

# 京都錦市場商店街における 収益性を考慮した混雑緩和施策の提案

---

早稲田大学大学院 創造理工学研究科 経営システム工学専攻  
計画数理学研究室 指導教員 蓮池隆  
速石雅大

# 目次

1. 研究背景と目的
2. 従来研究
3. モデル概要
4. 実験
5. まとめ

# 研究背景

- 近年、多くの観光地では過度な訪問客による**オーバーツーリズム**が大きな問題となっている
- 混雑やごみ問題の発生は地元民にも影響を与え、地域全体の課題といえる
- 今後も観光客の増加が見込まれており、更なる対策が必要である

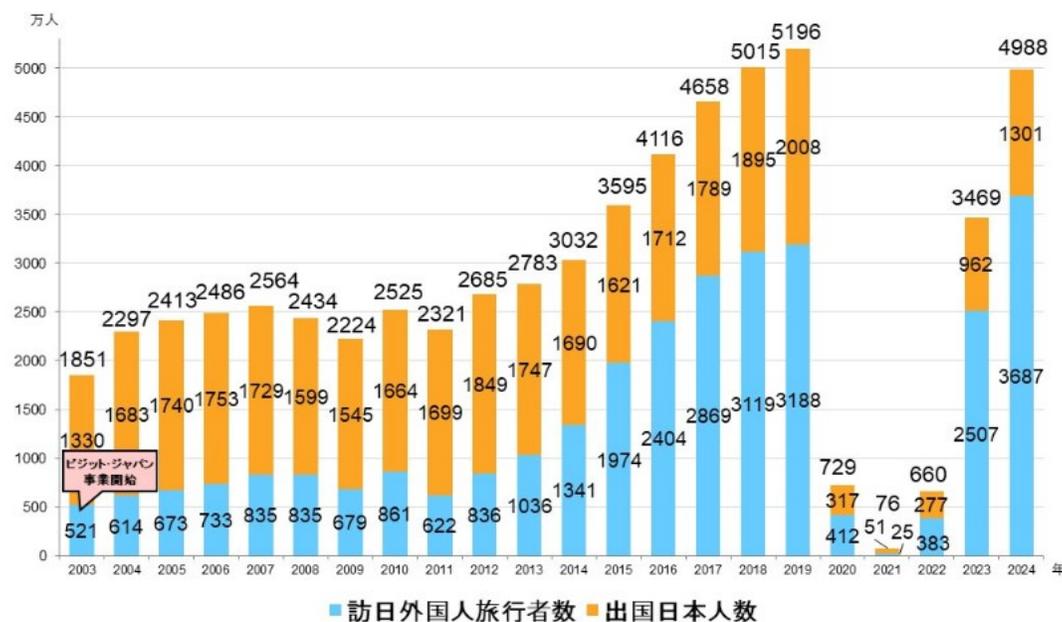


図1. 訪日外国人旅行者数・出国日本人数の推移[1]

# 京都錦市場商店街

- 400年の歴史を持ち、東西390メートルにもなる「京の台所」と言われる商店街[2]
- 主に生鮮・加工食品を扱っていたが、近年観光客増加の影響で**土産物・食べ歩き店**が増加[3]
  - ✓ 店舗周辺では観光客の滞留が発生している
  - ✓ 幅が約2.3mの**狭隘**な通路においては**混雑**の原因となっている
- 運営側も混雑緩和施策を実施しているが、店舗側も**利益**の確保が必要
  - ✓ 特に**通路幅の拡張**は効果的な対策の一つだが、店舗によって協力姿勢は様々

## 本研究の目的

運営側と店舗側双方が納得する**混雑緩和施策**の立案を目指し、**狭隘な商店街空間**における**通路幅拡張**が**混雑状況**と**店舗利益**に及ぼす影響をシミュレーションを通して明らかにする

# 従来研究

## ■ Chiouら[4]

Microscopic Modeling of Pedestrian Movement in a Shida Night Market Street Segment: Using Vision and Destination Attractiveness

- ✓ 台湾の夜市を対象に人々の購買行動について店舗魅力度と視野を考慮することで再現するモデルを提案
- ✓ エージェントは**目的型**と**散策型**の2つに大別してシミュレーションを実装

## ■ Luら[5]

Measuring the Effect of Queues on Customer Purchases

- ✓ 小売店において待ち行列が消費者の購買行動に及ぼす影響について調査
- ✓ 顧客は待ち時間よりも**待ち行列の長さ**に着目し、人数が**5人未満**の場合は購買率が僅かに上昇し、それ以降は大幅に減少することを確認

### 本研究のモデル

エージェントを目的型と散策型の2つに大別し、  
店舗魅力度、視野、待ち人数を考慮することで購買行動を再現する

# モデル概要

## シミュレーションパッケージとモデルについて

- NTTデータ数理システムのS4 Simulation Systemを用いて**MAS**(Multi-Agent Simulation)を実施
  - ✓ 商店街を通過する訪問客をエージェント、各店舗をノードとして対象地域をMiddle Range Modelで表現し、その行動ルールとエージェント間の相互作用をモデル化してシミュレーションを実施

## 対象地域

- 京都錦市場商店街(京都府京都市)
- 脇道が無く利用客の**流入・流出経路が2箇所**のみの**一区画**に着目する

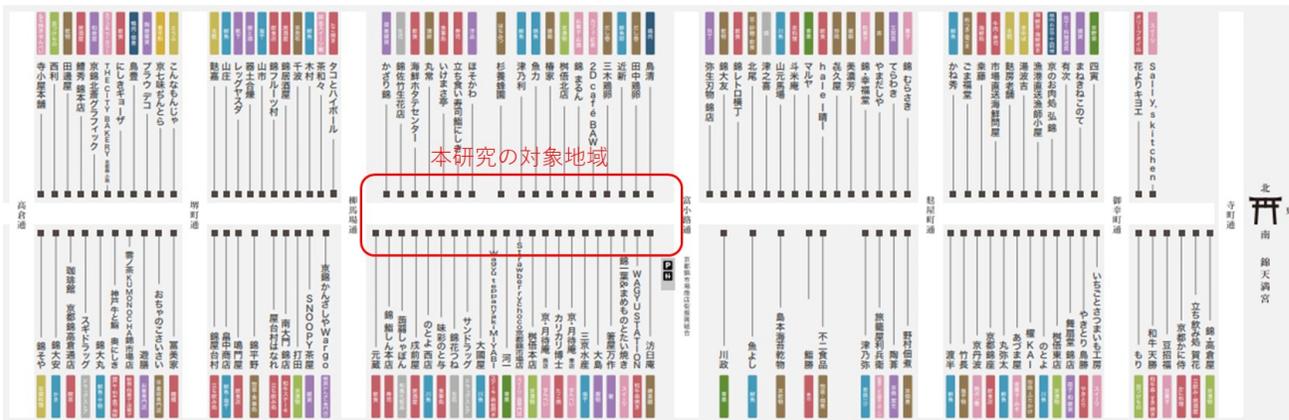


図2. 本研究の対象地域[6]

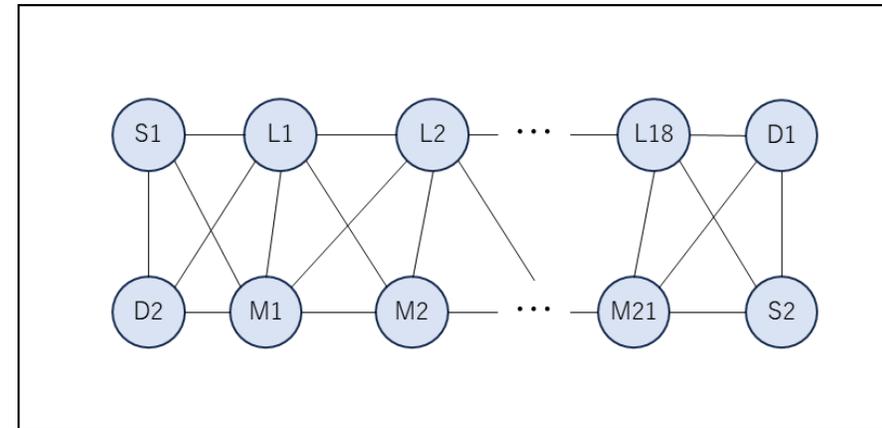


図3. ノードの配置のイメージ

[6] 錦市場マップを基に作成

# モデル概要

- 本シミュレーションでは下記の**ソーシャルフォースモデル(SFM)**を用いてシミュレーションを行う[7]
- SFMはエージェント同士の相互作用を物理的に表現するモデルである
- シミュレーション時間は7200秒とする
  - ✓ ウォームアップ時間は設定せず、商店街内のエージェントが0人の状態から開始する

質量 $m_i$ を持つ歩行者 $i$ は下記の運動方程式に基づく

$$m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = m_i \frac{v_{0i}\vec{e}_i(t) - \vec{v}_i(t)}{\tau_i} + \sum_{j(\neq i)} \vec{f}_{ij} + \sum_w \vec{f}_{iw}$$

$\vec{e}_i$  : 目的地に向かうベクトル

$\vec{v}_i(t)$  : 現在の速度

$\vec{f}_{iw}$  : 障害物 $w$ から歩行者 $i$ に与える外力

$v_{0i}$  : 歩行者の最適な速度

$f_{ij}$  : 歩行者  $j$  から歩行者 $i$ に与える外力

# モデル概要 - ノード

## ■ ノードについて

### ✓ 出入り口ノード

➤ 入口：  $\{S1, D2, D1, S2\}$  の4か所

➤ 出口：入口が  $\{S1, D2\}$  の場合  $\{D1, S2\}$  . 入口が  $\{D1, S2\}$  の場合  $\{S1, D2\}$

### ✓ 店舗ノード

➤ 観光客目線で店舗ごとに魅力度を設定

- 観光客に人気の店舗(魅力度“大”)：  $\{L10, L18, M4, M20, M21\}$
- 地元民向け店舗(魅力度“小”)：  $\{L2, L9, L16, M6, M7, M10, M16\}$
- その他店舗(魅力度“中”)： 上記以外

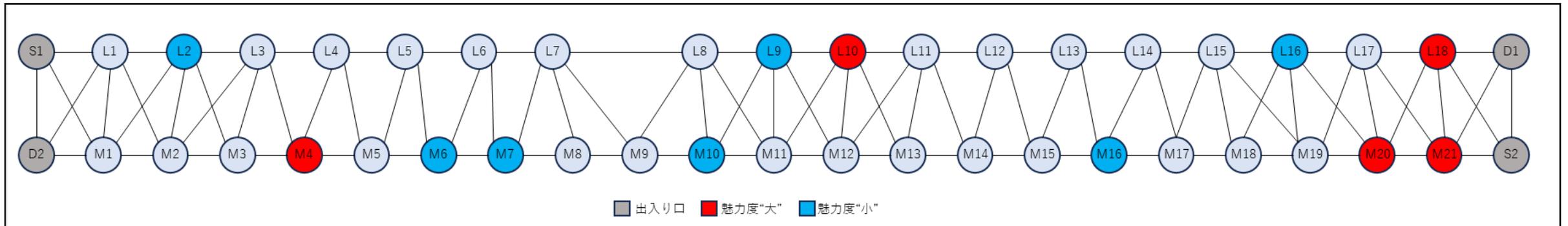


図4. ノード配置の概要

# モデル概要 – エージェント

## ■ 発生するエージェントについて

- ✓ エージェントは各入口ノードから出口ノードに向けてそれぞれ平均40秒の指数分布に従い発生
- ✓ 観光客エージェント(出現確率：90%)
  - 店舗の魅力度、行列の人数、逆走の有無をもとに訪問する店舗を決定する
  - 店舗選択は各ノードに到着するたびに実行する
  - 訪問した店舗においては、購入確率(50%)に基づき購入するかを決定する
- ✓ 地元民エージェント(出現確率：10%)
  - 事前に訪問する店舗を決定(1~3店舗)
  - 訪問した店舗では必ず購入する

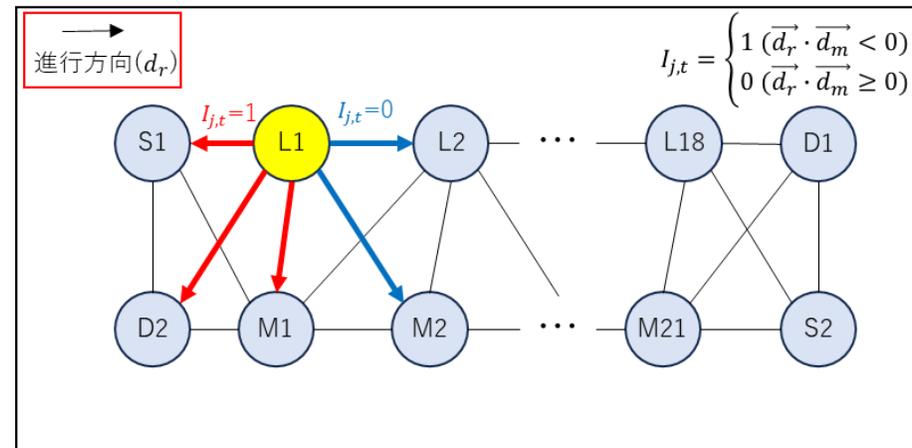


図5. 逆走の概要

# 観光客エージェントの行動

## ■ 各エージェントは右図に従って行動

### ✓ 概要

- エージェントは興味を持った店舗に接近し購入選択(50%)
- 前進が選ばれた場合は購入選択を行わない
- サービス時間は**30~100秒**の一様分布で決定

### ✓ 終了条件

- ゴールノードに到着時

### ✓ 目的地選択

- **多項ロジットモデル**に従う
- **隣接する**店舗ノードが対象
- 各ノードに到着するたびに実施

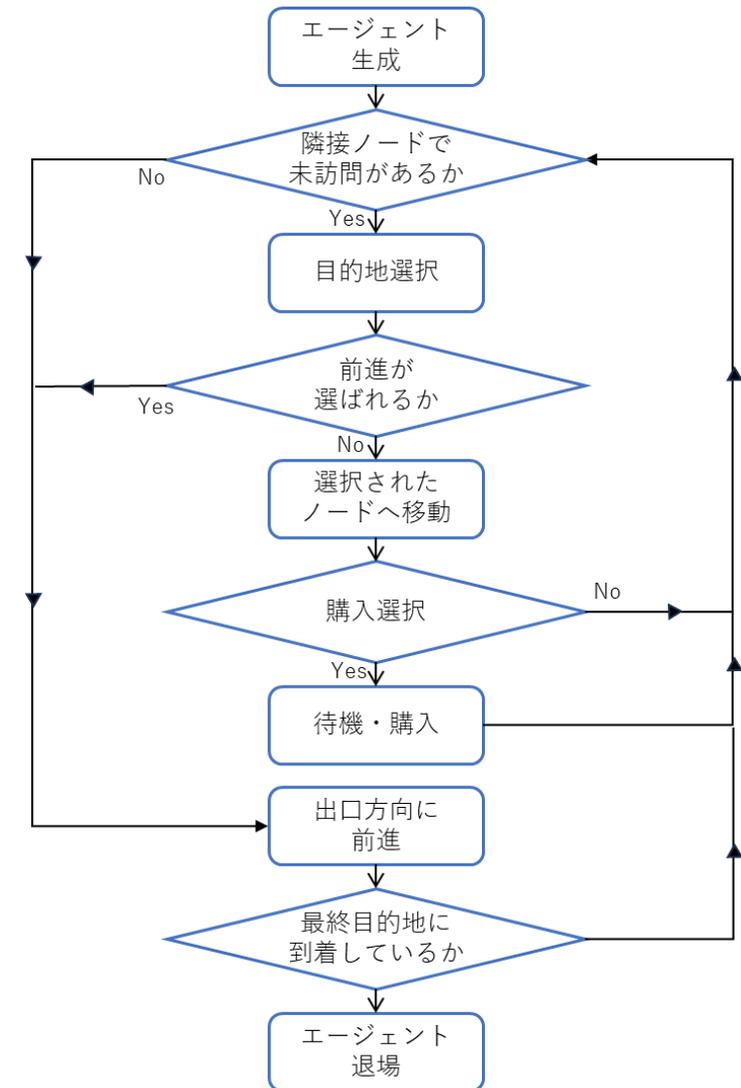


図6. 観光客エージェントの行動フロー

# 多項ロジットモデル

- ロジットモデルの係数は実地調査の結果をもとに算出した[8]

$$P_{j,t} = \frac{\exp[U_{j,t}]}{\sum_{j \in S \cup \{out\}} \exp[U_{j,t}]}$$

$$U_{j,t} = \alpha A_j + \beta \min(Q_{j,t}, 5) + 1[Q_{j,t} \geq 6] (\gamma + \delta(Q_{j,t} - 5)) + \varepsilon I_{j,t}$$

$A_j$  : 店舗カテゴリごとの魅力度

$Q_{j,t}$  :  $t$ 時点の店舗 $j$ に並ぶ行列の人数

$I_{j,t}$  :  $I_{j,t} \in \{0,1\}$ . 現在のノードから $j$ が逆走の場合のみ"1"

$\alpha$  : 店舗魅力度のパラメータ

$\beta$  : 行列の人数が5人以下の時のパラメータ

$\gamma$  : 行列の人数が6人以上の時の効用の落下値

$\delta$  : 行列の人数が6人以上のパラメータ

$U_{out}$  : 前進を選択する効用値(定数)

表1. ロジットモデルのパラメータ

$A_j$			係数				効用値
$A_1$	$A_2$	$A_3$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	$U_{out}$
0.82	0.5	0.43	2.0	0.0866	-1.20	-0.105	1.3

# 多項ロジットモデル

- 行列の人数に対する効用値の推移は下図の通り
- $U_{out}$  は以下の条件を満たす
  - ✓ 魅力度”大”の店舗： $U_{j,t} > U_{out} (Q \leq 5), U_{j,t} < U_{out} (Q \geq 6)$
  - ✓ 魅力度”中”の店舗： $U_{j,t} > U_{out} (4 \leq Q \leq 5), U_{j,t} < U_{out} (Q \leq 3, Q \geq 6)$
  - ✓ 魅力度”小”の店舗： $U_{j,t} < U_{out}$

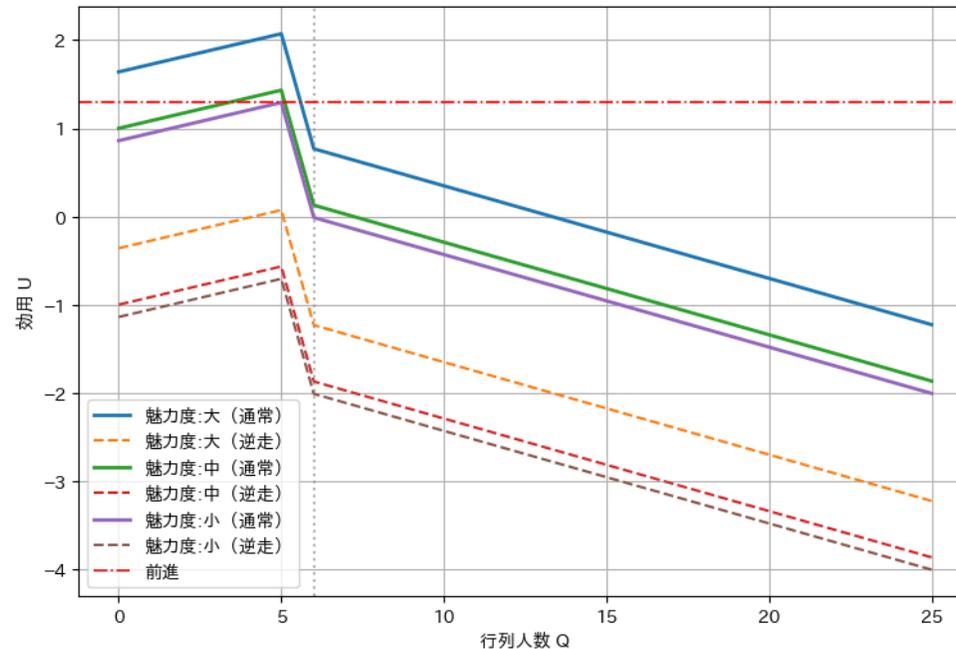


図7. 逆走の有無・店舗魅力度別の行列の人数と効用値の関係

# 地元民エージェントの行動

## ■ 各エージェントは右図に従って行動

### ✓ 概要

- エージェントは候補の中から訪問する店舗を**事前に**決定
- 候補店舗は地元民向け店舗(魅力度が”小“)
- 候補店舗の中から1~3店舗ランダムに選択
- 訪問した店舗では**必ず購入**
- サービス時間は30~100秒の一様分布で決定

### ✓ 終了条件

- ゴールノードに到着時

### ✓ 目的地選択

- スタートから近いノードを順に訪問する

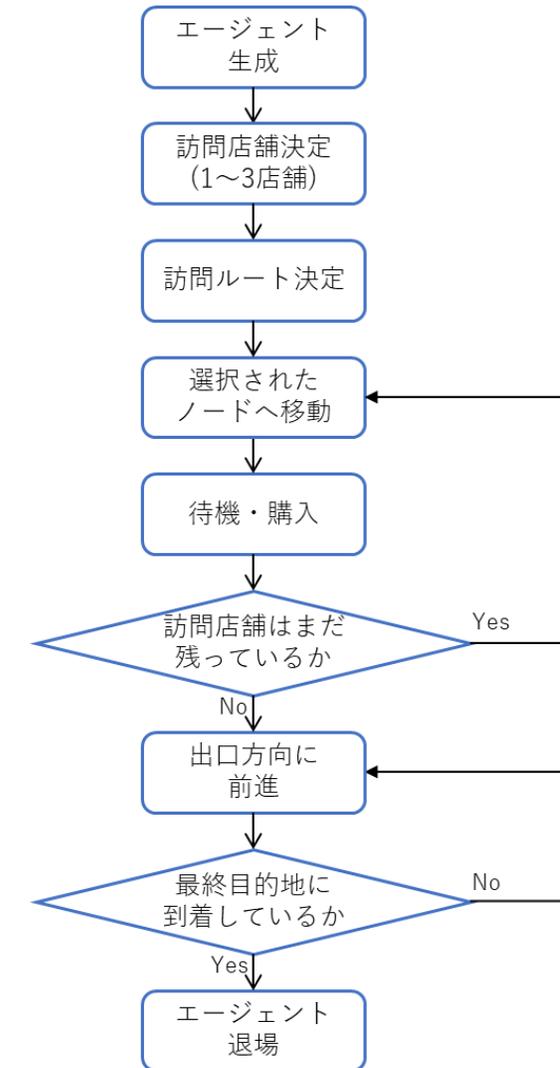


図8. 地元民エージェントの行動フロー

# 評価指標

## 評価指標

- 商店街通過時間：混雑度を評価
  - ✓ どの店舗にも立ち寄らず商店街を通過するエージェントを100秒に1人のペースで発生
  - ✓ エージェントが**商店街の通過にかかった時間**を計測
- 各店舗の販売数：収益を評価
  - ✓ エージェントによる店舗での購入点数は1点と仮定
  - ✓ 各店舗で「**購入に至った人数 = 販売数**」として計測

## 実験回数

- 各レイアウトごとに10回ずつ行う
  - ✓ 商店街通過時間：平均値やばらつきを分析
  - ✓ 各店舗の販売数：平均値を分析

# 実験概要

## 実験1

通路幅拡張の  
優位性を検証

通路幅を拡張していない  
通常時と通路幅拡張時を  
比較し通路幅拡張施策の  
有効性を検証



## 実験2

エリア単位での拡張に  
着目して比較

通路幅を拡張するエリアを  
変化させた場合、結果に  
違いが生じるのか検証



## 実験3

店舗単位での拡張に  
着目して比較

店舗単位で拡張する対象を  
変化させた場合、結果に違  
いが生じるのか検証

# 実験1：実験概要

- 通常時・全店舗の通路幅を拡張した状況それぞれでシミュレーションを実施
- 通路の拡張幅は上下の店舗それぞれで0.5mずつ(全体で1m)とした
- シミュレーションのレイアウトは下図の通り

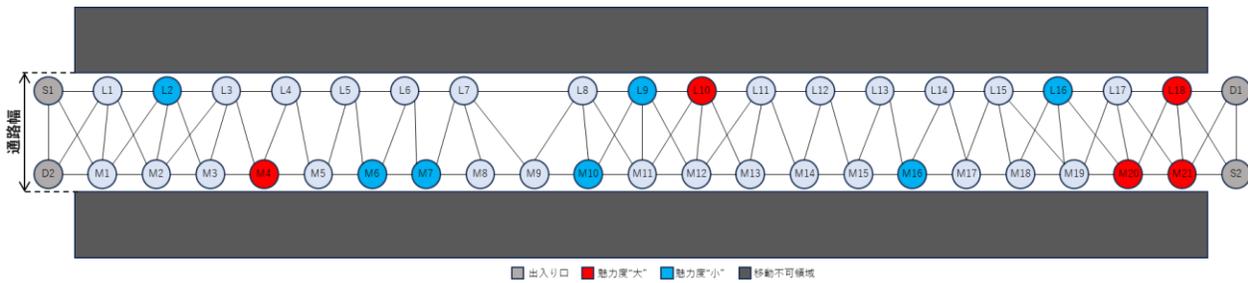


図9. 通常時のレイアウト

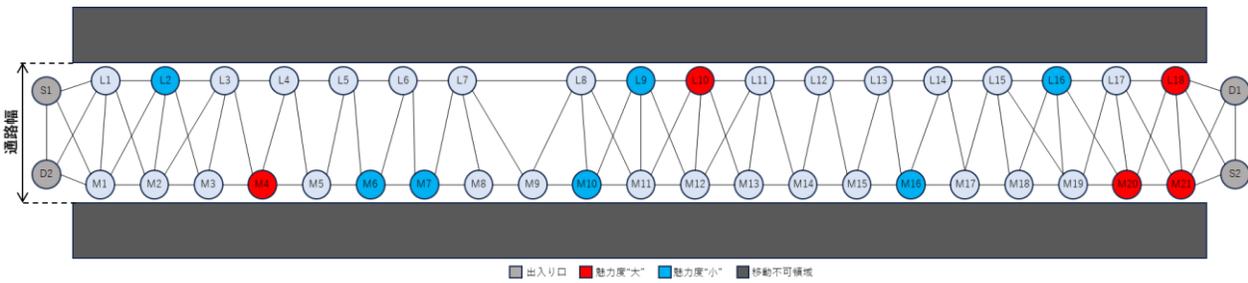


図10. 全店舗拡張時のレイアウト

# 実験1：結果（通過時間）

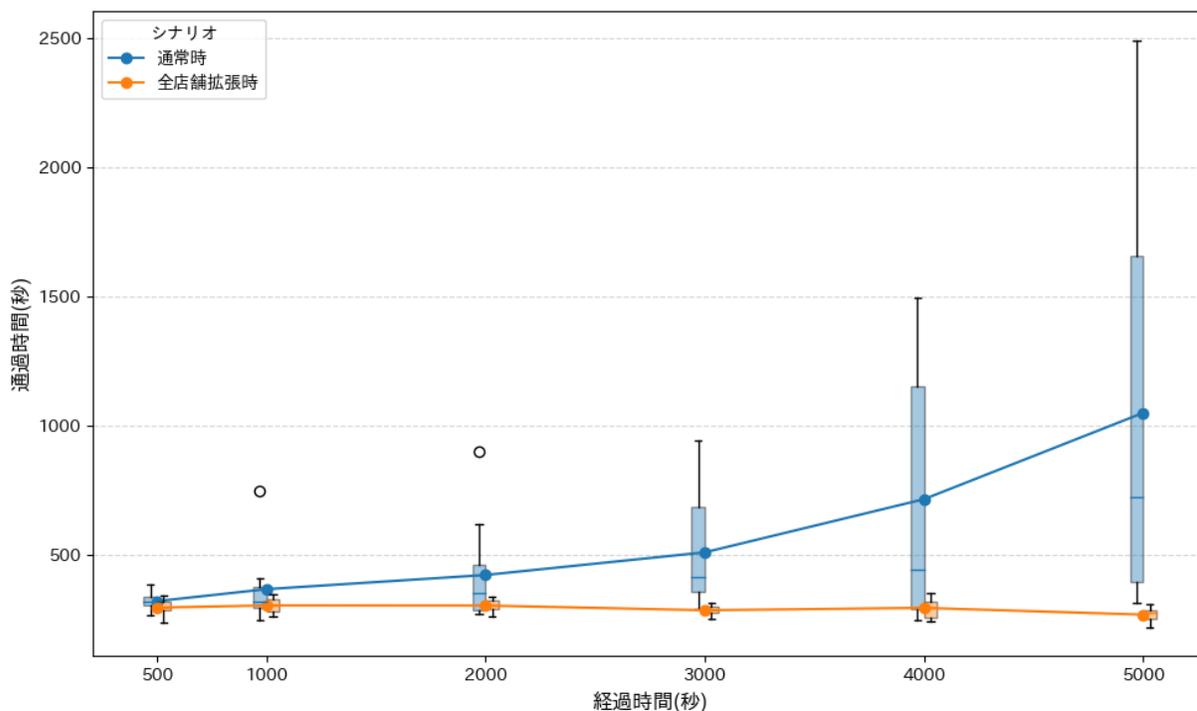


図11. 商店街通過時間の推移

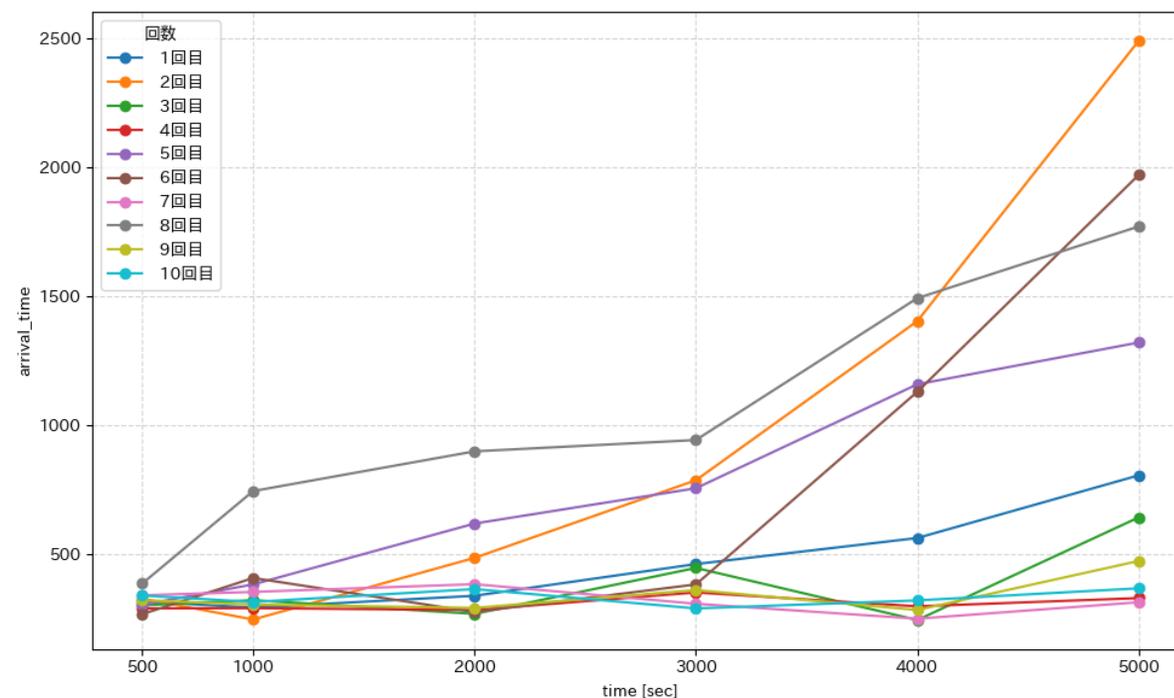


図12. 通常時における各10試行の通過時間の推移

- 通常時は経過時間が長くなるほど通過時間が増加し、分散も大きくなった
  - ✓ 時間が経過するにつれて混雑が悪化していき、一度混雑が発生すると解消しづらい傾向にある
- 通路幅を拡張した場合、経過時間に関わらず通過時間が一定であり分散も非常に小さい
  - ✓ 時間が経過して商店街内の人数が増加しても混雑が発生しない

# 実験1：結果（販売数）

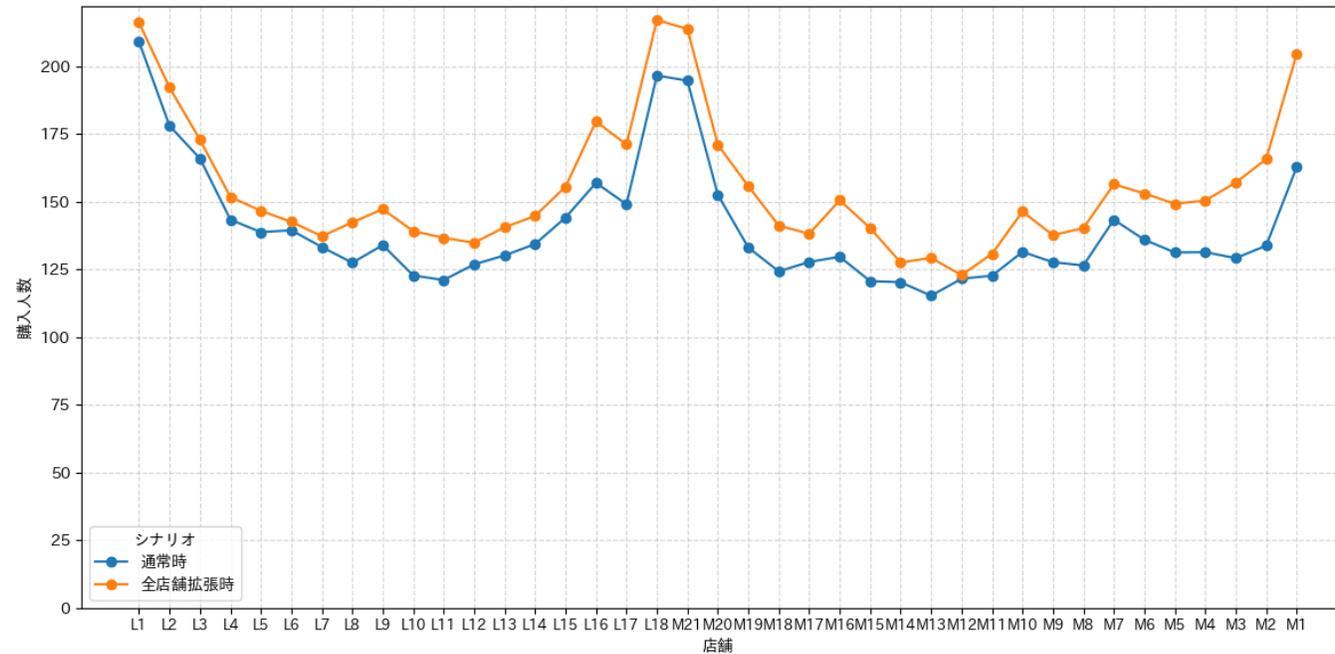


図13. 通常時・全店舗拡張時の店舗ごとの販売数

- 通路の出入口に近い店舗ほど購入数が多い傾向にある
- 店舗魅力度による差異も見られたが、混雑状況に依存せず購入を行う地元民エージェントの影響で地元民向け店舗の購入数も高い値となった
- ほとんどの店舗で通路幅拡張時の購入数の方が高い値となっている  
⇒ 前述した通過時間の結果と共に通路幅拡張の有用性を示唆している

## 追加実験：実験概要

- 実験1では出入り口に近い店舗ほど販売数が多い傾向が見られた
  - ✓ 「出入口付近の店舗の販売数が高い」または「中央付近の店舗の販売数が低い」ことが要因
- 入口と出口を一つに固定することで実験1の結果が得られた要因を特定
  - ✓ 通常時(通路幅拡張前)のレイアウトを使用
  - ✓ 入口：{S1, D2}
  - ✓ 出口：{D1, S2}

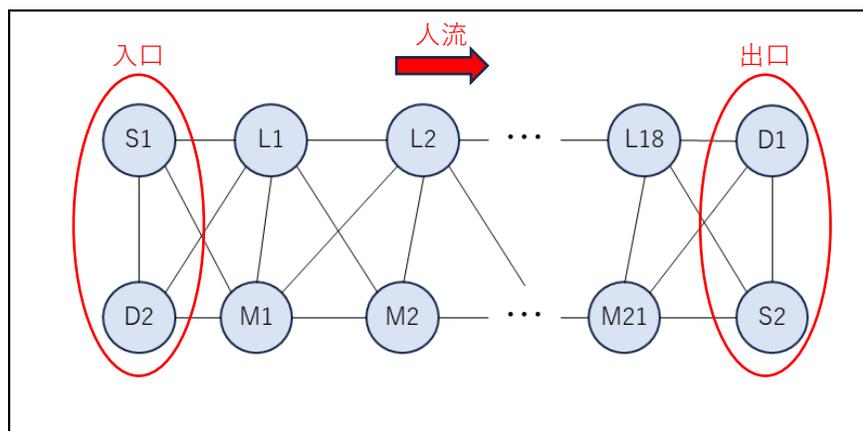


図14. 追加実験実験概要

# 追加実験：結果

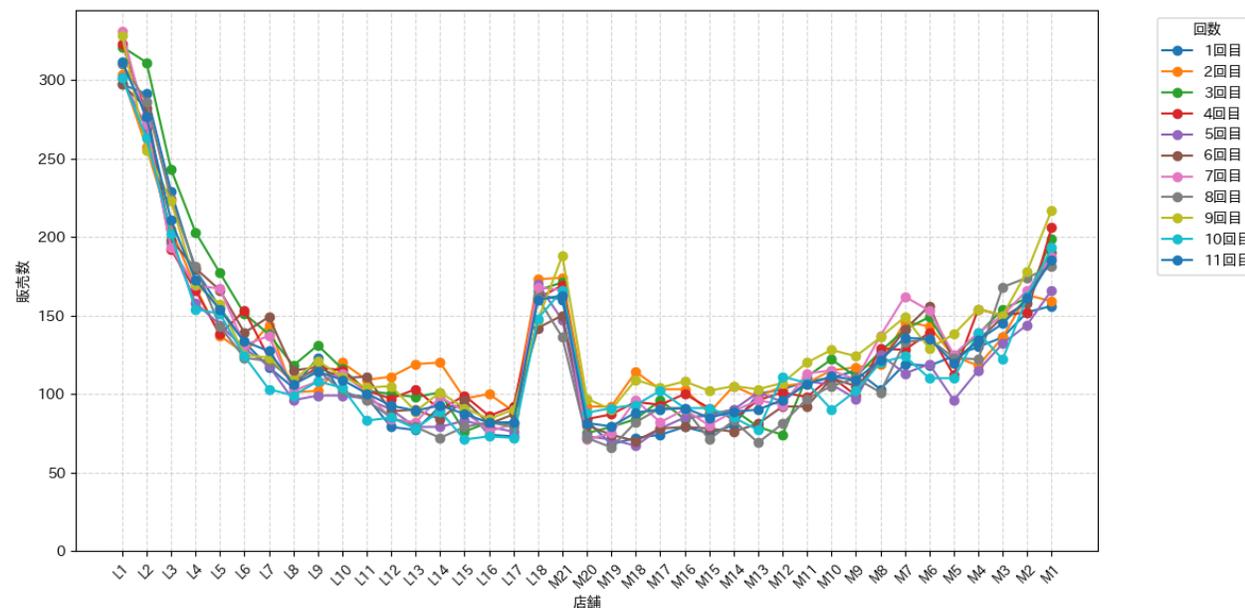


図15. 出入り口を固定した場合の各10試行の販売数

- 入口付近の店舗(L1~L4,M1,M2)の販売数が高く、一方で出口に近づくにつれて販売数が減少した
  - ✓ 本シミュレーションでは入口付近の販売数量が高くなる傾向がみられる
    - ⇒ 入口ノードに隣接する店舗は店舗選択時点で競合となる店舗が少なく選ばれる確率が高い
  - ✓ L18やM21は人気店であるため出口付近でも他店と比べて販売数が高い結果となった

## 実験2：実験概要

- 拡張するエリアによって結果に違いがあるのか検証
- 通路の拡張幅は上下の店舗それぞれで0.5mずつ(全体で1m)とした
- 検証するシナリオは2通り
  1. 入口付近を拡張した場合
  2. 中央エリアを拡張した場合

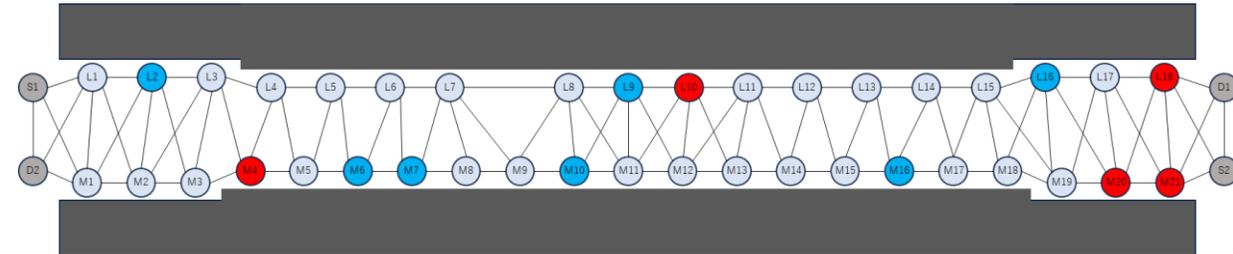


図16. 入口エリアを拡張した場合のレイアウト

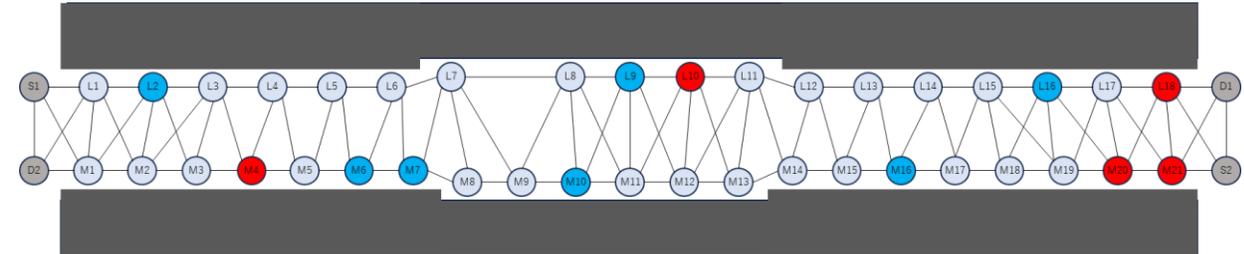


図17. 中央エリアを拡張した場合のレイアウト

## 実験2：結果(通過時間)

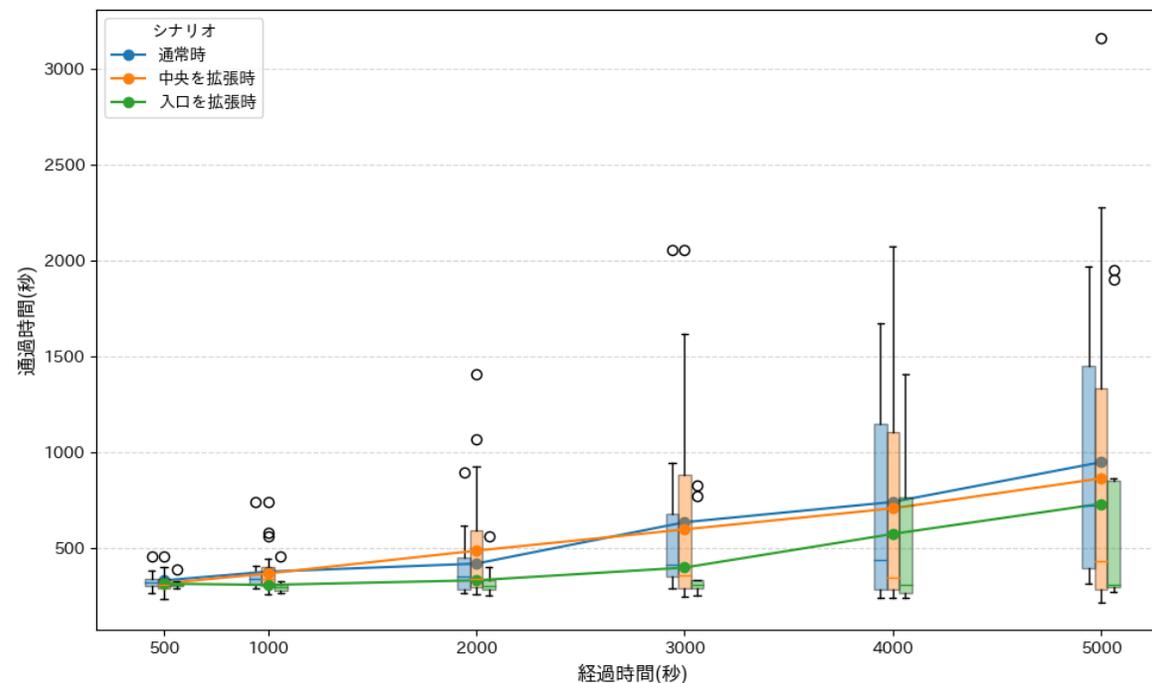


図18. シナリオごとの商店街通過時間の推移(実験2)

- 入口を拡張した場合が最も通過時間が短くなった
  - ✓ 試行回数ごとの結果のばらつきも少なく安定して混雑を抑えられている
    - 人気店舗(L18,M20,M21)が集中し混雑が多発する入口を拡張することで混雑が緩和した
    - 一方で、追加実験より入口付近は人気店の有無にかかわらず混雑する傾向にある
      - ⇒ 入口による影響、および人気店による影響を調べるために店舗配置を変更した上で再度実験を行うことが必要

## 実験2：結果（販売数）

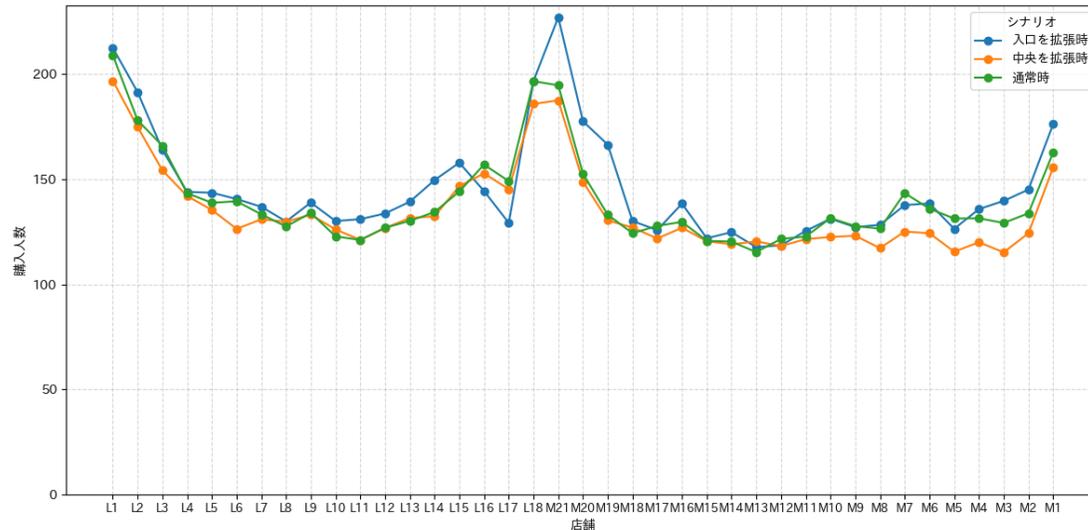


図19.シナリオごとの店舗別販売数(実験2)

表2.シナリオごとの平均販売数量(実験2)

シナリオ	平均販売数
入口エリアを拡張時	145.5
中央エリアを拡張時	135.3
通常時	140.7
全店舗拡張時	155.2

- 通過時間が短いシナリオほど販売数が高くなった
  - ✓ 検定を実施した結果、各シナリオ間で有意な差が見られた
- 店舗ごとの販売数は全てのシナリオで類似した概形となった
  - ✓ 入口エリアを拡張した場合は入口付近の一部の店舗で販売数が大幅に伸びた  
⇒ 入口付近の混雑緩和が販売数に影響を与えた

## 実験3：実験概要

- 人気店周辺で混雑が発生するという仮説のもと、人気店および周辺の通路幅を拡張した場合について検証
- 通路の拡張幅は各店それぞれで0.5mずつとした
- 検証するシナリオは3通り
  1. 人気店のみ拡張
  2. 人気店と向かいの店舗を拡張
  3. 人気店と隣接する店舗を拡張

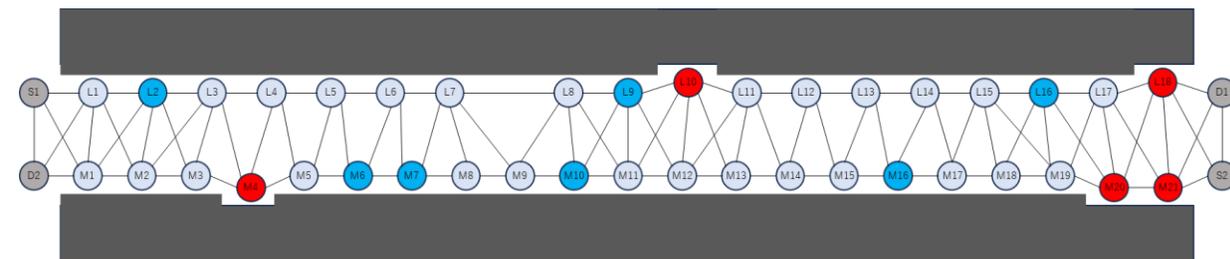


図20. 人気店のみ拡張した場合のレイアウト

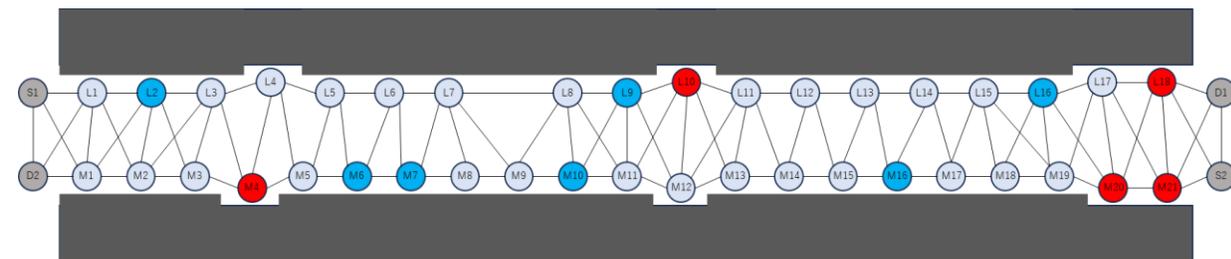


図21. 人気店と向かいの店舗を拡張した場合のレイアウト

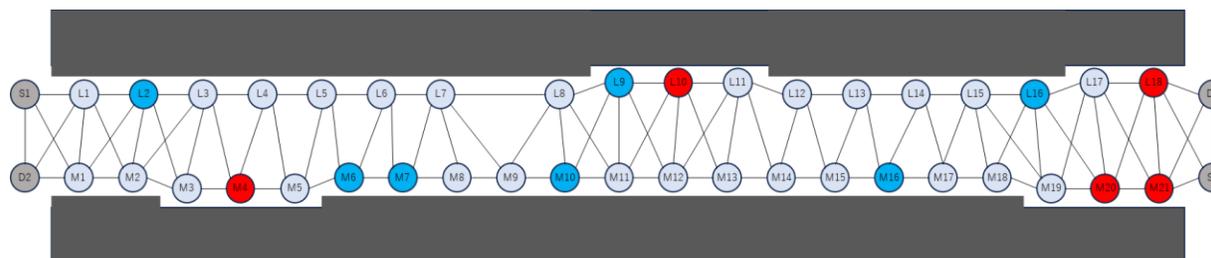


図22. 人気店と隣接する店舗を拡張した場合のレイアウト

## 実験3：結果(通過時間)

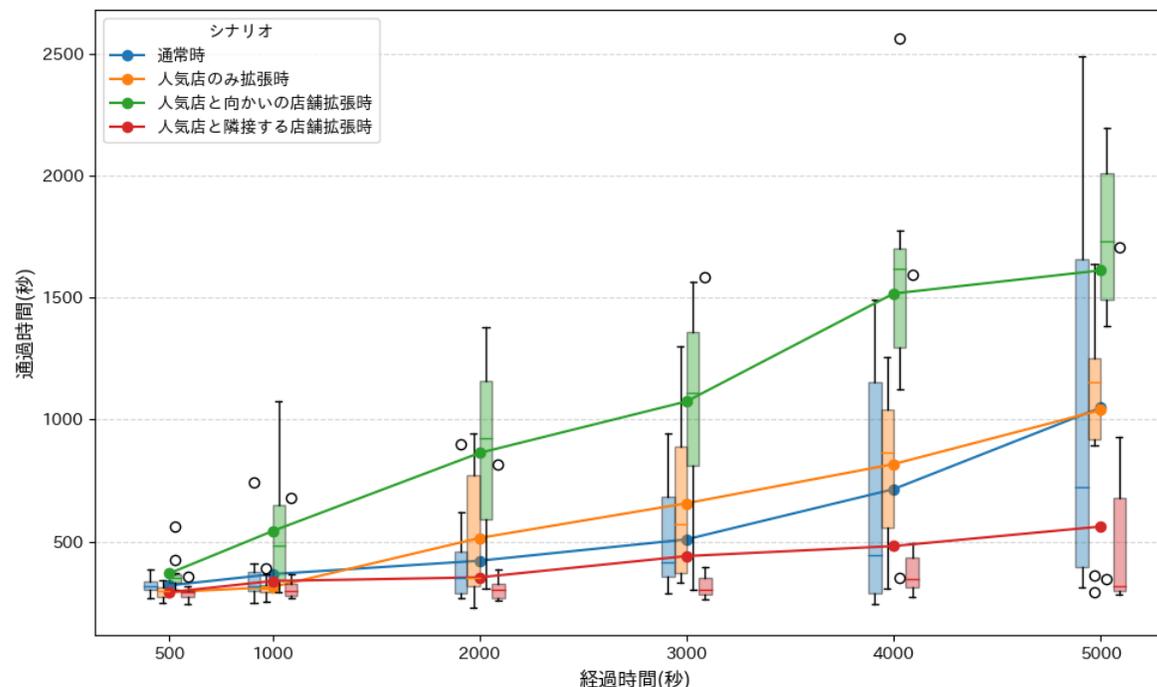


図23. シナリオごとの商店街通過時間の推移(実験3)

- 人気店と隣接する店舗を拡張した場合が最も通過時間が短いまま推移した
- 一方で、それ以外の2つのシナリオは通常時よりも通過時間が長くなった
  - ✓ 拡張した店舗では部分的に混雑が緩和するが、拡張幅(店舗数)が不十分な場合、拡張店舗の周辺で余計に混雑が発生する
    - ⇒ 通路幅の拡張は隣接する店舗と協力し連続的に行う(複数店舗で行う)ことが重要

## 実験3：結果（販売数）

- 各シナリオごとの平均販売数量は下表の通り
- 通過時間が短い店舗ほど平均販売数量が高くなった
  - ✓ 混雑が緩和することで各エージェントがより早く目的の店舗でサービスを受けることができた
  - ✓ 一方で、混雑が発生した場合巻き込まれたエージェントが店舗に到着するタイミングが重なり機会損失が発生した
- 人気店と隣接する店舗を拡張した場合、全店舗拡張した場合よりも少ないコスト(店舗数)で販売数量を上げることができる

表3.シナリオごとの平均販売数量(実験3)

シナリオ	平均販売数
人気店のみ拡張時	139.8
人気店と向かいの店舗拡張時	133.1
人気店と隣接する店舗拡張時	146.1
通常時	140.7
全店舗拡張時	155.2

## 実験3：結果（販売数）

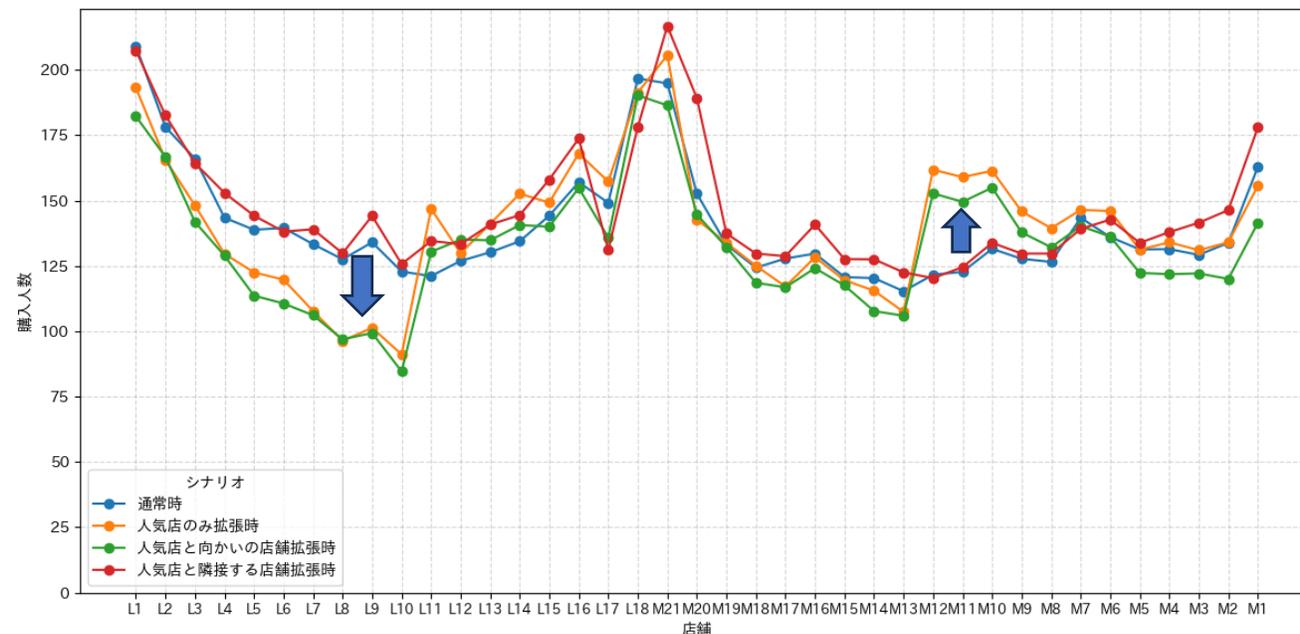


図24.シナリオごとの店舗別販売数(実験3)

- 人気店と隣接する店舗拡張時が最も販売数が多く、ほとんどの店舗で通常時を上回った
- 人気店のみ拡張時と人気店と向かいの店舗拡張時は、商店街中央付近で販売数が大幅に上がった店舗と下がった店舗が見られた
  - ✓ 通路幅を拡張した店舗(L10)も大幅に販売数が減少し、その周辺の店舗で販売数の大きな変動が見られた
    - ⇒ 周辺店舗の配置や魅力度によって何らかの影響を受けた可能性がある
    - ⇒ 店舗の配置や魅力度を変化させた上で結果が変化するか追加で検証が必要

# まとめと今後の課題

## まとめ

- 通路幅の拡張は混雑緩和・収益増加において効果的な施策である
- 通路幅の拡張エリアに着目した場合、入口付近の拡張が混雑・収益において最も効果的だと考えられる
- 通路の拡張幅が不十分な場合、拡張店舗の周辺の混雑状況を悪化させる
- 拡張幅を十分に確保することが混雑緩和・収益増加において重要である

## 今後の課題

- 通路幅を拡張した場合のデメリットの考慮
  - ✓ 実社会において通路幅の拡張(店舗の陳列を下げることは収益面で悪影響となる可能性がある
  - ✓ 周囲の店舗との位置関係をもとに収益面における通路幅拡張の負の影響を考慮することが必要
- 店舗の配置や魅力度を変化させた状況下での検証
  - ✓ 本研究では出入り口×人気店の集中という混雑を引き起こす要因が重なっていた
  - ✓ 他ケースにて「出入り口の拡張」と「人気店周辺の拡張」のどちらが効果的か検証が必要

# 参考文献

[1]観光庁，“訪日外国人旅行者数・出国日本人数 | 観光統計・白書 |”，2025

[https://www.mlit.go.jp/kankocho/tokei\\_hakusyo/shutsunyukokushasu.html](https://www.mlit.go.jp/kankocho/tokei_hakusyo/shutsunyukokushasu.html) 最終閲覧日：2025/11/20

[2]錦市場公式通販サイト 錦京の台所，“錦市場とは”，

<https://www.kyotonishiki-ec.com/hpgen/HPB/entries/1.html> 最終閲覧日：2025/11/20

[3]井村直恵，“京都錦市場商店街におけるオーバーツーリズムとCOVID-19での組織変容”，京都マネジメント・レビュー，39巻，p17-53，2021.

[4]Yun-Shang Chiou, Ailyne Yap Bayer, “Microscopic Modeling of Pedestrian Movement in a Shida Night Market Street Segment: Using Vision and Destination Attractiveness”, Sustainability 2021, 13, 8015. <https://doi.org/10.3390/su13148015>

[5]Yina Lu, Andrés Musalem, Marcelo Olivares, Ariel Schilkrut, Measuring the Effect of Queues on Customer Purchases. Management Science 59(8):1743-1763, 2013

[6]京都錦市場商店街，“錦市場マップ”，

<https://www.kyoto-nishiki.or.jp/map/> 最終閲覧日：2026/02/08

[7]S4 Simulation System エージェントシミュレーション ～操作演習～，Copyright(c) 2021 NTT DATA Mathematical Systems, Inc.

[8]Lee G. Cooper, Masao Nakanishi, “Market Share Analysis: Evaluating Competitive Marketing Effectiveness”, 1988.

[https://www.researchgate.net/publication/259583948\\_Market\\_Share\\_Analysis\\_Evaluating\\_Competitive\\_Marketing\\_Effectiveness](https://www.researchgate.net/publication/259583948_Market_Share_Analysis_Evaluating_Competitive_Marketing_Effectiveness)