

# NTTデータ数理システム学生奨励賞2022

## 物流倉庫における保管効率と作業者の 混雑を考慮したレイアウト設計

東京理科大学

鈴木雄貴

松田樹梨佳

# 背景(サプライチェーン)

<サプライチェーン>

メーカー → 物流倉庫 → 小売店 → 消費者

<現状>

- ・消費者のニーズの多様化による多品種少量生産
- ・ネットショッピング市場の急速な拡大化や普及



多種多様な商品を素早く顧客に届ける必要があるため、物流倉庫には大きな負担がかかっている

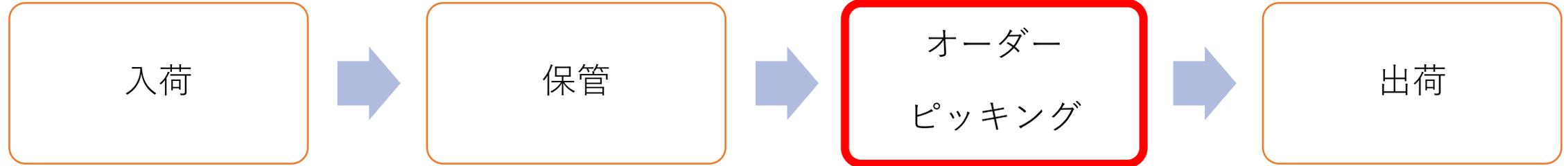
**サプライチェーンの効率化のために物流倉庫に着目する**



# 背景（倉庫内）

オーダーピッキングってなにー??  
顧客の注文に従って、保管場所から  
商品を取り出す作業

## 倉庫内でのモノの流れ



オーダーピッキングは  
物流倉庫内の作業において**運営費全体の55%のコスト** [1]  
物流倉庫内の作業において**全作業時間の50%** [1]  
**作業時間の最大50%は移動時間** [1]

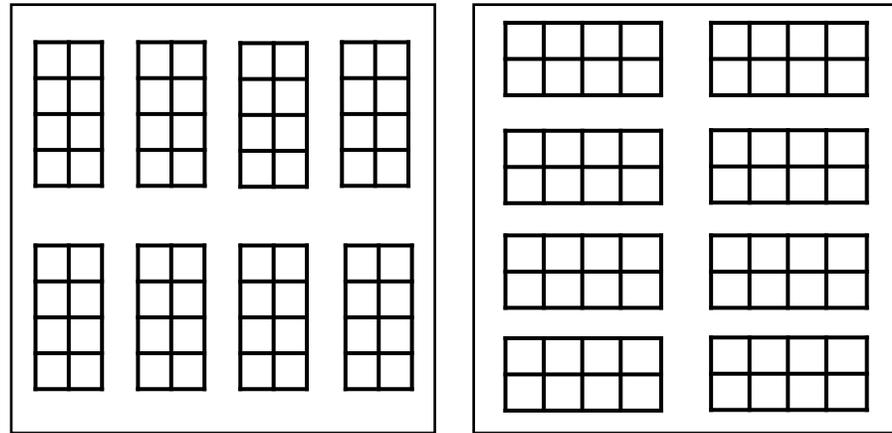
物流倉庫全体の作業時間短縮において  
**オーダーピッキング作業の移動時間短縮**が重要！

オーダー  
ピッキング  
大事！！

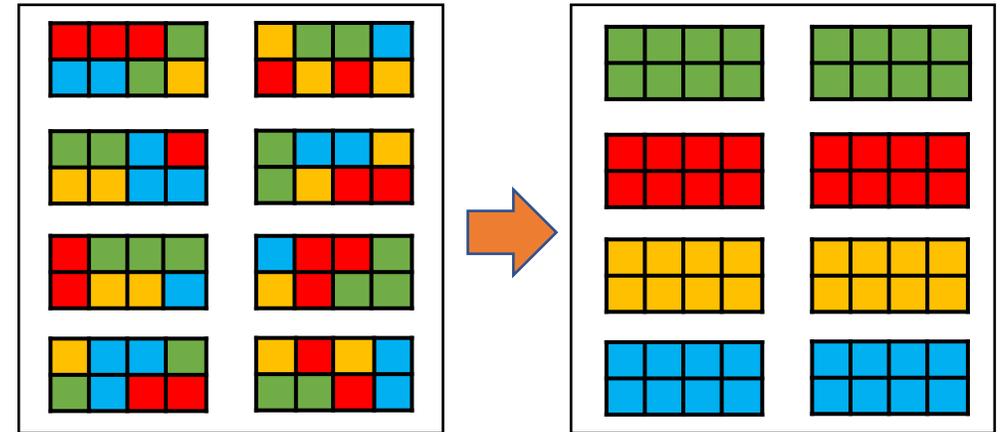
# 背景（オーダーピッキング）

オーダーピッキング作業における移動時間短縮のための手法

倉庫レイアウト



保管割当



オーダーバッチング：

一度に複数の注文をまとめて  
収集すること

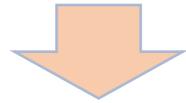
ルーティング：

どのような順路でピッキングを行うか

# (一部再掲載) 背景(サプライチェーン)

## <現状>

- ・消費者のニーズの多様化による多品種少量生産
- ・ネットショッピング市場の急速な拡大化や普及



多種多様な商品を素早く顧客に届ける  
必要があるため、物流倉庫には大きな負担がかかっている

サプライチェーンの効率化のために物流倉庫内の  
倉庫レイアウトを変更して移動時間を短縮する



# 先行研究

Pohl（フィッシュボーン通路）が通路幅や数について研究を行っていた  
数理モデルで一人のピッカーで効率化を図っていた

**But!**

実際の倉庫では作業者同士の混雑が発生して、作業時間がのびてる

先行研究と異なる部分

- ・SFM（ソーシャルフォースモデル）を使って混雑を再現

# 目的

## 目的

- 物流倉庫において保管効率と作業者の混雑を考慮して、移動時間短縮のために倉庫レイアウトを設計する

今回は通路幅や通路数を変更し、物流倉庫の保管効率と作業者の混雑を考慮したレイアウトを調査していく。

作業者の混雑を再現する → SFMを用いる

# SFMモデルとは??

- 障害物やエージェント同士の衝突・混雑等を表現できており、より現実に近いモデル

## S4におけるSFMの特徴

- 歩行者の動き方（進行方向、速度）を決めるためのモデル
- 他の歩行者や障害物からは外力が与えられる
- 歩行者を平面内で運動する粒子とみなす
- 各歩行者は目的地を持っている

SFMモデルを用いる際に

レイアウト設計を行う必要がある

# SFMモデルにおける倉庫レイアウト

1. 倉庫の入出庫点が真ん中（仮決定）
2. 倉庫内における棚の種類



→ 一言に棚の種類といっても異なるレイアウト設計方法があるため具体的に見ていく

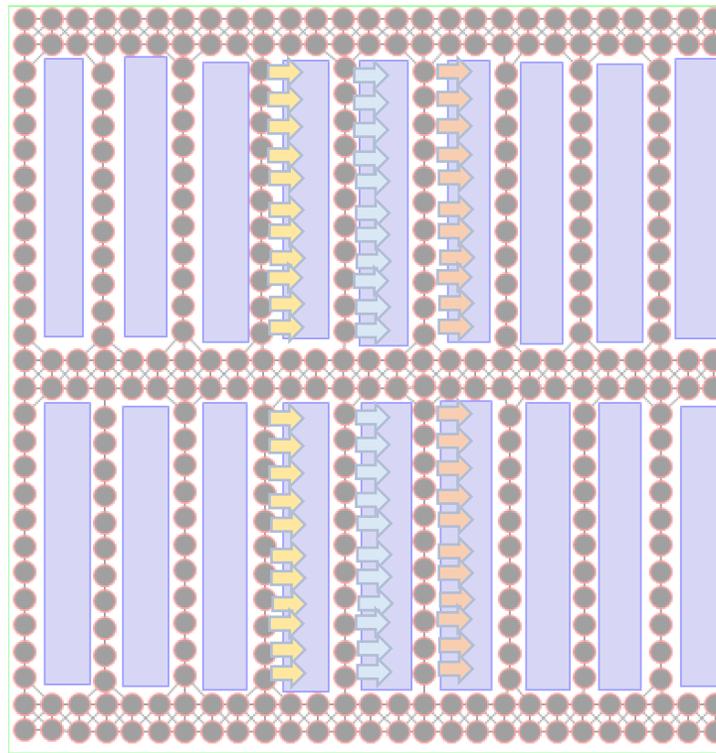
# <SFMモデルにおける倉庫レイアウト>

両側棚群

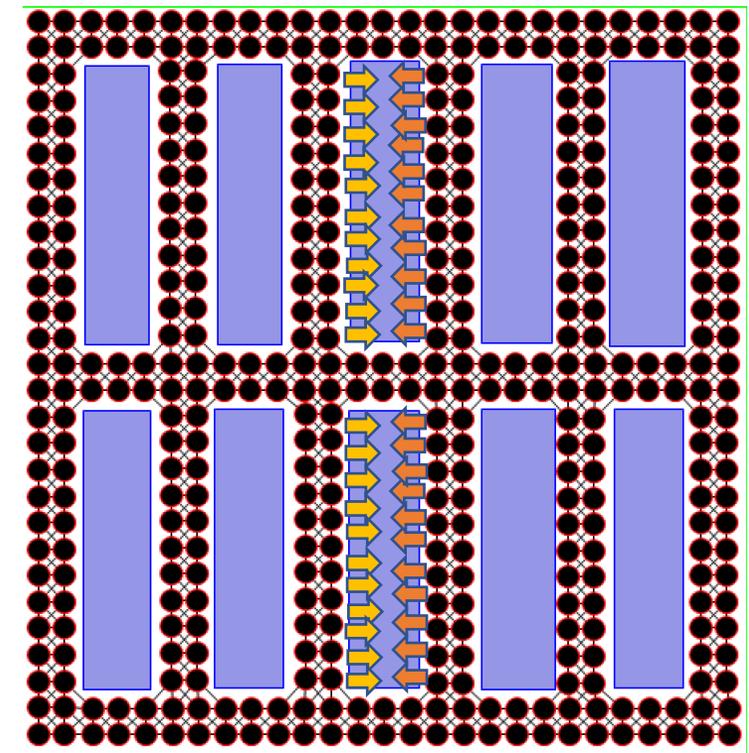
1つの商品を両側から  
取り出し可能な棚

片側棚群

片側から取り出し可能な棚



片側から取り出し可能な棚を  
両面に置いたレイアウト



# 実験上での定義（適用範囲と評価指標）

## <適用範囲>

- 片側からとれる棚を両面にした倉庫レイアウトを考える
- オーダーピッキング作業後の仕分け作業を一旦考えないことにする
- 順路はあらかじめプログラムを変更することで設定可能  
(例:gate→電化製品→本→服→gate等、他にも順路作成可)

## <評価指標>

- 混雑を一定量の商品のオーダーピッキングにかかった総作業時間の比較によって検討
- 1ピッキングを入出庫点をスタートしてから3商品回収し、再び入出庫点に戻ってくるまでとする
- 倉庫における保管効率

→この研究における保管効率の定義をしていく



# 実験上での定義（保管効率）

- 保管効率をどう定義するか  
検討中の案

1. 全体の面積のうちの棚の面積で考える(%)
2. 棚の1つ1つの数によって点数を付ける

2の場合だと見る人によって違う捉え方がある

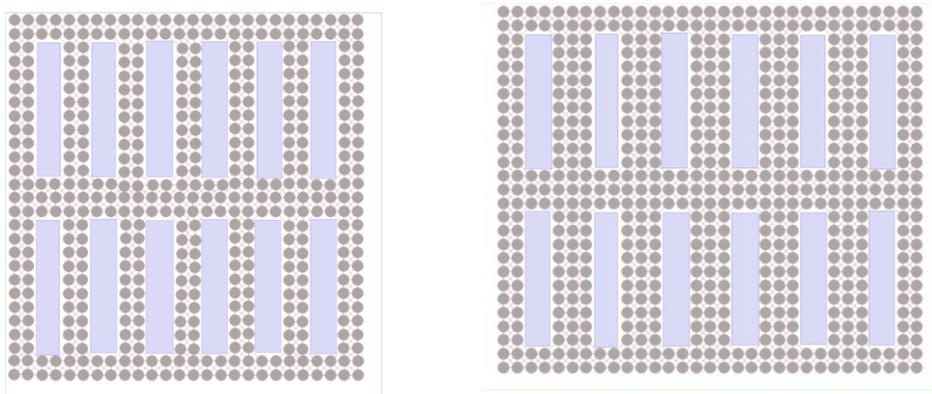
→ **本研究では全体の面積のうちの棚の面積で考える**

$$\text{保管効率} = \frac{\text{棚が占めている面積}}{\text{倉庫内の全面積}}$$

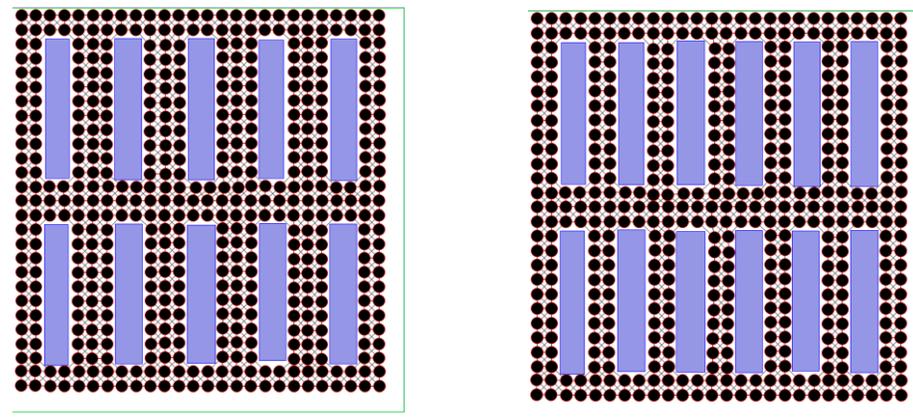
# 実験

通路幅を変更する際に2つの方法が考えられる

棚の個数を変えず  
倉庫の大きさを変更する方法



棚の個数を変更し  
倉庫の大きさを固定する方法



今回はより現実で実現しやすく、在庫整理をした際に倉庫の大きさは変えず、棚の個数を変えた時のような場合を取り扱うことにする

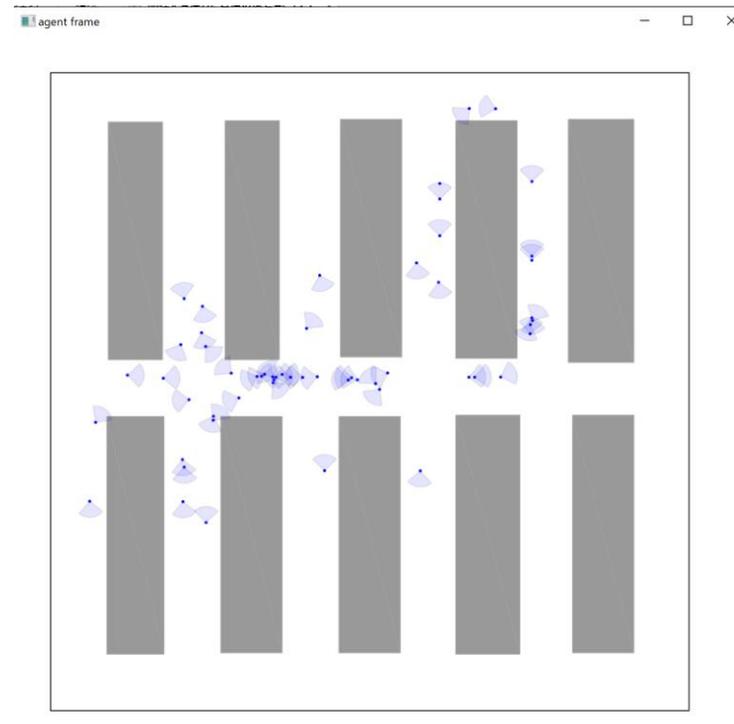
# 実験結果

SFMモデルが適切に動き、データを取得することができたエージェントごとにデータをソートし、分析していく。

	時間	時刻	重み	経路地点
1	7.958	1970-01-01 00:00:07.958745	4.116	26
2	12.075	1970-01-01 00:00:12.074525	2.675	26
3	14.750	1970-01-01 00:00:14.750000	1.925	24
4	16.675	1970-01-01 00:00:16.674665	0.168	26
5	16.842	1970-01-01 00:00:16.842342	4.158	26
6	21.000	1970-01-01 00:00:21.000000	2.000	28
7	23.000	1970-01-01 00:00:23.000000	1.513	24
8	24.513	1970-01-01 00:00:24.513139	0.487	26
9	25.000	1970-01-01 00:00:25.000000	0.743	24
10	25.743	1970-01-01 00:00:25.742765	0.757	26
11	26.500	1970-01-01 00:00:26.500000	1.966	22
12	28.466	1970-01-01 00:00:28.466277	1.534	26
13	30.000	1970-01-01 00:00:30.000000	2.750	24
14	32.750	1970-01-01 00:00:32.750000	0.964	30
15	33.714	1970-01-01 00:00:33.713881	0.536	26
16	34.250	1970-01-01 00:00:34.250000	0.500	24
17	34.750	1970-01-01 00:00:34.750000	2.000	22
18	36.750	1970-01-01 00:00:36.750000	0.500	22
19	37.250	1970-01-01 00:00:37.250000	1.250	24
20	38.500	1970-01-01 00:00:38.500000	3.000	20
21	41.500	1970-01-01 00:00:41.500000	2.750	28
22	44.250	1970-01-01 00:00:44.250000	1.750	32
23	46.000	1970-01-01 00:00:46.000000	0.250	22
24	46.250	1970-01-01 00:00:46.250000	2.250	20
25	48.500	1970-01-01 00:00:48.500000	0.250	20
26	48.750	1970-01-01 00:00:48.750000	1.177	22

Table : 2,385 rows 4 cols

実験から得られたデータ



シミュレーションを行っている際の画像

# 考察

実際に混雑が多発

総作業時間や一人当たりの  
ピッキング作業にかかる時間の比較

→ 通路が広いレイアウトが狭いレイアウトよりも  
**1ピッキング作業当たり、6.5秒短く作業が終了**



通路幅が狭いレイアウトにおける  
通路での混雑を3Dモデル画像で確認

- ・ 1ピッキング作業(3つの荷物)にかかる平均時間がおよそ175秒
- ・ 仮に実労働時間が8時間と考えた場合、一人当たり、1日6件多く処理
- ・ 1日に物流倉庫が100人くらいが出勤している
  - **一日600件もの差が生まれる**

# 考察

今回の実験では  
通路が狭いレイアウトの保管効率が30%  
通路が広いレイアウトの保管効率が40%ほどで比較を行った  
(実験では横断通路・倉庫の一番外側の通路が大きく、  
実際には保管効率がより高い値となっている)

1つのレイアウトがどのような状況でも絶対によいということではない

今後作業場の人数や倉庫全体における保管効率の割合を変化させ、状況に応じた有用なレイアウトを検討していく必要がある

# 課題と今後の方針

---

## <課題>

レイアウト変更による混雑の影響を受けた作業時間の変化と  
倉庫の入出庫点からの期待移動距離違いの影響を受けた作業時間  
の変化の分離

## <今後の方針>

倉庫全体における棚の割合と作業場の人数のどちらかを固定し、  
それぞれ感度分析的に分析し、状況に応じた有用なレイアウトを  
検討していく

# 参考文献

---

[0]De Kosterら2007,Croucherら2014 (オーダーピッキングが最も時間がかかる)

[1]De Koster, René, ThoLe-Duc, and KeesJanRoodbergen.: Design and control of warehouse order picking: A literature review, European journal of operational research Vol.182, No.2, pp.481-501(2007)

[2]Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., and Tanchoco, J. M. A.: Facilities planning, John Wiley & Sons,(2010)