

戦略的創造研究推進事業
(社会技術研究開発)
令和4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.....	13
3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況.....	15
4. 研究開発実施体制.....	16
5. 研究開発実施者.....	17
6. 研究開発成果の発表・発信状況，アウトリーチ活動など.....	18
6 - 1. シンポジウム等.....	18
6 - 2. 社会に向けた情報発信状況，アウトリーチ活動など.....	18
6 - 3. 論文発表.....	18
6 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）.....	18
6 - 5. 新聞／TV報道・投稿，受賞等.....	19
6 - 6. 知財出願.....	19

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

対象地域と協議を行い、デジタルツインシティのベースデータを構築

実施項目①-1：対象地域の物理データの収集と、デジタルツインのプラットフォーム構築

実施内容：

- デジタルツイン都市上への人流モデルの実装を想定する新大阪・十三地区のうち、新大阪駅構内において通路幅員・通路延長等の物理データを計測するため、鉄道事業者と現地踏査の範囲や方法について打合せを実施した。
- 現地踏査により収集した通路幅員・通路延長等の物理データに基づき、新大阪駅をモデルとしたデジタルツインのプラットフォームを構築した。

期間：令和4年10月～令和5年3月

実施者：デジタルツイン都市構築グループ

対象：新大阪駅

実施項目①-2：デジタルツイン上で利用可能なリアルタイムデータの収集技術に関する検証

実施内容：

- 甲府駅周辺での狭域の行動を捕捉するBLEセンサの設置とデータ収集を行った。オンラインで通信することから、通信の設定に応じて、より高いリアルタイム性を持ったデータ収集が可能である。

期間：令和4年5月～令和5年3月

実施者：シミュレーション開発実装グループ

対象：甲府市中心市街地

今年度の到達点②

本研究成果の活用に向けた自治体・デベロッパー等の実務者との協議

実施項目②-1：大阪市計画調整局と対象地域を管轄する都市計画担当部局と意見交換会を実施

実施内容：

- 本研究で構築する生活・行動モデルとデジタルツイン都市を行政当局の意思決定に繋がるものとするため、大阪市の都市計画及び交通政策などの調査、企画を担う計画調整局との意見交換を実施した。

期間：令和4年9月～令和4年11月

実施者：デジタルツイン都市構築グループ

対象：大阪市計画調整局

実施項目②-2：JSTEシンポジウムの複合都市再生事業にかかわる交通マネジメントセッションでの議論

実施内容

- パネラーとして登壇し、デジタルツイン×シミュレーションが都市再開発の交通マネジメントに有効であるとのプレゼンを行い都市再生機構や都市計画コンサルタント、大学教授等とディスカッションを実施した。

期間：令和4年10月～令和4年11月

実施者：シミュレーション開発実装グループ

対象：渋谷等のURが管轄する都市内再開発事業

実施項目②-3：甲府市都市計画関連部署と市街地再開発プロジェクトの事前評価可能性について協議

実施内容：

- 大規模な都市再開発事業が行われている甲府市において、その計画案について甲府市の都市計画部門より意見を求められた。その際に、本プロジェクトの内容に即して、現在収集しているBLEセンサのデータとシミュレーションによるマネジメント方策について概略を説明した。

期間：令和4年10月～令和4年10月

実施者：シミュレーション開発実装グループ

対象：甲府市中心部市街地再開発事業

実施項目②-4：民間複数会社と本プロジェクトの研究成果の活用について協議

実施内容：

- 小売業者、データ通信会社と本プロジェクトの内容に即して説明を行い、議論を行った。

期間：令和4年7月～令和5年3月

実施者：シミュレーション開発実装グループ

対象：複数の民間会社

今年度の到達点③

狭域でのデータを活用したモデリングを実施する

実施項目③-1：新宿駅周辺におけるポイントデータを活用したシミュレータの構築

実施内容：

- 新宿駅付近の歩行者流を高い解像度で再現するためのモデルを、パーソントリップ調査を用いて構築し、そのモデルを用いたシミュレーションを実施した。特に歩行者ネットワークの改編をモデルに反映するために、ネットワーク形状を説明変数として導入した。

期間：令和4年4月～令和5年3月

実施者：シミュレーション開発実装グループ

対象：新宿駅周辺半径1kmの範囲

実施項目③-2：物流による駐車台数発生モデルの構築

実施内容：

- 平成25年度に実施された第5回東京都市圏物資流動調査の端末物流調査の一部である、商業者へのアンケート調査を用いて、物流車両をシミュレーション上で記述するために、店舗別のミクロな駐車台数の予測モデルを構築した。

期間：令和4年4月～令和5年3月

実施者：シミュレーション開発実装グループ

対象：首都圏物資流動調査データ

今年度の到達点④

観測データを活用したモデル同化の仕組みを検証

実施項目④-1：ビッグデータとシミュレーションの融合手法の検証

実施内容：

- 台風災害を事例に、各種データの融合による都市内の人流再現を試みた。具体的には、房総半島を縦断し、風水害だけでなく、電柱の倒壊等により停電が大規模に発生した令和元年の台風15号を対象に、事後データを用いて台風災害時の人流再現を行った。具体的には、生活行動シミュレータPCATSにモバイル空間統計データを同化させた人流予測の再現可能性を検証した。通常のPT調査は詳細な人の動きに適していないことから、人の動きの再現の最小単位として、小学校区として42ゾーンに分割した。さらに周辺自治体との移動が多いことから、市外ゾーンの設定など、本研究で意図した狭域のシミュレーションに適用できるように、狭域+広域のスケールの異なるゾーニングでのシミュレーションを実施した。同化対象のビッグデータは、モバイル空間統計は500mメッシュのものを用いて42ゾーンに合わせた。

期間：令和4年4月～令和5年3月

実施者：シミュレーション開発実装グループ

対象：千葉県市原市

実施項目④-2：移動速度データを活用したシミュレーションとの融合

実施内容：

- ④-1で実施した人流再現シミュレーションから得られた移動データを、道路ネットワークに適用し、道路上の交通量の再現をはかった。ただし災害時で道路の通行状態も不明確な中で、対象地域の貨物車の移動速度データを入手し、それを観測データとしてシミュレーションのパラメータを調整する仕組みを構築した。

期間：令和4年4月～令和5年3月

実施者：シミュレーション開発実装グループ

対象：千葉県市原市

(3) 成果

今年度の到達点①

対象地域と協議を行い、デジタルツインシティのベースデータを構築

実施項目①-1：対象地域の物理データの収集と、デジタルツインのプラットフォーム構築

成果：

- 新大阪駅構内での現地踏査により収集した新大阪駅構内の通路延長や通路幅員等の物理データをもとに、デジタルツインシティのベースデータとなる新大阪駅の3Dモデルを構築した



図 構築した新大阪駅の3Dモデル（上：全景 下：3階改札階レベル）

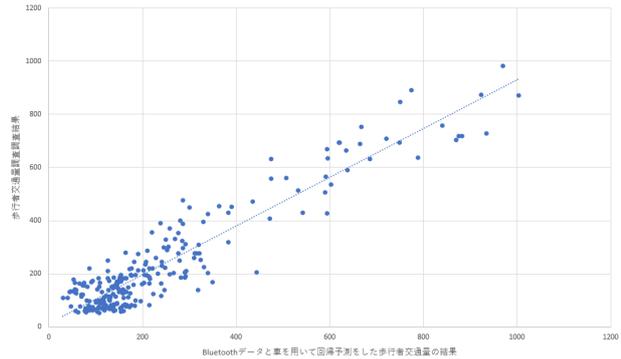


図 プラットフォーム上で人流を可視化したイメージ

実施項目①-2：デジタルツイン上で利用可能なリアルタイムデータの収集技術に関する検証

成果：

- BLEセンサの特性を鑑みて、従来行ってきたWi-Fiセンサとの比較を通じて、狭域における人流の捕捉可能性について検討を行った。BLEによる歩行流再現性は高く、さらにWi-Fiと比較して多数のサンプルを捕捉可能であることを示した。一方で、BLEの特性から、短距離の過剰推計が明らかになり、街中での歩行者流動指標として用いる際の注意点を示した。



BLEセンサを用いて予測した歩行者数と歩行者交通量調査の比較

今年度の到達点②

本研究成果の活用に向けた自治体・デベロッパー等の実務者との協議

実施項目②-1：大阪市計画調整局と対象地域を管轄する都市計画担当部局と意見交換会を実施

成果：

- 意見交換会は2回（第1回9月15日、第2回11月28日）実施した。意見交換では大阪市からシミュレーションの精度や将来予測が可能なスパン等に関する質問を受け説明することで、駅まち再開発での活用イメージを共有するとともに、非常時のリアルタイムデータを用いた帰宅困難者の行動や必要となる一時滞在空間のシミュレーションなど行政サイドからの新たな活用ニーズやアイデアを把握することができた。

実施項目②-2：JSTEシンポジウムの複合都市再生事業にかかわる交通マネジメントセッションでの議論

成果：

- 日々様々な変更がある都市内再開発事業は、人流だけでなく作業用車両等の出入りもあり、複雑なマネジメントが必要である。この時に本プロジェクトが進めているデジタルツイン×シミュレーションというスキームが有効ではないかと提案し、現在実施されている現場でのデジタルツインとシミュレーションの実施可能性を検討することとなった。ただし、人流シミュレーションの可能性について今後の研究開発を継続する必要があるとの留意点が指摘された。

実施項目②-3：甲府市都市計画関連部署と市街地再開発プロジェクトの事前評価可能性について協議

成果：

- 計画完成後のマネジメントに使うだけでなく、都市計画案の評価に使う可能性などの議論がなされ、都市計画案の評価に使うことができれば、より可能性が広がるとの意見を頂いた。

実施項目②-4：民間複数会社と本プロジェクトの研究成果の活用について協議

成果：

気象災害時の対応への活用可能性についてコメントを頂き、さらに通常時の来客予測などにも活用できるかについて意見を頂いた。特に平常時での使い方があると、災害時に使えるシステムになるとの結論になった

今年度の到達点③

狭域でのデータを活用したモデリングを実施する

実施項目③-1：新宿駅周辺におけるポイントデータを活用したシミュレータの構築

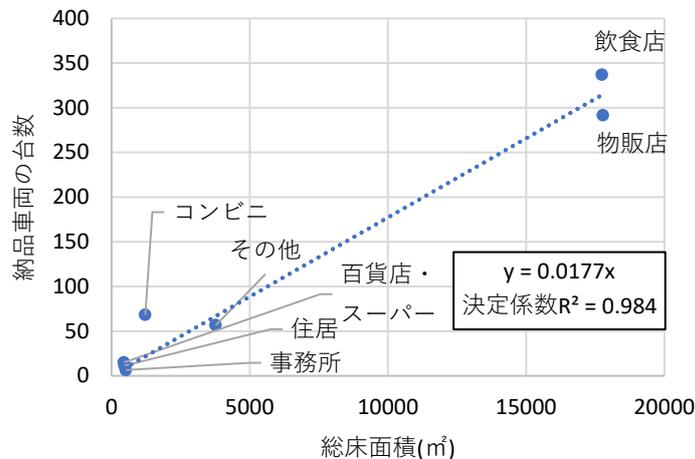
成果：

ネットワーク形状要因が、目的地選択の有意なパラメータとして推計され、災害時の街路の閉鎖等に応じた歩行者流動の変化を説明できるモデルを得ることに成功した。このモデルを用いて、新宿駅東西自由通路などのネットワーク改変の効果予測などを行った。

実施項目③-2：物流による駐車台数発生モデルの構築

成果：

- シミュレーション対象のデジタルツイン内で駐車台数発生を記述するために、建物用途別のモデル構築を実施し、下記の図に示すように、再現性を高めるモデルを構築できた。一方、コンビニエンスストアに対しては、適合度が高くなく、コンビニエンスストアに対しては別の取り扱いを行うべきとの知見を得た。



今年度の到達点④

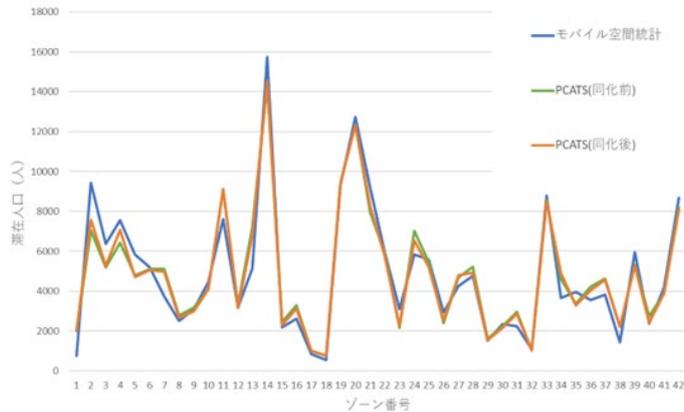
観測データを活用したモデル同化の仕組みを検証

実施項目④-1：ビッグデータとシミュレーションの融合手法の検証

成果：

- 交通ネットワークの状況データをもとに、時々刻々と変化する交通ネットワークの状態を作成し、それに基づいた人の動きを、出勤取りやめをパラメータとしてモバイル空間統計に同化した。その結果、総数での市内人口の増加を再現し、また、市外からの流入も推計可能であることを示した。下の図は、千葉県市原市を42ゾーンに分割した際の、それぞれにゾーンの

滞在人口再現性を12時の時点で確認した図である。

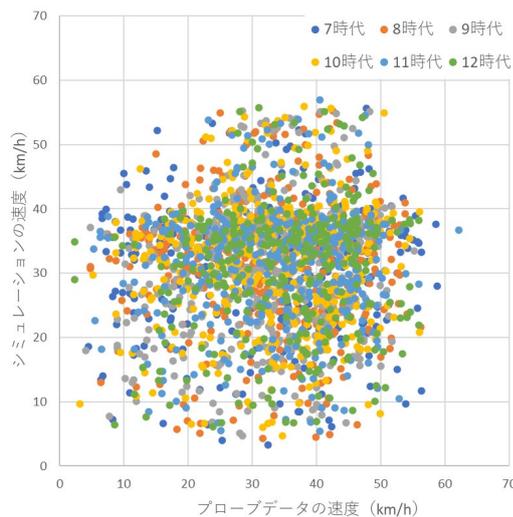


台風襲来時の午前12時の同化実施による再現性変化

実施項目④-2：移動速度データを活用したシミュレーションとの融合

成果：

- ④-1で生成されるOD交通量に追加して、バックグラウンドの交通量を道路交通センサスより推計した。さらに、一部の貨物車のデータから得られたリンク走行速度を指標として、シミュレータのリンクコストを動的に変化させることで同化を実施した。しかし、得られているデータが限定的であることや、バックグラウンドの交通量に変化が無いことから、現時点での観測データへの同化による精度改善はそれほど大きくなかった。それを示したものが下記の図である。同化の以前の結果と比較して、再現の偏りは減少したが、ばらつきはそれほど小さくならなかった。



Aimsunの結果とプローブデータのリンク速度の比較（コスト変更あり）

(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、シミュレーション開発実装に関して今年度に目標としていた狭域でのデータを活用したモデリングおよび観測データを活用したモデル同化の仕組みの検証を実施することができた。
- また、デジタルツイン都市構築に関して今年度に目標としていたデジタルツインシティのベースデータ構築および本研究成果の活用に向けた自治体・デベロッパー等の実務者との協議を実施することができた。
- 次年度の到達点としては、
 - 1) デジタル都市・リアルタイムデータ統合のプロトタイプ構築
 - 2) シミュレーションの高度化に向けた周辺モデルの構築
 - 3) 本開発手法の実利用に向けたユーザビリティの検証の3点を設定する。

2 - 3. 会議等の活動

年月日	名称	場所	概要
2022/4/13	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。
2022/5/6	研究開発実施者での現地視察	十三駅周辺等	デジタルツイン都市の構築を想定している、阪急十三駅周辺などの現地視察を行った。
2022/8/29	研究開発実施者での打ち合わせ	早稲田大学	本年度および今後の取り組み方針について改めて確認を行うとともに、総括面談のスケジュールおよび説明資料作成の役割分担の確認等を行った。
2022/8/31	RISTEXアドバイザー面談	WEB会議	前年度の実施内容、今年度の到達目標、進捗状況等を共有し、今後の進め方などについて意見交換を行った。
2022/9/15	大阪市計画調整局との打ち合わせ (第1回)	大阪市役所	本研究の研究開発目標やスケジュール、進捗状況などを説明した。デジタルツイン都市の利点として、空間制約がある地区及び構造物（例：鉄道駅）を対象とする場合に利点があることを共有した。
2022/10/17	甲府市都市計画課での中心市街地計画の意見交換	甲府市役所	現在進められている都市計画案に対しての意見を述べるとともに、データを活用したマネジメント手法の提案を行った。
2022/10/18	小売業者との打ち合わせ	オンライン	本プロジェクトの進展の説明と、民間事業者としての活用方法についての議論を実施した
2022/11/24	JSTEシンポジウム	札幌市教育文化会館	JSTEシンポジウムのセッションにおいて、当プロジェクトの紹介とその手法の都市再開発プロジェクトへの適用について提案。
2022/11/28	大阪市計画調整局との打ち合わせ (第2回)	大阪市役所	駅まち再開発での活用イメージの共有、帰宅困難者の行動や必要となる一時滞在空間のシミュレーションなど行政サイドからの新たな活用ニーズ・アイデアを得た。
2022/12/2	通信事業者との打ち合わせ	相手会社	データ取得および活用方法についての相談を受け、本取り組みを紹介し、活用可能性について意見を頂いた。
2022/12/21	RISTEXアドバイザー	WEB会議	本研究成果の活用に向けた自治体・デベ

	ザ一面談		ロッパー等の実務者との協議結果等，進捗状況等を共有し，今後の進め方などについて意見交換を行った。
2023/1/18	JR 西日本データ分析チームとの打ち合わせ	WEB会議	新大阪駅構内での現地踏査にあたり，踏査方法等の確認を行った。

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や自治体・デベロッパー等との協議を実施し、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。
- 民間事業者との連携で、多様なデータの活用可能性が高まっている。さらにアウトリーチ活動を進めることでより多くの関心を持ってもらえると思われる。一方過剰な期待も持たせてしまっていることから、適切なコミュニケーションに努める。

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③：狭域でのデータを活用したモデリングを実施

グループの役割：

データ収集，数学モデルの構築

実施項目④：前年度に設定した観測データを活用したモデル同化の仕組みを検証

グループの役割：

人流を実測する装置によるデータ観測，同化のアルゴリズムを開発
シミュレーションを通じて社会の姿を描く

(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株式会社

経営企画本部長・万博・IRプロジェクト室長

実施項目①：対象地域と協議を行い，デジタルツインシティのベースデータを構築

グループの役割：

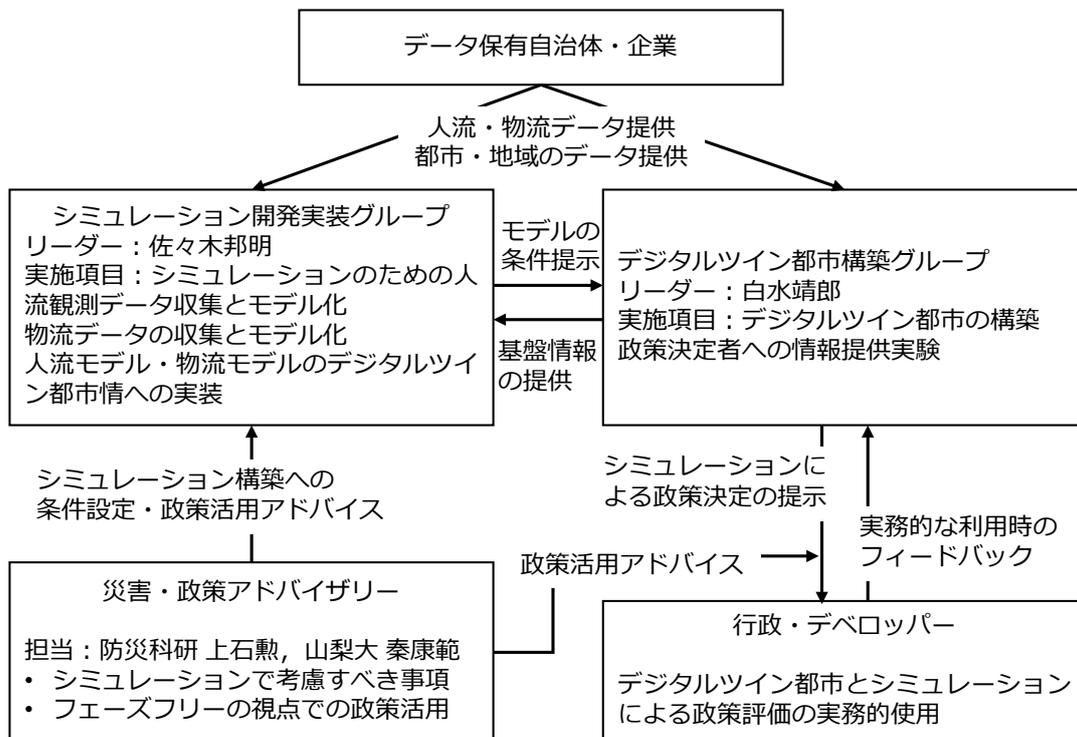
3Dモデルの構築

実施項目②：本研究成果の活用に向けた自治体・デベロッパー等の実務者との協議

グループの役割：

自治体・駅管理者のヒアリング，政策・施策活用方針協議

デジタルツインとシミュレーションの融合による新たな街づくりの姿を描く



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	事業創生 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	事業創生 グループ	サブリーダー
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

・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

・なし

(2) ウェブメディアの開設・運営

・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

・人流データの取得やそれらの活用等に関する研究事例，佐々木邦明，JSTEシンポジウム，2022年12月24日，札幌市教育文化センター

6-3. 論文発表

(1) 査読付き（ 2 件）

●国内誌（ 2 件）

- ・市販GPSを用いた駅周辺における歩行者の経路選択分析，吉田 竜聖，佐々木 邦明，小川 明人，北條 彰人，交通工学論文集 9(2) A_104-A_109 2023年2月
- ・Wi-Fiパケットセンサを活用した市街地における歩行者流動解析，武藤夏陽，佐々木邦明，都市計画論文集 57(3) 2022年10月

●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 1 件，国際会議 0 件）

・人流データの取得やそれらの活用等に関する研究事例，佐々木邦明，JSTEシンポジウム，2022年12月24日，札幌市教育文化センター

(2) 口頭発表 (国内会議 2 件, 国際会議 0 件)

- ・ 市販GPSを用いた駅周辺における歩行者の経路選択分析, 吉田 竜聖, 佐々木 邦明, 小川 明人, 北條 彰人, 交通工学研究発表会2022年8月
- ・ Wi-Fiパケットセンサを活用した市街地における歩行者流動解析, 武藤夏陽, 佐々木 邦明, 都市計画学会全国大会, 2022年10月

(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)