



S<sup>4</sup> Simulation System

# NTT DATA

NTT DATA Mathematical Systems Inc.

## S<sup>4</sup> Simulation Systemによる 人流シミュレーションのご紹介

株式会社NTTデータ数理システム  
S<sup>4</sup> Simulation System 担当  
s4-info@msi.co.jp

# 人流シミュレーションとは 事例

# 人流シミュレーションとは

- 人流とは
  - イベント会場近くの歩道、駅、ショッピングモール、大規模施設のように、人が集まる空間において、各人がそれぞれの目的地に向かう事で起こる人の流れ
  - 2020年東京オリンピック、2025年大阪で万博博覧会などもあり、人流シミュレーションは注目されている技術

- 問題点

- 混雑が発生し、目的地に着くまでに時間がかかる
- 目的地で行列が発生する
- イベント会場において、事故が起こる
- 自然災害時の逃げ遅れ etc

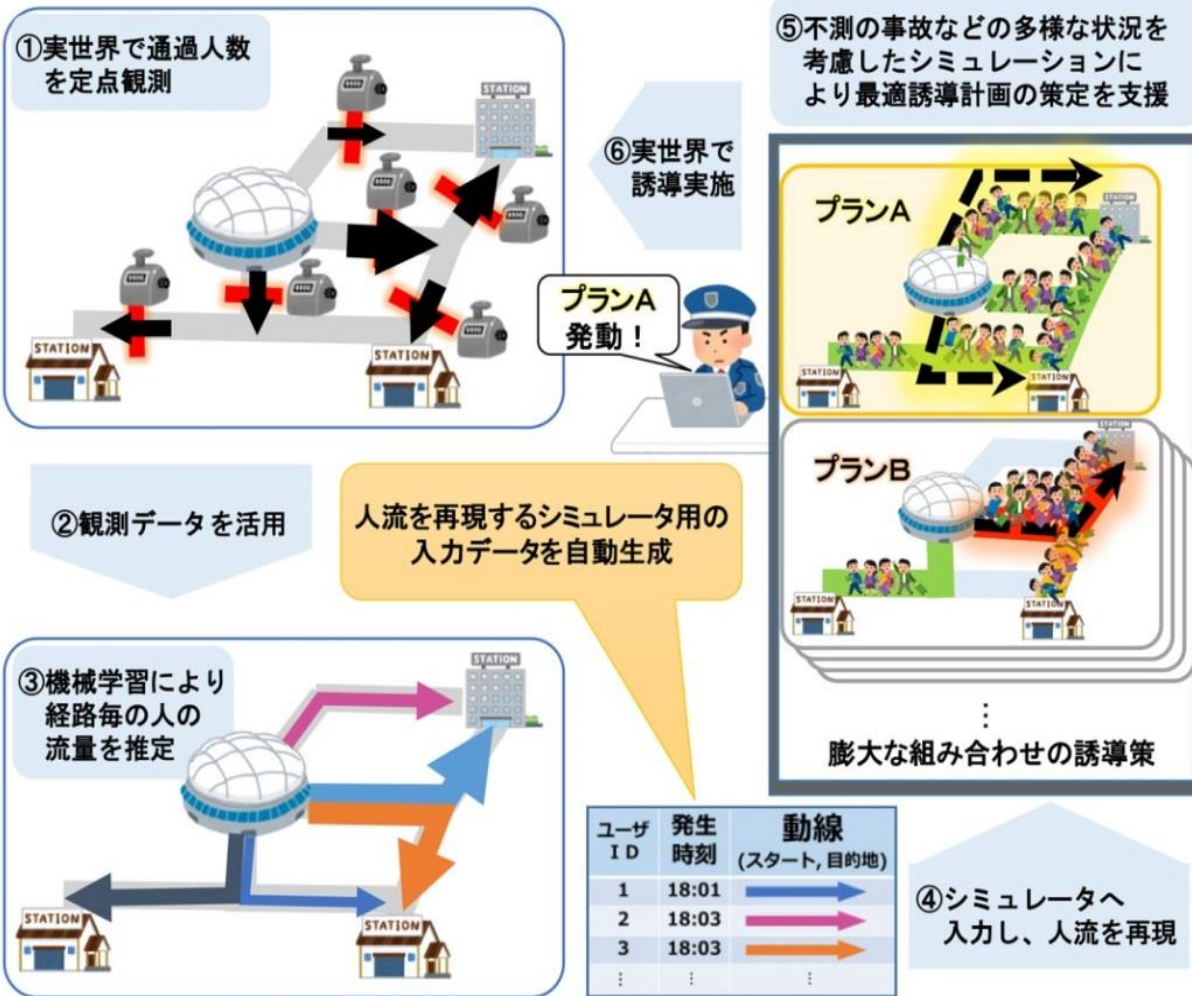


シミュレーションを行って…

- 事前にシミュレーションで人の流れを予測しておく事で、適切に集団を誘導し、課題を解決する
  - 非常灯、サインシステム、警備員の適切な配置、交通規制 etc

# NTTコミュニケーション科学基礎研究所 様 (本日まで講演)

多くの人が集まるイベントで、参加の方々が安全に、しかも短時間で目的地に辿り着けるような誘導策を提示する技術です。具体的には、現地の人の流れを計測してそれをマルチエージェントシミュレーションに反映し、さらに機械学習なども活用して、効果的な誘導策を導き出します

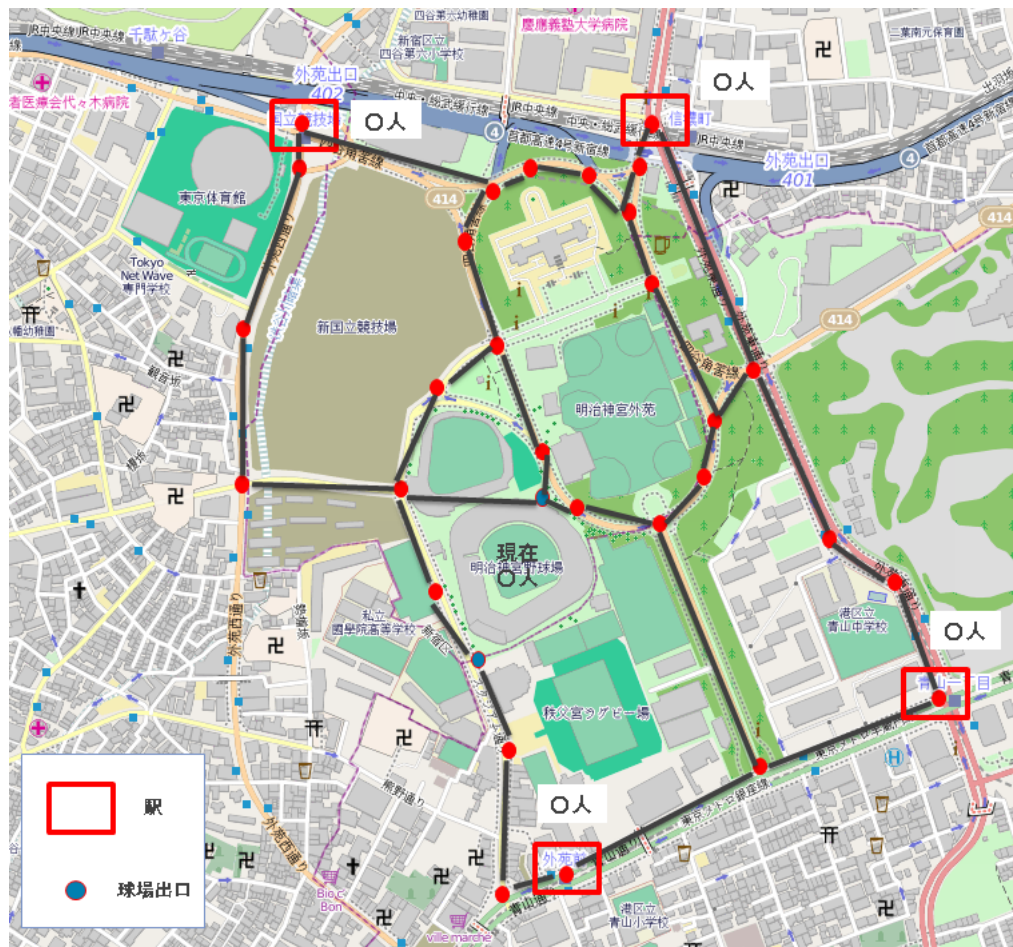


日本電信電話株式会社  
NTTコミュニケーション科学基礎研究所  
協創情報研究部 知能創発環境研究グループ  
研究主任  
清水 仁 様

出典 NTTコミュニケーション科学基礎研究所 オープンハウス2018 研究展示3  
「人はどこから来て、どこへ行くのか? ~人流データ同化と学習型誘導~」  
<http://www.kecl.ntt.co.jp/openhouse/2018/exhibition/3/index.html>

# 事例①：イベント終了時のシミュレーション

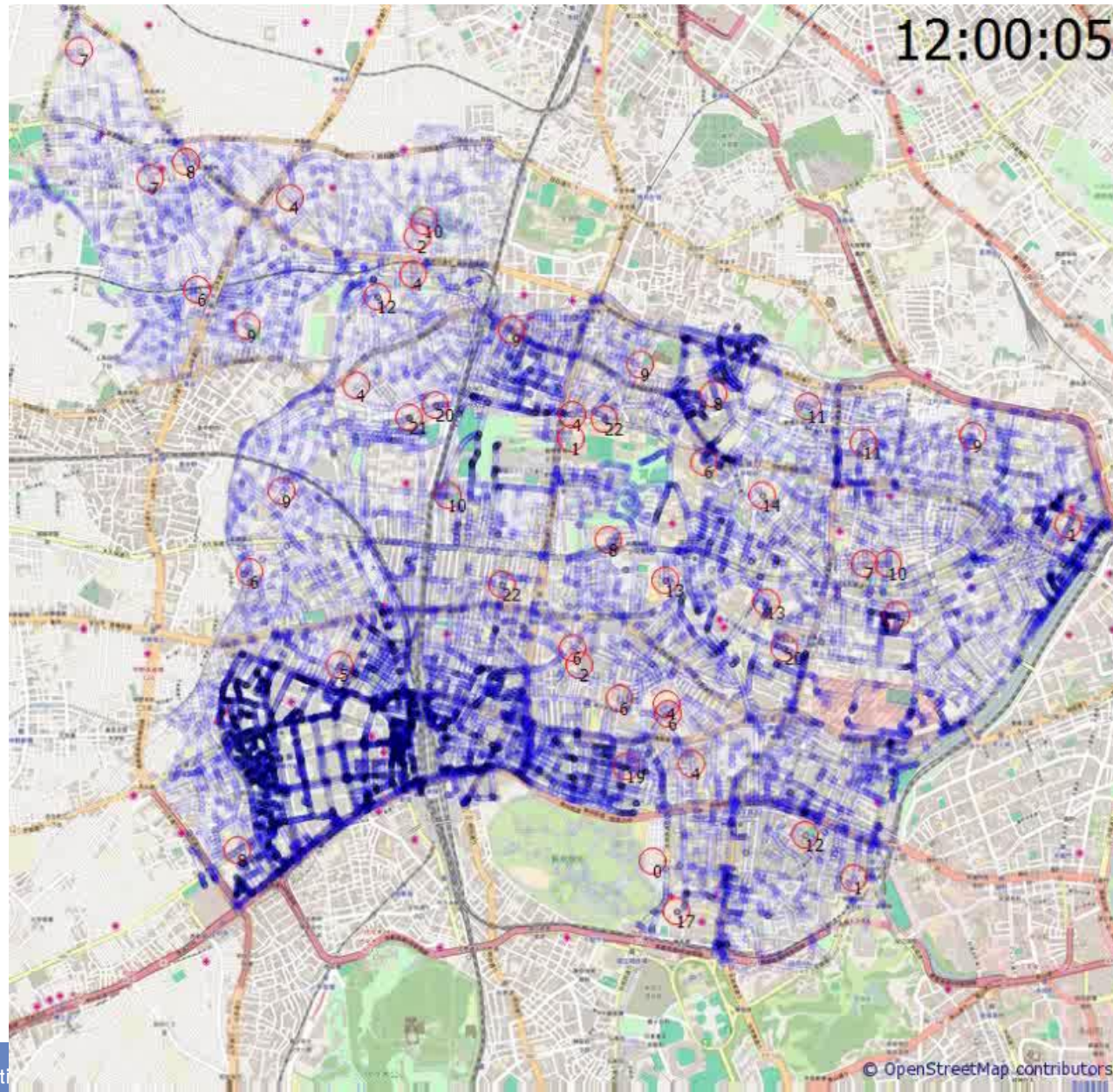
- シミュレーション概要
  - 神宮球場の観客が、イベント終了後に休場から出ていく様子をシミュレーション
  - 観客3万人が一斉に徒歩で駅に向かう
- データ
  - OpenStreetMap等の地図ソフトから取得した道路データ
  - OpenStreetMap(OSM)は、道路地図などの地理情報データを誰でも利用できるよう、フリーの地理情報データを作成することを目的としたプロジェクトです。誰でも自由に参加して、誰でも自由に編集でき、誰でも自由に利用する事が出来ます。(https://openstreetmap.jp/)
  - 歩行速度
  - 出発地分布
    - 例：出口1(40%), 出口2(60%)
  - 目的地分布
    - 例:信濃町駅(10%),国立競技場駅(30%), …
- 検討
  - 交通誘導
    - 通行量の平準化, 交通規制
  - 警備員の配置計画
    - 人が多く通る道路に多く配置



# 事例②：災害時の人流シミュレーション

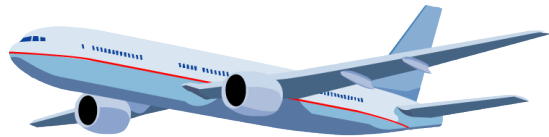
- シミュレーション概要
  - 震災発生時の人流変動をシミュレーション
  - 対象は新宿区、10万人の避難
  - 避難者の行動は3種類
    - 避難所へ避難、帰宅、とどまる
- データ
  - 道路情報データ
  - パーソントリップ調査（昼間、夜間人口）
    - パーソントリップ調査は、「どのような人が」「どのような目的で」「どこからどこへ」「どのような交通手段で」移動したかなどを調べるものです。そこからは、鉄道や自動車、徒歩といった各交通手段の利用割合や交通量などを求めることができます。（東京都市圏交通計画協議会：<https://www.tokyo-pt.jp/person/>）
  - 国勢調査
    - 国内の人口・世帯の実態を把握し、各種行政施策その他の基礎資料を得ることを目的とする（総務省統計局：<https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2015/gaiyou.html>）
- 検討内容
  - 避難所の適正配置、帰宅困難者の把握、駅の混雑
  - 避難時にSNS等を通して通信が発生。最適なトラフィック制御

# 事例②：災害時の人流シミュレーション（デモンストレーション）



## • シミュレーション概要

- ある航空会社では、乗客の搭乗順所を効率的にしたいと考えている
- 先に登場した乗客が手荷物を収納している場合には、後ろで収納し終わるのを待たなければならない
- 自分の席より手前に乗客が座っている場合には、一度席を立って通してもらった必要がある
- どのような席順で搭乗をさせると効率的に乗客を登場させることが出来るかをシミュレーションで検討する





# 航空機の搭乗問題

最適な搭乗順序は？

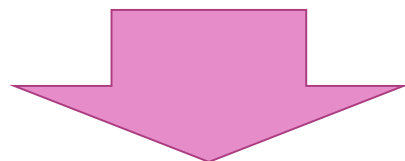
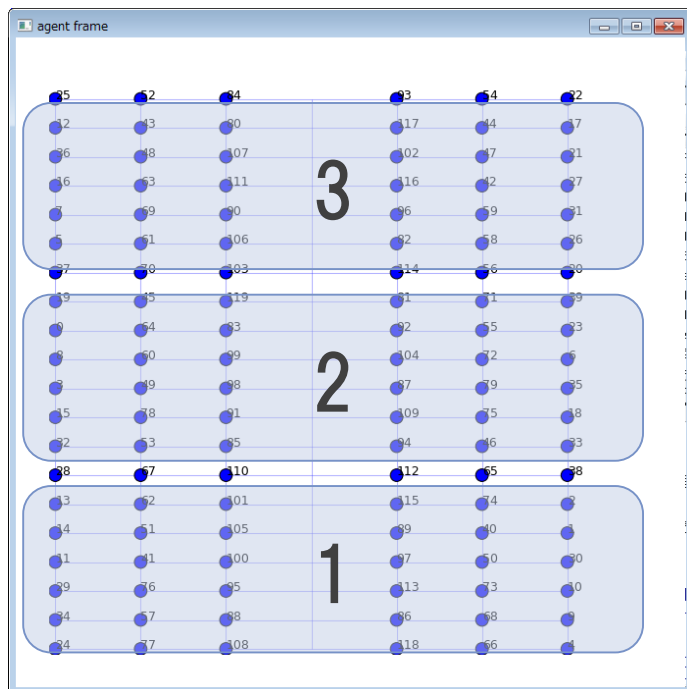
通路

/ 中止

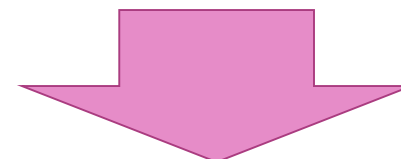
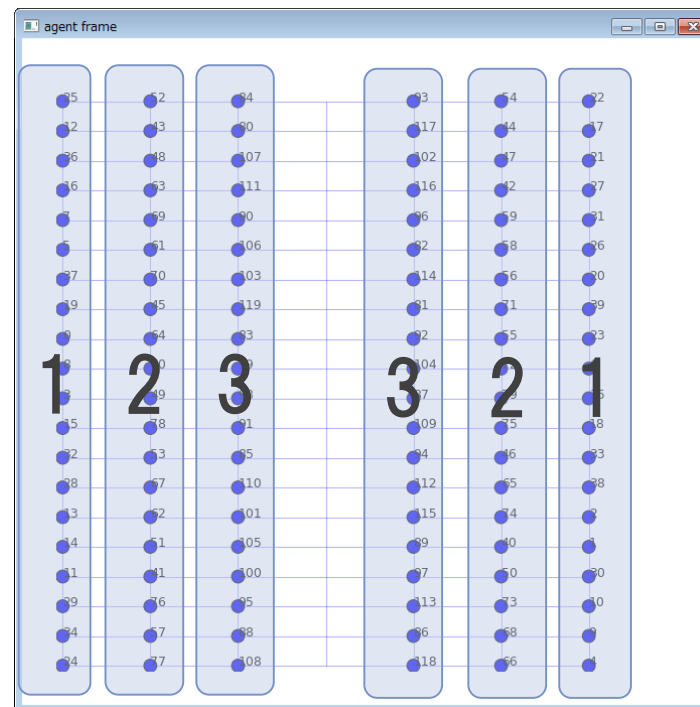
▲: 手荷物あり  
●: 手荷物なし

# シナリオ分析

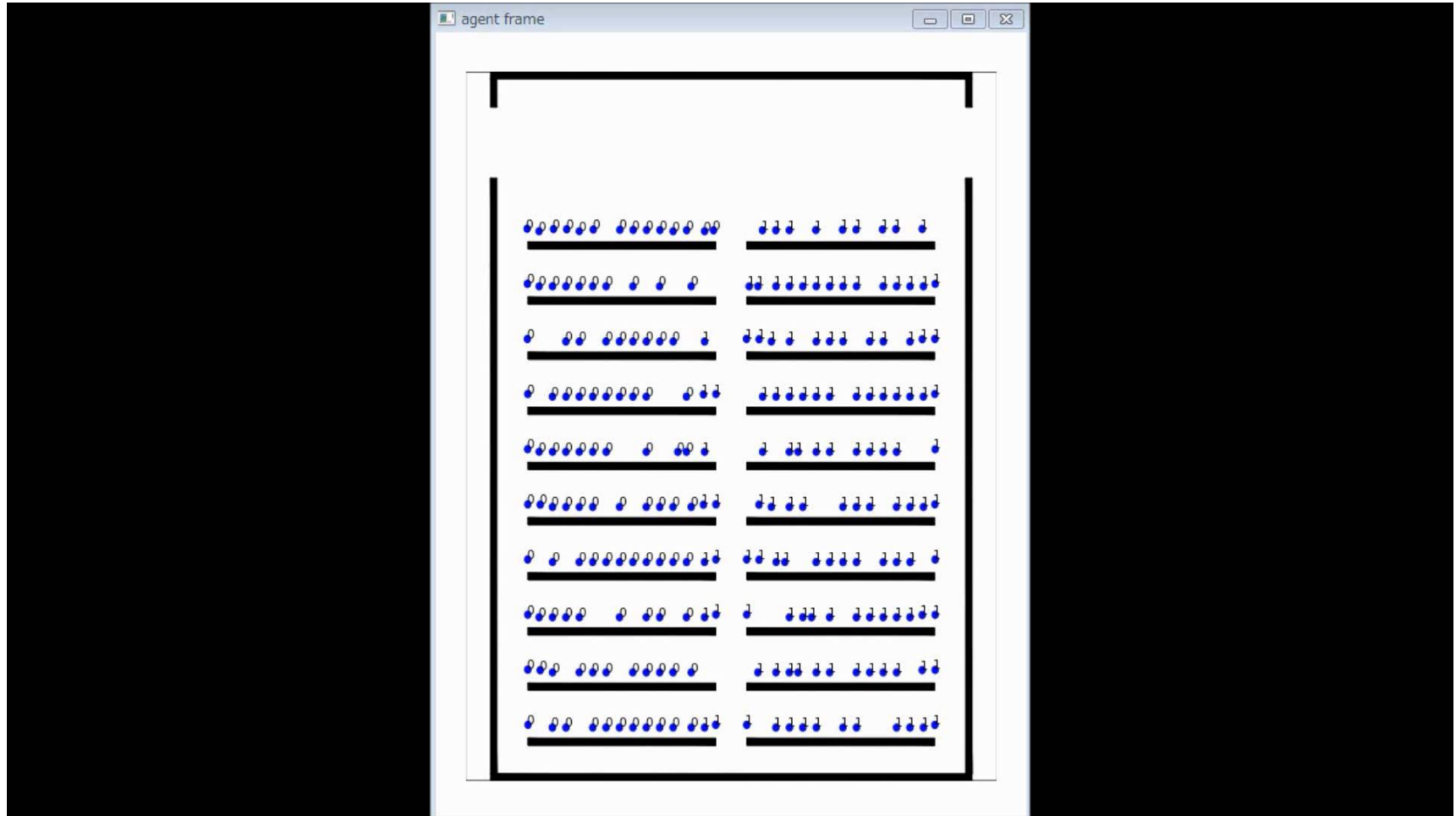
	シナリオA	シナリオB
登場順	後方→中央→前方	窓側→中央→通路側



1055ステップで全員が着席



805ステップで全員が着席



# 施設内人流シミュレーション

混雑する通路は？

棚

レジ

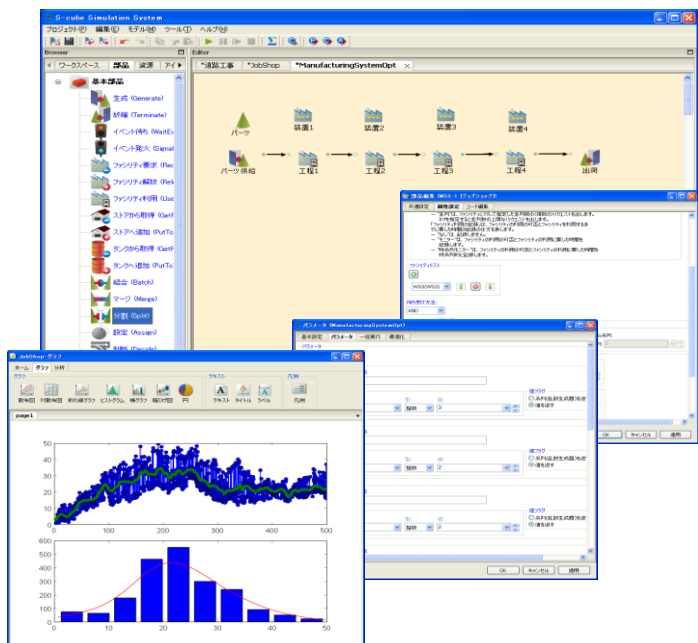
出入口

出入口

# S<sup>4</sup> Simulation System

## 人流シミュレーション機能紹介

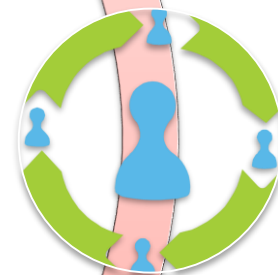
# S<sup>4</sup> Simulation Systemとは



S<sup>4</sup>  
Simulation  
System



離散イベント  
シミュレーション



連続シミュ  
レーション



エージェントシ  
ミュレーション

人流シミュレーション

- NTTデータ数理システムが独自に開発
- 純国産商用シミュレータ
- GUIによる直観的なモデリング
- 柔軟なカスタマイズ性能
- ハイブリッドシミュレーション
- グラフ・統計分析
- 最適化・感度分析・実験計画

2010年のリリースから毎年バージョン  
アップを重ねています。  
**2018年3月にはVer5.0をリリース!**

# GUI(エージェントシミュレーション)

The screenshot displays the S-Quattro Simulation System interface. On the left, a 'Browser' pane lists various components like 'BarabasiAlbertグラフ' and '環境 (Environment)'. The main 'Editor' pane shows a grid with an agent icon circled in blue. A '属性設定' (Property Settings) dialog is open, with the '編集' (Edit) button circled in blue. A pink arrow points from this button to a 'エージェント編集 (Evacuationエージェント [避難行動(エージェントシミュレーション)])' window. This window has tabs for '属性設定', 'エージェントの初期化処理', and 'エージェントのステップ処理'. The 'ステップ処理' tab is active, showing Python code for a step function. A red box highlights the code, and a red callout bubble contains the text '行動の詳細をプログラム (python言語)'. Another red callout bubble at the bottom left says 'エージェント、環境部品' (Agents, Environment components). A third red callout bubble at the bottom right says '人の行動の詳細をプログラミング' (Programming details of human behavior). The '設定画面' (Settings screen) label is also present.

エージェント編集 (Evacuationエージェント [避難行動(エージェントシミュレーション)])

```
def step(self):  
    # 距離を求める関数  
    @def distance(frm, to):  
        frm = np.array(frm)  
        to = np.array(to)  
        return np.sqrt(sum((frm - to)**2))  
  
    goal = self.agentset.goal  
    p = self.getPosition()  
    # 移動可能なノード  
    vs = self.agentset.env.neighbors(p)  
    @ds = [distance(self.agentset.env.layout[v], self.agentset.env.layout[goal])  
          for v in vs]  
    self.screenColor = "r"  
    # 目的値に一番近いノードから移動可能かどうか探索する  
    for i in np.argsort(ds):  
        v = vs[i]  
        # 移動可能なら、移動する  
        if len(self.agentset.env.findNodeAgents(v)) == 0:  
            self.setPosition(v)  
            self.screenColor = "b"  
            break  
    @if self.getPosition() == goal:  
        self.agentset.remove(self)
```

設定画面

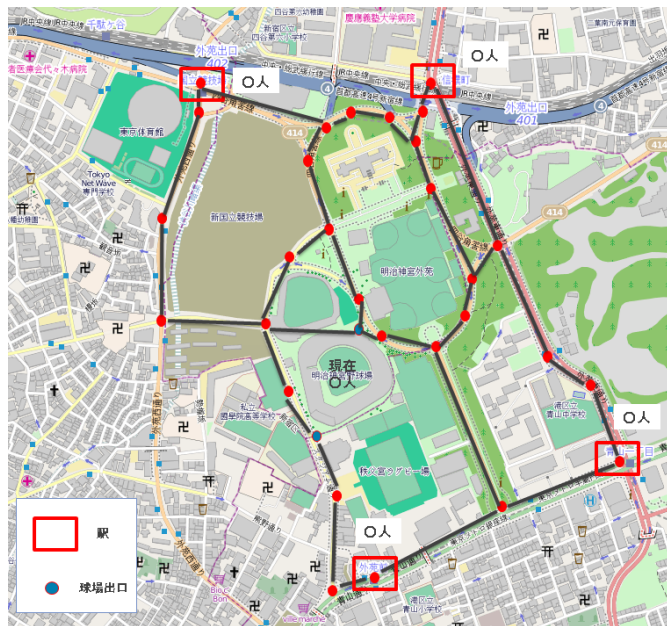
エージェント、環境部品

人の行動の詳細をプログラミング

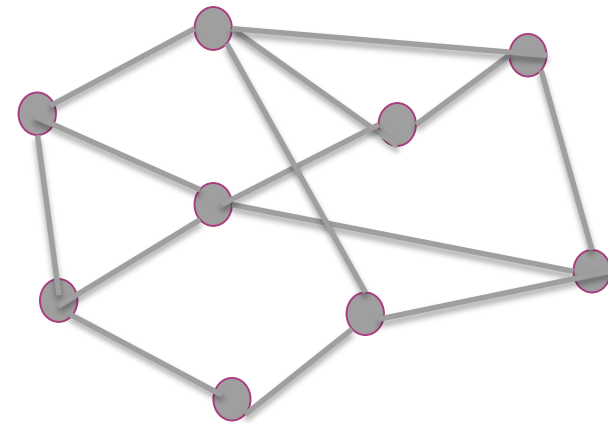
# 人流シミュレーションにおけるマクロモデルとマイクロモデル

## ■ マクロモデル

- シミュレーション対象
  - 道路
- 空間
  - ネットワーク（グラフ構造）
- 規模
  - 数千～数万人



ネットワーク上を人が移動



ネットワーク



# 人流シミュレーションにおけるマクロモデルとマイクロモデル

## ■ ミクロモデル

### ➤ シミュレーション対象

- 施設

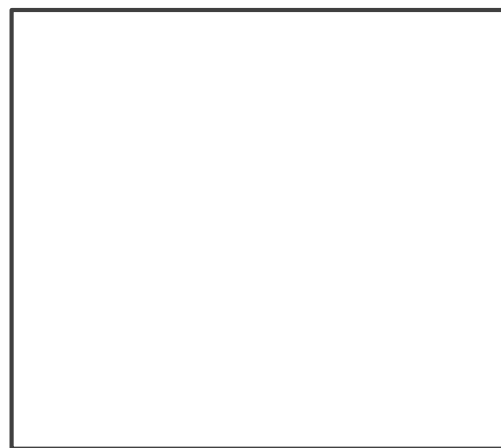
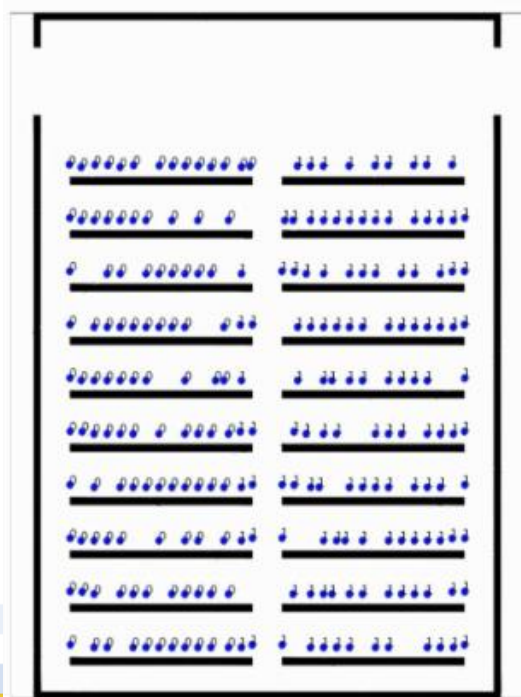
### ➤ 空間

- セル空間（格子グラフ構造）、連続空間

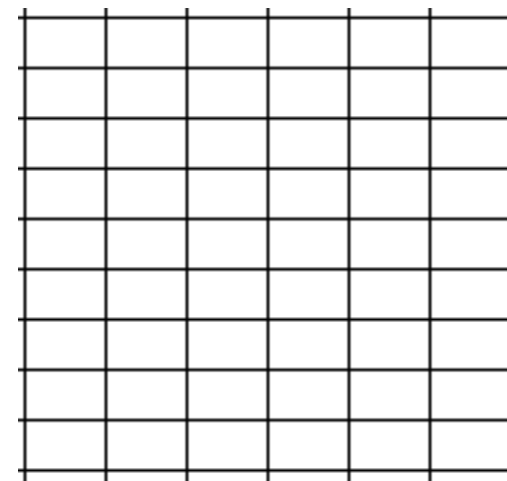
### ➤ 規模

- 数十～数百人

セル空間か連続空間上に  
モデル化されたレイアウト  
上を人が移動



連続



格子

## 特長

- ・歩行者の動き方(進行方向、速度)を決めるための力学モデル
- ・歩行者自身の進行方向への希望巡航速度、周囲の他の歩行者、障害物に影響
- ・歩行者を平面内で運動する粒子とみなす
- ・各歩行者は目的地を持っている
- ・他の歩行者や障害物からは外力が与えられる

## 質量 $m_i$ を持つ歩行者 $i$ は運動方程式に従う

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

$\vec{e}_i$  目的地に向かう  
ベクトル

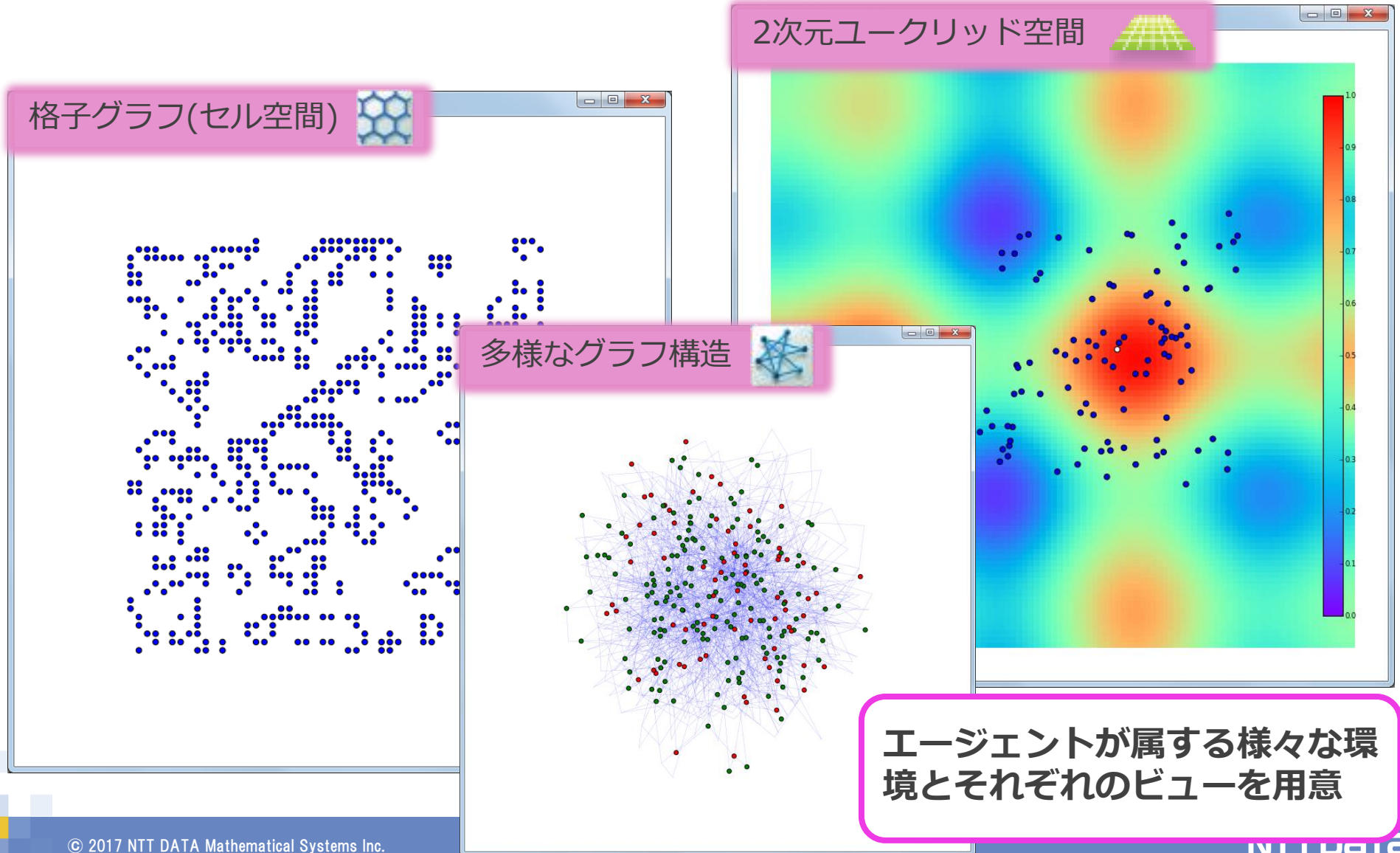
$\vec{v}_i(t)$  現在の速度

$\vec{f}_{iw}$  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

$\vec{f}_{ij}$  歩行者  $j$  から歩行者  $i$  に与える外力

## 人流シミュレーションの基盤となるジオメトリ情報を提供



# 環境構築機能

地図エディタ機能  
(レイアウト作成支援)

CADデータ読み込み

GeoJSONとの連携

人流シミュレーション  
の環境構築を支援

# S<sup>4</sup>で扱えるシミュレーションモデル例

- **銀行の窓口、ATM**
  - 窓口に並ぶ平均人数
  - 窓口担当者数と行列人数の関係
- **工場などの生産システム**
  - 機械数と生産個数、リードタイムの関係
  - 作業時間のブレを考慮した生産計画の作成
  - 欠陥品の発生率と生産個数の関係
  - 受注前に納期遅れの可能性を検証
- **サプライチェーンなど流通システム**
  - 在庫量最小化
  - 発注タイミングの検討
  - ロスと仕入れ数との関係
- **エネルギー、資源政策**
  - 石油精製プロセススケジュール
  - 石油輸送
  - 資源量と発電量の関係
- **環境、生態系のシミュレーション**
  - 自動車の排気ガス量と野生動物数との関係
  - 河川の汚染物質濃度と水生生物の個体数
- **医療**
  - インフルエンザ拡散(SIRモデル)
- **通信システム**
  - ネットワーク設計
  - パケット通信量と速度の関係
  - ルータ数検討
- **コールセンター**
  - 放棄呼数とオペレータコストとの関係
  - オペレータの稼働率
- **人間ドック**
  - 検査機器数と総受診時間の関係
  - 受診コース計画検討
- **交通システム**
  - 渋滞量と信号制御方法検討
  - 道路建設検討
- **防災**
  - 避難経路設計
  - 非常出口設計
- **感染症モデル**
  - 予防効果検証
- **マーケティング**
  - 広告効果測定
  - SNSによる情報伝搬

人流以外にも様々なモノ・人・車等の流れをシミュレーションできる

# シミュレーションセッション開催中！



シミュレーション  
セッション会場

402N

シミュレーションセッション

**【講演 1】**  
大阪ガスの現場業務を支える数理技術  
小林 差樹 様  
(大阪ガス株式会社)

---

シミュレーションセッション

**【講演 2】**  
社会シミュレーションへの思い  
～AI時代における社会シミュレーションの可能性～  
高橋 真吾 様  
(早稲田大学)

休

シミュレーションセッション

**【講演 3】**  
迷宮地の複雑度シミュレーション  
清水 仁 様  
(日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション  
科学基礎研究所)

---

シミュレーションセッション

**【講演 4】**  
シミュレーションで「個と組織」を理解する  
～組織マネジメントへの応用に向けて～  
仲間 大輔 様  
(株式会社リクルートマネジメントソリューションズ)

# お問い合わせ

株式会社 NTTデータ 数理システム

営業部 S<sup>4</sup>担当

TEL : 03 - 3358 - 6681

FAX : 03 - 3358 - 1727

【URL】 <http://www.msi.co.jp/s4/>

【E-mail】 [s4-info@msi.co.jp](mailto:s4-info@msi.co.jp)

**各種カスタマイズ・コンサルティングも  
お受けしております**