

## 1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆課題名 : ソーシャル・ビッグデータ利活用・基盤技術の研究開発
- ◆個別課題名 : 課題A 新たなソーシャル・ビッグデータ利活用アプリケーションの研究開発
- ◆副題 : 多様なデータ融合による災害時のモビリティ支援
- ◆実施機関 : 東北大学、(株)アイ・トランスポート・ラボ、アジア航測(株)、(株)リエンタルコンサルツ、日本気象協会、本田技研工業(株)
- ◆研究開発期間 : 平成26年度～平成29年度(4年間)
- ◆研究開発予算 : 総額125百万円(平成29年度30百万円)

## 2. 研究開発の目標

本研究では、大規模災害が発生した場合のモビリティに関する減災方策として、避難支援に資する下記の2つのシステムを開発

- ①避難インフラ(避難道路, 避難ビル, 避難所等)と交通管理策(規制, 制御, 利用制限等)を事前に設計・評価するシステム
- ②移動体, 固定センサー, 画像, SNS等の交通関連データを融合解析して, 時空間に連続的な被災と交通状況をリアルタイムモニタリングするシステム

## 3. 研究開発の成果

### 1. 避難支援施策の設計・評価システム開発

- **避難インフラ・交通管理施策を事前に設計・評価するシステムを開発**

The diagram illustrates the development process for an evacuation support system. It is divided into four main stages:

- ①避難行動分析**: Understanding disaster-specific evacuation movements. Includes an image of a crowded street.
- ②被災想定データベース**: Grasping disaster scenarios. Includes a map of Japan with disaster zones.
- ③避難交通シミュレーション構築**: Constructing evacuation traffic simulation. Includes a detailed city map with various traffic conditions (e.g., 0km/H以上, 10km/H以上, etc.).
- ④避難シナリオの設計・評価**: Design and evaluation of evacuation scenarios. Includes a map showing directions (Northwest, West, Southwest, North) and a bar chart showing evaluation results.

### 研究成果①：避難行動分析と理解

- 東日本大震災時のプローブ・携帯GPSを用いて、避難交通状況を分析し、**災害時特有の避難行動特性・パターンを把握**

### 研究成果②：被災想定データベース構築

- 過去の災害の被災状況、東京都想定首都直下型地震発生時の被災想定をデータベース化し、災害時の状況・課題を把握

### 研究成果③：災害時避難交通シミュレーション構築

- 歩者錯綜による道路交通容量の低下や車線閉塞、交通規制、グリッドロックといった**災害時特有の交通現象・行動を再現可能な避難交通シミュレーションを開発**

### 研究成果④：避難シナリオ設計・評価

- 成果①～③を用いて道路啓開などの避難インフラの確保や高速道路無料化等の交通管理策に関して、現実的な対策シナリオを設計し、**施策の有効性・影響を事前に評価**

### 2. 被災・交通状況リアルタイムモニタリングシステム開発

- **リアルタイムに多様なデータを収集・解析し、被災と交通状況をモニタリングするシステムを開発**

The diagram shows the development of a real-time monitoring system. It involves three main stages:

- ①モニタリング技術開発**: Monitoring technology development. Includes sensors like weather, disaster risk, SNS, disaster maps, and traffic sensors.
- ②情報提供手法研究**: Information provision method research. Includes GIS (geographic information) and probe data.
- ③リアルタイム処理技術開発**: Real-time processing technology development. Includes the JOSE system and NICT.

The final stage is **④リアルタイム可視化システム構築** (Real-time visualization system construction), which uses a large amount of data for real-time processing and visualization of disaster and traffic conditions.

### 研究成果①：被災・交通状況のモニタリング技術開発

- 交通流モデルとプローブデータの学習による**未観測リンクの交通状態推定手法**、SNS(Twitter)のバースト、プローブ車両軌跡等を利用した**異常事象の発見手法を開発**
- 豪雨、豪雪時のデータから**道路交通に影響を与える気象条件(降雨量、降雪量)を分析**

### 研究成果②：情報提供手法開発

- メールおよびWEBページを活用した被災箇所の画像投稿収集が可能な環境を構築
- 被災状況をスマホやメガネ型ウェアラブル端末上で表示できるARシステムを開発

### 研究成果③：リアルタイム処理技術開発

- **全国の膨大な各種データ**(降雨(250mメッシュ・5分毎)、洪水リスク(1kmメッシュ・30分毎)、プローブ(5分毎・現況)及びSNS被災画像(任意箇所・任意時点))を**リアルタイムに収集、処理、抽出し**、JOSEサーバに**リアルタイムに蓄積する技術を開発**

### 研究成果④：リアルタイム可視化システム構築

- **リアルタイムに被災状況・交通状況を可視化し、異常をアラート発信するシステムを開発**
- 3回の**道路管理者への試用実験**を実施し、**実務に利用可能なシステムへ改良**



# 1. 避難支援策の設計・評価システム開発

## 研究成果③：災害時避難交通シミュレーション構築

- 東京23区など大規模なネットワークを対象として、自動車交通、歩行者交通の相互干渉の影響を考慮でき、かつ大規模災害時等の交通行動および現象を再現し、交通施策を評価することができる交通シミュレーションモデルを開発
- 避難シミュレーション検証マニュアルに沿った基本機能の検証により実用的な仕組みを構築



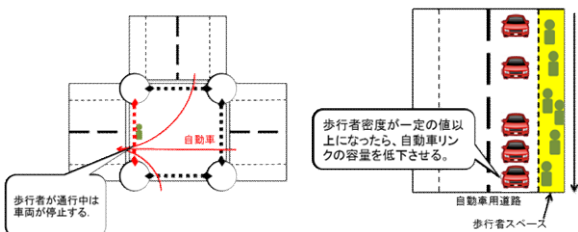
東京23区を対象としたシミュレーションの実施状況例

### 【災害時避難交通シミュレーションの特徴】

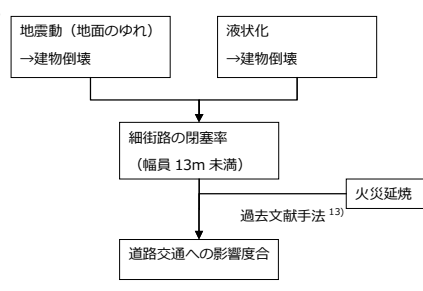
- 以下のモデルにより自動車交通と歩行者交通の錯綜による容量低下など災害時特有の行動や現象(グリッドロック現象)の再現が可能
  - 徒歩、自動車錯綜モデル：徒歩と自動車の錯綜による道路交通容量への影響を考慮
  - 徒歩、自動車避難行動モデル：目的に応じて避難行動を確率的に選択
  - 災害時交通規制・車線閉塞モデル：被害予測の危険度や被害実態に応じて、信号減灯などの交通規制、建物倒壊による車線閉塞などを表現

①交差点内の交錯による自動車の停止

②歩行者道路の密度に応じた自動車道路の容量低下



歩車錯綜時の挙動 (左;交差点部、右;単路部)

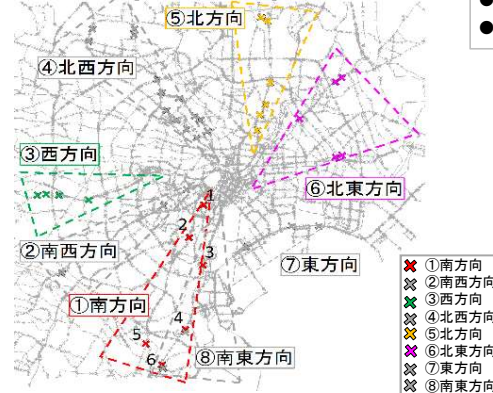


車線閉鎖モデルの適用例

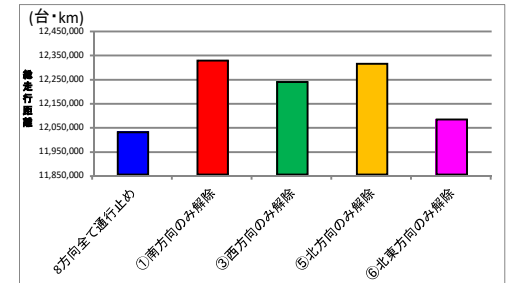
## 研究成果④：避難シナリオ設計・評価

- 避難交通シミュレーションの活用フレームワークを構築し、東京23区を対象に、災害後の被災による交通途絶箇所を効率的に復旧するための道路啓開(八方向作戦)の優先順位シナリオを検討
- 熊本地震をケーススタディに高速道路無料化施策(ソフト施策)を設計し、道路交通影響を評価

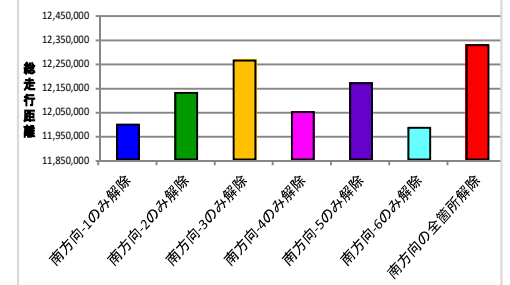
### 【道路啓開(八方向作戦)の評価】



- どの方向から啓開すると交通の流れが良くなるかを評価
- ①南方向を解除した場合が総走行距離の回復が最も大きい



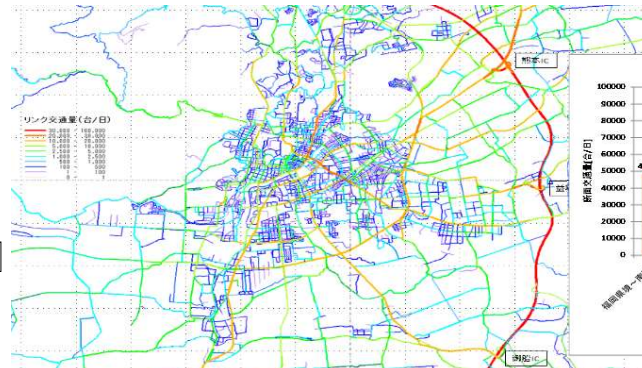
### (広域)八方向の道路啓開の優先順位検討



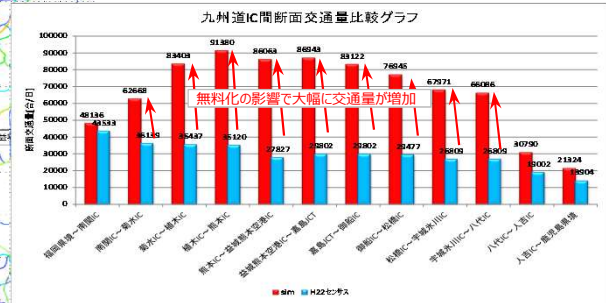
### 道路啓開の方向と交通途絶箇所

### 【高速道路活用施策(ソフト施策)の評価(熊本地震をケーススタディ)】

- 熊本県内の高速道路を無料とした場合の交通量について、平成22年センサス交通量と比較評価
- 無料化の影響により九州道およびIC付近から熊本市内への接続道路において交通量が大幅に増加するため、高速道路だけでなく市内および被災地周辺へ向かう緊急車両や物資輸送車両の通行に大きな影響を及ぼす可能性。



リンク通過交通量の結果



断面交通量の比較結果



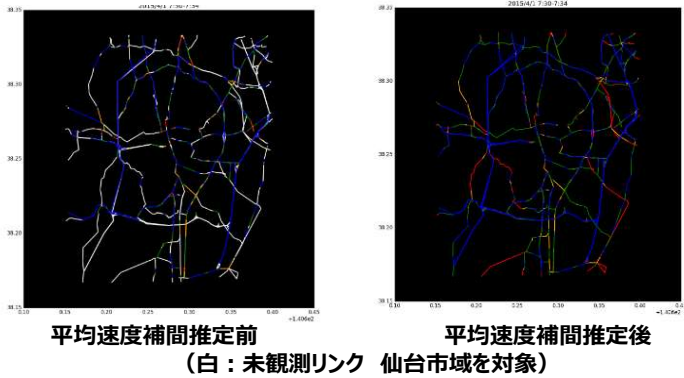
## 2. 被災・交通状況リアルタイムモニタリングシステム開発

### 研究成果①：被災・交通状況のモニタリング技術開発

- 被災・交通状況をモニタリングするため、交通流モデルの援用、長期観測プローブデータの学習による未観測リンクの交通状態推定手法、SNS(Twitter)のバースト現象を利用した異常事象の発見手法等を開発
- また、過去の災害事例を基にプローブデータによる交通状況分析と降雪量または降水量の関係进行分析し、降雪量の増加や降水強度の強さによる道路交通への影響や障害発生との関連性を把握

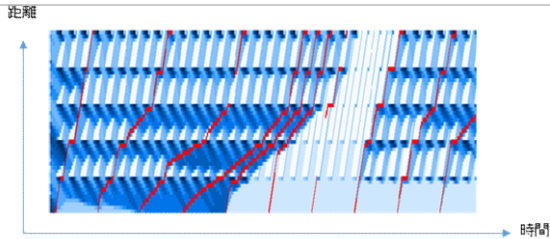
#### 【プローブデータの学習による未観測リンクの交通状態推定手法】

- グラフィカルラツソという学習アルゴリズムとEMアルゴリズムによる拡張より、蓄積データが未観測リンクを含む場合でも、過学習しない交通状態推定手法を開発。また、本手法の精度が既存手法よりも高いことを確認



#### 【交通流モデルとプローブデータのデータ同化による交通状態推定手法】

- 交通流モデル(Kinematic Wave Theoryに基づいたCell Transmission Model)にプローブ軌跡データを同化し、交通状態を推定する手法を開発。
- 過去データの蓄積ができない場合に有効かつSNS情報のような定性的なデータとの親和性も高い手法であり、山梨県大雪等の災害時にも適用可能なことを確認。



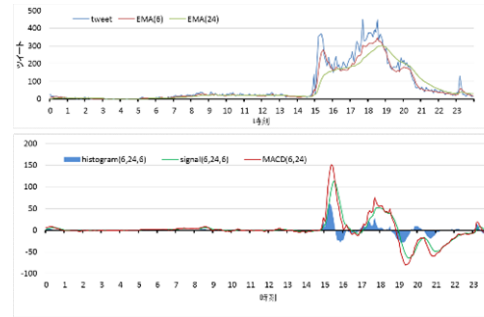
交通流モデルとプローブ軌跡の同化による推定したタイムスペース図



山梨県大雪災害時におけるプローブとTwitterデータによるモニタリング

#### 【Twitterのバーストを利用した異常事象の発見手法】

- 異常事象発生時にTwitterツイートが急増するバースト現象を利用し、異常事象を発見する手法、指標を検討
- 2016年の台風9号をケーススタディとし分析した結果、histogram指標の推移がバースト検出の指標として妥当と推察

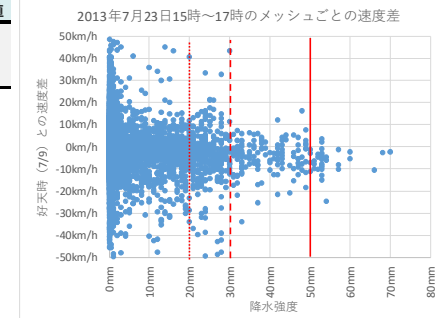


バースト検出指標の算定結果

#### 【豪雨災害に関わる災害発生予測】

- 豪雨災害時の降水量と速度の関係を分析。降水強度が30mmを超えると極端に大きな正の速度差はなくなり、降水強度50mm以上ではほとんどが平常時より速度が低下。
- 分析結果より交通障害アラート基準値を設定

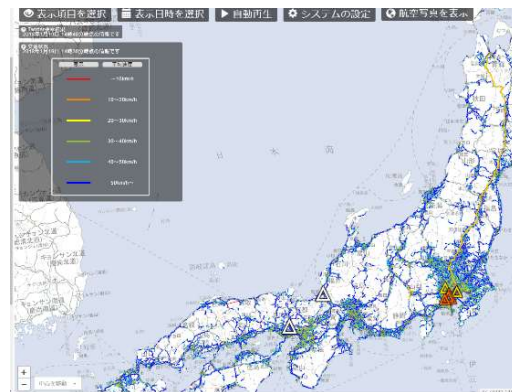
ランク	交通障害アラートの基準値
I	降水強度 $\geq 20$ mm
II	降水強度 $\geq 30$ mm
III	降水強度 $\geq 50$ mm



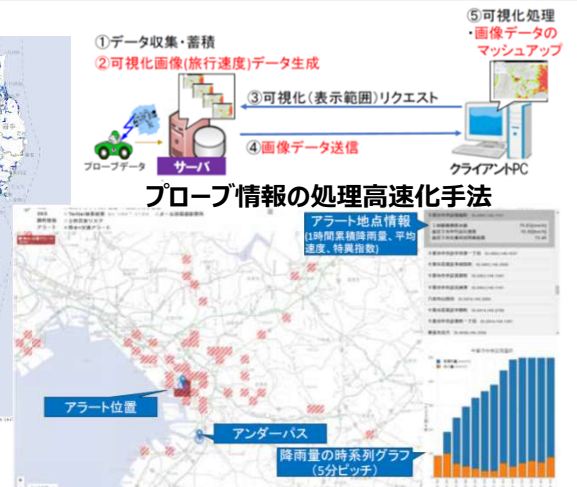
降水強度と晴天時との速度差

### 研究成果③・④：リアルタイム処理技術・可視化システム構築

- プローブデータ収集後、予め全国のプローブ旅行速度を集計・可視化した画像を生成し、リクエストの際にその画像データをマッシュアップする方式により広範なデータを高速に処理
- プローブ、気象、SNS、画像などの収集データとモニタリング処理結果を、5分以内のリアルタイムに地図上に可視化し、異常発生をアラートするシステムを構築。
- 道路管理者(東北地整、千葉国道、能代河川国道、NEXCO東日本)にシステムを試用していただき、アンケート等の意見からシステムの改良を計り、実務に使えるシステムを構築



全国データの可視化



豪雨時の交通障害アラートの可視化

#### 4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース 報道	展示会	標準化提案
3 (0)	0 (0)	6 (2)	51 (11)	7 (0)	7 (2)	0 (0)

※成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

##### (1) 国内・国際会議での論文発表や招待講演により、研究の必要性と成果を国内外に発信

- 桑原雅夫, ビッグデータが生み出す新しいビジネス パート4「プローブデータ×都市計画」, 第7回国際自動車通信技術展(ATTT), 平成28年3月18日
- 桑原雅夫, 災害時の交通モニタリングと避難シミュレーションの最前線, 平成28年2月5日 「震災対策技術展」横浜 セミナー, 第6回震災予防講演会, 主催 (社)日本地震工学会, 命を守る避難の課題 -災害時の交通モニタリングと避難シミュレーションの最前線-
- Kawasaki, Y., Hara, Y., Kuwahara, M. : Real-Time Traffic State Estimation on A Two-Dimensional Network by The State-Space Model, 21st HKSTS International Conference, Hong Kong, China, December 2016.
- Kawasaki, Y., Hara, Y. and Kuwahara, M. : Real-time Monitoring of Dynamic Traffic States by State-Space Model, International Symposium of Transport Simulation International Workshop on Traffic Data Collection and its Standardisation (ISTS and IWTDCS'16), Jeju, Korea, July, 2016.

##### (2) 各メディアを通じて、本活動成果を外部発信

###### ◆ 成果発信(展示会、プレスリリース等)

- 日経新聞, 未来技術2020, 豪雨予測・渋滞まで予測, 避難にビッグデータ応用, 2016年2月29日
- NICTオープンハウス2016, 多様なデータ融合による災害時のモビリティ支援, 2016年10月27, 28日

###### ◆ 受賞

- ベストポスター賞: 河合克哉, 竹之内篤, 伊川雅彦, 桑原雅夫, 対向車線の車両観測データを用いた交通流モニタリング -Variational Theoryの適用, 第14回ITSシンポジウム2016
- 土木学会土木計画学研究委員会 優秀論文賞: 川崎洋輔, 原祐輔, 桑原雅夫, 状態空間モデルによる経路選択を考慮した二次元ネットワークの交通状態推定手法の構築, 2017.12.27

#### 5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

- 共同研究者の各企業が進める個別事業やサービス(気象協会の情報提供や道路管理者へのコンサルティング業務)との連携により情報提供を展開、継続の可能性を今後も検討していく予定である。
- 当研究で開発した各システムについては、道路管理者に実際に業務で活用してもらうために、ニーズに合わせたカスタマイズを行う予定である。