

戦略的創造研究推進事業  
(社会技術研究開発)  
令和3年度研究開発実施報告書

「科学技術イノベーション政策のための科学」

研究開発プログラム

「デジタルツイン都市を活用した危機管理下での政策決定支援」

佐々木 邦明

(学校法人早稲田大学 教授)

## 目次

1. 研究開発プロジェクト名 .....	2
2. 研究開発実施の具体的内容 .....	2
2 - 1. 研究開発目標 .....	2
2 - 2. 実施内容・結果 .....	2
2 - 3. 会議等の活動 .....	9
3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況 .....	10
4. 研究開発実施体制 .....	11
5. 研究開発実施者 .....	12
6. 研究開発成果の発表・発信状況，アウトリーチ活動など .....	13
6 - 1. シンポジウム等 .....	13
6 - 2. 社会に向けた情報発信状況，アウトリーチ活動など .....	13
6 - 3. 論文発表 .....	13
6 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表） .....	13
6 - 5. 新聞／TV報道・投稿，受賞等 .....	13
6 - 6. 知財出願 .....	13

## 1. 研究開発プロジェクト名

デジタルツイン都市を活用した危機管理下での政策決定支援

## 2. 研究開発実施の具体的内容

### 2 - 1. 研究開発目標

- 1) シミュレーションの基盤としてデジタルツイン都市を構築する
- 2) デジタルツイン都市上でシミュレーション可能な人の動きを再現するモデル・物の移動をシミュレーションするモデルの構築を行う
- 3) 気象災害等による交通障害発生時に、リアルタイムモニタリングデータを用いて精度の高い短期的な予測を行い、道路・交通施設の修復順序等を経済的な損失等を考慮して定めることを可能にする
- 4) このようなリアルタイムモニタリングデータを活用したシミュレーションシステムが実際の政策決定に活用されるために必要な条件が何であるかを、政策担当者とコミュニケーションを図りながら明らかにしていく

### 2 - 2. 実施内容・結果

#### (1) スケジュール

実施項目	初年度 (2021)	2年度目 (2022)	3年度目 (2023)	4年度目 (2024)
デジタルツイン都市構築の データ収集	←→			
シミュレーションモデルのための データの整理と収集	←→			
デジタルツイン都市の構築		←→		
人流の観測調査とモデル化		←→	↑	
人流モデルのデジタルツイン 都市上への実装			←→	↑
物流データの収集とモデル化		←→	↑	
物流のデジタルツイン都市上への 実装			←→	↑
政策決定者・管理者との協議		←→	↑	↑
政策決定者への情報提供実験			↓	↓
まとめ				←→

## (2) 各実施内容

### 今年度の到達点①

二つのデジタルツイン都市におけるシミュレーションモデル構築のために適切なモデルの検討とそれに必要なデータの整理と収集を実施する

#### 実施項目①-1：シミュレーションモデルのためのデータの整理と収集

スケールの異なるデジタルツイン都市では、そのうえに実装するシミュレーションモデルのスケールも異なり、目的も異なることから、目的に応じてスケール対応可能なモデルを適切に設定する必要がある。そのため、既存の研究をレビューし、適切なモデル設定に必要なデータの整理及び収集を実施した。

#### ○実施内容①-1：既存データ・技術のレビュー

- 市販のGPSトラッキングデータのデータ数や空間的・時間的密度をレビューし、シミュレーションモデル設定への利用可能性について検証を実施した。
- スマートフォンや関連デバイスの普及に伴い、BluetoothセンサやWi-Fiセンサによるセンシングの可能性が向上していることを踏まえ、関連技術について情報収集を行った。
- 既往物流調査について、調査対象、調査項目、回答対象等、詳細化されている調査内容に関する情報収集を行った。
- 電気通信事業者が提供する位置情報データが高精度化されていることを踏まえ、GPSトラッキングデータとの組み合わせによる更なる高精度化の可能性を検証した。

#### ○実施内容①-2：対象地域における検討準備

- 新大阪・十三地区では、現在活用が進むBluetoothセンサを用いた人流計測に向け、センサの選定、人流計測のプライバシー保護等の問題整理などを踏まえセンサを駅構内に設置する検討を実施した。現地踏査を踏まえ計画を策定し、鉄道事業者との協議を実施した。
- 会津若松市では、現地踏査により街路とその人通りなどを確認し、今後回遊性評価、危機管理時のマネジメントを行う上でキーとなる街路などを検討した。

### 今年度の到達点②

デジタルツイン都市構築のためのデータ整備

#### 実施項目②-1：デジタルツイン都市構築に必要なデータの収集

#### ○実施内容②-1：デジタルツイン都市構築に必要なデータの収集

デジタルツイン都市は会津若松及び十三・新大阪に構築する。それぞれ異なるスケールで、さらには目的も異なることから、それに応じたデータを設定し、その収集を実施した。

### (3) 成果

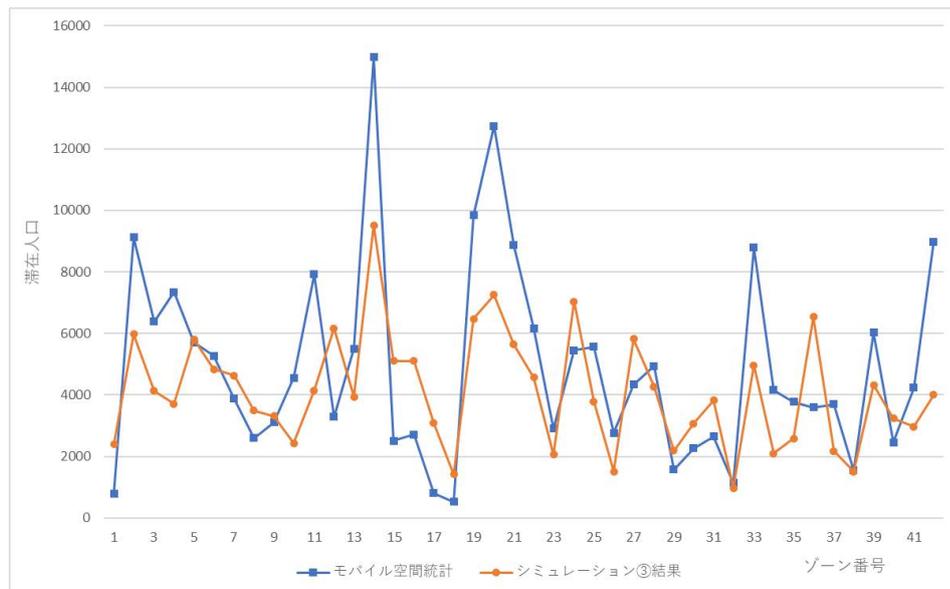
#### 今年度の到達点①

二つのデジタルツイン都市におけるシミュレーションモデル構築のために適切なモデルの検討とそれに必要なデータの整理と収集を実施する

#### 実施項目①-1：シミュレーションモデルのためのデータの整理と収集

##### ○成果①-1：レビュー結果を踏まえたシミュレーション関連技術向上

- これまで広域を対象としてきたシミュレーションの解像度を上げる試みを行った。GPSトラッキングデータ、電気通信事業者が提供する位置情報データを利用し、市町村単位、学区単位でのモデル化を実施した。詳細な精度のシミュレーションの事例として、これまで試みていた計画基本ゾーンよりも詳細な小学校校区単位の行動シミュレーションを試みた。具体的には、計画基本ゾーン数が5である自治体を、41の小学校校区単位に分割して実施した。そのために小学校区レベルでのシミュレーション用データを作成し、電気通信事業者が提供するリアルタイム情報を小学校区単位に再編し、補正を行うアルゴリズムのプロトタイプを構築した。その成果の一部が下記のグラフである。台風災害時の人の移動の再現を試みているが、精度はそれほど高くない。今後アルゴリズムやシミュレーションデータの改善を図っていく。

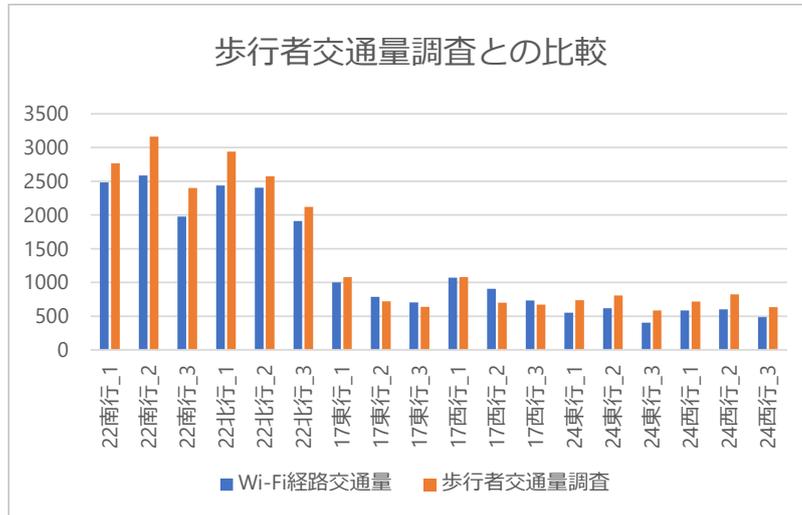


図一1 台風時の人口分布の推計結果

市販GPSデータでの行動モデルの構築について、別途実施してきたアルゴリズム開発の成果の適用可能性を検討している。これらの成果は、来年度以降、本課題への貢献が期待される。

物流調査データでは、端末物流について首都圏で行われた物資流動調査とその分析のためのネットワークデータを入手した。このデータによって、端末物流の実態を知ることができる。次年度以降、データの分析を通じて対象地域でのシミュレーションに活用予定である。

都市内人流を把握するために、既存のWi-Fi-パケットセンサデータを活用した都市内人流推計を行った。複数の観測データを組み合わせることで、境域での人流把握可能性がわかった。この技術は下記のBluetoothセンサの活用利用できる。

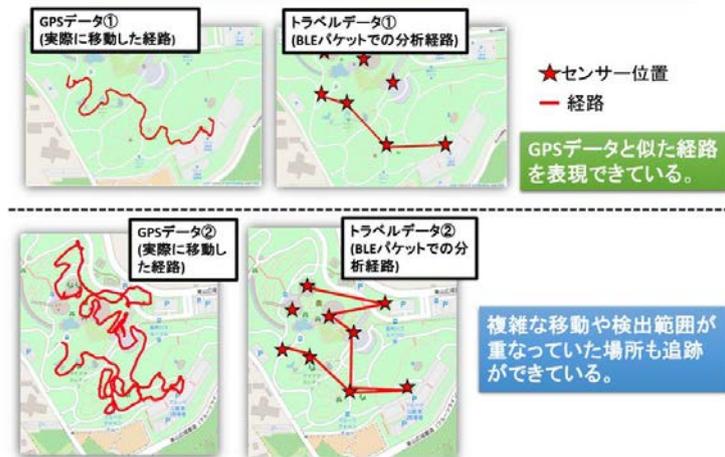


図一 2 Wi-Fiパケットセンサと都市内人流調査の比較例

都内行動モデルとして、駅周辺での移動データを100mメッシュ単位で分析する技術開発のレビューを行った。現在のPOIデータの高精度化や、行動データのジオコーディングの進展より、100mメッシュでの回遊モデルは十分活用可能であり、現状の電気通信事業者の提供する250mメッシュより細かな解像度でシミュレーションが可能になっている。

Bluetoothセンサによる人流観測については、MACアドレスランダム化等の秘匿に対し、10~20分程度の短時間・短距離移動であれば追跡可能である事等、その利用可能性について整理することができた。

### 公園内での歩行者追跡例



地図©OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org/copyright>)

図一 3 Bluetooth センサによる公園内での歩行者追跡例

#### ○成果①-2：対象駅における鉄道事業者との協議

- 新大阪駅での人流観測に向け、駅構内でのBluetoothセンサ設置計画を策定し、鉄道事業者との協議を実施した。協議にあたり、人流観測に伴うプライバシー保護に関して総務省や電気通信事業者団体が定めるガイドライン等のレビューを行い、Bluetoothセンサによる人流観測における課題の整理を行った。
- 鉄道事業者との協議においては、議題をセンサの設置可否に留めず、人流観測データ及び本プロジェクトが提供するシミュレーション基盤のビジネス上の活用方法等についてもブレインストーミングを実施し、デジタルツイン都市の活用ニーズのヒアリング、活用可能性の検討を進めた。

## 今年度の到達点②

デジタルツイン都市構築のためのデータ整備

### 実施項目②-1：デジタルツイン都市構築に必要なデータの収集

#### ○成果②-1：デジタルツインに関する動向の把握

- デジタルツインとは、リアルの対象物と対になる「双子（ツイン）」をバーチャル空間上に構築し、モニタリングや分析・シミュレーション、フィードバックなどに用いるものである。
- デジタルツインの導入事例は製造業で多く、ゼネラル・エレクトリック社では航空機エンジンのリアルタイムモニタリング、シーメンス社では製品ライフサイクルの全デジタル化に活用されている。
  
- 都市を対象としたデジタルツインの代表的な活用事例は、国家プロジェクトとして約720km<sup>2</sup>に及ぶ国土全体を3Dモデル化したバーチャル・シンガポールが挙げられる。その目的は、交通・インフラ・エネルギー・防災など多岐にわたる分野の情報をバーチャル都市として統合し、新たなビジネス・サービスの創造や最適な行政施策の実現を目指すものである。
  - 1) 交通情報を組み合わせ、自動運転技術を核としたMaaS基盤整備
  - 2) 災害発生時はインフラの被害状況や通行止め情報などを提供するなど、防災関連での活用
  - 3) 3D都市内をVRで擬似観光できるサービスの展開
  - 4) 日照時間のシミュレーションを行うことで、太陽光発電や緑地設置の有効性を判断
  
- 日本国内ではバーチャル・シンガポールを参考として、国土交通省が2019年5月に「国土交通データプラットフォーム（仮称）」の整備計画を策定・公表し、2020年4月に3次元データ視覚化機能、データハブ機能、情報発信機能を有するプラットフォームver1.0を始動させた。（※2022年3月にver2.1をリリース）

また、国土交通省では現実の都市をサイバー空間に再現する3D都市モデルの整備・活用・オープンデータ化のリーディングプロジェクトである「PLATEAU（プラトー）」を2021年3月に公開し、同年度内に全国 56 都市の 3D 都市モデルのオープンデータ化を完了している。このデータはG空間情報センター（一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会）にてダウンロード可能であり、前述した国土交通データプラットフォームとも連携している。東京都では「デジタルツイン実現プロジェクト」として、3Dモデルでみる東京（東京都デジタルツイン3Dビューア（β版））を構築・公開している。

## ○成果②-2：デジタルツインを構成するモデル及び必要データ

- デジタルツインは、対象とする構造物等の形状を3次元で表現した複数のモデルを組み合わせたものであり、国土交通省の「BIM/CIM活用ガイドライン(案)第1編 共通編」に示された分類ごとに作成する必要がある。
- おなじく「BIM/CIM活用ガイドライン(案)第1編 共通編」にて、3次元モデル作成に用いる工種共通の詳細度を定義している。3次元モデルはその活用目的や用途に応じて、詳細度を選定することとなり、必ずしも全てが「対象の現実の形状を表現したモデル（詳細度500）」である必要はない。
  
- 本研究開発で構築するデジタルツイン都市は、新大阪・十三及び会津若松を対象としているため、地形・線形・構造物モデルにて構成される。地形及び線形モデルについては、前述した国土地理院が提供している基盤地図情報数値標高モデル（5m・10mメッシュ）及び地図データ（標高値・道路幅・軌道中心・家屋・水涯線）を活用することで3次元モデルを作成できる。

構造物モデルの作成は、2次元ないしは3次元CADで作成されたデータが基本となるが、本研究開発の対象には鉄道駅が含まれており、テロ防止・安全対策の観点からCADデータの提供を受けられない可能性がある。その場合には、有償のソフトウェア（例：Autodesk社のInfraworks、gnss受信機等）を用いて、現地でのレーザー測量が実施できれば、シミュレーションモデルの器となるデジタルツイン都市を構築することが可能である。

## （4）当該年度の成果の総括・次年度に向けた課題

- プロジェクトの達成目標に対しては順調に進捗しており、今年度に目標としていたデジタルツイン都市構築のデータ収集及びシミュレーションモデルのためのデータの整理と収集を実施することができた。
- 駅構内での人流観測に向けた鉄道事業者との協議をスタートさせ、観測調査の可否に関する協議だけでなく、次年度以降の目標としていたデジタルツイン都市シミュレーションの活用についてのブレインストーミングも含め実施することができた。
- 次年度の到達点としては、
  - 1) 対象地域のデジタルツイン都市のベース構築
  - 2) 活用に向けた自治体・駅管理者等の実務者との協議
  - 3) 狭域でのデータを活用したモデリングの実施
  - 4) 観測データを活用したモデル同化の仕組みの検証の4点を設定する。

### 2 - 3. 会議等の活動

年月日	名称	場所	概要
2021/10/14	研究開発実施者での打ち合わせ	オンライン	本年度の実施体制及び実施内容について確認を行うとともにスケジュール等の確認を行った。
2021/10/18	豊木教授との打ち合わせ	山梨大学	Wi-FiパケットセンサおよびBLTセンサによる人流の捕捉可能性について、これまでの実績や現在の状況についてヒアリングを行い、研究への協力を依頼
2021/11/10	研究開発実施者での打ち合わせ	オンライン	豊木教授からの技術指導等を踏まえて、実際の人流観測の可能性等について議論を行った
2021/11/29	研究開発実施者での打ち合わせ	中央復建コンサルティング本社	研究協力をいただいている電気通信事業者と、提供可能なデータの精度について議論を行い、対象地におけるデータ取得可能性を確認
2021/12/27	JSTキックオフミーティング	WEB会議	当プロジェクト全メンバー、アドバイザー、RISTEX事務局が一堂に会し、研究目的、今年度の到達目標、実施状況を共有し、今後の進め方などについて意見交換を行った
2022/1/28	JR西日本データ分析チームとのブレインストーミング	JR西日本本社	新大阪駅Bluetoothセンサによる人流観測計画案を策定し、実施に向けた協議を実施した。加えて、当プロジェクトの目的等を共有し、ビジネス上の活用方法等についてブレインストーミングを実施し、活用可能性の検討を行った
2022/2/24	研究開発実施者での打合せ	WEB会議	JR西日本とのブレインストーミングを踏まえ、人流観測に伴うプライバシー保護に関し、既往の観測調査事例やガイドライン等について意見交換を行った
2022/3/28	JR西日本データ分析チームとの打合せ	WEB会議	Bluetoothセンサによる人流観測における課題を共有するとともに、本研究の活用について、駅構内における広告戦略等にニーズへの活用について意見交換を行った

### 3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

- 研究開発成果の活用・展開に向け、新大阪・十三地区においては引き続き鉄道事業者との協議を実施し、どのような危機管理の課題があるのか、またそこにおいて本プロジェクトで予測システムを作る人流がどういった問題となっているのかをヒアリングするとともに、現在の駅管理における危機管理以外の課題やビジネス上の方針、さらには将来計画なども併せてヒアリングを行って、デジタルツイン都市の活用可能性を検討する予定である。
- 会津若松では、市の担当者と、まちづくりや危機管理上の課題点についての協議、デジタルツイン都市を構築した際の利点などの説明を行うとともに、会津若松市ではすでにスマートシティのプロジェクトが進んでいることから、利用可能なデータについて情報収集を行う予定である

## 4. 研究開発実施体制

### (1) シミュレーション開発実装グループ（佐々木邦明）

早稲田大学理工学術院

実施項目①： シミュレーションモデルのためのデータの整理と収集

グループの役割の説明：スケールの異なるデジタルツイン都市では、そのうえに実装するシミュレーションモデルのスケールも異なり、目的も異なることから、目的に応じてスケール対応可能なモデルを適切に設定する必要がある。

既存の研究をレビューし、適切なモデルはなんであるか、さらにはそれに必要なデータを整理し、必要なデータの収集を実施する。この数年の動きから、GPSトラッキングデータや、アンケートデータ、Wi-Fiパケットセンサの活用だけでなく、画像データによる人の移動軌跡を活用する予定であり、そのために予算を計上している。

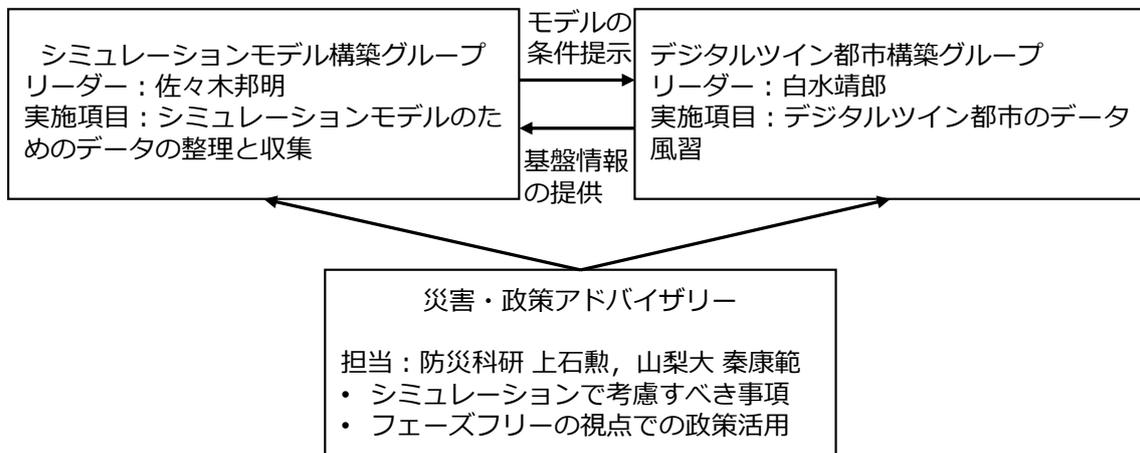
### (2) デジタルツイン都市構築グループ（白水靖郎）

中央復建コンサルタンツ

実施項目①： デジタルツイン都市構築に必要なデータの収集

グループの役割の説明：デジタルツイン都市は会津若松及び十三・新大阪に構築する。それぞれ異なるスケールで、さらには目的も異なることから、それに応じたデータを設定し、その収集を実施する。

令和3年の研究体制



## 5. 研究開発実施者

### シミュレーション開発実装グループ（リーダー氏名：佐々木邦明）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
佐々木 邦明	ササキ クニアキ	早稲田大学	理工学術院	教授
中矢 昌希	ナカヤ マサキ	中央復建 コンサルタンツ	社会インフラマネ ジメントセンター	チーフ マネージャー
柳川 篤志	ヤナガワ アツシ	中央復建 コンサルタンツ	交通計画 グループ	技術員

### デジタルツイン都市構築グループ（リーダー氏名：白水靖郎）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
白水 靖郎	シロミズ ヤスオ	中央復建 コンサルタンツ	経営企画本部	常務取締役
南部 浩之	ナンブ ヒロユキ	中央復建 コンサルタンツ	交通計画 グループ	統括リーダー
犬飼 洋平	イヌカイ ヨウヘイ	中央復建 コンサルタンツ	交通計画 グループ	サブリーダー
和田 翔	ワダ ショウ	中央復建 コンサルタンツ	交通計画 グループ	技術員
山本 琢人	ヤマモト タクト	中央復建 コンサルタンツ	交通計画 グループ	サブリーダー

## 6. 研究開発成果の発表・発信状況，アウトリーチ活動など

### 6-1. シンポジウム等

特になし

### 6-2. 社会に向けた情報発信状況，アウトリーチ活動など

(1) 書籍，フリーペーパー，DVD

特になし

(2) ウェブメディアの開設・運営

特になし

(3) 学会（6-4.参照）以外のシンポジウム等への招聘講演実施等

特になし

### 6-3. 論文発表

(1) 査読付き（0件）

●国内誌（0件）

●国際誌（0件）

(2) 査読なし（0件）

### 6-4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

(1) 招待講演（国内会議0件，国際会議0件）

(2) 口頭発表（国内会議0件，国際会議0件）

(3) ポスター発表（国内会議0件，国際会議0件）

### 6-5. 新聞／TV報道・投稿，受賞等

(1) 新聞報道・投稿（0件）

(2) 受賞（0件）

(3) その他（0件）

### 6-6. 知財出願

(1) 国内出願（0件）

(2) 海外出願（0件）