

プローブデータを用いた豪雨災害時の道路交通状況の分析

Analysis of road traffic situation at heavy rain disaster based on probe data

早川聡一郎¹・塩見康博²

Soichiro Hayakawa and Yasuhiro Shiomi

¹立命館大学大学院生 理工学研究科 交通マネジメント工学研究室 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

Graduate Student, Ritsumeikan University, Dept. of Science and Engineering

²立命館大学准教授 環境システム工学科 交通マネジメント工学研究室 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

Associate professor, Ritsumeikan University, Environmental System Engineering

Large-scale disaster cause not only threaten the lives of people directly, giving effect of great economic losses to social infrastructure. We should consider about measures for the transport plane at the time of heavy rain disaster. The purpose of this study is analyzing road traffic conditions at the time of a disaster by using a probe data. Analyzing movements of car, further, identify the big change location compared to normal time, and consider the characteristics of the place. As a result, in many cases, drivers who received the closure choiced the detour and move in time to typhoons closing, and the road that decrease the moving speed was what is the main road linking the city and the city, also called the detour.

Keywords : typhoon, traffic jam, probe data

1. 研究の背景と目的、研究方法

近年、局所的に集中する豪雨やこれまでの記録を超える降雨量の記録など、豪雨災害の特徴に変化が見られ予想外の場所での土砂災害や河川の洪水が発生することが多々ある。豪雨は河川の増水、山地の土砂崩れ、家屋への浸水や道路の冠水などさまざまな被害をもたらす我々の生活に大きな支障をきたす。堤防が壊れた場合においては多くの人命や財産を失うことになり、被害者が格段に増加するリスクが高まる。自然の条件に加えて、近年の日本の少子高齢化による災害弱者の増加や浸水を招く地下鉄の増加など、社会的状況の変化もある。このように、近年の災害の状況を的確に捉えつつ可能な限り小さなコストで対策を行い災害の被害を最小限に留めることは大きな課題であり、時に予期せず発生する災害に対応するためにもできるだけ早期に行うべきである。人命の救助は町を維持することに直結し、歴史的な都市を多く有する我が国の魅力を守る意味でも防災、減災の意識は常に持たなければならない。

豪雨災害によって普段頻繁に利用される道路が通行止めになることで交通渋滞が発生することは多くあり、台風は豪雨災害の典型的な例である。豪雨災害が発生し洪水や土砂災害が生じることで、浸水や土砂くずれによる通行止めや車の移動速度が低下することによる交通渋滞など、道路交通状況は大きく変化する。豪雨災害時には通常時と比べて移動にかかる時間が大幅に増加し、経済損失が発生する。救急車両の移動にも困難が生じ、結果として人命を脅かすことになるため道路交通を機能させることは安全面の意味でも重要なことである。そこで本研究では、これからの豪雨災害の対策を考えることを目的に、豪雨災害時の交通状況が通常時と比べてどのように変化するか、またそのことによって人がとる行動にどのような変化が起こるかについての分析を行う。

研究の方法としては、民間企業が所有する「プローブデータ」と呼ばれる1秒ごとの車の挙動データを利用する。その上で、滋賀県湖南地域を対象に2013年9月15日-16日にかけて甚大な被害をもたらした台風

18号を対象に、通常時と災害時の道路交通状況の比較を行う。

2. 台風18号に係る災害状況

(1) 災害の概要

台風18号は四国地方から北海道地方にかけて広い範囲に大雨や突風による被害をもたらし、2013年8月30日に日本全国で運用が開始されてから初めての特別警報が発表された。特別警報とは、これまでの大雨や地震、津波といった重大な被害を及ぼす災害の恐れがある場合に、注意を呼び掛けるために発表される通常の警報に加え、特にこの発表基準をはるかに超える規模の豪雨や大津波などが予想され、重大な災害の被害を受ける危険性が著しく高まっている場合に発表される警報である。特別警報が発表された際には、数年に一度しかないような危険な状況にあり、避難指示、避難勧告などの情報に注意する必要がある。今回は台風による長時間の降水による洪水の危険性を考慮した特別警報であった。

台風18号の特徴としては半径500kmを超える大型の台風であることであり、加えて前線の影響を受けて大きな雨雲が発生していた。近畿地方、東海地方を中心に総雨量400mmを超える大雨を記録し、気象庁は48時間雨量が「50年に1度のレベルを上回った」として、京都府、滋賀県、福井県に対して特別警報の発表を行った。

(2) 災害時の道路交通状況

滋賀国道事務所による資料を参照し、主な通行止めの概要を以下にまとめる。非常に多くの車が移動に利用する国道1号線は、まず台風が最も接近した時間帯である9月16日午前1時に大津市音羽台から追分町にかけて通行止めが行われた。原因は土砂くずれによって車線が寸断されたことによる通行止めであり、復旧作業によって片側交互通行が可能になるまでも1日近くかかった。また台風の接近から3時間程経過した後、通行規制雨量に達したことにより、滋賀県甲賀市土山町から三重県亀山市関町にかけて通行止めが行われた。この通行止めに関しても解除されるまで半日程かかっている。琵琶湖の西側にある161号線や8号線の福井へと繋がる区間、山間部を通る県道など多くの場所で通行止めが行われており、道路交通状況は通常時と比べて大きく変化した。滋賀県を通過する名神高速道路で、16日午前0時25分に栗東ICから竜王IC、0時30分に京都東ICから茨木ICにかけて通行規制雨量超過による通行止めが行われ、午前1時になると栗東から茨木の区間全域に対して通行止めが行われた。通行規制雨量超過による通行止めが解除されたのは18時である。またNEXCO中日本によると八日市ICから彦根ICの区間において、幅約30mにわたり路肩の下の土砂が高速下へとすべりおち、遮音壁やガードレールや照明ポールが破損した。復旧工事のためこの区間においても通行止めが行われ、5日間にわたり通行止めとなっている状態であった。京滋バイパスについては、15日午後22時5分に通行止めが発生し、名神高速道路より少し早い16日午後14時30分に通行止めが解除されている。図1に通行止めに関する時系列を示す。

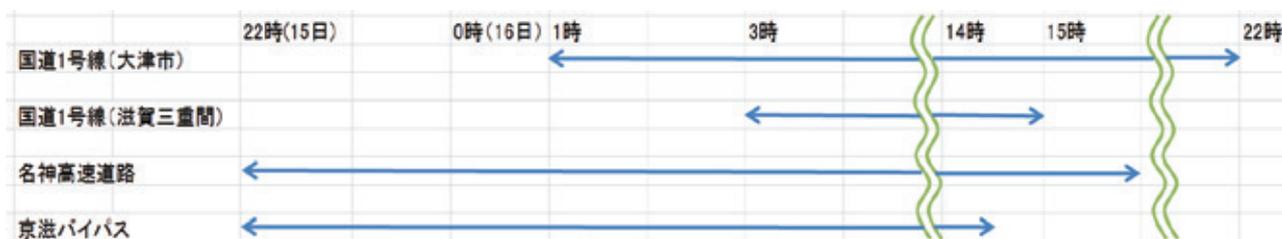


図1. 主要道路の通行止め時間

3. プローブデータの概要

(1) 概要

プローブデータとは、GPS機能をもつ運行記録計を車両に取り付け走行記録をデータとして蓄積していくものであり、緯度経度で表す位置情報や時刻といった走行履歴についてのデータなどの車の動きについて記

録されたデータである¹⁾。プローブデータの大きなメリットの一つは、運行記録計を車に取り付け、運転者に自由に走行してもらっただけで詳しい情報を得られるため、簡単かつ低コストで大量の挙動情報を得ることが可能である点である。従来のカメラやセンサーによって交通状況を捉える方法は道路に埋め込むことでコストがかかる上、道路に一定の間隔で設置した場合でも全道路を把握することは不可能である。研究事例として、札幌市都市部での冬季渋滞の特性をタクシーに取り付けたプローブデータによって分析を行ったものが挙げられる。²⁾一般車両と比較的性質の近いタクシーを利用して、渋滞解決に向けた有効な方案を述べている。一方でデメリットもいくつか存在する。前述の通り運転者の自由な走行の情報を後から受け取るものであるため、例えば運転者個人の事情により通常の傾向と大きく異なる動きを行った場合、プローブデータだけでどう捉えるかは注意が必要である。本研究では、リンク毎の平均速度や同一運転者の移動経路を通常時と災害時で比較するため、この点については支障のないものとする。

(2) 取り扱うデータの詳細

実際に本研究で取り扱う民間企業からいただいたプローブデータの詳細について説明を行う。プローブデータが記録される対象範囲は 2 次メッシュコード番号 523536、523537、523546、523547、523640 の 5 つのメッシュである。図 2 に対象範囲を示す。2013 年 9 月に発生した台風 18 号を対象として記録されたもので、台風接近時である 15 日と 16 日(日曜日、月曜日)、そして通常時との比較するために 1 週間前にあたる日の 8 日と 9 日車の移動を記録したものである。注意しなければいけない点として、今回利用するプローブデータは商用車に限って取り付けられたものであり、普通車両などの一般車両の情報は記録されていないという点がある。よって場合によっては商用車の特性、例えば車両のサイズが大きい点や業務としてのトリップである点などを考慮しなければいけない場合がある。



図 2. プローブデータ記録対象範囲

プローブデータとして記録された情報の中で本研究には、車両 ID、トリップ ID、車速速度、リンク番号、緯度、経度をそれぞれ 1 秒毎に収集したものをを用いる。車両 ID とは車両それぞれに与えられた番号である。日ごとの固有の車両 ID 数及び総トリップ数は表 1 に記載されている通りである。

表 1. 車両数、トリップ数

	8日	9日	15日	16日
車両数	547	1040	442	577
トリップ数	1022	2239	876	1495

さらに時間帯ごとの車両数を図 3 に示す。縦軸が車両数、横軸が時刻を表し、通常時、台風発生時それぞれ 2 日間分のデータとなっている。通常時では 8 日より 9 日のほうが倍近い数の車両数となっており、圧倒的に多い台数が記録されている。商用車の移動であるため、日曜日よりも月曜日の方が多くの車両数が記録されている。月曜日の方が車両数の大幅な増加が見られる通常時の傾向に反して台風発生時は車両数の急増が見られないのは台風の影響が考えられ、台風が最も接近した 16 日午前 0 時ごろから午前 6 時ごろでの車両数の減少が一因となっていると考えられる。また台風発生時である月曜日の車両数を見てみると約 4、5 割の減少にとどまっている。これは先ほども述べた商用車の特性として、業務を目的としての移動がほと

んどであると考えられるため、多少強引にでも移動を行う運転者が多いことが原因の一つとして考えられる。16日の18時頃から通常時の車両数よりも台風発生時の車両数が上回っているのは、名神高速道路の通行止めが解除されたことにより移動する車両が増加したことが考えられる。

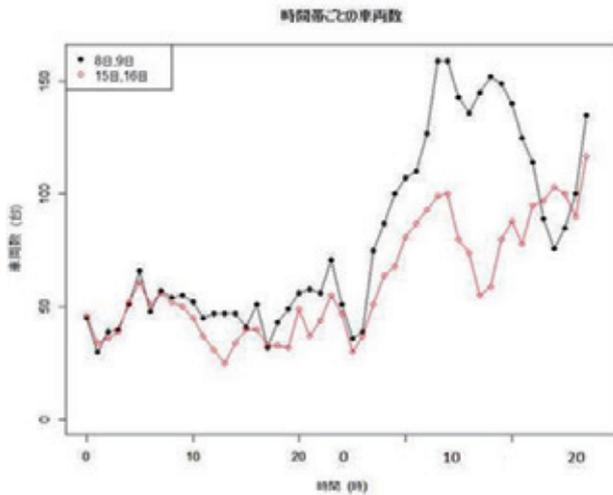


図3. 日別時間帯ごとの車両数

リンク番号とは道路それぞれを示す番号のことであり、道路が交差する地点から次に交差する地点までを一つの道路とし、番号が割り当てられている。本研究では移動経路を限定し滋賀県、京都府間に着目して分析を行う。

4. 行動傾向の分析

(1) 行動変容のパターン分類

本章では、通常利用する道路が通行止めになり、通行不可能になった運転者がどのような経路を選択するか分析を行う。今回取り扱うデータの対象範囲は図2に示したように滋賀県の湖南地域から京都府にかけての範囲であり、滋賀県湖南地域と京都府の間での移動を分析対象とする。滋賀県と京都府の県境に存在する道路、またそれに係る道路として、対象となる各道路を図4に示す。



図4. 分析対象に係る道路

これらの道路を利用し滋賀県京都府間の県境部分を通過した車両を「その道路を利用して滋賀県と京都府の県境上を移動した車両」と定義し分析対象とする。プローブデータの全データの内、台風発生時、通常時共に移動が記録され、かつ通常時において県境を通過する移動を行った車両数は293台であった。293台の車両を通常時、台風発生時それぞれ時間経過の表示と共に移動経路を地図に描画し、経路の変化を分析する。通行止めが発生することで経路がどう変わるか分析を行うにあたって、取り扱うデータを見たところ記録さ

れている通常時に運転者が最も多く選択している道路が名神高速道路であり、293 台中 103 台で 35.2%をしめている。よって通常時に名神高速道路を利用した 103 台の車両に対して、運転者が通行止めを受けてどのような行動を行うかについてパターンの集計を行う。

表 2 に集計結果を掲載する。各車両の移動経路をトリップごとに分割し、時刻の変化と各トリップ経路を照らし合わせることで移動方向を特定した。県境を京都府方面へ移動した場合を西方向、滋賀方面へ移動した場合を東方向と定義したところ西方向への移動が 47 台、東方向への移動が 56 台となり、車両数に大きな違いは見られなかった。選択経路についても大きな違いは見られなかったため、西方向、東方向を総合した 103 台の車両に対して集計した結果について説明を行う。京滋バイパスを利用して移動した車両が最も多く検出され、29.1%であった。次いで多かったのが国道 161 号線と県道 30 号線を利用した迂回であり、20.4%であった。普段多く利用される国道 1 号線は選択した車両が見られなかった。琵琶湖を北回りに迂回する車両が 11.7%であった。台風が接近している時間帯を避けて名神高速道路を利用した車両も多く、台風接近前に移動を行った車両が 17.5%、台風通過後が 8.7%であった。また、滋賀県と京都府の県境を超える移動を行わずに県内で停滞していた車両が 11.7%であった。ただし台風の影響でなく元々県内の移動を行う車両であった可能性がある。103 台中 1 台のみ、プローブデータの故障のためか、記録が行われていない時間帯があり移動経路を特定できないものが存在した。

表 2. 集計結果

	迂回路の利用			台風が接近する時間帯を避ける		移動を行わない
	実数(59.6%)					
西向き				29.8%		8.5%
東向き				23.2%		14.3%
計				26.2%		11.7%
	京滋バイパス	国道161号線	北回り	台風接近前(22時~0時)	台風通過後(18時~20時)	
西向き	29.8%	19.1%	10.6%	17.0%	12.8%	8.5%
東向き	28.6%	21.4%	12.5%	17.9%	5.4%	14.3%
計	29.1%	20.4%	11.7%	17.5%	8.7%	11.7%

(2) 分類ごとの詳細な分析

京滋バイパスは通行規制雨量を超えたことによる通行止めが発生しており、15 日午後 22 時 5 分から 16 日午後 14 時 30 分にかけて通行止めになっている。京滋バイパスは元々国道 1 号線の代替ルートとして作られたものであるため一般道よりも高い速度で走行しやすく、かつ名神高速道路と走行方向が近いことから迂回路として最も利用しやすい道路であったと考えられる。国道 161 号線と県道 30 号線を利用した迂回は、京都府と滋賀県の境界部分での 1 号線の通行止めを避けるように移動することができる。この経路に次いで多くの車両が検出されたのは琵琶湖を北回りに迂回する経路である。プローブデータが記録される対象範囲は湖南地域に限られており、北回りのどの経路を利用したかは正確に特定できないが、移動の始点と終点の時間帯をそれぞれ見ると 3 時間以内の移動時間となっているものがほとんどであった。よって琵琶湖の北端を回る経路ではなく琵琶湖大橋を経由して移動したことが推察される。これは恐らく、名神高速道路の竜王栗東間の通行止めと滋賀県大津市における国道 1 号線の通行止めを知った運転者が他の経路を探した際に発見しやすい幹線道路であり、かつそれほど大回りにならないため選択した運転者がいたと考えられる。図 5 に琵琶湖大橋を経由した迂回経路を示す。

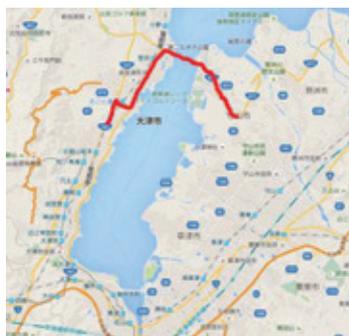


図 5. 琵琶湖大橋を経由した迂回経路

名神高速道路の迂回ルートを利用して移動する以外に、台風の接近する時間帯を避け、通常通り名神高速

道路を利用して移動するという車両が多かった。通常時の時間帯と同じ時間帯に移動を行う場合、台風の接近と重なる車両が移動時刻を前後にずらした車両が全体の 26.2%を占めた。さらに内訳を見てみると、台風 18 号の接近前に移動を行った車両が 17.5%であり、台風が通過し通行止めが解除された後の時間帯に移動を行った車両が 8.7%であった。もちろん台風の影響ではなく偶然台風の接近前後の時間帯に滋賀県を通過した場合も考えられるが、台風の通過後の車両数よりも接近前の時間帯の車両数が明らかに多くなっているため、台風接近前に移動を行おうとする運転者が多いということが言える。このことについても業務が目的である商用車が対象となっていることが原因の一つであり、予定通りの時間に目的地に到着することが重要であるためこのような結果になったと考えられる。車両それぞれの事情によりやむを得ず通行止めの発生時刻以降に対象地域に到着した場合は、台風の情報を把握さえしていれば移動の時間を調整できるため、運転者の意図的な選択により台風接近前の移動が多くなったといえる。また、移動を行わないという車両が 11.7%であった。先にも説明した通り、元々全データの中から通常時台風発生時共に移動が確認された車両を抽出しており、本研究での「移動を行わない」とは、滋賀県京都府間の境界部分を通行していない車両と定義している。つまり、例えば滋賀県内でのみ移動している車両や京都市内で短い距離の移動を行っている車両などがこれに含まれる。通常時では名神高速道路を利用して県外へ至るような移動を行っているため、台風の影響で移動を躊躇したと考えられるものが含まれる。しかし、迂回路の利用や台風接近時の時間を避けて移動を行う場合と比較して移動を行わないという選択は少ないということが分かった。

5. 交通状況の変化

(1) 渋滞発生個所の特定

次に台風が接近した際の豪雨の影響により道路交通状況がどのように変化するかを分析する。交通状況を評価するにあたって評価項目となるものは交通渋滞、事故件数など様々であるが、今回は移動速度を分析対象とし、通常時と比べて速度が大きく落ち込んでいる道路を特定する。図 6 は通常時と比較した台風発生時の旅行速度の増減を表した図である。台風の影響を強く受けた月曜日に限定し、道路ごとに 1 日の通過した車両すべての平均速度の変化を色で表した。図の右下に掲載しているように、各色の速度変化量を示した。例えば赤色と橙色の境目が -27km/h であるように、色の色の間上部に境目となる数値を示している。後に説明する、分析対象となった道路名についてもそれぞれ記載する。また、速度の増減の原因にかかわる車両数の増減についても図 7 に掲載する。同様に色のグラデーションを用いて車両数の増減を表しており、赤色が車両数の増加、青色が車両数の減少を表している。

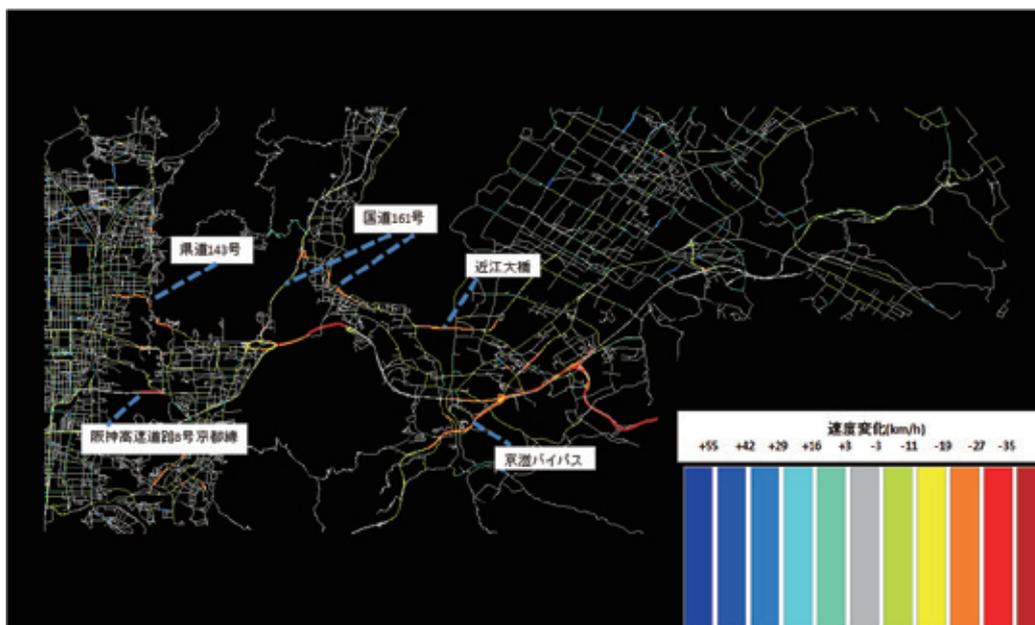


図 6. 通常時と比較した台風発生時の速度増減

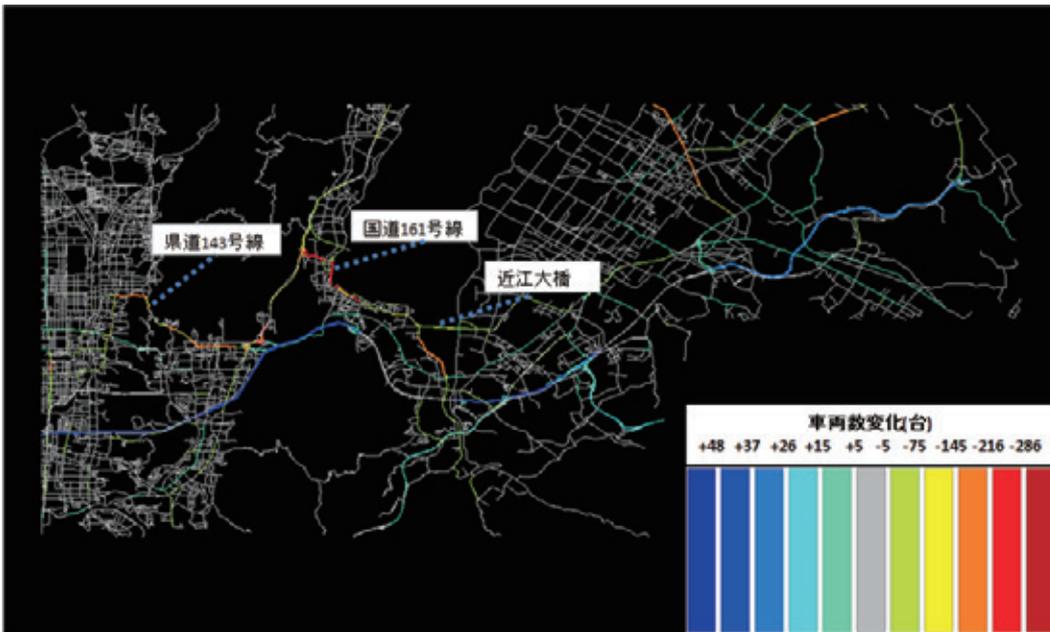


図 7. 通常時と比較した台風発生時の車両数増減

図 6 において、赤色となり最も著しく速度が落ち込んでいる部分は名神高速道路であり、30km/h 程度の速度の落ち込みが見られた。しかし名神高速道路の中でも色に違いが見られ、滋賀県の区間において特に大きな落ち込みが見られる。これは高速道路の制限速度の違いが原因として考えられ、草津 JCT から大津 SA の区間では制限速度が 100km/h、大津 SA から大阪府の吹田 JCT の区間は 80km/h となっている。つまり、台風の影響で速度が減少した際に、通常時に車両の平均速度が高い滋賀県の区間の方が京都府の区間よりも減少率が高くなったと考えられる。図 7 を見たところ車両数は一様に減少しており、車両数の増減による違いは原因としては考えられない。

他の各道路について速度の増減を分析したところ、阪神高速道路 8 号京都線、京滋バイパスが名神高速道路と同様に赤色となった。次に橙色になっている場所として、第 4 章でも取り上げた国道 161 号線、近江大橋有料道路(当時)、京都市の山科区と東山区を結ぶ府道 143 号線が挙げられる。これらについては平均して 23km/h 程度の速度低下が見られた。次の節にて各道路について、原因や共通点について分析を行う。

(2) 発生個所に見られる特徴

速度低下が著しい場所は名神高速道路、阪神高速道路 8 号京都線、京滋バイパスであった。名神高速道路は先にも述べた通り 16 日は 18 時以降通行止めが解除されたが、しばらくは速度規制がある状態であった。阪神高速道路 8 号京都線は、図 6 に赤色で示されている部分が道路の始点となっており、16 日 3 時 20 分から 17 日午前 3 時にかけて通行規制雨量超過による通行止めが発生している。京滋バイパスにおいても先述の通り通行止めが発生している。規制雨量を超過するほどの豪雨が発生した場合、通行止めの発生直前、通行止めの解除直後には雨量により速度規制が行われていることがほとんどであり、阪神高速道路、京滋バイパスにおいても速度規制が行われたと考えられる。これらの道路に共通している点として元々の設定速度が高いということが挙げられる。つまり、通常時には高い速度で走行していたのに対し台風発生時は速度規制の影響を受けたことが、速度が大きく落ち込んでいることの原因であると考えられる。国道 161 号線は第 4 章でも説明した通り名神高速道路の迂回路として利用されており、車両数の急激な増加が見られた。豪雨による視界不良に加え、交通量が多くなった影響を受け速度が低下したことが考えられる。近江大橋も国道 1 号線や名神高速道路といった幹線道路から少し距離がある地域にある車両が国道 161 号線へ向かい移動する場合に利用されることが考えられる。そのことにより交通量が増加し、国道 161 号線と同様に移動速度が低下したことが考えられる。府道 143 号線は山科区と東山区を結ぶ道路であり、国道 1 号線の代替ルートとなり、迂回距離も比較的短い。この区間において国道 1 号線の通行止めは発生していないが、台風の影響による国道 1 号線の渋滞を考えた運転者が迂回を選択したと考えられる。実際京都市街地と山科区を結ぶ迂回路としての経路に沿って車両数が増加しており、そのことにより交通量が増加して速度が低下したと考えられ

る。

移動速度の大きな低下が見られた道路は以上であり、結果として京都府滋賀県間、京都府内での幹線道路と、その迂回経路として利用優先順位の高い迂回路に著しい速度低下が見られた。幹線道路に関しては速度規制による影響を受けたものが多く、迂回路に関しては利用者が増え車両数が増加することが原因として考えられるものであった。

6. 結論

(1) 本研究のまとめ

本研究の目的は大きく分けて2つであった。まず一つ目は、台風のような豪雨災害により通行止めが発生した際に運転者はどのような行動をとるかである。通行止めを知った運転者は移動を行わない者よりも迂回路を利用する者が多く、利用される迂回路の特徴としては通行止めになった道路に設定速度、経路の面で近い道路であるということがわかった。また、迂回路を利用する者に次いで台風が接近する時間帯を避けて移動を行う者も多く、特に台風の通過後よりも台風の接近前に移動を行っておく者が多いことが分かった。二つ目の目的は豪雨災害が発生した際に通常時と比較して移動速度に大きな低下が見られる場所はどのような道路かを分析するというもので、速度制限の影響を大きく受ける幹線道路、市街地と市街地を結ぶ道路とその迂回路というものであった。また、幹線道路に関しては通行止めが解除されてある程度時間が経過すると交通が集中し、大きな速度の低下が見られるというものであった。

本論文を通してわかることとして、迂回路の重要性がある。普段利用される道路が通行止めになった際には迂回路を選択する者が多く、迂回路が多量の交通に対応し運転者にとっても快適な環境で十分に機能することは豪雨災害時の交通渋滞対策となる。

(2) 今後の課題

本研究ではプローブデータという運転者の自由な行動を記録した情報を利用して分析を行っているため、通常時と台風発生時の移動を比較する際に必ずしも全て同じ条件ではないという点がある。例えば目的地の違いや諸事情による移動する時間帯の違いなどがある。このことについては今後の課題とし、より詳しい情報を得るための工夫や修正の必要がある。本研究においては分析対象が商用車であるということを踏まえ高速道路を利用し県外へ移動するような者の多くは1週間においても同じように高速道路を利用するという考えのもとに研究を進め、大量のデータを用いて集計を行ったところ傾向の見られるものであった。より正確な判断を行うには必要に応じてデータの範囲・期間の拡大を行うことが重要となる。

豪雨災害時には適切な道路交通マネジメント方策を提案する必要があり、プローブデータを用いることで実測実験では捉えられないような細かい部分について分析を行うことができる。豪雨災害に限らず地震などの他の災害、あるいは社会の変化に伴う交通状況の変化といった幅広い分野でプローブデータの普及が見込まれ、様々な研究を進めることができる。

謝辞：本研究を進めるにあたり、貴重なプローブデータをいただいた株式会社富士通交通・道路データサービスや、台風18号の詳細についてお忙しい中ヒアリングさせていただいた大津市役所土木課の方々に深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 藤本聡：プローブデータについて 国総研レポート2011
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryu/2011report/2011nilim16.pdf> (2016年6月3日アクセス)
- 2) 宗広一徳：タクシープローブデータを活用した札幌都市圏における冬季渋滞特性の分析 土木計画学研究・講演集 Vol.31、2005年6月