新都市社会技術融合創造研究会プロジェクト

公的交通情報と民間交通情報の融合による異常事象発生時等における交通状況推定及び対策に関する研究

研究代表者

京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻

大西 正光

KYOTO UNIVERSITY

京都大学

研究項目と年度構成

年　度	研　究　内　容
令和5年度	①　交通状況のリアルタイム検出に関する既存調査・研究のレビュー、近畿エリアにおける交通観測インフラ調査 ②　異常事象時の交通状況のリアルタイム検出に利用できる公的・民間交通情報に関する調査 ③　活用可能性の高い民間プローブ情報に着目し、既存データを用いた精度および実用性の検証 ④　活用可能性の高いSNS情報に着目したクローリング・スクレイピング可能性の調査
令和6年度	⑤　公的交通情報、民間プローブ、SNS情報の融合による異常事象発生検知・交通停滞発生検知システムの設計 ⑥　公的交通情報、民間プローブ、SNS情報の融合による異常事象発生時の迂回路検出システムの設計 ⑦　異常事象発生検知・交通停滞発生検知および迂回路検出のためのシステム構築に必要な開発・運用費の概算 ⑨　将来入手可能な民間交通情報を活用したシステム高度化に向けた研究
令和7年度	⑧　異常事象発生検知・交通停滞発生検知および迂回路検出のためのプロトタイプシステムの設計・構築 ⑨　将来入手可能な民間交通情報を活用したシステム高度化に向けた研究（継続）

京都大学

初年度研究の成果

1. 異常気象時等に活用できる民間プローブ情報の特性を分析・比較した結果、自動車メーカ等が提供する車両プローブより、スマートフォンプローブが災害時の強靭性や即時性、サンプリング率の高さ等の面で優位である

2. スマートフォンプローブの特性比較を行った結果、GoogleよりもTomTom社が提供するリアルタイムプローブ情報が優位である
   a. 提供情報の信頼度情報が存在するため、通行不能・車両走行がない区間の判定に適している
   b. VICSや他のプローブ情報では実現できていない、Dynamic Sectioning により、速度変化のある区間を動的に変化させて交通情報を提供している

3. TomTom社から技術評価のためのリアルタイムプローブ情報の無償提供を受けることができ、このデータを用いて2024年1月1日の能登半島地震における発災直後の交通状況の分析を行った結果、次の①から⑤の機能について優れた性能を有することが検証できた

   ①災害時の強靭性　②即時性、データ更新頻度の高さ　③幅広い対象路線に対するデータ提供

   ④通行不能・車両走行がない区間の判定 ⑤交通情報提供区間を動的に変化させ得ること

4. SNSの活用についても検討を行ったが、わが国で利用者が多いX(旧Twitter)の利用が高額化したこと、フェイク情報のフィルタリングの必要性等から、SNSについては専門業者を通した情報配信を受けることが現実的である

システム設計の進め方

- システム設計にあたって、まず昨年1月24日豪雪時のスタック区間の把握ができることを確認するための精度検証を行った
- 精度検証結果が良好であったことから、福井河川国道工事事務所、滋賀国道工事事務所に依頼し、システム・プロトタイプの評価を行った
- 改善点の確認を行い、画面設計とデータベース・解析システムの再設計を行い、性能評価のためのプロトタイプの構築を行い、現在滋賀国道工事事務所において試験運用を行っている

1月24日豪雪時のスタック区間におけるプローブの精度検証

CCTVによるスタック区間の把握	TomTom情報の同区間の精度検証

↓

システム・プロトタイプの構築・改良

画面設計	データベース・解析システム設計

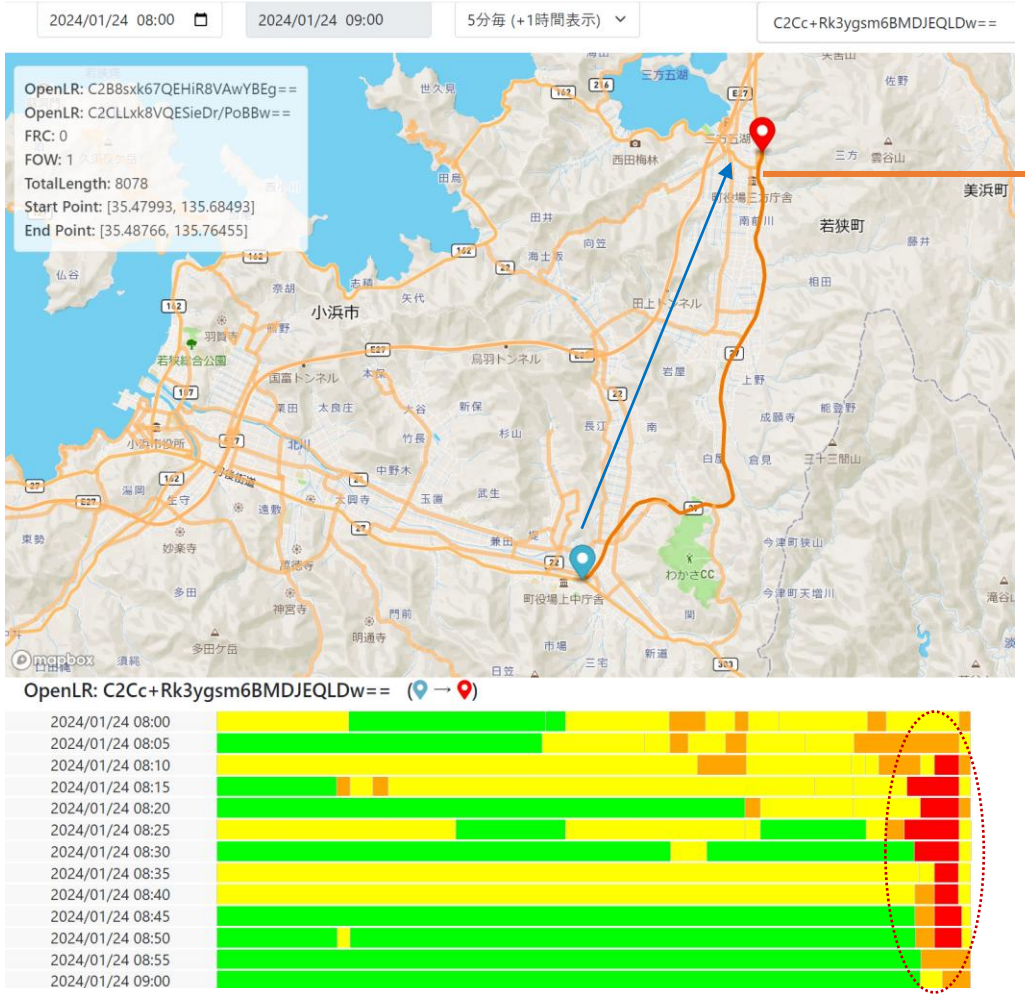
↓

国道工事事務所におけるプロトタイプ評価

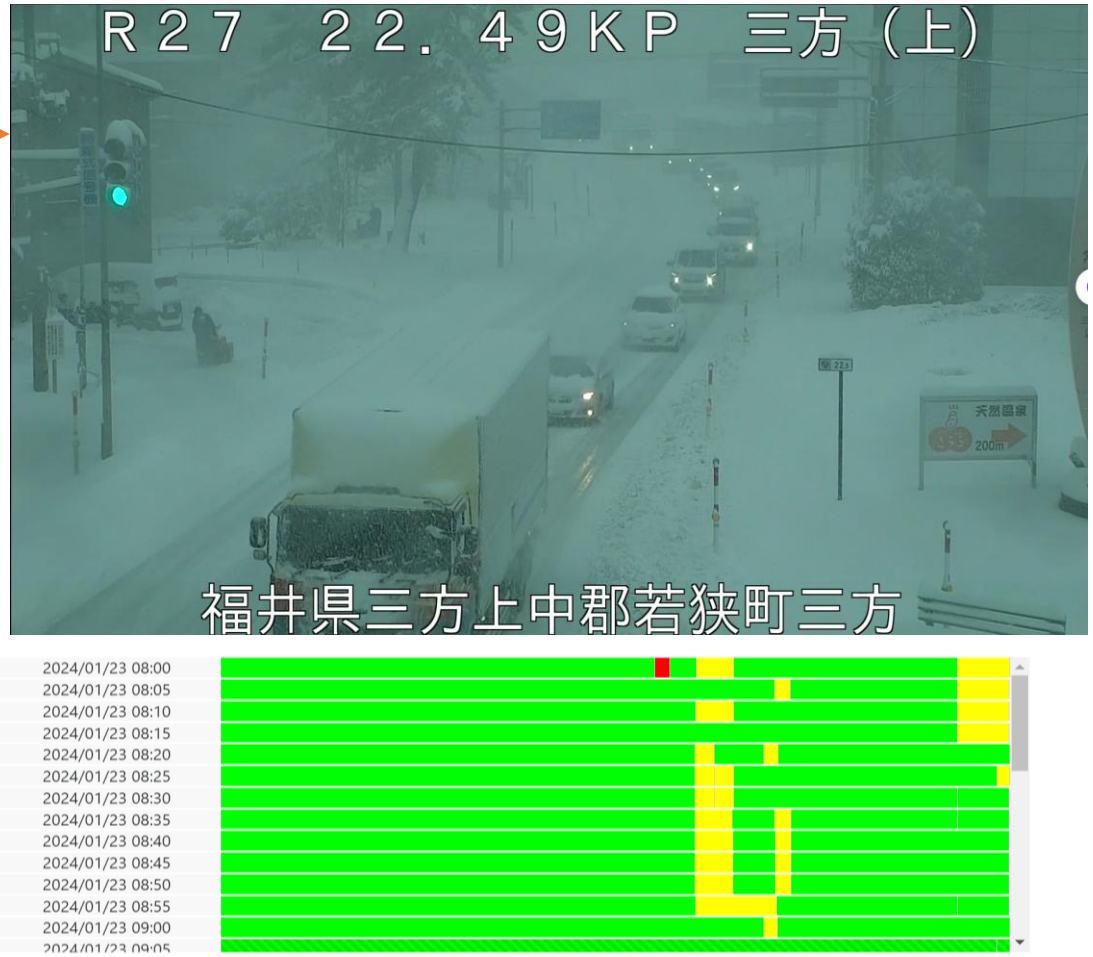
実用性評価	経済性評価

豪雪時スタック検出精度の検証

- 昨年1月24日の豪雪時に国道27号福井県三方交差点におけるスタック発生の映像の提供を受けた
- TomTomリアルタイム情報を用いて、その時間帯における速度低下とスタックが検出できることを確認することができた



2024年1月24日 8:00ー9:00 (積雪時)



2024年1月23日 8:00ー9:00 (平常時)

京都大学

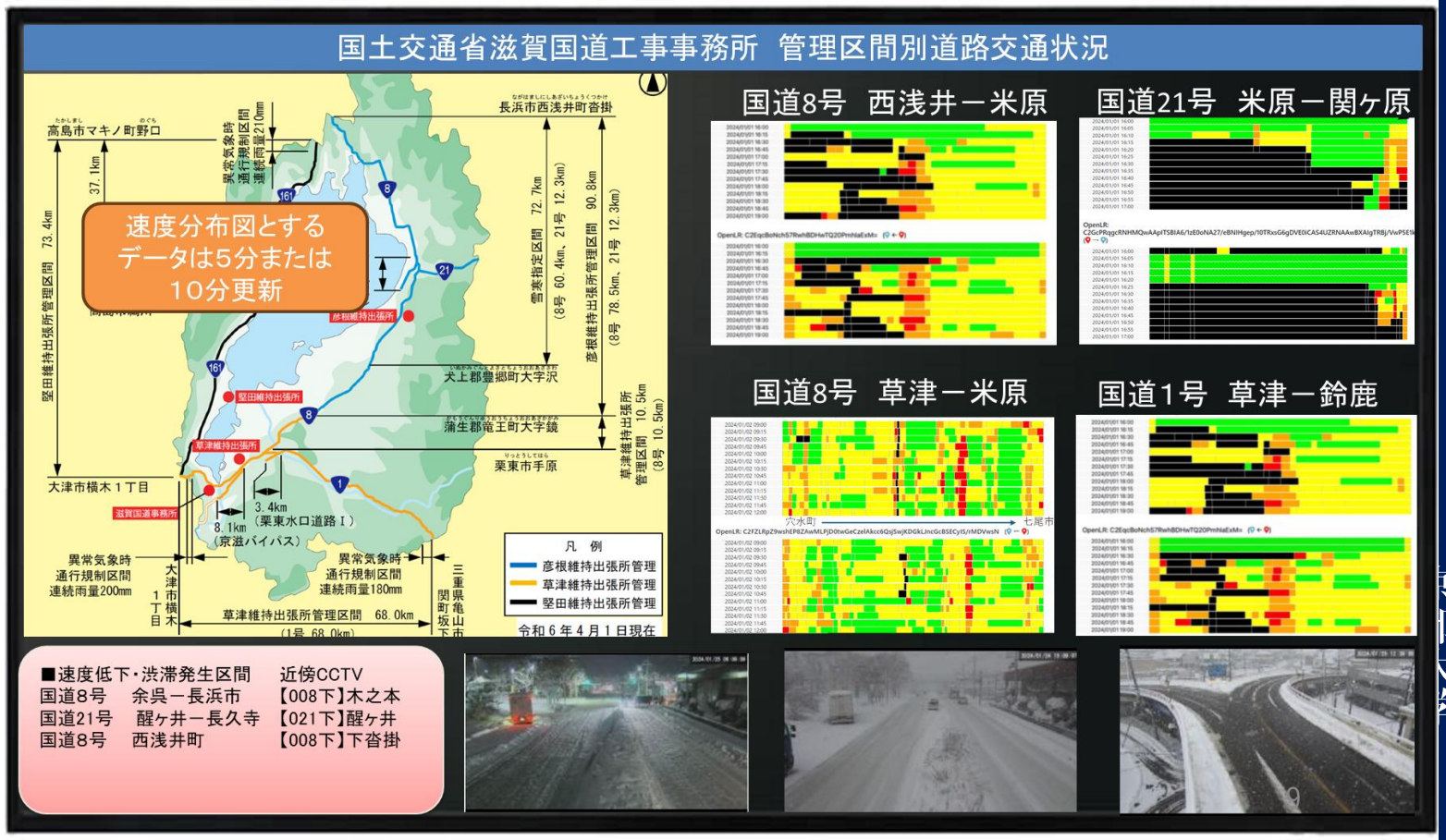
第1次システム・プロトタイプ（画面設計）の構築と評価

- 以下のような画面設計を行い、福井河川国道工事事務所、滋賀国道工事事務所を訪問し、意見を聴取した
- この結果、次のような意見をいただいた

① 概ね、このような画面設計で問題はない

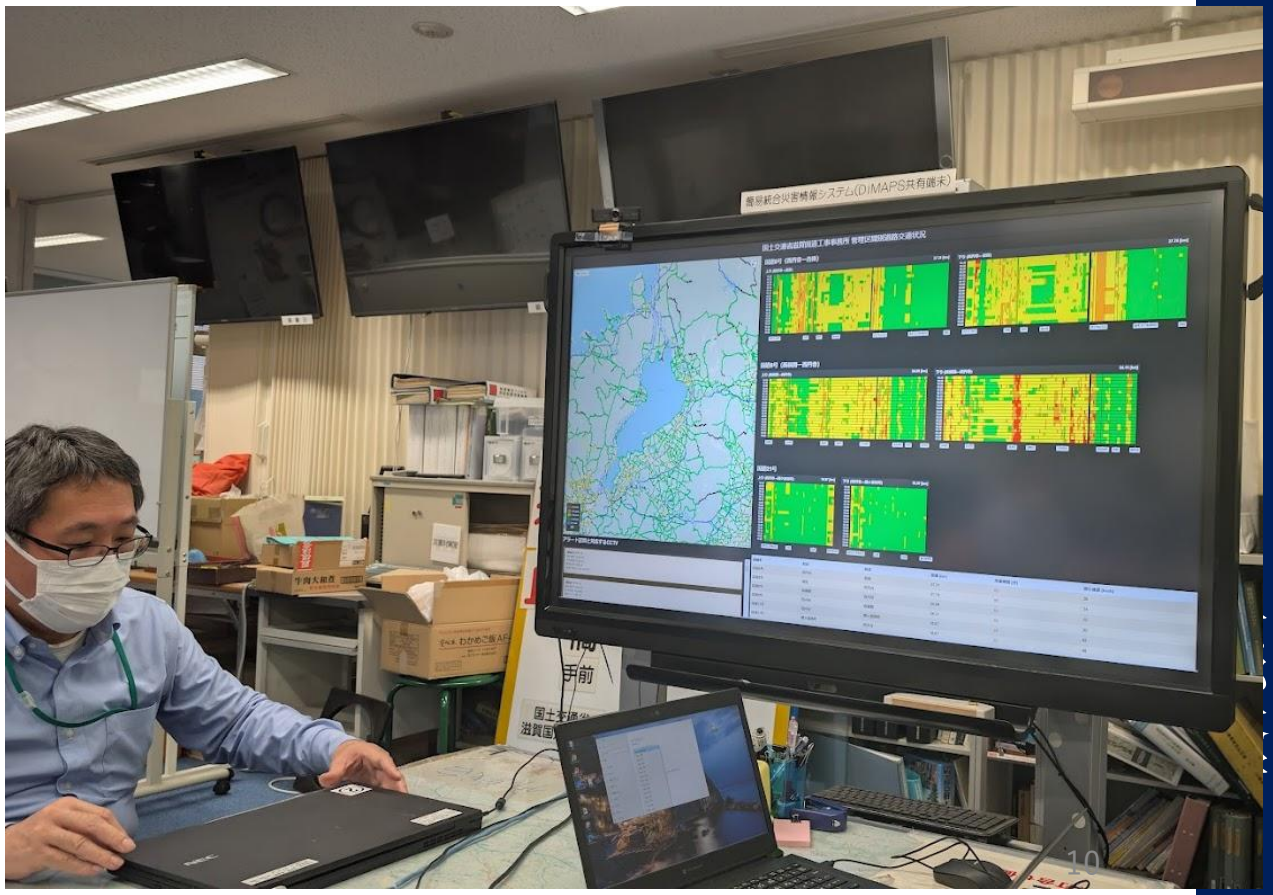
② CCTV画像は、すぐ横に監視システムがあるため、この画面内にCCTV画像を置く必要はない

③ 迂回路は、昨今は通行止の際には広域迂回を行うため、迂回路をシステム側が提案する必要はないが、県道等の周辺道路の状況が把握できるとありがたい



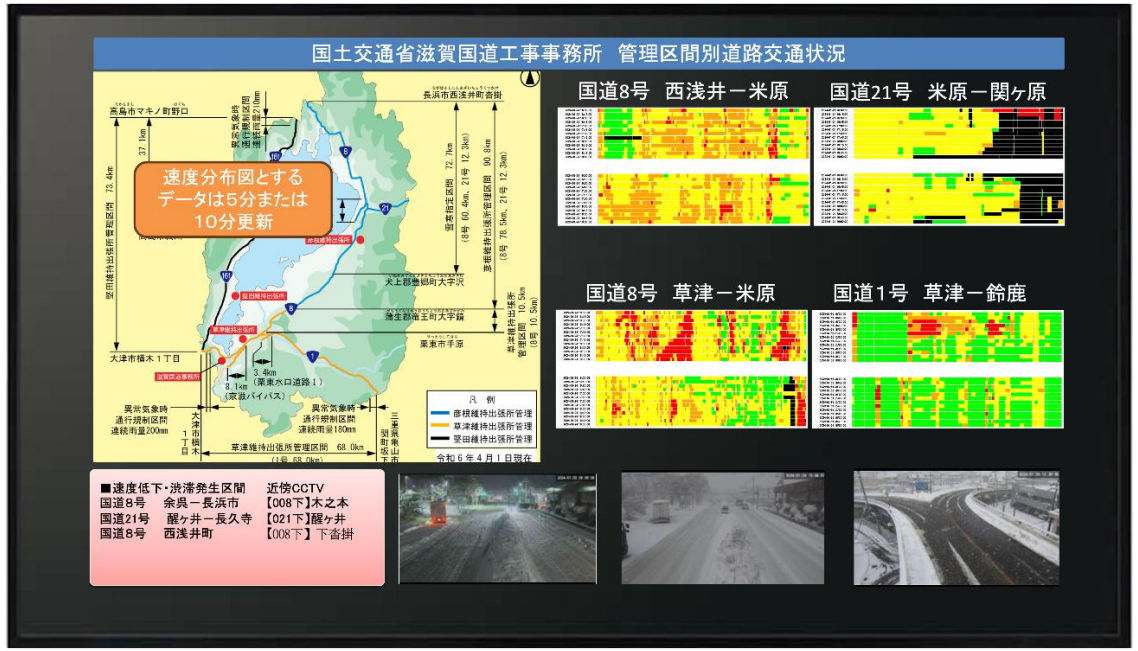
国道工事事務所との会議状況

- 左写真：福井河川国道工事事務所におけるCCTV監視システムの視察
- 右写真：滋賀国道工事事務所におけるプロトタイプ画面の評価会議

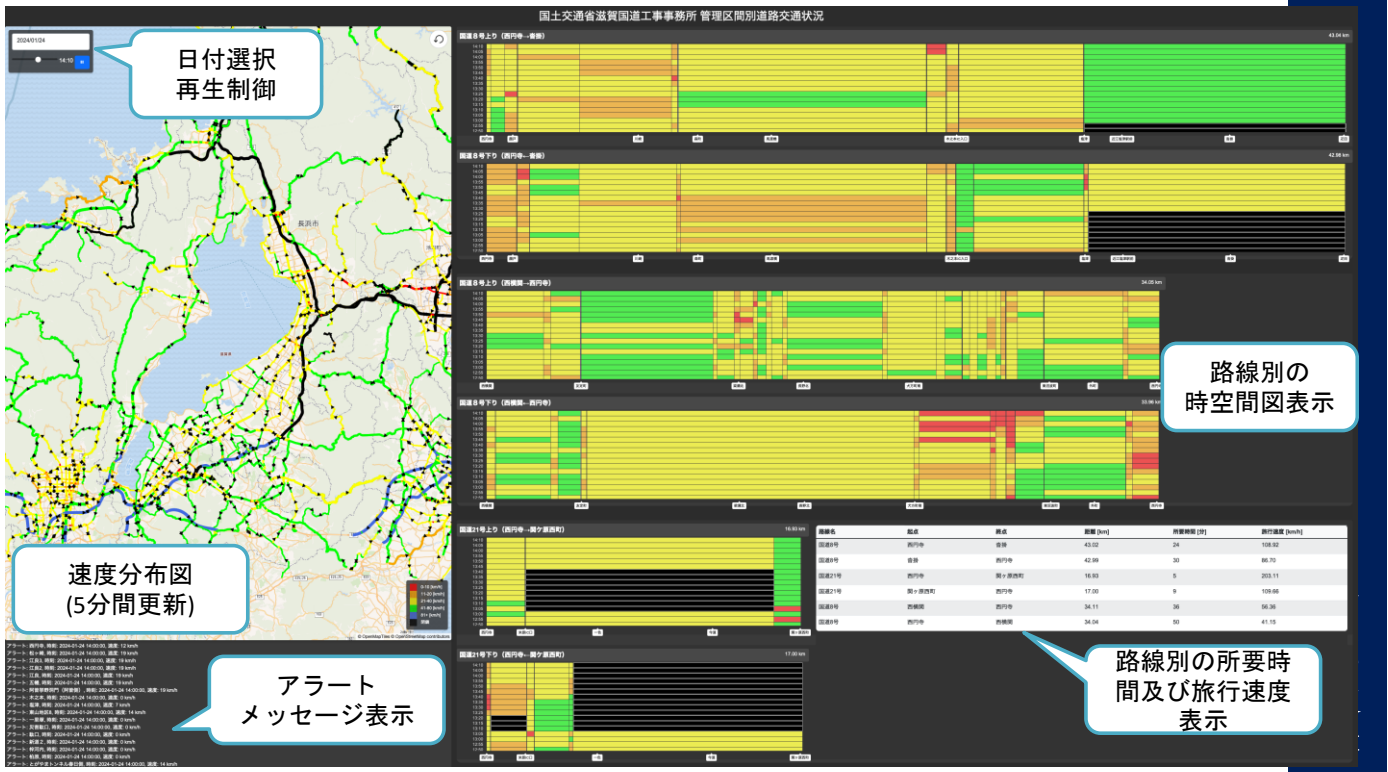


初期画面設計から第二次画面設計へ

- 8月24日に初期画面設計を福井河川国道工事事務所と滋賀国道工事事務所に提示
- 現場での改良意見に従い、第二次画面設計を行う
- またTomTom交通情報コストが高額であるという意見に従い、ローコスト化に取り組む



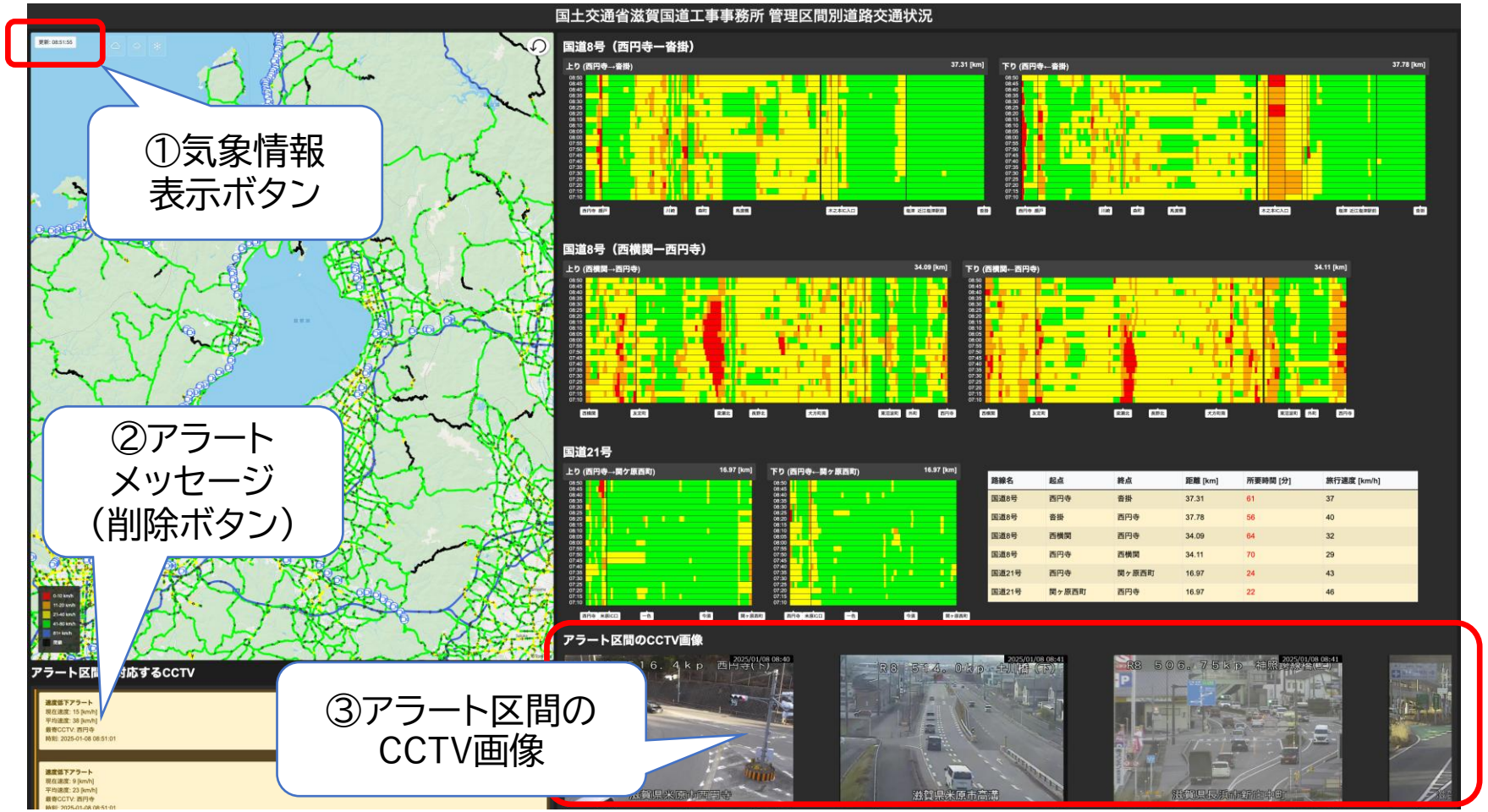
初期画面設計案 滋賀国道事務所(2024/08/24)



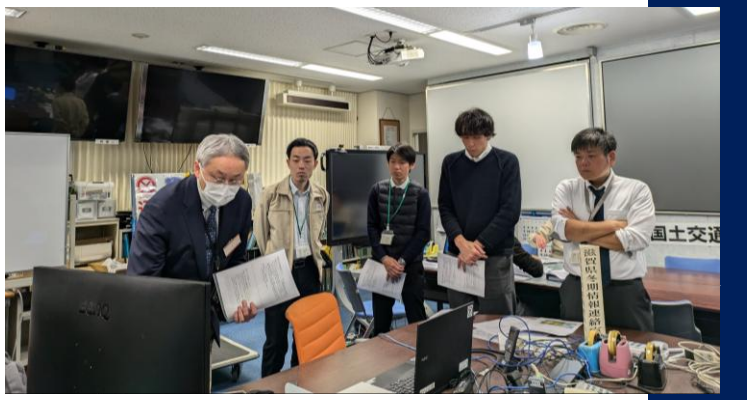
第二次画面設計　滋賀国道工事事務所(2024/11/26)

最終画面設計と滋賀国道への機材セットアップ

- 速度低下が著しい区間を検出し、その区間のCCTV画像を自動で下部に表示
- 速度分布マップでは直轄国道以外に、主要県道等の速度分布を地図上に表示



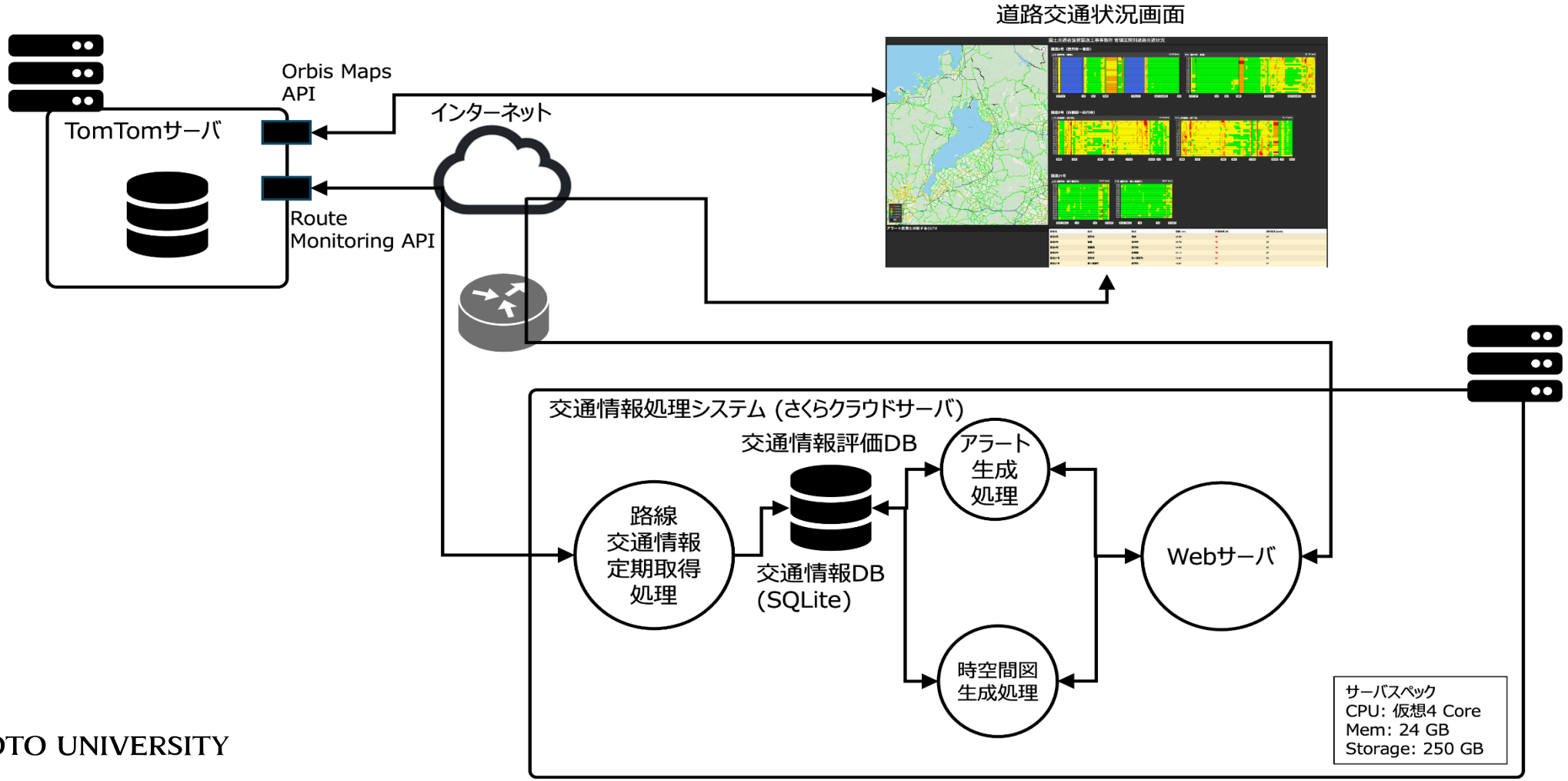
- 速度分布時空間図は、直轄国道のみを対象としてデータ購入を行うことで、情報購入費を削減
- 速度分布マップ、気象情報は無償提供されるデータを活用することで、コスト削減
- 気象情報表示ボタンをクリックすると、雨雲レーダ等が重ねて表示される



最終画面設計（上）と滋賀国道への機材セットアップ（右写真）（2025/1/8）

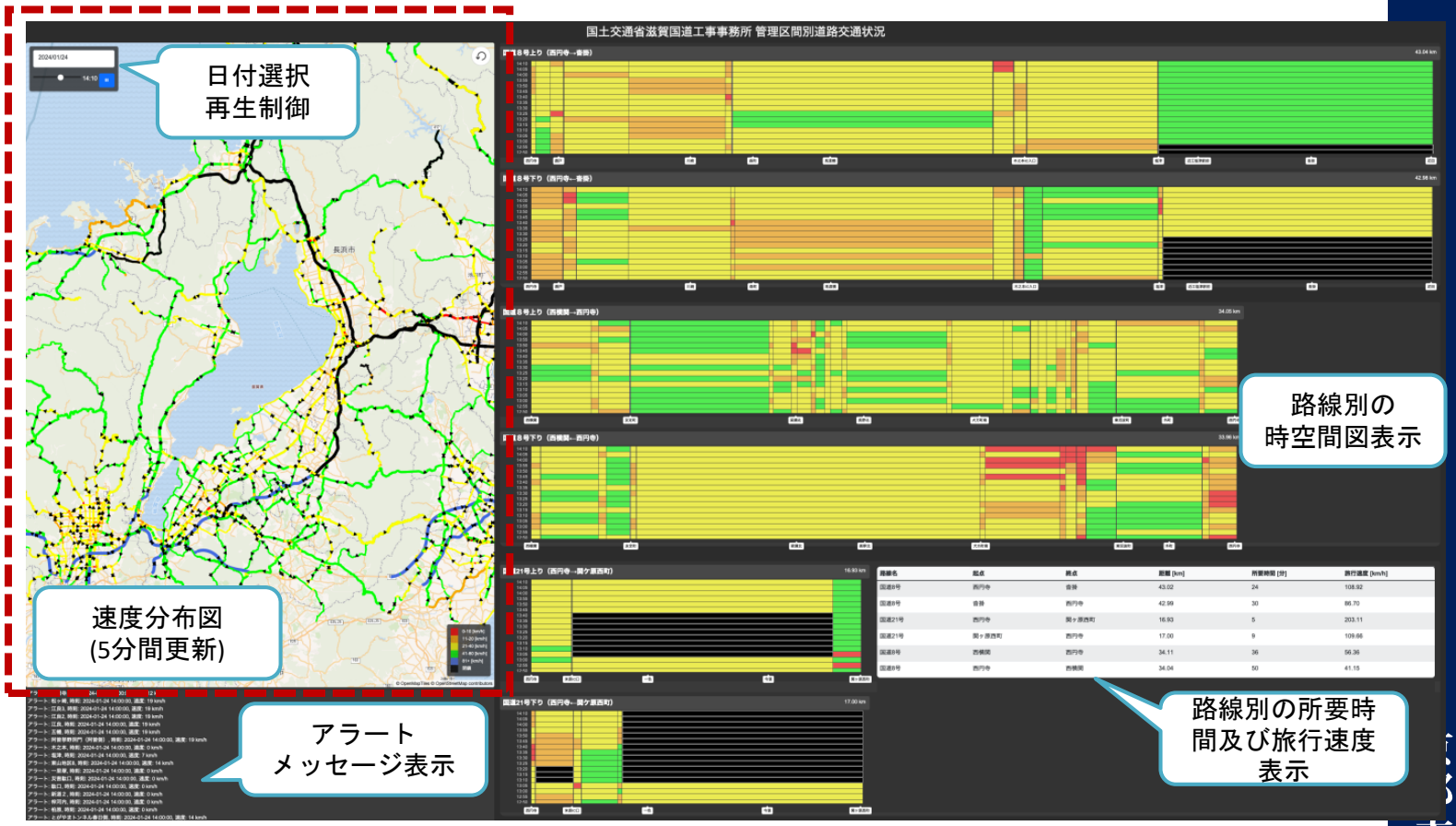
センターサーバシステムの設計

- 開発するシステムは、TomTomサーバ、交通情報処理システムの2つの主要部分で構成され、道路交通情報はインターネットwebで配信



迂回路検出システムの設計

- 国道工事事務所との協議により、当初計画していた動的な迂回路の自動検出は不要で、直轄国道以外の主要県道の走行速度がリアルタイムに表示されれば十分との意見
- TomTomデータ購入費を削減する目的もあり、画面の左に速度分布図を示すことで対応することとした
- 右図の赤破線の速度分布図がこれに相当し、直轄国道以外の主要道路の速度分布が示される
- 区間をクリックすると、区間速度等の詳細情報が表示される



開発・運用費の概算の考え方

- システムの構築・運用に必要な費用について交通情報取得費用及びシステム運用費用に分けて算出
- TomTomの交通情報提供費用は、下記の方針で算定
  - 当初は迂回路となる滋賀県内主要幹線道路の交通情報の購入を検討したが、高額となるため、滋賀国道が管理する直轄国道（プロトタイプでは彦根維持出張所のみ）のみのデータを購入する方針に変更
  - エリア別人口による価格と年間契約が基本のTraffic Flowサービスから、路線長による価格と月単位で契約可能なRoute Monitoringサービスに変更
    年間契約：$70/年・km　　月間契約：$18/月・km
  - 速度分布図は、一定の利用量までは無償となるTomTomのOrbis Maps APIを利用
- システム運用費用はクラウドサーバ2台構成として積算
  - 運用費が廉価で実績のある、さくらインターネット社のクラウドサーバで試算した

運用費用の概算（彦根維持出張所管内）

■交通情報取得費用

- 対象路線と距離
  - 国道8号（西円寺→沓掛）：36.9km
  - 国道8号（沓掛→西円寺）：37.8km
  - 国道8号（西横関→西円寺）：34.1km
  - 国道8号（西円寺→西横関）：34.1km
  - 国道21号（西円寺→関ヶ原西町）：17.0km
  - 国道21号（関ヶ原西町→西円寺）：17.0km　　**合計：176.9km**

- 費用試算

年間契約の場合

単価	価格	価格（経費率30%）
km当たり年額 $70 = 10,570円	177 km × 10,570 = 年額1,870,890円	年額2,432,157円

2024/12/09時点の為替レート151円/USDで換算

冬期のみの契約（3ヶ月）の場合

単価	価格	価格（経費率30%）
km当たり月額 $18 = 2,718円	177 km × 2,718 × 3月 = 1,443,258円	1,876,235円（3ヶ月）

2024/12/09時点の為替レート151円/USDで換算

■センターサーバ運用費用

- Route Monitoring処理・Webサーバ用
  さくらクラウド（仮想6コア/ 24GBメモリ/ HDD 250 GB）
  - 滋賀県の彦根維持出張所管理の直轄国道に限定
  - Route Monitoringデータ及び各種データを1年分蓄積

- 費用試算
  - 年額サーバ費用: 303,600円（税込）
  - 年額（経費率30%込み）: 394,680円

将来入手可能な民間交通情報を活用したシステム高度化に向けた研究

■車両プローブの入手と検証

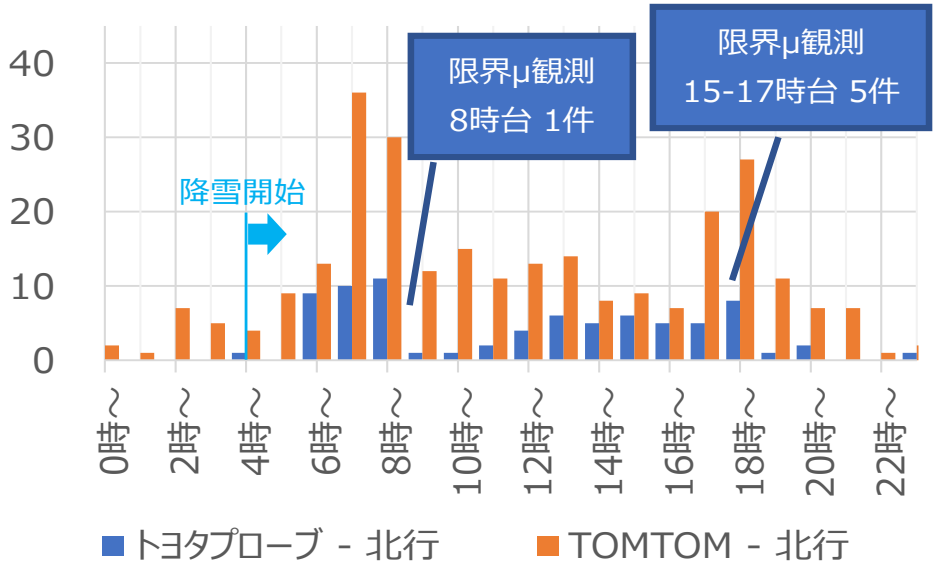
- トヨタ社との協議が進み、豪雪時のデータ購入が可能となったことから、2024年1月24日のスタック発生箇所のデータを入手
  （2024年1月24日／国道27号福井県若狭町三方交差点前後1km区間）
- タイヤが発生する摩擦力が限界に達した状態を「限界μ」と定義し、スリップ予測への活用可能性について検証を実施

限界μ観測地点

	日時	GPS緯度	GPS経度	MM緯度	MM経度	外気温	推定路面μ
北上(上り)	2024-01-24 17	35.55282386	135.910207	35.55295406	135.9103481	1	0.34
	2024-01-25 09	35.55550371	135.9108839	35.55554276	135.91086	1	0.18
	2024-01-24 08	35.55364366	135.9106467	35.55366145	135.9107386	0	0.05
	2024-01-24 15	35.55378731	135.91068	35.55378297	135.9108015	1	0.03
	2024-01-24 16	35.55358941	135.9106858	35.55364409	135.9107299	1	0.12
	2024-01-24 17	35.55282386	135.910207	35.55295406	135.9103481	1	0.34
	2024-01-24 17	35.55363107	135.9106496	35.55368532	135.9107516	1	0.07
南下(下り)	2024-01-24 19	35.55577691	135.9109635	35.5557489	135.9108514	2	0.41
	2024-01-25 00	35.55419705	135.9109136	35.55421695	135.9109708	1	0.16
	2024-01-25 03	35.55605269	135.9109056	35.5560375	135.9108427	3	0.19
	2024-01-25 14	35.55559896	135.9108789	35.55552106	135.9108644	3	0.12

■検証結果概要

- 路面μの推定が可能であることを確認
- 今回取得したデータはTOMTOMデータに比較し、1/3程度の件数となっておりサンプル数が少ない
- 特に降雪開始時におけるデータが少なく、降雪時の路面μの変化を分析するにはデータ量が不足する
  - プライバシー保護の観点からデータ発生時刻の分以下の情報がマスクされ、事象発生時刻を同定できないため
- 来年度、交通量が多い道路区間を対象に、降雪時の道路の滑りはじめを検知することができるか、追加検証を計画したい



2024年1月24日の車両プローブ及びTOMTOMデータの件数比較

今年度（3年目）の研究計画

最終年度の研究項目について、次のような進め方を計画している

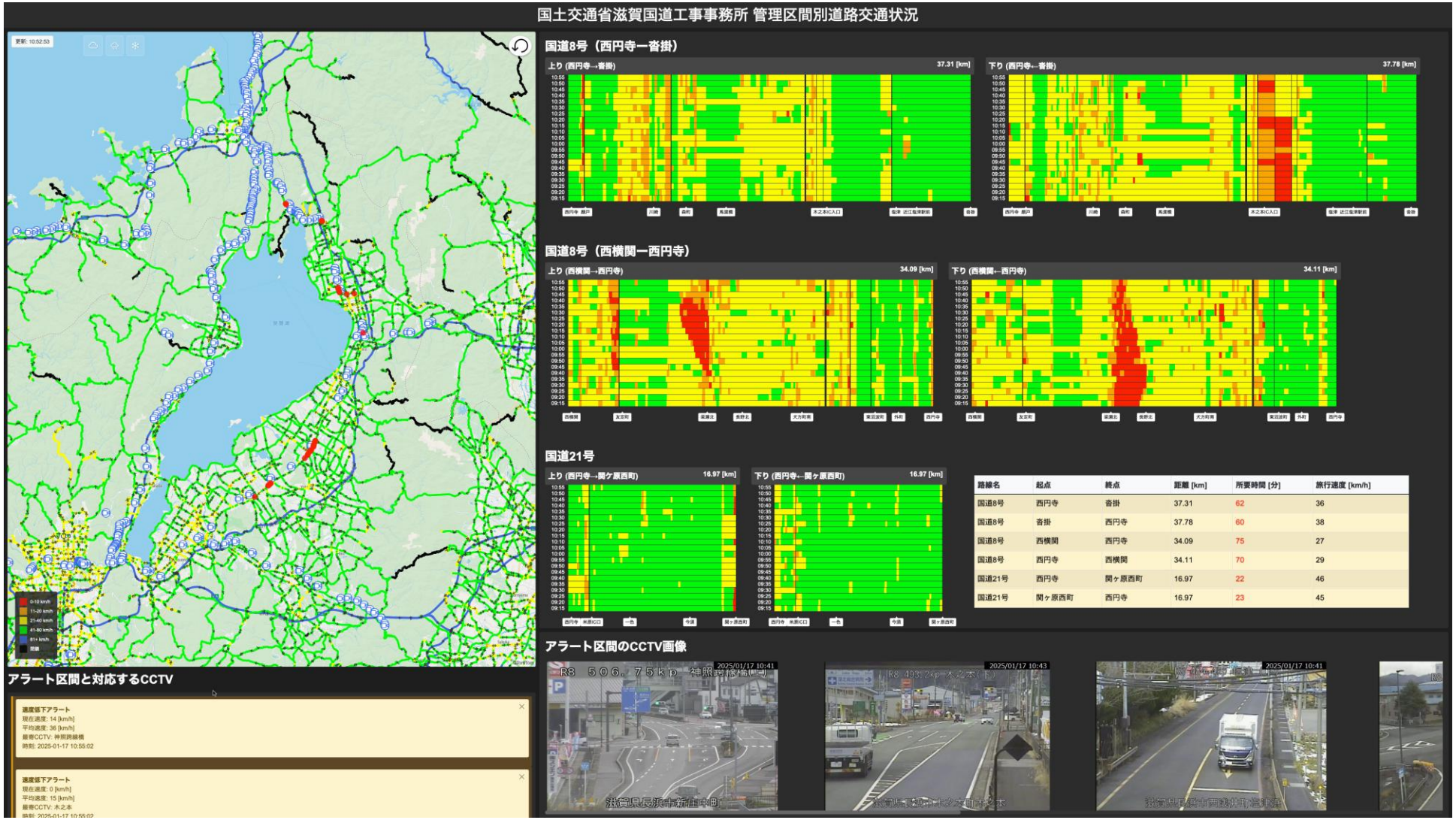
1. 異常事象発生検知・交通停滞発生検知および迂回路検出のためのプロトタイプシステムの設計・構築
   - 今年度設計を行ったシステムをベースに、TomTomのリアルタイム交通情報の試験購入、およびセンターサーバの契約を行い、少なくとも冬季期間（12月から2月）の実運用が可能なプロトタイプシステムを構築する
   - プロトタイプシステムは、今年度の試作システムへの現場意見を参考に、できる限り実用性の高いシステムの構築を行う
   - プロトタイプシステムは、滋賀国道工事事務所彦根維持出張所を対象として構築するが、豪雪による影響が想定されるその他の工事事務所管内への導入を行った場合のシステム構築費・運営費を試算し、現場運用が可能な実用性の高いシステム構築を意識して研究成果の取りまとめを行う

2. 将来入手可能な民間交通情報を活用したシステム高度化に向けた研究（継続）
   - 今年度はトヨタ社から試験的に車両プローブデータの購入を行い、限界路面μの推定が可能であることを確認したが、降雪初期における車両滑りの発生と路面μの関係を分析するには、データ量が不足していることが明らかとなった
   - 今後、自動車メーカにおける車両プローブのデータ件数は年々増加するものと推定されるため、降雪初期における路面μの低下、車両のスリップ発生個所の把握を行うため、プライバシー保護に留意した上で、自動車メーカが提供可能な情報加工の方法やコストに関する研究に深化させたい

参考資料1

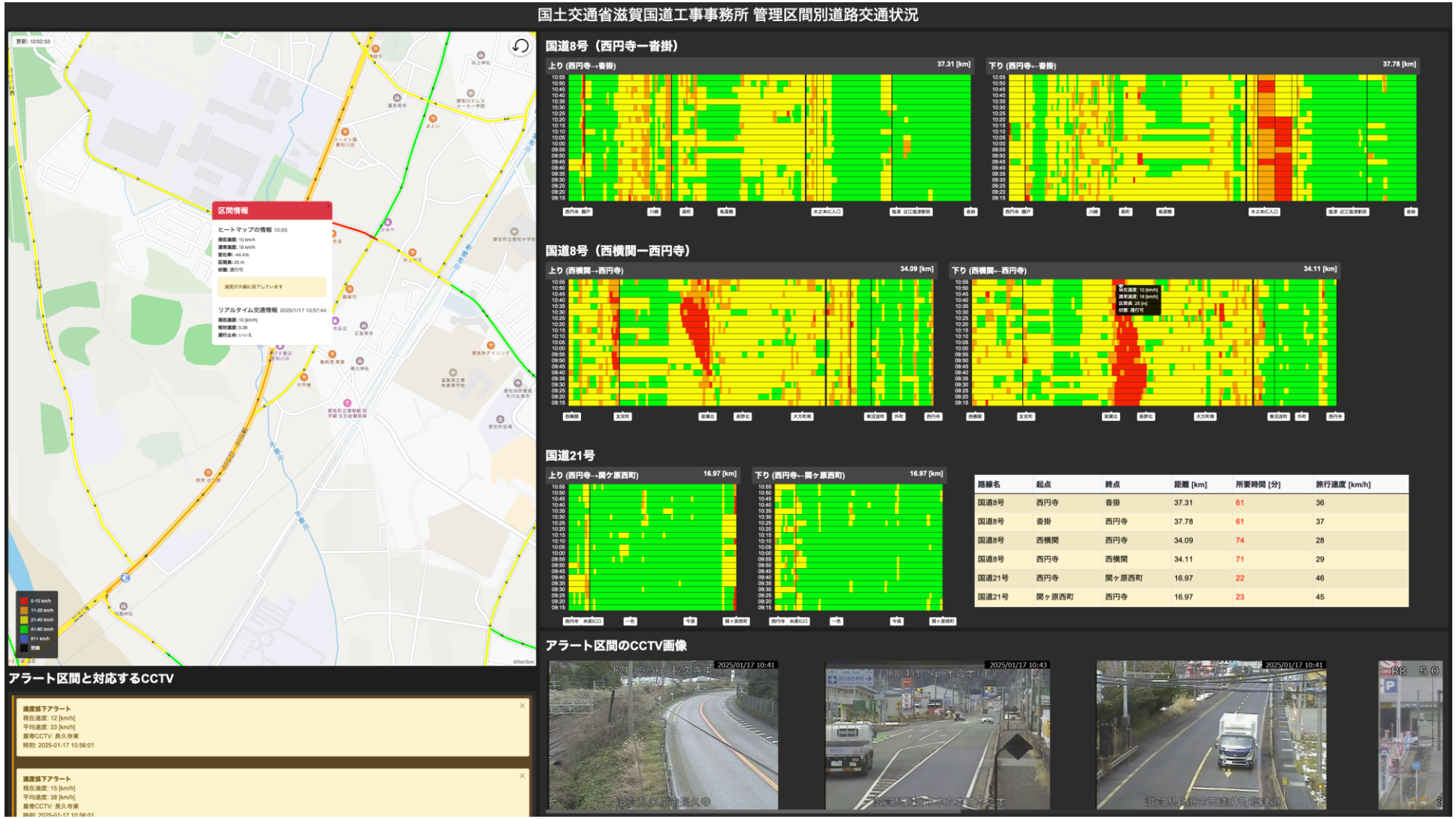
構築したシステムの操作例

⑤公的交通情報、民間プローブ、SNS情報の融合による異常事象発生検知・交通停滞発生検知システムの設計（操作画面1/5）



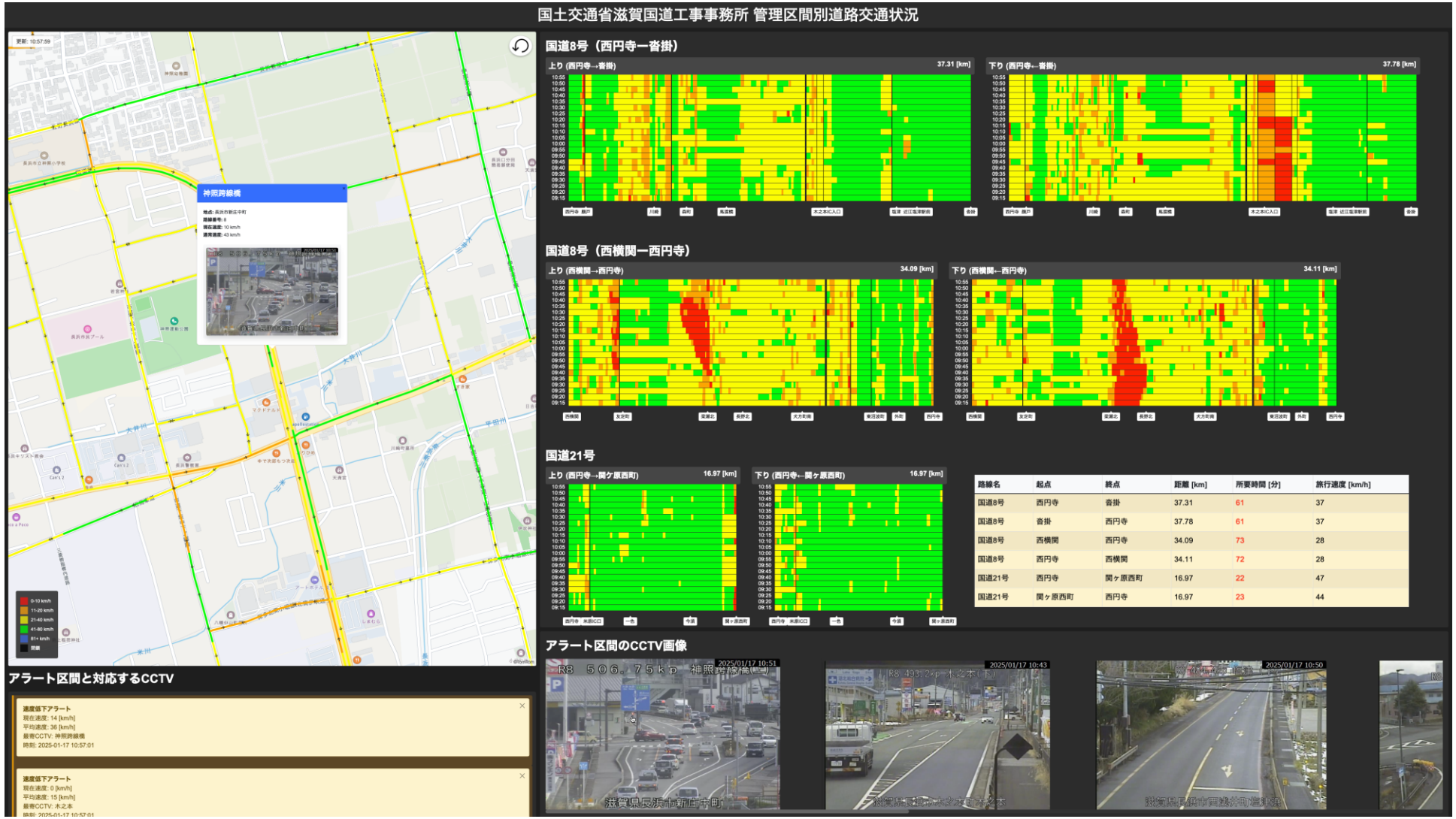
地図上へのアラート地点表示（道路セグメントを赤色に点滅）

⑤公的交通情報、民間プローブ、SNS情報の融合による異常事象発生検知・交通停滞発生検知システムの設計（操作画面2/5）



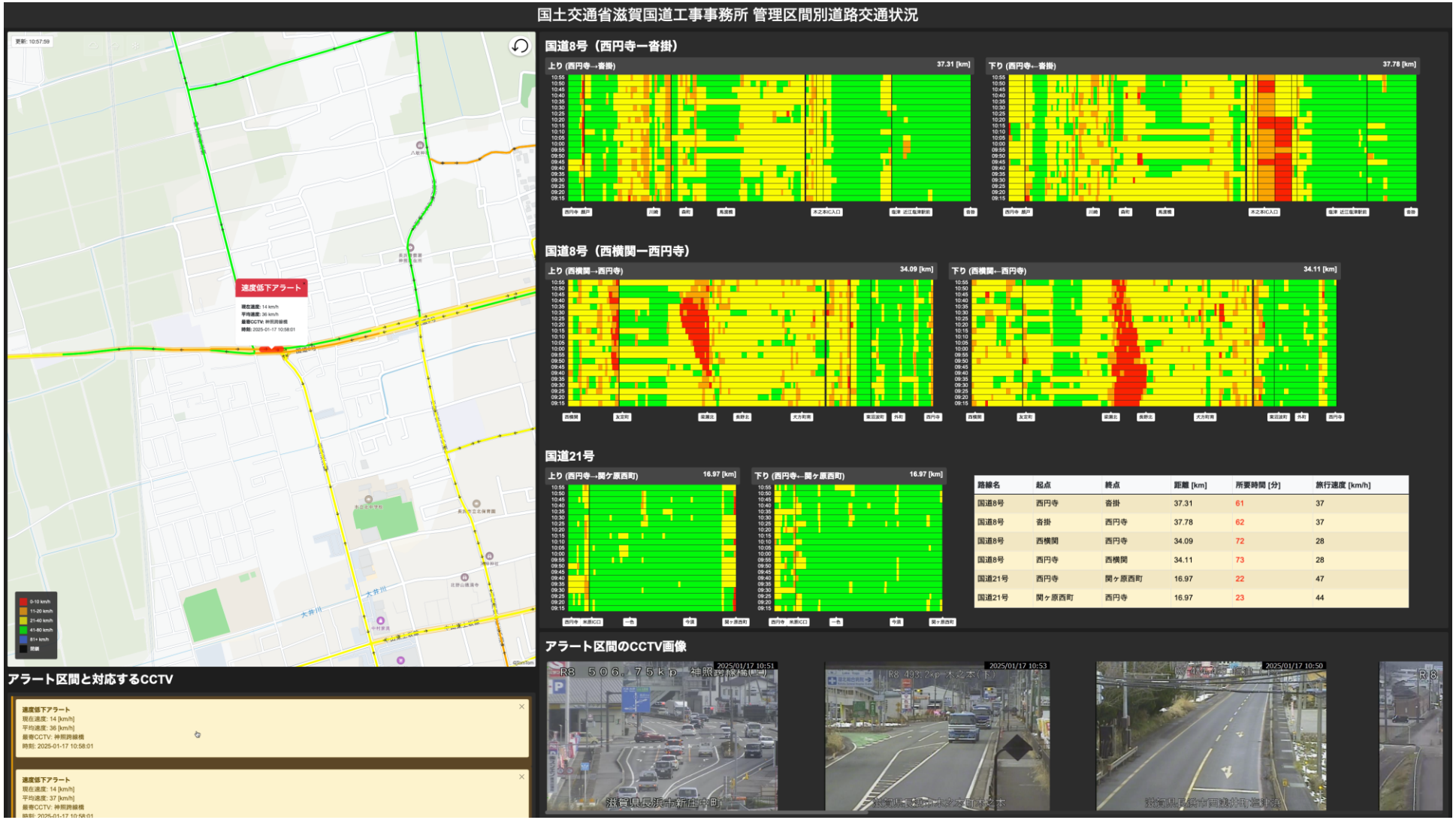
時空間図のセルクリックに連動した地図拡大と交通情報ポップアップ表示

⑤公的交通情報、民間プローブ、SNS情報の融合による異常事象発生検知・交通停滞発生検知システムの設計（操作画面3/5）



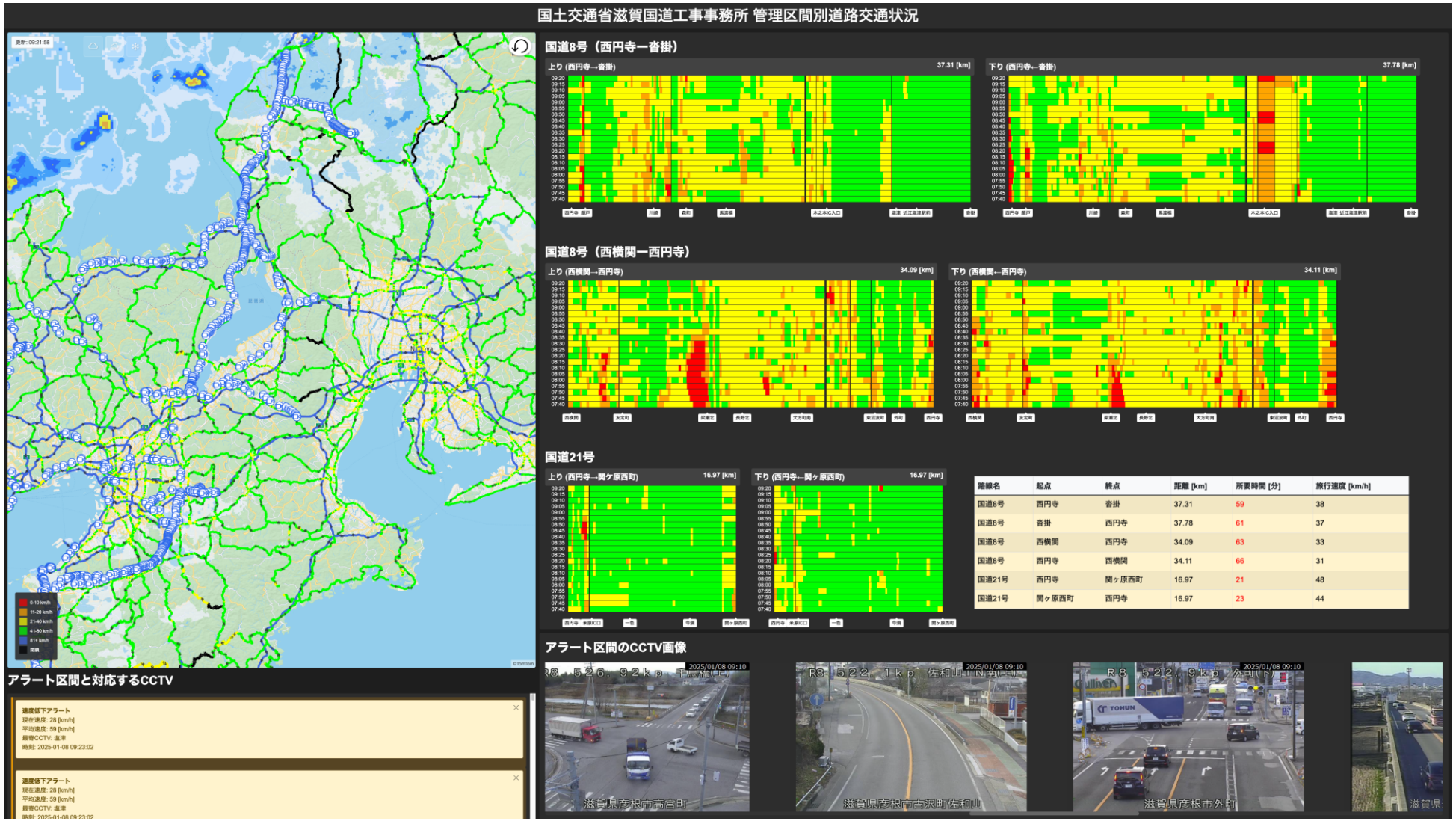
アラート区間のCCTV画像クリック時の地図拡大とCCTV情報ポップアップ表示

⑤公的交通情報、民間プローブ、SNS情報の融合による異常事象発生検知・交通停滞発生検知システムの設計（操作画面4/5）



アラートメッセージクリック時の地図拡大と速度低下アラート情報ポップアップ表示

⑤公的交通情報、民間プローブ、SNS情報の融合による異常事象発生検知・交通停滞発生検知システムの設計（操作画面5/5）



KYOTO UNIVERSITY 気象情報表示ボタン押下時の地図画面への雨雲レーダータイル画像重畳表示例

京都大学

参考資料2

路面限界μの推定方法

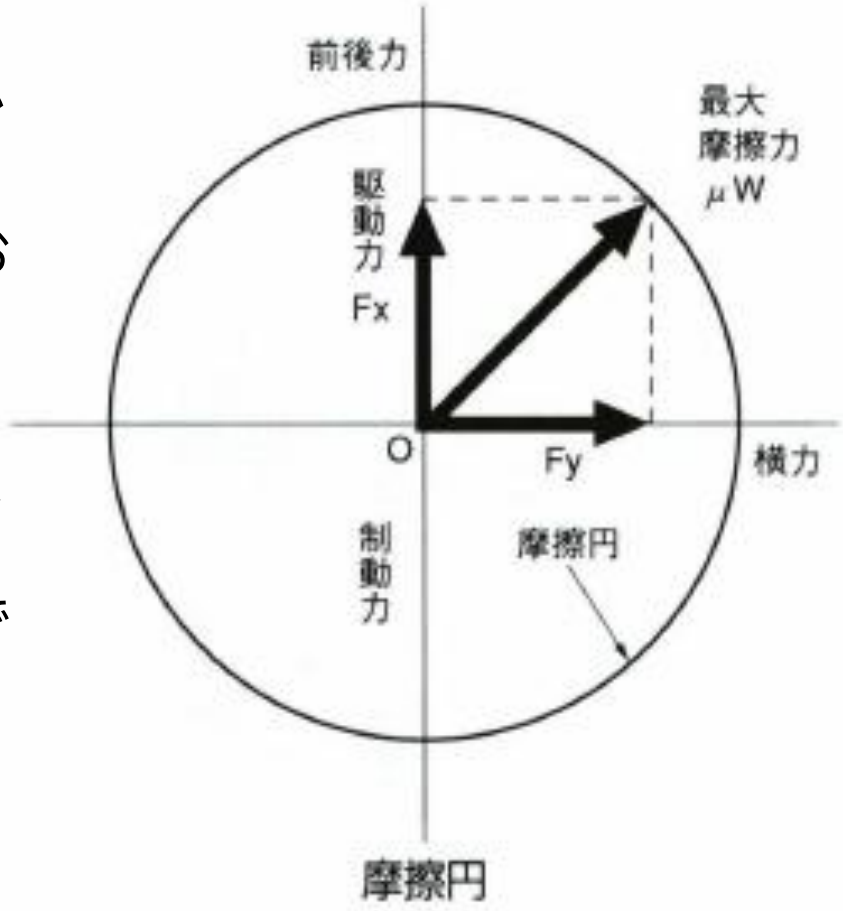
路面限界μの推定方法

タイヤが発生する摩擦力が限界に達した状態を「限界μ」と定義し，これを路面摩擦係数の推定値として利用する．

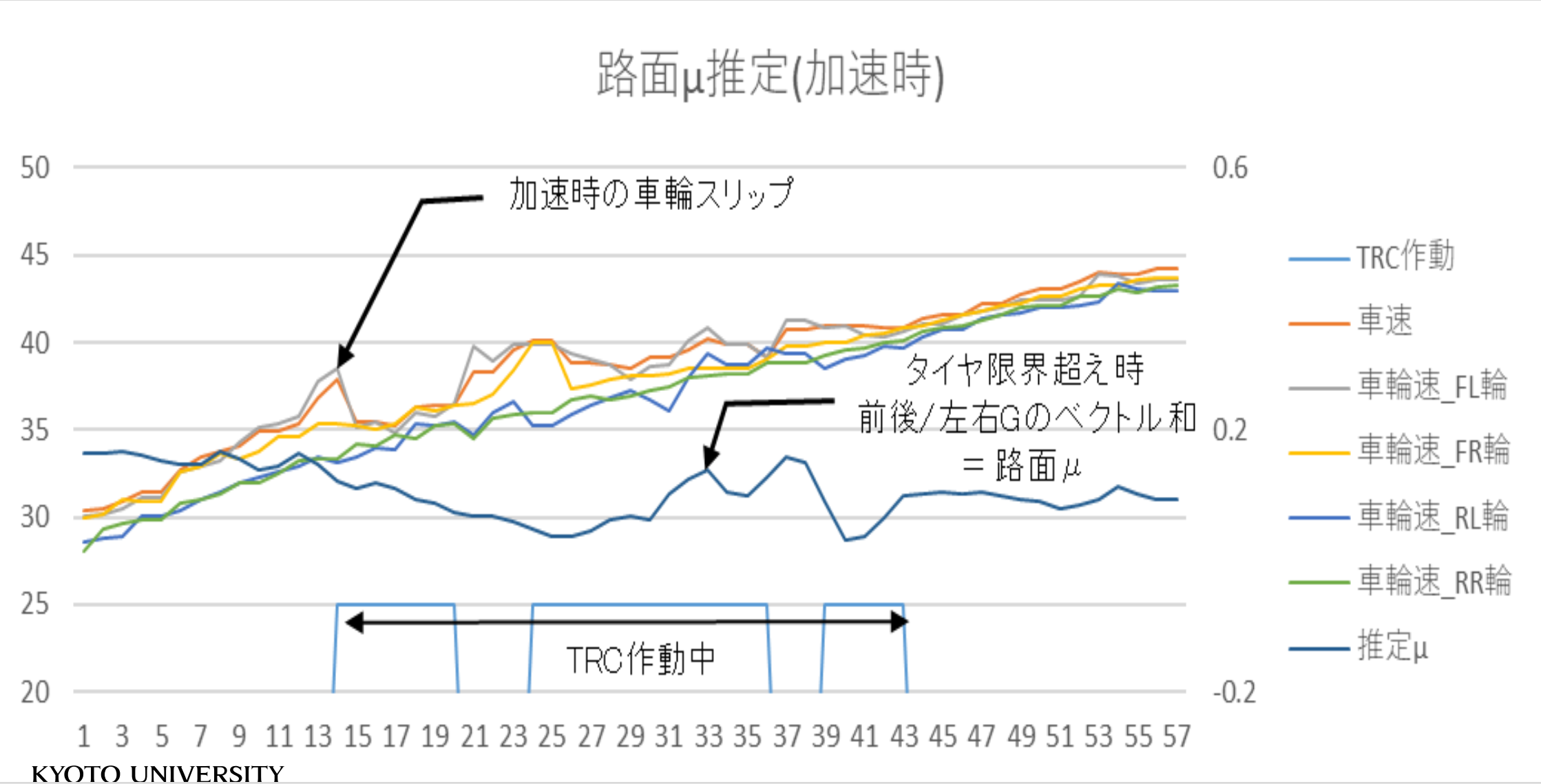
加速度センサのデータを用いてタイヤの発生する力を算出し，必要に応じて他のデータで補正し推定精度を高める．

近年の車両には前後および左右の加速度センサが搭載されており，これにより車両の前後および左右の加速度が検出可能である．

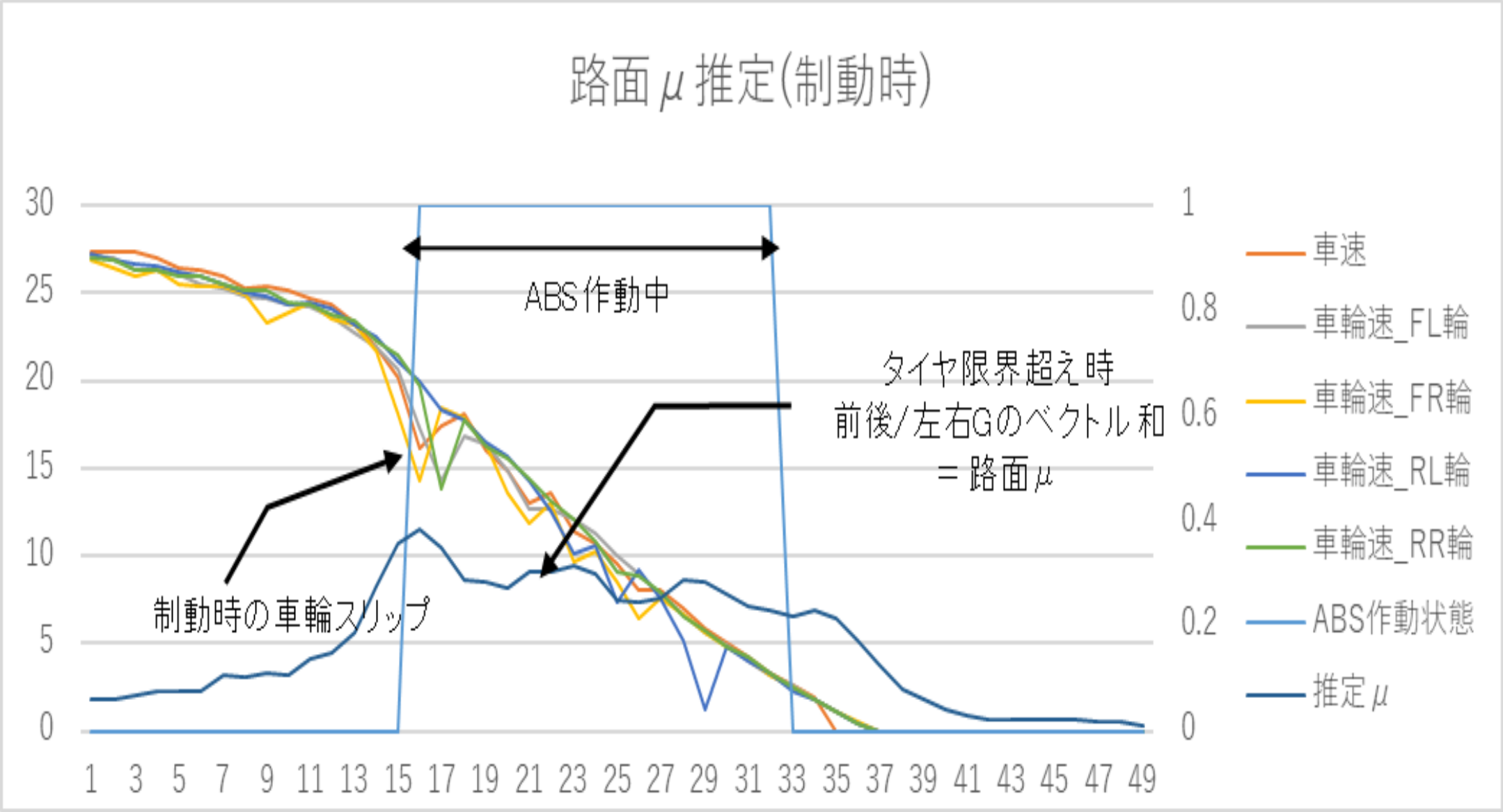
4輪タイヤの加速度のベクトル和が車両の発生しうる最大の加速度であり，加速や減速，横滑りなどでタイヤがスリップする状態は，摩擦円を超えた状態，すなわち車両が発生しうる力の限界であると考える．



路面μの推定(1) 加速時


路面μ推定(加速時)
50
45
40
35
30
25
20
0.6
0.2
-0.2
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51 53 55 57
加速時の車輪スリップ
タイヤ限界超え時
前後/左右Gのベクトル和
＝路面μ
TRC作動中
TRC作動
車速
車輪速_FL輪
車輪速_FR輪
車輪速_RL輪
車輪速_RR輪
推定μ

路面μの推定(2) 制動時


路面μ推定(制動時)
ABS作動中
タイヤ限界超え時
前後/左右Gのベクトル和
＝路面μ
制動時の車輪スリップ
車速
車輪速_FL輪
車輪速_FR輪
車輪速_RL輪
車輪速_RR輪
ABS作動状態
推定μ
30
25
20
15
10
5
0
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49

データ検証
（推定に活用可能なデータの抽出）

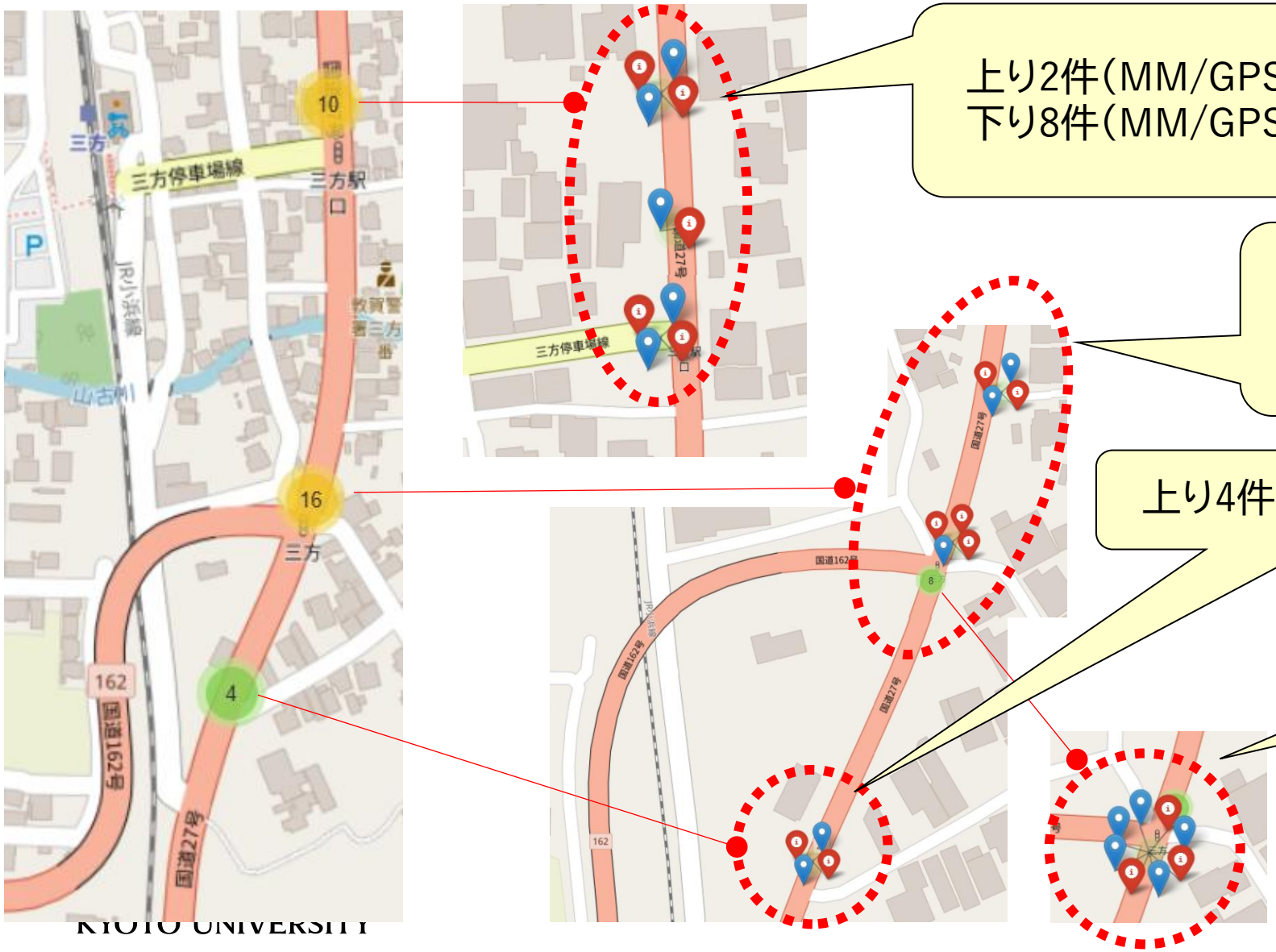
	日時	GPS緯度	GPS経度	MM緯度	MM経度	外気温	推定路面μ
北上(上り)	2024-01-24 17	35.55282386	135.910207	35.55295406	135.9103481	1	0.34
	2024-01-25 09	35.55550371	135.9108839	35.55554276	135.91086	1	0.18
	2024-01-24 08	35.55364366	135.9106467	35.55366145	135.9107386	0	0.05
	2024-01-24 15	35.55378731	135.91068	35.55378297	135.9108015	1	0.03
	2024-01-24 16	35.55358941	135.9106858	35.55364409	135.9107299	1	0.12
	2024-01-24 17	35.55282386	135.910207	35.55295406	135.9103481	1	0.34
	2024-01-24 17	35.55363107	135.9106496	35.55368532	135.9107516	1	0.07
南下(下り)	2024-01-24 19	35.55577691	135.9109635	35.5557489	135.9108514	2	0.41
	2024-01-25 00	35.55419705	135.9109136	35.55421695	135.9109708	1	0.16
	2024-01-25 03	35.55605269	135.9109056	35.5560375	135.9108427	3	0.19
	2024-01-25 14	35.55559896	135.9108789	35.55552106	135.9108644	3	0.12

①三方駅口交差点
敦賀方面から小浜に向かって
下り勾配

②三方交差点
敦賀方面から小浜に向かって
下り勾配

③三方駅口交差点
小浜からの下り勾配が切替わり、敦賀方面に上り勾配となる

推定に活用可能なデータ：位置情報詳細



上り2件（MM/GPS 各1件　1uid）
下り8件（MM/GPS 各4件　3uid）

上り4件（MM/GPS 各2件　1uid）
下り4件（MM 3件/GPS 1件 1uid）

上り4件（MM/GPS 各2件　1uid）

上り8件（MM 3件/GPS 5件 4uid）

青マーカ：GPS位置情報

赤マーカ：MM位置情報
（ナビにて道路上に補正）

参考資料3

民間交通情報活用のメリット

京都大学

大雪ハザード警戒対応モード

		予測されるハザードレベル（気温、湿度、勾配、車線構造、構造物、曲率等）		
		小	中	大
		概ね通行可能	脆弱な一部車両による スタックリスク	ほとんどの車両が通行困難
スタック時の影響度	大　高速道路等	準備警戒 • 迂回、旅行取りやめ等の要請	予防的通行止	通行止 事実上通行できない
	中　国道等	準備警戒 • 迂回、旅行取りやめ等の要請	監視＆インシデント対応 ・滑り検知【C】→ 融雪・脆弱車両排除 ・スタック検知【C&S】 → 救出・通行規制、迂回誘導	通行規制＆監視 → インシデント対応 ※完全な通行止は事実上不可能 ・迂回・流入交通監視【S】→ 通行規制 ・スタック検知【C&S】→ 救出・通行規制
	小　県道等	準備警戒 • 迂回、旅行取りやめ等の要請	監視＆インシデント対応 ・滑り検知【C】→ 融雪・脆弱車両排除 ・スタック検知【C&S】 → 救出・通行規制・迂回誘導	通行規制＆監視 → インシデント対応 ※完全な通行止は事実上不可能 ・迂回・流入交通監視【S】→ 通行規制 ・スタック検知【C&S】→ 救出・通行規制

※【C】:コネクテッド・カー;【S】:区間平均速度

民間プローブデータの活用
1. インシデント対応のための監視
2. 対応モードの変更判断

民間PD活用によって対応がどう変わる？

1. インシデント対応の高度化
   - 対応タイミング：事後対応から未然対応へ
   - 迅速な原因（スタック箇所、車両等）の特定
   - 措置対象：集約的対応から個別対応へ

2. 事後検証の高度化

3. 大雪時以外の活用メリット

インシデント対応：事後対応から未然対応へ

事後対応（従来）

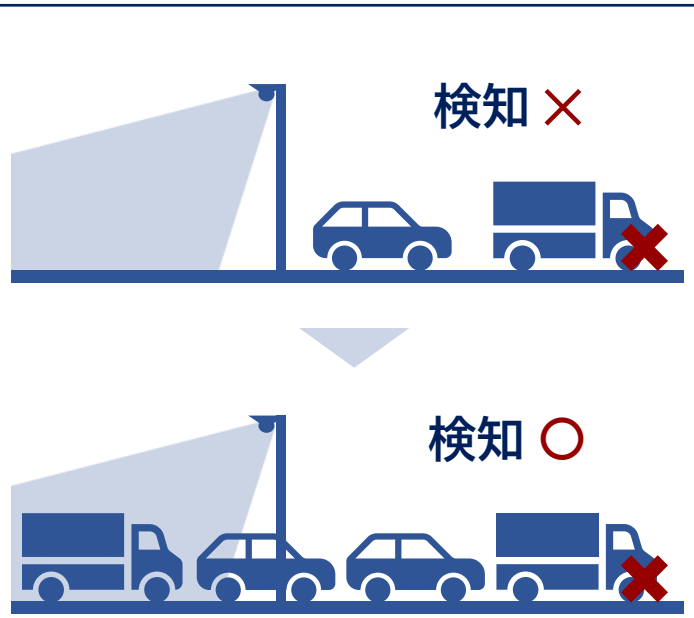
交通停滞確認後に
対応開始

未然対応

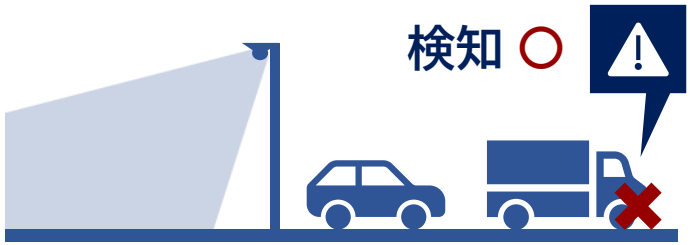
交通停滞発生前に
対応開始

迅速な原因（スタック箇所、車両等）の特定

CCTVのみ（従来）

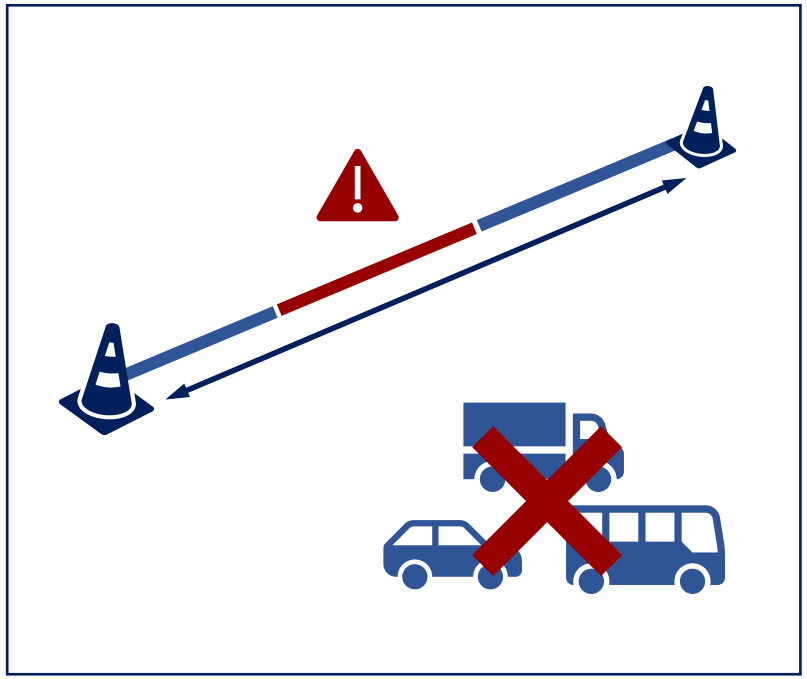


民間PD活用

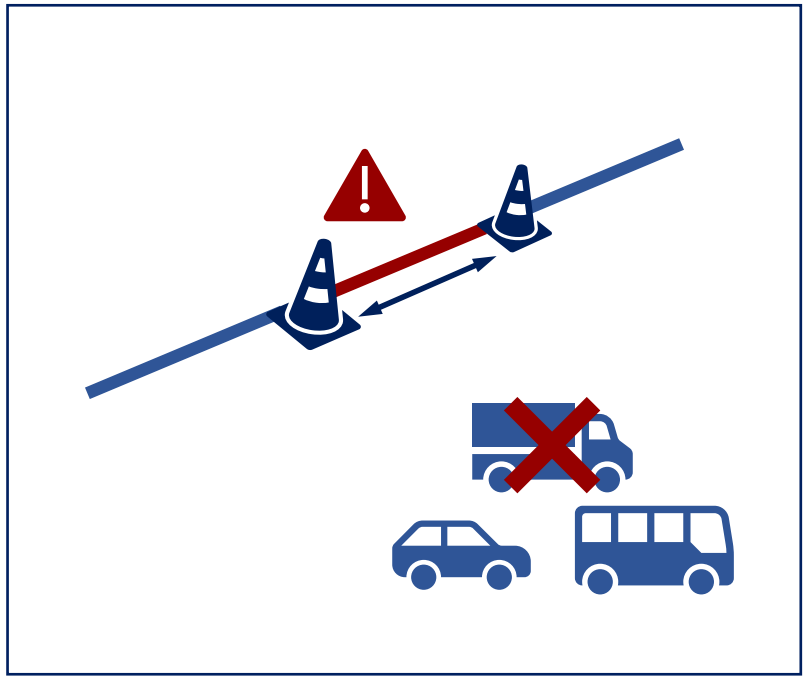


措置対象：集約的対応から<u>個別対応</u>へ

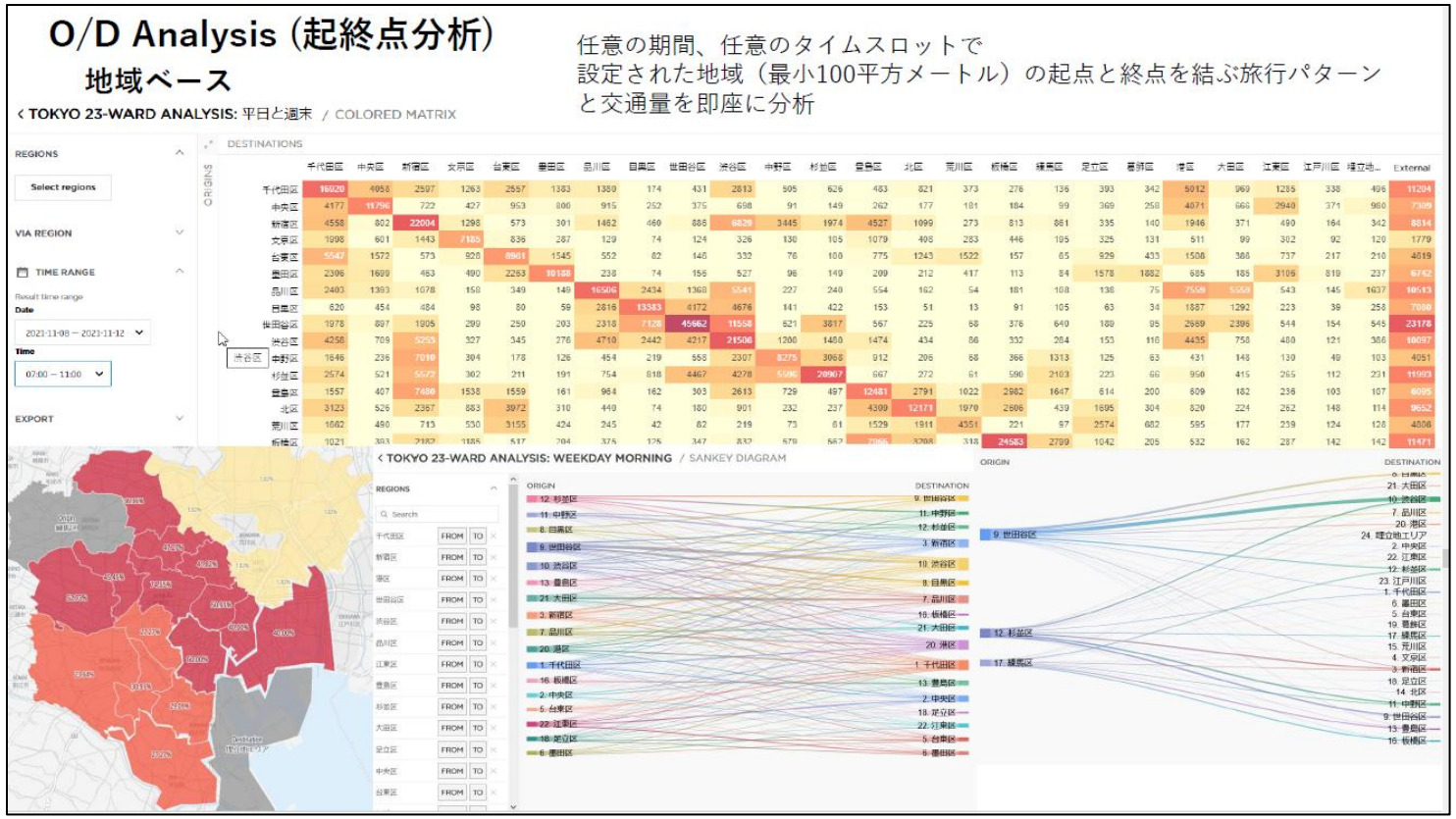
集約的対応（従来）



個別対応



事後検証の高度化(1):豪雪時のOD量変化



得られるデータ

豪雪時あるいは道路閉鎖前後における対象地域のOD発生集中量、ODパターンの変化

できるようになること

道路閉塞の予告・実施による交通発生量低減効果の検証と予告・実施方針の改善

事後検証の高度化(2):交差点流出入解析

得られるデータ

豪雪時あるいは道路閉鎖前後における接続道路の流入・流出状況

できるようになること

迂回に伴って負荷のかかる交差点の同定と交差点での交通制御対策の改善

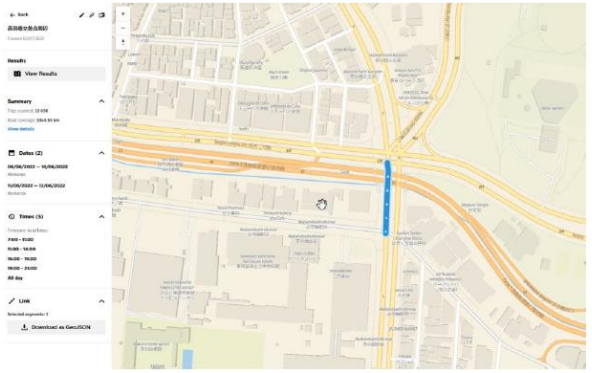
事後検証の高度化(3):路線サービス圏の変化

O/D Analysis – Selected Link Analysis

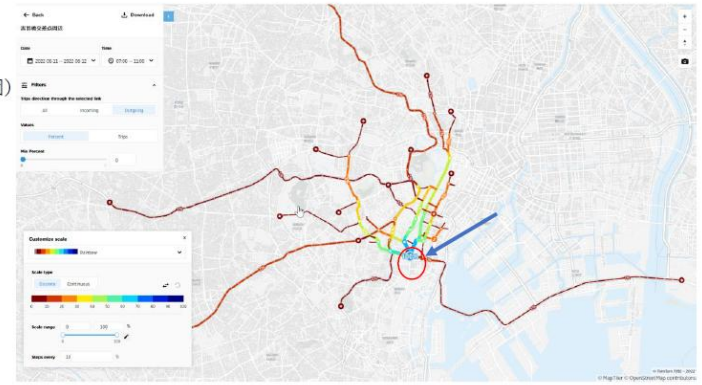
リクエスト： 任意の道路リンク
任意の期間（3~4日前から1年11か月３週間前まで。最大4個）
任意のタイムスロット（最大24個）

レスポンス： 対象道路リンクへの流入交通流と交通量
対象道路リンクからの流出交通流と交通量
パーセンテージとトリップ数（通行車両台数）で分析

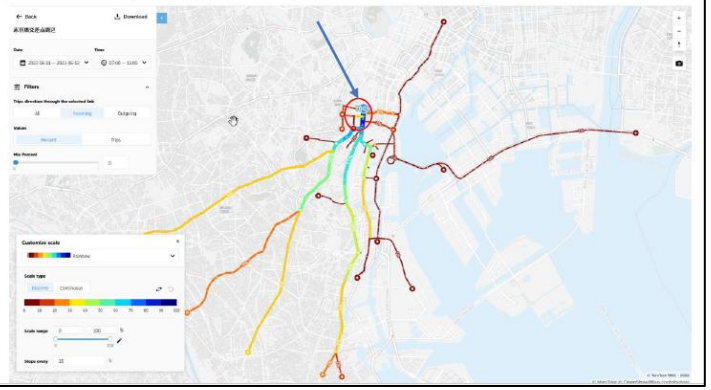
リクエストの対象リンク例：



レスポンス（流出経路の結果）：



レスポンス（流入経路の結果）：



Confidential © 2024 TomTom

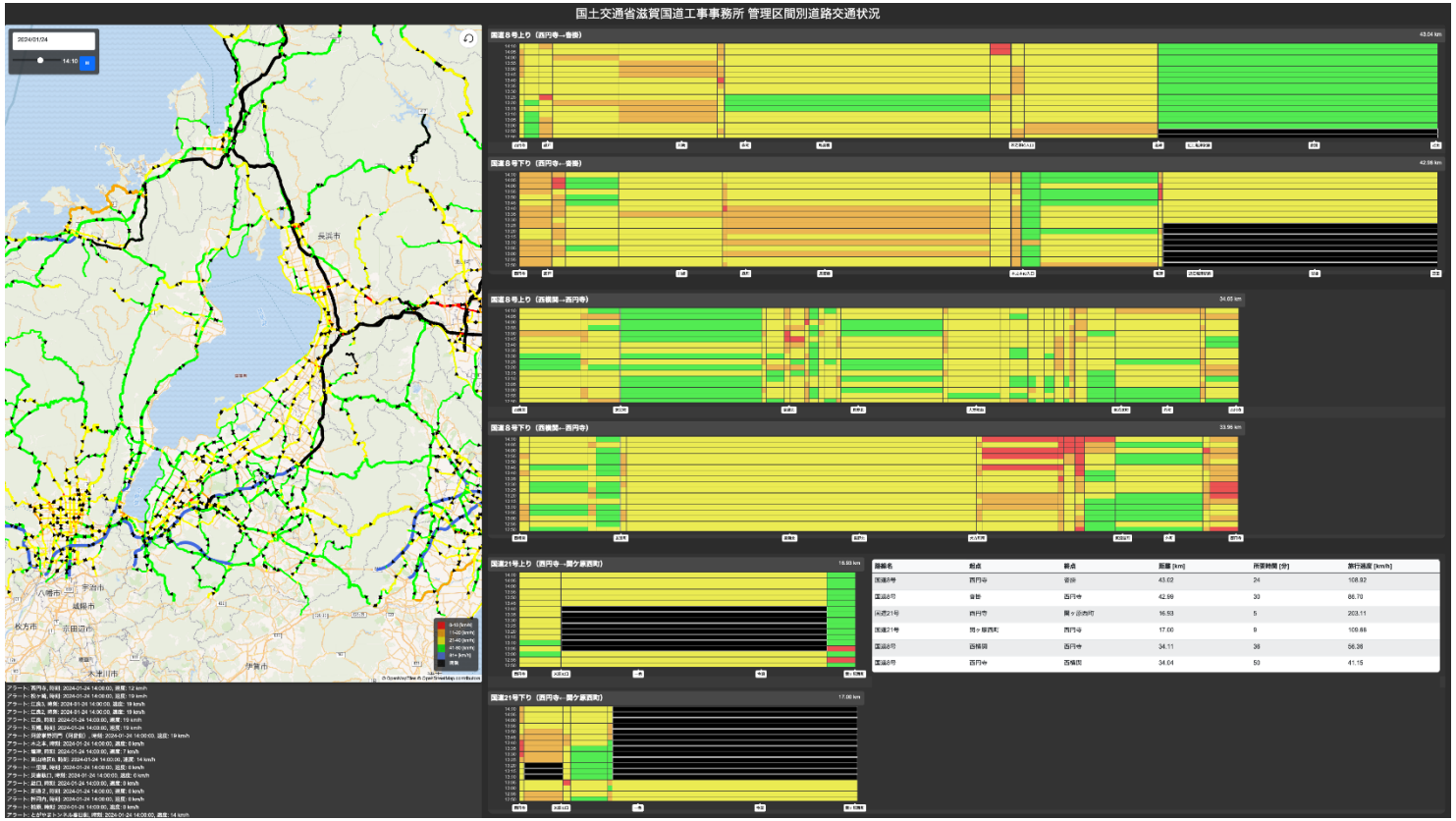
得られるデータ

豪雪時あるいは道路閉鎖前後における路線サービス圏の比較による道路利用パターンの変化

できるようになること

道路閉塞及び閉鎖に伴う迂回誘導対策方針の改善

大雪時以外の活用メリット　交通流の常時監視



管理道路の所要時間計算や事故等による平常時と異なる交通流を常時リアルタイム監視を行う

現状

CCTVにより交通流を離散的に目視により監視

- ✓ 発見、情報集約（特に同時多発の場合）に時間を要する

民間PD活用

交通流を連続的に監視

- ✓ 異常事象の箇所を自動的に早期特定
- ✓ 情報収集及び関係者への情報共有が半自動化可能

TomTomのリアルタイムデータと履歴データ

- TomTomが有償で提供するデータには、リアルタイムデータ（Traffic Flow）と、履歴データの2種類があり、それぞれに対して価格設定が行われている
- リアルタイムデータは、リアルタイムに停滞区間の把握や、区間所要時間の計測等が可能で、交通流の常時監視に利用する提案としている
- 履歴データは約2年間の過去データが保存されており、過去のOD表・交差点流出入量・指定路線区間の路線圏図等を簡単な操作で作成することができる
- これを利用すると、道路閉塞の予告により、①地域の自動車交通の発生集中量が減少したか、②どのエリア間の流動が減少したかあるいは残存しているか、③閉塞前後で管轄国道に接続する道路との流出入がどのように変化したか、④閉塞による迂回路となる道路への影響　等の分析が可能となる
- 本研究では、スタック区間の検出にリアルタイムデータの活用を提案しているが、事前事後分析に履歴データの活用が有用であるとして事例を示した
  ※履歴データの活用には追加のデータ使用費用が発生