

G空間プラットフォームにおけるリアルタイム情報の利活用技術に関する研究開発

実施研究機関：(株)日立製作所、東京大学、KDDI (株)

研究開発期間：H26年度～H27年度

研究開発費：H26年 3.3億円、H27年 1.2億円 . . . 計 4.5億円

担当課室名：国際戦略局 技術政策課 研究推進室

1. 研究開発概要

目的

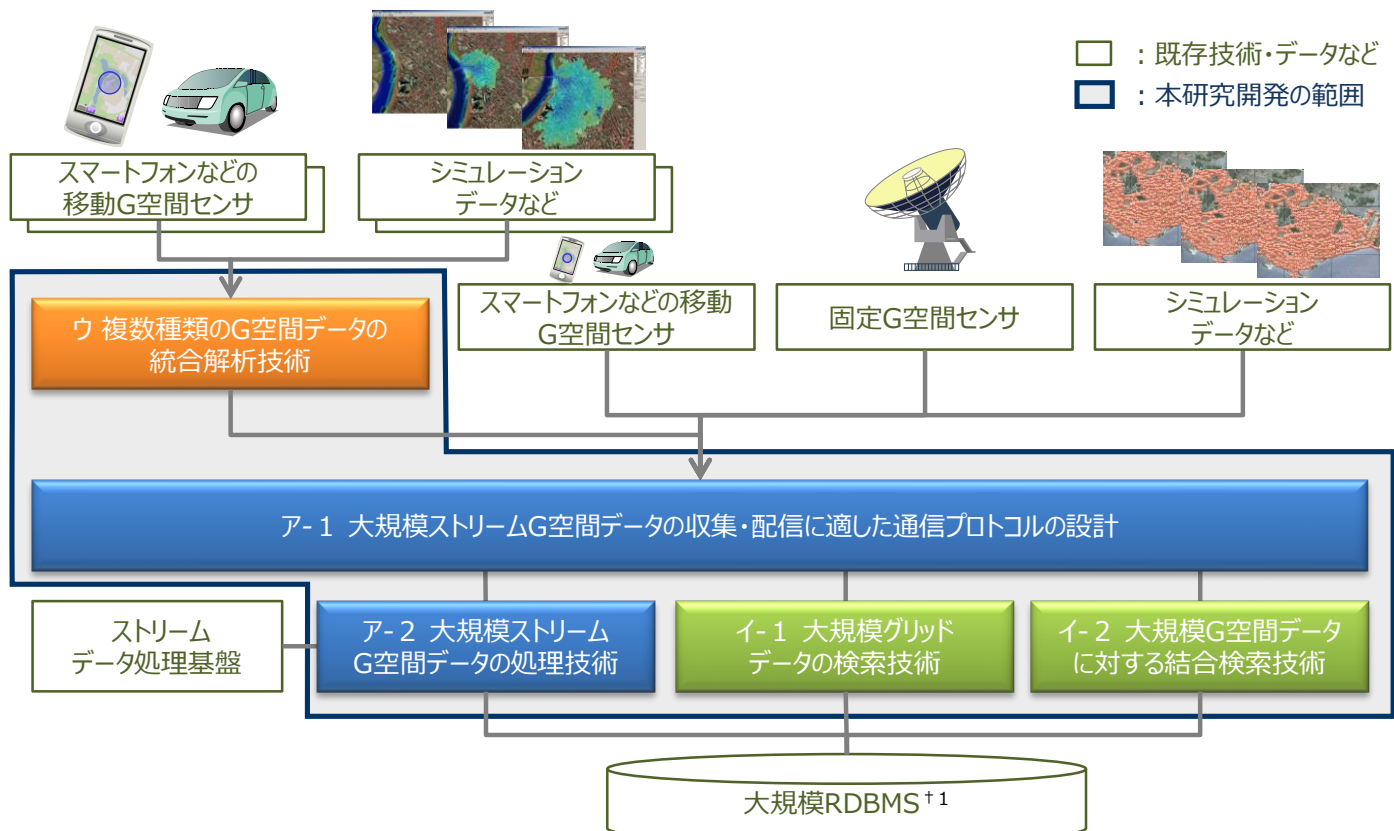
- スマートフォンやセンサネットワークが時々刻々と生成する大規模なG空間情報（動的G空間情報）の利活用によって、災害に強い社会の実現や新サービスの創出などが可能になると期待されているが、大規模な動的G空間情報をリアルタイムで利活用するための技術基盤は開発されていない。
- 本研究開発では、大規模な動的G空間情報をリアルタイムで利活用することを可能とする基盤技術の実用化に向けた研究開発に取り組む。

政策的位置付け

- 多数のセンサなどから得られるG空間データをリアルタイムに収集・配信、処理、蓄積する技術を開発することにより、発災時において最新の状況把握に基づく迅速な救助隊員の運用、被害者の避難誘導、救援物資や資材、ボランティアの最適配置などの実現に資する。
- 大規模災害発生時の観測データやシミュレーションデータなど大規模なG空間データを検索、分析する技術を開発することにより、被害の推移の予測の高精度化などに資する。

研究開発目標

- 逐次的に収集される大規模なG空間データのリアルタイム処理や蓄積を可能とする基盤技術を確立
 - ・ スマートフォン等からの大量の位置情報をリアルタイムに処理する技術（課題ア）
 - ・ 大規模なシミュレーションデータ等から必要なデータを高速に検索する技術（課題イ）
 - ・ スマートフォン等からの位置情報に欠落があっても精度良く人流を推定する技術（課題ウ）

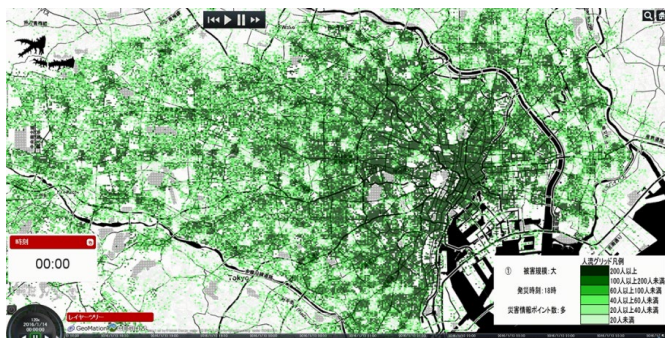


⁺¹ RDBMS (Relational Data Base Management System: リレーショナルデータベース管理システム)

2. 研究開発成果概要



研究開発目標は全て達成

研究開発課題	研究開発概要	担当
課題ア 移動G 空間センサが生成する大規模ストリームG 空間データのリアルタイム処理技術		
課題ア-1 大規模ストリームG空間データの収集・配信に適した通信プロトコルの設計	<ul style="list-style-type: none"> 大量の人の位置情報などを逐次処理するためのG空間データ処理技術を開発 収集・配信インタフェースを設計し国際標準化団体へ提示、到達目標の3,000件/秒を約1.9倍上回る性能を達成 	日立
課題ア-2 大規模ストリームG空間データの処理技術		日立
課題イ G空間データベースからの高速時空間検索技術		
課題イ-1 大規模グリッドデータの検索技術	<ul style="list-style-type: none"> 大量のシミュレーションデータなどから対象のデータを高速に検索する技術を開発 5,000億件規模のデータから観測データに類似するデータを10分以内に検索できることを確認、結合検索においても到達目標を約4.1倍上回る性能を達成 	日立
課題イ-2 大規模G空間データに対する結合検索技術		日立
課題ウ 複数種類のG空間データの統合解析技術		
課題ウ-1 平時移動モデル生成技術	<ul style="list-style-type: none"> 平時移動モデルを生成、既存データとの比較において強い相関があり、生成モデルの妥当性を確認 突発的なイベント抽出技術を開発、到達目標を約7倍上回る性能を達成 災害時などに元となるデータに欠落があっても人流を推定する技術を開発、50%程度のデータ欠落がある場合でも実用的な推定精度(相関率0.9)を達成 	KDDI・東大
課題ウ-2 突発的なイベント抽出技術		KDDI
課題ウ-3 複数G空間データ統合技術		東大
統合実証実験	<ul style="list-style-type: none"> 本研究開発が防災分野において有効である事を実証 統合実証においても提案時に設定した目標を達成 	日立・東大・KDDI



統合実証実験風景・システム表示画面

3. 政策目標の達成状況（経済的・社会的な効果）等

アウトカム指標	目標年度	数値目標等	達成状況
防災関連又はその他の分野（含む海外）への導入展開 	平成30年度	防災関連又はその他の分野（含む海外）へのシステム導入3件	設定した目標年度までにシステム導入 4 件を達成 ① <防災> 本開発成果を活用し平成29年度に開発した防災系の研究機関向けシステムを防災科学技術研究所に納入（平成30年度 日立） ② <マテリアルズインフォマティクス> 「大規模グリッドデータの検索技術」の成果を基に開発した製品を、高エネルギー加速器研究機構向け「磁性材料データベース可視化システム」に導入（平成28年度 日立） 本開発成果を活用し平成29年度に開発した材料科学の研究機関向けシステムを材料科学系研究機関に納入（平成30年度 日立） ③ <その他> 本開発成果を活用し、平成29年度に動線上のモバイル通信品質分析向けに開発を実施。同年度下期より社内サービスとして活用を開始、継続中（平成29年度～ KDDI）
研究開発成果の国際標準化 	平成29年度	研究開発成果の国際標準化1件	本研究開発成果の国際標準化 1 件を達成 本研究開発成果に関連する国際標準も 1 件成立 ① 位置情報のデータアクセス仕様「Moving Features Access」が地理空間情報の国際標準化団体OGC(Open Geospatial Consortium)標準として採択（平成28年度 日立） ② 「Moving Features Access」の参照実装の中で使用されていた「Moving Features Encoding JSON」がOGC 標準として採択（令和元年度 日立）
知的財産権取得 	平成32年度	研究開発成果として出願した特許の権利化5件	設定した目標年度までに特許全 9 件を登録 ① 閉鎖空間推定システム及び閉鎖空間推定方法（平成29年度 日立） ② 携帯端末を所持したユーザの滞在判定が可能な装置、プログラム及び方法（平成29年度 KDDI） ③ 異なる距離を用いた判定結果から滞在又は移動を推定する装置、プログラム及び方法（平成30年度 KDDI） ④ 複数の推定用距離を用いて移動速度を推定する装置、プログラム及び方法（平成30年度 KDDI） ⑤ 通信履歴から使用路線を推定する装置、プログラム及び方法（平成30年度 KDDI） ⑥ 通信レコードに基づき移動端末を測位する装置、プログラム及び方法（平成30年度 KDDI） ⑦ 監視システム（令和元年度 日立） ⑧ 情報処理システム、及び、情報処理方法（令和元年度 日立） ⑨ 推定装置、推定方法及びプログラム（令和元年度 東京大学）

4. 研究開発成果（アウトプット目標）から生み出された科学的・技術的な効果

- GPSなどの観測データから人の行動を把握したり、その行動をモデル化することでシミュレーションや将来予測に役立てる

本研究で得た知見や技術をもとに、人の行動を予測したり、人流データを再現するための研究を継続して実施している。代表的な研究成果を以下に示す。

- Open PFLOW: Creation and evaluation of an open dataset for typical people mass movement in urban areas, Transport Research PartC, Impact factor: 3.725 in 2017
統計データを組み合わせることで、典型的な一日の行動を示すような生成し、オープンデータとして広く公開した。
- Development of people mass movement simulation framework based on reinforcement learning, Transport Research PartC, Impact factor: 5.775 in 2018
GPSデータを学習データとして、逆強化学習を使用することで、人の目的地決定に関する効用パラメータを決定し、それをういて強化学習を実行することにより、高精度な人の流動を推定するための新たなモデルを構築した。
- Non-Compulsory Measures Sufficiently Reduced Human Mobility in Tokyo during the COVID-19 Epidemic, Scientific Reports, Nature, Impact factor in 2019: 3.998)
携帯電話データログからコロナ渦における人間のモビリティ行動の時間的変化、社会的接触率、およびCOVID-19の感染率との相関を分析結果を発表した。

5. 副次的な波及効果

人材育成 研究者育成

- 東京大学では本プロジェクトに関連する分野の研究を行った修士、博士課程の学生を多く育成し社会に輩出
- 日立製作所では研究開発成果の国際標準化活動や学会発表を通して、グローバルな研究者との人脈形成や、Technical Committee・国際学会などでの議論により研究者のダイバーシティが向上し、グローバルで多様な視点を持った人材育成・研究者育成に繋がったと思慮

異分野融合・ 研究連携 等

- 2019年11月より、東京大学生産技術研究所「デジタルスマートシティイニシアティブ」社会連携研究部門では都市運営のためのデジタルシティの構築を目指しているが、本研究で蓄積した人流ビッグデータ技術をもとに、デジタルシティを支えるデータ基盤整備を推進
- 大規模な時空間データからの類似データの高速検索技術の活用分野として、日立製作所が研究開発当初は想定していなかったマテリアルズインフォマティクス分野を開拓し、地理空間情報分野とは異なる分野との融合を実現

6. アウトカム目標の達成に向けた取組計画の達成状況等

(1) 事業化に向けた取組計画・体制等の有効性

事業化に向 けた 実行的な取 組計画の有 効性

- 事業化については、研究開発技術を製品化し、研究終了時にターゲットとしていた防災分野（防災科学技術研究所）への導入により、国民の安心・安全確保に貢献できた。
- 研究開発技術の新たな活用分野を開拓し新産業・新サービスへの展開を図るとともに、通信事業における通信品質の改善に繋げる自社利用ツールを導入し、我が国の社会インフラ維持・向上と国民の利便性向上に貢献できた。
- 国際標準化については研究終了後も国際標準化団体での活動を継続し、国際標準を獲得した。また国内の研究機関との連携により、派生した国際標準も追加で獲得し、本分野における日本のプレゼンスを高め、国際的な競争力の強化にも貢献できた。

アウトカム目 標達成に向 けた体制の有 効性

- 研究期間中は総合ビジネスプロデューサ、および各社ビジネスプロデューサを設置したことで、標準化や実用化を意識し研究を推進することができた。
- また研究終了後もビジネスプロデューサが、標準化や製品化などを管理・監督することで研究で終わらせることなく事業に繋げることができた。

6. アウトカム目標の達成に向けた取組計画の達成状況等（つづき）

（2）周知活動等の実績

・各々の件数は国内分と海外分の合計値であり（括弧）内は、そのうち海外分のみ件の数を再掲

- 研究開発成果は、国内外の主要な学会や展示会、セミナー等において、**研究開発期間中に47件**、**研究開発終了後に50件**と積極的な周知活動を実施し、国内外で**4件の受賞**も得ている。

	提案時計画		実績	
	研究開発 期間中	研究開発 終了後	研究開発 期間中 <small>（平成27年度以前）</small>	研究開発 終了後 <small>（平成28年度～令和2年度）</small>
査読付き誌上発表論文数	0 件 (0 件)	4 件 (1 件)	2 件 (0 件) ※1	17 件 (14 件) ※2
査読付き口頭発表論文数	3 件 (2 件)	4 件 (2 件)	14 件 (11 件)	15 件 (15 件)
その他の誌上発表数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	3 件 (1 件)	1 件 (0 件)
口頭発表数	24 件 (5 件)	3 件 (1 件)	28 件 (7 件)	17 件 (1 件)
特許出願数	5 件 (0 件)	1 件 (0 件)	9 件 (3 件)	0 件 (0 件)
特許取得件数	0 件 (0 件)	4 件 (0 件)	0 件 (0 件)	9 件 (0 件)
国際標準提案数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	1 件 (1 件)
国際標準獲得数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	1 件 (1 件)
受賞数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	4 件 (1 件)	0 件 (0 件)

※1 土木学会及び交通工学論文誌

※2 情報処理学会論文誌、
Journal of Disaster Research、
SIGSPATIAL 等

（3）他プロジェクト・後継プロジェクトへの展開など

- 本研究開発技術を継承した**研究開発プロジェクト等により研究開発を継続**
- 新たなプロジェクトの組成や利活用開拓を通じて、**科学技術の発展や研究者の人財育成に貢献**

プロジェクト名称	プロジェクト概要
科研費若手, 2021-2023	人間参加型人の流れシミュレーションのための仕組みを構築
科研費基盤C, 2020-2023	強化学習とデータ同化を用いた携帯データからの日々の変動を捉えた人流データを生成
生産技術研究所「デジタルスマートシティニシアティブ」社会連携研究部門、2019-	情報技術を活用し、都市管理のためのデジタルシティの構築を目指すための研究部門
東京大学生産技術研究所、新型コロナウイルス感染症対策のための研究活動支援、2020	コロナウイルス感染伝播を想定した疑似人流データを生成
東京大学生産技術研究所、助教研究支援、2020	全人口規模の疑似人流データを生成
ソーシャル・ビッグデータの利活用・基盤技術の研究開発（平成28年度～平成30年度）	情報通信研究機構のG空間プラットフォームを活用したソーシャル・ビッグデータの利活用拡大に向けた共通機能を開発し、防災や観光をユースケースとした実証を基礎自治体と実施し、有効性の確認や利活用拡大に向けた課題を抽出

7. 政策へのフィードバック

（1）国家プロジェクトとしての妥当性、プロジェクト設定の妥当性

国家プロジェクトとしての妥当性	<ul style="list-style-type: none"> ● 地理空間情報活用推進基本法、同法に基づき策定された第二期地理空間情報活用推進基本計画、さらに日本再興戦略や世界最先端IT国家創造宣言などを受けて策定された「レジリエントな防災・減災機能の強化」に資する施策として本プロジェクトは位置づけられている。 ● G空間情報を利用して防災分野のみならず新産業・新サービスに繋がる研究開発成果を創出したことは、国民の安心・安全だけでなく国際競争力の確保にも貢献できることから、国家プロジェクトとして妥当であったと考える。
プロジェクト設定の妥当性	<ul style="list-style-type: none"> ● 従来の地理空間情報分野の技術は、時間的に変化しない、或いは時間的な変化が非常に緩やかなものを対象としており、扱うデータ量もそれほど大規模なものでは無かった。また平常時の情報の活用を前提とし、データの急激な変化や欠落を想定したものでは無かった。 ● その一方で、当時はセンサ技術や通信技術の高度化が急速に進みつつあり、リアルタイムな時空間データや大規模な時空間データを処理する技術、災害などによりデータが急激に変化する、或いはデータが欠落しても人などの移動体の動きを推定する技術の研究に着手するタイミングとしては、当時の状況を鑑みるとプロジェクト設定は妥当であったと考える。

7. 政策へのフィードバック (つづき)

(2) 今後の政策へのフィードバック

主な成果

- 研究成果を実装し、各社技術と一体のシステムとして実証
- 国内外で評価される研究成果を達成
- 研究開発中から製品化や実用化を意識し、関係部門と調整を進めたことで製品化や実用化をスピードアップし導入展開を実現
- 市場の変化に対応し、新産業・新サービスに資する研究開発技術を展開（防災→マテリアルズインフォマティクス）



今後の政策へのフィードバック

- 本研究開発の取り組みによって、大規模な動的 G 空間情報をリアルタイムで利活用するための技術基盤を確立できたことは、我が国の安心・安全に資するだけでなく、新産業・新サービスの創出にも貢献できたことから今後の基盤技術開発の参考となる事例と考えます。
- 一方で、広く実用化及び普及展開を進めるためには、研究開発と社会実装に向けた支援や適切な研究期間の設定も重要であると考えます。

総合評価 (自己評価)

アウトカムの形は防災分野のみならず新産業・新サービスに繋がる成果を上げ、以下の観点から総合的にみて、当初の研究開発目標は達成し、研究開発着手から現在までの期間において、研究開発投資に見合う一定の成果を上げられたと自己評価致します。

- 本研究開発技術を適用した製品を実現し、その製品を組み込んだシステムを防災関係機関や材料関係機関に導入することで普及展開を図り、我が国の安全・安心の向上や産業分野における国際的競争力の確保に貢献
- 本研究開発技術の一部は国際標準化団体で標準化され、地理空間情報分野における我が国のプレゼンス向上や国際的競争力強化に貢献
- 本研究開発成果は、交通工学論文集、Journal of Disaster Research、SIGSPATIALと国内外の主要なジャーナルや国際会議論文集に掲載され、客観的な評価を獲得
- 本研究開発技術を継承した研究開発プロジェクト等により研究開発を継続し、我が国の科学技術力の向上や新たな市場の形成に貢献
- G空間情報の一部としての通信ログ分析技術の開発を通じて、通信ログの本来の役目である通信品質の把握手法を進化させ、問題の検出(及びその復旧)を含む通信品質のさらなる向上を可能にした点において、我が国の社会インフラ維持・向上と国民の利便性向上に貢献