

2025年度 NTTデータ数理システム学生研究奨励賞

# 書店における顧客行動シミュレーションの構築

---

東京理科大学 創域理工学部 経営システム工学科

石垣研究室 学部 4年 : 山口 悠己

指導教員 : 石垣 綾

1. 背景・目的 …… p. 2 ～ p. 8
2. 方針・手法 …… p. 9 ～ p. 24
3. 結果・考察 …… p. 25 ～ p. 26
4. 検証 …… p. 27 ～ p. 30
5. 結論 …… p. 31 ～ p. 32
6. 参考文献 …… p. 33

## 研究背景 | 書籍のEC化と書店の減少

2

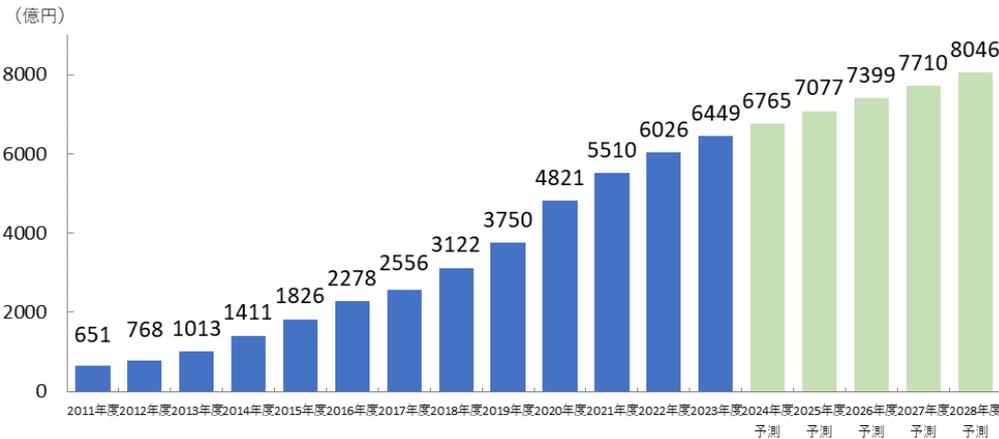


図1. 電子書籍の市場規模 [1]

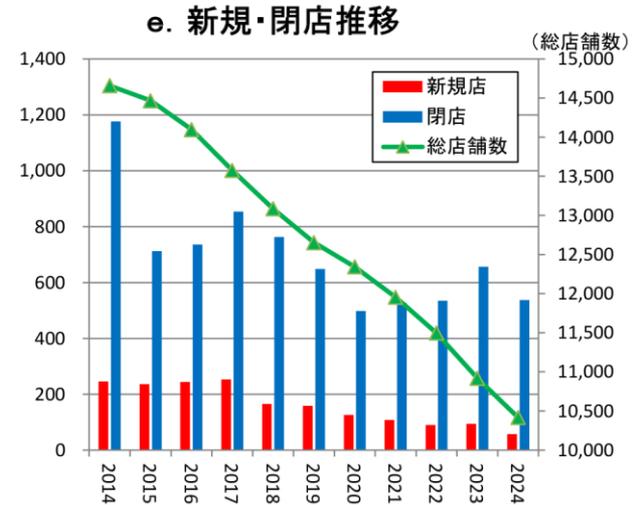


図2. 書店数の減少 [2]

EC化の拡大に影響を受けて書店数は年々減少している。

➡ 書籍のEC化は避けられない!!

**Q. 実店舗の存在価値はあるのか？**

[1] インプレス総合研究所. (2024). <https://research.impress.co.jp/topics/list/ebook/697>

[2] JPO書店マスタ管理センター. (2025). [https://www.jpoksmaster.jp/Info/documents/top\\_transition.pdf](https://www.jpoksmaster.jp/Info/documents/top_transition.pdf)

書店は創造性が生まれる文化創造基盤として重要である[3].

書店 = 文化の発信拠点

→ 国力にも影響する.

経産省

2024年3月：  
書店振興プロジェクトチーム設立

2024年10月：  
「書店経営者向け支援施策活用ガイド」  
公表 [4]

2025年1月：  
「書店活性化のための課題」公表 [3]

2025年6月：  
「書店活性化プラン」公表 [5]

国として書店を振興しようと、今まさに動き始めている。

**書店は必要不可欠！**

[3] 経済産業省. (2025). 関係者から指摘された書店活性化のための課題. [https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/contents/syoten\\_kadai\\_set.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/contents/syoten_kadai_set.pdf)

[4] 経済産業省. (2025). 書店経営者向け支援施策活用ガイド. [https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/contents/PDF/guidebook.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/contents/PDF/guidebook.pdf)

[5] 経済産業省ほか. (2025). 書店活性化プラン. [https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/contents/PDF/syotenplan.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/contents/PDF/syotenplan.pdf).

### 書店活性化プランの施策例

#### 【書店のリノベーション支援】

設備費を出資等によって支援  
(国土交通省)

#### 【新規出店に向けた支援】

スタートアップ支援資金や  
創業関連保証の  
活用を促す等  
(経済産業省, 中小企業庁)



その店舗の売上を構成する要素がどれくらい売上に影響しているかを把握せずにリノベーションするのは危険.



どんな書店にどんな施策をするべき？

人が集い、滞在し、文化や教養を発信し合う書店にしたい。



**長い滞在時間**



**売上の確保**

両軸で考えないといけない

**“持続力”**

**書店の滞在時間・売上が向上する施策が必要！**

 But !

書店の研究は未だかなり限定的…

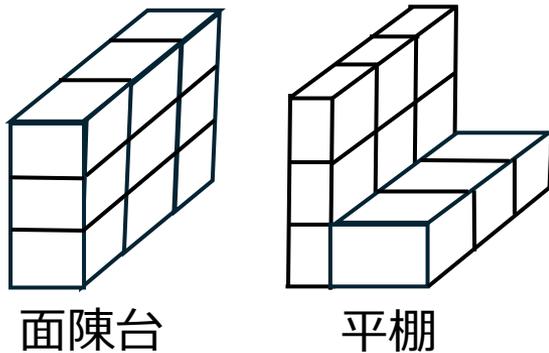
書店における施策が顧客行動、そして売上・滞在時間にどれくらい影響するかを定量的に示し、どの施策が必要か判断できる意思決定ツールが必要。



施策に繋がる意思決定ツールを作りたい！

## 義若ら [6]

棚の種類によって視認度が変わり、本を手にする回数が変わる。



視認率：約4倍

## 青木&amp;山田 [7]

棚間の書籍ジャンルの関連度が人流・探索行動に影響する。

関連度が高い  
→ 連続型の移動をしやすい ※1

関連度が低い  
→ 点移動をしやすい ※2

※1：Appendixに記載

※2：Appendixに記載

棚の種類と書籍の関連度が顧客の行動に影響

[6] 義若紘史, 柳川佳也, & 宮崎茂次. (2006). 視認率を考慮した書店におけるディスプレイ法. 生産管理, 13(1), 11-18.

[7] 青木美佑紀, & 山田あすか. (2009). 書店における客の滞在書架と探索行動特性に関する研究-店舗ごとの建物・配架形態と客の属性による比較. 日本建築学会計画系論文集, 74(637), 541-548.

## 研究目的 | 既存研究の課題と本研究の目的

## 義若ら [6]

雑誌分野の視認率に注目した  
購買行動に関する研究

But!

**店舗全体における顧客行動**  
を見るには別のアプローチが必要

## 青木&amp;山田 [7]

書店における人流・探索行動を  
分析した研究

But!

行動に関わる要因に対して  
**数理的定義は行っていない**

## 本研究の目的

**書店における顧客行動をシミュレーションで実装!**

## マルチエージェントシミュレーション (MAS)

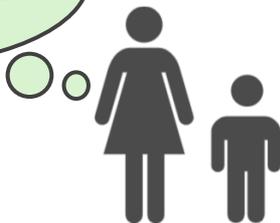
各々特徴の異なる内部状態と行動ルールを持つ,  
多数のエージェントが集まったシミュレーションモデル.



NTTデータ数理システム様の  
S<sup>4</sup> simulation systemを用いる.

書店内でそれぞれ嗜好を持った顧客が歩き回る状態を表現するには,  
マルチエージェントシミュレーションが適切.

Cookbook



Business

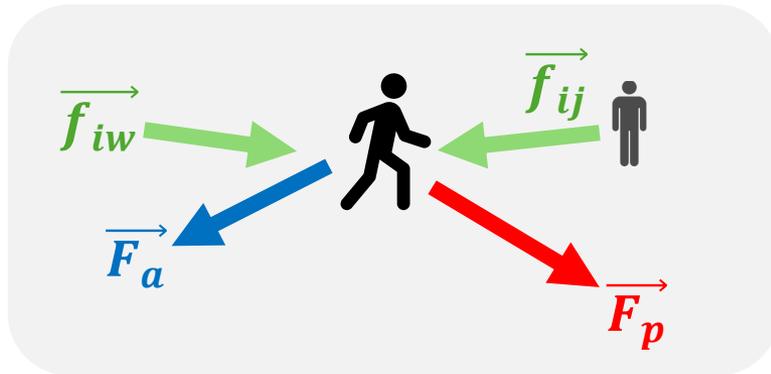


Comic

## ソーシャルフォースモデル (SFM)

各エージェント*i*は質量 $m_i$ を持つ質点として表され、  
周囲の環境から様々な力を受けながら目的地へ進む。

エージェント*i*は下記の運動方程式に基づいて行動する。



$\vec{e}_i$	目的地に向かうベクトル
$v_{0i}$	エージェントの最適な速度
$\vec{v}_i(t)$	現在の速度
$\vec{f}_{ij}$	外力 (エージェント <i>j</i> →エージェント <i>i</i> )
$\vec{f}_{iw}$	外力 (障害物→エージェント)

目的地へ戻ろうとする力

$$\vec{F}_p = m_i \frac{(v_{0i} \vec{e}_i(t) - \vec{v}_i(t))}{\tau_i}$$

$$m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = \vec{F}_a = \vec{F}_p + \vec{F}_{int}$$

周囲環境から受ける相互作用力

$$\vec{F}_{int} = \sum_{j(\neq i)} \vec{f}_{ij} + \sum_W \vec{f}_{iw}$$



**Step1** : 環境構築

**Step2** : エージェントの行動設定

**Step3** : シミュレーションの実行

**Step4** : 結果の考察

施設内のマルチエージェントシミュレーションを実装するため、

- **マイクロ人流地図** ※1
- **マイクロ人流エージェント**
- **3Dアニメーション** ※2
- **グラフ** を使用.



図3. S<sup>4</sup> simulation system の GUI 画面

※1 : version5.0で追加 (画像インポートで作成)

※2 : version6.0で追加 (Appendixに画像あり)

Step1  
環境構築

マイクロ人流地図

青木&amp;山田 [7] の店舗Aを再現対象として実装した。

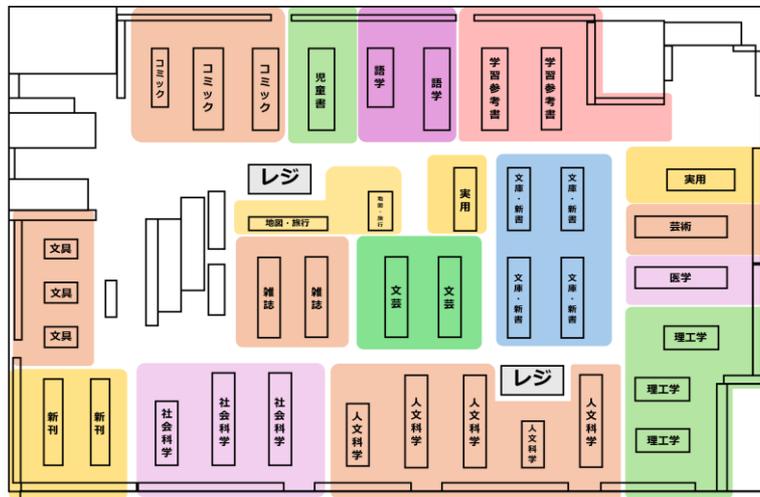


図4. 店舗の店内レイアウト

表1. 店舗情報の概要

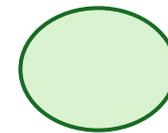
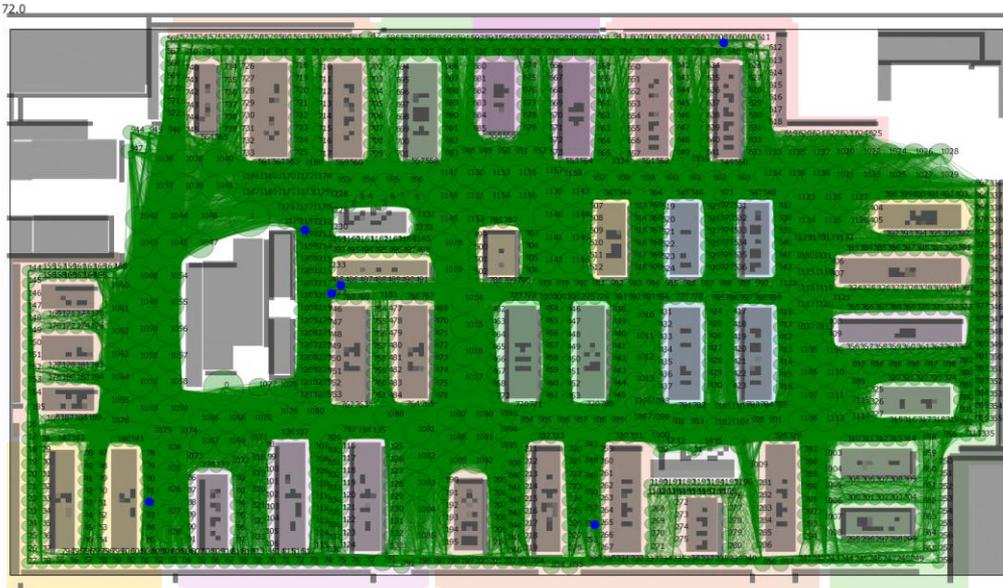
立地・形態	京都駅ビル隣 複合商業施設
階層	1フロア (6F)
敷地面積	1650m <sup>2</sup>
レジ数	2ヶ所

論文内の画像(縮尺)を再現すると道が狭すぎてエージェントがぶつかり合って現実状態のようにならなかった。  
 → 棚数を  $\text{int}(\text{“実際の棚数”} \times 0.5) + 1$  にしてレイアウトを簡略化した。

Step1  
環境構築

マイクロ人流地図

青木&山田 [7] の店舗Aを再現対象として、  
店舗Aを「環境の初期化後の処理」で作成.



: 経路地点



: エッジ

図5. 実験店舗の経路グラフ

Step1  
環境構築

マイクロ人流地図

書籍の関連度を定義.

日本十進分類法をもとに各ジャンルに0~9を与える ※1

0	1	2	3	4
総記	哲学	歴史	社会科学	自然科学
5	6	7	8	9
技術	産業	芸術	言語	文学

図6. 日本十進分類法 [8]

隣り合うジャンルは関連度が高いことから以下の式でジャンル間の関連度を算出する ※2

$$Relatedness(g_1, g_2) = \frac{1}{|g_1 - g_2| + 1}$$

※1：日本十進分類法の詳細はAppendixに記載

※2：各ジャンル間の関連度はAppendixに記載

[8] 日本図書館協会. 日本十進分類法(NDC). <https://www.jla.or.jp/ndc/>

Step2  
エージェント

青木&山田 [7] の店舗Aにおける休日のピーク帯  
(15:00~17:00) の来客データで実験する。

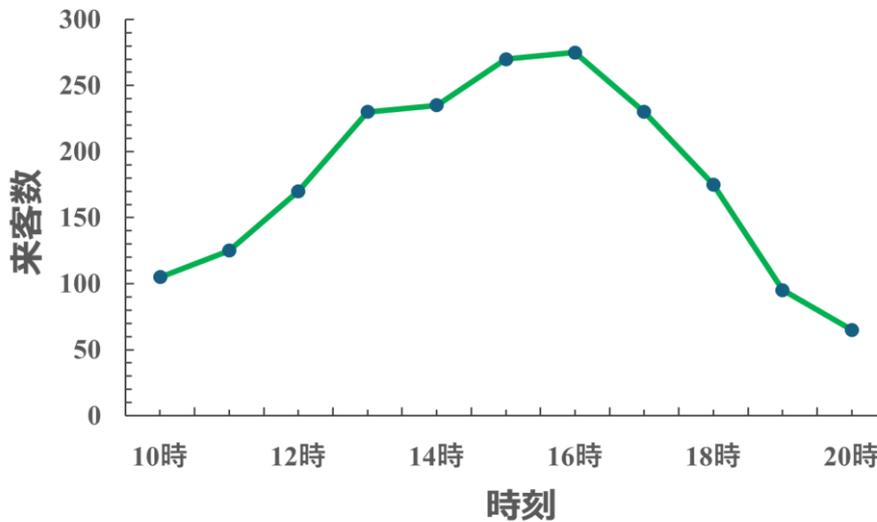


図7. 時系列滞在者数

表2. 顧客の年齢層割合

60代	2.5%
50代	8.6%
40代	14.7%
30代	23.6%
20代	31.2%
10代~子ども	19.4%

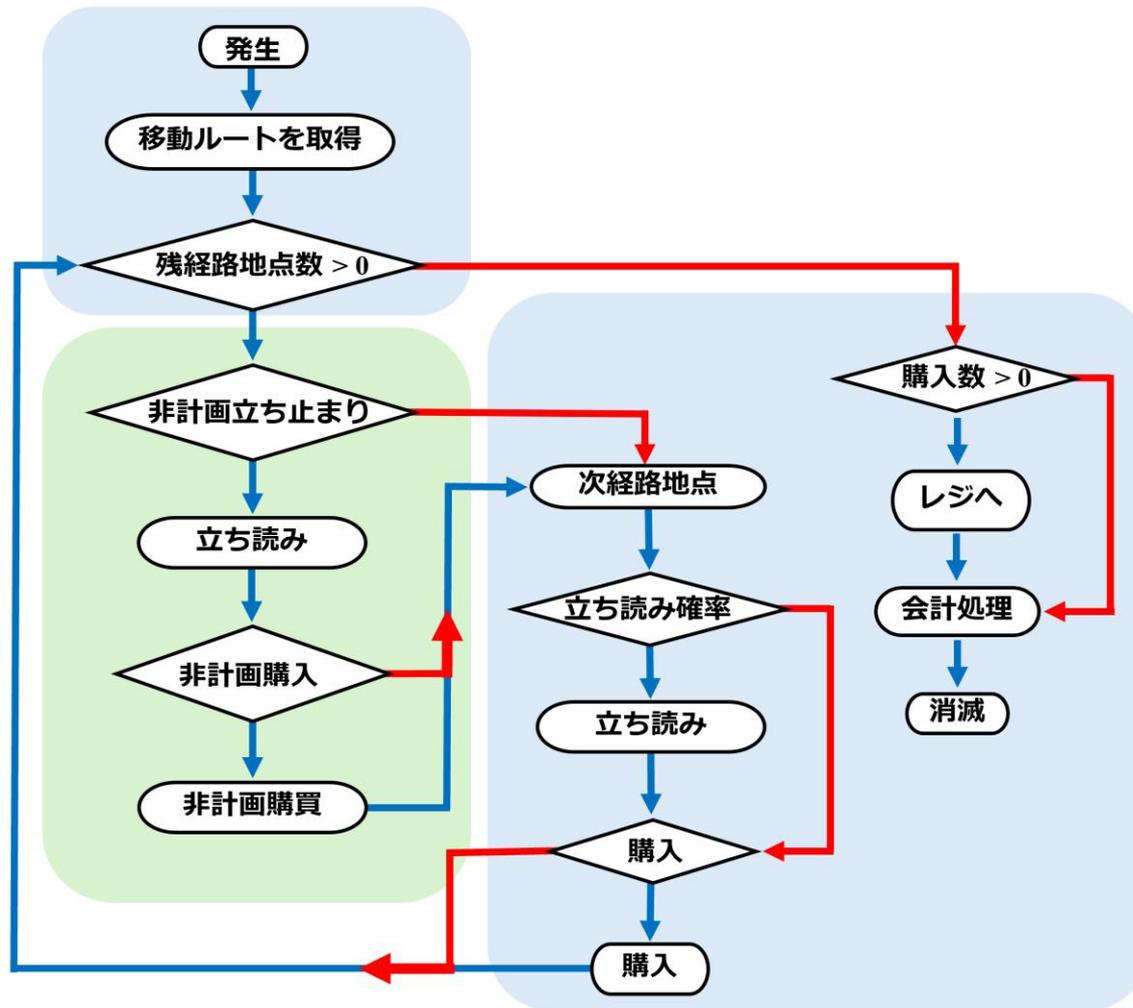
## 研究方針 | エージェントの行動設定 | 提案するシミュレーションモデル

17

Step2  
エージェント



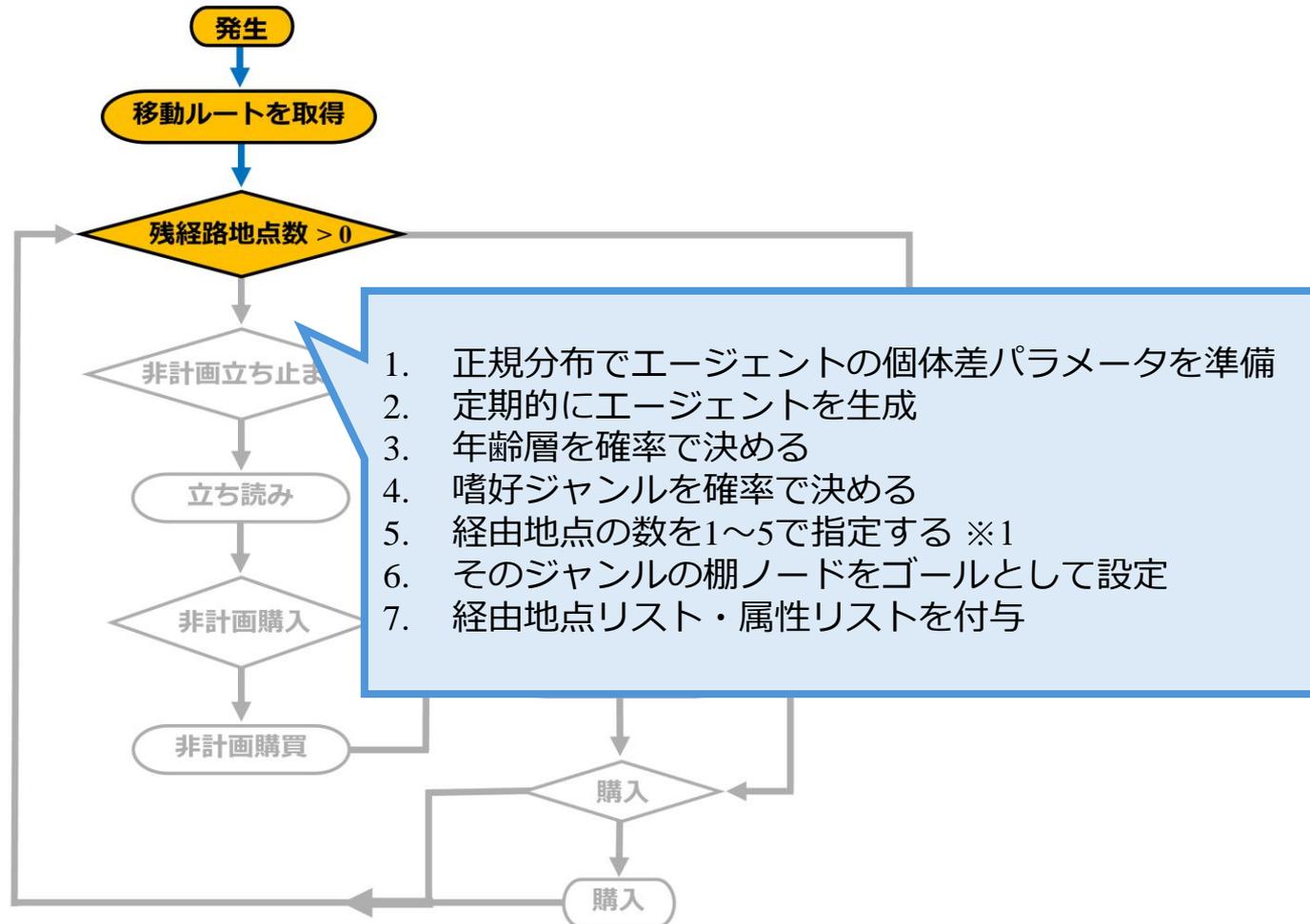
マイクロ人流エージェント



Step2  
エージェント



マイクロ人流エージェント



※1: 経由地点を1~5でランダム指定→山田ら [9] から引用.

[9] 山田健司, 阿部武彦, & 木村春彦. (2005). 計画・非計画購買者を考慮した店舗内人流シミュレーション. 人工知能学会全国大会論文集, (0), 274-274.

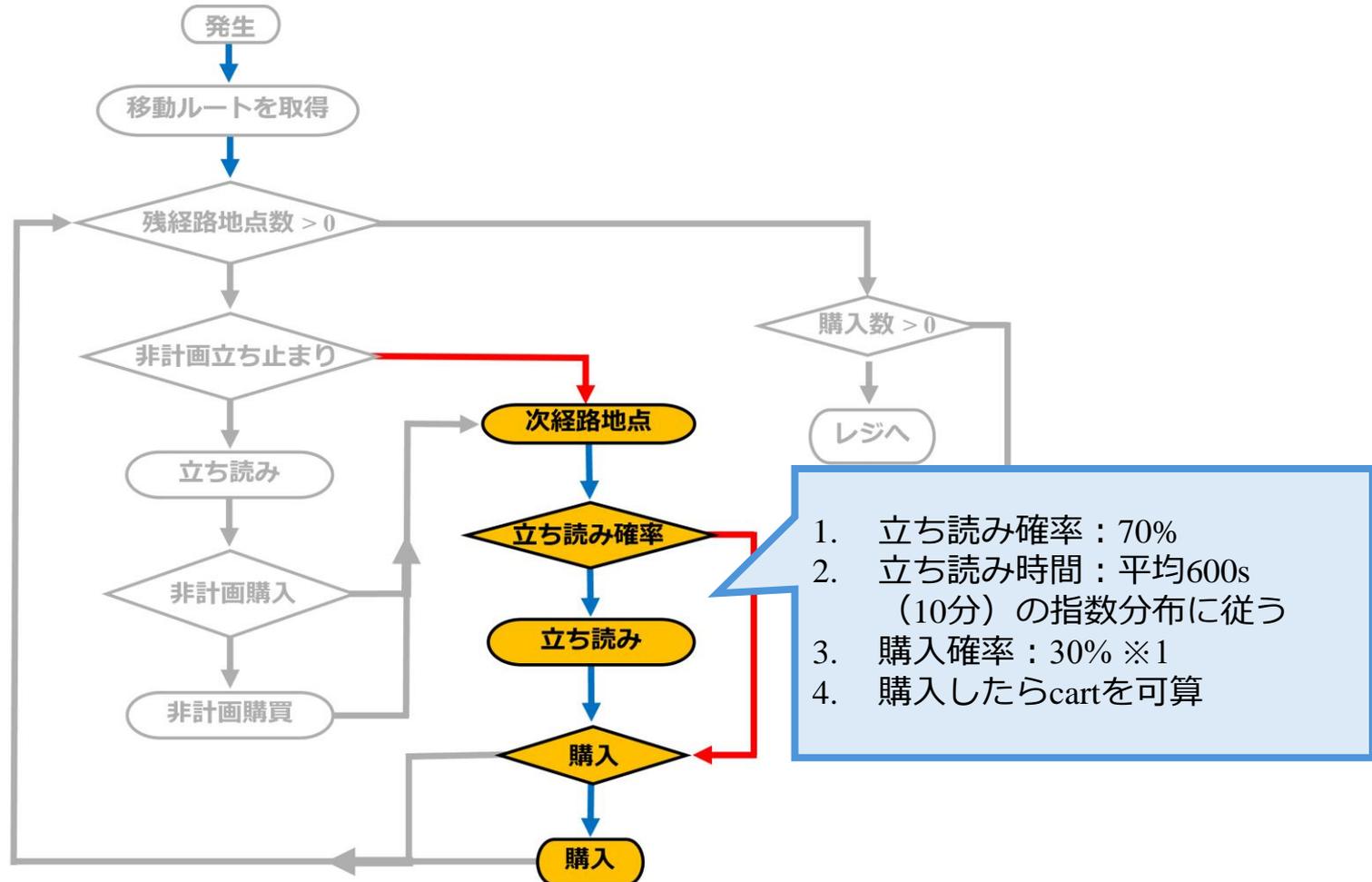
## 研究方針 | エージェントの行動設定 | 書店内の基本行動の設定 (2/3)

19

**Step2**  
エージェント



マイクロ人流エージェント



※1：購入確率30% → 書店に関するマーケティングデータ [10] から引用

[10] 朝日大学マーケティング研究所. (2020). 書店に関するマーケティングデータ～利用の現状 編～,  
<http://marketing.asahi-u.ac.jp/wp-content/uploads/2020/02/2002.pdf>

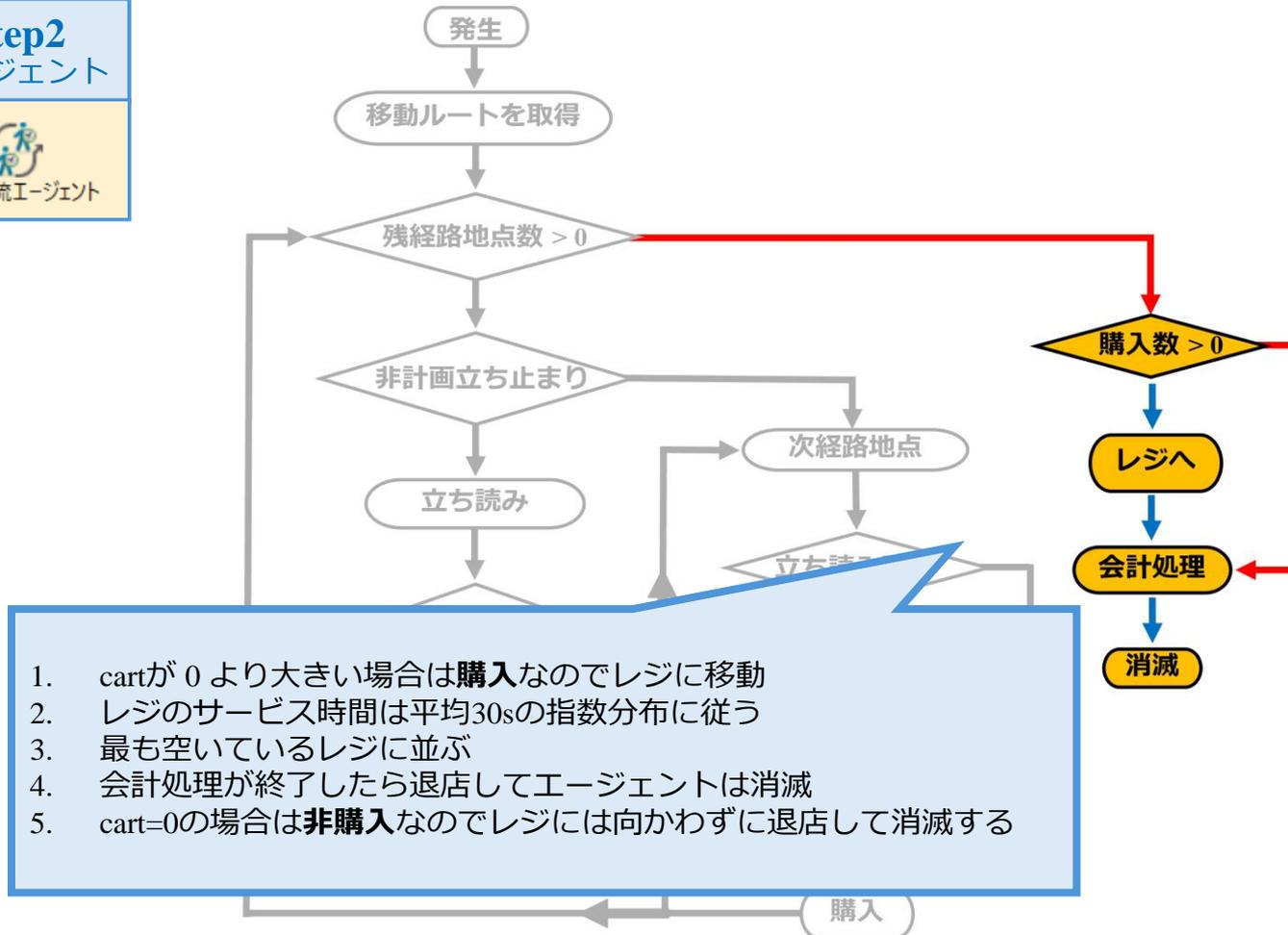
## 研究方針 | エージェントの行動設定 | 書店内の基本行動の設定 (3 / 3)

20

Step2  
エージェント



マイクロ人流エージェント



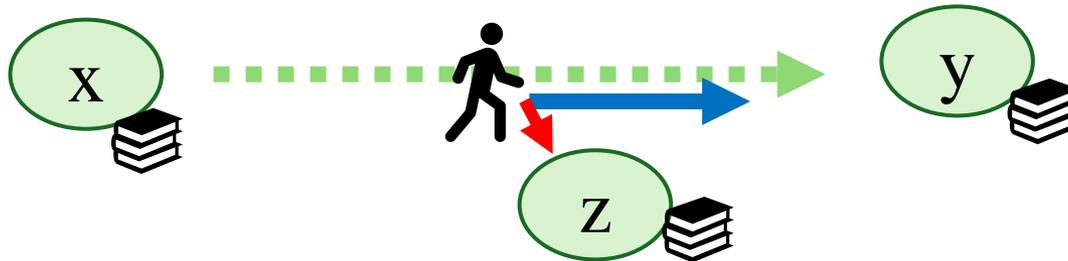
Step2  
エージェント

## 提案モデルに必要な要素

非計画な立ち止まりを考慮 → 視認率 + 書籍関連度



次の経路地点に移動するまでに、他の売場地点から受ける影響を追加.



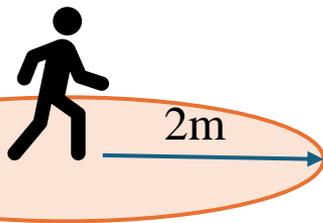
非計画に立ち止まる確率は、その棚の種類による視認率と、書籍ジャンルの関連度によって重み付けされる。

Step2  
エージェント

平棚 : 視認度  $s = 1.0$ , 面陳台 : 視認度  $s = 0.25$

棚ノードとのユークリッド距離  $d$  を計算し、エージェントから半径2m以内にある棚ノードを探し、重みづけで1件のノードを返す。

視認率 *weight* を以下の式で定義する。



$$\mathit{weight} = \underbrace{s}_{\text{視認度}} \times \underbrace{e^{-0.5 \times d}}_{\text{距離減衰}}$$

## 研究方針 | エージェントの行動設定 | 書籍関連度による非計画な立ち止まり 23

Step2  
エージェント

エージェントの嗜好ジャンルと棚ノードのジャンルの関連度を計算。

嗜好ジャンル $[x, y, z]$ と棚ノードのジャンル $p$ について、  
各組み合わせの関連度 $Relatedness(x, p)$ ,  $Relatedness(y, p)$ ,  $Relatedness(z, p)$   
を計算する。  
それらの最大値を $max_{rel}$ とする。

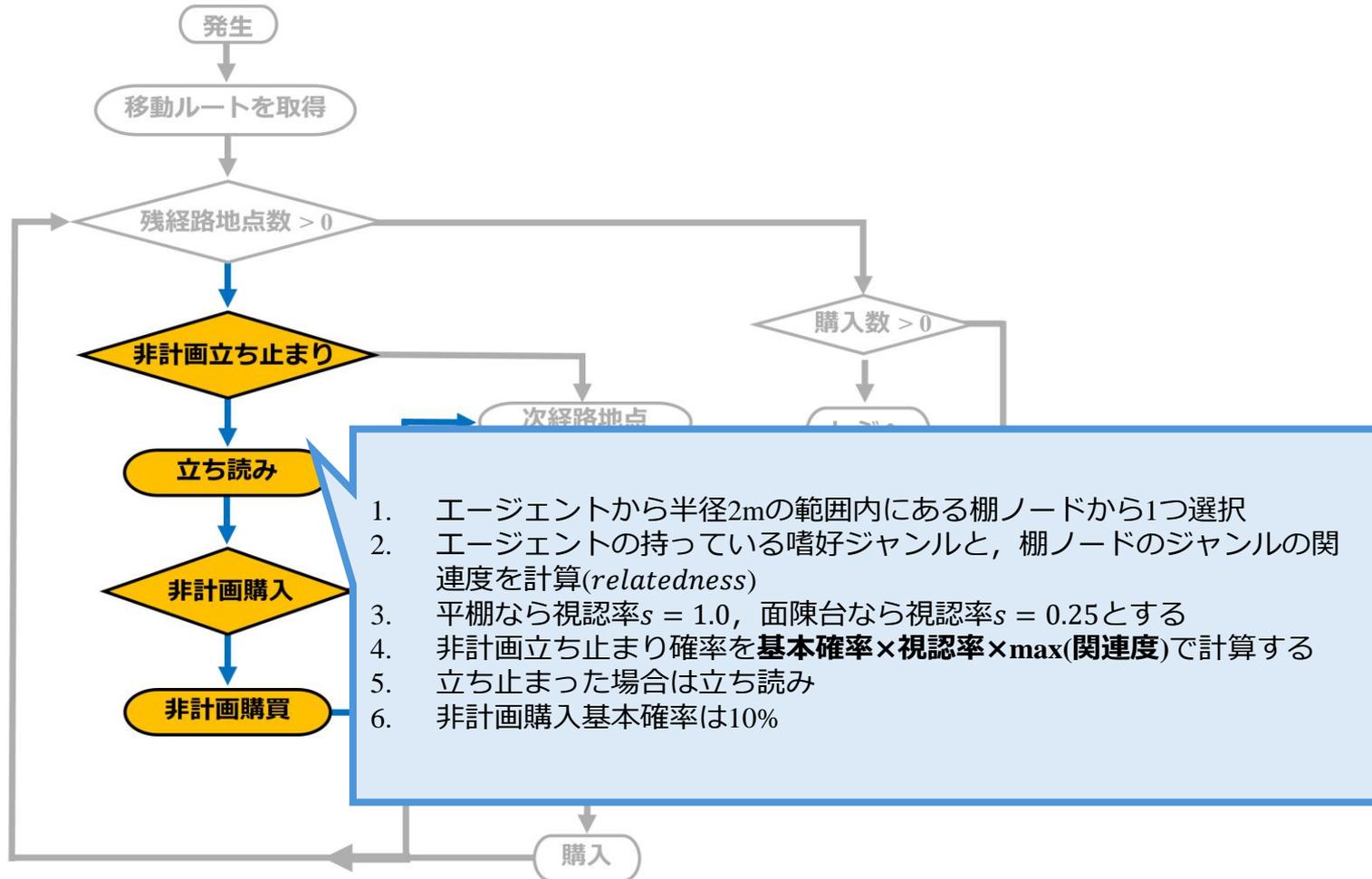
非計画立ち止まり確率を以下の式で設定する。

$$P_{stop} = \underbrace{P_{base}}_{\text{基本確率}} \times \underbrace{weight}_{\text{視認率}} \times \underbrace{max_{rel}}_{\text{ジャンル関連度}}$$

# 研究方針 | エージェントの行動設定 | 書籍関連度による非計画な立ち止まり 24

## Step2 エージェント

マイクロ人流エージェント



## 入力データ

来客数	545
購入率	40%

60代	2.5%
50代	8.6%
40代	14.7%
30代	23.6%
20代	31.2%
10代~子ども	19.4%

## 実行結果

来客数	544
購入率	39.5%

60代	2.0%
50代	7.0%
40代	15.6%
30代	21.1%
20代	31.4%
10代~子ども	22.8%

10回実行し、来客数・購入率がほぼ一致。

## 結果 | シミュレーションの実行

	誤差	誤差率
来客数	-1人	-0.18%
購入率	-0.5%	1.25%

	絶対誤差	相対誤差
60代	-0.5%	-20%
50代	-1.6%	-18%
40代	+0.9%	+6%
30代	-2.5%	-11%
20代	+0.2%	+0.6%
10代~子ども	+3.4%	+17.5%

## 考察

若年層で誤差が大きくなった。  
 → ジャンル嗜好から学習参考書・雑誌に行きやすい。  
 → 滞在行動が相対的に長めで実行時間内に多く観察された…？

## 検証 | ①回遊率を向上させる施策の影響分析

27

例1：新刊特設コーナーの設置

例2：スタッフ推薦棚の設置

例3：季節イベント棚の設置

顧客の“**見たい場所**”が増えて  
回遊率が向上する。

エージェントの経路地点が増加すると仮定して、  
非計画な立ち止まりと購買に影響が出るかを検証する。

既存のシミュレーション  
の設定と実行結果

経路地点数	1~5個 (ランダム)
非計画立ち止まり数	77
非計画購入冊数	10
総購入冊数	322
滞在時間	873
来客数	544

施策シミュレーション  
の設定と実行結果

経路地点数	2~6個 (ランダム)
非計画立ち止まり数	132
非計画購入冊数	18
総購入冊数	478
滞在時間	1358
来客数	506

購入冊数の増加と、滞在時間の増加を確認した。

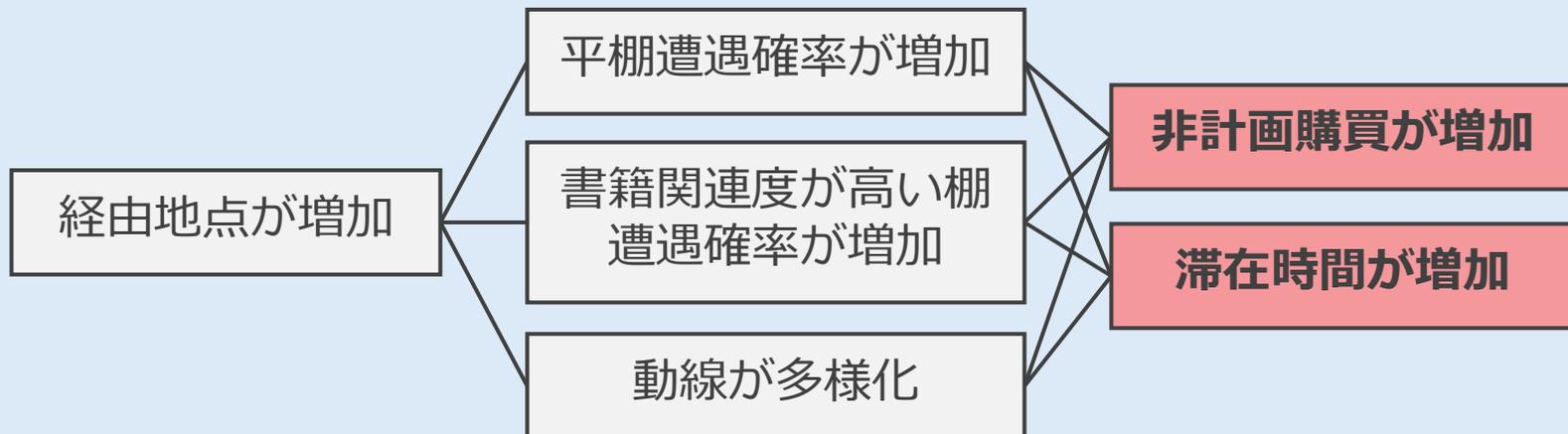
## 検証 | ①回遊率を向上させる施策の影響分析

29

1人あたりに換算すると…

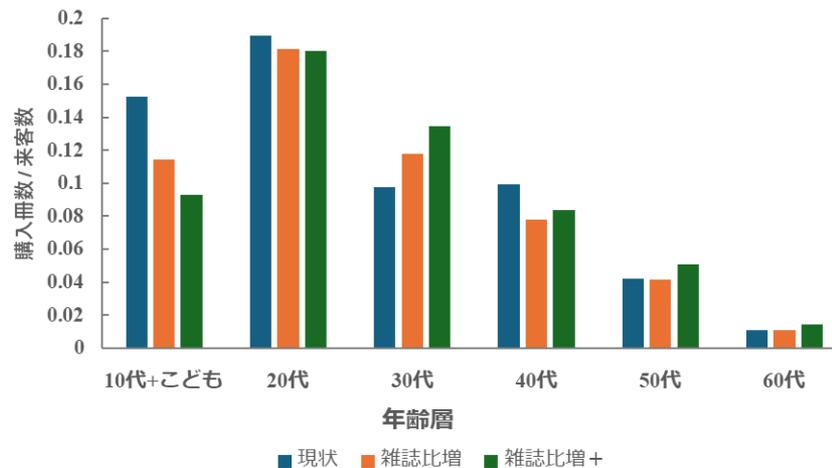
非計画立ち止まり数	1.84倍
非計画購入冊数	1.93倍
総購入冊数	1.60倍
滞在時間	1.55倍

## 考察



現状：20～30代の来店多く，“雑誌”の滞在人数が多い。

雑誌を増やせば売上は上がる？



30代の購入冊数は増加，  
10代の購入冊数は減少。

図8.雑誌の配置比率を増やしたときの購入冊数変化

### 1. 店舗コンセプトの再現と比較

- ニッチ型（偏りの強い棚構成）、**総合型**、**カフェ併設型**などを比較し、どちらがどの客層に効果的かを分析する。

### 2. レイアウト最適化の検討

- 経路地点数・棚の視認度・動線長に対して分析を行い、どの棚をどこに置くと最も売上が最大化するかを分析する。

### 3. 書店支援施策への応用

- 経産省の「書店活性化プラン」に沿って、リノベーション補助金や棚配置施策の効果を**事前に評価できる意思決定支援ツール**として発展させる。

**目的**

書店における行動（巡回・立ち読み・非計画購買・レジ行動）を再現するエージェントベースの顧客行動シミュレーションを構築する。

**提案手法**

棚の種類による視認度の違いと、書籍ジャンルの関連度に注目して非計画行動を含む書店での行動を再現する。

**結果**

文献のデータと購入率がかなり近い値となり、非計画購買の様子を結果から確認できた。

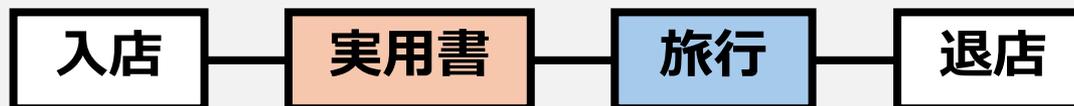
**今後の展望**

書店活性化プランに沿い、リノベーションや棚編成の判断を支援する意思決定ツールとして発展させたい。

- [1] インプレス総合研究所. (2024). 2023年度の電子書籍市場規模は6449億円、2028年度には8000億円市場に成長(電子書籍の市場規模予測), <https://research.impress.co.jp/topics/list/ebook/697> (閲覧日: 2025年11月20日) .
- [2] JPO書店マスタ管理センター. (2025). 店舗数推移(新規・閉店推移), [https://www.jpoksmaster.jp/Info/documents/top\\_transition.pdf](https://www.jpoksmaster.jp/Info/documents/top_transition.pdf) (閲覧日: 2025年11月20日) .
- [3] 経済産業省 書店振興プロジェクトチーム. (2025). 関係者から指摘された書店活性化のための課題 [https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/contents/syoten\\_kadai\\_set.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/contents/syoten_kadai_set.pdf) (閲覧日: 2025年11月20日) .
- [4] 経済産業省. (2025). 書店経営者向け支援施策活用ガイド(2025.6版), [https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/contents/PDF/guidebook.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/contents/PDF/guidebook.pdf) (閲覧日: 2025年11月20日) .
- [5] 経済産業省・中小企業庁・内閣官房新しい地方経済・生活環境創生本部事務局・公正取引委員会・文部科学省・文化庁・国土交通省. (2025). 書店活性化プラン, [https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/contents/PDF/syotenplan.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/contents/PDF/syotenplan.pdf) (閲覧日: 2025年11月20日) .
- [6] 義若紘史, 柳川佳也, & 宮崎茂次. (2006). 視認率を考慮した書店におけるディスプレイ法. 生産管理, 13(1), 11-18.
- [7] 青木美佑紀, & 山田あすか. (2009). 書店における客の滞在書架と探索行動特性に関する研究-店舗ごとの建物・配架形態と客の属性による比較. 日本建築学会計画系論文集, 74(637), 541-548.
- [8] 日本図書館協会. 日本十進分類法(NDC). 日本図書館協会オフィシャルサイト, <https://www.jla.or.jp/ndc/> (閲覧日: 2025年11月20日).
- [9] 山田健司, 阿部武彦, & 木村春彦. (2005). 計画・非計画購買者を考慮した店舗内人流シミュレーション. 人工知能学会全国大会論文集, (0), 274-274.
- [10] 朝日大学マーケティング研究所. (2020). 書店に関するマーケティングデータ～利用の現状 編～, <http://marketing.asahi-u.ac.jp/wp-content/uploads/2020/02/2002.pdf> (閲覧日: 2025年11月20日).

## 点移動型

・・・計画的に目的棚へ向かう顧客の行動。



## 連続型

・・・棚間で連続的にブラウジング行為を行う。

※棚や本を眺めながら探索したり、立ち読みしたり座り込んだりする行為。



- 3桁で階層的構造になっている。

第1区分		第2区分		第3区分		第4区分以降	
記号	主題分野 (類目)	記号	主題分野 (綱目)	記号	主題分野 (要目)	主題 (細目)	
0	総記	40	自然科学	480	動物学	・	
1	哲学	41	数学	481	一般動物学	・	
2	歴史	42	物理学	482	動物地理, 動物誌	489.5	
3	社会科学	43	化学	483	無脊椎動物	食肉目	
<b>4</b>	<b>自然科学</b>	44	天文学, 宇宙科学	484	軟体動物, 貝類学	489.53	
5	技術	45	地球科学, 地学	485	節足動物	ネコ科	
6	産業	46	生物化学, 一般生物学	486	昆虫類	・	
7	芸術	47	植物学	487	脊椎動物	・	
8	言語	<b>48</b>	<b>動物学</b>	488	鳥類	<b>489.56</b>	
9	文学	49	医学, 薬学	<b>489</b>	<b>哺乳類</b>	<b>イヌ科</b>	

図9. 日本十進分類法の区分のしくみ (4類の例) [8]

[8] 日本図書館協会. 日本十進分類法(NDC), <https://www.jla.or.jp/ndc/>

分類	新刊・話題書		社会科学			実用		芸術		文芸
	雑誌	人文科学	地図・旅行	学習参考書	医学	理工学	コミック	語学	文庫・新書	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.00	0.50	0.33	0.25	0.20	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10
1		1.00	0.50	0.33	0.25	0.20	0.17	0.14	0.13	0.11
2			1.00	0.50	0.33	0.25	0.20	0.17	0.14	0.13
3				1.00	0.50	0.33	0.25	0.20	0.17	0.14
4					1.00	0.50	0.33	0.25	0.20	0.17
5						1.00	0.50	0.33	0.25	0.20
6							1.00	0.50	0.33	0.25
7								1.00	0.50	0.33
8									1.00	0.50
9										1.00

図10. 2ジャンル間の書籍関連度の計算結果



図11. 3Dアニメーション実行結果1

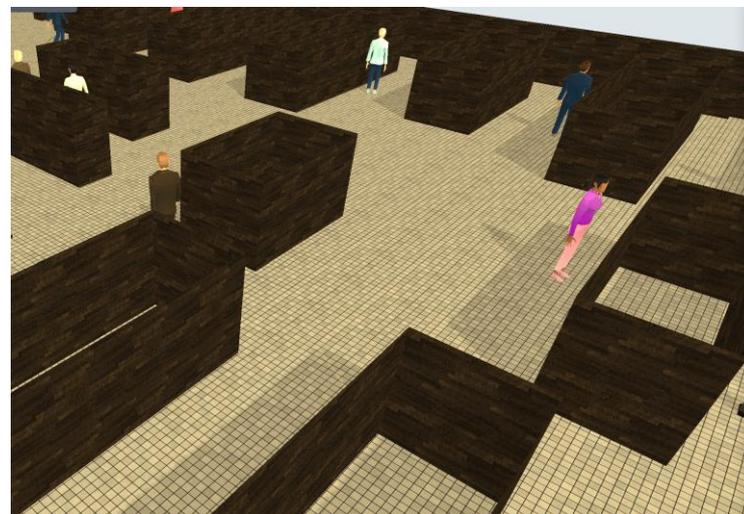


図12. 3Dアニメーション実行結果2

提供していただきました,  $S^4$  simulation system によって,  
本研究の分析を円滑に進めることが出来ました.

株式会社NTTデータ数理システム様に  
心より御礼申し上げます.