移確率も値を持つ遷移確率行列  $A_{nov}$  が生成される。

##### 4.1 作業員行動遷移モデル

$M_L$  の十分に高い熟達者のオペレータ遷移は  $A_{exp}$  が形成され、あらゆる場面において適切な形に近いオペレータ系列があらわれやすくなる。また、  $C_{error}$  によって選択と異なる行動をとってしまった場合でも、ピッキング対象棚や対象商品形状を正しく認知していることから、次のステップにおいて、現ステップの適切でないオペレータを踏まえて改めて最適な行動を選択するため、オペレータ系列は短くなる。  $M_L$  の低い非熟達者のオペレータ遷移には  $A_{nov}$  が掛けられ、適切でない行動も含まれる長いオペレータ系列があらわれる。熟達過程にある作業員も、現在地と目的地の位置関係や商品の形状が認知できるものであれば熟達者と同様の適切な行動がとれるため、部分的には  $A_{exp}$  と同じ遷移確率を、位置関係や商品形状を認知できなければ適切でない行動をとってしまうため、ある部分においては  $A_{nov}$  と同じ遷移確率を持つ遷移行列  $A$  を形成する。これにより熟達過程を記述する。

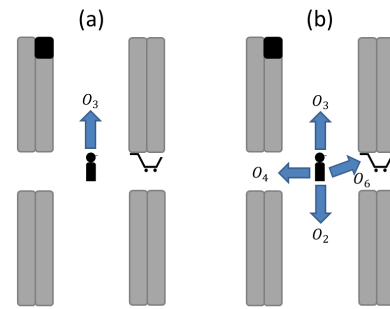


図1 熟達者 (a)、非熟達者 (b) のオペレータ選択肢

#### 4.2 熟達行列と非熟達行列の違いが現れる例

【移動】 熟達度の違いがもっとも現れやすい例として、図1のような十字路を移動し、左上黒部にある商品をピッキングする行動について考える。

- ・熟達行列 目的とする棚の位置を認知しやすいため、十字路であったとしてもどこを確認すれば正しい棚へたどり着くかといったノウハウを持っていると考えられる。従って、図1(a)のような行動をとることが期待され、遷移確率は、  $a_{1,3}$  の値のみが高くなり他の遷移確率は 0 となる。

- ・非熟達行列 現在地から棚までのルーティングをおこなうことができず、図1(b)のように列を通り過ぎてしまったり、立ち止まったうえで逆方向に曲がってしまうことが考えられる。また、正しく曲がることができても、当たりを見まわしながら対象の棚を探索するため見つかるまでの時間がかかり、遷移確率は、  $a_{1,1}$ ,  $a_{1,2}$ ,  $a_{1,3}$  の値がそれぞれ同程度となる。

【ピッキング】 数多くの商品の並ぶ棚から目的の商品を探索、発見し、手を伸ばしピッキング、バーコード読み取りを行う。商品を探しピッキングに移る点で熟達度の違いが現れる。

- ・熟達行列 過去の経験からオーダされた商品の形状や位置を把握しているため商品を探す過程が短く、商品を探すオペレータがピッキング作業へ遷移する  $a_{9,10}$  の値が高くなる。

- ・非熟達行列  $a_{9,10}$  だけでなく、商品を探すオペレータが選択されつづけることを表す  $a_{9,9}$  の値も同程度となる。

#### 5 まとめと今後の課題

作業員が環境と熟達度にもとづいて行動を遷移させるモデルを構築し、作業員の熟達遷移を表すことができることを示した。今後は作業員ごとの熟達過程の違いを表現し、人員配置や教育方法などの参考とできる形としていくことが考えられる。

#### 参考文献

[1] 中町望, 一刈良介, 蔵田武志, 中平勝子, 北島宗雄: オーダーピッキング作業におけるストラテジ効果の比較手法, 電子通信情報学会信越支部大会予稿集,p.93,2016.