

オーダーピッキングにおけるピッカーの混雑が移動時間に及ぼす影響

	東京理科大学	*田島 絵里佳	TAJIMA Erika
01015920	東京理科大学	石垣 綾	ISHIGAKI Aya
	東京理科大学	鈴木 正昭	SUZUKI Masaaki
	(株)データシェフ	濱田 雅人	HAMADA Masato
	(株)データシェフ	河合 航	KAWAI Wataru

1. はじめに

物流倉庫内で行われる多くの作業をオーダーピッキングが占めていることから、オーダーピッキング作業の効率化が求められている。オーダーピッキング作業時間の大半は移動時間であり、移動時間はレイアウト設計、保管割当を最適化することで短縮できる。Perersen [1]はシミュレーションを用いて保管棚間の通路の長さや通路数が移動時間に与える影響を明らかにした。Caron ら[2]は横断通路の導入とピッキングスタート地点の位置が与える影響を分析した。Hausman ら[3]は商品の入出庫頻度による3段階のクラスを設定し、最適な保管割当を求めた。これらの研究では単一ピッカーの期待移動距離が最小となるレイアウトと保管割当を分析している。しかし、実際の物流倉庫では複数のピッカーが同時に作業を行うことから、ピッカー間の混雑のために作業の待ちや移動時間の遅延が発生する。そこで、本研究ではマルチエージェントシステム(MAS)を用いることで複数ピッカーの混雑を考慮した物流倉庫内のオーダーピッキング作業をモデル化し、商品のピッキング頻度に応じた最適なレイアウトと保管割当の組合せを明らかにする。

2. 移動時間の評価方法

2.1 期待移動距離の理論値

本研究では、すべてのピッカーはピッキングスタート地点を出発し、倉庫内の任意の2地点で商品を収集し、再びスタート地点に戻ってくると仮定する。このとき、1回のピッキングに対する期待移動距離 $E[DC]$ は、ピッキングスタート地点からある地点までの期待往復距離 $E[SC]$ と倉庫内の2地点間の期待移動距離 $E[TB]$ を用いて以下のように表される。

$$E[DC] = E[SC] + E[TB] \quad (1)$$

ここで、 $E[SC]$ 、 $E[TB]$ は保管棚に対して直角に設定される横断通路の数に応じて変化する。本研究では、図1に示されるように横断通路の数が0~2の場合を取り扱う。

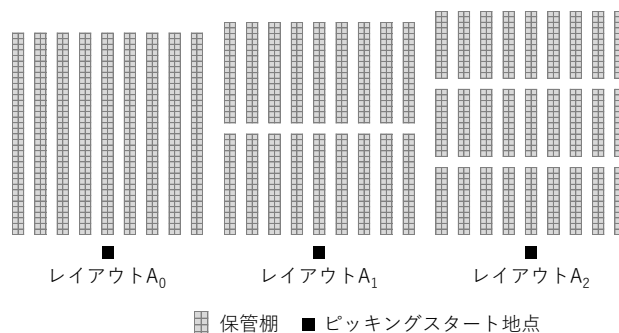


図1. 本研究で扱うレイアウト

以下に各レイアウトにおける $E[SC]$ 、 $E[TB]$ の理論式を示す。

- i. 横断通路を持たない場合 (A0)

$$E[SC_0] = L + 2v + \frac{an}{2} \quad (2)$$

$$E[TB_0] = \frac{1}{n} \left[\frac{L}{3} + (n-1) \left(\frac{2}{3}L + 2v \right) \right] + \frac{a(n^2-1)}{3n} \quad (3)$$

- ii. 横断通路が1つの場合 (A1)

$$E[SC_1] = L + 2w + 2v + \frac{an}{2} \quad (4)$$

$$E[TB_1] = \frac{1}{n} \left[\frac{L}{3} + (n-1) \left(\frac{5}{12}L + 2v \right) \right] + \frac{a(n^2-1)}{3n} \quad (5)$$

- iii. 横断通路が2つの場合 (A2)

$$E[SC_2] = L + 2w + 4v + \frac{an}{2} \quad (6)$$

$$E[TB_2] = \frac{1}{n} \left[\frac{L}{3} + \frac{16}{9}v + (n-1) \left(\frac{10}{27}L + \frac{22}{9}v \right) \right] + \frac{a(n^2-1)}{3n} \quad (7)$$

さらに、ピッカーの期待移動時間は次のように表すことができる。

$$E[WT] = \frac{E[DC]}{v^{\alpha(t)}} \quad (8)$$

ここで、各パラメータは以下のように定義される。

L : ピッキング通路の長さ

a : 隣り合うピッキング通路との距離

v : 棚から上・下部通路の動線までの距離

w : ピッキングスタート地点から棚までの距離

n : 通路数

$v^0(t)$: ピッカーの最適速度

2.2 マルチエージェントシステム

MAS は、各々特徴の異なる内部状態と行動ルールをもつ自律的主体が多数集まったシミュレーションモデルである。MAS はエージェントおよび2次元空間の環境により構成され、各エージェント i は質量 m_i をもつ質点として表される。N人のエージェントは各々の目的や環境的な制約により速度を変化するため、実際に(1)式のような F_a の力を受ける。

$$m_i \frac{dv_i}{dt} = F_a = F_p + F_{int} \quad (9)$$

F_p はエージェントが目的地に進もうとする力、 F_{int} はエージェントが他のエージェントや障害物と一定の距離を保つための反発力 (F_{ped} , F_w) であり、それぞれ次のように表される。

$$F_p = \frac{1}{\tau}(v_i^p - v_i) \quad (10)$$

$$F_{int} = F_{ped} + F_w \quad (11)$$

ここで、 v_i^p は最適速度、 v_i は実際の速度、 τ は緩和パラメータである。本研究ではピッカーをエージェント、物流倉庫を環境とし、目的地に向かって移動しながらピッカー同士が互いに干渉する状況を汎用シミュレーションシステム S⁴ Simulation System[4]を用いて再現した。

3. モデル設計

3.1 倉庫設定

本研究で扱う倉庫は以下のような特徴をもつ。

- 各レイアウトの保管棚の総面積は等しい
- ピッキングスタート地点は固定する

3.2 ピッカー設定

本研究ではピッカーを以下のように設定した。

- 同時に作業を行う人数は20人とする
- 1回のピッキングで2地点を訪れる

3.3 分析シナリオ

本研究では横断通路に対する以下の3種類のシナリオを設定し、各シナリオが平均移動時間に及ぼす影響を分析した。

- A₀) 横断通路を持たない場合
- A₁) 横断通路が1つの場合
- A₂) 横断通路が2つの場合

本モデルでは1時間の作業を想定し、ピッカーがピッキングスタート地点を出発してから再び戻ってくるまでの平均移動時間を評価指標とした。

4. 実験結果

表1はレイアウト A₀, A₁, A₂の期待移動時間の理論値及び、ピッカーが1人、20人の場合のシミュレーション結果を示してゐる。表1より、理論値ではレイアウト A₁, A₂, A₀の順で移動時間が削減され、作業効率が改善される。これはレイアウト A₂横のように断通路を過剰に導入すると横断通路より後方のエリアへの移動距離が増加することが要因であると考えられる。MASではピッカー数が1人の場合は理論値と同様の順で作業効率が改善される。しかし、ピッカーが20人の場合、レイアウト A₂, A₁, A₀の順に作業効率が改善される。これは同時に作業するピッカー数が増加することでピッカー同士のすれ違いや作業待ちによる遅延が発生することが要因である。このことから、オーダーピッキング作業のモデル化において、MASを用いて複数ピッカーが同時に作業を行うことで起こる現象を再現することは重要であり、これを理論式で再現するには非常に複雑な方程式が必要である。

表1. 平均移動時間 [秒/人]

	レイアウトA ₀	レイアウトA ₁	レイアウトA ₂
理論値	164.67	154.50	156.30
MAS(N=1)	166.07	147.75	151.90
MAS(N=20)	205.62	169.78	165.35

5. おわりに

オーダーピッキング作業をモデル化し、作業効率改善のためのレイアウトを分析する場合において、MASを用いることの有効性を示した。倉庫の形状や、通路幅の設定が及ぼす影響の調査については今後の課題である。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費(C) 16K01262 の助成を受けたもので、感謝の意を表する。

参考文献

- [1] Petersen, Charles G. "Considerations in order picking zone configuration." *International Journal of Operations & Production Management* 22.7 (2002): 793-805.
- [2] Caron, Franco, Gino Marchet, and Alessandro Perego. "Optimal layout in low-level picker-to-part systems." *International Journal of Production Research* 38.1 (2000): 101-117.
- [3] Hausman, Warren H., Leroy B. Schwarz, and Stephen C. Graves. "Optimal storage assignment in automatic warehousing systems." *Management science* 22.6 (1976): 629-638.
- [4] S⁴ Simulation System, <https://www.msi.co.jp/s4>