

# スマートフォンプローブデータによる能登半島地震における交通状況モニタリング

望月祐洋<sup>1</sup>・西田純二<sup>2,3</sup>・大西正光<sup>4</sup>・水野真由己<sup>5</sup>・丸山佳子<sup>6</sup>・小林潔司<sup>3</sup>

## Monitoring Traffic Situation at Noto Peninsula Earthquake by Using Smartphone Probe Data

Masahiro MOCHIZUKI<sup>1</sup>, Junji NISHIDA<sup>2,3</sup>, Masamitsu ONISHI<sup>4</sup>,  
Mayumi MIZUNO<sup>5</sup>, Yoshiko MARUYAMA<sup>6</sup> and Kiyoshi KOBAYASHI<sup>3</sup>

### Abstract

The Noto Peninsula Earthquake that occurred on January 1, 2024, caused significant time delays in assessing the damage. In this study, we attempted to understand the road traffic situation before and after the Noto Peninsula earthquake using smartphone probe data provided by TomTom. This probe data is highly real-time information that can be obtained within one minute after the event. As a result, it is clear that the probe data can be used over a wide area, including the entire Noto Peninsula, before and after the earthquake, and is useful for the design of future disaster risk monitoring systems and for detailed analysis of traffic conditions during the Noto Peninsula earthquake.

キーワード：能登半島地震，スマートフォンプローブデータ，リアルタイム性，災害危機モニタリング，交通状況分析

Key words: Noto Peninsula earthquake, smartphone probe data, real-time information, disaster risk monitoring, traffic condition analysis

## 1. はじめに

2024年1月1日午後4時10分に発生した能登半島地震は被災地に甚大な被害をもたらした。被災

地にアクセスするインフラ・交通手段が壊滅的に損壊した。地方自治体等における情報発信・通信システムが機能不全となり、被災地と外部地域の

<sup>1</sup> 株式会社ナレッジアーク研究所  
Knowledge-arch Network Co., Ltd.

<sup>2</sup> 株式会社社会システム総合研究所  
Japan Research Institute for Social Systems Co., Ltd.

<sup>3</sup> 京都大学経営管理大学院  
Graduate School of Management, Kyoto University

<sup>4</sup> 京都大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Kyoto University

<sup>5</sup> TomTom  
TomTom

<sup>6</sup> 公益財団法人日本道路交通情報センター  
Japan Road Traffic Information Center

本稿に対する討議は2025年5月末日まで受け付ける。

間の主要なコミュニケーション・チャンネルが途絶した。このため現地での被災情報を獲得するために多大な時間を要した。大規模災害の発生直後の段階では、被災地の実態をリアルタイムで獲得できる多様なチャンネルを確保することが重要となる。

本研究では、災害時における被災地の実態をリアルタイムでモニターする手段の1つとして、被災地における自動車のプローブデータに着目する。車両の動きは基本的な人間活動であるモビリティと密接に関係している。大規模災害時に被災地における車両の動きをモニタリングすることにより、1) 車両の動きが停止するような壊滅的な被害の発生の有無、2) 広域的被災地の中で被害が集中している地域の把握、3) 人々の避難行動の状況を把握することにより、現地救援の優先順位等に関する重要な指針を得ることができる。さらに、被災時における車両の動きに関する情報を記録することにより、復旧計画の策定や復興に向けての防災計画や今後の避難計画を策定するための重要な計画情報として活用することも可能である。

現在、民間部門が提供するGNSS (GPS) 位置情報等を用いたプローブデータの精度が向上しつつある。道路管理者が運用する路側CCTVやトラフィック・カウンタ (以下「トラカン」と略す)、ETC2.0等の交通観測インフラと比較し、民間プローブはサービスの空間的連続性、時間的連続性、リアルタイム性等において、優れた特性を有している。能登半島地震の発生時においても民間部門によるプローブデータの提供が継続されており、能登半島地震における車両の動きを分析することが可能である。

本稿では、今般の能登半島地震の災害調査の一環として、TomTom社のプローブデータを活用し、地震発生直後の交通状況について整理した結果を報告する。TomTomのプローブデータは世界的には自動車のナビゲーションシステムを始めAD/ADAS (Autonomous Driving/Advanced Driver Assistance Systems) を含む複数のソースからのデータを統合しているが、その中には車両に搭載されているスマートフォンからのGPS情

報も含まれている。また、TomTomはスマートフォンからの情報を収集する際に、独自アルゴリズムによって車両の動きに限定している<sup>1)</sup>こと、日本においてはTomTomの車載システムの普及は限定的であることから、データソースの大部分をスマートフォンが占めており実質的にはスマートフォンプローブデータとみなせる。同データを用いることにより、被災後のタイムラインに沿った交通実態を可視化できることが判明した。もとより、本データベースだけで被災時における車両行動のすべてを把握できるわけではないが、災害時における緊急モニタリングへの適用可能性や今後本格的に実施される能登半島地震における交通実態や避難行動などの災害調査のための有効な情報源になることを指摘したいと考える。

## 2. プローブデータを用いた災害時の交通状況に関する既往研究及び報告

災害時の交通状況を把握する際に車両端末や携帯端末から送信される位置情報データを活用できる。既往研究としては、秦ら<sup>2)</sup>は、2007年の新潟県中越沖地震後にプローブカー情報を用いた道路状況の可視化に関する取り組みを報告している。車両プローブからの位置情報を活用し、被災地の道路通行可能性をマッピングし、前日1日分の通行実績を「通れた道路マップ」としてPDF形式で試験提供を行なうとともに、道路被害箇所でUターンした車両の軌跡を分析することで、具体的な道路損傷箇所の特定にも活用している。これらの取り組みは、災害時の迅速な情報提供と効率的な復旧作業を支援する基盤を築き、後続の研究や実践における交通情報活用の方向性を示したと言える。

須藤ら<sup>3)</sup>は、2011年3月11日に発生した東日本大震災後に、カーナビゲーション端末から得られる車両の走行情報がインターネット上で公開されるまでの経緯について紹介し、これらの情報が震災発生直後の燃料の過剰の不足、燃料調達のための燃料補給場所への通行可能な道路の特定、被災地内への支援活動のための最短経路の検索等に活用されたことを報告している。震災直後の3月12

日にホンダが車両走行情報の提供を開始し、19日よりホンダ、パイオニア、トヨタ、日産の4社の統合情報が ITS Japan から提供開始され、4月28日に提供終了となった。このように ITS Japan による複数企業連携に基づいた統合情報の提供が、被災地の状況把握、緊急輸送路の確保、支援物資の配送ルート最適化など、多岐にわたる災害対応活動において極めて有効であること示した。これらの取り組みはその後の災害対応でも活かされ、今回の能登半島地震においても ITS Japan がホンダ、パイオニア、トヨタ、日産、いすゞ自動車、UDトラック、日野自動車から車両プローブの提供を受け、匿名化・統計化したうえで乗用車・トラックの走行情報として公開している<sup>4)</sup>。

以上のように、民間プローブデータは被災後の被災地域におけるリアルタイムの交通情報提供に活用されている。これら既往研究における車両プローブを用いたアプローチは、車種や走行パターンに関する詳細な情報を提供できるため、災害時に発生する交通流の解析に有用である。一方、主に自動車メーカーから提供されるデータに依存しているため、カバレッジやデータ精度が提供元の車両や機器に左右される可能性があり、複数の情報源を統合し加工する過程を経るため交通情報のリアルタイムでの提供や情報の更新頻度において制約がある。

他方、2007年の iPhone の登場と2008年の Android スマートフォンの市場導入により、スマートフォンプローブの実用化が大きく加速した。これらのデバイスは高度な GPS 機能とインターネットの常時接続を提供し、リアルタイムでの位置情報の収集と送信が可能となった。Thiagarajan ら<sup>5)</sup>による VTrack や Menard ら<sup>6,7)</sup>の FreeSim\_Mobile などの初期の研究は、プロジェクトベースで特定の地域や限定された参加者を対象に、スマートフォンの内蔵 GPS を利用した交通状況のリアルタイム監視の可能性を探る試みであった。VTrack は複数のセンサ情報を組み合わせることで、都市部の「アーバンキャニオン」エリアで GPS 信号が遮断されたり反射したりすることで位置情報の精度が低下する問題を克服し、

FreeSim\_Mobile は、当時の性能で車載デバイスやトラカンと比較しても遜色のない性能を出せたこと、また、設備投資や運用コストが大幅に低減するという経済的なメリットを有することが示されており、都市部での精密な交通流の把握に対して新たな可能性を示した。

その後のスマートフォンの急速な普及と技術の進化により、商用ベースでのリアルタイム交通情報サービスが全世界で展開されるようになり、今日では Google Maps<sup>8)</sup>、Waze<sup>9)</sup>、TomTom<sup>10)</sup>などのサービスが、数百万台のスマートフォンから収集したデータを基に、世界規模で交通状況をリアルタイムに提供している。このように、車両プローブに対してスマートフォンプローブデータは、更新頻度の高さによって災害発生直後の交通流動の変化を一定の条件下でほぼ即時に捉えることが可能であり、また全国規模で一貫したデータ提供を行うことで、災害時における広範囲にわたる交通情報の提供に有効である。

本稿では、スマートフォンプローブを用いた能登半島地震の発生直後における道路交通の混雑状況、通行可能なルート、避難経路のリアルタイムな推移状況の把握可能性について報告し、1) 能登半島地震時の道路の通行状況、交通渋滞、及び避難行動の詳細な分析に同プローブデータが活用可能であること、2) 今後に生じうる大規模災害の発生直後における救援活動や交通管制のため同プローブデータの活用可能性を示唆することを目的とする。

### 3. TomTom プローブデータの特性

#### 3.1. TomTom 社と TomTom 交通情報

TomTom 社はアムステルダムに本社を置き、地図と交通情報の配信を行うグローバル企業である。地図は160カ国以上、交通情報は80カ国以上で配信を行っており、リアルタイム及びヒストリカル製品を含め、10種類以上の交通情報サービスを提供している。我が国でも既に交通情報の配信サービスが開始されており、車両に搭載されたスマートフォンや車載装置から位置情報等を取得し、様々な道路交通情報に加工したうえで配信される。

### 3. 2. 配信データの内容

本論文では、TomTom 社との評価契約に基づき配信されたデータを用いて分析を行うこととした。TomTom の配信サーバから1分毎に取得したデータを用途に応じて即時に形式変換してリアルタイムでの分析に利用する、又はストレージに蓄積したデータを後日分析に利用するといった利用方法が可能である。具体的には、TomTom Intermediate Traffic Flow と呼ばれるサービスで提供されるデータを利用した。日本全国をデータ取得対象エリアとし、2023年12月18日から取得を開始し、2024年3月31日の取得終了日まで毎分データ取得をしつつ分析を行なった。

Traffic Flow で提供される交通情報の特性は、プローブから収集したフローティングカーデータ (Floating Car Data; FCD) を用いたその即時性にある。この FCD は移動する車両から直接収集されたタイムスタンプ付きの位置情報と速度データであり、交通の流れや渋滞、平均旅行時間の報告のための情報として利用される。このデータ収集には個人を識別できる情報は一切含まれておらず、位置、移動速度、デバイスタイプ、時間といった関連情報のみが集められる。サーバではこれらのデータを30秒ごとに処理し、約1分から1分30秒の遅延で配信している。主な配信情報として道路セグメントの ID (OpenLR)、現在の区間平均速度 (AverageSpeedKmph)、速度推定の信頼度 (Confidence)、道路セグメントの距離 (LengthInMeters)、現在の旅行時間 (TravelTimeSeconds)、データ生成日時 (CreateDateTime) などが含まれる。ただし、TomTom では個人情報の観点から、個別車両の位置情報は開示されておらず、リアルタイムでの車両走行に関するモニタリングは不可能である。本稿の作成にあたり、データ検証の目的のために、ある特定時間断面の個別車両の位置情報に関して提供を受けていることを付記しておく。

### 3. 3. 対象道路網

TomTom が交通情報を配信する奥能登地域の道路網を図1に、輪島市周辺の道路網を図2に示



図1 奥能登地域のTomTom交通情報の配信道路網



図2 輪島市周辺のTomTom交通情報の配信道路網

した。これらは、Traffic Flow が配信する道路網を描画したものである。

TomTom の交通情報は対象とする道路クラスごとに FRC (Functional Road Class) という値が設定されており、自動車専用道 (FRC0)、国道 (FRC1)、都道府県道 (FRC2, 3, 4)、また重要であると検知した市区町村道及び細街路レベル (FRC5, 6, 7) を配信対象としている。この FRC により、国道以上等、対象道路を選別して交通情報図等の作成等が可能となる。

### 4. 能登半島地震の被害概要

#### 4.1. 道路交通の遮断

能登半島は半島の周囲を取り囲むように国道249号が位置しているが、発災直後は法面崩落や倒壊した建物により通行できない区間が多数発生した。

図3は国土交通省が2024年1月6日(土)5時の道路被害と復旧の状況を発表した資料であるが、国道249号は沿岸部での被害が大きく、特に半島の北側で全線にわたって通行できない状況が続いていた。その他内陸部の輪島道路等でも分断箇所が発生した。国土交通省は珠洲道路、輪島道路等の沿岸部を通過しない道路の緊急復旧を行い、珠洲市、輪島市への陸路の確保を行った。しかし沿岸部道路が通行できないため、多数の孤立集落が発生した。

#### 4.2. 電力供給

能登半島に電力供給を行っている東北電力の発表では、1月1日の19時における停電被害は、珠洲市、輪島市、穴水町、能登町、志賀町、七尾市の一部地域で、32,700戸に及んでいる。翌日の1月2日14時の発表では、停電は33,700戸となっている。

地震から2週間以上が経過した1月18日においても、輪島市で4,500戸、珠洲市で2,400戸など、石川県全体で約7,500戸の停電が継続している。

#### 4.3. 携帯電話網の状況

携帯電話サービスを提供しているNTTドコモ、KDDI (au)、ソフトバンクの大手3社の1月1日深夜の23時10分頃の復旧状況を各社の発表資料から確認した(図4)。発災直後の通信状態とは少し差があると考えられるが、被害の大きい珠洲市、



図3 2024年1月6日の道路復旧状況<sup>1)</sup>

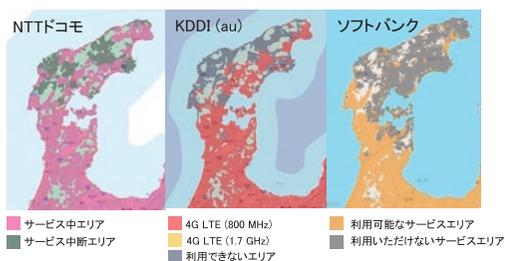


図4 NTTドコモ・KDDI (au)・ソフトバンクの通信状況<sup>12-14)</sup> (2024年1月1日23時頃)

輪島市とも、いずれかの携帯電話会社のサービスが継続している。

本稿ではスマートフォンプローブデータを用いて地震発生直後における車両走行状況のリアルタイムモニタリングの可能性を分析する。被災地外部から被災地の状況をモニタリングするためには、被災後におけるプローブデータの通信可能性が鍵となる。災害発生時には携帯電話会社各社に通信不可能な地域が発生した。しかしながらスマートフォンプローブデータは個々の利用者が契約する複数の携帯電話会社により通信されたデータを集計化するため、地震発生時に個社によっては通信不可能地域が発生したものの、トータルとして能登半島の広範なエリアで通信サービスが維持されていたことが確認できた。スマートフォンプローブデータはデータ通信量が少なく、携帯電話の契約先の通信キャリアが分散されることで通信経路が冗長化されるため、通信キャリアが契約先の一社に固定されている車両プローブに比べて通信の信頼性が向上し、大規模災害時でも情報伝達の継続性が維持されやすい傾向にあることが示された。

## 5. 発災前及びその後の交通状況

### 5.1. 発災前後の観測サンプルサイズ

スマートフォンプローブ、車両プローブともにデータのアップロードは通常の携帯電話回線を利用している。このため発災により携帯電話サービスが停止あるいは著しく機能低下した場合には、プローブデータは収集できない。そこでTomTom社に依頼し、発災前後の奥能登エリアの取得サンプルサイズの状況を確認した。図5に

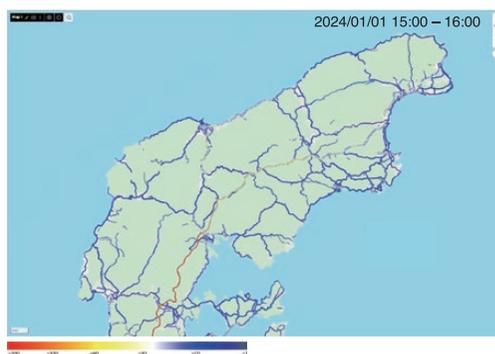


図5 発災前の取得サンプル (TomTom社提供資料より引用)

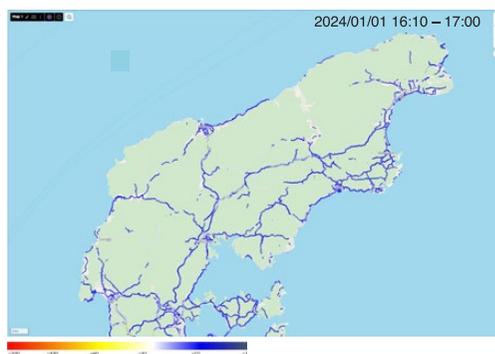


図6 発災後の取得サンプル (TomTom社提供資料より引用)

発災直前の取得サンプルサイズ、図6に発災直後の約1時間の取得サンプルサイズをヒートマップ表示している。この2つの図を比較すると、発災は1月1日元旦の夕方という特殊な時間帯であることから、走行車両が少ない路線も見受けられるが、発災前には奥能登エリアの多くの道路網でサンプルが取得されている。発災後は輪島市や珠洲市、穴水町等の被害の大きなエリアにおいてもプローブデータは取得できているが、国道249号沿岸部や能登半島山間部を中心に、データが取得できていない道路区間が存在している。

この観察結果は、地震発生と同時に奥能登の広域で発生した停電や道路網の寸断が影響している可能性があるが、被害が広範囲に及んだにもかかわらず、何れかの携帯電話会社のサービスが内陸部の一部エリアを除いて継続して機能していたこ

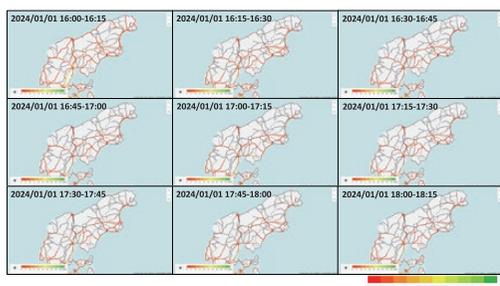


図7 地震発生時からのプローブ数の経時変化 (15分毎)

とは、災害発生時の通信インフラの強靭性とスマートフォンプローブデータの非常時における有効性の高さを示している。

### 5.2. プローブ数の経時変化の可視化

TomTom が一般向けに提供しているリアルタイム交通情報サービスでは、観測されたプローブ数の情報は公開していない。しかし、TomTom Traffic Stats と呼ばれる過去データ分析サービスを利用することで、直近の2日間より前の過去データについては、図7に示すように最小15分間隔でプローブ数の経時変化の分析が可能である。ここでは1月1日の16時から18時15分までの能登半島の FRC0 から FRC5 までの道路クラスを対象に15分毎に可視化した結果を示している。このように、地震発生に伴う避難交通の流れの変化を、発災からタイムラグはあるものの分析可能である。

可視化結果から、能登外浦の国道249号や、内陸部に位置するのと里山海道の交通量が顕著に減少しているのをプローブ数の変化からも確認できる。しかしながら、この結果には避難行動の影響だけでなく地震や津波による通行不能区間が発生し、交通量が減少した影響があることから、災害時の道路状態の推定にプローブデータを用いるには、慎重な解釈が必要である。

### 5.3. 発災直前及び直後の道路交通状況

Traffic Flow の配信データを用いて地震発生直前 (16:00) と直後 (16:15) の速度分布を図化したものが図8と図9である。速度が表示されている

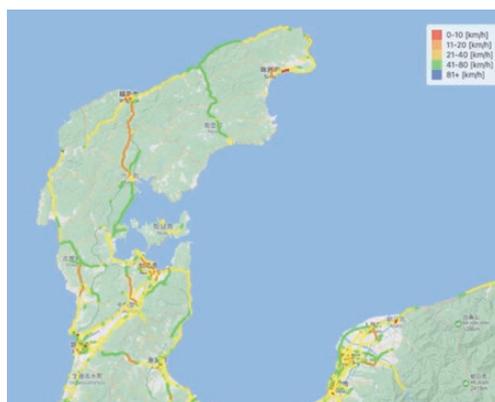


図8 地震発生直前の速度分布 (16:00)

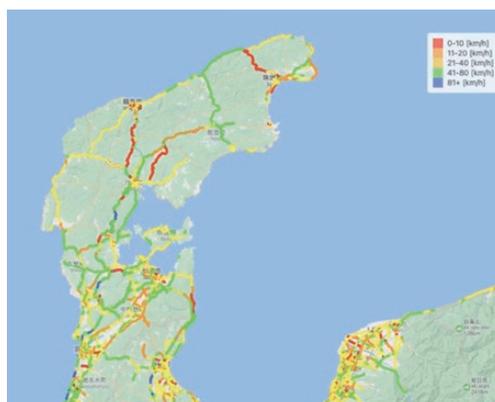


図9 地震発生直後の速度分布 (16:15)

道路は、一定の車両数が計測された区間 (信頼度 80%以上) である。地震発生直前には車両走行数が少なく、速度が計測されていない区間も多い。これに対して地震発生直後の16時15分は、沿岸部では津波警報が発せられ、高台避難が行われていた時間帯である。沿岸部で地震により通行が困難となった国道249号の沿岸道路区間でも、30~40 km/hの速度が表示されており、避難のための短距離往復走行が生じていたと推測される。山間部の一部道路においては著しい速度低下 (0~10 km/h) が観測されており、図10に示すような道路決壊または陥没等が発生したことにより、車両が道路上で停止したり、低速走行を行ったりしていたと考えられる。このように各時点での道路セグメント単位での区間走行速度分布を連続的に



① 2024年1月1日 16時46分 ② 2024年1月1日 17時16分 ③ 2024年1月2日 6時46分

出典：道路交通情報Now!! (JARTIC)

図10 のと里山海道横田ゆずりのカメラ画像<sup>15)</sup>  
(カメラ位置：37.12867, 136.8193)

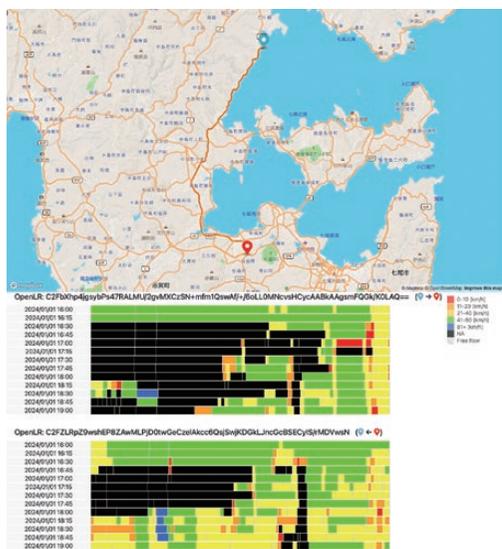


図11 発災前後の国道249号の速度分布 (七尾市-穴水町)

可視化することで、交通状況の経時変化を確認できるものの詳細な分析を行うには限界がある。そこで、地図上で指定した道路セグメントについて蓄積されたデータを元に時空間図を動的に描画するツールを開発して交通状況・避難行動の詳細分析に利用した。

具体的には、Traffic Flowのデータを使用して国道249号の七尾市から穴水町に至る区間の15分毎の走行速度を時空間図として描画した(図11)。地図上の赤マーカと青マーカで示された道路セグメントについて、指定した時間間隔(ここでは15分)で平均走行速度を色分けして表示している。道路セグメント内はTomTomの採用する「動的セクション化(Dynamic Sectioning)」方式により、セグメントの先頭からのオフセット値に基づいて動的に細分化されたセクションという単位で交通

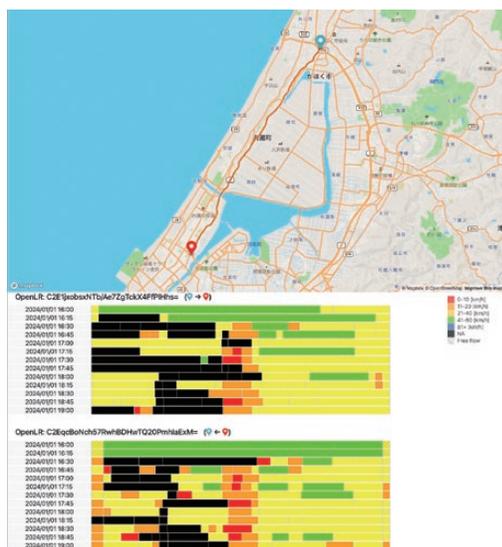


図12 発災前後の県道8号の速度分布(内灘町)

情報が配信される。その結果、実際の交通状況の変化を反映して個々のセクションの平均走行速度に応じて色分けされる。図中の黒く表示されている区間は走行車両数が少なく、速度計測が行われていない区間である(凡例中のNAに相当)。また、赤く表示されている区間は停滞区間である。津波避難が完了したと思われる16時30分から長時間にわたり交通流動が停止しているが、七尾市から穴水町へは18時頃から交通流動が再開している。

次に、内灘町を通過する県道8号の走行速度分布を時空間図として図12に示した。発災前は時速40 km/h以上で走行しているが、発災後は走行速度が20 km/hに低下する区間が生じ、西荒屋地区付近では10 km/h以下の停滞区間が生じていることが読み取れる。この時、内灘町では図13に示すとおり液状化により道路の陥没・隆起が発生しており、西荒屋地区では液状化被害の大きかったことが確認されている。なお、図12の赤色マーカから青色マーカに向かうルートの16時台と16時15分台の道路セグメントの斜線表示は凡例中のFree flowの項目に相当する。当該道路セグメントについて渋滞のない時間帯の走行速度をフリーフロー速度と定義し、観測された走行速度がフリーフロー速度と等しい場合にはデータ配信がされな



図13 内灘町の液状化による被害<sup>16)</sup>



図14 発災前後の県道28号の速度分布（珠洲市中心部と珠洲市粟津地区）

い。事前に取得したフリーフロー速度のデータで補完した箇所を実際の配信データと区別するために斜線表示としている。

図14には、発災前後の珠洲市中心部と珠洲市粟津地区の県道28号における交通流動を示している。図14は描画の時間単位を5分としており、発災の5分後の16時15分には粟津集落近傍では既に交通流動が観測されなくなっている。県道28号は珠洲市中心部では内陸側に迂回しており津波の影響を受けにくい区間があるが、この区間では発災から40分が経過した16時50分まで交通流動が観測されている。この観測結果を見る限り、TomTomプロープの即時性はかなり高い。

#### 5. 4. 震災復旧時における道路交通の状況

図15は、TomTom社から提供を受けた1月5日の輪島市中心部におけるデータ取得サンプルの位置を示している。青▲で表示されているものが計測サンプルであり、火災で被害が大きい朝市通には走行車両は見られないが、国道や沿岸部道路には複数の車両が走行している。一部地域で電力供給が未復旧の1月4日時点でも、携帯電話サービスが維持されており、プローブデータの取得が行われていることが確認できる。

次に図16は、Traffic Flowから1月4日10時の奥能登地域の道路走行速度を示している。道路が寸断されている輪島市から東に向かう国道249号には走行車両が見られない。震災復旧のために輪島市、珠洲市に向かう交通が、輪島道路や珠洲道路、被害の少なかった半島南側の国道249号を利用している。七尾輪島線については、穴水町から輪島市に向かう区間各所で走行速度が20 km/h以



図15 輪島市中心部の計測サンプル（1月4日、TomTom社提供資料）

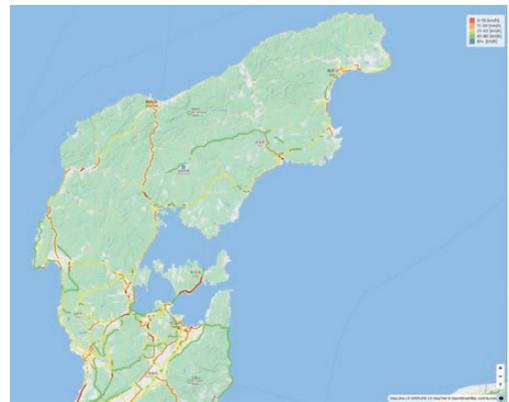


図16 1月4日10:00の奥能登地域の走行速度

下となっている。国土交通省による道路の緊急復旧の状況<sup>17)</sup>において1月4日には大型車まで通行可能な状態であることが確認できるが、路面状態や車線確保がなお完全でないため当該ルートが一方通行となっている影響で速度低下が発生していると推測される。

## 6. 考察

### 6.1. 分析結果について

3.2.節で述べたとおり、個人情報保護の観点から個別車両の位置情報が開示されず、車両の動きを直接リアルタイムにモニタリングできない制約がある。前章でのTomTomデータに基づく能登半島地震発生前後の交通状況の分析結果をふまえ、この制約下でセクション単位の情報を用いた言わば間接的なリアルタイムモニタリングの手法によって、大規模災害時に1)車両の動きが停止するような壊滅的な被害の有無、2)広域的被災地の中で被害が集中している地域の把握、3)人々の避難行動の状況把握がどこまで可能であったかを考察する。

#### (1) 車両の動きが停止するような壊滅的な被害の有無

地震発生直後の交通状況をリアルタイムで把握するために、Traffic Flowデータを用いて特定のセクション単位での速度情報を分析した。図8及び図9に示したように、地震発生前後の速度分布を比較することで、車両の動きが停止したと見られる区間を確認した。特に、のと里山海道については実際に道路陥没による通行不能区間で生じていた交通停滞の状況に一致していたことが事後にライブカメラ画像(図10)によって確認できた。

また、図14のように、時空間図を使用して特定の区間の速度変化を可視化することで、例えば地震発生後の16時15分以降に、のと里山海道の特定区間で車両速度が大幅に低下し、その後の時間帯でも黒色(データ収集なし)または赤色(停滞)で示されることで、車両の走行が停止した状態を確認できる。このような時空間図を用いることで、交通流動のリアルタイムモニタリングが可能となり、壊滅的な被害の発生を間接的に把握できる。

#### (2) 広域的被災地の中で被害が集中している地域の把握

4.3.節で述べたとおり、スマートフォンプローブデータを用いることで通信キャリアが分散され、結果として広域的被災地においてプローブデータの通信可能性を高めることができる。これによって図5及び図6で確認したように、発災前後の取得サンプルサイズを地図上にヒートマップ表示して比較することで、データが取得できていない道路区間の存在を確認できる。この原因が通信障害によるものか、停電や道路網の寸断の影響によるものかは即断できないが、広範囲にわたる交通データをリアルタイムで収集してヒートマップ表示することで被災地全体の道路交通の混雑状況を概観するとともに、ヒートマップ情報が欠損しているエリアで通行不能な状態や通信インフラへのダメージが発生していると推定することで、被害が集中していると思しき地域を迅速に特定できる。このような情報を、救援資源の効率的配分や被害の大きな地域への優先的支援に役立てることも可能になる。

#### (3) 人々の避難行動の状況の把握

避難行動の影響を受けた交通流動を分析することで、避難行動の状況を把握できる。図14では、地震発生直後の特定の道路区間において通常の間交通パターンと比較して、車両の速度低下や交通密度の増加が確認された。このように避難行動の影響を視覚的に把握できる。特に、速度情報と取得サンプルサイズの変化を組み合わせることで、避難経路の混雑状況や停滞箇所を特定し、人々の避難行動のパターンを把握できた。

ただし、車両の動きを直接モニタリングするわけではなく、速度情報や取得サンプルサイズなどの間接的なデータを用いて推定している点に注意が必要である。また、現時点でTomTomは一般向けのサービスでサンプルサイズの情報をリアルタイム配信していないため、サンプルサイズを使用する場合には、過去データを用いた事後分析を行う必要がある点に注意が必要である。このようにプローブデータは、災害対応において迅速に焦点を当てるべき調査対象エリアを特定し、資源の

効率的配分や、避難・救助活動計画に資する参考情報の一つとして有効に活用できるものとする。

## 6. 2. データリソースの利用限界

今回使用したデータソースは車載システムやスマートフォンなど複数のソースからのデータを統合したハイブリッドのものだが、日本においては実質的にはスマートフォンプローブデータとして機能しているとみなせる。このデータリソースは、実際の交通状況に基づいて動的に決定されるセクション単位での速度情報や所要時間情報などの交通情報をリアルタイムで提供するものであり、適切な分析手段を用いることで車両の動きを間接的にモニタリング可能となり、通行不能区間やスタック区間の検出に効果的な情報ソースとして機能する。しかし、これにはいくつかの限界が存在する。

具体的には、大規模災害時には通信インフラの破壊や電力供給の停止、GPS信号の精度低下や遮断、データ収集の偏りなどの要因により、データの精度や信頼性が低下する可能性がある。平常時についてはTomTomデータと他のデータソース（GPSロガー）について一般道を対象に所要時間の精度検証を過去に実施し<sup>18)</sup>、所要時間比、正解率、誤差率などの評価項目で遜色のない結果が確認されたため、今後は「通れた道マップ」<sup>19)</sup>や「乗用車・トラック通行実績情報」などのデータとの比較を通じてさらなる検証が必要である。

## 7. まとめ

本論文では、リアルタイム配信データであるTraffic Flowを用いて震災発生前後の交通状況を分析した。地震発生前後の交通流を分析した結果からは、TomTom交通情報のリアルタイム性は高く、適切な分析手段を適用することで、通行不能区間の検出や、スタック区間の検出に効果的な情報ソースであることが確認できた。

震災前後の交通状況の分析では、のと里山海道の道路陥没による通行不能区間における交通停滞の状況が観測されている。また液状化により走行が困難となった内灘町の道路交通状況も正確に捉

えられている。

時空間図（時間シフト速度コンター図）のように、ひとつの時間断面だけではなく、連続した時間断面で連続する区間の速度情報を観測することで、分断箇所、スタック箇所を推定することにも有効であることが明らかとなった。

これらの分析結果から、プローブデータの活用によって災害発生直後の道路通行可能性や交通流の変化をリアルタイムで把握することが可能となり、被災地域における主要な通行ルートの確認、渋滞や通行止めが発生しているエリアの特定、及び避難行動に伴う交通密度の変動の分析に寄与する可能性が示された。このようにプローブデータは、災害対応において迅速に焦点を当てるべき調査対象エリアを特定し、資源の効率的配分や、避難・救助活動計画に資する参考情報の一つとして有効に活用できるものとする。

## 参考文献

- 1) TomTom International BV: Understanding How TomTom Handles Data Used by the Traffic API, <https://developer.tomtom.com/blog/spotlight/understanding-how-tomtom-handles-data-used-traffic-api/>, 2024年2月14日。
- 2) 秦康範・鈴木猛康・下羅弘樹・目黒公郎・小玉乃理子: 新潟県中越沖地震における通れた道路マップの提供とプローブカー情報の減災利用実現に向けた課題と展望, 日本地震工学会論文集, 9巻, 2号, pp.2\_148-2\_159, 2009.
- 3) 須藤三十三・浦川豪・福重新一郎・濱本両太・林春男: 広域的な災害発生後のプローブ情報の活用－東日本大震災での事例を通して－, 情報システム学会誌, 2012-2013, 8巻, 1号, pp.30-41, 2012.
- 4) ITS Japan: 乗用車・トラック通行実績情報, <http://disaster-system.its-jp.org/map4/map/#map=9/37.255473/137.079162&layer=gsi>, 2024年2月19日。
- 5) Thiagarajan, A., Ravindranath, L., LaCurts, K., Toledo, S., Eriksson, J., Madden, S., and Balakrishnan, H.: VTrack: Accurate, energy-aware road traffic delay estimation using mobile phones, Proceedings of the 7th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys

- '09), Berkeley, California, USA, pp.85-98, 2009. DOI: 10.1145/1644038.1644048
- 6) Menard, T. S., Miller, J., Nowak, M., and Norris, D.: Comparing the GPS Capabilities of the Samsung Galaxy S, Motorola Droid X, and the Apple iPhone for Vehicle Tracking Using FreeSim\_Mobile, Proceedings of the IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), pp.985-990, 2011. DOI: 10.1109/ITSC.2011.6083141
- 7) Menard, T. S., and Miller, J.: FreeSim\_Mobile: A Novel Approach to Real-Time Traffic Gathering using the Apple iPhone™, Proceedings of the IEEE Vehicular Networking Conference (VNC), pp.57-63, 2010. DOI: 10.1109/VNC.2010.5698273
- 8) Google Maps: <https://maps.google.com/>, 2024年5月14日.
- 9) Waze: <https://www.waze.com/>, 2024年5月14日.
- 10) TomTom International BV.: TomTom — Maps and Location Technology, <https://www.tomtom.com/>, 2024年2月14日.
- 11) 国土交通省：令和6年能登半島地震緊急復旧(道路啓開)の状況 過去資料(1月6日(土)05:00時点), <https://www.mlit.go.jp/road/content/001717748.pdf>, 2024年1月6日.
- 12) NTTドコモ：令和6年能登半島地震の影響による復旧エリアマップ, <https://servicearea2.nttdocomo.co.jp/inet/DisasterGoRegcorpServlet>, 2024年1月1日.
- 13) au：復旧エリアマップ(石川県), [https://www.au.com/mobile/area/emergency/?ope=au&pref=ishikawa&\\_ga=2.12867632.665339337.1708299501-789171703.1708299499](https://www.au.com/mobile/area/emergency/?ope=au&pref=ishikawa&_ga=2.12867632.665339337.1708299501-789171703.1708299499), 2024年1月1日.
- 14) ソフトバンク：令和6年の能登半島地震復旧エリアマップ, <https://disaster.amap.mb.softbank.jp/sp/?disasterID=809>, 2024年1月1日.
- 15) JARTIC：道路交通情報 Now!!, <https://www.jartic.or.jp/top.html>, 2024年1月1日.
- 16) 北國新聞：〈1.1大震災～連載ルポ〉ゆがむ町「もう住めん」内灘も爪痕深く, <https://www.hokkoku.co.jp/articles/-/1290693>, 2024年1月16日.
- 17) 国土交通省：令和6年能登半島地震 能登半島道路の緊急復旧の経緯, <https://www.mlit.go.jp/road/content/001718001.pdf>, 2024年5月29日.
- 18) 藤木昂・古城貴彦・奥野彰大・岩瀬晃啓・片岡裕子・今代稔・吉田龍一・望月祐洋・西田純二・水野真由己：一般道を含む所要時間提供方法について－TomTom 交通情報の活用可能性－, 第19回 ITS シンポジウム2021, 2021年12月.
- 19) TOYOTA 通れた道マップ：[https://www.toyota.co.jp/jpn/auto/passable\\_route/map/](https://www.toyota.co.jp/jpn/auto/passable_route/map/)

(投稿受理：2024年3月14日  
訂正稿受理：2024年8月8日)

## 要 旨

2024年1月1日に発生した能登半島地震では被災状況を把握するために多大な時間遅れが発生した。本研究では TomTom 社によるスマートフォンプローブデータを用いて能登半島地震の発災前後における道路交通の状況把握を試みた。本プローブデータはイベント発生から1分以内で入手可能なりリアルタイム性の高い情報である。その結果、地震発生前後にわたってプローブデータが能登半島全域を含めた広域な地域にわたり利用可能であり、今後の災害における危機モニタリングの制度設計や能登半島地震時の交通状況に関する詳細な分析のために有用であることが明らかとなった。