

豪雨災害時の自動車帰宅行動分析と 交通シミュレーション

熊崎 遼¹・藤田 素弘²・Mohammad Hannan Mahmud KHAN³
・Wisinee WISSETJINDAWAT⁴

- ¹学生会員 名古屋工業大学大学院 博士前期課程学生（〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町）
E-mail: cko13532@stn.nitech.ac.jp
- ²正会員 名古屋工業大学大学院教授 工学研究科（〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町）
E-mail: fujita.motohiro@nitech.ac.jp
- ³学生会員 名古屋工業大学大学院 博士後期課程学生（〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町）
E-mail: cjl13501@stn.nitech.ac.jp
- ⁴正会員 名古屋工業大学大学院助教授 工学研究科（〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町）
E-mail: wisinee@nitech.ac.jp

本研究では、東海地方に甚大な被害をもたらした平成23年台風第15号による被害状況や、集中豪雨時の交通状況について整理し、自動車を利用する場合の所要時間モデルや帰宅交通手段選択モデルを構築した。また、道路交通状況を再現するものとして交通シミュレーションの開発を行った。その結果、災害時には通行止めによる交通混雑により、多治見や春日井方面へ帰宅する所要時間が普段の数倍かかること、降雨のピークに帰宅した人ほど所要時間は長く、遅くに帰宅した人ほど短くなることや普段鉄道を利用する人が当日自動車に変更して帰宅したことなどが分かった。またその混雑を緩和する策として、いくつかの分析を行った。

Key Words : typhoon , traffic congestion , stranded commuters , simulation , refuge

1. はじめに

近年、地球温暖化等の環境問題が懸念され、台風や集中豪雨による災害の被害が顕在化してきている。災害が発生する度に、鉄道や道路等の交通インフラが正常に利用できなくなり、都市部を中心に莫大な数の帰宅困難者が発生する。この帰宅困難者の抑制が減災を講じる上で重要な課題となっている。平成23年9月の台風第15号は東海地方に記録的豪雨をもたらした。これにより公共交通や高速道路だけでなく一般道路までもが全面交通麻痺状態となり、東海地方の広い範囲で大きな混乱となった。このように問題点が数多く残されており、災害時の交通の実態は未だ解明されていないといえる。

そこで、本研究では平成23年台風第15号の時の自動車交通について、アンケート調査によって帰宅行動を分析する。また道路交通の交通流を反映させた交通シミュレーションの開発を行う。そして災害時の交通渋滞の挙動を分析し、今後の対策に役立てるものとする。

2. 平成23年台風第15号による被害概要

(1) 平成23年台風第15号概要

台風は平成 23 年 9 月 13 日 21 時に日本の南で発生し、徐々に勢力を強めた。東海地方では、9 月 19 日夕方～21 日夕方にかけて、断続的に強い雨が降った。特に 9 月 20 日は、東海地方の広い範囲で大雨となった。東海地方で 1 時間降水量、総降水量が多かった地点を表-1 に示す。総降水量は多治見市で 496.0mm、八百津町で 401.5mm 等を記録した。なお、岡崎市では 9 月の最大 1 時間降水量を、多治見市や八百津町等、岐阜県内の 6 地点では最大日降水量を更新した。

表-1 各地点の降水量

	市町村	地点	最大1時間 降水量(mm)	日時分 (起時)	総降水量 (mm)
愛知県	名古屋市	名古屋	45.5	20日 15:56	274.0
	豊田市	阿蔵	53.5	21日 10:14	383.5
	豊根村	茶臼山	33.0	21日 14:49	367.0
	岡崎市	岡崎	78.0	20日 4:59	231.0
岐阜県	多治見市	多治見	76.0	20日 16:36	496.0
	八百津町	伽藍	54.5	20日 12:09	401.5
三重県	津市	津	36.0	21日 12:41	289.5
	大台町	宮川	52.0	21日 7:43	465.0

(2) 交通被害

東海地方では、大雨の影響により数多くの道路が通行止めとなった。ここで 9 月 20 日に通行止めになった高速道路を図-1 に示す。一方、国道及び県道は愛知県内で計 431 箇所、岐阜県内においては計 40 箇所、三重県内においては計 43 箇所の道路が損壊・冠水した。図-2 に 9 月 20 日に通行止めになった一般道を示す。この中には国道 19 号等の直轄国道も含まれており、広い範囲で大きな混乱となった。



図-1 高速道路通行止め区間



図-2 普通道路通行止め区間

本章では、先行研究で行われたアンケートデータを用いて、9月20日の自動車利用者の帰宅交通行動を分析する。9月20日の走行時間の普段との比と、走行距離の普段との比を図-3に、名古屋から多治見へ帰宅した人の出発時刻と所要時間の関係を図-4に示す。

まず図-3より、春日井や守山区の人は平均で3.7倍以上の所要時間がかかっていることがわかる。それは、庄内川に架かる橋梁の通行止めや冠水地点が非常に多く、迂回を強いられた人が多かったためと考えられる。また、多治見においても普段の約3.3倍と長くなっている。これは、国道19号等が通行止めとなり愛知県と多治見を結ぶ道路が国道248号のみとなり、激しい渋滞が発生したためと考えられる。一方、一宮や岐阜の人は平均で1.6倍の所要時間がかかったことがわかった。これらの地域においては道路の損壊や冠水等による通行止めが少なく、迂回を強いられることが少なかったと考えられる。

次に図-4からは、宿泊した場合を除き出発時刻が遅いほど所要時間は短くなっていることが分かる。これは、名古屋市の降雨のピークが15時台、多治見市の降雨のピークが13時台であったことから、早い時間から交通混雑となり、遅くに帰宅した時にはすでに緩和していたためと考えられる。

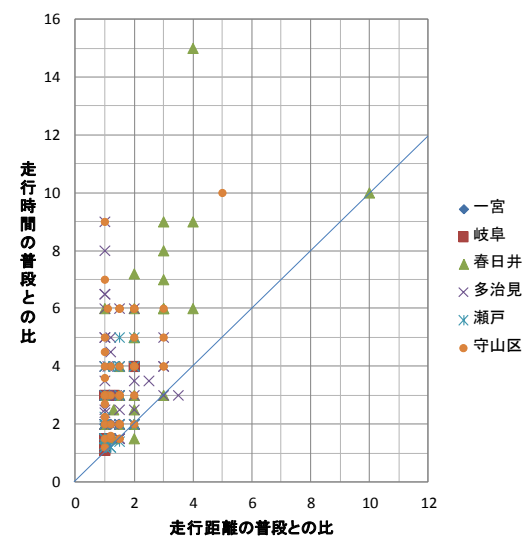


図-3 走行時間、走行距離の普段との比

4. 多変量解析を用いた帰宅行動の分析

本章では、前章で記したアンケートデータから名古屋市内を出発地とした自動車利用者のサンプルを対象とし、多変量解析を行い帰宅行動の傾向について分析を深める。

(1) 所要時間モデルの構築

本節では、目的変数を「災害時の総所要時間（分）」として重回帰分析を行い、所要時間モデルを構築する。

その結果を表-2に示す。ここで、規制情報入手ダミーに関しては、交通規制に関する情報を入手した場合を1、そうでない場合を0とする。名古屋外着ダミーに関しては、到着地が名古屋市内である場合を1、そうでない場

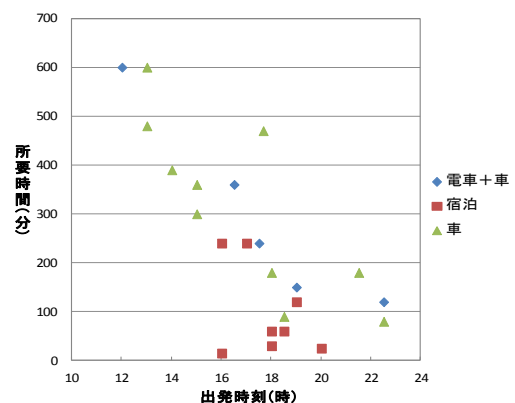


図-4 名古屋→多治見の帰宅状況

合を0とする。降雨量情報入手ダミーに関しては、降雨量に関する情報を入手した場合を1、そうでない場合を0とする。普段車以外ダミーに関しては、普段は自動車以外で帰宅しているが豪雨のため自動車を利用して帰宅した場合を1、そうでない場合を0とする。到着地ダミーの各ダミーは、到着地が該当する住所である場合を1、そうでない場合を0とする。出発時間帯ダミーに関しては、該当する時間帯に会社等の帰宅出発地を出発した場合を1、そうでない場合を0とする。

出発時間帯ダミーを見ると、13時発から15時発までは時間帯が遅くなるにつれパラメータの値は大きくなり、15時発からは時間帯が遅くなるにつれパラメータは小さくなっていくのが分かる。これは、3章でも述べたように降雨のピークが割と早い時間であったため、出発時間帯が遅いほど所要時間は短くなることが分かる。

(2) 帰宅交通手段選択モデルの構築

本節では数量化Ⅱ類を用いて、目的変数を「普段は自動車以外で帰宅しているが当日自動車に変更：1、普段から自動車で帰宅：2」として分析を行う。構築したモデルを表-3に示す。

これより相関比は0.74であり、相関はあるといえる。カテゴリ数量が負の場合は「普段は自動車以外で帰宅しているが当日自動車に変更：1」の傾向が、正の場合は「普段から自動車で帰宅：2」の傾向が強い。運休情報を見ると、得られた場合に普段は自動車以外で帰宅している人が多いことが分かる。これは、普段の方法では帰宅できないと判断し自動車を利用するためであると考えられる。またバスや自転車に比べ、鉄道を利用している人に、豪雨時には自動車を利用する潜在需要を確認できた。

5. 道路交通状況再現のための交通シミュレーション

本研究では、動的なマイクロ交通シミュレーションがベースであるAimsunを交通シミュレーションに使用する。車両一台一台の挙動再現をベースに交通環境を再現するマイクロ交通シミュレーションとイベントベースの動的な交通流シミュレーションであるメソ交通シミュレーションを統合したハイブリッドな交通シミュレーションを行う。マイクロ交通シミュレーションを開発することで、車両一台一台の挙動を見ることができ、豪雨災害時の交通状況を再現すれば、考えた対策をシミュレーションし分析できるため、帰宅困難者の抑制につながる。

本研究で扱うネットワーク図を図-5に示す。これは名古屋市中心とした中京都市圏のネットワークである。図-5の青線で囲まれた部分をマイクロシミュレーション、

表-2 所要時間モデル

説明変数		モデル1		モデル2		モデル3	
		パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値
切片		248.0445	0.79	15.81499	0.14	-83.4245	-1.39
規制情報入手ダミー		36.39674	2.45	34.05637	2.41	34.12952	2.51
名古屋外着ダミー		79.32911	3.07	74.09064	2.94	89.79234	5.84
降雨量情報入手ダミー		-6.51597	-0.44	-14.8991	-1.13	-11.8944	-0.95
普段車以外ダミー		-16.8347	-1.15	-13.154	-0.93	-11.5855	-0.84
到着地ダミー	春日井着ダミー	-55.7857	-1.98	-53.0096	-1.92	-73.7135	-4.55
	一宮着ダミー	-61.5246	-2.03	-58.5363	-1.95	-80.1295	-4.32
	岐阜着ダミー	-52.0873	-1.03	-59.8728	-1.23	-76.1258	-1.75
	多治見着ダミー	18.82627	0.75	23.09575	0.94		
	瀬戸着ダミー	-79.7089	-2.62	-73.2525	-2.46	-91.4564	-4.57
出発時間帯ダミー	13時発ダミー	27.17508	0.55				
	14時発ダミー	38.93349	0.84				
	15時発ダミー	88.56357	2.02				
	16時発ダミー	56.83484	1.27				
	17時発ダミー	47.20587	1.03				
	18時発ダミー	44.15495	0.97				
	19時発ダミー	13.63066	0.31				
	20時発ダミー	37.76921	0.83				
	21時発ダミー	20.80595	0.45				
	13-14時発ダミー			16.94193	0.79		
	15-16時発ダミー			48.70577	2.78	44.10378	3.78
17-18時発ダミー			29.72589	1.66	22.38289	1.79	
19-20時発ダミー			3.502391	0.18			
調整済みR2		0.396283		0.402546		0.417987	

表-3 帰宅行動選択モデル

アイテム	カテゴリ	カテゴリ数量	レンジ
普段の所要時間	30分未満	-0.3619	0.6375
	30分以上40分未満	0.2757	
	40分以上	0.0577	
直線距離	10km以下	0.0945	0.2559
	11km以上20km以下	0.031	
	21km以上	-0.1614	
運休情報入手	得ようとしなかった	0.0886	0.3263
	得られなかった	-0.0022	
	得られた	-0.2377	
豪雨情報入手	得ようとしなかった	0.1324	0.3278
	得られなかった	-0.1954	
	得られた	-0.0198	
普段鉄道を利用	鉄道	-1.1905	1.8375
	その他	0.647	
相関比		0.7448	



図-5 ネットワーク図

その他をメソシミュレーションと設定し、平常時のシミュレーションを行う。青線は、名古屋市、春日井市、多治見市、瀬戸市を結ぶように設定した。平成23年台風第15号の時にはこの地域において激しい交通渋滞が発生したため、その時の状況を再現する際に活用できるようにこの範囲をマイクロシミュレーションとした。また、時間

帯は14時から18時までの4時間とする。

(1) 平常時のシミュレーション結果

まず、平常時を再現する交通シミュレーションを行った。ミクロシミュレーションの範囲の各時間の交通状況を図-6に示す。丸一つ一つが車両一台であり、速度によって色が変わっている。各時間帯とも所々速度の遅い地点が見られる。特に下の方の部分は、交通量に対して交通容量が少ない道路が多いため、少し混雑しているように見える。また帰宅者が増えてくるため、18時では他の時間に比べ交通量が多く感じる。

(2) 豪雨災害時における対策の考案

豪雨災害時には通行止め区間をシミュレーションで適用することにより、平常時より道路はかなり渋滞するといえる。その交通混雑の対策としては、帰宅者をいくつかのグループに分け、そのグループごとに出発時刻をずらすと良いのではないかと考える。災害時には帰宅者が同じ時間帯に固まってしまい交通混雑となり、出発時刻が遅いほど所要時間は短くなることから、交通容量を超えないように帰宅時間を指定する。今後、豪雨災害時を再現した交通シミュレーションを開発することにより、このような対策に対する分析が可能となると考えられる。

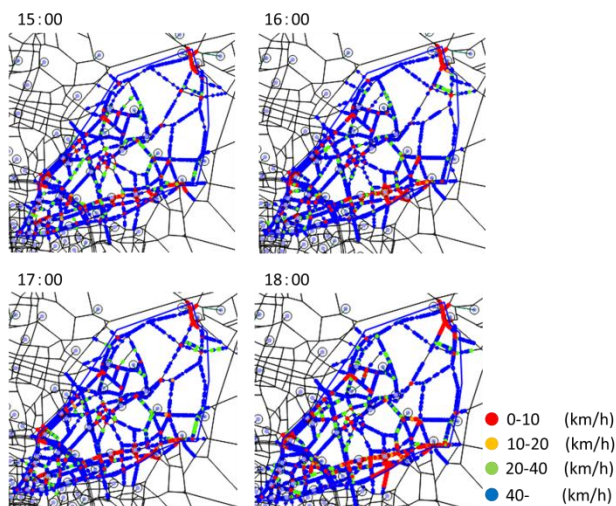


図-6 平常時の交通状況

6. まとめ

本研究では、平成23年台風第15号の時の自動車交通について、アンケート調査によって帰宅行動を分析した。また当時の交通流を反映させた交通シミュレーションの開発を行った。本研究により得られた知見を以下に示す。

- 1) 一宮や岐阜においては所要時間がやや長くなった程度であったが、春日井や守山区、多治見においては橋梁や道路の通行止めが相次ぎ、走行距離、走行時間ともに非常に長くなった。また、庄内川を跨いで通勤している人の走行距離、走行時間が長くなった。
- 2) 降雨のピークに帰宅した人ほど所要時間は長く、交通混雑が緩和されはじめ、その後遅くに帰宅した人ほど所要時間は短くなった。
- 3) 普段自動車以外で帰宅している人は、運休情報入手することで、普段の方法では帰宅できないと判断し自動車を利用する人が多くみられた。またバスや自転車に比べ、鉄道を利用している人に、豪雨時には自動車を利用する潜在需要を確認できた。

今後の課題としては、豪雨災害時を再現した交通シミュレーションを使用して、帰宅困難者を減らすための対策を分析していくことが挙げられる。

謝辞：本研究は科学研究費補助金・基盤研究C(25420540)の助成を受けたものである

参考文献

- 1) 気象庁HP, 気象統計情報,
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 2) 内閣府HP, 平成23年台風第15号による被害状況等について,
<http://www.bousai.go.jp/h230921taihu15/h230921taihu15.html>

(2015. 7.?受付)

ANALYSIS OF RETURNING HOME BEHAVIOUR BY CAR DURING A DOWNPOUR DISASTER AND CONSTRUCTION OF TRAFFIC SIMULATION

Ryo KUMAZAKI, Motohiro FUJITA, Mohammad Hannan Mahmud KHAN
and Wisinee WISSETJINDAWAT

In this study, the damaged situation by 2011 typhoon No. 15 and the traffic situation for returning home behavior while using the motor vehicle were analyzed. As a result, it was found that the returning time takes several folds than the usual and that become longer as the person who returned home early, shorter for those who returned home late. As measures to alleviate the congestion, I analyzed some.