

# デジタルツインコンピューティング 取り組み紹介

～社会活動のデジタル化・シミュレーション～

NTTデータグループ 技術革新統括本部 技術開発本部 IOWN推進室

山中 啓之, 山村 真規, 佐橋 功一

2023年 11月 22日

# 目次

## 1.IOWN構想とデジタルツインコンピューティングのご紹介

## 2.取り組み事例 1 :

関西広域都市交通デジタルツイン（阪神高速・NTTグループ共同検討）

## 3.取り組み事例 2 :

感性AIを組み込んだ屋内人流シミュレーション(あいちデジタルアイランド)



# 1. IOWN構想とデジタル ツインコンピューティング のご紹介

光電融合技術と光通信技術により実現する**次世代の通信・コンピューティング融合インフラ**  
「大容量」、「低遅延」、「低電力消費」が既存インフラに対する大きな優位性

## 顕在化しつつある問題

サーバインフラの肥大化



レイテンシ問題



ROI/グリーンROI 問題



リライアビリティ問題



光電融合技術と光通信技術の開発による  
「次世代の通信・コンピューティング融合インフラ」

低消費電力



消費電力効率  
**100倍**

大容量・  
高品質



伝送容量の拡大  
**125倍**

低遅延



遅延の低減  
**200倍**

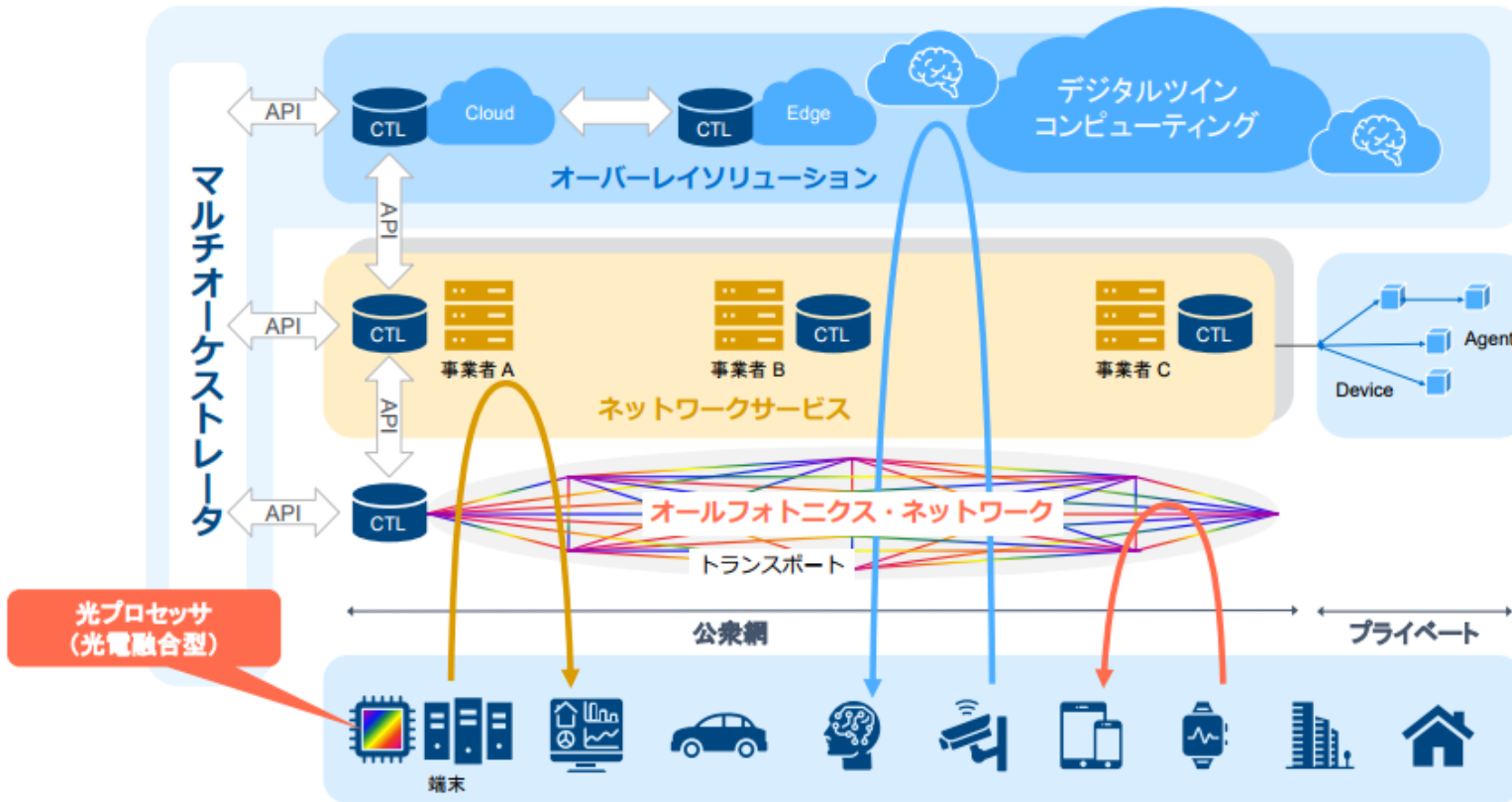
## めざす世界

Smart World



# IOWN全体構成

ネットワークから端末まで、現状のICT技術の限界を超えた新たな情報通信基盤の実現  
膨大な計算リソース等による未来予測という新たな価値を創出



## IOWNデジタルツインコンピューティング

実世界の「再現」を超えたインタラクションをサイバー空間上で自由自在に行い、未来予測等に活用

## IOWN データハブ

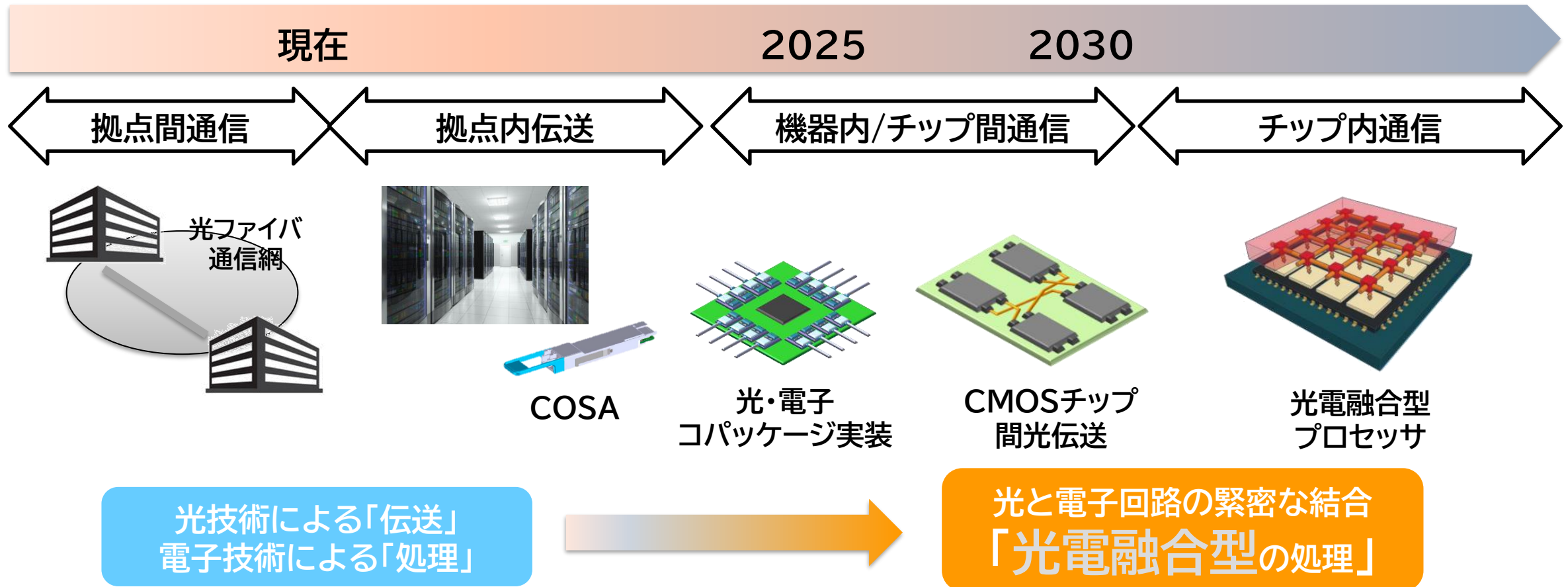
高効率性、高セキュアなデータの流通を実現

## IOWNオールフォトリクス・ネットワーク

爆発的に増大する情報量にも対応できる伝送能力・処理能力を提供

# オールフォトリクス・ネットワーク (APN)

新しい光伝送技術、光電融合技術を用いたデバイス開発によって、既存のインターネット網では困難であった低遅延・大容量通信、低消費電力を実現



# APN適用例

## ■ 遠隔医療

大容量、低遅延かつ遅延揺らぎの無い通信により、複雑な手術を遠隔で実現

手術室

遠隔拠点



IOWN APN



## ■ スマートファクトリー



遅延

通信に一定の遅延やゆらぎがあるため、遠隔では精緻な作業を行うことはむずかしい



作業のオンライン化が難航



遅延やゆらぎを極小化できるため、遠隔でも人間の触感に近い精緻な作業が可能



作業のオンライン化を促進

## ■ 遠隔コンサート

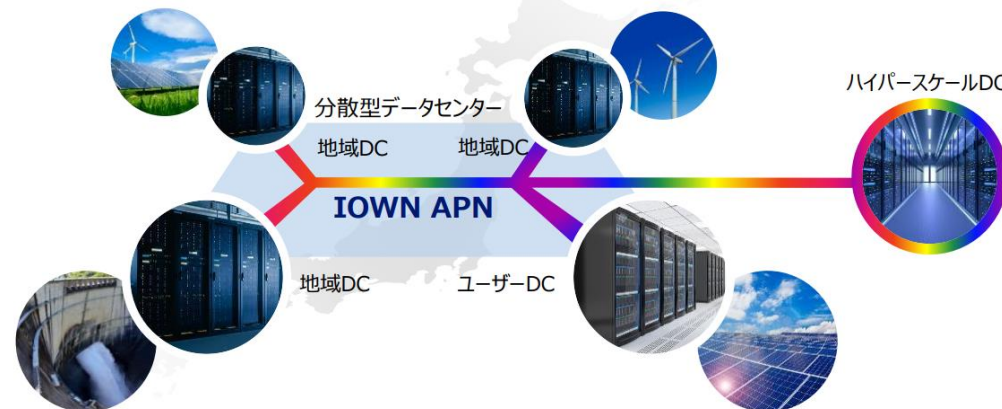
IOWN APNを介したリアルタイムでの多地点遠隔セッションを実現

低遅延、ゆらぎゼロで伝送することで、演奏者・観客に対しても同じ場所で演奏しているような音楽体験



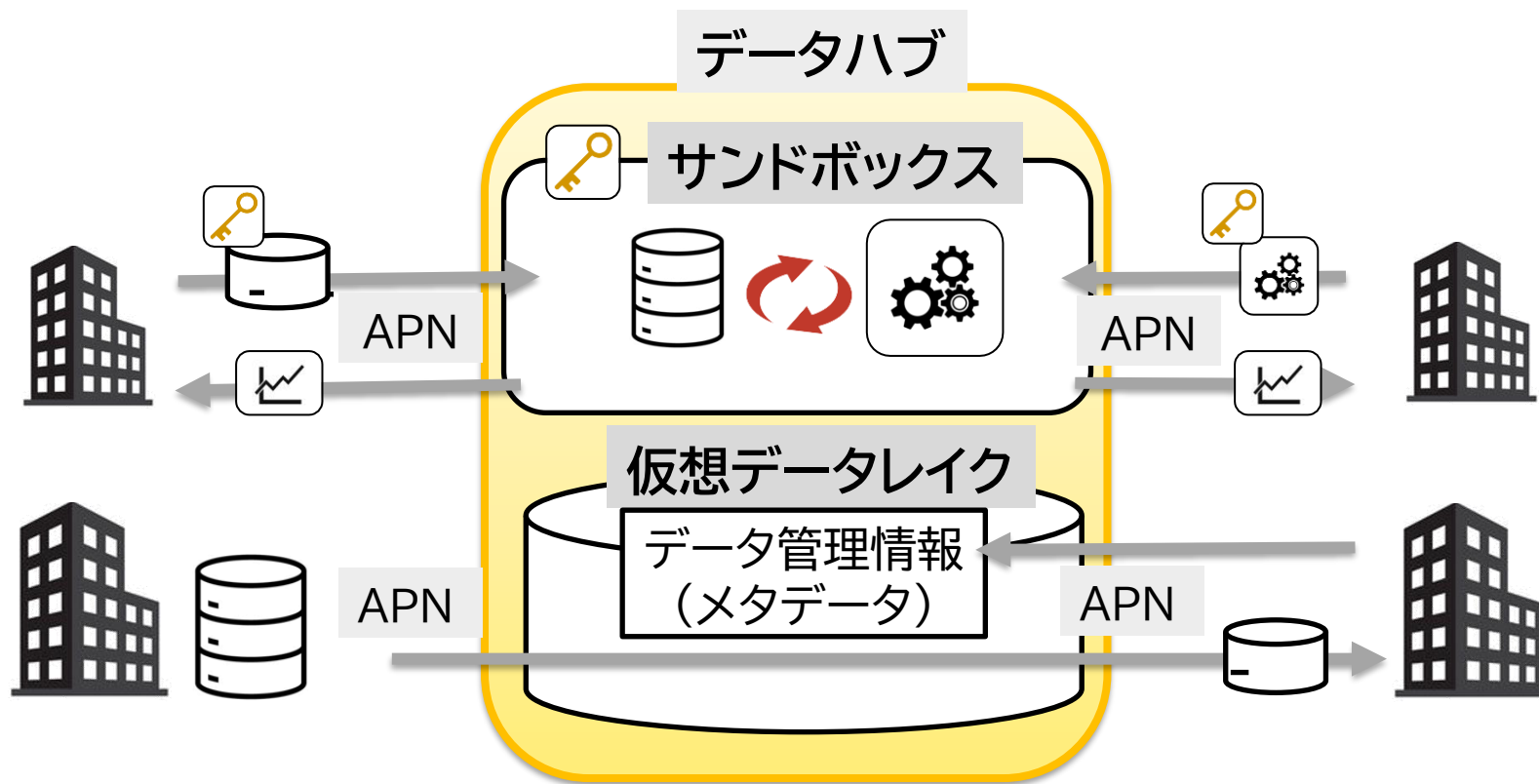
## ■ データセンター間接続

データセンター（DC）をAPN接続することで、機能分散や高可用性を実現



# IOWN データハブ

高効率性、高セキュアなデータの流通を可能とする広域分散データベース技術  
企業の壁を越えて、多種多様なデータを使った新たな価値の創造を容易にする



データやアルゴリズムを秘匿したまま、データの探索・共有・分析が可能  
APNを組み合わせることで、全てのデータが一か所にあるかのような使用感を提供



# デジタルツインコンピューティング (DTC)

現実空間のヒト・モノをデジタル表現することで、分析や予測を可能にするデジタルツイン技術  
ヒト・モノなどのデジタルツインの複合化によって、社会全体の表現、高度なシミュレーションを可能とし、  
新たな価値を創出することに取り組む

- デジタルツインの自在な掛け合わせ：  
多様なデジタルツインを相互作用させる共通手段を提供
- 大規模・高精度・複合的な未来予測：  
過去や現在の把握に加え、いくつもの複合的な未来像の提示
- ヒトのデジタルツイン：  
ヒトの内面・個性のデジタル化と、人間社会の多様性に基づく相互作用の計算



\*NTT「デジタルツインコンピューティングとはなにか」<https://www.rd.ntt/iown/0003.html>

# 社会全体のシミュレーションを実現するためのポイント

## モノのデジタルツイン

- ・リアルタイム・大規模なデータ収集  
位置・時刻の精度を高めた大量データの収集・管理
- ・データ統合  
時空間整合、情報補間、精度向上

×

## ヒトのデジタルツイン

- ヒトの内面・個性のデジタル化
- ・個人の思考・心理
- ・集団の意思・心理

紹介事例 1  
都市広域の交通整流化

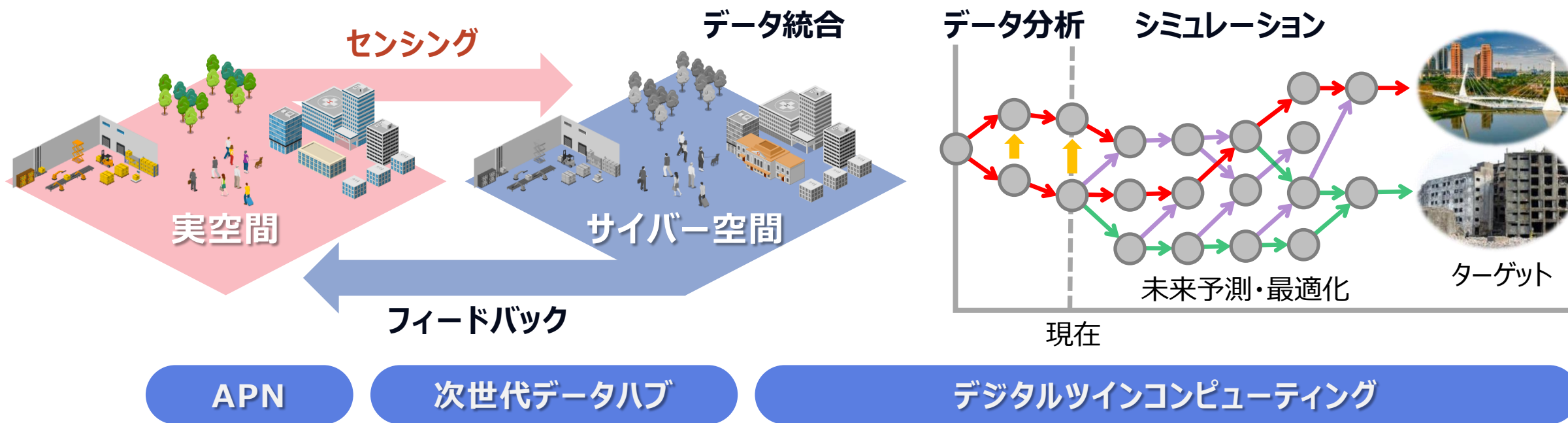
紹介事例 2  
感性AIを組み込んだ  
屋内人流シミュレーション

## 社会のシミュレーション

- ・不完全なデータからの再現・予測  
(例) 人流や交通流などから如何に社会の近未来を予測するか
- ・複雑な相互作用
- ・大規模かつ複雑なシミュレーションを高速に実行

# NTTデータグループが取り組むデジタルツインコンピューティングによる未来社会の創造

IOWN技術を活用して、多様なモノとヒトのデータを高度に掛け合わせる  
これまで単独のデータではできなかった実世界の再現で、より良い社会づくりに貢献



人と交通の流れの  
最適制御

都市エネルギーの  
予測

ヘルスケア高度化・  
健康寿命の延伸

etc...

S4を活用した人流・交通流シミュレーション



## 2. 取り組み事例1: 関西広域都市交通デジタルツイン (阪神高速・NTTグループ共同検討)

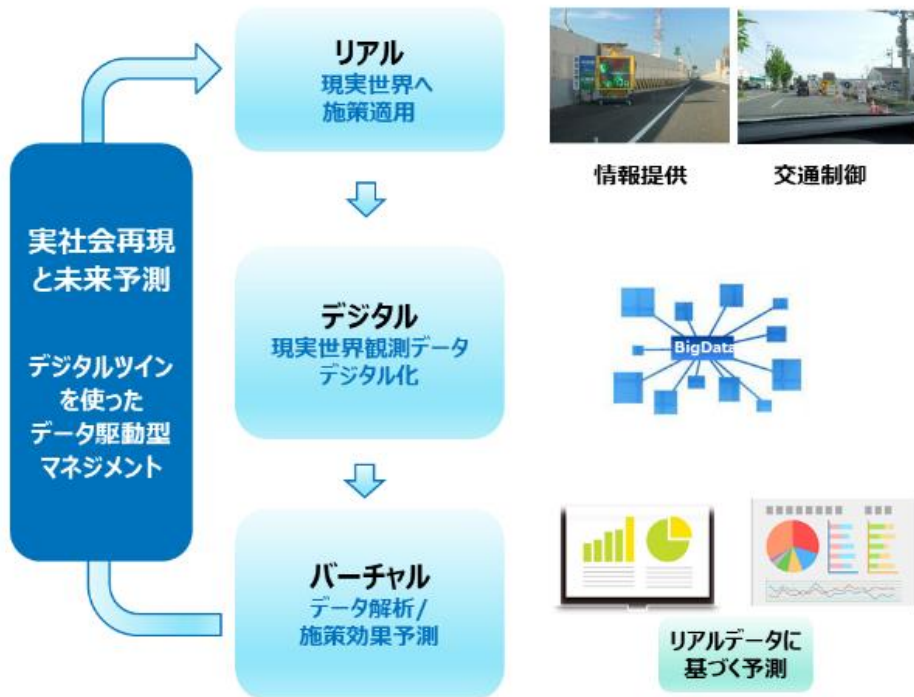
# 関西広域都市交通デジタルツイン



先進の道路サービスへ

## ① デジタルツインの実装による都市部の道路交通の整流化

リアルからバーチャルへ、バーチャルをリアルへ



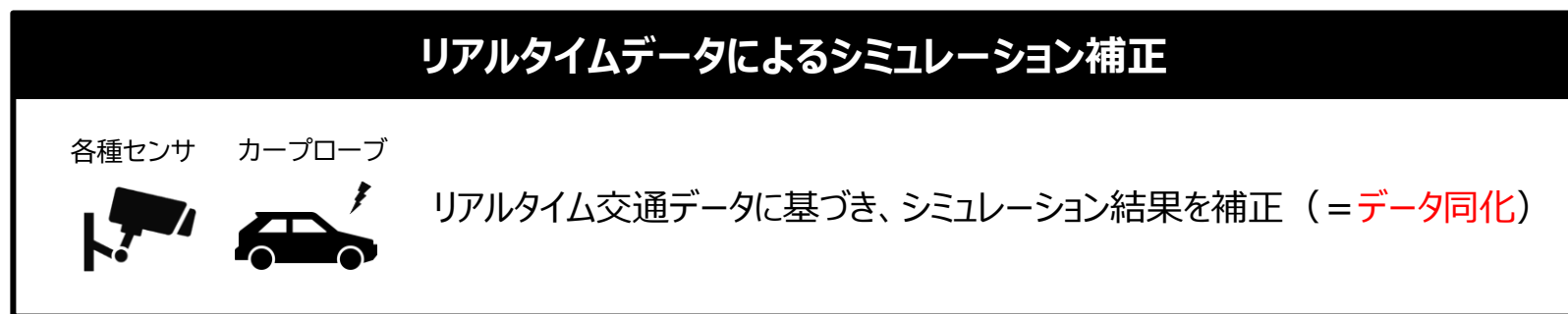
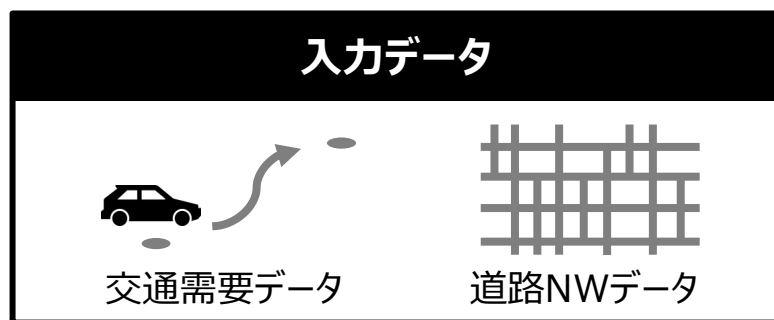
## ② 多様な移動ニーズに対応した移動支援サービス

個々人のTPOや、都市の交通状態の予測に応じた個人向け移動支援を



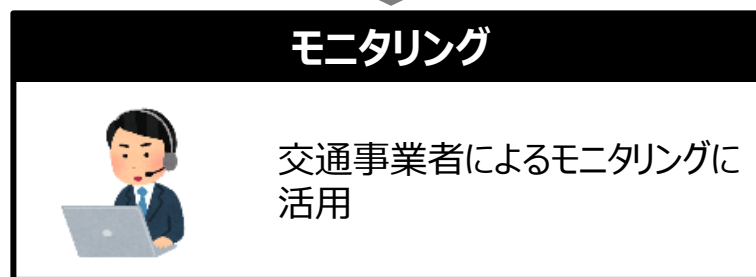
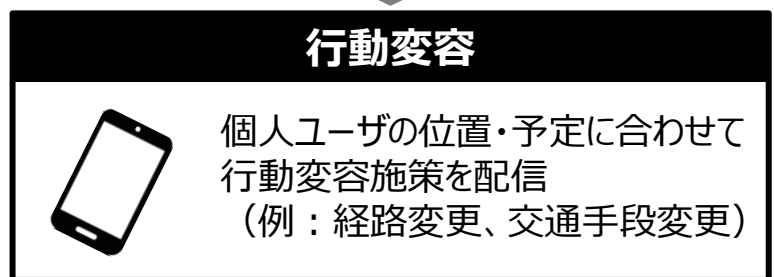
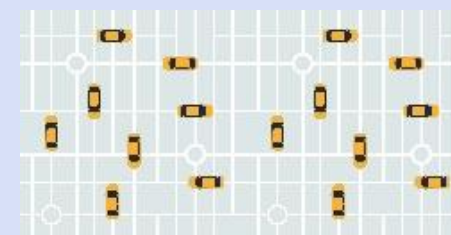
# 交通デジタルツイン

Multi-Agent Simulationで現実世界の車流を再現、交通マネジメント施策の結果を予測し、最適策を実施する



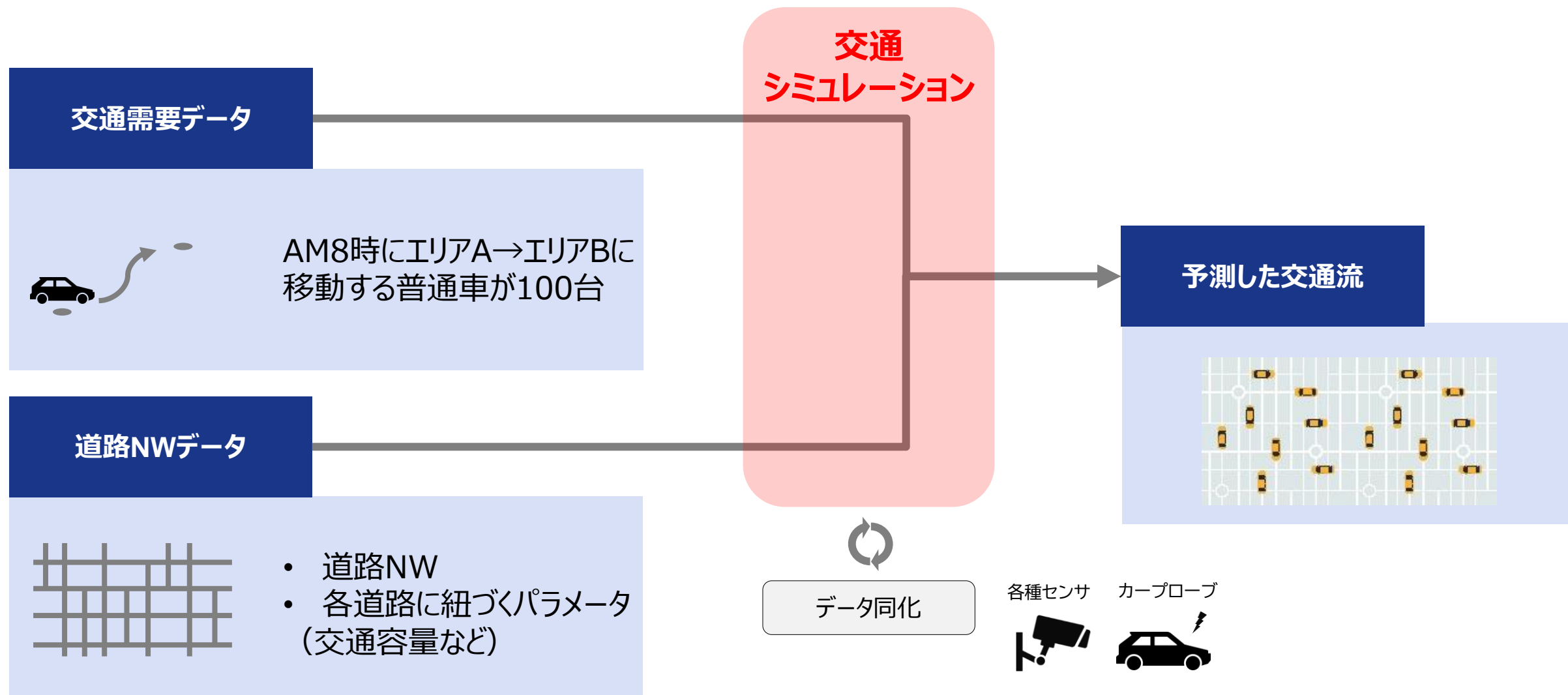
## 交通シミュレーションによる予測・最適化 (S4 Simulation System)

- 現在～未来の交通状態を精緻に推定・予測
- 未来の交通状態、ユーザの位置・予定からエリア全体最適となる施策を探索



# 交通シミュレーションによる予測

交通需要データと道路NWデータを入力とし、交通流を再現・予測する。

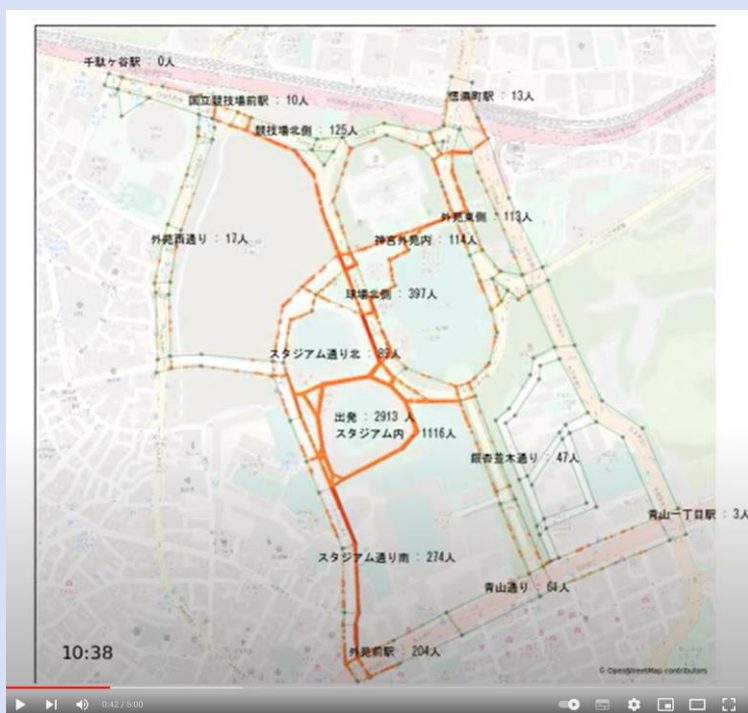


# S4 Simulation System

各個人の動きを反映でき（=エージェントベース）、都市規模のシミュレーションが実行可能（=メゾ・スコピック）なS4 Simulation Systemを交通シミュレータとして使用する。

## エージェントベースモデル

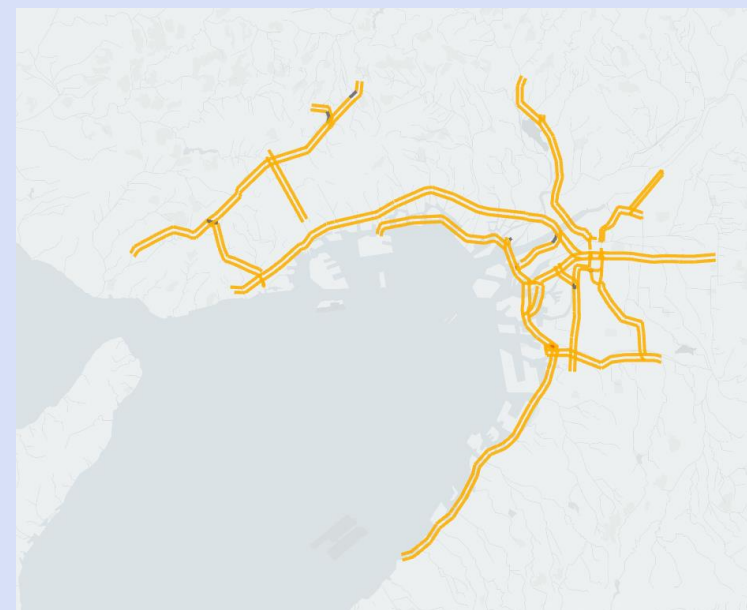
道路リンク上を各エージェントが移動する。



[https://youtu.be/7Ke4\\_GdiJW4](https://youtu.be/7Ke4_GdiJW4)

## メゾ・スコピックモデル

マイクロモデルとマクロモデルの中間で、ある程度マイクロな挙動を考慮して大規模ネットワークでシミュレーションを実行可能。

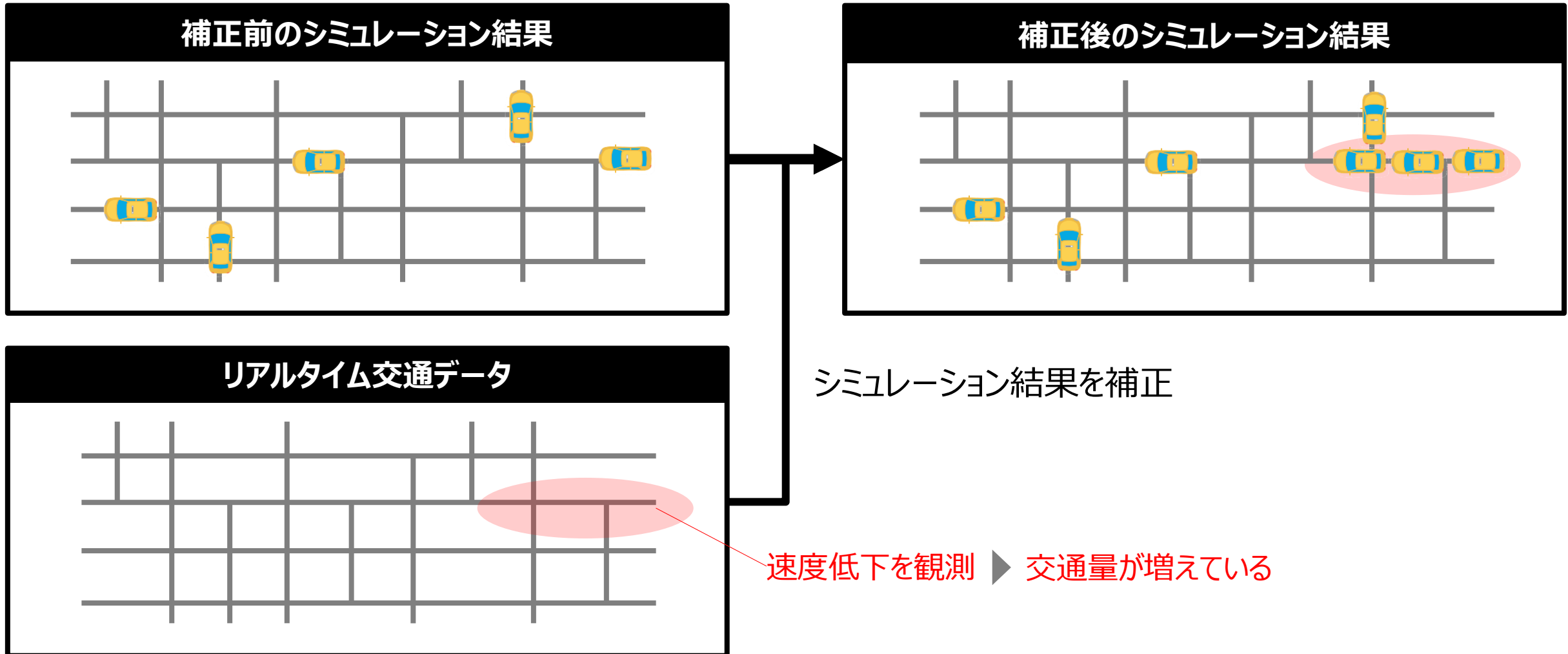


道路NW情報は阪神高速道路株式会社より貸与



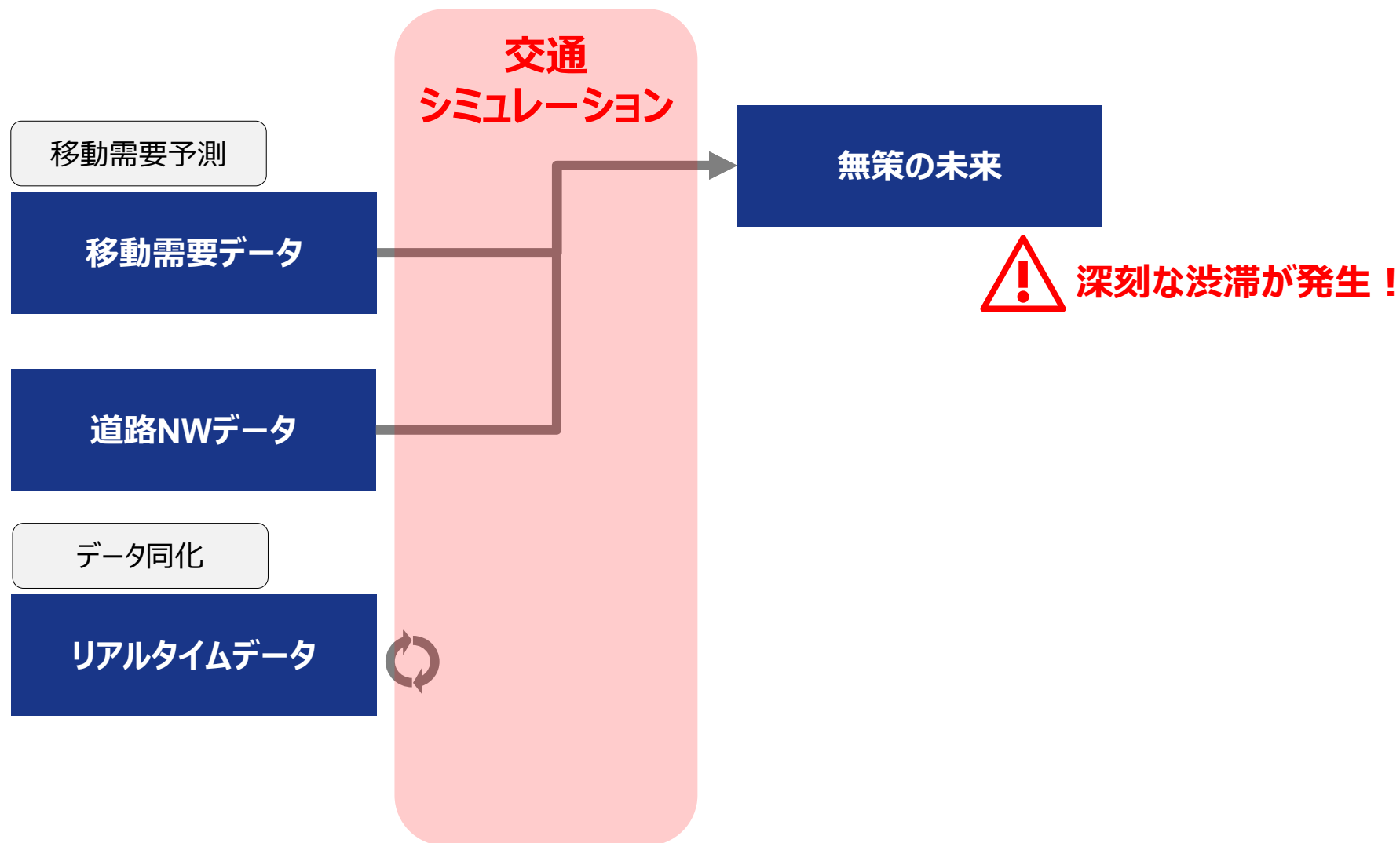
# データ同化

リアルタイム交通データに基づき、シミュレーション結果を補正する。



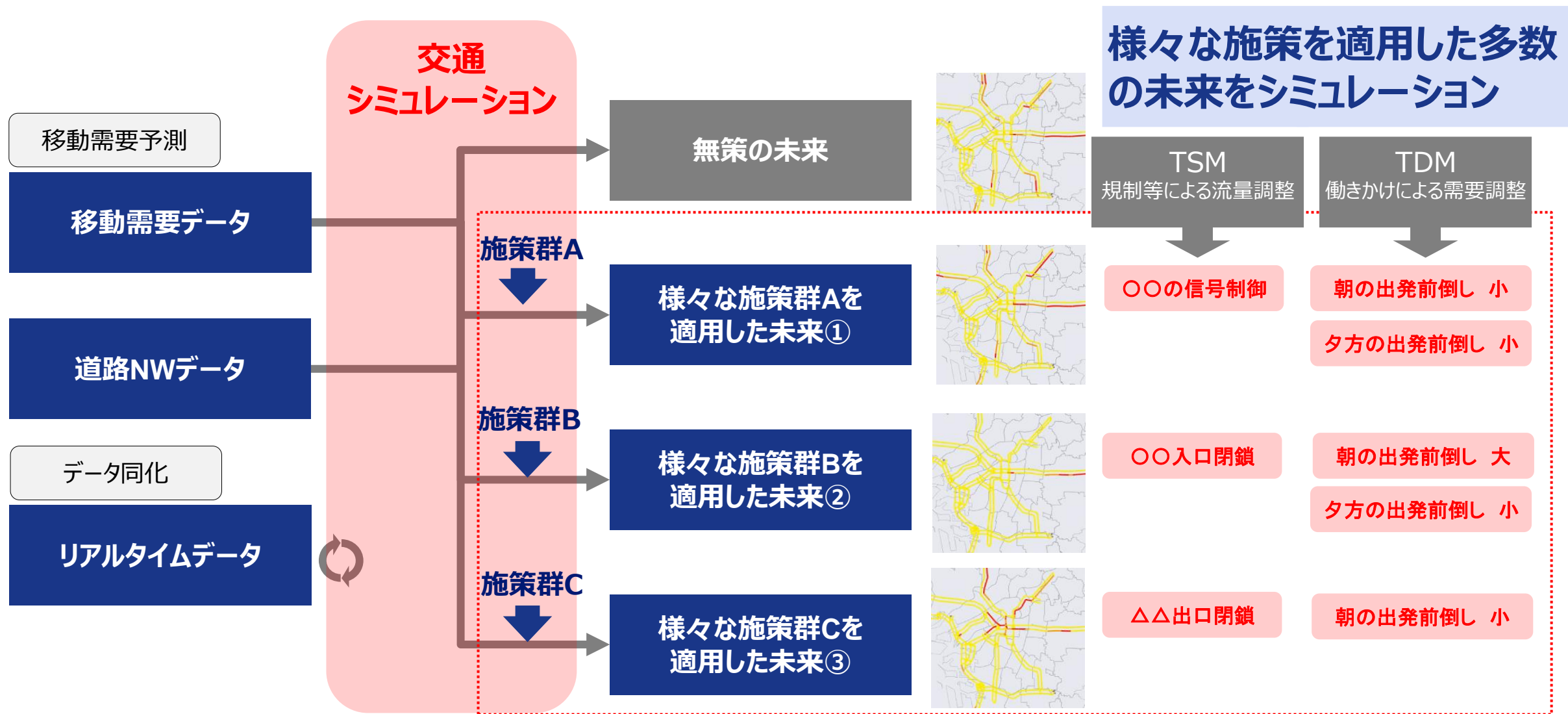
# 交通シミュレーションによる施策最適化

交通需要予測とデータ同化により、数時間～1日後の未来（無策の未来）を予測する。



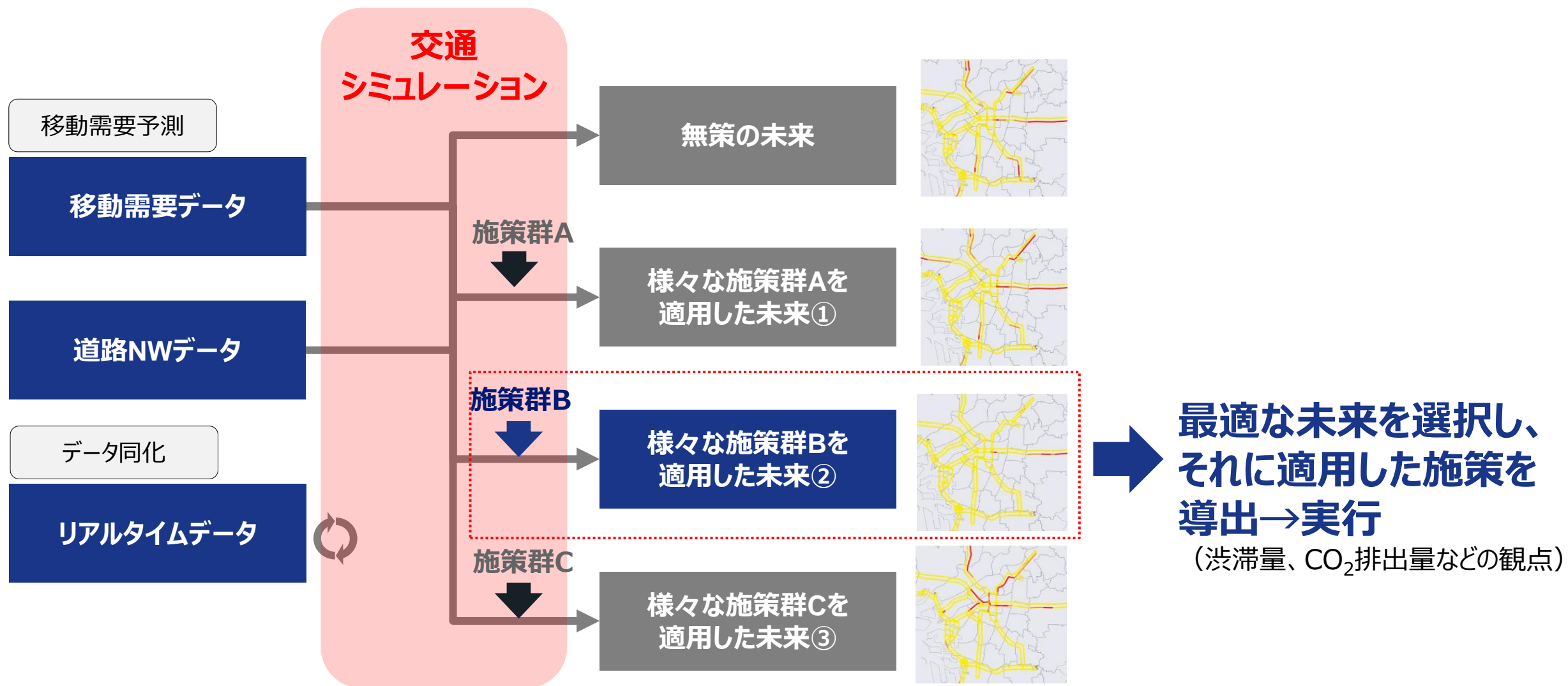
# 交通シミュレーションによる施策最適化

無策の未来に対し、様々な交通マネジメント施策群を適用した多数の未来をシミュレーションする。



# 交通シミュレーションによる施策最適化

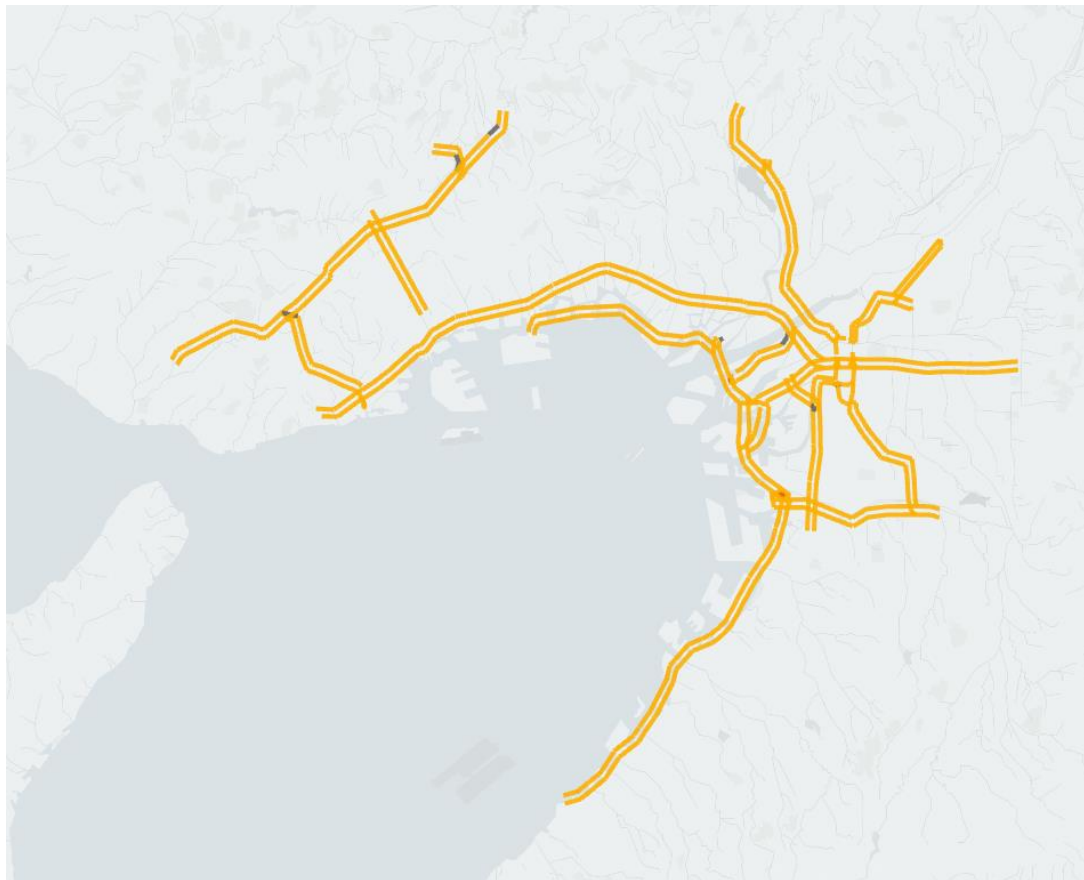
シミュレーション結果から様々な施策を適用した最適な未来を選択し、最適な施策を導出する。



# 交通施策最適化デモ

阪神高速道路NWを対象に、交通シミュレーションを実行する。

- 7時以降で渋滞が多く発生



道路NW情報は阪神高速道路株式会社より貸与

© OpenStreetMap contributors

© 2023 NTT DATA Group Corporation



赤色：渋滞発生箇所

# 交通施策最適化デモ

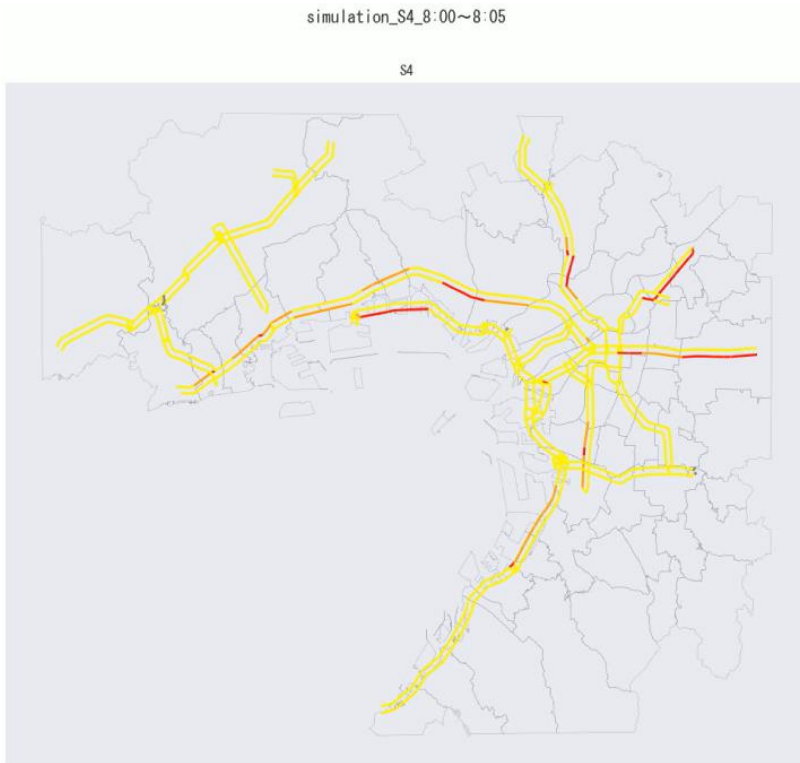
交通施策を適用した場合の未来をシミュレータで予測する。

- 施策A、B：人々の出発時間を変更させる施策
- 施策Bの方で渋滞が減少➡全体最適として施策Bを実施すれば良い

## 施策Aを適用した未来

朝の出発時間前倒し 小

夕方の出発時間前倒し 小



## 施策Bを適用した未来

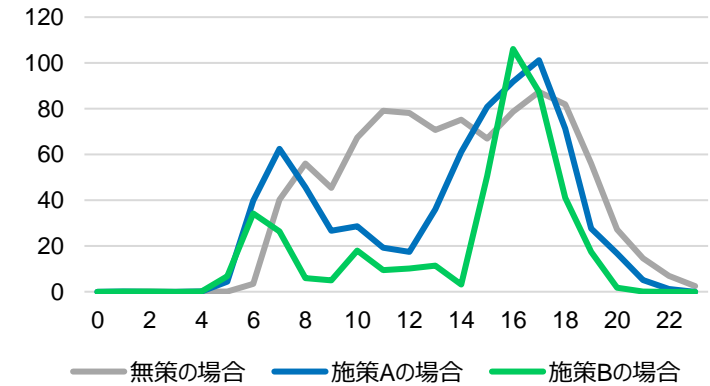
朝の出発時間前倒し 大

夕方の出発時間前倒し 小

夕方の出発時間後倒し 小



施策別・時間帯別の渋滞量 (km\*時間)



道路NW情報は阪神高速道路株式会社より貸与

# 今後の課題

リアルタイムな未来予測・シミュレーションによる個々人と街の全体最適を実現するために、次の課題に取り組んでいく。

- データ同化の実現
- シミュレーションの計算時間を短縮してリアルタイム処理を実現



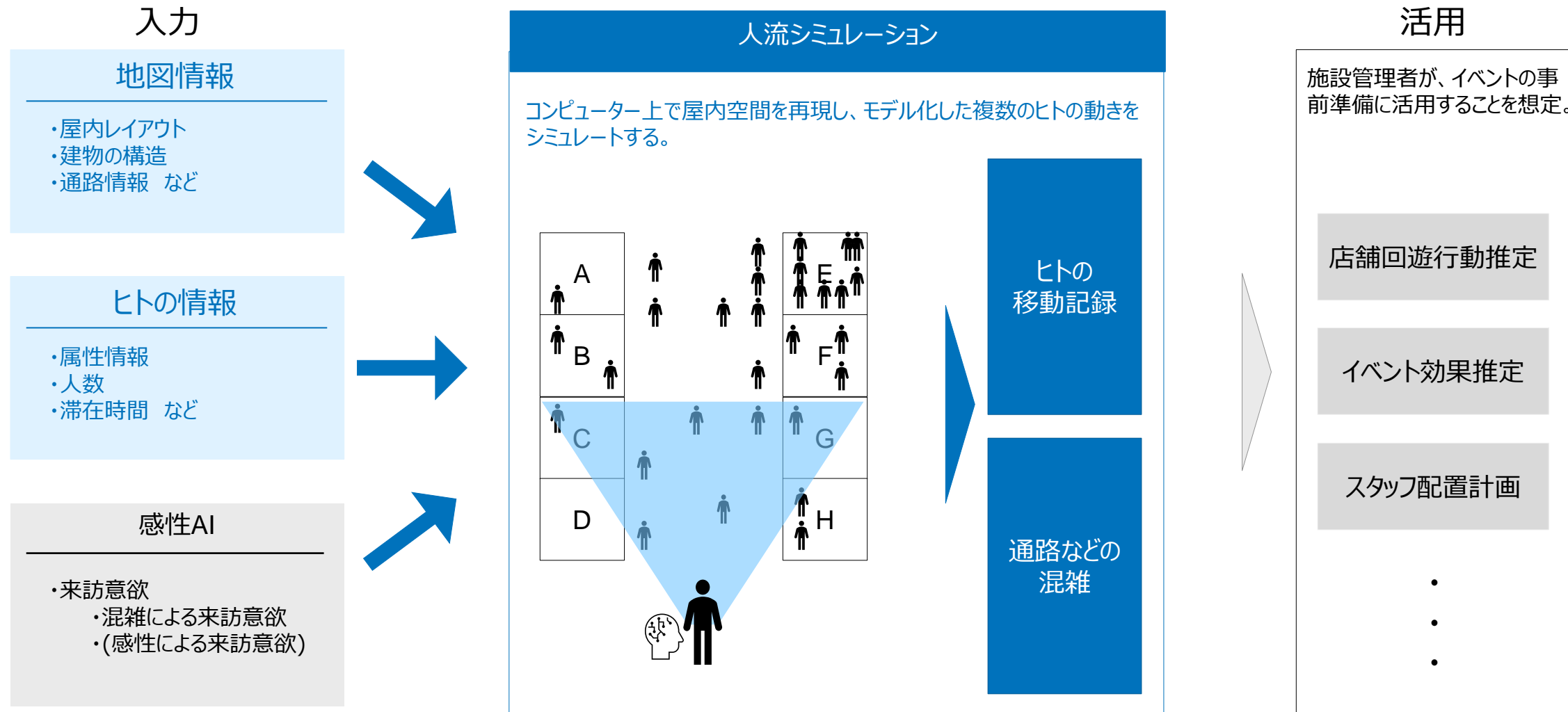


# 3. 取り組み事例2: 感性AIを組み込んだ屋内人流シミュレーション (あいちデジタルアイランド)



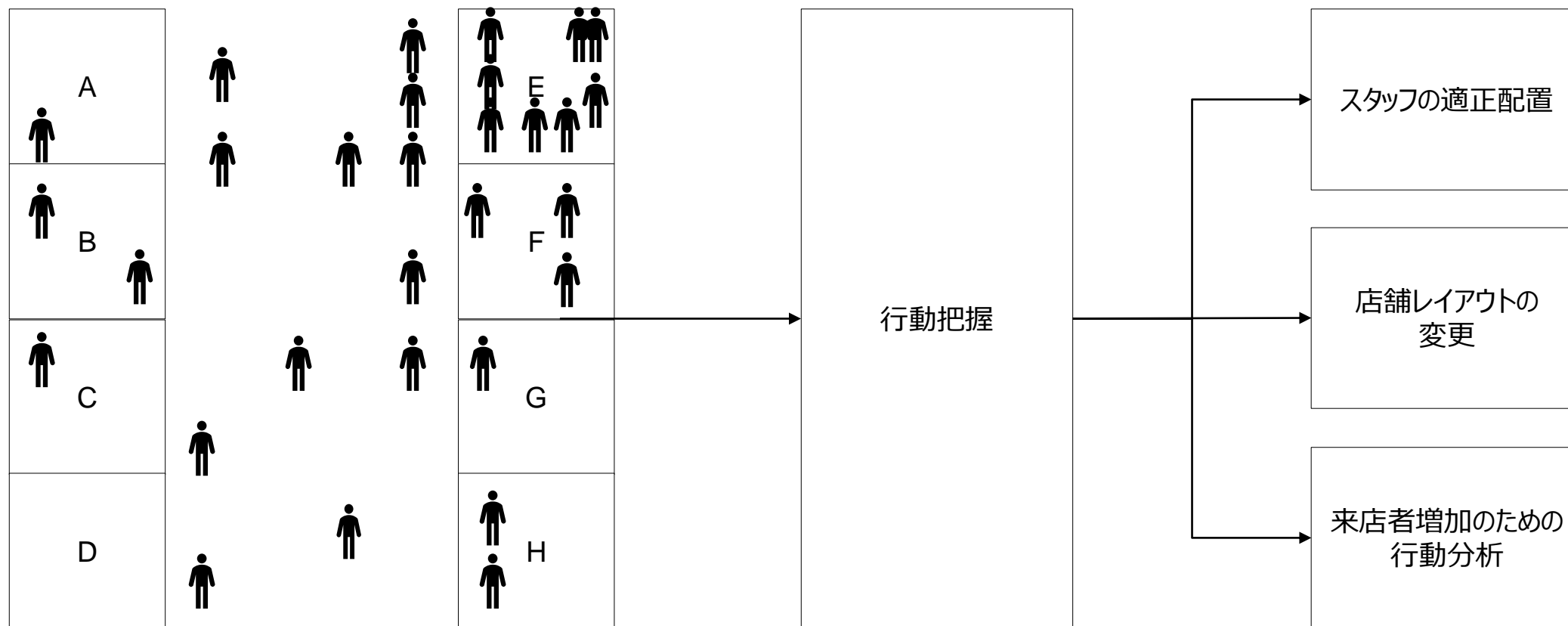
# 屋内人流シミュレーション概要

屋内空間の地図情報やヒトの情報をもとに、屋内のヒトの動きを再現することができる人流シミュレーション技術とヒトの視覚情報から得る情報をもとに判断する感性を判断できる感性AIを組み合わせた技術を保有。シミュレーションの結果得られるエージェント移動記録を活用して、顧客ニーズに合わせた情報を提供する。



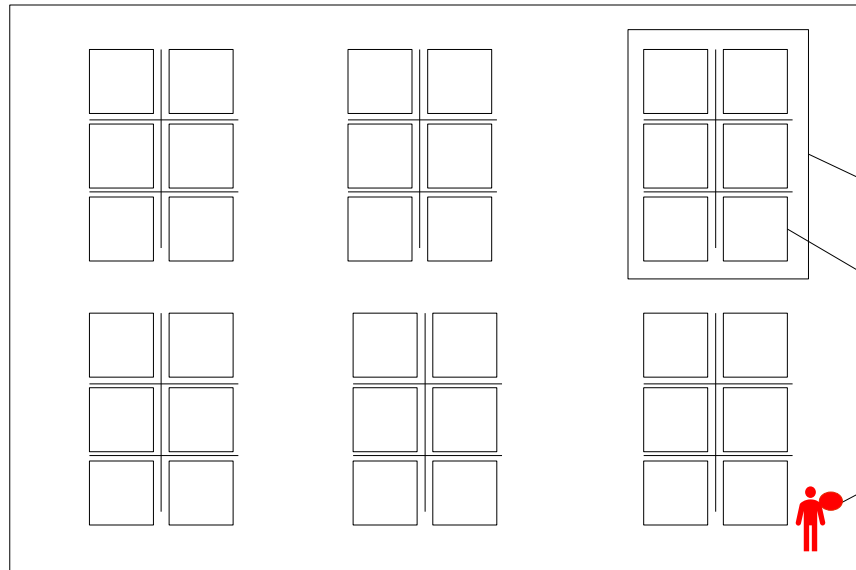
# 屋内人流シミュレーションの活用例

ショッピングモールにおけるヒトの店舗回遊行動をシミュレーションし、来店者を把握したり、店舗レイアウト計画の参考として、ヒトの動きに関する情報を利用するなどの活用例がある。



# 参考：用語定義

シミュレーションで利用される用語を以下の通り定義する。



#	用語	意味	例(商業施設)
1	屋内空間	屋内空間のレイアウト全体を指す	フロアマップ
2	エリア	通りなどで区切られた店舗や展示などの集合体	ファッションエリアなど
3	ブース	壁などで区切られた店舗や展示などの最小単位	1つの服飾店など
4	エージェント	会場を動くヒトをシミュレーション用にモデル化したもの	買い物客

# シミュレーション概要

屋内空間内の混雑度や店舗・展示物などに関する興味に応じてヒト(エージェント)がブースに立ち寄る確率や行動が変わるシミュレーションを実施する。

現実世界	モデル化対象	シミュレーションモデル	構築方法
屋内空間	屋内空間の地図	マップ設定	人がデータを準備し、S4に入力
ヒト (エージェント)	ヒト全体の情報(滞在人数、滞在時間など)	エージェントの入力パラメーター	
	個人単位情報	エージェントのペルソナ、滞在時間などの条件 ヒトのブース来訪意欲	<b>S4 Simulation System</b>
	屋内の移動	マクロ挙動(移動時に、どこを目的地に設定するか) ミクロ挙動(目的地間の移動の仕方)	

# 入出力

実際の会場に関するデータをもとに、シミュレーション実施における条件とする。

## ■入力

- 展示会の会場情報
  - モノの配置や壁等の情報
  - 入口、出口の情報
  - エリア情報
  - 各ブースの情報
  - 通路情報 など
- ヒトの情報
  - 滞在人数, 訪問頻度
  - 滞在時間
  - ヒトの属性 など

## ■出力

- エージェント移動履歴

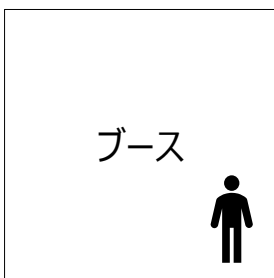
現実世界	モデル化対象	シミュレーションモデル	構築方法
屋内空間	屋内空間の地図	マップ設定	人がデータを準備し、S4に入力
ヒト (エージェント)	ヒト全体の情報(滞在人数、滞在時間など)	エージェントの入力パラメータ	
	個人単位情報	エージェントのペルソナ、滞在時間などの条件 ヒトのブース来訪意欲	
	屋内の移動	マクロ挙動(移動時に、どこを目的地に設定するか)	S4 Simulation System
		ミクロ挙動(目的地間の移動の仕方)	

# 参考：感性AI

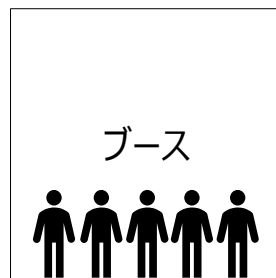
シミュレーションで利用する感性AIは、訪問対象となるブースの混雑度と個人の興味をもとに、「来訪意欲」を出力する。

現実世界	モデル化対象	シミュレーションモデル	構築方法
屋内空間	屋内空間の地図	マップ設定	人がデータを準備し、S4に入力
ヒト (エージェント)	ヒト全体の情報(滞在人数、滞在時間など)	エージェントの入力パラメータ	
	個人単位情報	エージェントのペルソナ、滞在時間などの条件	
	屋内の移動	ヒトのブース来訪意欲	感性AI
		マクロ挙動(移動時に、どこを目的地に設定するか)	S4 Simulation System
	ミクロ挙動(目的地間の移動の仕方)		

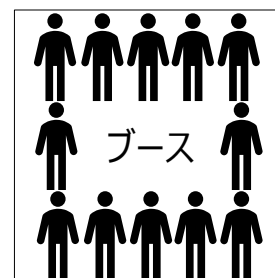
※以下はイメージであり、実際の仕様(検討中)や脳モデルパターン数とは異なる。



混雑レベル1  
→  
来訪意欲：7  
混雑興味：5  
開放感：7  
新規性：6  
清潔感：4  
品性：2



混雑レベル3  
→  
来訪意欲：8  
混雑興味：7  
開放感：6  
新規性：6  
清潔感：3  
品性：2

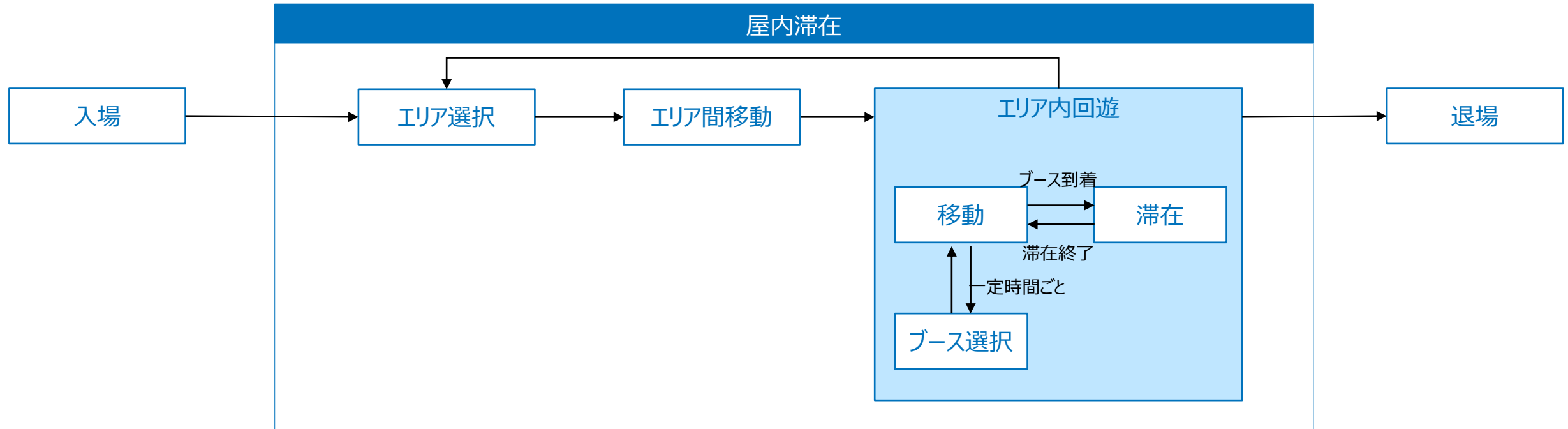


混雑レベル5  
→  
来訪意欲：2  
混雑興味：8  
開放感：2  
新規性：6  
清潔感：2  
品性：2

# マクロ挙動ロジック

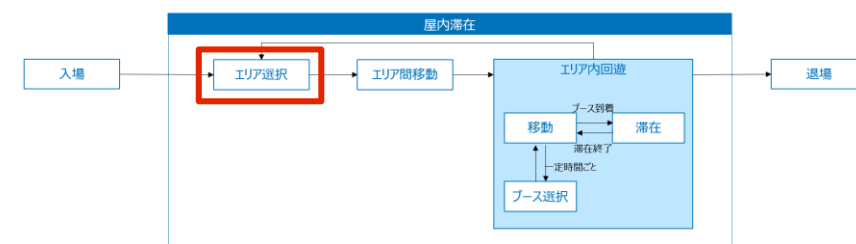
エージェントのマクロ挙動ロジック(次にどこを目的地として設定するか)は以下の通り。

現実世界	モデル化対象	シミュレーションモデル	構築方法
屋内空間	屋内空間の地図	マップ設定	人がデータを準備し、S4に入力
ヒト (エージェント)	ヒト全体の情報(滞在人数、滞在時間など)	エージェントの入力パラメータ	
	個人単位情報	エージェントのペルソナ、滞在時間などの条件 ヒトのブース来訪意欲	感性AI
	屋内の移動	マクロ挙動(移動時に、どこを目的地に設定するか) ミクロ挙動(目的地間の移動の仕方)	S4 Simulation System



# マクロ挙動ロジック\_エリア選択

エリア選択を行うための指標としてエリアに魅力度を設定する。魅力度が高いエリアを次の訪問エリアとする。興味があり、かつ滞在していないブースが多くあるエリアのうちエージェントの場所に近いエリアの魅力度が高くなる。



## エリアの魅力度の考慮条件

	低 ←	魅力度	→ 高
エリアの興味関心	0		1
エリア内で優先的に行きたいブース数※	少ない		多い
エージェントとエリアの距離	遠い		近い

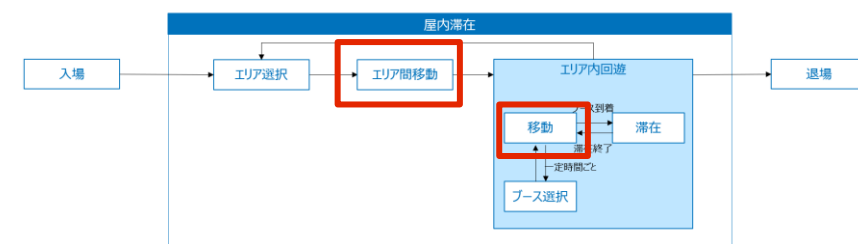
※エージェントが入場前に行きたいブースや、移動中の混雑により訪問を取りやめたブースを随時追加する。



# マクロ挙動ロジック\_移動

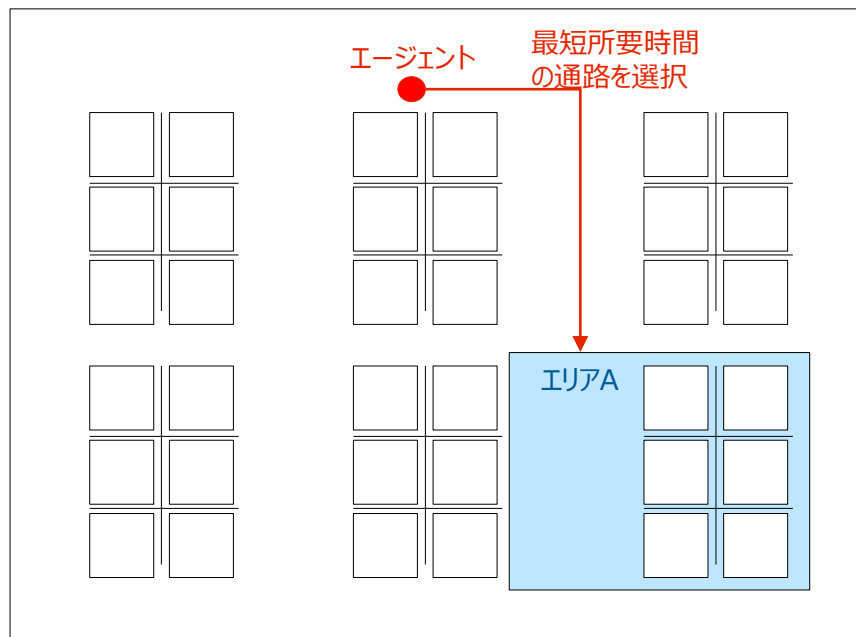
エージェントは目的地に向かうために、以下を実施する。

- 選択したエリアに向かって移動する「エリア間移動」
- 到着したエリア内を回遊する「エリア内回遊」



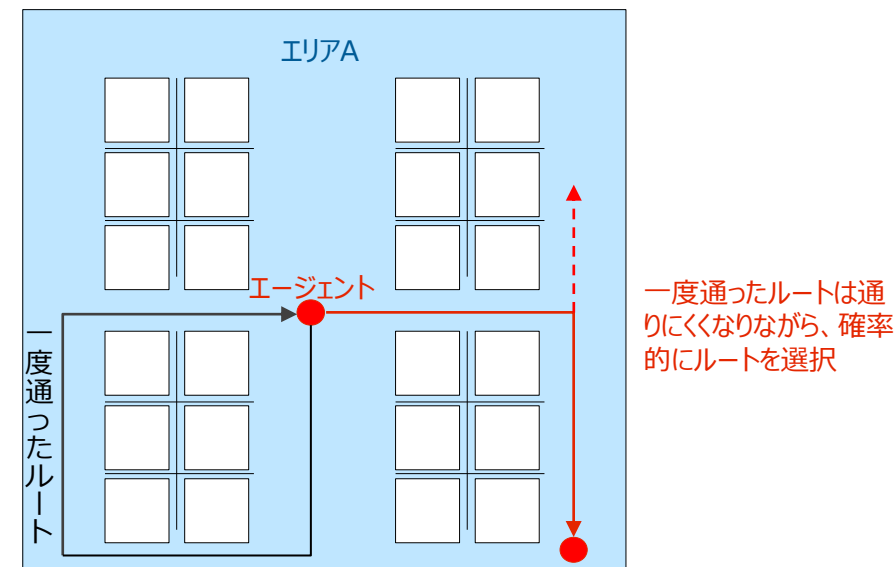
## エリア間移動

目的エリアに到達するまでの「予想移動所要時間」が最短になる次の交差点を選択しながら移動。



## エリア内回遊

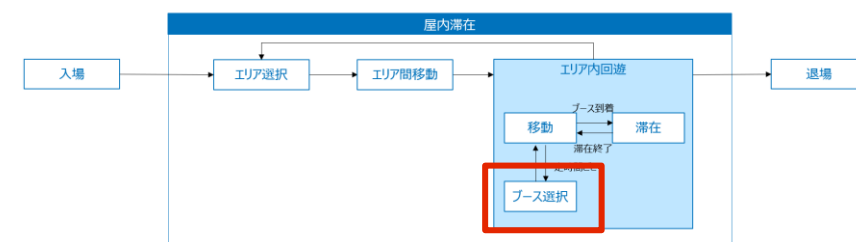
エリア内の交差点間を確率的に選択し、ランダムウォークを実施。一度通った道は通りにくくする。



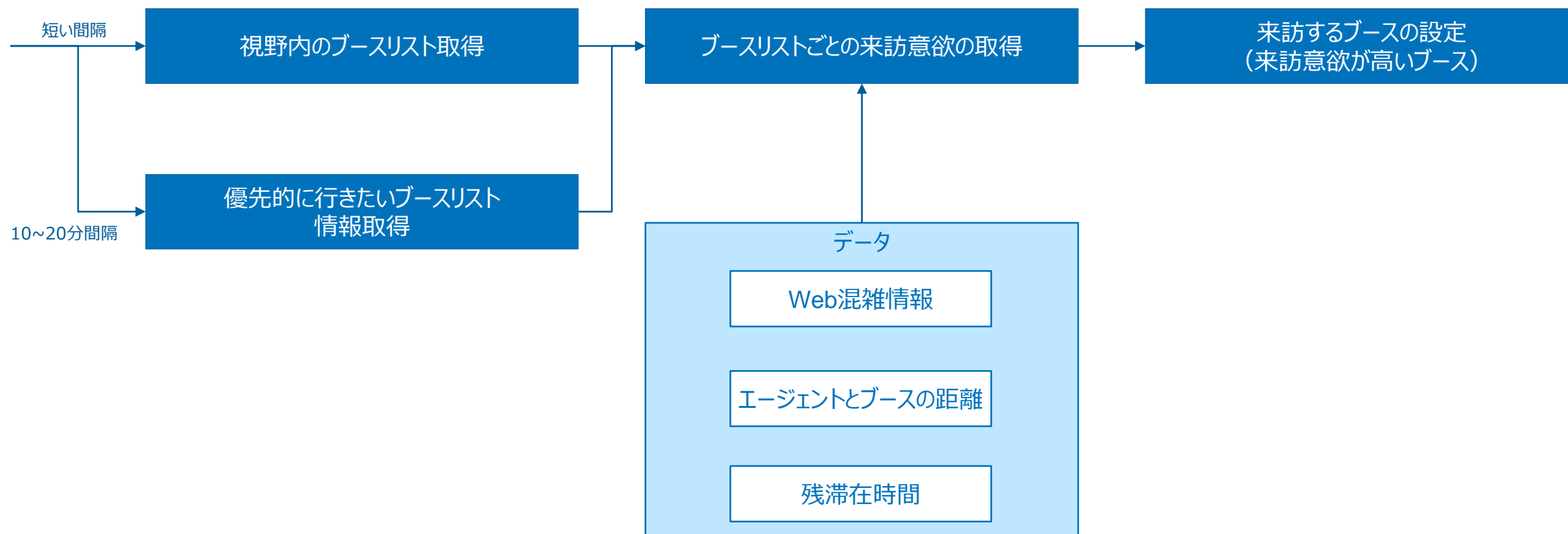
# マクロ挙動ロジック\_ブース選択

以下2種類の方法で来訪するブースを決定する。

- 短い間隔での、視界内のブースからの選択
- 10-20分間隔での 優先的にいきたいブースリスト からの選択



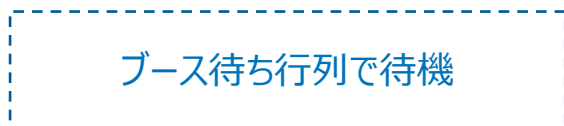
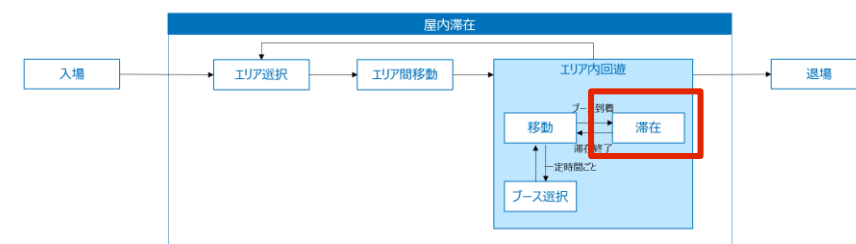
## ブース選択



# マクロ挙動ロジック\_ブース滞在

ブース滞在は以下の流れで行う。

- ブースの待ち行列で待機
- ブースの閲覧
- ブースからの退場



ブース滞在上限人数を超える場合のみ、エージェントは待ち行列を作り、ブース閲覧を待つ。



ブースの存在するエリア興味関心と来訪意欲に応じて滞在時間を設定する。



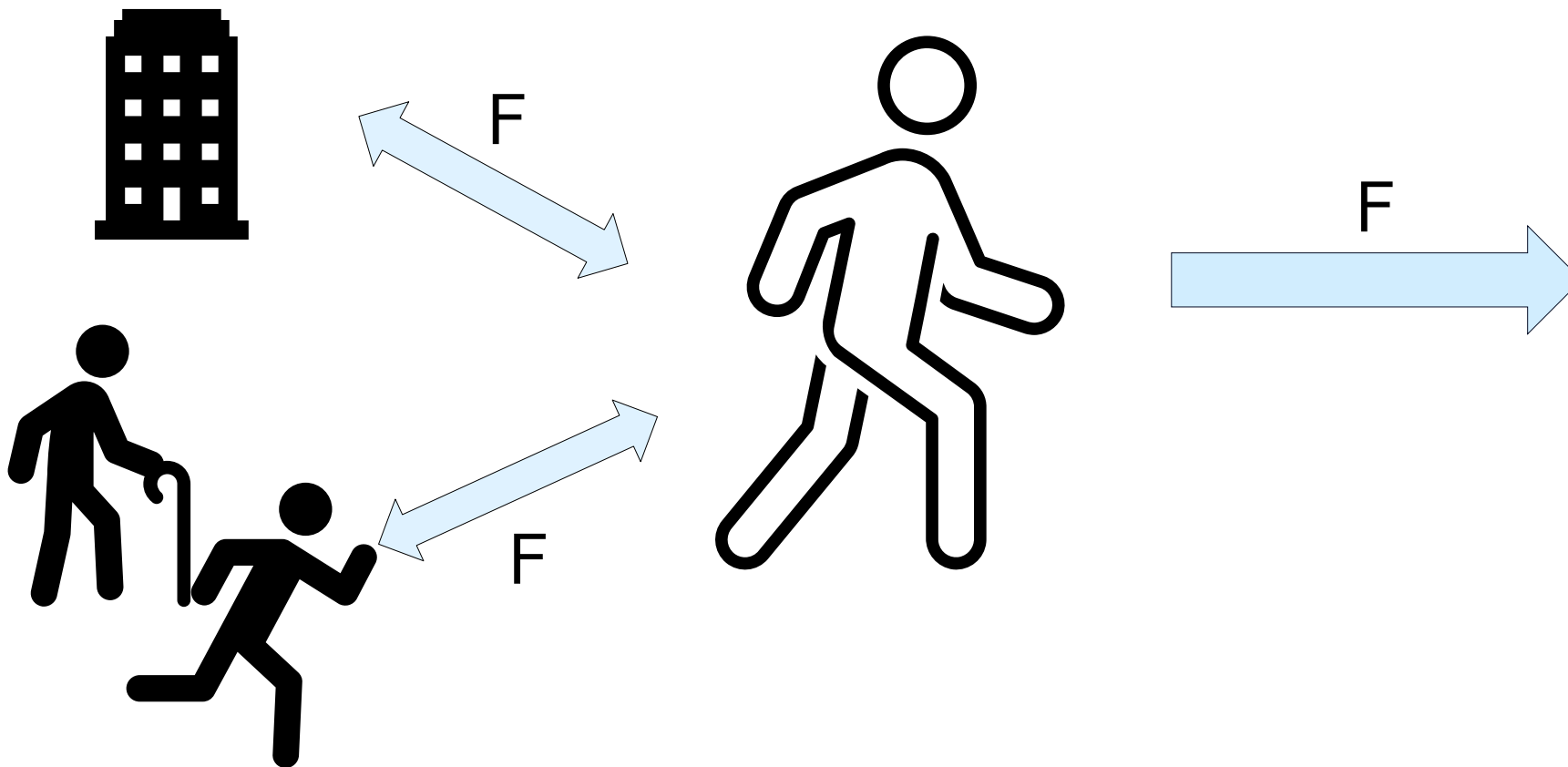
ブース閲覧時間終了後、来訪意欲をもとにブースに向けて移動する。

# マイクロ挙動ロジック

エージェントのマイクロ挙動ロジック(次に行く交差点やブースまでの移動の仕方)は、市中で屋内人流シミュレーションに多く利用されており、S4にも実装されている Social Force Model(SFM)を利用する。

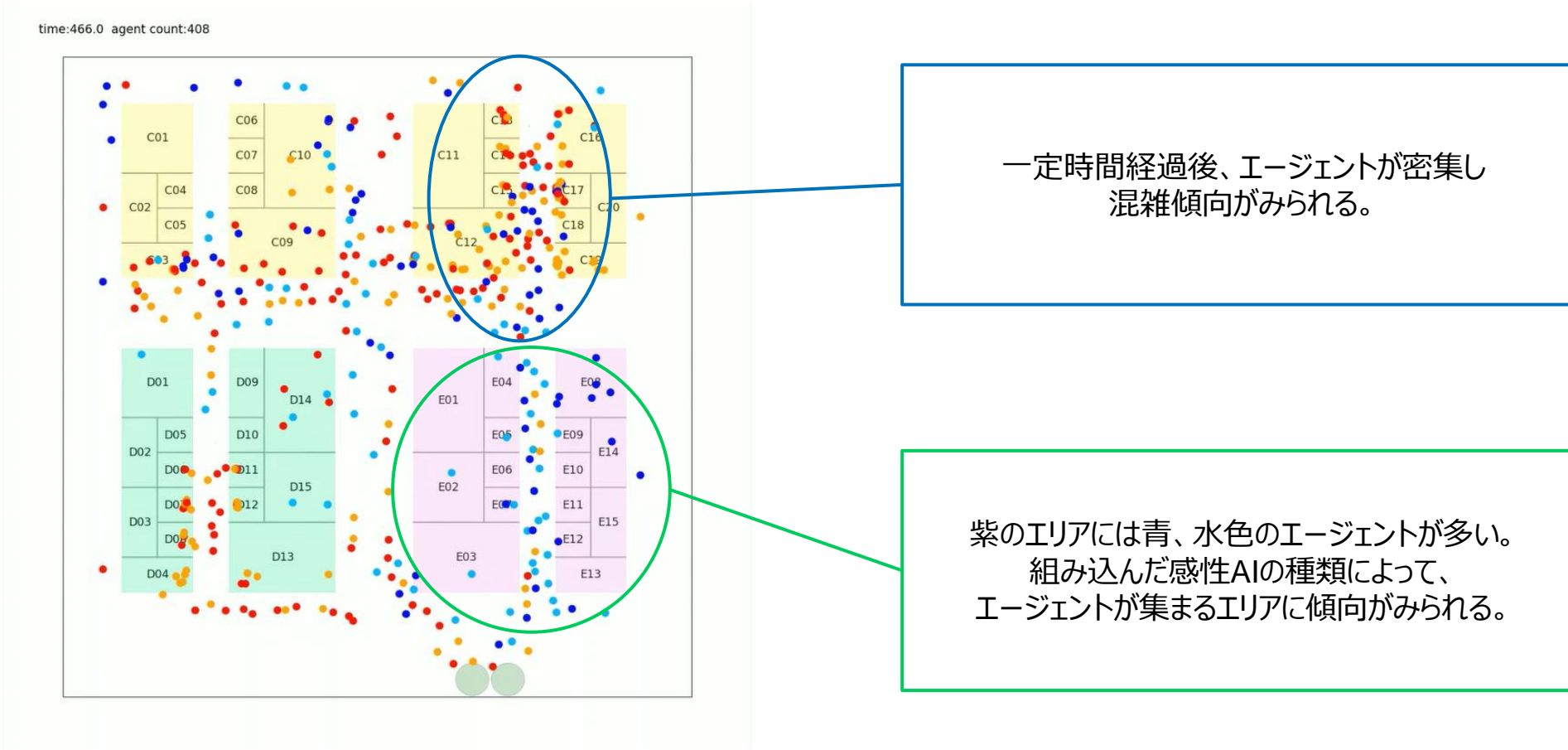
現実世界	モデル化対象	シミュレーションモデル	構築方法
屋内空間	屋内空間の地図	マップ設定	人がデータを準備し、S4に入力
ヒト (エージェント)	ヒト全体の情報(滞在人数、滞在時間など)	エージェントの入力パラメーター	
	個人単位情報	エージェントのペルソナ、滞在時間などの条件 ヒトのブース来訪意欲	S4 Simulation System
	屋内の移動	マクロ挙動(移動時に、どこを目的地に設定するか) マイクロ挙動(目的地間の移動の仕方)	

**Social Force Model(SFM)** : 歩行者同士の影響を力学的に表現



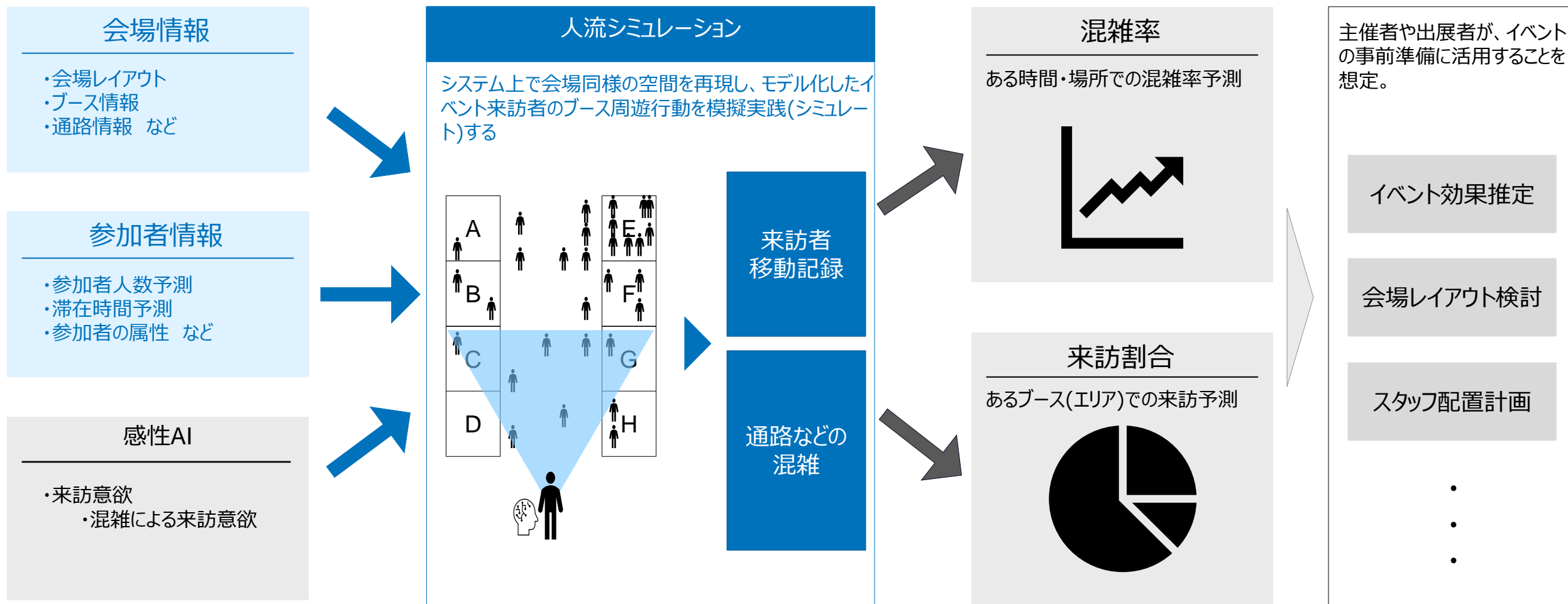
# シミュレーションデモ

3種類のエリア、4種類の感性AIを組み込んだエージェントを用意し、屋内空間でのヒトの回遊行動を再現。感性AIの種類によって訪問エリアに偏りが出たり、時間経過によって混雑するエリアが発生する様子が分かる。



# 展示イベントでの活用

愛知県では、2030年に世の中での普及が見込まれる近未来の事業・サービスを先行して実用化することを目指す「あいちデジタルアイランドプロジェクト」を推進している。プロジェクトの一つとして、愛知県国際展示場にて開催されるSMS(SMART MANUFACTURING SUMMIT)にて、展示場のデジタルツインの活用に取り組む。



The image features a low-angle, wide shot of a modern city skyline under a clear blue sky. Two prominent skyscrapers with white facades and dark window bands are the central focus. Other buildings of varying heights and architectural styles are visible in the background and foreground. The overall scene is brightly lit, suggesting a clear day. The text 'NTT DATA' is superimposed in the center of the image.

**NTT DATA**