

コンビニエンスストアにおける顧客エージェントの 行列再現と反発行動が及ぼす影響

東京理科大学 理工学部 経営工学科

田島 絵里佳

指導教員 石垣 綾

1. 背景

(1) コンビニエンスストアの特徴

コンビニエンスストア



売り場面積が小さい

→ 商品数が少なくなる

平均客単価が低い

→ 集客人数で売上が決まる

宣伝はTVCM等...

→ 時間帯によるセールは難しい

売上を増加させるためには...

➡ 来客数を増加させる必要がある

1. 背景

(2) 繁忙時間帯と閑散時間帯

そもそも、小売店の営業時間には...

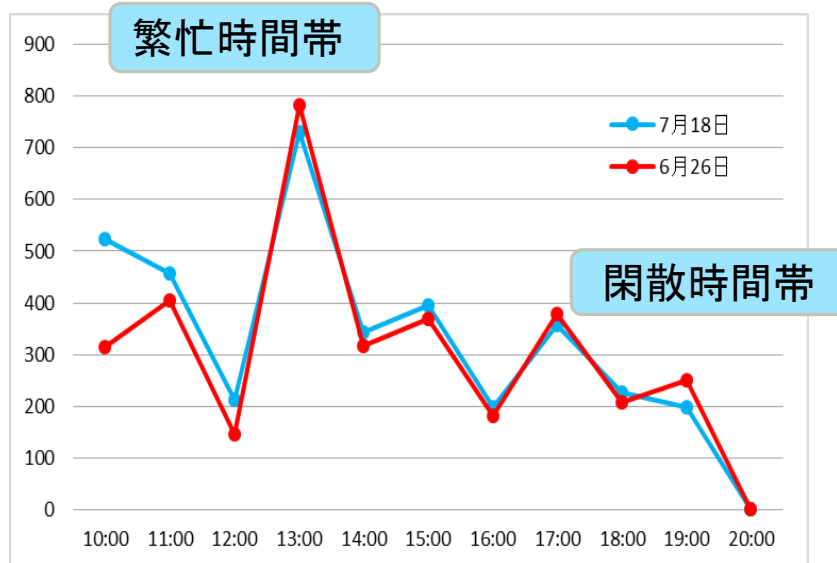


図1. ある店舗の時間帯別の来客数



閑散時間帯における対策

イベント(時間帯セールetc...)を開催することで来客数を増加させる

But! コンビニでは効果は期待できない

本研究では**繁忙時間帯**に着目する

1. 背景

(3) 繁忙時間帯における問題点

繁忙時間帯の店内は混雑している



一度他店舗へ逃げた客を取り戻すことはできない

店内の混雑を緩和することで来客数を増加させたい

2. 検証事例

(1) 店内が混雑してしまう原因



取り扱う店舗：理科大生協野田店



図2. 理科大生協野田店

売り場面積が小さい

レジと売り場の距離が近い

etc...



会計待ちの際に、商品棚に沿って並ぶ傾向がある



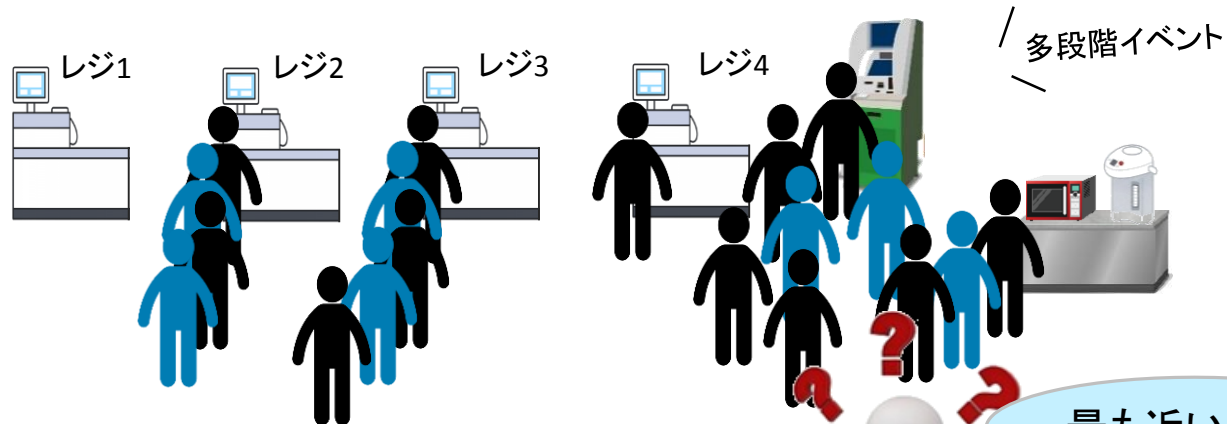
レジに並ぶ客と商品を選んでいる客が混在する

導線が乱れ、店内に混雑が生じる

2. 検証事例

(2) 店内の混雑により起こる現象

? このとき、客はどのレジを選ぶのか...?



レジ2,3に並ぶ客が多く、
レジ1,4に列が生成されない状況が観察できた

- ➡ ① 列が生成されているレジと生成されないレジが存在する
- ② 他の歩行者同士の反発が起きている

店内の混雑が行列に直接影響を及ぼしている

3. 先行研究



コンビニのレジの状態

① 列が生成される (閑散時)

マルチエージェントモデル、待ち行列理論

Zhang Qi (2008), Nafees, Azmat (2007), Ju,Wange (2010)



② 列が生成されない (混雑時)

Social Force Model (SFM)

福岡 由惟 (2016)



💡 先行研究ではどちらか一方のみに着目している

本研究では①、②の共存モデルを考えたい

SFMを改良して閑散時、混雑時の両方を表現する

4. 目的

本研究

- ① 列が生成される場合と生成されない場合の**共存モデル**
- ② 他の歩行者同士の**反発**による行動変化



このような特徴を持つ店舗のモデル化を行い、実装する

歩行者現象を分析し、混雑を緩和するための方法を検討したい

目的

コンビニエンスストアにおける顧客エージェントの
行列と反発行動が及ぼす影響を再現する

5. Social Force Modelの特徴

(1)一般的な特徴



- ① 歩行者はレジに一列に並ぶ
- ② 店内の混雑が影響して起こる歩行者の行動変化



Social Force Modelは歩行者同士の相互作用に主眼を置いている

➡ 密集した歩行者現象の再現性が高い

But! レジの列に並ぶような行動の再現が難しい

Social Force Model の改良を行い、①②を再現できるか検証する

5. Social Force Modelの特徴

(2)S⁴ Simulation System

💡 S⁴ Simulation System の特徴

① 経路地点を設定する

エージェントが通過する可能性のある地点

② 経路グラフが自動設定される

視覚可能な経路地点同士を結ぶ

歩行者は経路地点を通過して目的地に進む

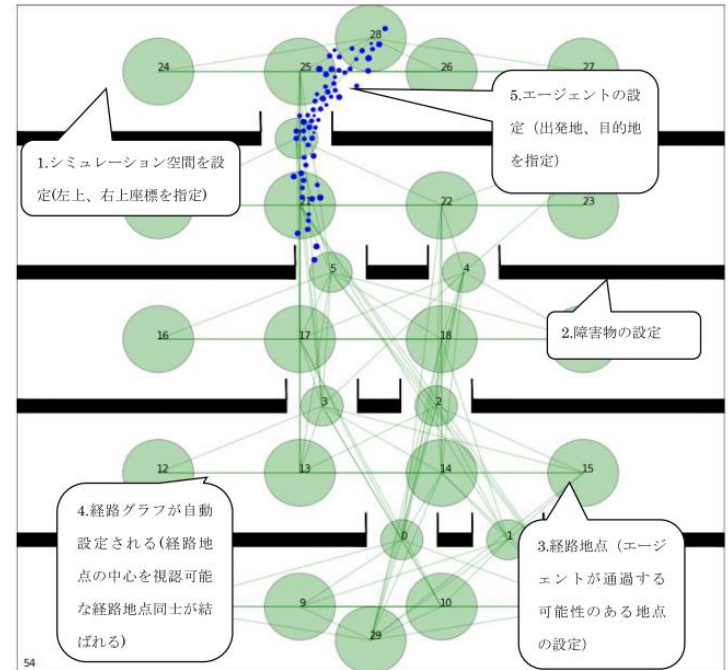


図3. S⁴ Simulation における環境部品の設定

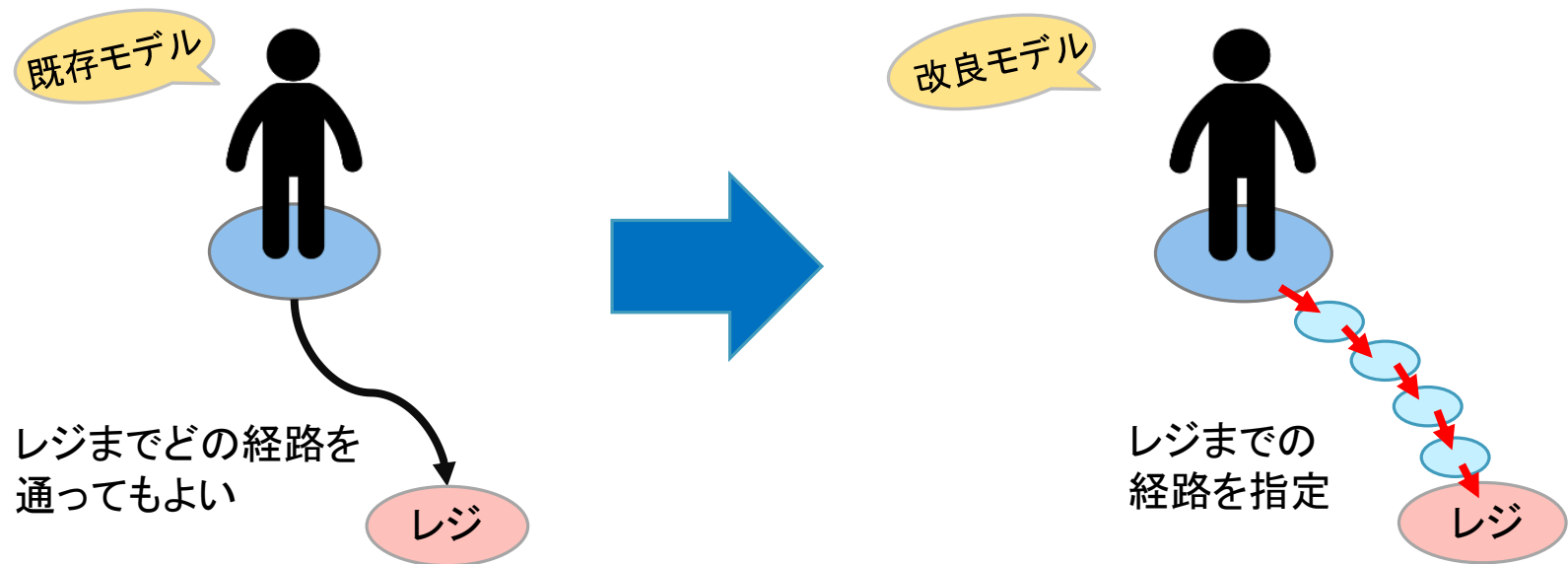
一列に並ぶ歩行者、混雑による行動変化を再現する

6. Social Force Modelの改良

(1)レジに並ぶ歩行者の再現方法

ケース1: 経路設定なし

ケース2: 経路設定あり



2つのモデルを比較し、レジ前の歩行者の行動を観察



6. Social Force Modelの改良

(2)レジに並ぶ歩行者の再現

① 出入口からランダムに到着

② 売り場を経由してレジに向かう

ケース1

ルート1: 0 → 2 → 4

ルート2: 24 → 2 → 4

ケース2

ルート1: 0 → 2 → 4 → 12 → 20 → 28

ルート2: 24 → 2 → 4 → 12 → 20 → 28

③ 出入口から退店する



(a)では列が生成されず、
(b)では列が生成された



出入口: 経路地点36

レジ: 経路地点34

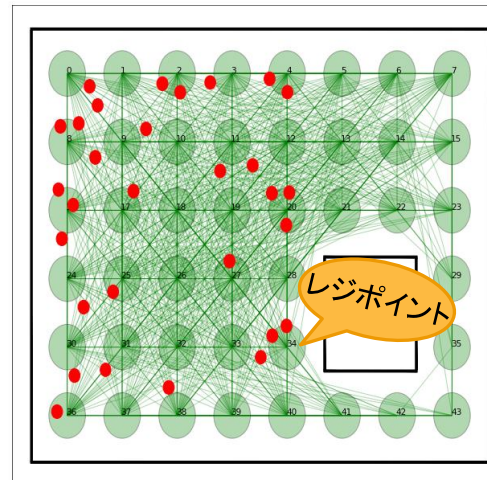


図4. レジに並ぶ歩行者(ケース1)

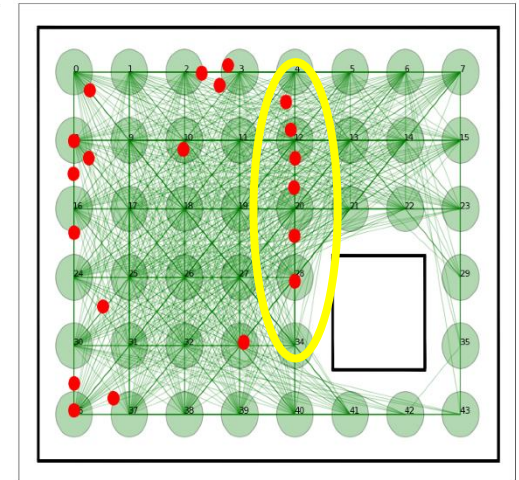


図5. レジに並ぶ歩行者(ケース2)

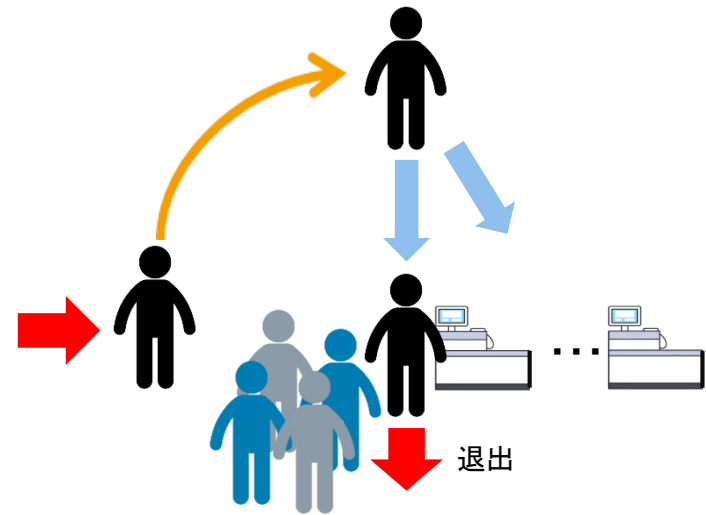
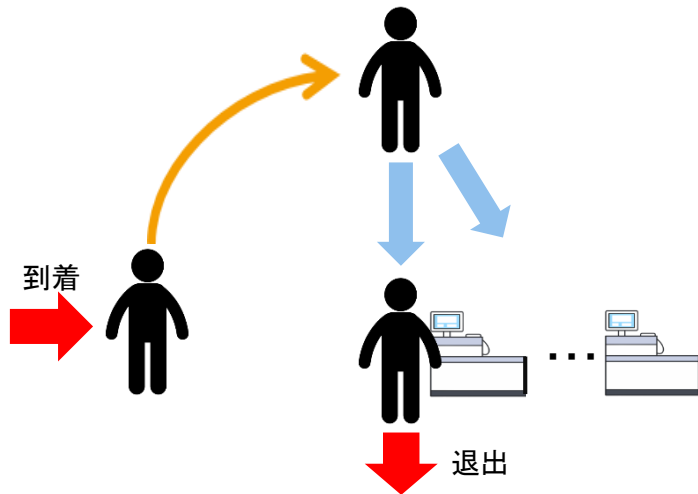
レジに並ぶ歩行者現象を再現できた


6. Social Force Modelの改良


(3)店内混雑による行動変化の再現方法

ケース1:レジ前混雑なし

ケース2:レジ前混雑あり



 タイプA: 到着後、売り場を巡回してレジに並ぶ

 タイプB: 到着後、売り場に最も近いレジ付近を巡回 (レジ付近の混雑を表現)

2つのモデルを比較し、売り場に最も近いレジ付近の歩行者行動を観察



6. Social Force Modelの改良

(4)店内混雑による行動変化の再現

表2. 歩行者の各レジ通過数(人)

レジ	混雑なし	混雑あり
1	9	3
2	5	8
3	1	5

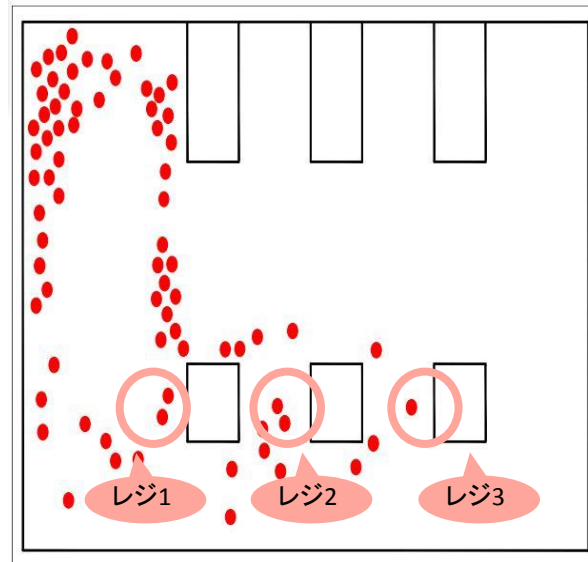


図6. 歩行者の行動変化(ケース1)

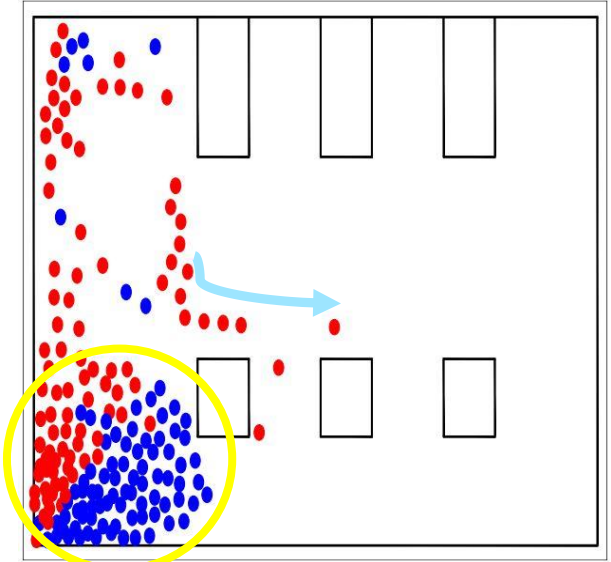


図7. 歩行者の行動変化(ケース2)



衝突を回避しようとした歩行者が遠くのレジを選択していることがわかる

店内の混雑が歩行者のレジ選択に影響を与える現象を再現できた

7. 対象店舗のモデル化

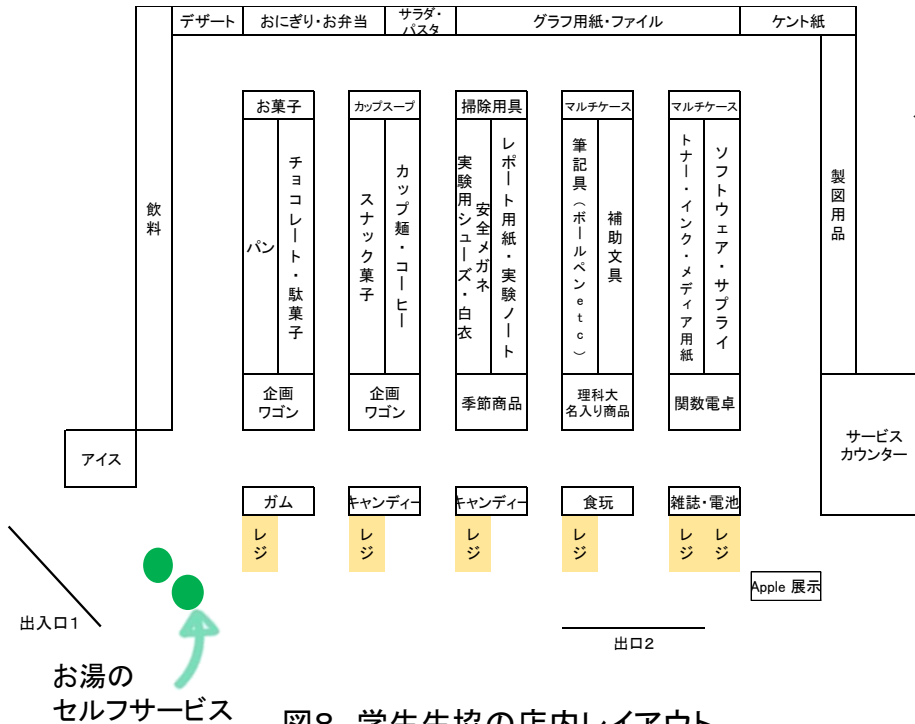


図8. 学生生協の店内レイアウト

学生生協の特徴

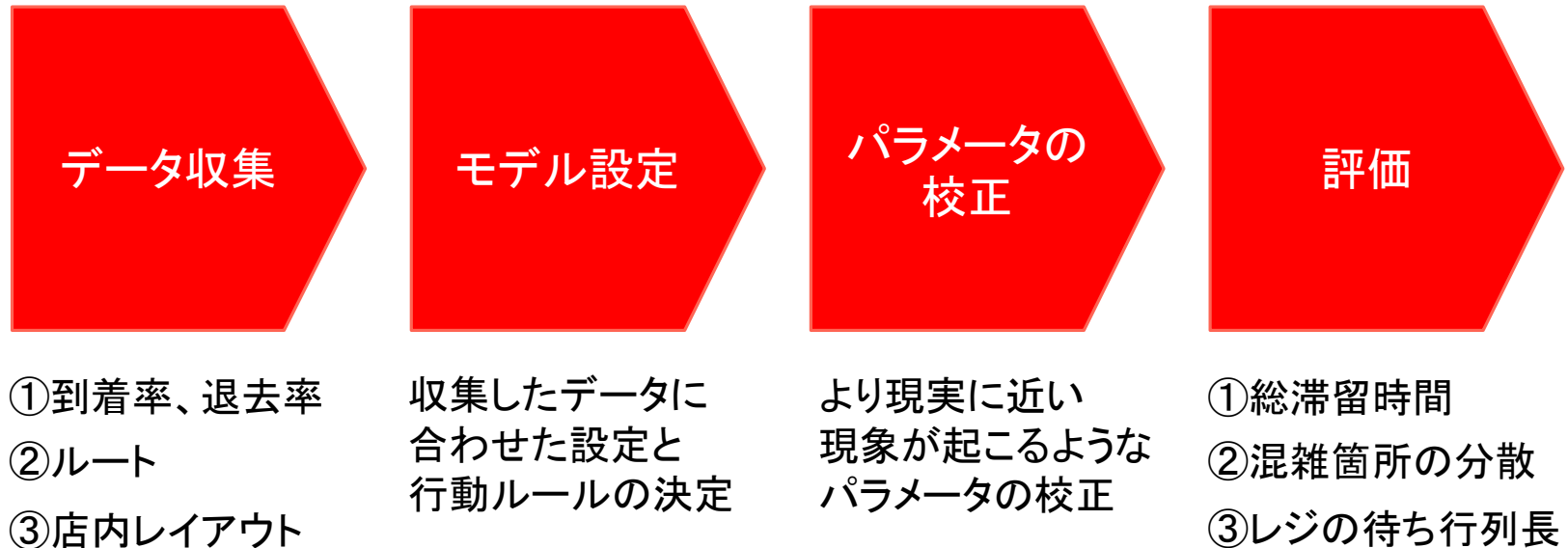
- 多段階のイベントが存在する
- 客の密集する場所に偏りがある
- 店内の混雑が列に影響を与える

→ 店内の混雑により、稼動しないレジが存在する

実際に店内混雑が影響して客を逃がしている店舗のモデル化を行う

8. 対象店舗のモデル作成

モデルの作成手順



このような手順で学生生協のモデルを作成する



9. データ収集

(1) 歩行者到着率、退去率

到着率

表4. 出入口1の平均到着数

	平均歩行者数	
11:30-11:40	0.8	1.0
11:41-11:50	4.2	4.5
11:51-12:00	5.9	5.9
12:01-12:10	12.2	12.0
12:11-12:20	20.4	19.8
12:21-12:30	14.7	14.9
12:31-12:40	8.0	8.3
12:41-12:50	10.4	10.4
12:51-13:00	13.0	12.3
13:01-13:00	11.0	10.9

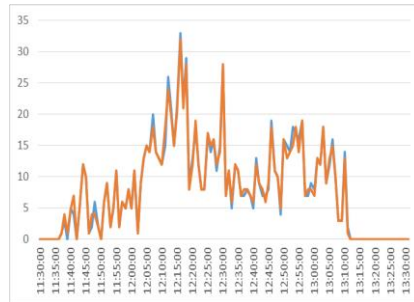
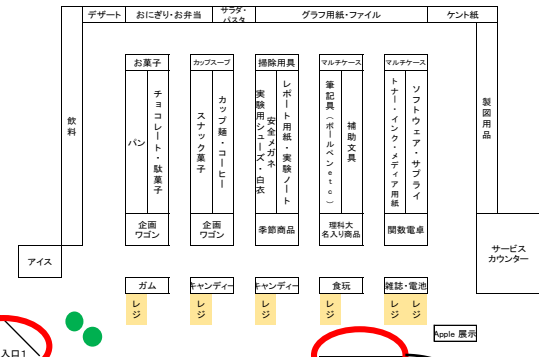


図9. 出入口1の歩行者到着数



出入口1

図10. 学生協のレイアウト

出入口2

退去率

表5. 出入口1の平均退去数

	平均歩行者数	
11:30-11:40	0.0	0.0
11:41-11:50	2.3	3.0
11:51-12:00	5.2	4.9
12:01-12:10	7.0	6.8
12:11-12:20	11.9	11.7
12:21-12:30	12.7	12.3
12:31-12:40	12.0	12.4
12:41-12:50	10.5	10.2
12:51-13:00	12.1	12.0
13:01-13:00	12.4	11.7

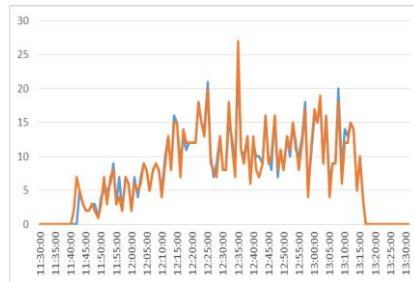


図11. 出入口1の歩行者退去数

表6. 出入口2の平均退去数

	平均歩行者数
11:30-11:40	0.0
11:41-11:50	0.1
11:51-12:00	0.5
12:01-12:10	0.4
12:11-12:20	4.4
12:21-12:30	6.5
12:31-12:40	5.2
12:41-12:50	2.4
12:51-13:00	2.0
13:01-13:00	2.3

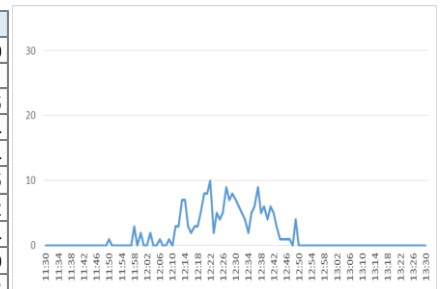


図12. 出入口2の歩行者退去数

実データを元に10分ごとの到着率、退去率を設定する

9. データ収集

(2)経路パターン

利用データ：1日の売上データ(全体、品目ごと) × 9日分、客数

食べ物



おにぎり、三角サンド、弁当、カップ麺、パン

デザート



チルドデザート、菓子

飲み物



中型PET

文具



文具

➡ 商品を4つに分類分けし、それぞれの相関関係を分析し、経路パターンを決定した

ルート1：出入口202→119→98→149

ルート2：出入口202→92→116→144

ルート3：出入口202→2→144

ルート4：出入口202→6→119→145

ルート5：出入口202→116→69→147

ルート6：出入口215→116→0→144

ルート7：出入口215→3→116→144

ルート8：出入口215→2→69→147

ルート9：出入口215→92→119→145

ルート10：出入口215→3→147

⚠ 特定の商品(経路ポイント69)を通る経路を選択した歩行者はレジ通過後、二次イベントへ

9. データ収集

(3) 店舗レイアウト

- 出入口
- レジ1~6
- レジ判断ポイント
- お湯セルフサービス
(二次イベント)

売り場代表点

おにぎり、三角サンド、弁当、
カップ麺、パン、チルドデザート、
菓子、中型PET、文具

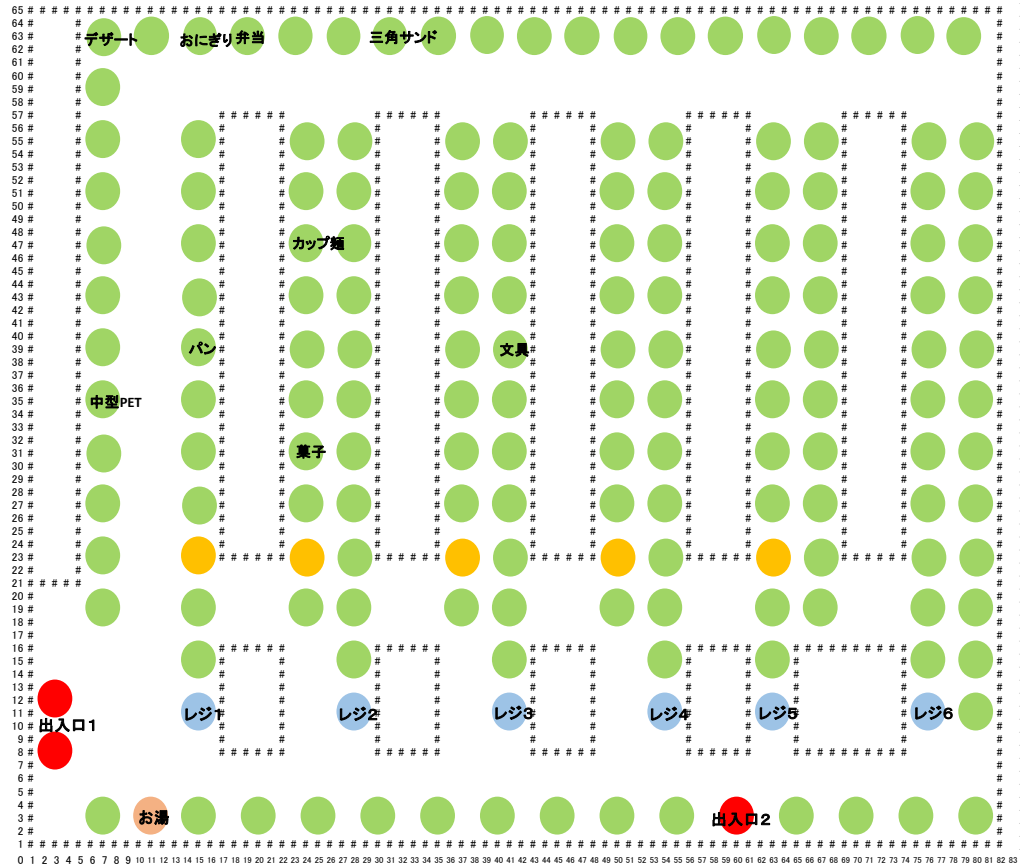
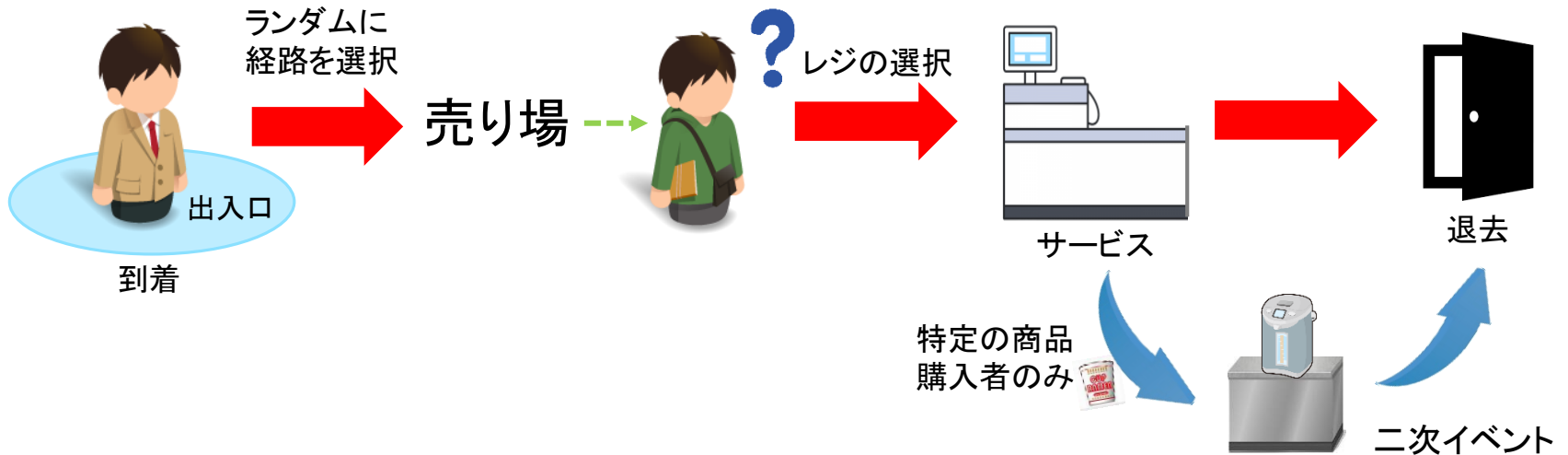
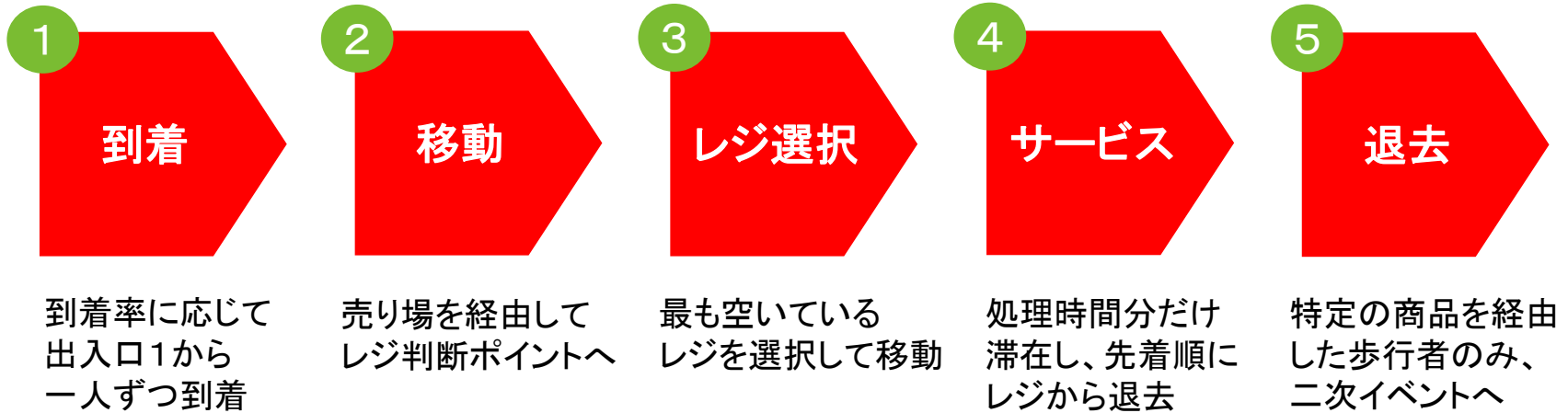


図13. モデルの店舗マップ

10. モデル設定

(1) 歩行者の移動ルール



10. モデル設定

(2)空いているレジの選択

空いているレジを選択する行動は次のように設定する

①レジ判断ポイント Pr_0 を設定

② Pr_0 を通過した歩行者は各レジポイント Pr にいる歩行者の数が最小の Pr を選択する

③ Pr に滞在する時間 T は指数分布で決定

④ Pr に到着した歩行者は T ステップだけ Pr を次の目的地に設定



到着した順に歩行者は退去する

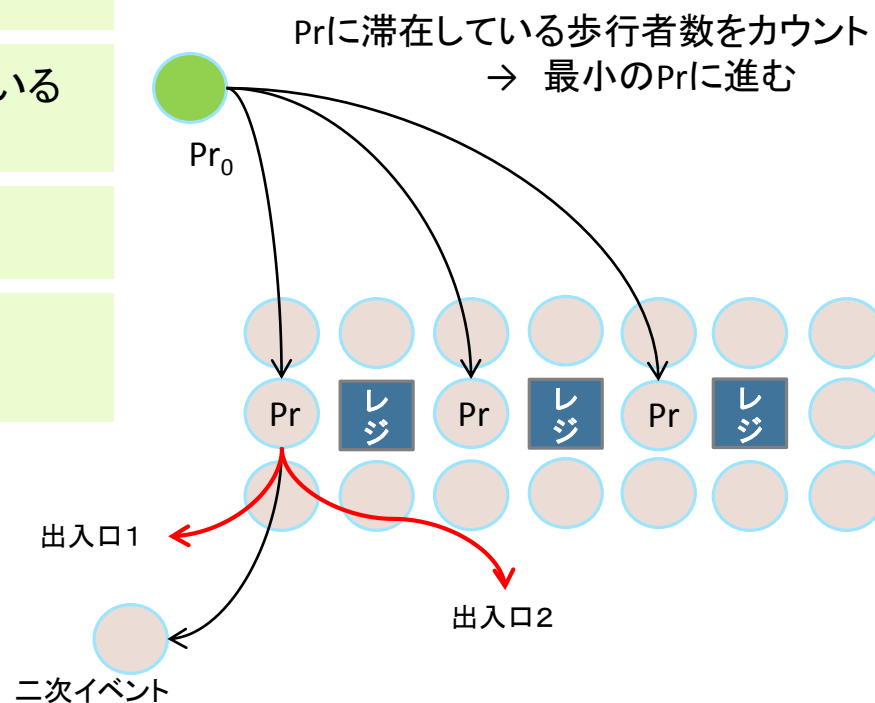


図14. 空いているレジを選択する設定

11. パラメータの校正



本研究で用いるパラメータを校正した

表3. 校正したパラメータ

パラメータ	定義	初期値	校正值
A_i	相互作用の強さ(N)	2000.0	1000.0
B_i	相互作用の範囲(m)	0.08	0.08
k	弾性係数(kg/s ²)	120000.0	100000.0
K	散逸係数(kg/ms)	240000.0	200000.0
r	最大影響半径(s)	3.0	2.5
$v_i^0(t)$	最適速度(m/s)	0.6	0.6
$v_i^1(t)$	最高速度(m/s)	1.5	1.7
τ_i	加速時間(s)	0.5	0.5
m	質量(kg)	50.0	55.0
T	経路再探索間隔(s)	15.0	10.0
R	歩行者の半径(m)	0.1	0.3


総滞留時間、歩行者の経路地点、待ち行列長の結果を示す

その結果がどのように変化すると、店内の混雑が緩和されたといえるかについて考える



12. 結果

(1) 総滞留時間

 歩行者の総滞留時間を出力した

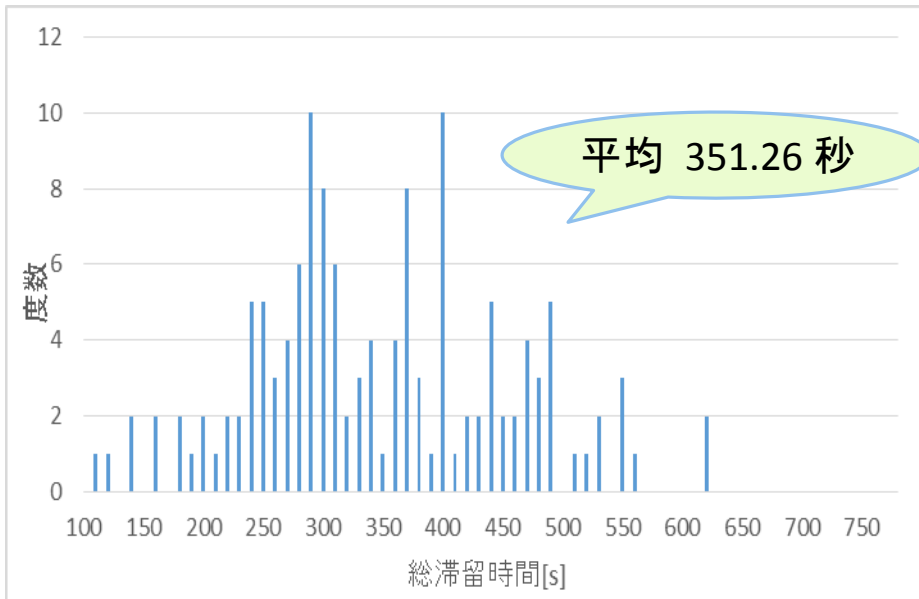
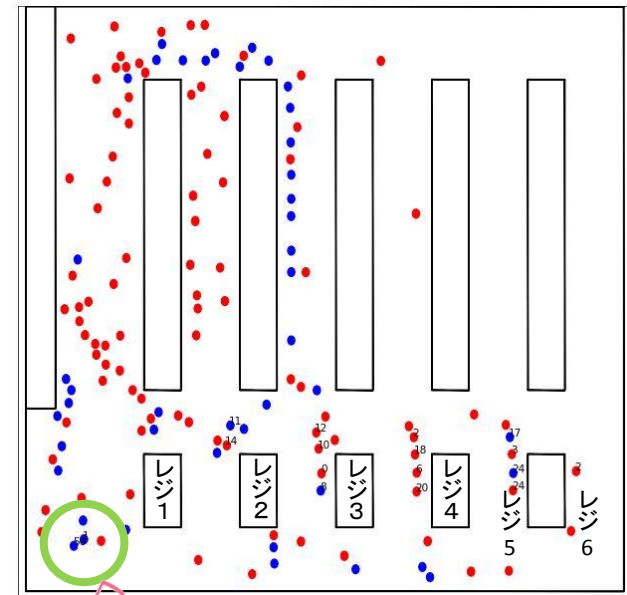



図15. 総滞留時間



お湯待ち地点 図16. シミュレーションモデル

 総滞留時間が減少することで、混雑は緩和されたといえる

12. 結果

(2)条件別の総滞留時間

表4. 稼働レジを変化させた場合の総滞留時間

	フル稼働	レジ1	レジ2	レジ3	レジ4	レジ5	レジ6
最小	112.00	180.00	128.75	100.75	123.75	140.50	112.75
最大	626.50	563.25	780.50	669.75	780.50	668.75	612.50
平均	351.26	354.39	362.16	387.28	351.48	351.86	346.03

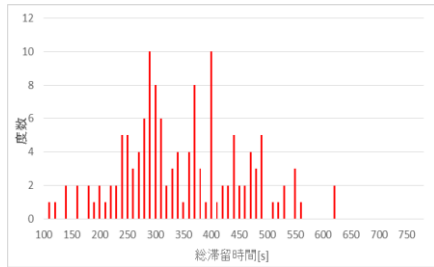


図17. 総滞留時間(フル稼働)

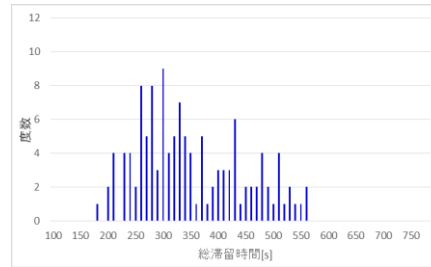


図18. 総滞留時間(レジ1非稼働)

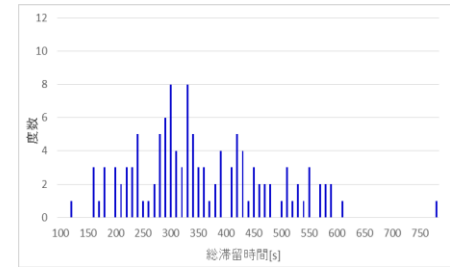


図19. 総滞留時間(レジ2非稼働)

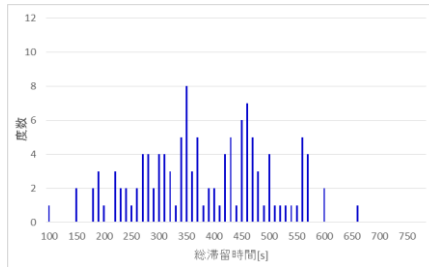


図20. 総滞留時間(レジ3非稼働)

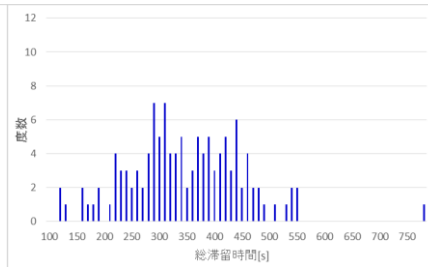


図21. 総滞留時間(レジ4非稼働)

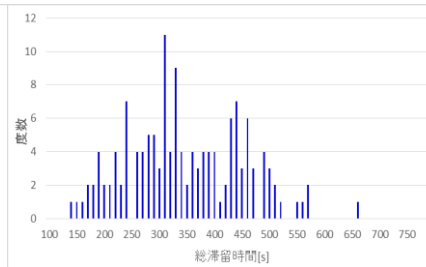


図22. 総滞留時間(レジ5非稼働)

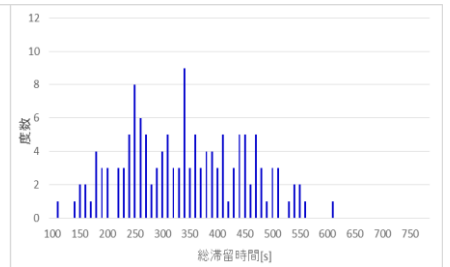


図23. 総滞留時間(レジ6非稼働)

平均値はどれもほぼ一定であるが、最大値に大きな差がある

12. 結果

(3) 総滞留時間における考察



レジ1を稼働させなかったとき、
総滞留時間の最大値が最も小さくなった

平均値はほぼ一定



レジ1付近は出入口とお湯待ちの客により混雑

その影響を受けてサービス率も
低下していると推測できる

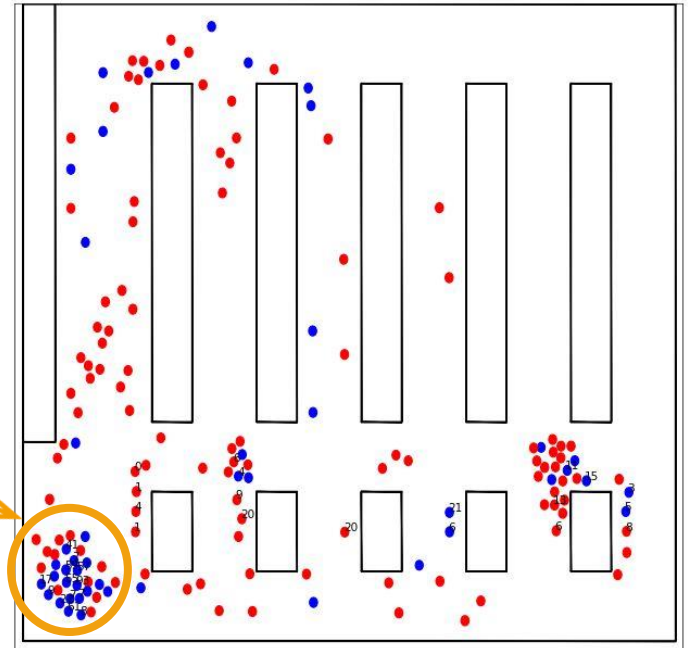



図24. シミュレーション実行画面

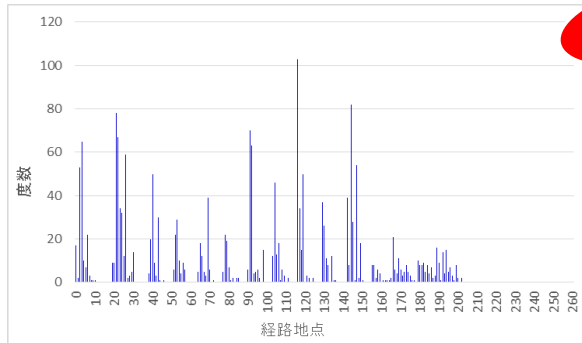
あえてレジ1を稼働させないことでスペース的余裕ができ、
結果として全体のサービス効率が上がったと考察できる



12. 結果

(4)客の密集地点の分析

 各レジにおける客の数を出力した



結果

経路地点として設定した箇所以外にも歩行者が多く密集する場所がある

曲がり角となる地点にも客が多く密集している

図25. 経路ポイント設定箇所

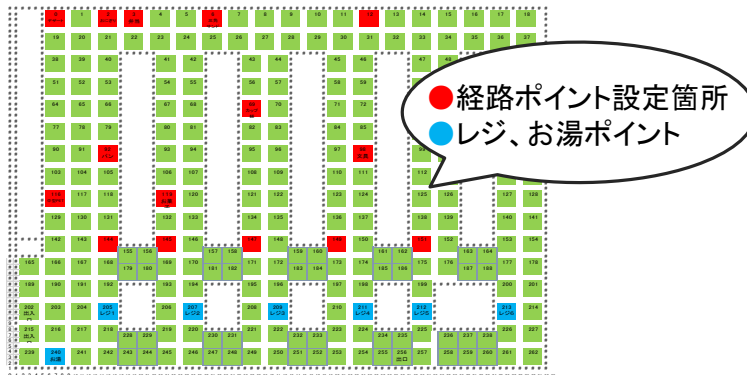


図26. 経路ポイント設定箇所

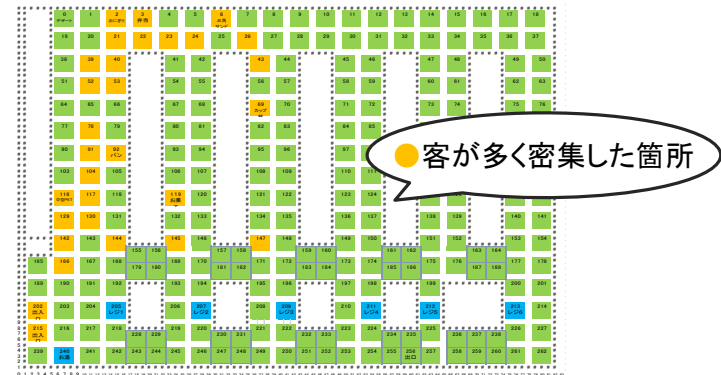



図27. 客の密集箇所

各経路ポイントの通過数が分散されれば、混雑箇所が分散されたといえる

12. 結果

(5)待ち行列長

 各レジにおける客の数を出力した

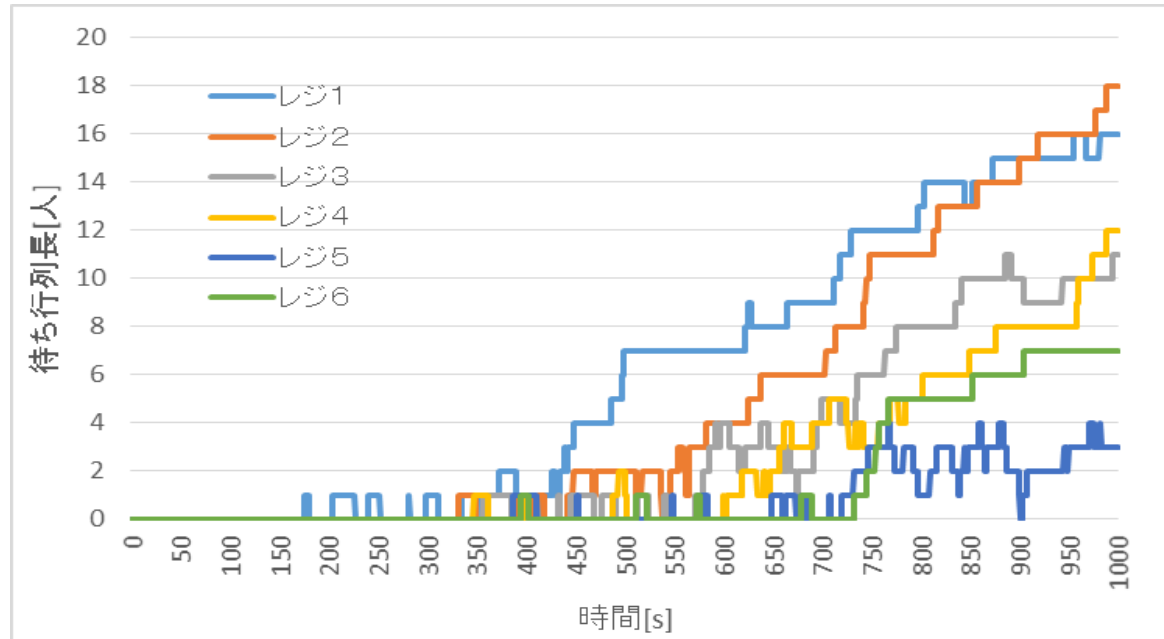



図28. 待ち行列長

待ち行列長が短くなることで、効率の良いサービスが提供できているといえる

 これらのデータを用いることで様々な条件における混雑現象について分析することができる

13. まとめ


目的

コンビニエンスストアにおける顧客エージェントの行列と反発行動が及ぼす影響を再現する

- ① 本研究におけるSocial Force Modelの妥当性を検証
- ② 収集したデータを元に、学生生協で実際に起きている現象を再現

シミュレーション結果から

客の総滞留時間、店内の混雑箇所、レジの待ち行列長

のデータが得られた 

実装したモデルを用いることで混雑を緩和するための方法を検討可能

今後の展望

- より複雑な客の行動を再現(視野範囲の設定etc...)
- 実装したモデルにより店内の混雑を緩和するための方法の検討を行う

ご清聴ありがとうございました



本研究を行うにあたり、様々な技術的サポートをして頂きました、
(株)NTTデータ数理システム嶋田佳明様に心より御礼申し上げます。