

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

Research and development of techniques about use and application of real-time information in G-space platform

代表研究責任者 菅原 敏 株式会社 日立製作所

研究開発期間 平成 26 年度～平成 27 年度

【Abstract】

Large quantities of data (dynamic geospatial information) observed by smartphones and sensor networks make a society resilient to disasters and create new services. The technology infrastructure to utilize such massive quantities of dynamic geospatial information in real time has yet to be developed. We developed practical implementations of a technology infrastructure to enable the utilization of large-scale dynamic geospatial information in real time.

We established a platform technology as below.

- Enable real-time processing of large-scale geospatial data as and when it is collected.
- Enable high-speed searching of massive geospatial data collections to find geospatial data matching observation data.
- Estimate the distribution of moving bodies, such as human migration or displacement, without relying on direct observations, by combing multiple types of geospatial data.

We conducted performance verifications by means of integrated verification tests, and assess the effectiveness and technical issues of the technologies by applying them to real-world, functioning disaster-prevention systems.

1 研究開発体制

- 代表研究責任者 菅原 敏 (株式会社 日立製作所 (以下、日立))
- 研究分担者 関本 義秀 (国立大学法人 東京大学 (以下、東大))
西山 智 (KDDI 株式会社 (以下、KDDI))
小野 智弘 (株式会社 KDDI 研究所 (以下、KDDI 研))
- 総合ビジネスプロデューサ 丸田 哲也 (株式会社 野村総合研究所 (以下、NRI))
- ビジネスプロデューサ 谷本 順一／吉田 美樹 (日立)
中條 覚 (東大)
宇佐見 正士 (KDDI)
杉山 敬三 (KDDI 研)

※1 KDDI 研は平成 26 年度のみ参加 (平成 27 年度は KDDI に集約)

※2 日立のビジネスプロデューサは平成 27 年度に谷本順一から吉田美樹に交代

○ **研究開発期間** 平成 26 年度～平成 27 年度

○ **研究開発予算** 総額 457 百万円

(内訳)

平成 26 年度	平成 27 年度
333 百万円	124 百万円

2 研究開発課題の目的および意義

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（以下、「動的 G 空間情報」という）の活用によって、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活用するための技術基盤は開発されていない。そのため、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。

地震や洪水などの災害発生時には、平常時とは異なる急激な環境の変化（水位の急上昇、地盤の沈下、崖や橋の崩落、市街地の延焼など）が発生し、人や車などの移動体の動きにその影響が現れる。多数のセンサなどから得られる G 空間データ（位置情報、位置に付帯する情報及び時間情報から構成される地理空間データ）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、被災者の避難誘導、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。また、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。

3 研究開発成果（アウトプット）

3. 1 課題（1）大規模 G 空間データのリアルタイム利活用技術

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

人口100 万人規模の政令指定都市または中核都市での地震による火災やゲリラ豪雨など突発的事象を想定し、100 万台以上の移動 G 空間センサを含む G 空間センサが 5 分毎に G 空間データを発信する環境や、タクシー等常時位置情報の確認が可能な 3000 台以上の移動 G 空間センサが 1 秒毎に G 空間データを発信する環境の両方を想定し、これらのストリーム G 空間データを漏れなく収集しながら、複数のストリーム G 空間データ間の位置関係に基づく処理と処理結果の蓄積をリアルタイムで完了する技術を開発し、想定したデータ量をリアルタイムに処理できることを実証する。

また、G 空間データの収集・配信形式について、国際標準化機関に提案可能な標準仕様案を作成する。

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（担当：日立）

本課題では、移動 G 空間センサ（スマートフォンや通信カーナビなどの移動しながら G 空間データを送信するセンサ）および固定 G 空間センサ（雨量計や降雨レーダーなどの特定の観測地点や観測地域の G 空間データを送信するセンサ）によって得られるストリーム G 空間データ（移動 G 空間センサや固

定 G 空間センサから、逐次的に収集される大規模な G 空間データ) を遠隔地にあるコンピュータに収集するとともに、G 空間データベースサーバから外部へ情報を配信するのに適した効率的なアプリケーション層の通信プロトコルを設計した。具体的な成果は以下のとおりである。

- ・ G 空間データの収集に適した通信プロトコルについては、複数の既存通信プロトコルの比較検討、及び基本的な通信性能の評価を実施し選定した通信プロトコルに基づく収集インタフェース (機能) 仕様案を設計した。
- ・ G 空間データの配信に適した通信プロトコルについては、Open Geospatial Consortium (地理空間情報分野における国際標準化団体) の標準仕様で対応できることを確認したため、その標準仕様に基づく配信インタフェース (機能) 仕様案を設計した。
- ・ これらを取り纏めた受配信インタフェースの標準仕様案を作成し、さらに当初の計画にはなかった Open Geospatial Consortium への本標準仕様案の提示を行った。

課題ア-2 大規模ストリーム G 空間データの処理技術 (担当: 日立)

本課題では、大規模なストリーム G 空間データ群 (例: 時々刻々と変化する人々の位置) に対して、それらの間の距離が閾値以上 (或いは以下) であることを高速に判定する (例: 孤立状況にある人を見つけ出す) リアルタイム処理技術を開発した。具体的な成果は以下のとおりである。

- ・ 空間を格子状の領域に分割して管理し、大規模なストリーム G 空間データ群の中から対象となる区画のデータのみをリアルタイムに処理する技術を開発した。
- ・ 更なる性能改善のため、本手法を並列化処理する手法を開発した。
- ・ 100 万人、密度 10,000 人/km² 規模の擬似的な位置データを用いた性能評価を実施した結果、4 並列処理を行うことで到達目標 (3,000 件/秒) を 1.9 倍上回る 5,814 件/秒を達成した (図 1)。

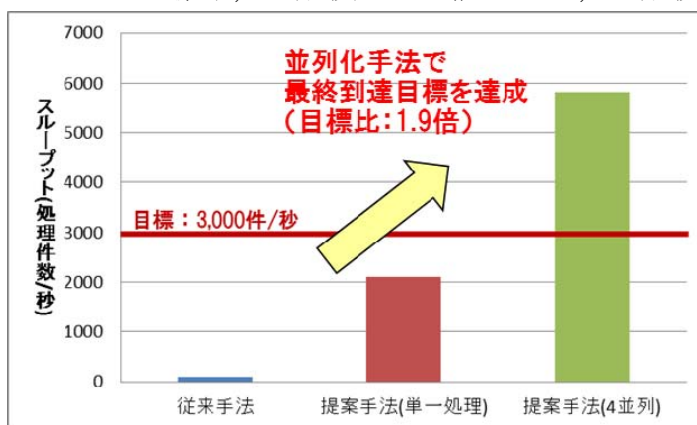


図 1 従来手法と提案手法(単一・4 並列処理)の測定結果

課題イ) G 空間データベースからの高速時空間検索技術

人口100 万人規模の政令指定都市または中核都市 (約300 キロ平米) における津波シミュレーションでは1 時空間シナリオあたり約5 億件規模のG 空間データが生成されるが、例えば震源の深さ・地震の強さ・震災の位置をそれぞれ10 段階にパターン化し1000 件の時空間シナリオを想定した場合、全体として数千億件規模のG 空間データが蓄積される。こうした数千億件規模のG 空間データベースから、数百程度のG 空間データと一致または類似するG 空間データを含む数件の時空間シナリオ

を検索する技術を開発し、従来の検索技術によると100分以上の時間を要する検索処理を10分以下で完了できることを実証する。

課題イー1 大規模グリッドデータの検索技術（担当：日立）

本課題では、自然災害シミュレーションなどで一般的に用いられる、格子状に分布するG空間データ（グリッドデータ）形式で蓄積された大規模なデータベース（例：様々な条件でシミュレーションされた火災延焼データ）から条件（例：災害時の断片的な災害情報）に合致する時空間シナリオ（例：火災による現在の延焼状況と今後の時間的推移）を高速に検索する技術を開発した。具体的な成果は以下のとおりである。

- ・ 空間を格子状の区画に分割すると同時に時刻も一定間隔で分割して得られる時空間区画を定義し、グリッドデータはそれぞれ所属する時空間区画の識別番号を用いて管理することで高速な時空間検索技術を開発した。
- ・ 10億件以下のグリッドデータを用いた従来手法と提案手法との性能評価により、提案手法の有効性（従来比190倍高速化）を確認した（図2左）。また、500億件規模のグリッドデータを用いた性能評価を実施した結果、検索処理時間は23秒を達成した。

性能評価過程でグリッドデータの拡大に対する検索時間の増加傾向を見たところ、指数関数的な増加や線形的な増加の傾向は見られなかった。このことから試算した結果、データ量の増加に対し検索処理時間が線形的に増加したと仮定した場合でも154秒（到達目標の3.9倍高速化）の見積りとなり、実際に5,000億件規模のデータを用いた評価を行わずとも到達目標である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した（図2右）。

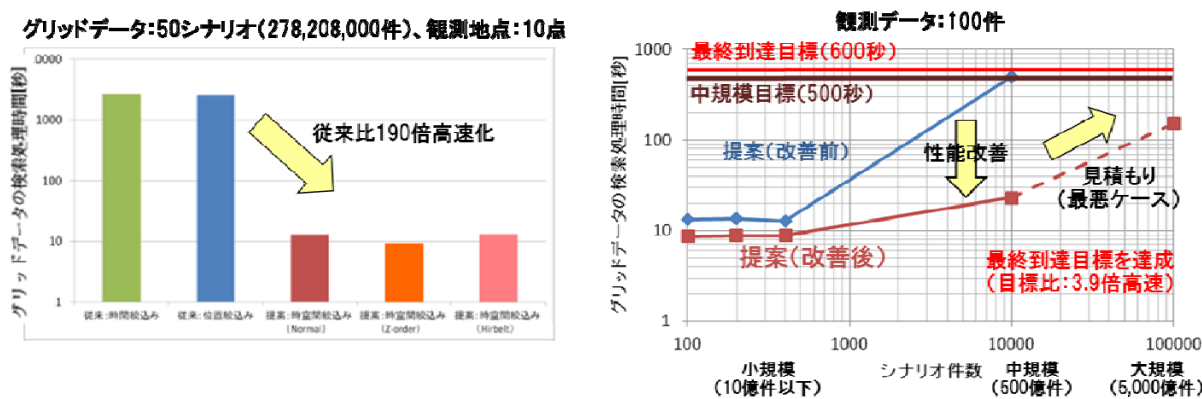


図2 従来手法（左）と提案手法の測定結果及び見積（右）

課題イー2 大規模G空間データに対する結合検索技術（担当：日立）

本課題では、移動G空間センサやシミュレーションなどから得られる大規模な人や車の位置情報（ポイントデータ）を高速に検索するとともに、時空間シナリオ（例：火災延焼推定データ）などのグリッドデータとの時間及び空間の重ね合わせを高速に処理（例：火災に遭遇している可能性のある人の数を推計）可能な結合検索技術を開発した。具体的な成果は以下のとおりである。

- ・ グリッドデータと同様に、空間を格子状の区画に分割すると同時に時刻も一定間隔で分割して得られる時空間区画を定義し、ポイントデータにおいてもそれぞれ所属する時空間区画の識別番号を用いて管理する。従来の結合検索技術をこの時空間区画にあわせて拡張することによ

て、時間とともに推移するデータの高速な結合検索技術を開発した。

- ・ 10 件/時間のポイントデータと 25 万件/時間のグリッドデータを用いた従来手法と提案手法との性能評価により、提案手法の有効性（従来比 780 倍高速化）を確認した。（図 3 左）
- ・ 時間間隔の異なる 140 万件/分のポイントデータと 25 万件/時間のグリッドデータを用いた性能評価を実施した結果、到達目標である検索処理時間 10 分以内を上回る 147 秒（到達目標の 4.1 倍高速化）を達成した。（図 3 右）

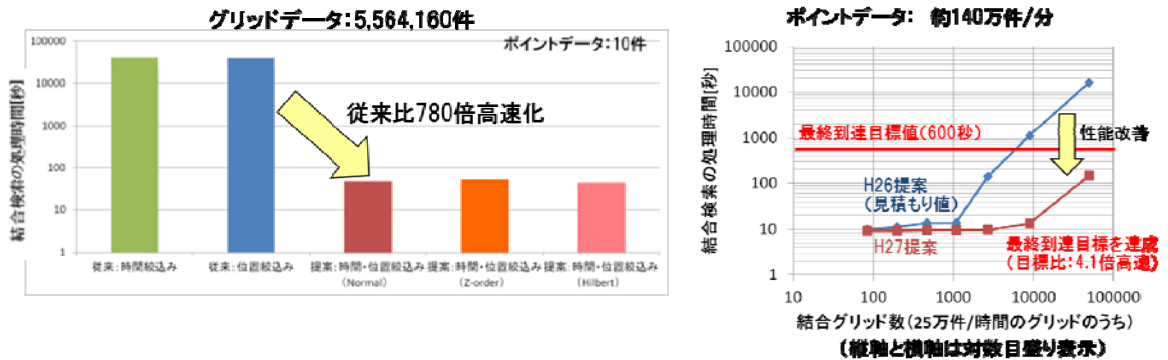


図 3 従来手法（左）と提案手法の測定結果（右）

課題ウ) 複数種類のG 空間データの統合解析技術

スマートフォンや通信カーナビなどから得られる移動体のG 空間データと、それ以外のユーザ提供型G 空間データを2 種類以上組み合わせて移動体分布をリアルタイムで推定する統合解析技術を開発し、各G 空間データに5 割を超える欠落が発生した場合でも実用的な精度で移動体分布を推定できることを実証するとともに、データが欠落していない場合に得られる移動体分布との誤差を定量的に評価する。

課題ウー 1 平時移動モデル生成技術（担当：KDDI、東大）

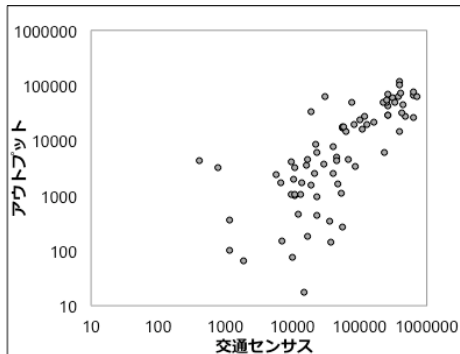
本課題では、災害によってスマートフォンから得られる移動体のG 空間データに欠落が発生し、移動体分布の推定が困難な状況においても、平時の交通調査データやスマートフォンから得られる移動体のG 空間データを用いた移動体分布を「平時移動モデル」として事前に準備し、平時移動モデルに災害時複数G 空間データを組み合わせることで、災害時においても実用的な精度での移動体分布の推定を可能とする為の平時移動モデル生成技術を開発した。具体的な成果は以下のとおりである。

① 移動体のG 空間データからの平時移動モデルの生成（担当：KDDI）

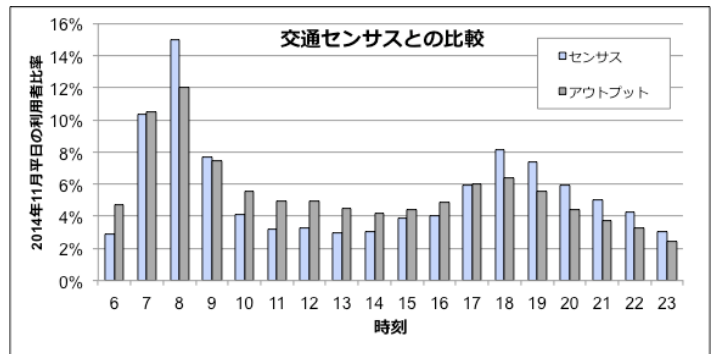
- ・ 移動体のG 空間データから、「主要滞在地の推定」「主要滞在地の意味推定」「主要滞在地間の移動手段推定」を行う技術を開発し、それらによるユーザ行動の推定結果から平時移動モデルを生成した。
- ・ KDDI が保有する数十万人規模且つ長期間に及ぶG 空間データを用いて開発技術の評価を実施し、第 11 回大都市交通センサスデータと比較（図 4）したところ、総サンプル数 110 万件で相関係数が 0.768 となり、一般的に強い相関があるとされる相関係数値 0.7 を上回った。このため実用的な精度で移動体分布を推定するという到達目標を達成できたと考える。
- ・ G 空間データの量を減らして精度を確認したところ、約 10 万サンプルのデータでも相関係数

0.772 となり、同様に 0.7 以上であることから十分な精度が実現できたと考える。

- ・ 夏冬のデータを比較することで、また札幌と東京の2つの都市のデータを比較することで、地域や季節に係らず今回開発の平時移動モデル生成方式が適用できることを確認した。



(a) 路線別の相関



(b) 時間帯ごとの比較

図 4 分析結果とセンサス間の相関

② 交通調査データからの平時移動モデルの生成 (担当：東大)

- ・ 統計データから得られるカテゴリごとの人口数と調整後の拡大係数のカテゴリごとの総和の一致、拡大係数が 0~100 という2つの制約のもとで、調整後のメッシュ人口と観測値の差が最小になるように線形計画問題として BFGS-L 法を用いて拡大係数を調整した。その結果、相関係数の時間平均が 0.58 から 0.65 に改善した (図 5)。
- ・ 以上の結果に対して、更に拡大係数の調整に加えて Earth Mover's Distance を算出する際に用いられる最適化手法を用いて初期分布を調整することで相関係数の時間平均が 0.58 から 0.84 に改善 (図 5) し、一般的に強い相関があるとされる相関係数値 0.7 を上回った。これにより目標のバイアスの少なく、高いサンプル率である過去の交通調査データを用いて拡大係数等を調整しながら、全体の分布バリエーションを構成する技術を確立した。

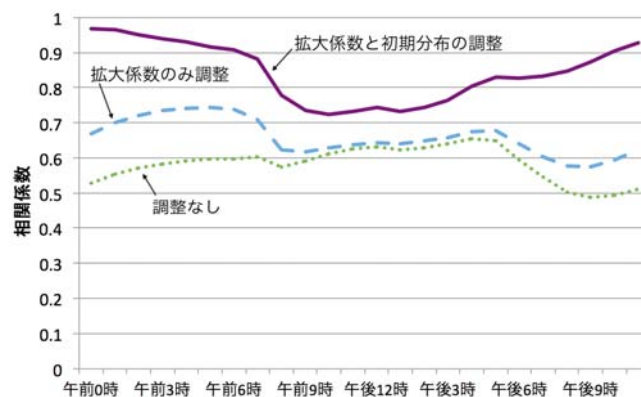


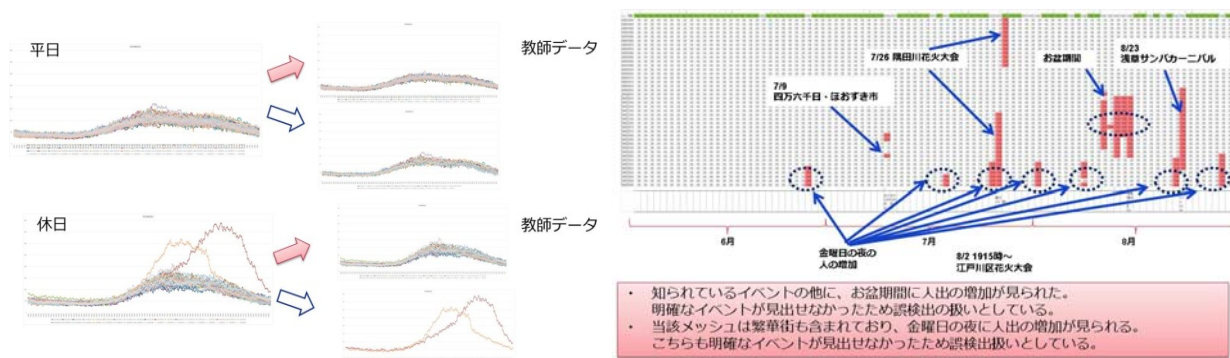
図 5 拡大係数及び初期分布の調整による精度の変化 (相関係数)

課題ウー 2 突発的なイベント抽出技術 (担当：KDDI)

本課題では、平時移動モデルではユーザの日常的な行動のみが表現されており、イベントなどによるユーザの非日常的な行動が欠落する事から平時移動モデルのみを使用すると、実際の移動体による G 空

間データ分布と異なる推定分布となる恐れがある。そこで推定値を補正し精度向上を図る為の要素技術として移動体の G 空間データの統計値からリアルタイムにイベントを抽出する技術を追加で開発した。具体的な成果は以下のとおりである。

- ・ k-近傍による異常値検出手法的一种である LPE 法をベースにリアルタイム化した手法と、その教師データの自動生成手法を開発した。
- ・ KDDI が保有する数十万人規模の G 空間データを用いて評価を行い、500m メッシュでのユーザ分布推定値を用いて、関東圏の 2014 年度夏季だけで 209 件のイベントを検出し、最終目標である年間 30 件以上のイベント検出を実現した。図 6 に浅草雷門付近でのイベント検出例を示す。
- ・ 検出失敗も考慮した F 値は 0.7 となり、従来方式である平均値を閾値とする統計的手法(F 値=0.62 より高性能であることを確認し、推定値の補正の為のイベントが検出できる事を確認した。



(a) 教師データの自動生成

(b) イベント検出結果

図 6 イベント検出例 (浅草雷門付近)

課題ウー 3 複数 G 空間データ統合技術 (担当: 東大)

災害時にはデータが断片的にしか得られない可能性があるため、本課題では災害時の人の行動をモデル化して得られる推定値と、断片的な観測値等を組み合わせて高精度な推定結果を得る複数 G 空間データ統合技術を開発した。具体的な成果は以下のとおりである。

- ・ 新たなデータ同化手法であるナッジング項のある提案分布を持つ粒子フィルタを考案した。
- ・ 移動体の G 空間データとそれ以外のユーザ提供型 G 空間データを組み合わせた推定として、通信ログ (CDRs) にもとづく人口メッシュデータとユーザからの災害情報にもとづく、火災延焼推定データを組み合わせて、災害時における人流をリアルタイムに推定する統合解析技術を開発した。
- ・ リアルタイムな移動体の G 空間データから、5 割を超える欠落が発生した場合と欠損が無い場合のそれぞれのケースについて移動体分布の推定精度を評価し(図 7)、下記の結果を得た。
 - 50%の観測値がある場合(図中の"Assimilation data to 50% of the observation data)でも、18:30で相関係数がわずかに0.9を下回る以外は全ての時刻において相関係数0.9以上の精度を達成した。一般的に強い相関があるとされる相関係数値0.7を大幅に上回る精度であり、実用的な精度であるといえる。

- 正解データと推定値の比較において、推定に必要な観測値に欠落が無い場合の相関係数は 0.96 以上と非常に高く、実用的な精度を実現している。また観測値に 50%の欠落があった場合でも相関係数は 0.9 を超えた値を維持しているため、観測値に 50%程度の欠落がある状況下でも実用的な精度が維持できている。

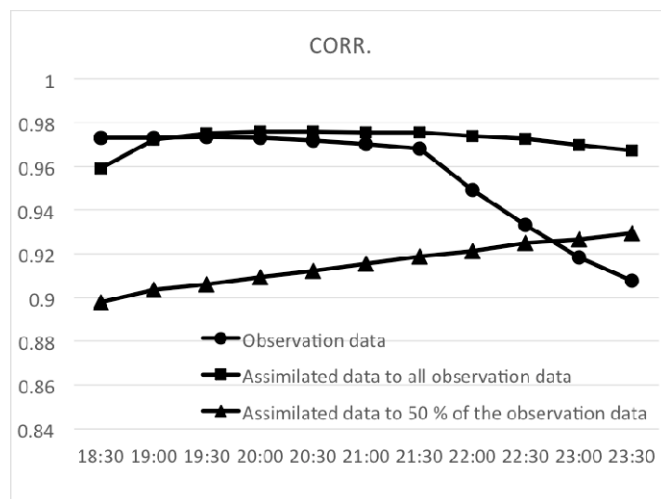


図 7 観測値の欠損率による精度の差

3. 2 課題（2）統合実証実験

課題（1）で開発した技術を統合実装した実証処理基盤を構築し、統合環境においても課題（1）の到達目標を達成する性能を得る。また、現実的・実践的な利活用シーンを想定した上で、内閣府、文部科学省、消防庁の協力の下、消防庁の「緊急消防援助隊動態情報システム」、「ヘリコプター動態管理システム」、「災害対応時系列システム」や、都道府県の「防災情報システム」のうち消防庁への災害報告に関する機能、民間が保有する自動車の通行実績情報を連携させた実証実験システムを構築して、同利活用シーンの想定に基づく実証実験を実施し、開発した技術の有効性と技術的課題、消防の部隊運用への効果を評価する。

現実的・実践的な利活用シーンを想定した統合実証実験シナリオに基づき、研究開発技術を実装した統合実証実験システムを構築し、関係府省庁の協力の下、統合実証実験を実施した。また、統合実証実験システムにおいても到達目標を達成する性能が得られる事を確認した。具体的な成果は以下のとおりである。

統合実証実験（担当：日立、東大、KDDI）

- ・ 総務省「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に関する調査」の結果を基に統合実証実験シナリオ案を策定し、研究開発運営委員会で頂いた意見をシナリオに反映する事で最終的な統合実証実験シナリオを策定した。なお当初は、特定の防災関係機関（例えば総務省消防庁）を想定した統合実証実験シナリオ案を考えていたが、検討の過程で総合ビジネスプロデューサからのアドバイスにより、より幅広い防災関係機関で活用可能な統合実証実験シナリオ案にブラッシュアップした。
- ・ 統合実証実験シナリオに基づき研究開発技術を実装した統合実証実験システム（図 8）を

構築するとともに、実証実験用の試作消防システムを構築し、実証処理基盤とした。

- ・ 実証実験用に構築した試作消防システムと総務省消防庁の既設システムとの接続インターフェースに課題ア-1のデータ受配信インターフェースの一部を適用して接続する事で既設の各システムに散在する動的G空間データを収集・蓄積し、重ね合わせて可視化できることを実証した。なお実証実験でを使用した試作消防システムは、その後、総務省消防庁に移管され、現在は初動対応支援ツールとして導入されている。
- ・ 統合実証実験では、研究開発運営委員会の委員や防災関係機関等の108名の方々にデモンストレーション(図9)をご覧頂き、業務での有効性や技術的課題等をご評価頂いた。
- ・ 統合実証実験により災害時の初動対応支援の迅速化などを実現するうえでのICT基盤技術として有効であることを確認した。また、統合実証実験の結果を整理・分析することで、普及展開・実用化に向けた課題を抽出し、課題の解決に向けた対応指針を明確化した。

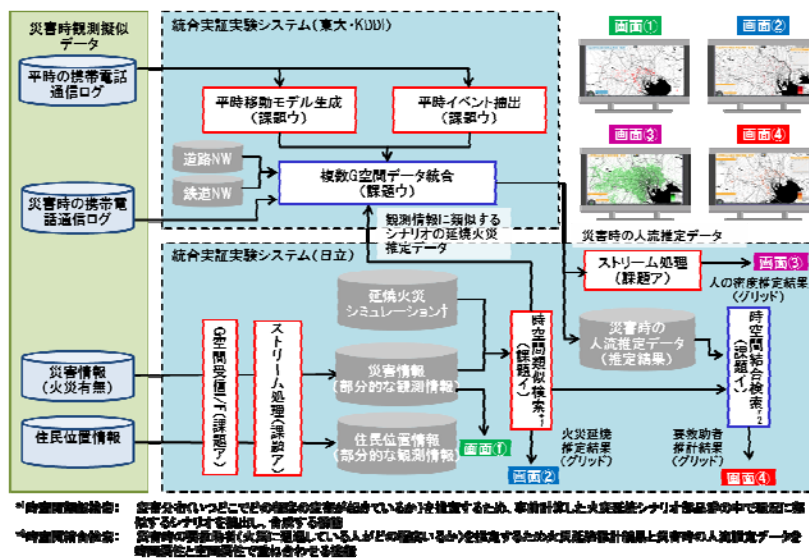


図8 統合実証実験システム

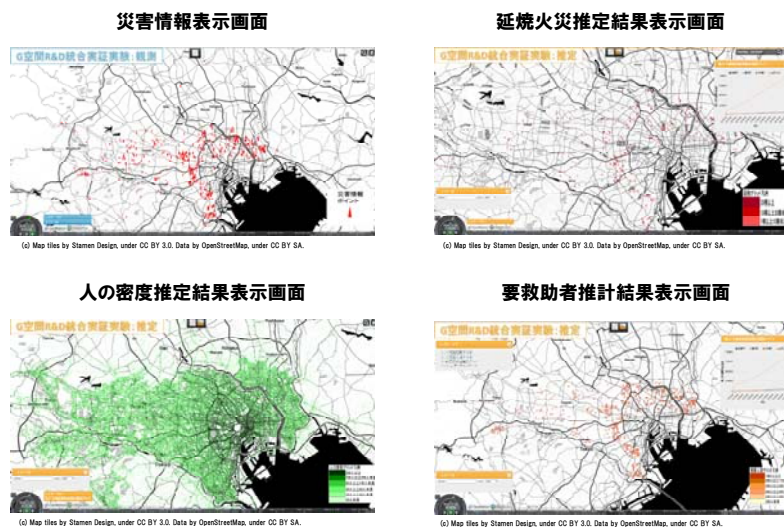


図9 統合実証実験システムのデモンストレーション画面例

統合実証実験システムにおける性能確認(担当:日立、東大、KDDI)

- ・ 統合実証実験システム全体における性能要件としては、防災関係機関へのヒアリング等により災害発生後 30 分以内に最初の推定結果（火災延焼推定、人の密度推定、要救助者推計）を提供することが求められていることが分かった。実際に統合実証実験システムを動作させ、目標時間（30 分）以内に収集・配信、処理、蓄積の一連の動作が完了し、推定結果が提供されることを確認した。
- ・ 統合実証実験システムにおいても以下のとおり技術課題の到達目標と同等以上の性能を達成していることを確認した。

課題	統合実証実験システムにおける目標※	評価結果	達成度
課題アー 1	3,000 件/秒	10,000 件/秒	目標値の 3.3 倍
課題アー 2	3,000 件/秒	30,000 件/秒	目標値の 10 倍
課題イー 1	300 件/秒	50 件/秒	目標値の 6 倍
課題イー 2	300 件/秒	10 件/秒	目標値の 30 倍
課題ウ	実用的な精度	相関係数 0.9	実用的な精度を達成

※統合実証実験システムにおけるデータ規模での換算

4 政策目標（アウトカム目標）の達成に向けた取組みの実施状況

（1） 研究開発中の実用化・事業化に向けた活動

- ・ 平成 26 年度に「G 空間プラットフォーム構築事業」との連携を行い、課題ア、課題イで開発したアルゴリズム、サンプルコアモジュールを提供し、課題イの研究開発技術については「G 空間プラットフォーム構築事業」の受託者で再設計、実装済みである。（日立）
- ・ 平成 26 年度に課題アー 1 のデータ受配信インタフェースの一部を適用し構築した試作消防システムは、その後、総務省消防庁に移管され、現在は初動対応支援ツールとして導入されている。
- ・ 平成 26 年度に到達目標を前倒しで達成した課題イー 1（大規模グリッドデータの検索技術）について、研究開発成果の普及展開を加速させるため、本研究開発成果に基づくプラットフォーム製品（Geomation Option for Hitachi Advanced Data Binder プラットフォーム）を自社開発した。平成 27 年 10 月 16 日に自社のニュースリリースに掲載し、同年 10 月 23 日に販売を開始した。（日立）
- ・ シミュレーターのオープンソース化を進めている。（東大）
- ・ 課題ウー 1 で研究開発した平時移動モデルでの滞在地検出技術や経路推定技術を通信品質改善などの目的で社内利用する取り組みを進めている。（KDDI）
- ・ G 空間情報センターを通じた情報提供について防災関係機関と意見交換を実施した。

（2） 国際標準化

- ・ 地理空間情報分野の国際標準化団体である OGC（Open Geospatial Consortium, Inc.）へ当初の計画にはなかった G 空間データの受配信インタフェースの標準仕様案を提示し、現在は配信インタフェース仕様の標準化に向け協議中である。（日立）

（3） 知的財産権

- ・ 研究開発期間中の目標値 5 件に対し、合計 9 件の特許を出願した。

(4) 成果の普及周知活動の実績

- ・ 研究開発期間中の目標値 29 件に対し、合計 47 件（査読付き市場発表論文数 2 件、査読付き口頭発表論文数 14 件、その他の誌上発表数 3 件、口頭発表数 28 件）という発表成果をあげ、研究開発成果の積極的な展開に努めた。また、4 件の賞を受賞した。
- ・ G 空間 EXPO、Location Business Japan などの 4 件の展示会へ出展し、また国際シンポジウムとして G-Space Symposium を主催し、国内・海外へ広く研究開発成果をアピールした。
- ・ Web サイトを構築・運用し研究開発状況について国内外へ広く情報発信した。

5 政策目標（アウトカム目標）の達成に向けた計画

(1) 研究開発成果の実用化・事業化

- ・ 本研究開発成果に基づくプラットフォーム製品（Geomation Option for Hitachi Advanced Data Binder プラットフォーム）を核として、プラットフォーム事業者や防災関係機関などへの拡販を推進する予定である。
- ・ オープンソース化に向けた取り組みを継続する。
- ・ 本研究開発で開発した成果を社内での通信品質改善に活用する予定である。また、公共自治体向けの各種分析（観光分析）などへの活用も検討中である。
- ・ G 空間情報センターの運営主体が決まった段階で、G 空間センターへの研究開発成果の導入について協議を実施予定である。
- ・ 研究開発成果の導入について防災関係機関との協議を継続する予定である。

(2) 国際標準化

- ・ Open Geospatial Consortium にて G 空間データの配信インタフェース仕様を提案し、今後の進め方の議論、仕様のレビューを行い、平成 28 年度末に標準化する予定である。（日立）

(3) 知的財産権

- ・ 出願した 9 件の特許取得に向けた対応を継続する予定である。

(4) 成果の普及周知活動

- ・ 平成 28 年度も Location Business Japan2016 などの展示会にて研究開発成果を PR する等、ニーズヒアリング、導入提案を継続する。
- ・ なお、人流推定技術・複合的な G 空間情報の活用は、別途行っているソーシャルビッグデータ研究などへも既に応用を始めている。人流推定技術は様々な他の研究分野への応用が期待されている。具体的には交通計画やインバウンド観光行動、感染症伝播などの共同研究を平成 27 年度から試行的に始めている。
- ・ その他、引き続き、学会発表等で関連技術の周知に努める。

(5) 後継プロジェクト

- ・ 本プロジェクトの後継プロジェクトについて、関係機関の公募案件等に提案中である。
- ・ そのほか、交通計画やインバウンド観光行動、感染症伝播などの共同研究を後継プロジェクトに結実させることを目指している。
- ・ また、社内での通信サービス事業への利用も想定し、今後も社内検討等を進める予定である。

(6) 予測される波及効果

- ・ 防災分野では、発災時の被害規模推定、混雑箇所推定、道路閉塞箇所推定などによる初動対応支援（応援要請、職員招集、避難所開設など）や要援護者の避難誘導支援、救援物資の手配・輸送の支援、危険建物判定の支援など、災害対応の迅速化による被害低減に幅広い貢献が期待できる。
- ・ また発災時だけでなく、平時の避難訓練計画の策定支援、防災計画の策定支援により防災・減災への貢献も期待できる。
- ・ 防災分野以外では、例えば交通分野において、リアルタイムな車や人の位置情報、及び鉄道の運行情報などを収集・処理し、混雑度に応じた移動手段・経路を提供するサービスなどへの応用が考えられ、渋滞や混雑の緩和、或いは渋滞や鉄道のトラブルによる経済的損失の低減などへの貢献が期待できる。
- ・ また、例えば通信分野において、要素技術の活用により移動体通信サービスの通信品質の向上に結び付けることが期待できる。
- ・ 上記以外にも交通計画やインバウンド観光、感染症伝播などの様々な分野での研究開発成果の利活用が期待できる。
- ・ さらに Industry4.0 や Industrial Internet など IoT (Internet of Things) の動きが加速しており、大量のセンシングデータをリアルタイムに処理する、或は大量に蓄積したセンシングデータの中から必要なデータを高速に検索すると言ったニーズは益々高まって来ている。本研究開発成果は G 空間データのみならず様々なセンシングデータをリアルタイムに、或は高速に処理することにも広く活用できると考えられる（例：大量のセンシングデータを高速に分析し異常検知や最適制御を行うなど）。

6 査読付き誌上発表論文リスト

- [1] 若生 凌、関本 義秀、金杉 洋、柴崎 亮介、“GPS データを用いた東日本大震災における人々の経路選択行動分析”、土木学会論文集 D3 (土木計画学) Vol.70, No.5, pp.681-688 (平成 26 年 5 月 18 日)
- [2] 矢部貴大、関本義秀、榎山武浩、金杉洋、須藤明人、“パーティクルフィルタを用いた災害時におけるリアルタイムな人流推定手法”、交通工学論文集、2(2)、A_19-A_27 (平成 28 年 2 月 5 日)

7 査読付き口頭発表論文 (印刷物を含む) リスト

- [1] Yoko Hasegawa, Yoshihide Sekimoto, Takehiro Kashiya, Hiroshi Kanasugi, “Transportation Melting Pot Dhaka: Road-link Based Traffic Volume Estimation from Sparse CDR Data”, The 1st International Conference on IoT in Urban Space (Urb-IoT 2014) pp.105-107 (平成 26 年 10 月 27 日)
- [2] 小林直、石塚宏紀、村松茂樹、小野智弘、“携帯電話通信履歴に特化した移動状態及び滞在位置推定手法の提案”、WebDB Forum 2014 (平成 26 年 11 月 19 日)
- [3] Song X., Zhang Q., Sekimoto Y., Shibasaki R., Yuan J. and Xie X.,” A Simulator of Human Emergency Mobility Following Disasters: Knowledge Transfer from Big Disaster Data”, Proc. of The Twenty-Ninth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-15)(平成 27 年 1 月 25 日)
- [4] 小川 祐一、菅谷 奈津子、浅原 彰規、林 秀樹、富田 仁志、“大規模災害時の要救助者検知のためのストリーム G 空間データ処理技術”、情報処理学会第 23 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ(平成 27 年 10 月 14 日)
- [5] Hideki Hayashi, Akinori Asahara, Natsuko Sugaya, Yuichi Ogawa, and Hitoshi Tomita, “Spatio-Temporal Similarity Search Method for Disaster Estimation,” 2nd Workshop on Advances in Software and Hardware for Big Data to Knowledge Discovery (平成 27 年 10 月 29 日)
- [6] Akinori Asahara, Hideki Hayashi, Nobuhiro Ishimaru, Ryosuke Shibasaki, and Hiroshi Kanasugi, ”International Standard “OGC Moving Feature” approaching “4Vs” on locatoin bigdata,” Big Data in the Geosciences (平成 27 年 10 月 29 日)
- [7] Hideki Hayashi, Akinori Asahara, Natsuko Sugaya, Yuichi Ogawa, and Hitoshi Tomita, ”Spatio-temporal join technique for disaster estimation in large-scale natural disaster,” 6th ACM SIGSPATIAL International Workshop on GeoStreaming (平成 27 年 11 月 3 日)
- [8] 林 秀樹、浅原 彰規、菅谷 奈津子、小川 祐一、富田 仁志、“災害時の被害推定のための時空間類似シナリオ検索手法”、日本データベース学会主催 WebDB Forum 2015 (平成 27 年 11 月 24 日)
- [9] Akinori Asahara, Hideki Hayashi, and Carl Reed, “Use Cases and Applications of the OGC Moving Features Standard: The Requirements for a Moving Feature API,”OGC Discussion Paper (OGC 15-096) (平成 28 年 1 月 18 日)
- [10] Takahiro Yabe, Yoshihide Sekimoto, Hiroshi Kanasugi, Takehiro Kashiya, "Making real-time predictions of people's irregular movement in a metropolitan scale under disaster situations", Proceedings of The 14th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management. (平成 27 年 7 月 7 日)
- [11] Takuya Kanno, Hiroshi Kanasugi, Yoshihide Sekimoto, Ryosuke Shibasaki,” Real-time Passenger Location Estimation Using CDRs and Train Objects Generated from Crowdsourced

Timetables”, Adjunct Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers(平成 27 年 9 月 7 日)

- [12] Fan, Z., Song, X., Shibasaki, R. and Adachi, R.,” CityMomentum: an Online Approach for Crowd Behavior Prediction at a Citywide Level”, Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing(平成 27 年 9 月 7 日)
- [13] Hiroki Ishizuka, Nao Kobayashi, Shigeki Muramatsu and Chihiro Ono, Detecting Train Commuters using CDRs and GIS information, in the Proceedings of Netmob2015, 2015(Boston, USA)(平成 27 年 4 月 8 日)
- [14] Satoshi Nishiyama, Kento Kimura, Jun Nakajima and Shinji Kashima, Real-time Event Detection Method using Location Information from Mobile Phone Handsets, in the Proceedings of Netmob2015, 2015. (Boston, USA)(平成 27 年 4 月 8 日)

8 その他の誌上発表リスト

- [1] 渡邊孝文、石塚宏紀、黒川茂莉、“携帯電話の通信履歴データの分析と活用に関する動向”、信頼性 Vol.36 No.7 pp.421-426(平成 26 年 10 月 7 日)
- [2] Akinori Asahara, “Search for Applications of OGC Moving Features,” OGC (平成 27 年 9 月 14 日)
- [3] 菅原敏、“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”、一般社団法人 電子情報技術産業協会冊子 IT・エレクトロニクス×地域活性化百選～CPS/IoT 社会に向けて (平成 27 年 11 月)

9 口頭発表リスト

- [1] Hideki Hayashi, “Real-time location data collection APIs for G-space platform”, 92nd OGC Technical Committee(カナダ カルガリー)(平成 26 年 9 月 15 日)
- [2] 日立製作所、“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”、G 空間 EXPO2014 (日立ブース) (開催都市) (平成 26 年 11 月 13,14,15 日)
- [3] Hideki Hayashi, “Real-time location data collection APIs for G-space platform”, 93rd OGC Technical Committee (日本 東京都 千代田区) (平成 26 年 12 月 2 日)
- [4] Satoshi Sugawara, “Summary of R&D project for real-time geospatial data utilization technology on geospatial platform”, OGC Asia Forum Summit 2014 (日本 東京都 千代田区) (平成 26 年 12 月 3 日)
- [5] Hideki Hayashi, “Spatio-temporal data management system for disaster estimation”, OGC Asia Forum Summit 2014 (日本 東京都 千代田区) (平成 26 年 12 月 3 日)
- [6] 菅原敏、“大規模・動的 G 空間データの高速リアルタイム処理技術について”、東京大学 CSIS 第 10 回 公開シンポジウム (平成 27 年 1 月 27 日)
- [7] Hideki Hayashi and Akinori Asahara, “People flow tracking using cellular phones”, 94th OGC Technical Committee (スペイン バルセロナ) (平成 27 年 3 月 9 日)
- [8] 長谷川瑠子、 関本義秀、 樫山武浩、 金杉洋、“同化手法を用いたスパースな携帯基地局情報に基づく人の移動推定”、交通工学研究発表会論文集 pp.321-328(東京) (平成 26 年 8 月 7 日)

- [9] 若生凌、関本義秀、金杉洋、“時空間メッシュ集計データを用いたデータ同化手法による人流推定”、第 23 回地理情報システム学会学術研究発表大会 4p. (春日井市) (平成 26 年 11 月 7 日)
- [10] 矢部貴大、関本義秀、金杉洋、榎山武浩、“シミュレーションと断片的な観測データの同化による平常時と異なる人の流動の予測”、第 23 回地理情報システム学会学術研究発表大会 4p. (春日井市) 平成 26 年 11 月 7 日)
- [11] 菅野卓也、金杉洋、関本義秀、柴崎亮介、“携帯電話の基地局通信履歴を用いた人々の活動分析”、第 23 回地理情報システム学会学術研究発表大会 4p. (春日井市) (平成 26 年 11 月 7 日)
- [12] Yoshihide Sekimoto、“How can we know transportation demand from big mobile phone data?”、ADB Transportation Forum 2014 (マニラ) (平成 26 年 9 月 15 日)
- [13] Yoshihide Sekimoto、“Real-time estimation of people distribution using assimilation technology in a big disaste”、OGC Asia Forum Summit 2014(東京) (平成 26 年 12 月 3 日)
- [14] 西山 智、“携帯電話基地局情報の可能性”、CSIS 第 10 回公開シンポジウム (東京都) (平成 27 年 1 月 27 日)
- [15] 西山 智、木村 健斗、中島 純、加島 伸二、“携帯電話ユーザの位置分布情報を用いたリアルタイムイベント検出方式”、情報処理学会第 77 回全国大会 (京都市) (平成 27 年 3 月 17 日)
- [16] 小林直、石塚宏紀、村松茂樹、黒川茂莉、小野智弘、“携帯電話通信時に得られる位置情報履歴を用いた滞在地推定の評価”、電子情報通信学会平成 26 年ソサイエティ大会 (徳島県徳島市) (平成 26 年 9 月 25 日)
- [17] 石塚宏紀、“防災社会へ向けたビッグデータ利活用の可能性と安全性”、ProACT:災害ケア社会の実現に向けたアクティブ情報共有基盤シンポジウム (実現に向けたアクティブ情報共有基盤と周辺技術) (東京都千代田区) (平成 26 年 11 月 12 日)
- [18] Ishizuka, H., Kobayashi, N., Muramatsu, S., Ono, C.: Classifying the Mode of Transportation using Cell Tower Alignments, 情報処理学会研究報告. UBI, 2015-UBI-45(57), pp.1-7(東京都江東区) (平成 27 年 3 月 3 日)
- [19] 小林直、石塚宏紀、村松茂樹、小野智弘、“異なる移動滞在判定結果を用いた移動滞在状態推定手法の提案”、電子情報通信学会平成 27 年総合大会講演論文集 2、pp.616(滋賀県草津市) (平成 27 年 3 月 13 日)
- [20] 石塚宏紀、小林直、村松茂樹、小野智弘、“携帯電話通信履歴による位置情報を用いた鉄道利用者推定の提案”、情報処理学会第 77 回全国大会大会講演論文集第 3 分冊、pp.9-10(京都府京都市) (平成 27 年 3 月 18 日)
- [21] 日立製作所、“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”、ロケーションビジネスジャパン 2015 (日立ブース) (開催都市) (平成 27 年 6 月 10,11,12 日)
- [22] 浅原 彰規、“国際標準 OGC® Moving Features 策定動向について”、ロケーションビジネスジャパン 2015(日本 千葉県 千葉市) (平成 27 年 6 月 11 日)
- [23] 林 秀樹、“Spatio-temporal data management for disaster estimation”、日本データベース学会主催 iDB workshop 2015(日本 奈良県 奈良市) (平成 27 年 8 月 4 日)
- [24] 日立製作所、“都市防災、地域活性化を目的とした「大規模 G 空間データの利活用技術」”、日本マイクロソフト主催 FEST2015 (日立ブース) (東京都港区) (平成 27 年 9 月 3,4 日)
- [25] 日立製作所、“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”、

G 空間 EXPO2015 (日立ブース) (開催都市) (平成 27 年 11 月 26,27,28 日)

- [26] 須藤明人、樫山武浩、矢部貴大、関本義秀、“携帯電話データによる災害時のリアルタイムな人の分布の推定のための ナッジング項を持つパーティクルフィルタの提案”、交通工学研究会(東京) (平成 27 年 8 月 31 日)
- [27] 矢部貴大、関本義秀、樫山武浩、金杉洋、須藤明人、“パーティクルフィルタを用いた災害時におけるリアルタイムな人流推定手法”、交通工学研究会、(東京) (平成 27 年 8 月 31 日)
- [28] Hideki Hayashi, “Spatio-temporal data retrieval for disaster estimation,” NII Shonan Meeting, Big Data: Challenges and Opportunities for Disaster Recovery (日本 神奈川県 三浦郡) (平成 28 年 3 月 28 日)

10 出願特許リスト

- [1] 小川祐一、菅谷奈津子、浅原彰規、林秀樹、富田仁志、閉鎖空間推定システム及び閉鎖空間推定方法、日本・海外、平成 27 年 3 月 26 日
- [2] 小林直、村松茂樹、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、日本国、平成 26 年 8 月 28 日
- [3] 小林直、村松茂樹、石塚宏紀、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、日本国、平成 26 年 11 月 5 日
- [4] 小林直、村松茂樹、石塚宏紀、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、日本国、平成 26 年 12 月 4 日
- [5] 石塚 宏紀、小林 直、村松 茂樹、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、日本国、平成 27 年 1 月 19 日
- [6] 小林 直、村松 茂樹、石塚 宏紀、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、日本国、平成 27 年 1 月 22 日
- [7] 菅谷奈津子、小川祐一、浅原彰規、林秀樹、富田仁志、情報処理システム、及び、情報処理方法、日本・海外、平成 27 年 11 月 11 日
- [8] 小川祐一、菅谷奈津子、浅原彰規、林秀樹、富田仁志、監視システム、日本・海外、平成 28 年 3 月 2 日
- [9] 関本義秀、須藤明人、樫山 武浩、矢部 貴大、推定装置、推定方法及びプログラム、日本、平成 27 年 9 月 4 日

11 取得特許リスト

現時点ではなし

12 国際標準提案・獲得リスト

現時点ではなし

13 参加国際標準会議リスト

- [1] Open Geospatial Consortium・92nd OGC Technical Committee、Calgary, Canada、平成 26 年 9 月 15 日～平成 26 年 9 月 18 日

- [2] Open Geospatial Consortium・93rd OGC Technical Committee、Tokyo, Japan、平成26年12月1日～平成26年12月4日
- [3] Open Geospatial Consortium・94th OGC Technical Committee、Barcelona, Spain、平成27年3月9日～平成27年3月12日
- [4] Open Geospatial Consortium・95th OGC Technical Committee、Boulder, Colorado、平成27年6月1日～平成27年6月4日
- [5] Open Geospatial Consortium・96th OGC Technical Committee、Nottingham, UK、平成27年9月14日～平成27年9月17日
- [6] Open Geospatial Consortium・97th OGC Technical Committee、Sydney, Australia、平成27年11月30日～平成27年12月3日
- [7] Open Geospatial Consortium・98th OGC Technical Committee、Washington, D.C. USA、平成28年3月7日～平成28年3月10日

1.4 受賞リスト

- [1] Yoko Hasegawa, Yoshihide Sekimoto, Takehiro Kashiya, Hiroshi Kanasugi, Poster Award, “Transportation Melting Pot Dhaka: Road-link Based Traffic Volume Estimation from Sparse CDR Data”、平成26年10月27日
- [2] 長谷川瑠子、関本義秀、樫山武浩、金杉洋、交通工学研究発表会研究奨励賞、“同化手法を用いたスパースな携帯基地局情報に基づく人の移動推定”、平成26年8月7日
- [3] 若生凌、関本義秀、金杉洋、第23回地理情報システム学会学術研究発表大会優秀発表賞、“時空間メッシュ集計データを用いたデータ同化手法による人流推定”、平成26年11月7日
- [4] 菅野卓也、金杉洋、関本義秀、柴崎亮介、第23回地理情報システム学会学術研究発表大会ポスター賞、“携帯電話の基地局通信履歴を用いた人々の活動分析”、平成26年11月7日

1.5 報道発表リスト

(1) 報道発表実績

- [1] “GeoMation Option for Hitachi Advanced Data Binder プラットフォーム発売ニュースリリース”、平成27年10月16日

(2) 報道掲載実績

- [1] “人や車の動き地図上に表示”、日経産業新聞、平成27年10月19日
- [2] “膨大な時空間を高速検索可能に”、電気新聞、平成27年10月19日
- [3] 日本経済新聞

<http://release.nikkei.co.jp/detail.cfm?relID=398519&lindID=1>

- [4] ITproACTIVE http://itpro.nikkeibp.co.jp/atclact/activer/nkpr/RSP398519_16102015/
- [5] ITpro（署名付き）<http://itpro.nikkeibp.co.jp/atcl/news/15/101603409/>
- [6] nikkeiBP net. <http://www.nikkeibp.co.jp/atcl/news/1510/101601398/?rt=nocnt>
- [7] JChere <http://newschina.ichere.com/newsdetail-id-6989154.htm>
- [8] JCN Newswire <http://www.jcnnewswire.com/pressrelease/25823/3/>

[9] dot. <http://dot.asahi.com/business/pressrelease/2015101600047.html>

[10] Infoseek <http://news.infoseek.co.jp/article/20151016jcn25823/>

16 ホームページによる情報提供

Web サイトを構築・運用し、研究開発状況（研究開発の目的と内容、推進体制、研究開発の内容、展示会、シンポジウムでの活動履歴）について国内外へ広く情報発信

研究開発による成果数

\	平成 26 年度	平成 27 年度	合計	(参考) 提案時 目標数 (実施期間 終了後含む)
査読付き誌上発表論文数	1 件 (0 件)	1 件 (0 件)	2 件 (0 件)	4 件(0 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	3 件 (2 件)	11 件 (8 件)	14 件(10 件)	7 件(4 件)
その他の誌上発表数	1 件 (0 件)	2 件 (1 件)	3 件 (1 件)	0 件(0 件)
口 頭 発 表 数	20 件 (6 件)	8 件 (1 件)	28 件 (7 件)	27 件(6 件)
特 許 出 願 数	6 件 (1 件)	3 件 (2 件)	9 件 (3 件)	6 件(0 件)
特 許 取 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	4 件(0 件)
国 際 標 準 提 案 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	—
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	—
受 賞 数	4 件 (1 件)	0 件 (0 件)	4 件 (1 件)	—
報 道 発 表 数	0 件 (0 件)	1 件 (0 件)	1 件 (0 件)	3 件(0 件)
報 道 掲 載 数	0 件 (0 件)	10 件 (0 件)	10 件 (0 件)	—

注 1 : 各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注 2 : 「査読付き誌上発表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読 (peer-review (論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの)) のある出版物に掲載された論文等 (Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む) を計上する。

注 3 : 「査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集 (電子媒体含む) に掲載された論文等 (ICC、ECOC、OFC など、Conference、Workshop、Symposium 等での proceedings に掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。) を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等 (電子情報通信学会技術研究報告など) は、「口頭発表数」に分類する。

注 4 : 「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等 (査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む) を計

上する。

注5：PCT 国際出願については出願を行った時点で、海外分1件として記入。(何カ国への出願でも1件として計上)。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注6：同一の論文等は複数項目に計上しないこと。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数(印刷物を含む)」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しないこと。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行ったのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。