

ピッキング作業効率化のための商品配置シミュレーション

○西村和真（九工大） 西田祐也（九工大） 石井和男（九工大）

滝澤千之（（株）Beyond）

1. 緒言

近年、インターネット通販の普及などにより物流倉庫の大規模化が顕著となっている。そのため物流倉庫では必要人員が増加しているが、倉庫業における労働者の割合は40歳以上の労働者が年々増加し、現在では全体の6割以上を40歳以上の労働者が占めている。そのため、物流倉庫の作業を効率化し、人件費の削減を行う必要がある。物流倉庫の作業には入荷、梱包、出荷などがあり、その中でも特にピッキング作業が最も人件費がかかっており全作業時間の内の6割を占めることもある[1]。そのため、ピッキング作業を効率化することが最も人件費の削減につながる。ピッキング作業とは、作業者が伝票の商品を保管場所から取り出す作業である。このピッキング作業の効率化には、マテハン機器の導入や管理システムの導入、商品配置の最適化がある。

商品配置の最適化の手法として、これまでに、商品の注文頻度や商品同士の関係を考慮した手法が提案されてきたが、そのほとんどは数値シミュレーションのみで検証されており、実際の物流倉庫内での有用性は明らかになっていない。[2] 本研究では、商品配置の最適化によるピッキング作業の低コスト化の実現を目指し、実際の物流倉庫を模擬した3Dシミュレーション環境を構築し、既存の商品配置最適化手法の有用性を検証する。

2. ピッキング作業シミュレーション

2.1 シミュレーション環境

従来の商品配置のシミュレーションでは、商品棚をノード、通路をリンクで表し、格子状で倉庫を簡易的に再現していた。本研究では、3Dシミュレーターを用いて、20[m]×2[m]×4[m]のサイズで10ペイ×3段の仕切りがある商品棚、商品棚の横幅と同じ長さの20[m]のコンベアを配置する。また、商品棚とコンベアの距離を1.5[m]、作業者のピッキングエリアを商品棚とコンベアの間を設定し、某倉庫の環境を再現した。ピッキング対象の商品に関しては、本研究では商品A～Jの10種類とし、1ペイに1種類の商品配置を行い、ピッキング作業への影響の解析を行う。図1に行うシミュレーション内容の概略図を示す。

商品棚に沿う形でコンベアを配置し、商品棚とコンベアの間で作業者がピッキング作業を行う。また、本シミュレーションでは、2種類のピッキング作業を行う。1つ目のケースピッキングは、ピッキング対象がケース単位である。2つ目のピースピッキングは、

ピッキング対象がペットボトル1本や缶1本などの単位で、それらを出荷先の店舗ごとのオリコンと呼ばれる箱に格納し出荷する。これら2種類のピッキングに対してClass-Based Storage及びOOSの商品配置を行い、作業者のピッキングにかかる時間の解析を行う。

2.2 商品配置の最適化

先行研究では、売れ行き商品を表す指標である注文頻度を考慮したClass-Based storage[3]という手法が提案されている。Class-Based Storageでは、注文頻度の高い商品から順に倉庫の出荷口に付近に配置する手法である。また注文頻度に加えて、商品間の関係を表す指標である共起頻度も考慮したOrder Oriented Slotting(OOS)[4]という手法も提案されている。共起頻度とは、同一伝票内で同時に注文される商品の回数である。OOSはよく同時に注文される商品同士を近くに配置する手法である。OOSは以下の評価式を用いて配置場所を最適化する。

$$E = \sum_{i=1}^{l-1} \sum_{j=i+1}^l f_{ij} d_{ij} + \alpha \sum_{i=1}^l f_{i0} d_{i0} \quad (1)$$

l は商品の種類数、 f_{ij} は商品 i, j の共起頻度、 d_{ij} は商品 i, j 間の距離、 f_{i0} は商品 i の注文頻度、 d_{i0} は商品 i と出荷口の距離を表している。式の第1項では共起頻度の評価を行い、第2項では注文頻度の評価を行っている。この式を最小化することを目的とする。本論文では、注文頻度の影響と共起頻度の影響を解析するために α を0に設定しOOSでは共起頻度のみを最適化する。Class-Based Storageでは、式(1)の第2項のみを用いて注文頻度の最適化を行う。

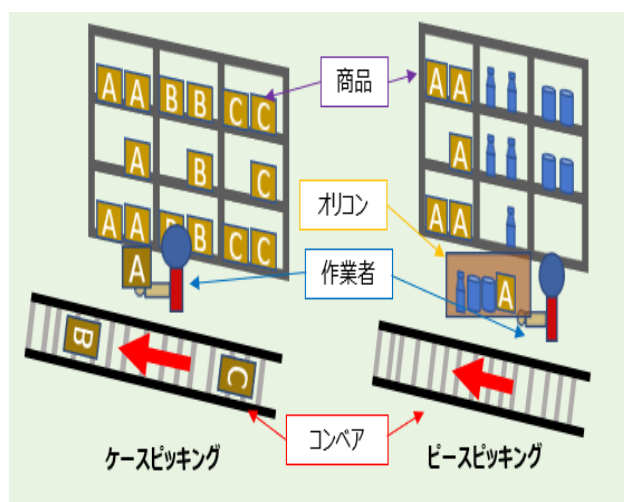


図1 シミュレーションイメージ

3. 最適な商品配置の検証

本シミュレーションの条件を表1に示す。10ペイ×3段の商品棚に作業者が1人つきピッキング作業を行う。商品は10種類とし、棚の1ペイにつき1種類の商品を配置する。伝票はパレートの法則に基づいて商品の注文確率を設定し作成する。パレートの法則とは、商品の売上の上位2割が全体の8割を占めるという経験則である。伝票は100件作成を行い100件の伝票を1セットとする。5セットの伝票の作成を行い、5セット分のシミュレーションを行う。また、ピッキング作業を正確に再現するために、取得商品の保管位置によって取得時間の増加や、商品運搬時の移動速度の制限を行う。図2に5セット分ケースピッキングシミュレーション行った時の作業者の平均ピッキング時間の内訳を示す。図3に同様に行ったピースピッキングの作業者の平均ピッキング時間の内訳を示す。

図2、図3よりケースピッキング、ピースピッキング共に共起頻度を考慮した手法であるOOSの方が移動時間を削減できており、注文頻度よりも共起頻度を最適化することがピッキング作業の効率化に繋がることが分かった。これは、本シミュレーションでは棚に沿う形で出荷口であるコンベアが配置されているため、出荷口と各商品の距離に差が出ないためである。この結果から倉庫環境によって注文頻度はあまりピッキング効率化に影響しないことが分かった。しかし、商品間同士の移動はどのような倉庫でも必要になるため共起頻度はピッキング効率に大きな影響を与えると考えられる。また、注文頻度と共起頻度は、商品の取得時間及び出荷時間には影響を与えず、既存手法はピッキング作業の中でも移動に関する効率化のみを行っていることが分かった。

4. 結言

本研究では、倉庫の状況を正確に再現し、既存手法の有効性及び解析を行った。その結果、商品取得に関しての効率化ができていないことが分かった。今後は、売れ行きの商品は取りやすい位置に配置するなどの評価を行えるようにし、より効率的な商品配置の手法の提案を行う。また、本論文では、ピッキング作業のみのシミュレーションを行っていたため、今後は入荷、検品などの作業も入れ、作業間の影響の評価も行うとともに、作業者の数も増やしより倉庫のモデルを精巧に再現する。

参考文献

- [1] Coyle, J. J.: *Management of Business Logistics: A Supply Chain Perspective*, South Western Educational Publishing (2002)
- [2] 南賢一, 飯塚博幸, 古川正志, 山本雅人: “ネットワークトポロジーを考慮した自己組織化マップによ

る商品配置方法の提案”, 人工知能学会論文誌, 30巻, 6号, pp737-744, 2015年

- [3] Graves, S. C., Hausman, W. H., and Schwarz, L. B.: *Storage-Retrieval Interleaving in Automatic Warehousing Systems*, *Management Science* May 1977, Vol. 23 pp. 935-945 1977
- [4] Mantel, R. J., Heragu, S. S., and Schuur, P. C.: *Order Oriented Slotting: A new assignment strategy for warehouses*, *European Journal of Industrial Engineering*, Vol. 1, pp. 301-316 2007

表1 シミュレーション条件

項目	条件
作業者	人
棚のサイズ	10ペイ×3段
商品の種類数	10種類
伝票数	100件
商品重量	1.50[kg]
移動速度	1.34[m/s]
運搬時の移動速度	重量1[kg]ごとに-0.20[m/s]
商品の取得時間	2[s]
棚の1段目	取得時間に+0[s]
棚の2段目	取得時間に+5[s]
棚の3段目	取得時間に+10[s]
商品の出荷時間	2[s]

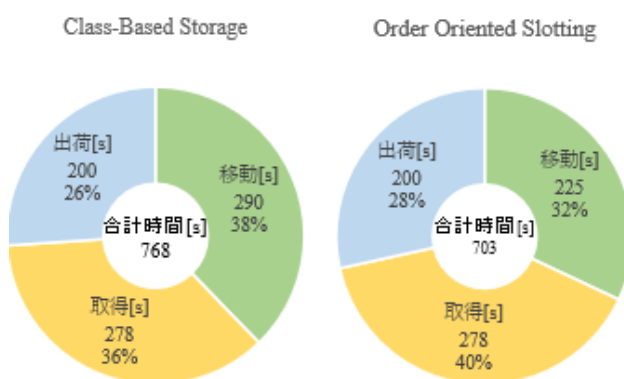


図2 ケースピッキングの時間内訳

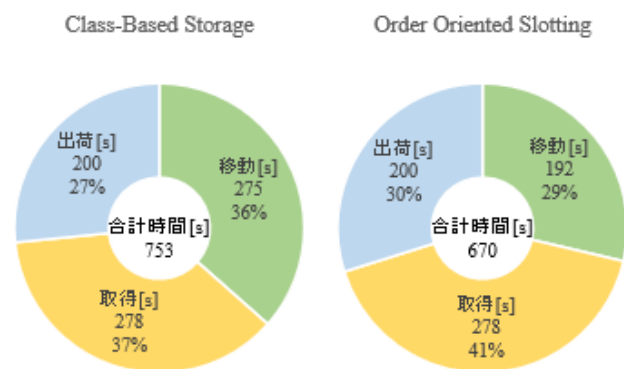


図3 ピースピッキングの時間内訳