

## 1. 序論

### 1.1 研究の背景

物流センターは、多種大量の商品を供給者から荷受けし、積換え、保管、仕分け、流通加工、情報加工などを行い、多数の需要家の注文に応じて品揃えし、配送する重要な物流拠点である。<sup>1)</sup>

物流センターを設計する際は、施設条件の決定、基本計画の策定、細部計画の策定、運営要領の決定といったステップを踏んで行われる。全体として、最適な施設計画になるよう、各段階でさまざまな調査・分析を行う。しかし、物流センターは、一度完成するとその後の改装が容易でなく、効率の悪いまま長期間使っていかなざるを得ない。また、計画時点では最良の計画であっても、その後の環境変化によってムリやムダが生じ、効率が悪化することも多い。したがって、設計の際には細心の配慮が必要である。

中でも、ピッキング作業は、一連の物流作業工程の中で最も複雑であり、問題点の多い部分である。

そのため、ピッキング場の設計には、より適切な検討が必要となる。そこで、設計の基準となる数値指標を示したり、どのような手順で設計を行えばいいのかという設計手順を示したり、比較検討を行い設計の方向性を示す大まかな傾向を示したりすることによって、設計が容易になるピッキング場の設計支援を行うことが有益であると考えられる。

このような検討を行う際は、実環境の再現度合いが高いほど、より適確な支援が可能であると考えられる。よって、実際の設備などを導入して実環境そのままで行うことが望ましいが、費用や時間や労力の面からみて無理難題である。また、これまでは、図面や写真を使った模擬実験を行うケースが多かったが、セル生産、多品種少量生産の時代へと移り、時間の制約を最小限に抑えながら臨場感のある立体的、連続的な検討することが求められている。<sup>2)</sup>

そこで、このような検討をおこなうことができる有効な方法として、レイアウトシミュレーションがある。

### 1.2 研究の目的

本研究では、レイアウトシミュレーションを用いて、作業時間からみて、設計における概括的指針を与え、ピッキング場の概要設計支援を行うことを目的とする。具体的には、ピッキング場の設計項目の内、棚レイアウト、商品ロケーション、作業の開始・

終了位置、ピッキング頻度、ピッキング方式を対象とする。

## 2. ピッキング場設計支援

設計者がピッキング場を設計する際に、保管設備はどの設備を使用すればいいのか、また、その設備の仕様をどのようにしたらいいのか、どのような棚レイアウトにしたらいいのか、どのような商品ロケーションをおこなえばいいのか、どのようなピッキング方式を用いればいいのかどのような作業機器を用いればいいのか、作業の開始・終了位置をどのようにすればいいのか、搬送設備を用いた方がいいのか作業者が運んだ方がいいのか、またその仕様はどのようにしたらいいのか、通路幅はどれだけ取ればいいのか、通路ルールはどのように設ければいいのか、このようなことを検討したいときに、設計の基準となる数値指標を示したり、そもそもどのような手順で設計をおこなえばいいのかという設計手順を示したり、比較検討を行い設計の方向性を示す大まかな傾向を示したりする支援が考えられる。

## 3. レイアウトシミュレーション

レイアウトシミュレーションとは、設備やラインの配置、スペース効率、作業者の安全衛生管理など製造ラインの設備上の制約を、3次元画像などの模擬実験によって予測・分析・改善するツールのことである。適確なピッキング場の設計支援を行うには、より実環境に近い環境で検討を行うことが有効であり、そのために、どの棚からいくつ商品を取り出すといったことや、作業者が歩く範囲が決まっていることや、レイアウトを変更するなど、面積や、位置関係などを表現することが求められる。

レイアウトシミュレーションは、上述したことを表現することができ、且つ、定量的に示すことができる。

## 4. シミュレーション実験概要

本研究では、全部で3つのシミュレーション実験を行った。

実験1では、作業の開始・終了位置毎に、棚レイアウトによって、作業時間がどのような変化傾向を示すのかを明らかにすることを目的とした。

具体的には、作業の開始・終了位置を同位置と別位置の2つに対して、図1に示すように、棚レイア

ウトを縦置き、横置き、縦横混合①、縦横混合②の4つの合計8つのモデルを構築し、同位置、別位置毎に実験を行った。

実験2では、商品ロケーションを変更することによって、作業時間がどのような変化傾向を示すのかを明らかにし、併せて、A, B, Cのピッキング頻度を変化させることによって、作業時間にどのような変化傾向がでるのかを明らかにすることを目的とした。

具体的には、実験1で構築した8つのモデルに対して、図2に示す3通りの商品ロケーション、3通りのピッキング頻度を組み合わせた合計72通りのシミュレーションを8つの実験に分けて行った。

なお、図2に示す、商品ロケーション分布パターン①（以降“分布①”と称する）は、商品を作業の開始・終了位置を結んだ線に対して、作業の開始位置から奥行き方向に平行に、A, B, Cの順に配置する方法である。図3に示す、商品ロケーション分布パターン②（以降“分布②”と称する）は、商品を作業の開始・終了位置を結んだ線に対して、幅方向に平行にA, B, Cの順に左右対称に配置する方法である。図4、図5に示す、商品ロケーション分布パターン③（以降“分布③”と称する）と、商品ロケーション分布パターン④（以降“分布④”と称する）は、ピッキング動線の距離に応じて、短い棚から順にA, B, Cの順に配置する方法である。

また、ピッキング頻度は、A商品、B商品、C商品の在庫量が2日分の場合、A商品を2日分、B商品を4日分、C商品を6日分、A商品を2日分、B商品を6日分、C商品を10日分の3つのパターンを行った。

なお、ここで示すピッキング頻度とは、例えば、A商品、B商品、C商品がそれぞれ10品目ずつあるとし、在庫量がA商品、B商品、C商品それぞれ2日分ずつの場合、A, B, C商品それぞれ一日に、2品目のうち1品目が出荷されることを示している。また、A商品を2日分、B商品を6日分、C商品を10日分の場合、1日に出荷される商品は、A商品は2品目のうち1品目が、B商品は6品目のうち1品目が、C商品は10品目のうち1品目が出荷されるということを示している。

実験3では、実験1, 2の結果を元に、最も作業時間の短いモデルを1例として、オーダー平均を変化させることで、摘み取り方式と種まき方式のどちらが望ましいかを明らかにすることを目的とした。

具体的には、最初に、予備実験によって、種まき方式における、ピッキング場と仕分け場の作業人数の組み合わせを、4人と6人、5人と5人、6人と4人、7人と3人、8人と2人の5通りと決定した。そして、この作業人数の割合に基づいて、摘み取り方式と種まき方式の作業をオーダー平均毎に実験を行

った。なお、オーダー平均とは、1荷主が1回に注文する量の平均数量のことである。

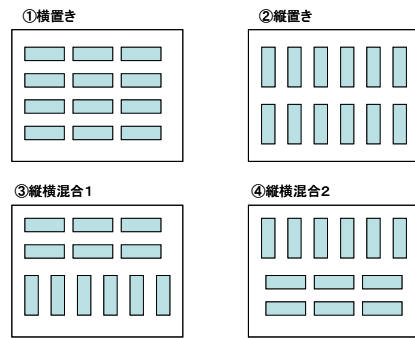


図1. 棚レイアウトパターン図

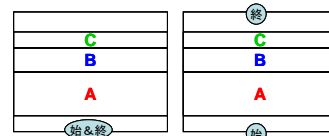


図2. 商品ロケーション分布パターン①

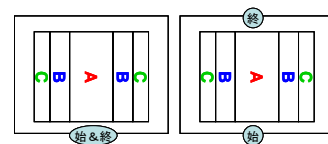


図3. 商品ロケーション分布パターン②

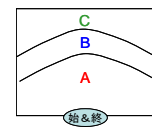


図4. 商品ロケーション分布パターン③

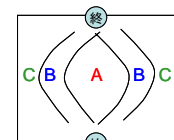


図5. 商品ロケーション分布パターン④

## 5. 実験結果

図6に、シミュレーション実験1の結果のうち、同位置における棚レイアウトを示す。縦軸は作業時間を示しており、横軸は棚レイアウトパターンを示している。

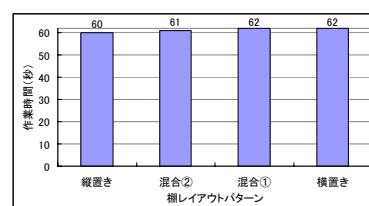


図6. 同位置における棚レイアウト

図より、以下のことがわかった

作業の開始・終了位置が同位置の場合は、縦置き、混合②、混合①、横置きの順に作業時間が増加することがわかった。また、棚は作業者の動線に対して、平行に置くほうが、作業時間が短い事がわかった。

次に、図7に、シミュレーション実験1の結果のうち、別位置における棚レイアウトを示す。縦軸は作業時間を示しており、横軸は棚レイアウトパターンを示している。

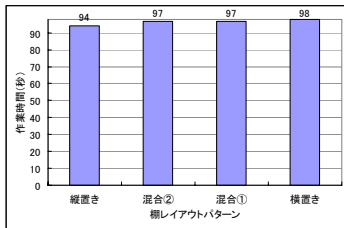


図7. 別位置における棚レイアウト

図より、次のことがわかった。

作業の開始・終了位置が別位置の場合は、縦置き、混合②と混合①、横置きの順に作業時間がかかる事がわかった。また、棚は作業者の動線に対して平行であるほうがいいことがわかった。

また、作業の開始・終了位置が、同位置の場合に比べて、別位置の方が、棚レイアウトによる影響が強くてることがわかった。

以上のシミュレーション実験1から、次のことがわかった。

- 棚レイアウトは、作業の開始・終了位置に関わらず、人の動線に対して平行に置くほうが、作業時間が短くなる事がわかった。
- 作業の開始・終了位置が、同位置の場合に比べて、別位置の方が、棚レイアウトによる影響が強くてることがわかった。

次に、図8に、シミュレーション実験2の結果の1部として、縦置き同位置における、商品ロケーションとピッキング頻度による作業時間の関係を示す。

縦軸は作業時間を示しており、横軸はピッキング頻度を示している。

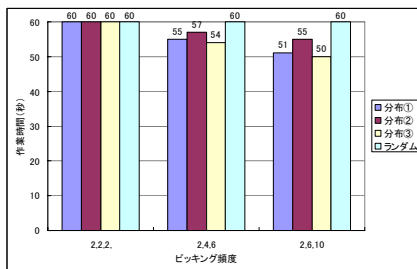


図8. 縦置き同位置における商品ロケーションとピッキング頻度による作業時間の関係

この図から以下のことがわかった。

作業の開始・終了位置が同位置の場合は、分布③、分布①、分布②の順に作業時間が短くなる事がわかった。

また、ピッキング頻度が低くなるほど、商品ロケーションの効果が強くなり、分布③、分布①、分布②の順に効果が強くなる事がわかった。

次に、図9に、シミュレーション実験2の結果の一部として、縦置き別位置における、商品ロケーションとピッキング頻度による作業時間の関係を示す。縦軸は作業時間を示しており、横軸はピッキング頻度を示している。

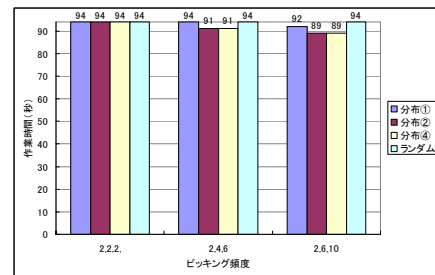


図9. 縦置き別位置における商品ロケーションとピッキング頻度による作業時間の関係

縦置きにおける作業の開始・終了位置が、別位置の場合は、分布④と分布②、分布①の順に作業時間が短くなる事がわかった。

また、ピッキング頻度が低くなるほど、商品ロケーションの効果が強くなり、分布④と分布②、分布①の順に効果が強くなる事がわかった。

また、同位置に比べると、商品ロケーションの効果が小さい事がわかった。

以上のシミュレーション実験2から、次のことがわかった。

- 同位置の場合、基本的に、分布③、分布①、分布②の順に作業時間が短くなるが、混合①と混合②においては、分布③と分布①にほとんど差がみられないことがわかった。
- 別位置の場合、基本的に、分布④、分布②、分布①の順に作業時間が短くなるが、縦置きと混合①と混合②においては、分布④と分布②にほとんど差がみられないことがわかった。
- ピッキング頻度を変化させた場合、どの棚レイアウト、商品ロケーションにおいても、B,C商品のピッキング頻度が低くなるほど、商品ロケーションの効果が強く、基本的に、同位置の場合は、分布③、分布①、分布②の順に、別位置の場合は、分布④、分布②、分布①の順に効果が強くなる事がわかった。

次に、図 10 に、シミュレーション実験 3 の結果を示す。縦軸は、作業時間を示しており、横軸は、オーダー平均別ピッキング方式を示している。

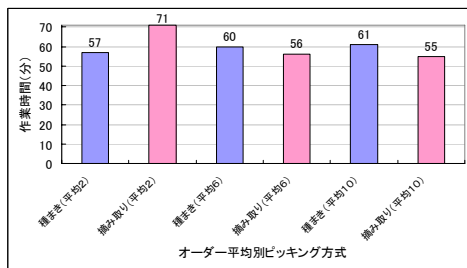


図 10. オーダー平均別摘み取り方式と種まき方式の比較

この図から以下のことがわかった。

各オーダー平均別に、種まき方式で、適切な人員配置を行うと決定した場合、摘み取り方式と比較すると、オーダー平均が 2 の場合は、種まき方式の方が作業時間が短く、オーダー平均が 6 と 10 の場合は、摘み取り方式の方が作業時間が短いことがわかった。

また、シミュレーション実験 3 から、次のことがわかった。

- 1 オーダーあたりの注文数量が多いほど、摘み取り方式の方がよく、また、1 オーダーあたりの注文数量が少ないほど、種まき方式の方が好ましい。

## 6. 結論

本研究では、レイアウトシミュレーションを用いて、作業時間からみて、設計における概括的指針を与え、ピッキング場の概要設計支援を行うことを目的とした。そして、具体的に、ピッキング場の設計項目の内、棚レイアウト、商品ロケーション、作業の開始・終了位置、ピッキング頻度、ピッキング方式を対象として、シミュレーション実験を行った結果、設計における概括的指針を与え、ピッキング場の概要設計支援を行うことができた。

具体的には、以下に示す。

- 棚レイアウトは、作業の開始・終了位置に関わらず、人の動線に対して平行に置くほうが好ましい。
- 作業の開始・終了位置が、同位置の場合に比べて、別位置の方が、棚レイアウトによる影響が強くでる。
- 作業の開始・終了位置が同位置の場合、基本的に、ピッキング動線の距離に応じて、短い棚から順に A, B, C の順に配置する方法が最も短くなり、次いで、商品を作業の開始・終了位置を結んだ線に対して、作業の開始位置から奥行き方向に平行に A, B, C の順に配置する方法がよい。ただし、縦横混合した場合においては、基本的

に、ピッキング動線の距離に応じて、短い棚から順に A, B, C の順に配置する方法と商品を作業の開始・終了位置を結んだ線に対して、作業の開始位置から奥行き方向に平行に A, B, C の順に配置する方法にほとんど差はない。

- 作業の開始・終了位置が別位置の場合、基本的に、ピッキング動線の距離に応じて、短い棚から順に A, B, C の順に配置する方法が最も短くなり、次いで、商品を作業の開始・終了位置を結んだ線に対して、作業の開始位置から奥行き方向に平行に A, B, C の順に配置する方法がよい。ただし、縦置きと縦横混合の棚レイアウトにおいては、ピッキング動線の距離に応じて、短い棚から順に A, B, C の順に配置する方法が最も短くなり、次いで、商品を作業の開始・終了位置を結んだ線に対して、作業の開始位置から奥行き方向に平行に A, B, C の順に配置する方法にほとんど差がみられない。
- ピッキング頻度を変化させた場合、どの棚レイアウト、商品ロケーションにおいても、B, C 商品のピッキング頻度が低くなるほど、商品ロケーションの効果が強くなる。また、同位置の場合は、ピッキング動線の距離に応じて、短い棚から順に A, B, C の順に配置する方法、商品を作業の開始・終了位置を結んだ線に対して、作業の開始位置から奥行き方向に平行に A, B, C の順に配置する方法、商品を作業の開始・終了位置を結んだ線に対して、幅方向に平行に A, B, C の順に左右対称に配置する方法の順に、別位置の場合は、ピッキング動線の距離に応じて、短い棚から順に A, B, C の順に配置する方法、商品を作業の開始・終了位置を結んだ線に対して、幅方向に平行に A, B, C の順に左右対称に配置する方法、商品を作業の開始・終了位置を結んだ線に対して、作業の開始位置から奥行き方向に平行に A, B, C の順に配置する方法の順に効果が強くなる。
- 1 オーダーあたりの注文数量が多いほど、摘み取り方式の方がよく、また、1 オーダーあたりの注文数量が少ないほど、種まき方式の方が好ましい。

## 参考文献

1) 流通経済大学 HP

[http://www.rku.ac.jp/~takada/logist/plan\\_center.html](http://www.rku.ac.jp/~takada/logist/plan_center.html)

2) テクノクロッシング HP

<http://www.techno-x.jp/word/software/line-design-soft/facility-simulation.html>