

Function

都市のデジタルツインとは

# 都市のデジタルツイン

都市の持つ機能をデジタル空間上に再現・シミュレーションする技術

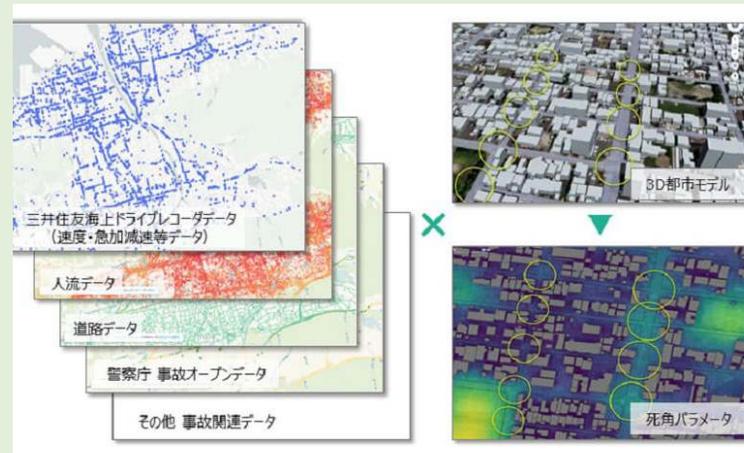
## 景観

都市の景観計画・開発計画



## データの統合・可視化

事故多発地点の可視化

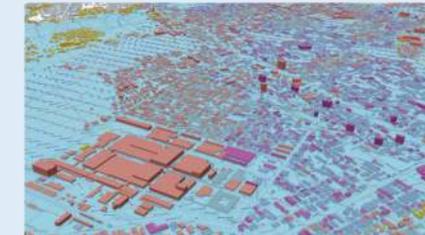


## 物理計算

火災延焼シミュレーション



浸水シミュレーション



現状の技術では、構造物の新設・撤去（景観）、火災・延焼、水害、地震倒壊など現実世界準拠の可視化や物理的な計算に適している

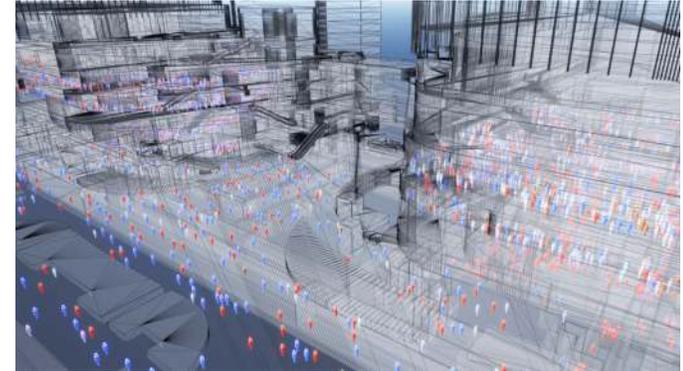
# 交通・人流の文脈でのユースケースと課題

## 現状の都市デジタルツインで可能

### 物理的な計算

建物・施設の中で人が避難するとして、  
混雑箇所はどこか、収容・容量はどの程度か

建物レベルの避難シミュレーション



## 未だ実現が進んでいない機能

[1] 出典：独立行政法人情報処理推進機構 「DX 白書 2023」

### 意思決定・行動変容を考慮したシミュレーション

都市のどの施設・どの経路や道路が混雑するのか。

実際にどのような属性の人が何人施設に集まるか。

(ネットワークレベルでの需要予測・交通ネットワークの渋滞予測が必要)

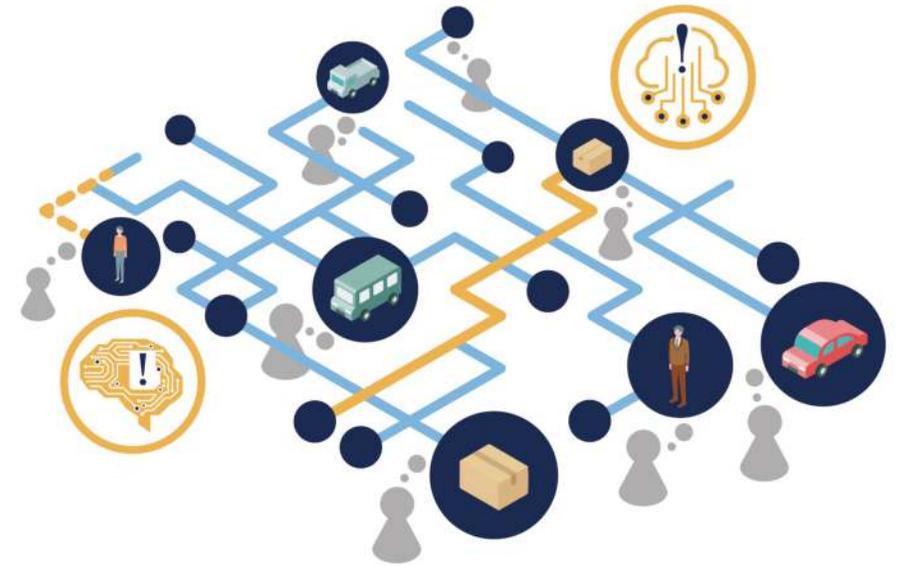
# Function がデジタルツインへの付与を目指す機能

人や物・モビリティの流れを把握・予測する機能を付与したデジタルツインの構築が必要

その構築のためには

- 広域ネットワークの状態変化記述
- 狭域な賑わい（需要）の計測

これらそれぞれ高レベルな技術で達成した上で統合する必要がある

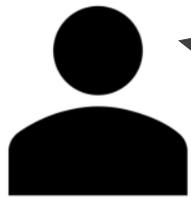


- ライドシェアの配車サジェスト（交通流）
- 混載配送のマッチング（物流）
- 属性別の行動傾向に基づく店舗・広告の最適配置（人流）

# 広域ネットワークレベルでの 状態変化の記述と予測

# ネットワークの問題を解く難しさ（一例）

交通関係事業者様（導入前）

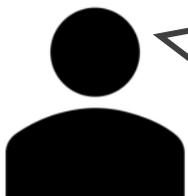


これまではそもそも計算が回らない  
or 出てきたとしても当たり前前の結果  
(非効率な学習が原因)



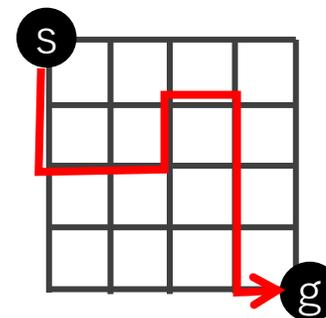
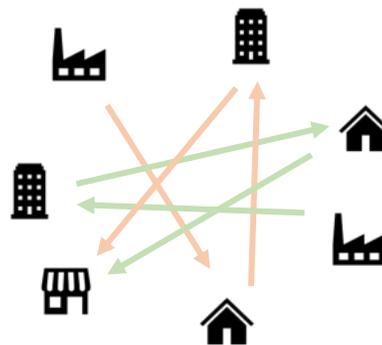
スーパーコンピュータでも  
終わらない計算を  
手元のPCで高速に完了

交通関係事業者様（導入後）



Function社のシステムは  
安価で利用できて出力も非常に早い  
その上精度まで上がって驚いた

## AIがうまく学習できない原因



- ・巡回問題、経路全列挙の組み合わせ爆発



- ・日本全国リンク数：約1億1000万本
- ・軌跡データのサイズ（ETC2.0）：数TB/日

# 創業者らは交通解析を専門とする研究者

## 交通工学と空間統計学を用いた位置情報ネットワーク解析



GPS軌跡



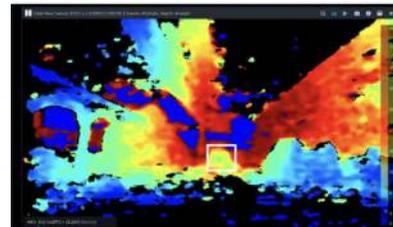
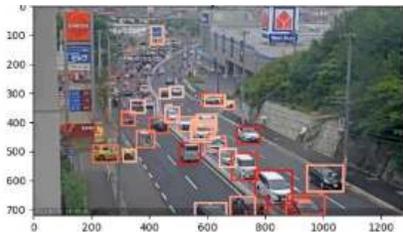
学習した特徴



大規模ネットワークの交通状態

複雑なネットワーク解析(経路分析・異常検知)を高速化  
Ex) 1時間かかるルート探索を約0.4秒で実現

## 交通工学に基づく独自の画像処理



難易度が高い画像認識を交通工学の知見で学習・補正  
Ex) 画角などが悪く認識が困難な車両を正確に計測

## 業務実績

- 高速道路の渋滞予測・異常検知
- EV基地最適配置
- 物流管理最適化・シェアリング

## 創業者



安田 昌平  
(東京大学助教)



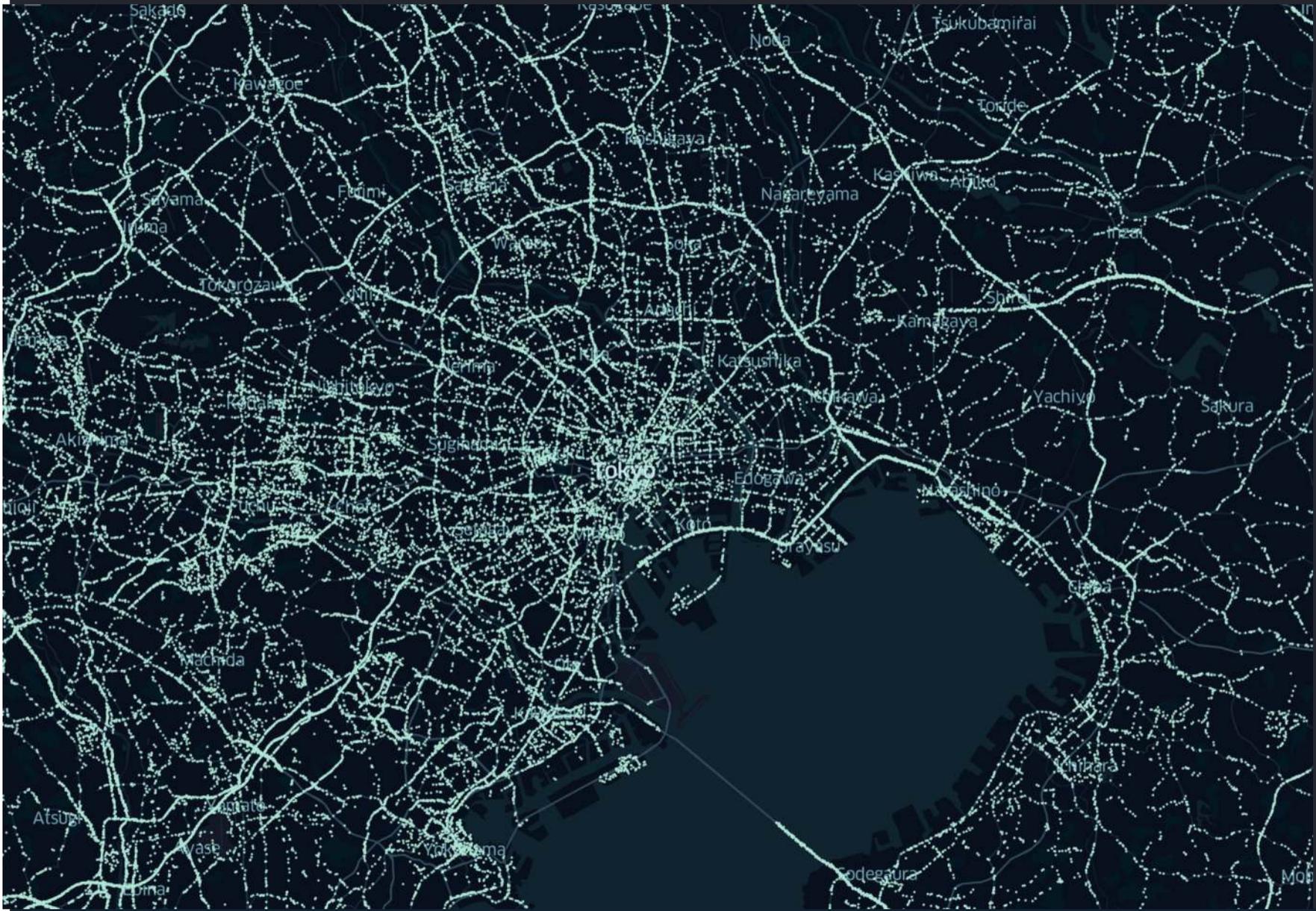
瀬谷 創  
(神戸大学准教授)

### 専門

- 交通工学
- ビッグデータ解析

### 専門

- 空間情報解析
- 因果推論



Copyright (c) 2018 Uber Technologies, Inc. Released under the MIT license  
<https://github.com/kepler.gl/kepler.gl/blob/master/LICENSE>

Basemap by:  mapbox  
© kepler.gl | © Mapbox | © OpenStreetMap | [Improve this map](#)

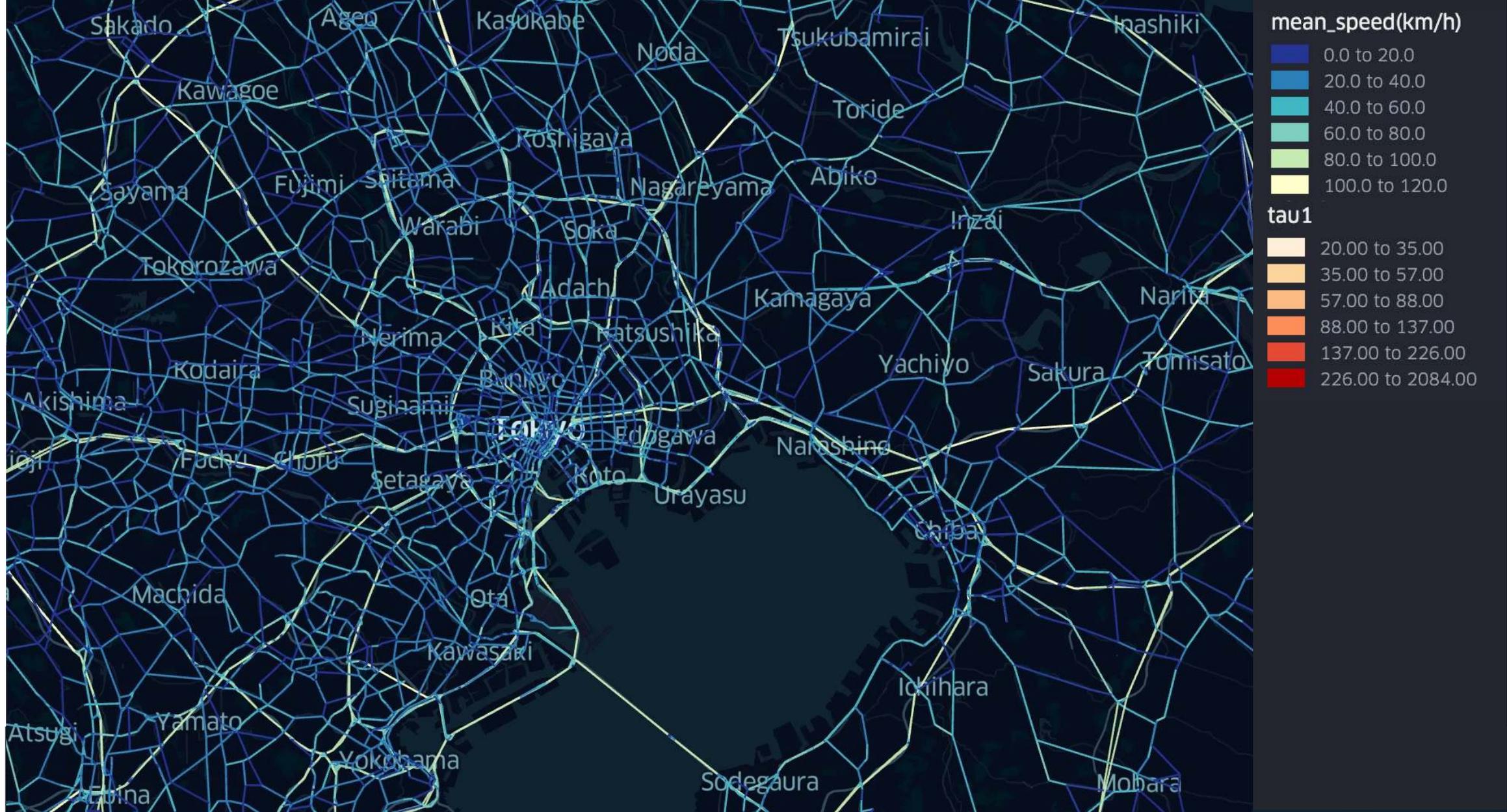


**mean\_speed(km/h)**

- 0.0 to 20.0
- 20.0 to 40.0
- 40.0 to 60.0
- 60.0 to 80.0
- 80.0 to 100.0
- 100.0 to 120.0

**tau1**

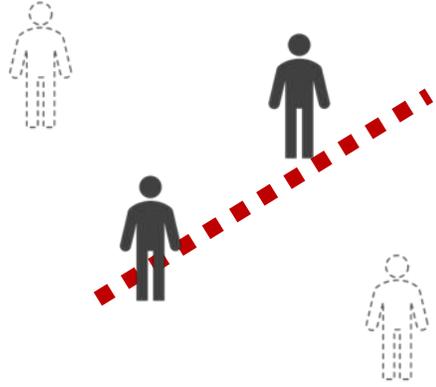
- 20.00 to 35.00
- 35.00 to 57.00
- 57.00 to 88.00
- 88.00 to 137.00
- 137.00 to 226.00
- 226.00 to 2084.00



# 拠点レベルでの 需要の計測と予測

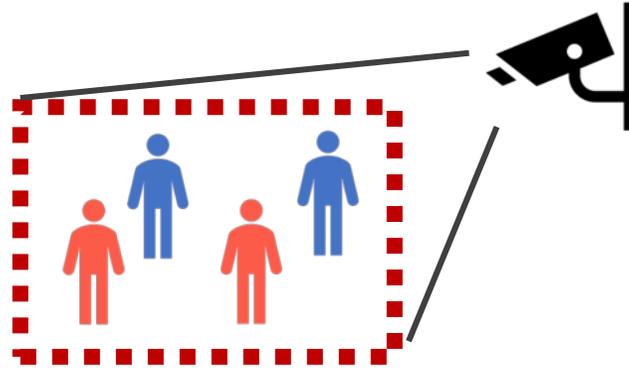
# 既存のシステムへの不満（複数社ヒアリングより）

## ラインクロス計測



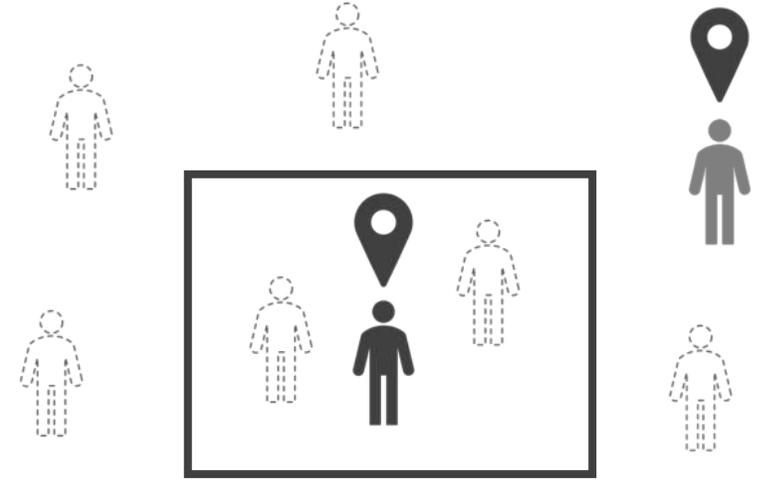
対象空間内のとあるライン上  
を通過した人数のみカウント

## スナップショット



カメラ画角内の人数を  
数秒～数分に1回計測  
+性別・年代などの属性

## スマホ等の位置情報



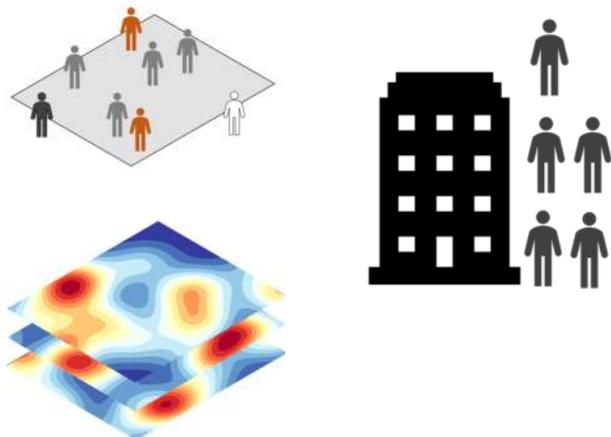
全体の一部しか観測できず  
全量把握はそもそも不可能

共通して「直接的に知りたい情報が取れない」という不満が多数

賑わいの程度(総来場者数・時間帯別の滞在状況)・予測・細かなペルソナ

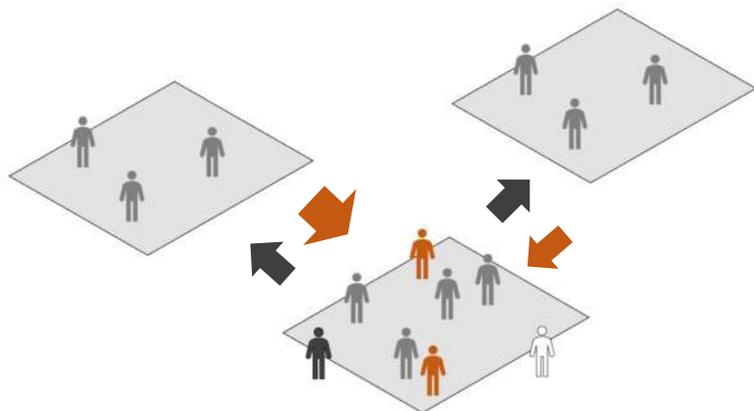
# Function社の独自システム

## 賑わいの計測と予測



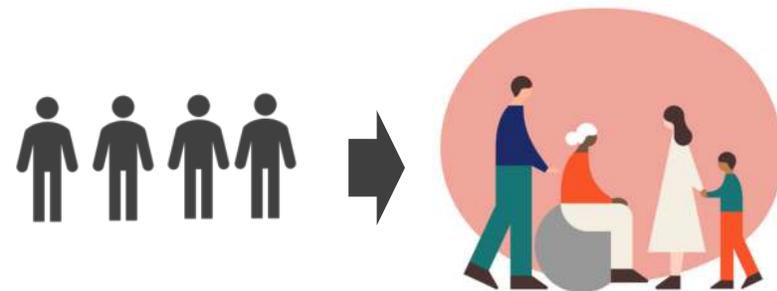
どれだけの人が来場し  
どの場所にどれぐらいの時間  
滞在したか

## ネットワーク的な解析



どれだけの人が  
どこからどこへ向かったか  
限られた観測から推定

## 行動変容に直結する 詳細なペルソナの生成



性別・年代などの古典的な  
属性ではなく  
実際の行動や外見的特性  
などからペルソナを生成

単なる画像認識や一般的なAIには上記のどれも実現不可能  
(IPA未踏アドバンス事業で開発)

# メブクス豊洲に関するイベントの効果分析



メブクス豊洲



豊洲場外マルシェ  
月一回のイベント  
→ 来場者の傾向は？

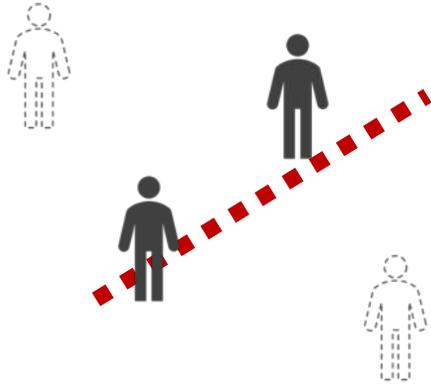


<https://www.toyosu-senkyakubanrai.jp/aboutus>

豊洲千客万来(万葉倶楽部)が  
2024年2月に隣接オープン  
→メブクス豊洲への影響は？

# 現行の他社製システム (単純なカウントのみ)

## ラインクロス計測



対象空間内のとある  
ライン上を通過した  
人数のみカウント

チャンネル 表示 イベント システム IVA設定

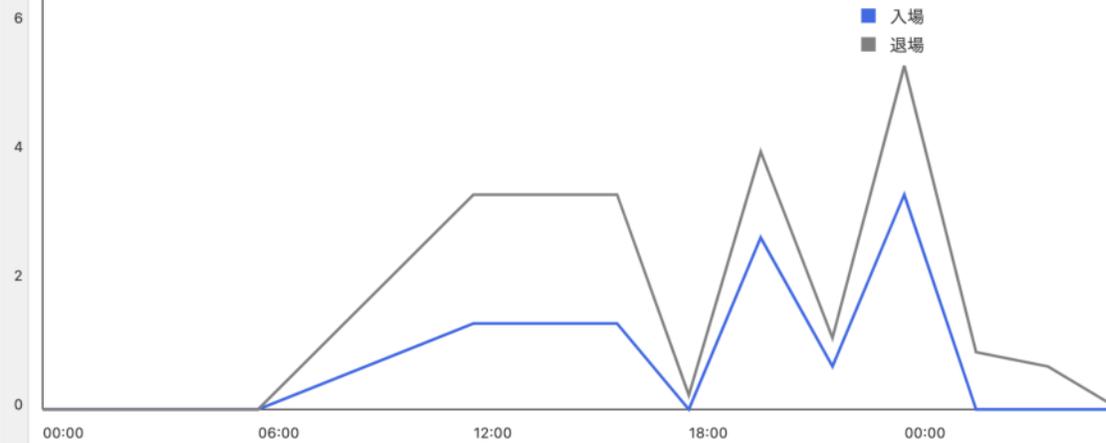
IVAイベント 定期監視 設定 人数カウント

入場  
21

退場  
35

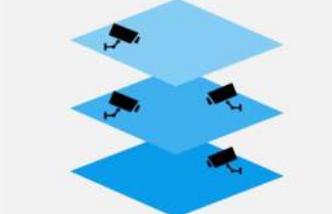
合計数(入場 - 退場)  
-14

人数カウント(ライン)



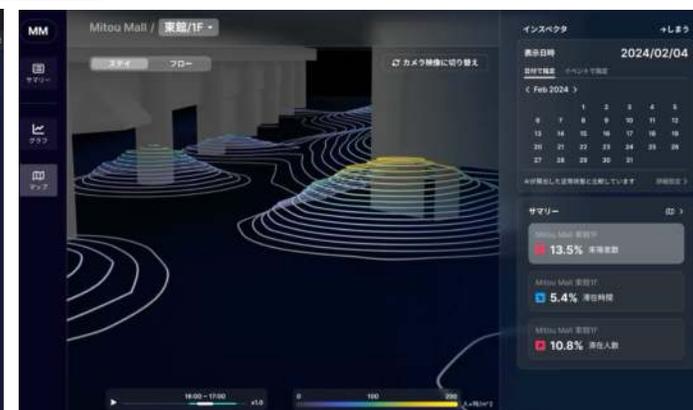
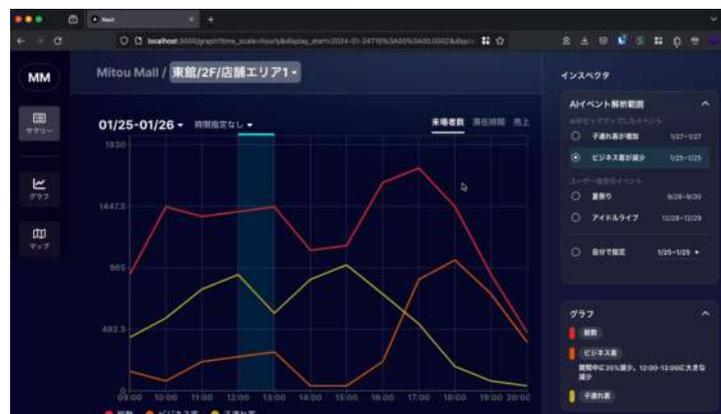
# Function社システム（特性の学習）

## 対象空間の柔軟な定義

<p><b>売り場単位</b> 特設コーナーの滞在時間</p> 	<p><b>店舗単位</b> 店舗の導線・来店者の特性</p> 
<p><b>フロア単位</b> フロア内の分布の特性</p> 	<p><b>施設単位</b> 滞在者数・イベントの効果</p> 



IPA  
未踏アドバンスト  
事業で開発



賑わいの定量化・仮想状況の予測・  
イベントの効果定量化が可能に

# 空間毎の賑わい・滞在状況の指標化



**売り場単位**  
特設コーナーの滞在時間



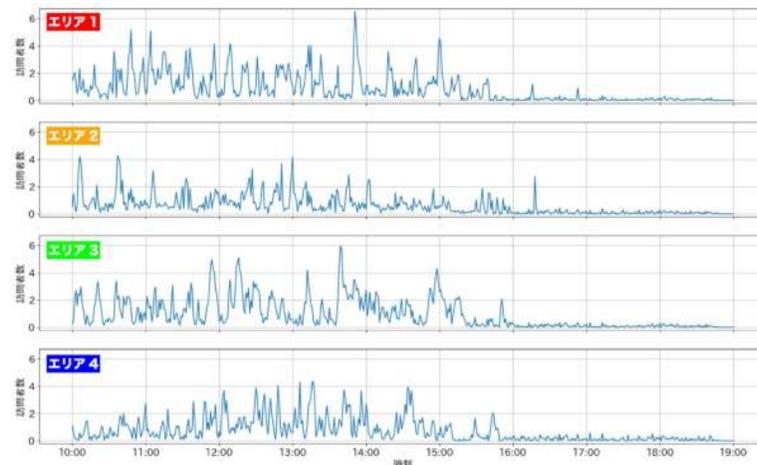
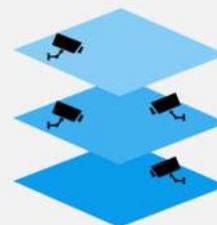
**店舗単位**  
店舗の導線・来店者の特性



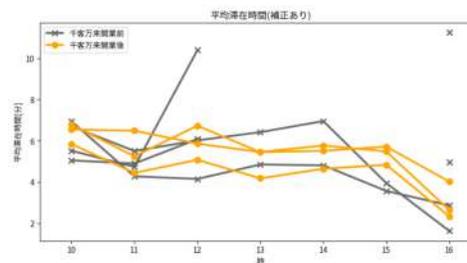
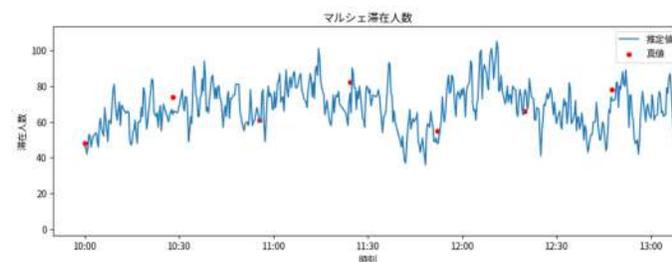
**フロア単位**  
フロア内の分布の特性



**施設単位**  
滞在者数・イベントの効果

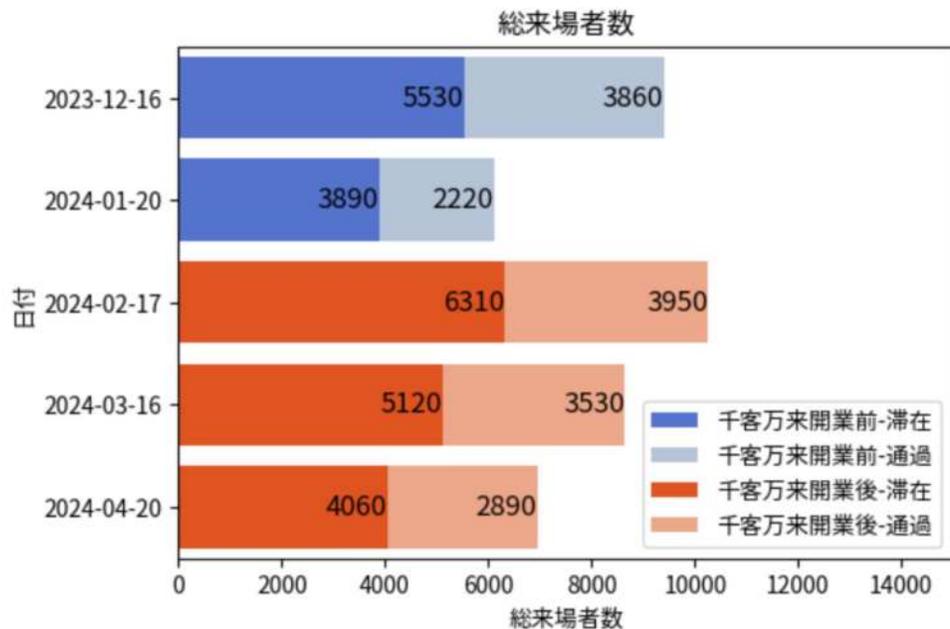


約90%の時間帯で  
**誤差1人以下の精度を達成**

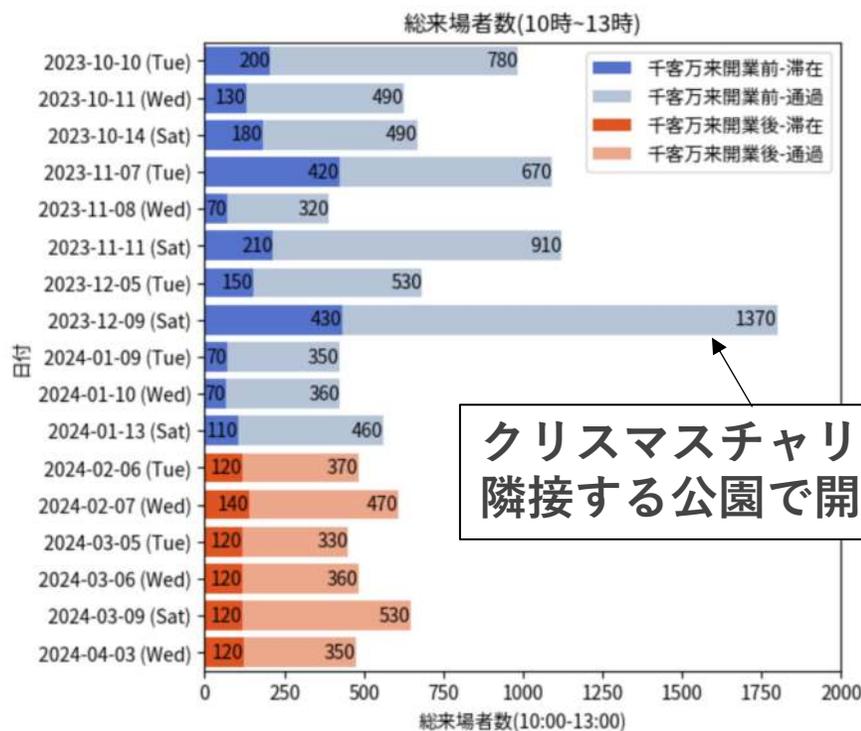


# イベントの効果定量化(総来場者数と滞在・通過判定)

マルシェ開催日



マルシェ非開催日

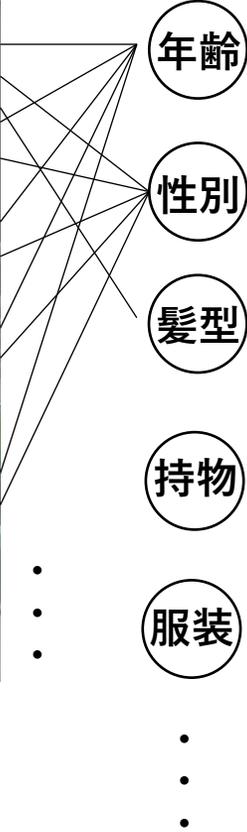
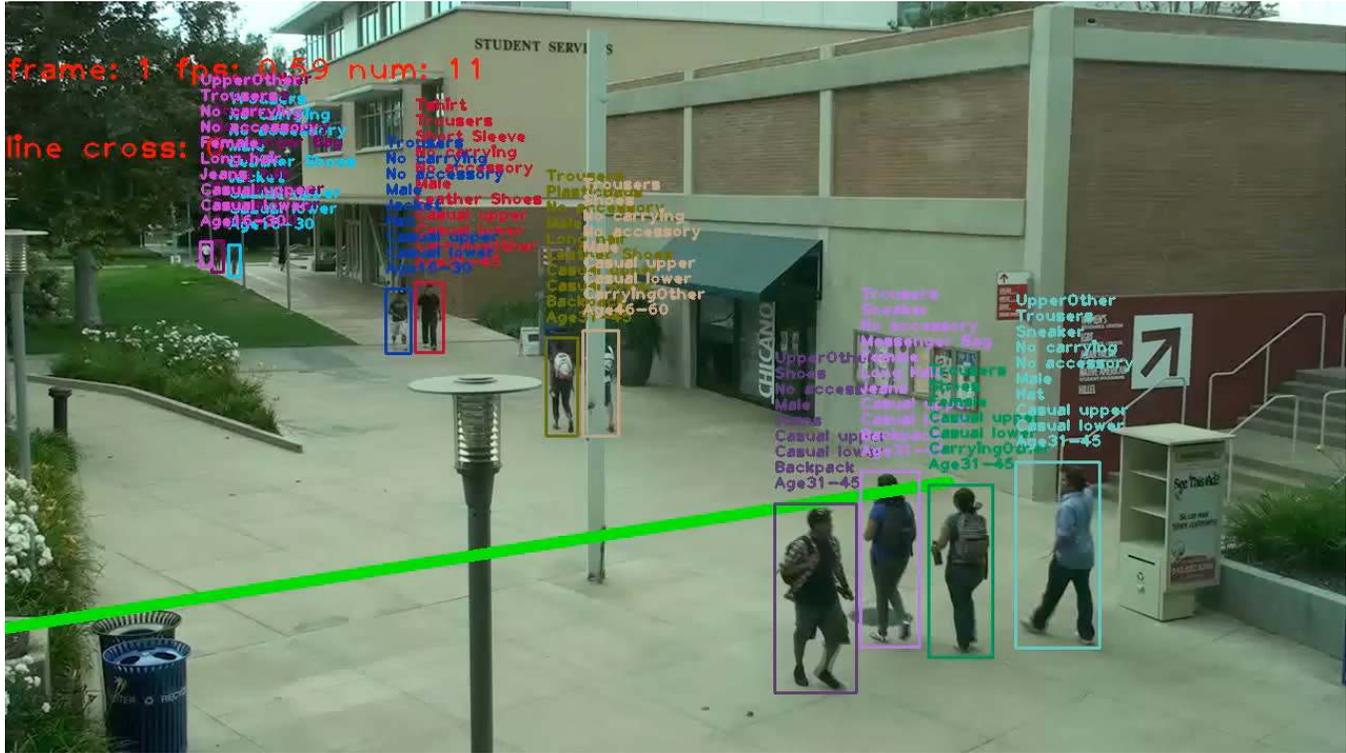


豊洲千客万来のオープンにより  
マルシェへの来場も一定数増加傾向  
(滞在率に大きな変動なし)

マルシェ非開催日の来場傾向は変わらず

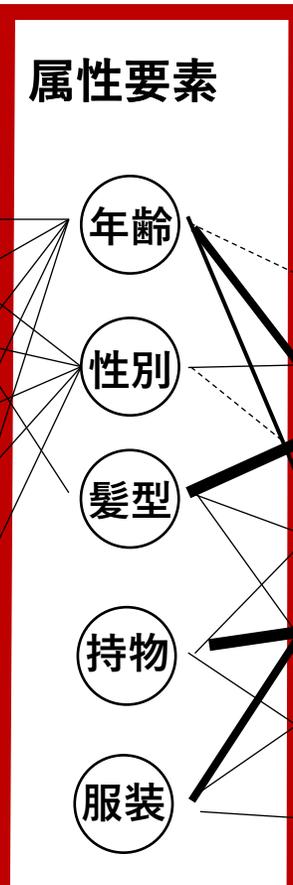
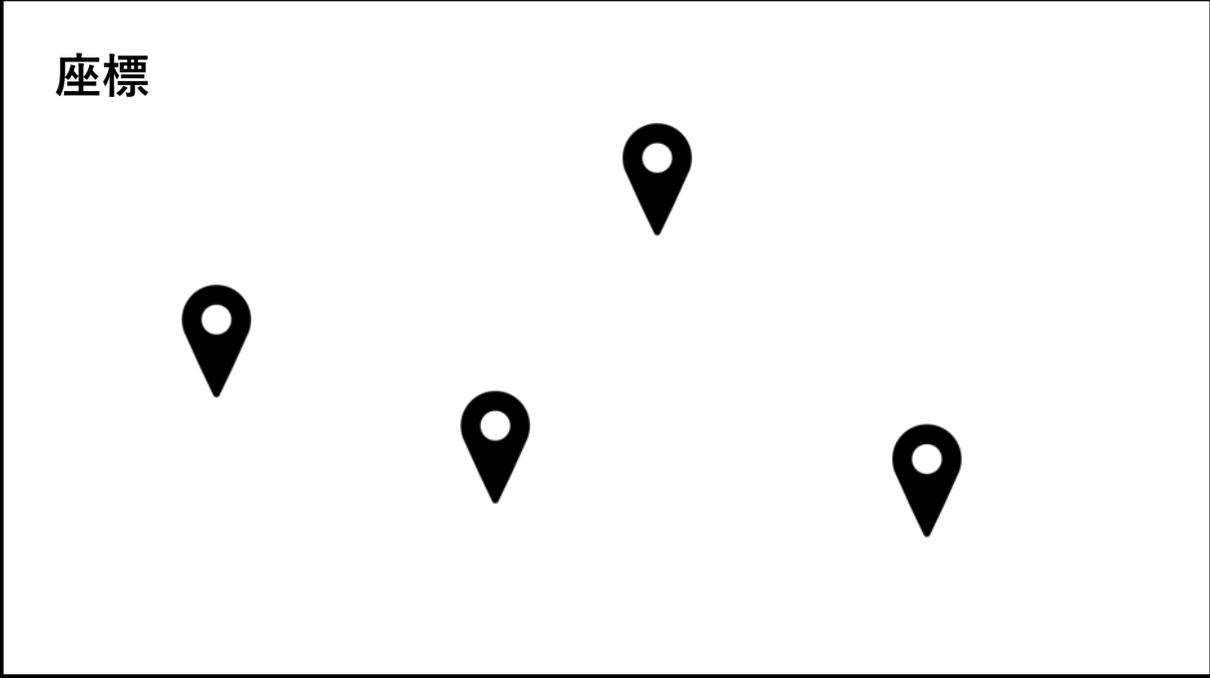
# 独自の属性定義技術（特許出願済）

属性要素

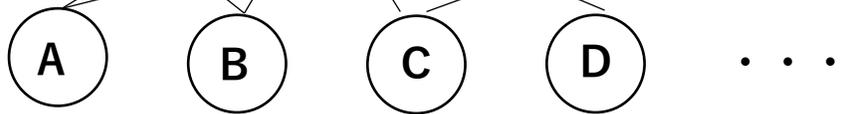


# 独自の属性定義技術（特許出願済）

解析に必要な要素に落として個人情報を含めて捨象



行動履歴を考慮した  
個人属性

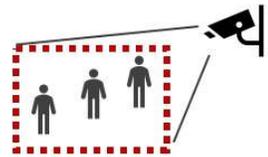


行動（例えば滞在エリア・滞在時間・通過）

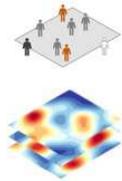
最低限

高機能

対象空間



カメラ画角内：混雑度・推定



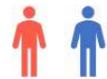
柔軟な対象空間設定：全量調査



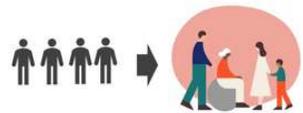
自動設定



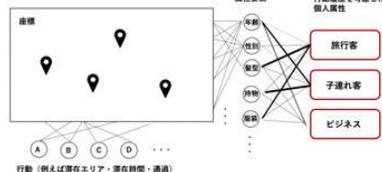
属性



性別・年齢帯

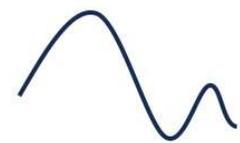


空間に応じたペルソナ



自動設定

時系列データ化

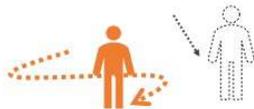


時系列的なデータ化



効果定量化 A/Bテスト 将来予測

打ち手・ポテンシャル



滞在・通過判定



アクティブポテンシャル分割

Function では

各拠点の需要の把握・予測に特化した観測システムを柔軟な機能・価格設定で提供している

デジタルツインに  
「都市の流れ」の機能を拡張

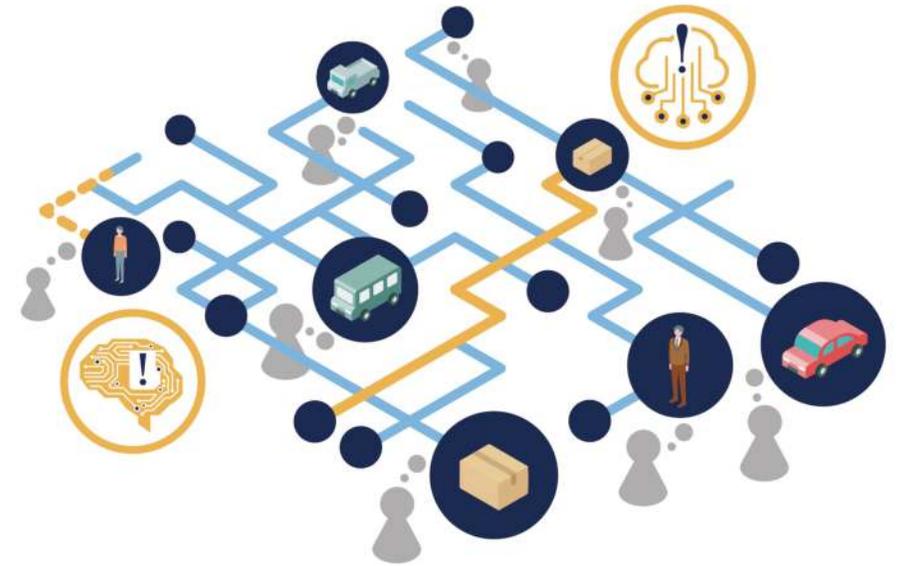
# Function がデジタルツインへの付与を目指す機能

人や物・モビリティの流れを把握・予測する機能を付与したデジタルツインの構築が必要

その構築のためには

- 広域ネットワークの状態変化記述
- 狭域な賑わい（需要）の計測

これらそれぞれ高レベルな技術で達成した上で統合する必要がある



- ライドシェアの配車サジェスト（交通流）
- 混載配送のマッチング（物流）
- 属性別の行動傾向に基づく店舗・広告の最適配置（人流）

