

# 民間プローブデータとスマートフォンを用いて 取得したデータの組合せによる路面損傷簡易 把握手法の検討

吉田 貴博<sup>1</sup>・藤井 琢哉<sup>2</sup>・前田 真護<sup>3</sup>・

<sup>1</sup>非会員 (株) ケー・シー・エス (〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前1-4-4)  
E-mail:yoshida@kcsweb.co.jp

<sup>2</sup>正会員 (株) ケー・シー・エス (〒112-0002 東京都文京区小石川1-1-17)  
E-mail:t-fujii@kcsweb.co.jp

<sup>3</sup>非会員 (株) ケー・シー・エス (〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前1-4-4)  
E-mail:maeda@kcsweb.co.jp

近年、スマートフォンの普及・機能進化は目覚ましく、ドライブレコーダーやバスロケーションシステムの端末として利用される商品が数多くみられる。また、民間プローブデータでは交通状況の把握・分析が可能となりつつある。本研究では、スマートフォンのセンサーから取得されたデータと民間プローブデータから得られる位置情報、速度情報を組み合わせることで、地震による道路の路面損傷状況を簡易的に把握する手法の検討を行った結果、継続的にデータを取得することで、災害発生後の路面損傷状況を簡易的に把握する可能性があることを明らかにした。

**Key Words :** Road damage, Probe data, Smartphone, Accelerometer, Kumamoto earthquake

## 1. はじめに

### (1) 研究の背景と目的

平成28年4月14日21時26分に熊本地方においてM6.5の地震が発生し、16日1時25分にもM7.3の地震が発生し、熊本県で最大震度7を観測した。

4月14日21時26分以降、最大震度6強を観測する地震が2回、最大震度6弱を観測する地震が3回発生した。

熊本地方のM3.5以上の地震回数は新潟県中越地震等を上回る257回(平成28年6月21日13時半時点)となっている。

この地震の影響により、熊本県を中心に、高速道路の盛土のり面や橋梁・跨道橋の損傷、切土のり面の崩壊等が発生した。

一般道路では、阿蘇大橋地区の国道57号や国道325号で大規模な斜面崩落に伴う寸断、県道熊本高森線等では連続的に橋梁やトンネルの損傷が発生した。

上記以外にも、本震直後の一般道路では、盛土の崩壊や落石・岩盤崩壊等により約200箇所で行き止まりが発生し、電柱の傾斜・倒壊は約4300本に達した。

道路の復旧に際しては、国土交通省がTEC-FORCE(緊急災害対策派遣隊)を述べ8319人派遣(平成28年6月16日時

点)、被災自治体に代わり被害状況の調査を迅速に実施し、道路陥没や土砂崩壊等によって通行不能となった県道や市町村道の道路啓開が迅速に実施された<sup>1)</sup>。

藤井ら(2012)は、大規模災害発生時の人命救助や緊急物資輸送状況と道路ネットワークの復旧状況について分析し、道路ネットワークの早期復旧の重要性について考察している<sup>2)</sup>ことから、道路の被害状況を迅速に把握する手法の確立が必要と考えられる。

一方、近年、情報通信技術の進展に伴い、カーナビ搭載車両、携帯・スマートフォンナビなどから得られる移動軌跡データであるプローブデータは、平成22年道路交通センサス旅行速度調査をはじめ、旅行速度の常時観測や道路円滑性の分析などに活用されている<sup>3)</sup>。

近年、一般に市販されているスマートフォンでは、座標(緯度経度)、データ取得時刻の取得に加え、加速度センサーにより加速度の取得も可能となっている。

藤井ら(2014)は、民間プローブデータから取得される加速度情報から、道路安全施設(路面標示等)の劣化状況を定量的に把握し、交通事故対策や維持管理の効率的・効果的な実施手法について検討を行っている<sup>4)</sup>。

突発的に発生する大規模災害による道路の路面損傷の把握においては、準備期間が短いことから専用機器の使用が難しく、地方においては技術職員の不足も深刻化していることから、普及している機器により、迅速かつ簡易的に道路の路面損傷を把握する手法を確立することにより、迅速な啓開、復旧が期待できる。

そこで本研究では、民間プローブデータの位置(DRMリンク)情報と速度情報、スマートフォンのセンサーから取得された位置情報(座標)、加速度情報といった複数のデータについて、大規模災害発生後のデータ挙動と、それらを組み合わせることにより迅速かつ簡易的に道路の路面損傷状況を把握する手法の検討を行った。

## 2. 調査手法

### (1) 分析対象としたデータ

分析対象にはスマートフォンで取得可能な加速度と民間プローブデータから集計可能な旅行速度を選定した。

#### ①加速度データ

道路の路面損傷状況を把握するデータとして、路面の凹凸に応答する上下加速度を対象とした。

上下加速度はスマートフォンの3軸加速度センサーにより取得した数値から以下の式で算出した。

$$Gz = \frac{Gs - Gx \cos \theta x - Gy \cos \theta y}{\cos \theta z}$$

- Gz : 補正上下加速度
- Gs : 取得上下加速度
- Gx : 取得左右加速度
- Gy : 取得前後加速度
- θz : 対上下軸線角度
- θx : 対左右軸線角度
- θy : 対前後軸線角度

3軸加速度の取得にあたっては、Androidスマートフォン上において、GPS座標と3軸加速度を取得するアプリを作成し、0.2秒間隔でGPS座標、取得時間とともに記録した。

実際のデータ取得にあたっては、前述のアプリをインストールしたスマートフォン(エクスペリアZ5 ソニー製)を普通乗用車(ヴィッツ)のダッシュボード上に固定し、後述する対象区間を走行した。

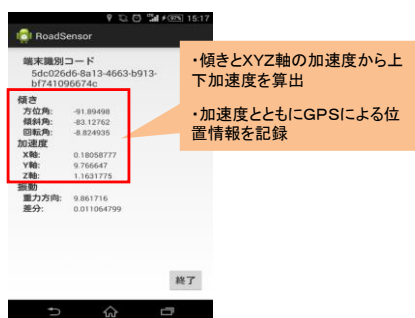


図1 アプリによるデータ取得画面



図2 アプリによるデータ取得画面

### ②民間プローブデータ

前述の上下加速度と重ね合わせて使用するデータとして、データ取得範囲やデータ取得頻度が多く地震発生前後の値を比較可能な民間プローブデータを選定した。

道路の路面損傷箇所においては運転者が目視判断により、速度を低下させ走行する状況を現地にて確認したため、速度低下が生じている箇所を把握することにより、何らかの損傷が道路に生じていると推察された。

このため、速度変化を把握する方法として、地震発生前後の平均旅行速度を民間プローブデータをプローブ交通情報管理解析システム(プロタナス株式会社ケー・シー・エス)によりDRM2603のリンク単位で後述の対象期間、対象時間の平均旅行速度を集計した。

なお、集計対象時間については交通集中に伴う速度低下を考慮して、自由走行できる時間帯を設定した。

表1 民間プローブデータ集計期間

集計対象期間	発生前: H28.4.9~H28.4.14 発生後: H28.5.1~H28.5.8
集計対象時間	0:00~4:00
集計対象日種	全日
集計方法	サンプル加重平均 (リンク別15分単位のデータを1サンプルとして集計)

### (2) スマートフォンによるデータ取得対象区間

スマートフォンによるデータ取得対象区間は、落石・岩盤崩壊等による通行止めは生じていないものの、速度を低下させることにより通過可能な段差や小規模な陥没等が生じている国道3号 長六橋交差点(熊本市)~松原交差点(宇土市)を設定した。





下り方向（鹿児島方面）の上下加速度差の平均は $5.6\text{m/s}^2$ 、最大値は $20.6\text{m/s}^2$ となっており、対照区間のそれらと比べて、平均は2.5倍、最大は1.5倍と高い値となっていたが、上り方向と比較すると平均値は0.71倍、最大値は0.38倍であった。

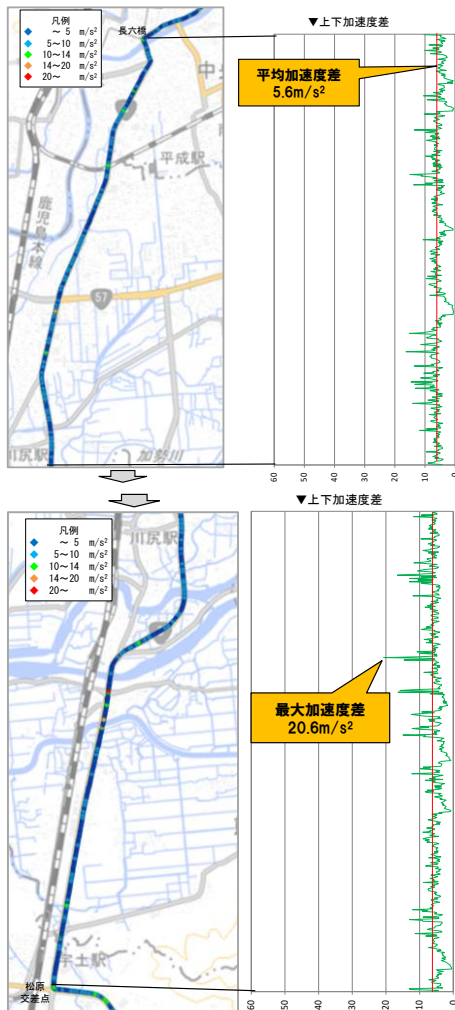


図6 上下加速度観測結果（下り方向）

## (2) 民間プローブデータ

リンク別の平均旅行速度を地震発生前後で比較すると、74.7%のリンクで地震発生後には速度低下が発生していた。

対象区間の平均旅行速度は地震発生前は $45.4\text{km/h}$ に対し、地震発生後は $42.7\text{km/h}$ であり、 $2.7\text{km/h}$ の速度低下が発生していた。このうち、11.1%のリンクにおいては、地震発生後には $5\text{km/h}$ 以上の速度低下が発生していた（図7）。

図8には $5\text{km/h}$ 以上の速度低下が発生していたリンクの位置を示す。

$5\sim 10\text{km/h}$ の速度低下を示したリンクは $10\text{km/h}$ 以上の速度低下を示したリンクと比較すると、リンク長が長い傾向にあった。

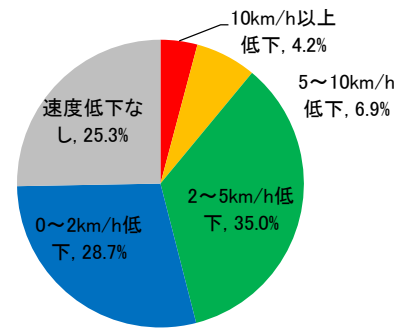


図7 速度低下の割合

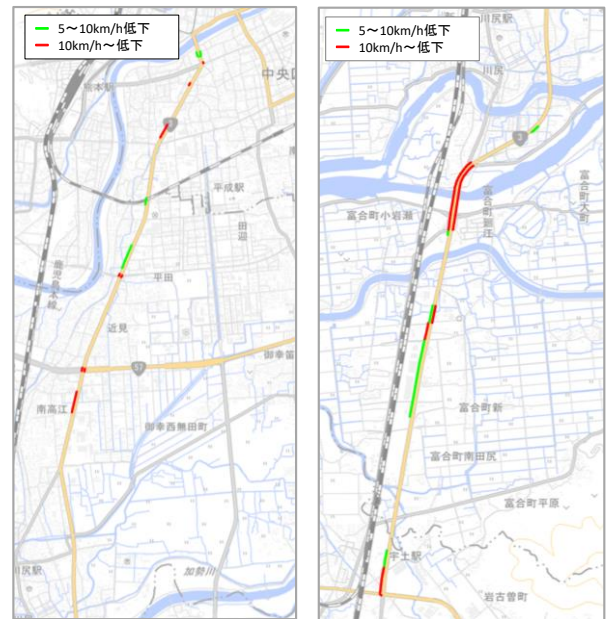


図8 地震発生前後の速度低下区間

## 4. 組合せ結果の妥当性検証

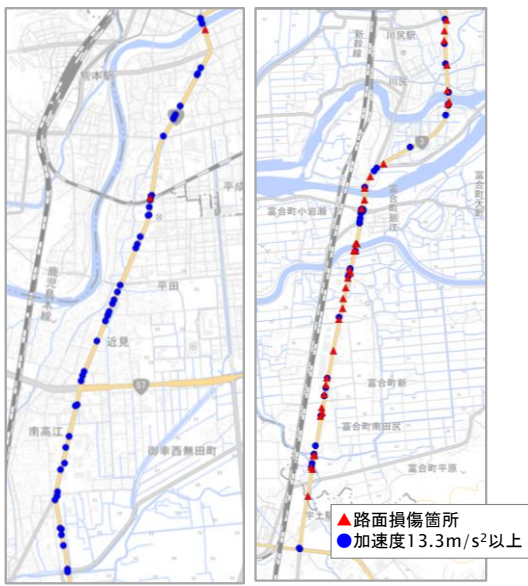
道路の路面損傷状況を迅速かつ簡易的に把握する手法として、「スマートフォンで取得した上下加速度と民間プローブデータの旅行速度の組合せ」評価の妥当性について検証を行った。

検証では表3に示す基準値に該当する箇所を抽出し、それらの箇所について、現地画像から目視により路面損傷箇所（段差ありの看板がある箇所）と照らし合わせることで検証を行った。

表3 影響評価の考え方

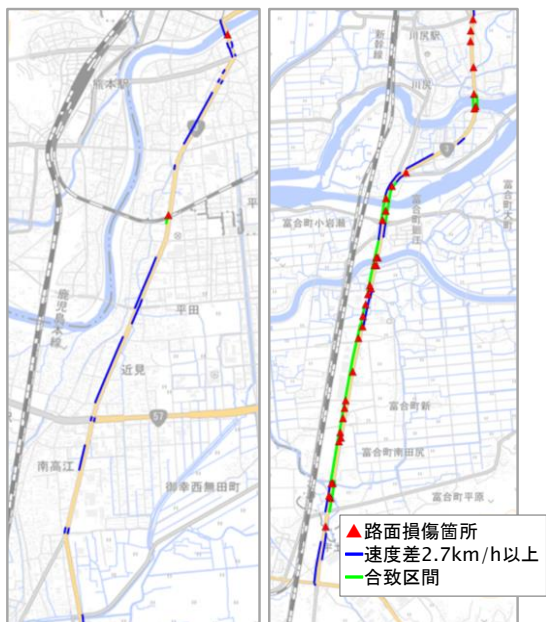
評価指標	評価の考え方	評価の基準値
上下加速度	走行中における瞬間の段差状況を示す「上下加速度」を基に、対照区間と比較することで、路面損傷状況の評価	福岡県の走行調査結果の上下加速度差の最大値 $13.3\text{m/s}^2$ を閾値として設定
平均旅行速度	路面損傷箇所においては、ドライバーが目視によって速度を抑制していること（走行性の低下）が想定されることから、民間プローブデータにより、地震発生前後のリンク別平均旅行速度の差を算出して評価	対象区間の地震発生前後における平均旅行速度差 $2.7\text{km/h}$ を閾値として設定

上下加速度が閾値（ $13.3\text{m/s}^2$ ）以上の箇所は82箇所、そのうち、14箇所が実際の路面損傷箇所と合致しているため、適合率は17%であった。



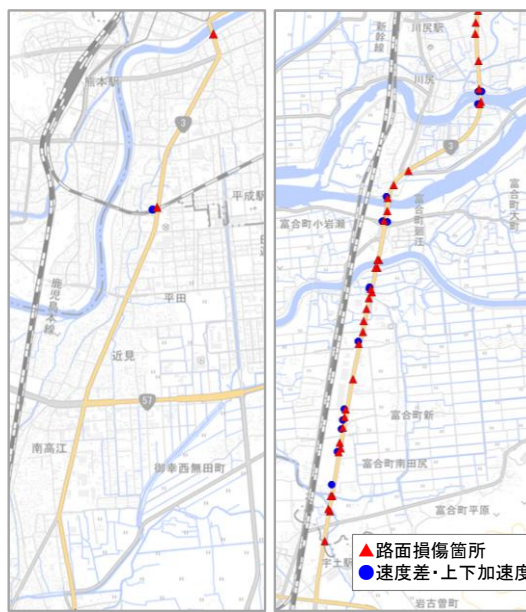
国土地理院地図  
図9 上下加速度閾値以上の箇所

平均旅行速度が閾値（ $2.7\text{km/h}$ ）以上となっている箇所は64リンクで、そのうち、12リンクが実際の路面損傷箇所と合致しているため、適合率は19%である。



国土地理院地図  
図10 平均旅行速度閾値以上の箇所

上下加速度、平均旅行速度ともに閾値以上となっている箇所については15箇所、そのうち、8箇所が実際の路面損傷箇所と合致しているため、適合率は53%となった。



国土地理院地図  
図11 上下加速度と平均旅行速度重ね合わせ

表4 路面損傷箇所との適合率

	適合率
速度差	19%
上下加速度	17%
速度差 +上下加速度	53%

上記の結果より、上下加速度と平均旅行速度がともに閾値以上の箇所では路面損傷との合致率が最も高く、民間プローブデータとスマートフォンで取得した上下加速度データの組合せにより簡易的に路面損傷状況を把握できる可能性が示された。

なお、路面損傷が発生している箇所でも、平均旅行速度が閾値に達しない原因としては、平均旅行速度の集計単位がDRMリンク毎となっており、リンク長の長いリンクでは速度低下の影響が限定的となり、リンクの平均旅行速度の低下が閾値に達していないものと推察された。

一方、上下加速度で閾値以上の箇所でも路面損傷が生じていない箇所が存在することから、運転状況等によってノイズが発生しているものと推察された。

## 5. 災害に備えたデータ取得方法及び簡易評価手法の提案

今回の検討を通して、スマートフォンで取得した上下加速度と民間プローブデータから集計されたリンク平均旅行速度の組合せにより、路面損傷箇所を迅速かつ簡易的に把握できる可能性が示された。

民間プローブデータはDRMリンク単位での集計となっているため、リンク長の影響を受けやすいことや、上

下加速度にはノイズが含まれることを考慮すると、大規模災害発生時に迅速に路面損傷状況を把握するためには、日常の道路パトロール時に速度、加速度データを取得し、通常時のデータの蓄積、分析することで、リンク長の影響を除外した速度閾値、ノイズを除外した上下加速度閾値の取得が可能となり、災害発生後の取得データと比較することで、より迅速かつ精緻な路面損傷状況の把握が可能になるものと考えられる。

ただし、上記の内容の実現するためには以下の課題が挙げられる。

#### ①データ取得の課題

本研究は民間プローブデータによる平均旅行速度の集計を地震発生前後の1週間のデータを用い、また、渋滞の影響を受けなく、自由走行が可能な深夜時間帯のデータを用いた。

今後、日常的な平均旅行速度の速度差を集計するにあたり、民間プローブデータの集計期間、集計時間帯の検証を行う必要がある。

また、スマートフォンによる上下加速度データの取得についても、設置する車両の車種や、設置方法、走行速度等により上下加速度に相違が生じるか検証を行う必要がある。

#### ②分析の視点による課題

今回、上下加速度データの分析には、対象区間を3回走行した平均値を採用した。また、民間プローブデータにおいても集計期間の平均値を採用した。今後、日常的に蓄積されるデータから路面損傷箇所を抽出するためには、平均値や最大値、または、バラツキ（標準偏差）が最適なのか検証する必要がある。

#### ③実際の路面損傷箇所との検証

速度と上下加速度の組合せによる路面損傷箇所の妥当性を検証するにあたり、対象となる路面損傷箇所を目視による「段差あり」の看板がある箇所とした。ただし、実際の路面損傷箇所は「段差あり」の看板設置箇所以外にも存在すると考えられ、目視だけでなく、縦断凸凹量の評価基準として採用されているIRI（国際ラフネス指数）との比較による検証も考えられる。

また、段差箇所だけでなく、クラック（ひび割れ）箇所との比較による検証も考えられる。

#### ④他データとの組み合わせによる検証

今回、速度データとして民間プローブデータを使用したが、集計単位がDRMリンク毎となっているため、リンク長が長い区間においては、速度低下が限定的となる可能性がある。そのため、ETC2.0プローブデータや商用車による走行履歴データによる路面損傷箇所における速度による比較検証が考えられる。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省:熊本地震による被災及び復旧状況, HP 発表資料 <https://www.mlit.go.jp/common/001135910.pdf>
- 2) 藤井琢哉, 仲条仁, 長沢端子, 石川良文:東日本大震災における応急復旧活動・被災者支援活動のための長距離移動・輸送の特性把握と問題点に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, Vol45, 2012
- 3) 橋本浩良, 水木智英, 門間俊幸, 上坂克巳, 田名部淳:プローブデータを用いた交差点における交通動向分析のケーススタディ, 土木計画学研究・講演集, Vol45, 2012
- 4) 藤井琢哉, 高橋孝治, 清橋秀聡, 馬場範夫:民間プローブデータを用いた事故対策の評価と効果モニタリング・評価手法の検討, 土木計画学研究・講演集, Vol49, 2014
- 5) 八木浩一:自動車のばね上観測加速度からの路面縦断プロファイルの推定とその精度検証, 土木学会論文集 E1(舗装工学), Vol69, No3(舗装工学論文集 第18巻), L1-L7, 2013

(2017. 4. 27 受付)