

ICTイノベーションフォーラム2016
ICT重点技術の研究開発

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

平成28年10月4日

研究代表者	菅原 敏	(株式会社 日立製作所)
研究分担者	関本 義秀	(国立大学法人 東京大学)
	西山 智	(KDDI株式会社)
	小野 智弘	(株式会社 KDDI総合研究所)

- 本技術は、総務省の『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』による委託を受けて実施した研究開発による成果を纏めたものです。
- 研究開発期間： 平成26～27年度

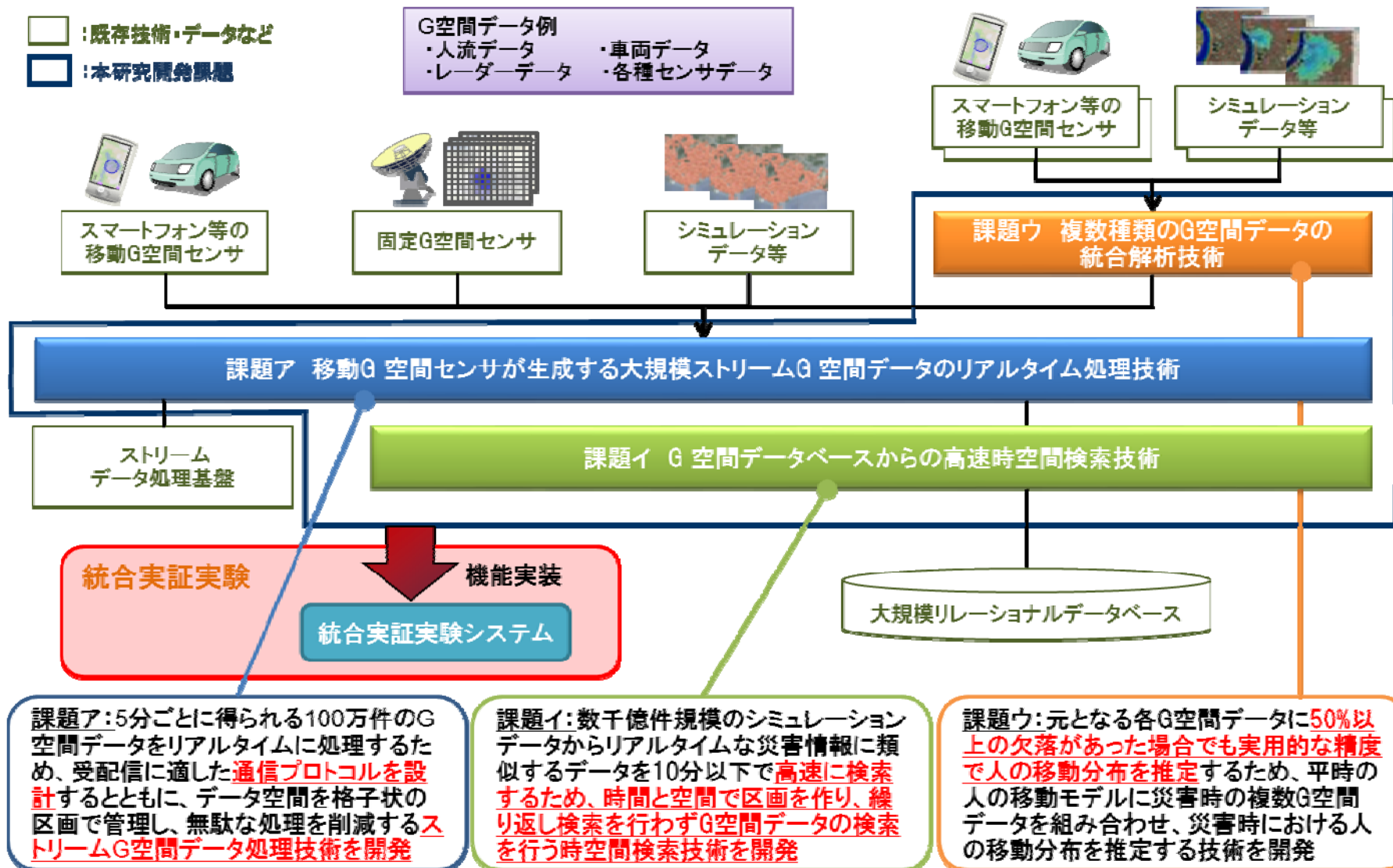
Contents

1. プロジェクト概要
2. 研究開発実施結果
3. 統合実証実験
4. アウトカム目標の達成に向けた取組み・今後の計画

■ 研究開発の背景

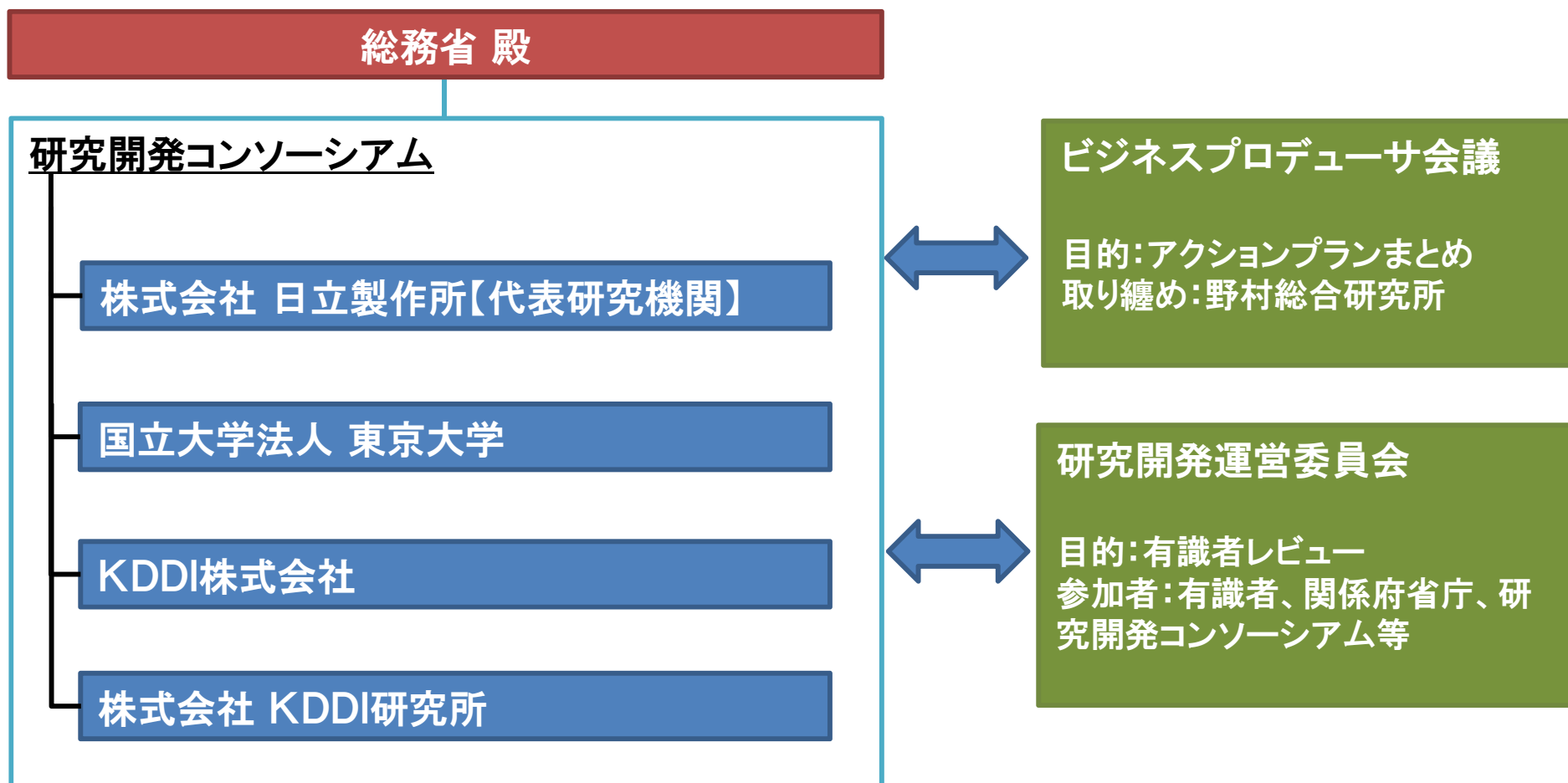
- 大規模な動的G空間情報^{†1}の利活用による災害に強い社会の実現への期待有り
- 今回、大規模な動的G空間情報をリアルタイムに利活用する基盤技術を開発

^{†1}動的G空間情報：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G空間情報



1-2. 研究開発実施体制

- 研究開発運営委員会の設置：
研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂き、研究開発の進め方についてご指導頂くため、各分野の有識者により構成
- ビジネスプロデューサ会議の設置：
研究開発成果の実用化及び普及の加速を目的



■ビジネスプロデューサ会議体制

	氏名	役職	所属機関
総合ビジネスプロデューサ	丸田 哲也	上級研究員	野村総合研究所
ビジネスプロデューサ	吉田 美樹	本部長	日立製作所
	中條 覚	特任准教授	東京大学
	宇佐見 正士	理事 技術開発本部長	KDDI
	杉山 敬三	執行役員	KDDI研究所

■研究開発運営委員会体制

	委員氏名	役職	所属機関	専門分野等
座長	瀬崎 薫	教授	東京大学	G空間情報に関する有識者
構成員	原 隆浩	教授	大阪大学	G空間のDBに関する有識者
	廣井 悠	准教授	名古屋大学	都市防災に関する有識者
	阿部 博史	ディレクター	NHK	災害情報報道に関する有識者
	高田 加奈子	事業責任者	NAVITIME	位置情報サービスに関する有識者
	菅原 敏	部長	日立製作所	研究者
	関本 義秀	准教授	東京大学	研究者
	西山 智	マネージャー	KDDI	研究者
	小野 智弘	グループリーダー	KDDI研究所	研究者

1. プロジェクト概要

1-4. 研究開発課題

研究開発課題と担当

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 ^{†1} 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 ^{†2} の収集・配信に適した通信プロトコルの設計	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 ^{†3} の検索技術	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 ^{†4} 生成技術	東大 KDDI KDDI研
	課題ウ - 2 突発的なイベント ^{†5} 抽出技術	KDDI
	課題ウ - 3 複数G空間データ ^{†6} 統合技術	東大 KDDI研
統合実証実験	研究開発技術が防災分野において有効である事を実証	日立 東大 KDDI KDDI研

^{†1}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

^{†2}大規模ストリーム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

^{†3}大規模グリッドデータ：格子状に分布する大規模なG空間データ

^{†4}平時移動モデル：スマートフォンから得られる平時の移動体のG空間データを用いた移動体分布

^{†5}突発的なイベント：スポーツやコンサートなどの大規模イベント(平時移動モデルでは表現できないもの)

^{†6}複数G空間データ：SNSなどによる災害時の現場状況の「ユーザ提供型G空間データ」や各機関所有「災害シミュレーションデータ(災害通報情報など)」

- 各到達目標達成に向け研究開発を推進

研究開発課題	基本計画の到達目標
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	<ul style="list-style-type: none">3,000件/秒のストリームG空間データを想定し、複数のストリームG空間データをリアルタイムに処理国際標準化団体へ提案する標準仕様書案を作成
課題イ G空間データベースからの高速時空間検索技術	<ul style="list-style-type: none">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10分以内で検索
課題ウ 複数種類のG空間データの統合解析技術	<ul style="list-style-type: none">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データの欠落がない場合の移動体分布との誤差を定量的に評価

課題アー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 (日立)

- 大規模なG空間データの収集・配信インターフェース(機能)仕様案を設計
→研究開発成果の普及展開を加速するため、当初の計画にはなかった国際標準化団体(OGC^{†1})へ標準仕様案を提示。平成28年度末の標準化を目指し活動中

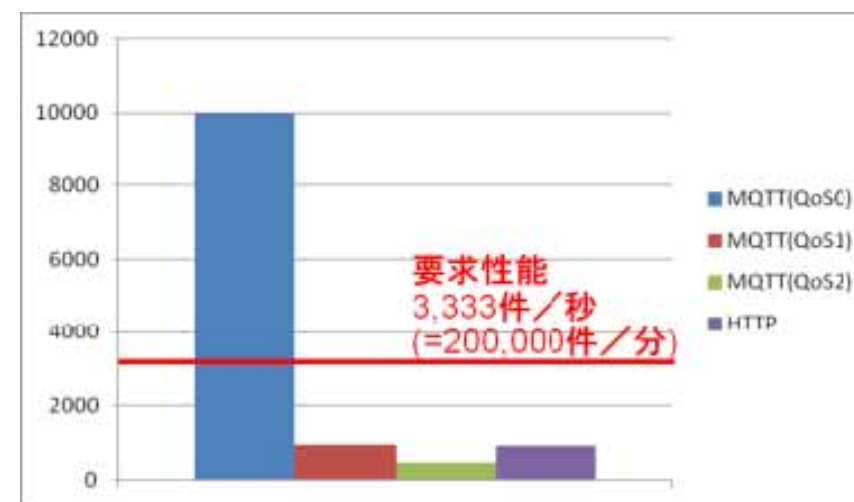
技術内容・実現手法

- ✓ 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「収集インターフェース(機能)仕様案」を設計
- ✓ 配信に適した通信プロトコルについては、OGC^{†1}の標準仕様で対応できることを確認し、標準仕様に基づく「配信インターフェース(機能)仕様案」を設計
- ✓ 以上を纏めた受配信インターフェースの標準仕様案を作成
- ✓ **OGC^{†1}へ、本受配信インターフェース仕様案を提案**

^{†1} OGC :Open Geospatial Consortium
(地理空間情報分野における国際標準化団体)

評価結果

受信スループット[件/秒]



既存(HTTP)より高スループットなMQTT^{†2}を採用

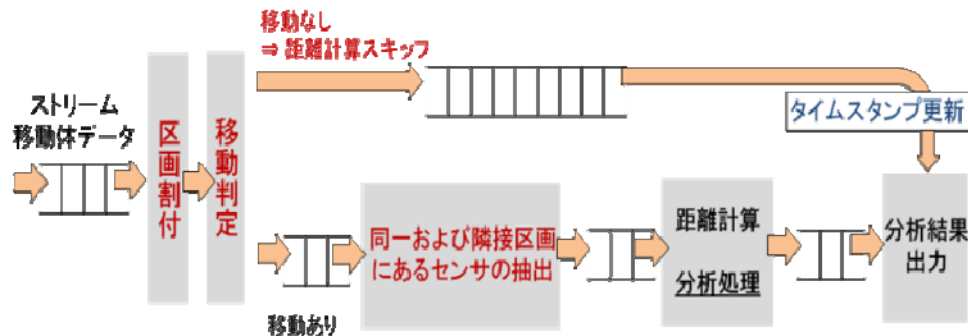
^{†2} MQTT:Message Queue Telemetry Transport

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)

- 時々刻々と変化する人の位置に対して、時刻間の移動距離がある閾値以上(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
→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

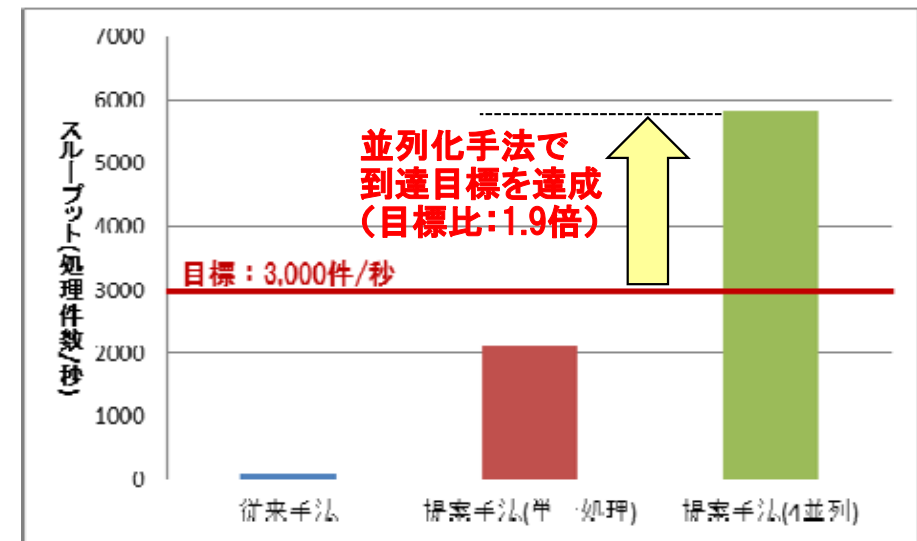
技術内容・実現手法

- ✓ 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



- ✓ 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

評価結果



従来手法と提案手法(単一、4並列処理)の測定結果

- 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
- 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

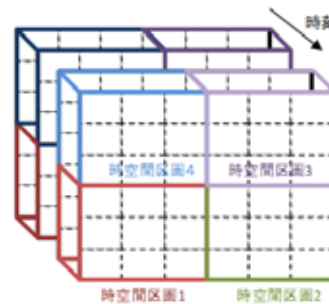
課題イー1 大規模グリッドデータの検索技術 (日立)

- グリッドデータ^{†1}形式で蓄積された大規模なデータベース(例:様々なパターンの火災延焼シミュレーションデータ)から条件(例:断片的な災害情報)に類似するデータを高速検索する技術を開発
→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

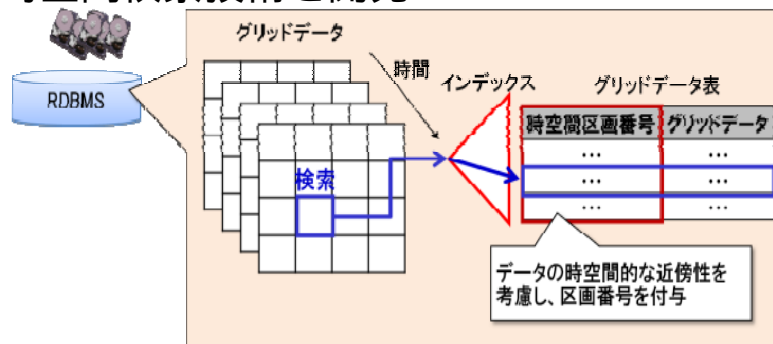
^{†1}グリッドデータ: 自然災害や移動体分布などのシミュレーションデータで、領域を格子状の区画に分割し、各区画に物理量が対応づけられたデータ

技術内容・実現手法

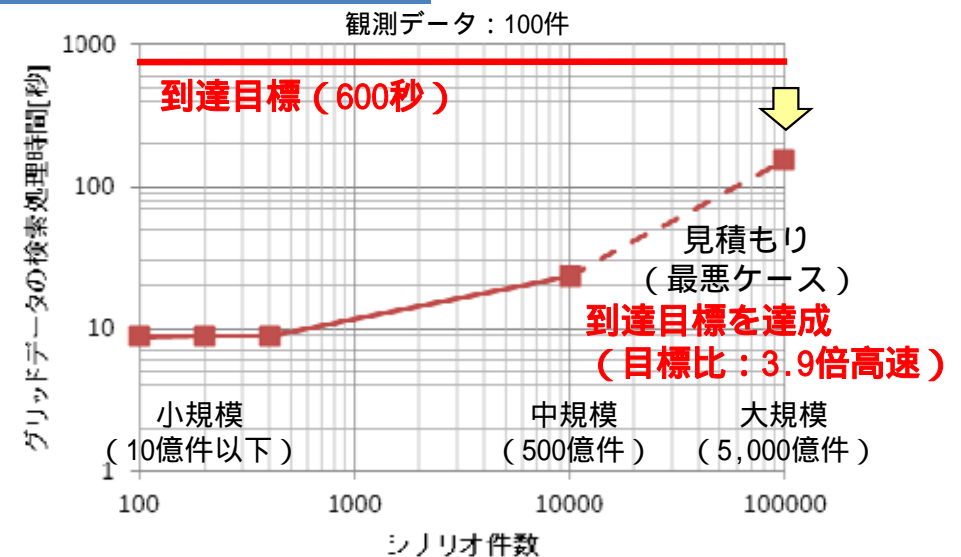
- ✓ 「空間を格子状の区画に分割」と同時に「時刻も一定間隔で分割」して得られる時空間区画を定義



- ✓ 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



評価結果



提案手法の測定結果及び見積もり

- ✓ 性能評価過程でグリッドデータの増加に対する検索時間には指数関数的な増加や線形的な増加傾向は見られず
- ✓ 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ても154秒(到達目標の3.9倍高速化)と見積
- ✓ 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を達成できることを確認

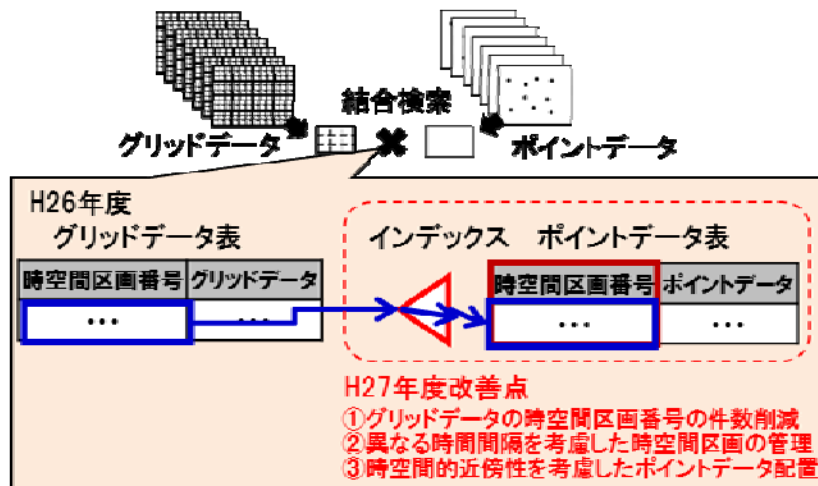
課題イー2 大規模G空間データに対する結合検索技術 (日立)

- グリッドデータを高速に検索するとともに、ポイントデータ^{†1}との時間、及び空間の重ね合わせを高速に処理可能な結合検索技術を開発
→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

^{†1}ポイントデータ：人や車などの移動体位置を表現し、時刻、位置、属性からなるデータ

技術内容・実現手法

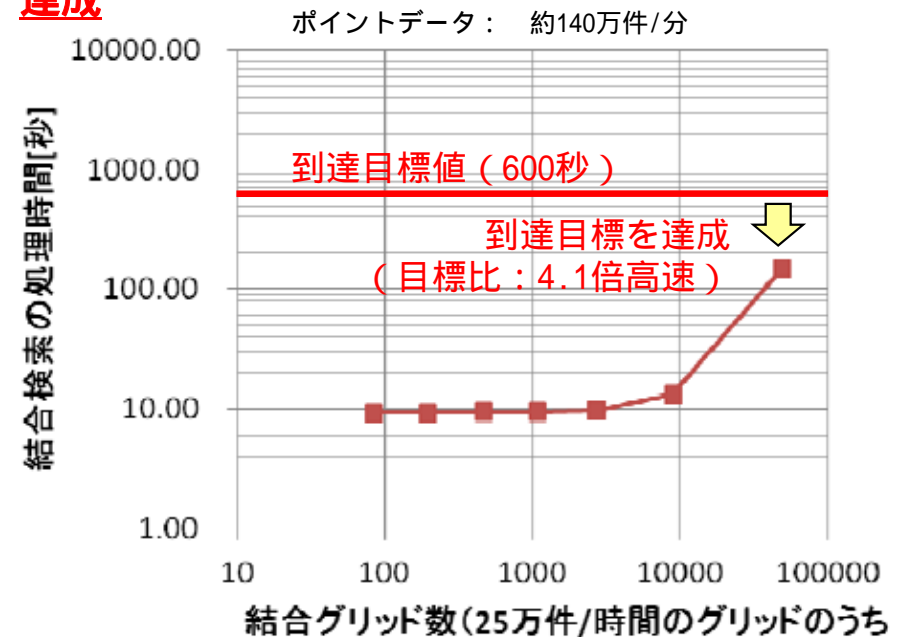
- ✓ グリッドデータと同様に「空間を格子状の区画に分割」と同時に「時刻も一定間隔で分割」して得られる時空間区画を定義
- ✓ ポイントデータにおいてもそれぞれ所属する時空間区画の識別番号を用いて管理



- ✓ 従来の結合検索技術をこの時空間区画にあわせて拡張し、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

評価結果

- ✓ 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にて、**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**



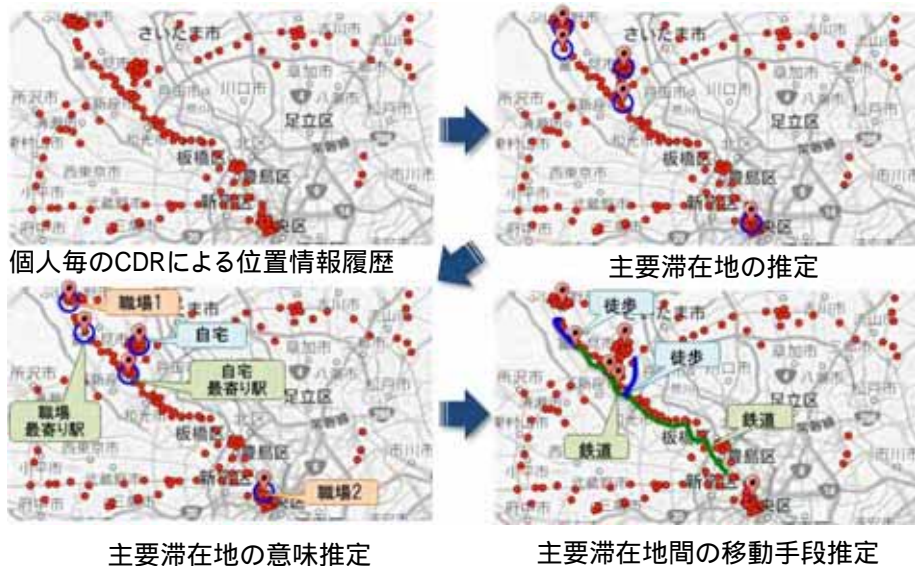
課題ウー1 平時移動モデル生成技術 (東京大学、KDDI、KDDI研究所)

①移動体のG空間データからの平時移動モデルの生成 (KDDI、KDDI研究所)

- 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^{†1}」「主要滞在地間の移動手段推定」を求め、平時移動モデルを生成する技術を確立
→数十万人規模のサンプルによる平時移動モデルと交通センサス調査との高い相関性(一般に強い相関があるとされる相関係数0.7を上回る0.77)を確認

^{†1}主要滞在地の意味推定：長期間取得した携帯電話通信ログから日常生活における主要な滞在地(自宅、職場など)を推定

技術内容・実現手法

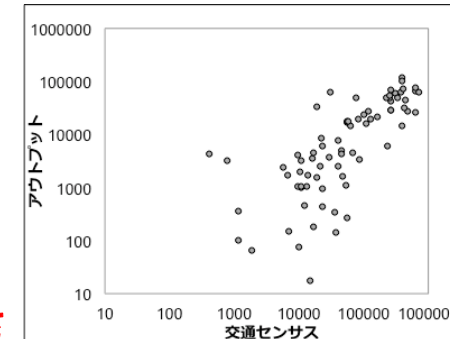


平時移動モデルの生成技術

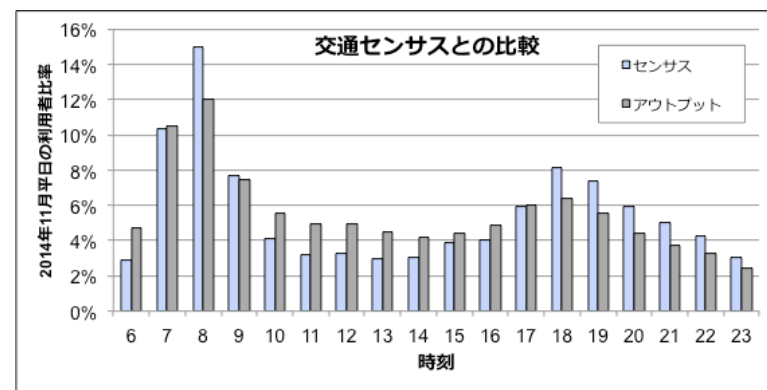
評価結果

交通センサス調査との比較

総サンプル数 10万、110万
いずれも **相関係数 0.77**
(一般的に強い相関があるとされる相関係数値0.7を上回る)



鉄道路線ごとの比較



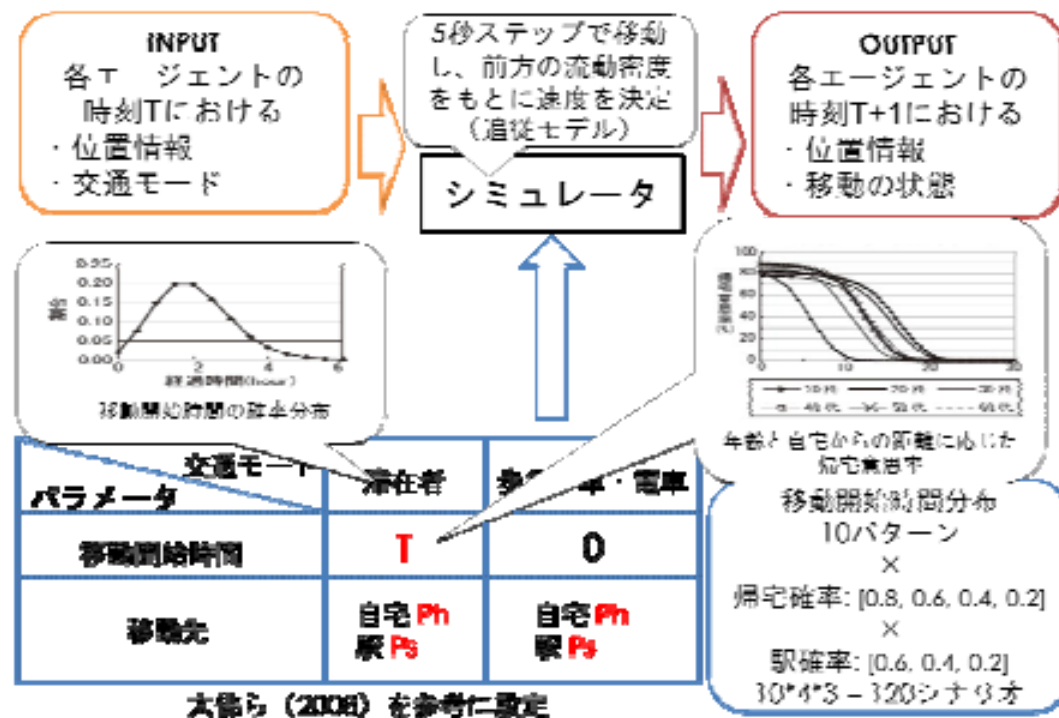
時間帯別の比較

課題ウー1 平時移動モデル生成技術 (東京大学、KDDI、KDDI研究所)

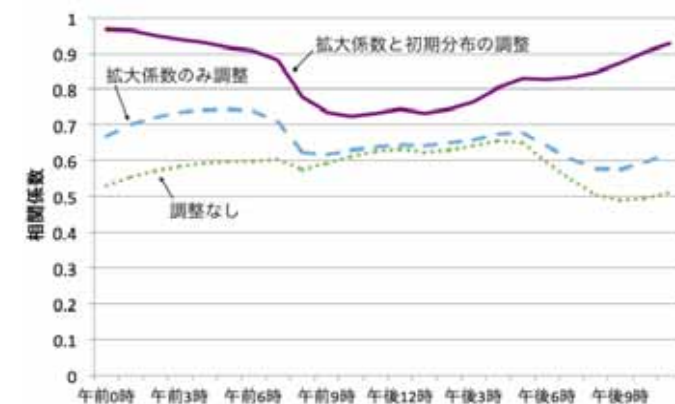
②交通調査データからの平時移動モデルの生成 (東京大学)

- 過去の東京都市圏のパーソントリップデータと拡大係数を用いて流動をシミュレート
- 災害時には滞在場所から移動開始する時刻等の正規確率分布のパラメータを最適化
- 年齢層や自宅からの距離に応じた帰宅意思率を最適化
→パーソントリップ調査を用いるだけだとあまり実態に合わないシミュレーションとなるので、拡大係数や初期分布を調整すると、かなり相関係数が上昇(一般的に強い相関があるとされる相関係数値0.7を上回る0.84)

技術内容・実現手法



評価結果



拡大係数及び初期分布の調整による精度の変化

- ✓ 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(一般的に強い相関があるとされる相関係数値0.7を上回る)

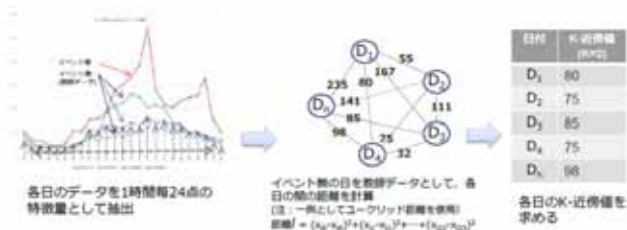
課題ウー2 突発的なイベント抽出技術 (KDDI)

- LPE法(k-近傍による異常値検出手法の一つ)のリアルタイム化と、その教師データ自動生成手法を開発
 - 数十万人のG空間データを用いて夏季のみで200件以上のイベントを検出(目標30件)
 - 検出精度(F値0.70)は従来手法(平均値を用いる統計的手法:F値0.62)を上回る

技術内容・実現手法

学習データ生成手法

(a) 評価値の計算



(b) 教師データの自動生成



リアルタイム判定方式

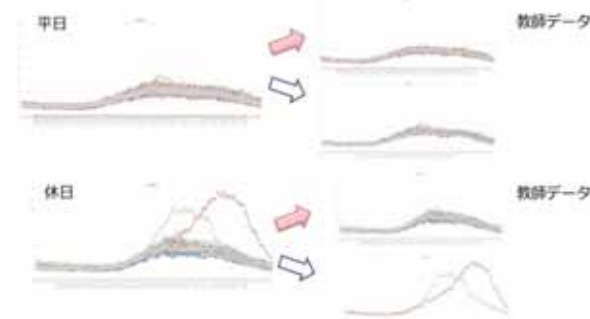


評価結果

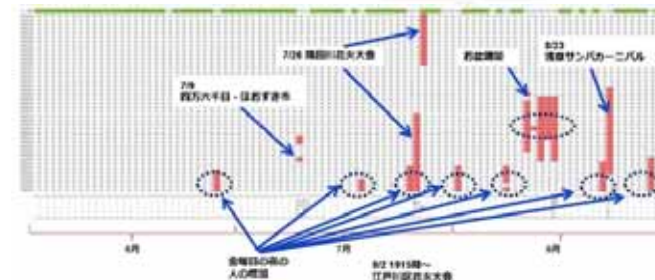
イベント検出件数

- 評価期間：2014年7月、8月
- **イベント検出件数：209件**
- **検出精度：F値=0.70**
(従来手法F値=0.62)

教師データ生成状況 (浅草雷門付近)



イベント検出事例 (浅草雷門付近)



課題ウー3 複数G空間データ統合技術 (東京大学、KDDI研究所)

- シミュレーションに対して観測値によせるためにEMD(Earth Movers' Distance)を使用
- 観測値に寄せない素朴なパーティクルフィルターに比べると、データ同化による改善大
- 同化の後の予測値は、時系列予測と同程度の精度
→観測値に50%程度の欠落がある状況下でも実用的な精度(相関率0.9)を維持

技術内容・実現手法

観測値に"寄せ"効果のある項を粒子の時間発展に加える

$$a_t^i = s_t^i(a_{t-1}^i) + \chi(a_{t-1}^i, \Delta) + v_t^{ai}$$

シミュレータ

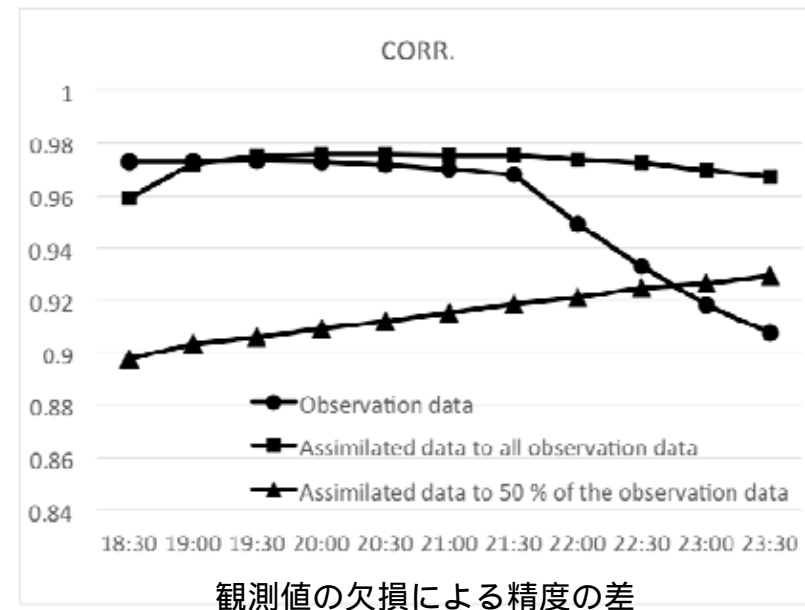
ナッジング項

ナッジング項を考慮して重みを計算する

$$w_t^i = \frac{1}{A} p(y_t | x_t^i) \frac{p(x_t^i | x_{t-1}^i)}{q(x_t^i | x_{t-1}^i)}$$

 ナッジング項
の調整

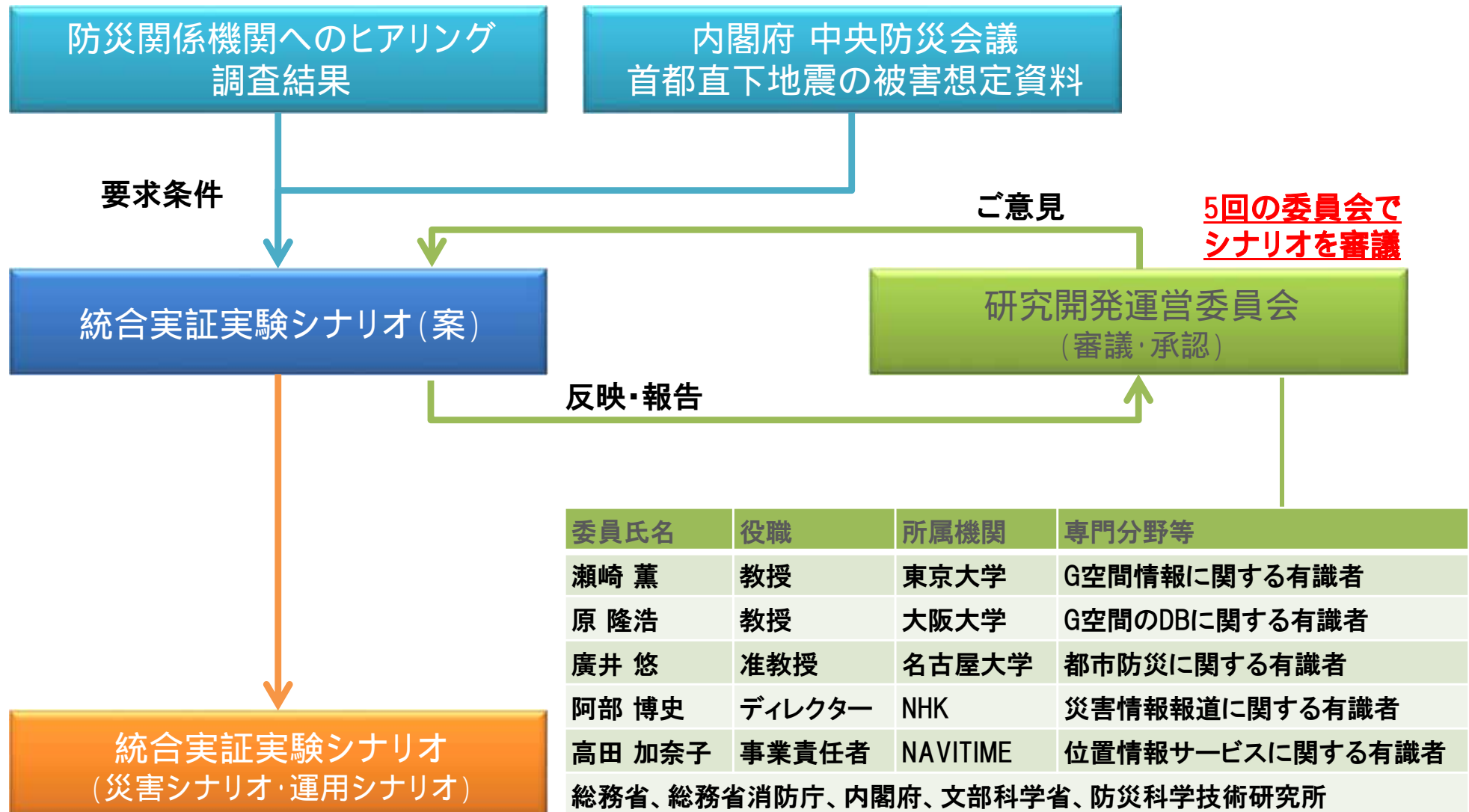
評価結果



- ✓ **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を維持

3-1. 統合実証実験シナリオの策定プロセス

- 防災関係機関へのヒアリング調査結果^{†1}等に基づき要求条件を明確化
- 防災関係機関や有識者から構成される研究開発運営委員会にて審議・承認を得ることで、要求条件から乖離の無い統合実証実験シナリオを策定

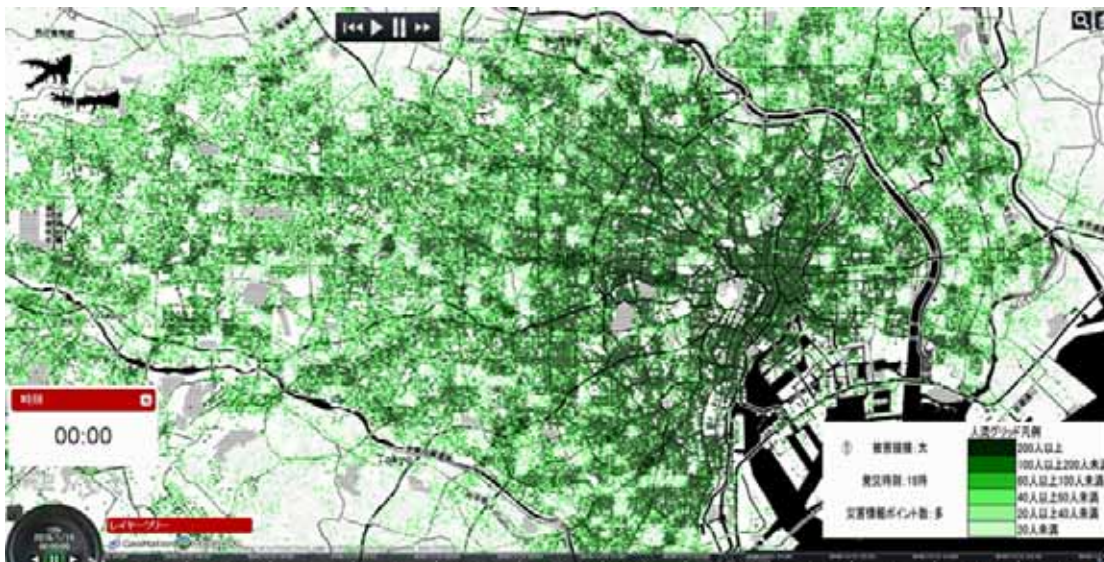


^{†1} 総務省殿「G空間プラットフォームにおけるリアルタイム情報の利活用に関する調査」

統合実証実験シナリオ

- 想定災害： 首都直下地震による火災延焼
- 想定業務： 国の防災関連機関や都道府県レベルでの防災関連業務
- 想定エリア： 南関東(東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県南部)。
すなわち、南北約150km×東西約200km程度の領域
- 適用技術： 課題ア、イ、ウ
- 利用データ： 擬似データ(平時の携帯電話通信ログ、災害時の携帯電話通信ログ、災害情報、住民位置情報)
- 評価者： 研究開発運営委員会委員・オブザーバ(総務省、総務省消防庁、内閣府、文部科学省、防災科学技術研究所、国土交通省、板橋区)など
- 実施内容： 次の項目を連携させたデモンストレーション実施と評価
 1. 首都圏全域にいる人の数を前提にした擬似的な人流生成
 2. 擬似携帯データの生成、個別許諾済通信ログからの平時移動モデル生成
 3. 1, 2を用いた災害時における人流推定(ポイントデータ)
 4. 3の人流推定結果(ポイントデータ)をリアルタイムに処理し、災害時の人の密度推定(グリッドデータ)を生成・可視化
 5. 3の人流推定結果(ポイントデータ)と自然災害シミュレーション結果(グリッドデータ)を結合し、人的被害を推計・可視化
- 実施時期： 平成27年12月～平成28年1月頃

- 統合実証実験シナリオに基づき、首都直下地震後の人の密度推定、火災延焼推定、及びこれら2つの推定結果を重ね合わせた要救助者推計のデモアプリケーションを作成



(c) Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under CC BY SA.

人の密度推定結果 (例)
(18:00 ~ 0:00)



(c) Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under CC BY SA.

要救助者推計結果 (例)
(18:00 ~ 0:00)

参加機関	参加機関 ・参加者数
総務省、文部科学省	12機関 111名参加
防災科学技術研究所、総務省消防庁	
内閣府(防災担当)、内閣府(科学技術・イノベーション担当)	
情報通信研究機構、国土交通省	
国土地理院、国土交通政策研究所	
東京消防庁、板橋区役所	



デモンストレーション

ディスカッション

アンケート



統合実証実験風景

- アンケートやヒアリング結果を分析し、課題を抽出

制度・施策に関する課題

- 関係府省庁・機関との連携（施策の連携、システムの連携）
- 動的G空間情報を流通させるための制度設計
- 災害時利用に向けた環境整備（法制度整備、ハード整備、ソフト整備）
- 動的G空間データを相互利用できる環境の整備
- 公式の被害速報を提供する環境や制度の整備
- 背景地図の随時更新の環境や制度の整備

技術に関する課題

- 推定・予測モデルの信頼性(精度)向上と信頼度の数値化技術の確立
- 人流推定データにおける住民と帰宅困難者の区別技術の確立
- 大規模災害時における安定したシステム稼働

データ・コストに関する課題

- 動的G空間データの収集・整備
- 共通フォーマットでのデータ提供
- 動的G空間データのコンテンツ費用低減

4-1. 研究開発期間中の取組みと今後の計画

■ 政策目標(アウトカム目標) : 大規模災害時等の初動対応を迅速化を実現

研究開発期間中の取組み状況

- ✓ 高速時空間検索技術を別途整備の、「G空間プラットフォーム」に機能を実装(課題イの研究開発成果導入)
- ✓ 高速時空間検索技術を適用し自社開発の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)をリリース(課題イの研究開発成果導入)(日立)
- ✓ 内閣府殿、総務省消防庁殿、防災科学技術研究所殿などの防災関係機関と成果導入に向けた意見交換を実施
- ✓ 人流推定技術を通信品質改善に活用する取組みを推進中(課題ウの研究開発成果導入検討)(KDDI)
- ✓ シミュレータのオープンソース化を推進中(課題ウの研究開発成果のオープンソース化)(東大)

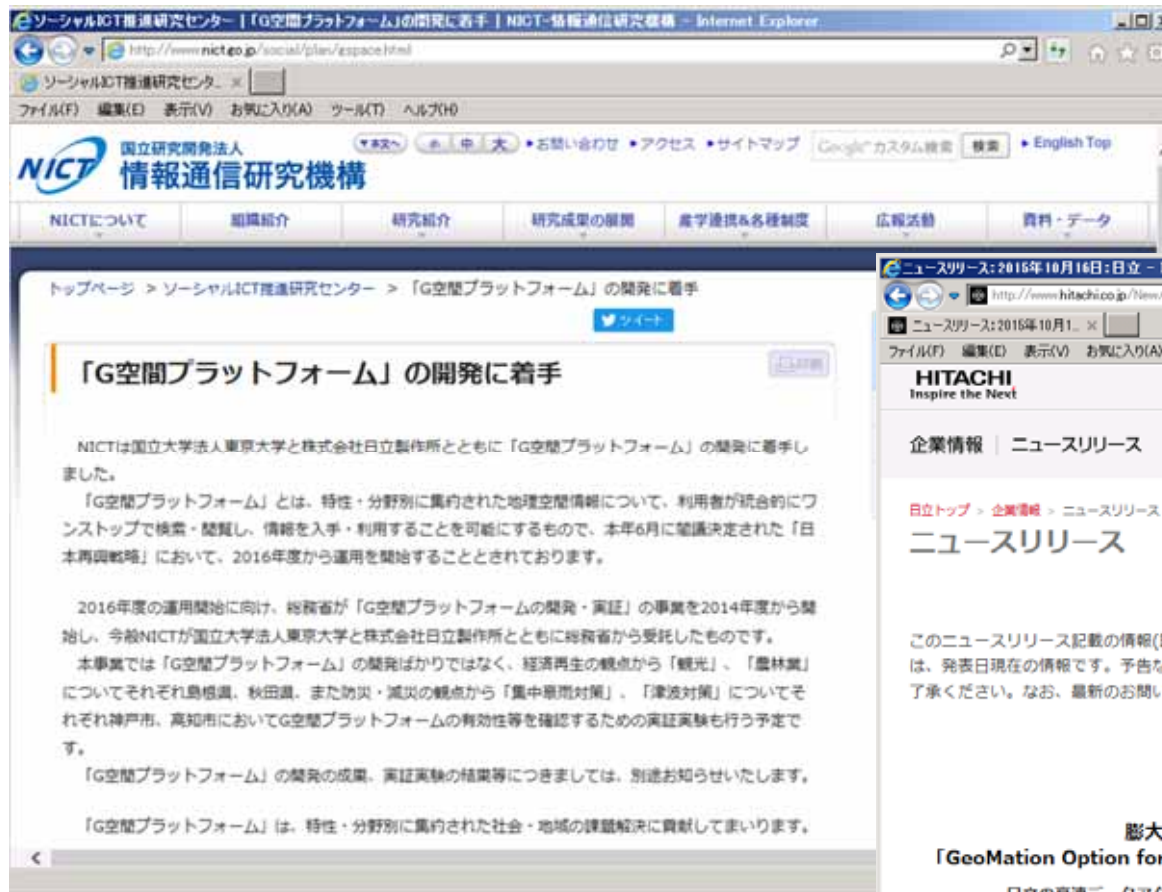
今後の取組み計画

- ✓ その他研究開発成果(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他)のG空間プラットフォームへの適用を協議
- ✓ 研究開発成果に基づく製品を核とした防災関係機関等への拡販
- ✓ 人流推定技術を通信品質改善に活用する取組みを継続
- ✓ 公共自治体向けの各種分析(観光分析など)への活用検討
- ✓ オープンソース化に向けた取組みを継続
- ✓ 国際標準化活動を継続

4.アウトカム目標の達成に向けた取組み・今後の計画

4-2. 防災関連機関への導入展開

- G空間プラットフォームへの研究開発成果導入や研究開発成果の製品化



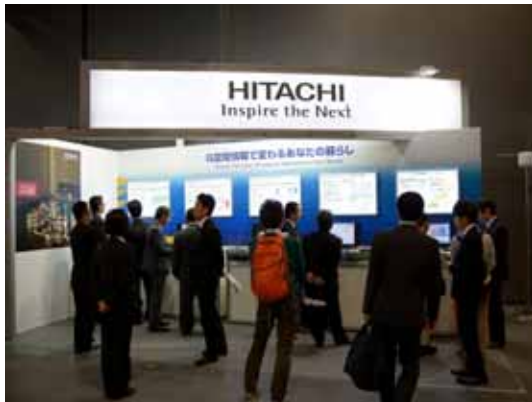
<http://www.nict.go.jp/social/plan/gspace.html>



<http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2015/10/1016a.html>

4-3. 他分野への導入展開

- 国際シンポジウムの主催や各種展示会への出展などによる積極的な普及展開活動



G空間EXPO2014

(出展)

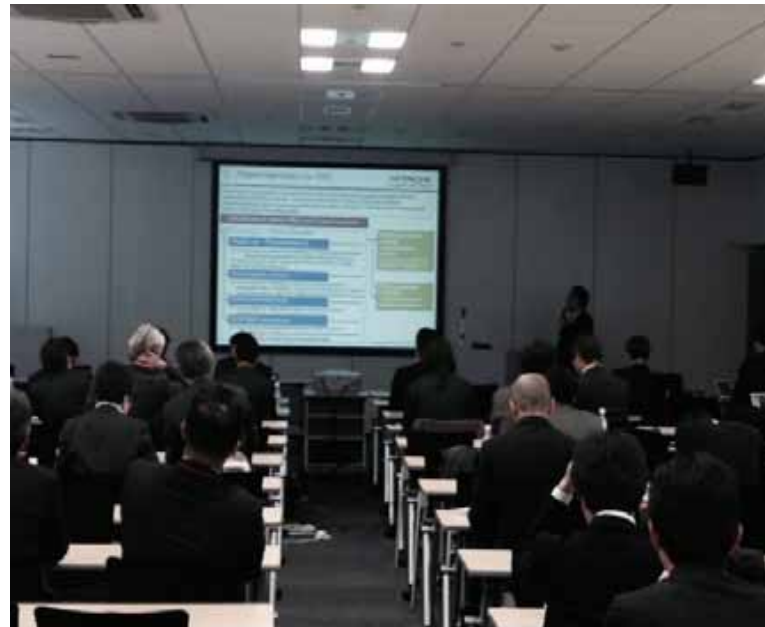
2014年11月13～15日、日本科学未来館



G空間EXPO2015

(出展)

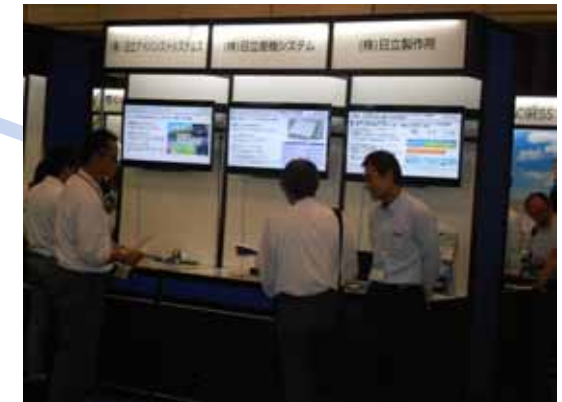
2015年11月26～28日、日本科学未来館



G-Space Symposium

(国際シンポジウムの主催)

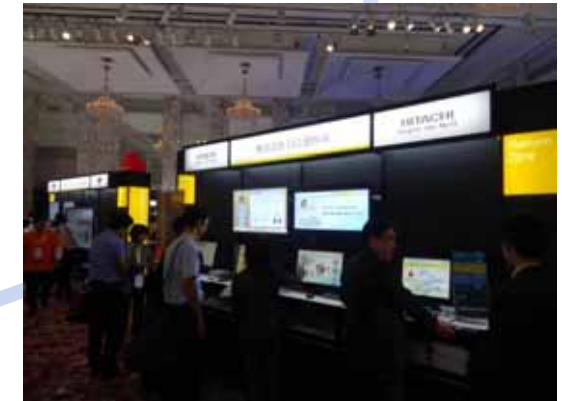
2014年12月3日、秋葉原コンベンションホール



LBJ2015

(出展)

2015年6月10～12日、幕張メッセ



Microsoft FEST2015

(出展)

2015年9月2～4日、
ザ・プリンス パークタワー東京

END



ICTイノベーションフォーラム2016
ICT重点技術の研究開発

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

研究代表者 菅原 敏 (株式会社 日立製作所)
研究分担者 関本 義秀 (国立大学法人 東京大学)
 西山 智 (KDDI株式会社)
 小野 智弘 (株式会社 KDDI総合研究所)

HITACHI
Inspire the Next