

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 10 月 21 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420540

研究課題名(和文)名古屋都市圏の多時点帰宅困難実態に基づく災害時帰宅交通予測モデルの開発と対策評価

研究課題名(英文) Prediction and evaluation of return-home difficulty on the basis of several events of downpour disaster in Nagoya metropolitan area

研究代表者

藤田 素弘 (Fujita, Motohiro)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：90229013

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、過去の東海地区における集中豪雨時における帰宅困難状況を詳細な豪雨データもあわせて調査分析した。公共交通、自動車交通において、豪雨時間40ミリを越える最中や直後に慌てて出発した人ほど、入手した情報とは状況が変わったり、間違いが生じ易く、帰宅時間に10時間を要するような大変な帰宅を強いられたことを明らかにした。また広域なミクロ交通シミュレーションを構築して、正しい交通規制情報を出発前から入手していたとすると災害時の渋滞所要時間を大きく縮減できることがわかるなど対策を検討した。災害時に緊急物資搬送の困難状況も実道路網で適用できるシミュレーションを利用して目的地到達可能性を分析できた。

研究成果の概要(英文)：This study focused on several downpour disasters occurred in the Nagoya metropolitan area in central Japan which had seriously damaged the public and road transportation network in this area. This study firstly investigated the effect of the downpour disaster on public transport and the return-home behavior model and the travel time were developed. The result showed that commuters who didn't get the information tend to return home and had more degree of difficulty to return home.

This study also developed a micro traffic simulation for this network. From several analysis, it was found that the travel time of returning home could be reduced if all drivers had known proper traffic restriction information before departure although only half the drivers had known the correct information under the disaster. This study also have analyzed a logistics transport simulation model to distribute relief goods under a disaster and analyzed the reliability of required time in several conditions.

研究分野：交通工学・交通計画

キーワード：帰宅困難 東海地域 集中豪雨 シミュレーション 情報提供

1. 研究開始当初の背景

本研究室では名古屋都市圏で過去に起きた豪雨災害(2000年東海豪雨、2008年一宮豪雨、2011年15号台風豪雨)の時の公共交通や自動車利用者などの帰宅困難について継続して調査して、実態分析をおこなってきた。

対象とする名古屋都市圏における帰宅困難対策としては、地域独自のデータ取得と分析、シミュレーションの構築や対策案の検討が必要であるが、このような実データに基づいて精度確保をしながら、名古屋圏において想定される被災条件において、帰宅交通シミュレーション等が可能なモデルは作られてはいない。

2. 研究の目的

本研究では、これまで取り組んできた名古屋都市圏地域での帰宅困難実態分析結果に基づいて、信頼性の高い帰宅交通予測モデル及びシミュレーションモデルを各交通手段で開発する。そして今後の豪雨災害時での通行止め、運行休止等の条件に応じて、情報提供方法、帰宅自粛や交通誘導対策等の対策案を立案評価することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、まず過去数時点で生じた名古屋都市圏での豪雨災害時における帰宅困難状況のアンケート調査データを用いて帰宅行動分析を行う。特に2008年の一宮豪雨と2011年台風15号豪雨での調査では、交通情報の入手状況との関係が分析できる調査設計をしていることから、交通情報およびその正確性と帰宅困難度との関係について統計モデルを構築することで明らかにする。次に自動車交通については、2011年豪雨時のタクシープローブデータを同時に入手しているため、このデータをGIS上で動画として作

成することにより、リアルタイムな道路状況の再現を行う。これらの基礎分析を考慮しつつ、ミクロ交通シミュレーションを構築し、その精度をアンケート調査等で検証しながら精度を確保しつつ、有効な対策案の評価を行う。

4. 研究成果

(1) 2008年一宮豪雨での帰宅困難状況分析

ここでは愛知県一宮市を中心として東海地方を襲った2008年8月末豪雨のアンケート調査結果に基づき分析を試みた。分析結果から、当日はおよそ60%の通勤者が平常時とは異なる帰宅行動であったが、当日豪雨情報を取得した人の割合は26%にとどまった。

次に詳細な降雨データに基づき順序ロジットモデルを構築したが、降雨強度が時間50ミリ以上の場合において、通勤者は帰宅行動の判断を変更する傾向にあり、自宅等の降雨状況や運休情報等を把握した者ほど、帰宅行動を早める傾向にあることがわかった。しかしながら、これらの情報を得て帰宅を早めた結果帰宅困難度が下がるかどうかは十分検証できなかったため、より情報との関係性を明確にできるように調査方法を改める課題が残った。

(2) 鉄道復旧を伴う豪雨災害時の帰宅困難度と情報感性

2000年東海豪雨および2008年の一宮豪雨では豪雨が深夜まで降り続いたため、一端運休になった鉄道交通がその日のうちに復旧することはなかったが、2011年15号台風豪雨では19時くらいには雨が収束し21時くらいには一部鉄道が復旧した。また、前節の2008年豪雨では運休情報やその正確性等と帰宅困難度の関係が十分理解できなかったため、2011年台風豪雨では情報入手や正確さとの関係性が分析できるように調査内容を修正してデータを収集した。ここではこの

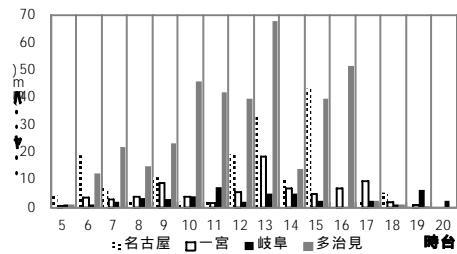


図-1 各地点の降水量

2011年15号台風豪雨の分析結果について述べる。

a) 2011年15号台風豪雨の帰宅困難状況

この豪雨において、特に9月20日は、名古屋市等、尾張東部から中濃・東濃にかけて大雨となった。名古屋市北東部では庄内川が一部氾濫した。主な地域の時間降水量推移図を図-1に示す。主な地域の最大降水量は名古屋市は15時台で43.5mm、多治見市は13時台で68.0mmである。

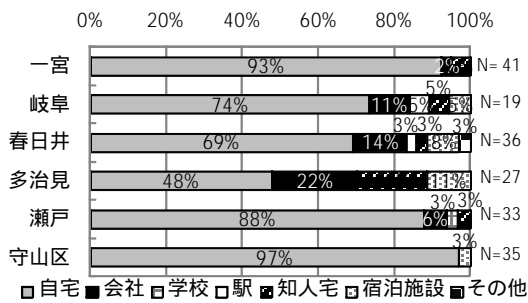


図-2 豪雨当日の自宅地域別の宿泊地

当日の帰宅者の宿泊地を自宅地域別に集計した結果を図-2に示す。これより、幹線鉄道のJR中央線が運休した多治見の人は約半数の人が帰宅を断念して自宅以外に宿泊した。同じ路線上で名古屋市に隣接する春日井でも約3割の人が帰宅を断念した。一方、高架のバス路線沿線や、主要鉄道が21時以降に復旧した他の地域ではほとんどの人が自宅に帰宅できた

特に帰宅困難度が高かった名古屋市から多治見市へ帰宅した人の出発時刻別の帰宅所要時間を図-3に示す。多治見市では、豪雨が生じて慌てて11時台に帰った人は最も所要時間が長く10時間かかっており、豪雨

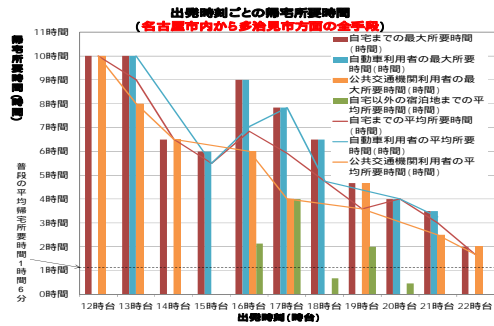


図-3 名古屋から多治見市への時間帯別帰宅時間

が収束した19時台では5時間程度にはなかった。しかし通常1時間程度の所要時間であるので、主要鉄道が運休した中で無理に帰宅すると大変な帰宅を強いられることがわかる。他の地域も同様であり、時間40ミリを超える豪雨中に帰宅すると、いつ鉄道が止まったり、道路も通行止めになってもおかしくないことを考えて、慎重に行動する必要がある。

b) 鉄道の運行運休および再開情報

帰宅者の鉄道情報の取得状況を集計した結果、運行情報、運休情報ともに60%前後の人が取得しているが、30%の人は向かった先の駅かその途中で情報を取得している。中でも帰宅を断念した人の方が、運休情報や再開情報の取得割合が10%程度高いという結果であった。次に取得した運行情報が正しかったか尋ねたところ、図-4に示すように、確認していないを除いて考えると、

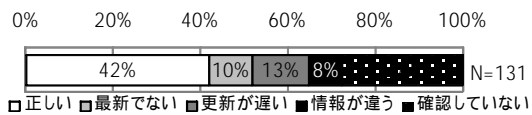


図-4 入手した運行情報の正確性

情報が正しかったとする人は約6割にとどまり、何らかの理由で正しくなかった(最新でない、更新が遅い、情報が違うなど)とする割合は約4割あることがわかった。

c) 帰宅行動選択と情報入手との関係

数量化2類で分析した結果、豪雨当日に帰宅するか、帰宅せずに会社等に留まるかの判

断要因は以下の通りとなった。

無理に帰宅しない傾向にある人：運休情報を早めにとって家族と連絡をとれた人、普段鉄道乗車時間で40分以上の人や移動距離で20km以上の遠距離の人、単身者

無理に帰宅する人：鉄道が早めに再開した地域、家族と連絡が取れなかった人、子供や高齢者が家にいる人、運休情報を得なかった人（情報を得ることなく駅まで行って駅で待たされるか、現地で他の手段を探してなんとか帰宅する傾向が高い）

また、鉄道再開情報は、21時頃の遅い時間帯だと駅がかなり混雑しているということを知って断念した人も多い。

c) 帰宅困難度と情報取得

豪雨当日鉄道を利用して名古屋市内から郊外に向かって帰宅した人を対象として、帰宅所要時間（帰宅困難度）を目的変数とした重回帰モデルを構築した。モデル1は情報変数が考慮されていない基本的なモデルである。モデル2は出発前に鉄道の運行情報を得た人で、かつ、その情報の正確さ（1-5）の値を変数としたが有意な変数となった。これより、出発前の運行情報を正確（5点）に得た人は不正確に得た人に比べて約50分程度の帰宅所要時間を縮減させる効果を得てい

表-1 公共交通の豪雨時帰宅所要時間モデル

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	134.3	11.4 ***	159.3	10.6 ***	100.7	5.9 ***
出12時台発ダミー	139.1	2.3 **	117.2	2.0 **	401.5	4.9 ***
発14時台発ダミー	118.0	3.9 ***	99.5	3.3 ***	193.5	5.1 ***
時15時台発ダミー	87.0	3.6 ***	86.2	3.6 ***	95.1	4.2 ***
刻16時台発ダミー	39.5	1.7 *	39.3	1.7 *	44.0	2.1 **
変20時台発ダミー	-91.7	-2.5 **	-104.1	-2.9 ***		
数22時台発ダミー	-88.6	-2.2 **	-70.5	-1.8 *		
一宮着ダミー					41.7	1.9 *
岐阜着ダミー					55.2	2.1 **
宿春日井着ダミー	85.9	3.7 ***	89.2	3.9 ***	110.3	4.3 ***
泊多治見着ダミー	128.3	3.9 ***	121.9	3.8 ***	97.8	2.6 **
地瀬戸着ダミー					37.2	1.7 *
変ホテル泊ダミー			-109.6	-1.9 *		
親戚知人宅泊ダミー	-53.2	-1.8 *	-56.6	-2.0 **		
駅泊ダミー	187.6	3.0 ***	182.8	3.0 ***	179.1	3.0 ***
徒歩30分以上ダミー	59.9	3.3 ***	54.0	3.0 ***	75.7	3.9 ***
情報変数						
運行情報事前入手×情報正確さ			-9.7	-2.5 **		
再開情報事前入手ダミー					-82.9	-2.9 **
サンプル	126		126		105	
R2	0.476		0.513		0.598	

ることがわかる。モデル3の再開情報事前取得ダミー変数より、再開情報を事前に取得すると約80分の帰宅所要時間の減少となり、大きく帰宅困難度を減らすことができるといえる。モデル3はモデル2よりも精度が高く、再開情報が取得できるまで会社等で待機することが、帰宅困難度を軽減させるのに役立つことが確認できたといえる。

以上より、豪雨直後に出発した人ほど長時間の所要時間がかかっており、当日の帰宅所要時間は出発時刻や宿泊地により大きく異なっていた。出発前に得た情報の正確さとの関係から、帰宅者にとっては出発前に正しい情報を得ること、交通管理者にとっては迅速に正しい情報を提供することが、帰宅困難度や帰宅困難者を減らすのに重要であることが分かった。一方で、いざ災害時になると、WEB情報は更新が遅かったり、帰宅出発時は、鉄道が運行していても駅まで着くと運行見合わせになっているなど、交通情報のタイムラグが存在し、これが大きいほど帰宅困難者が増えるといえる。

(3) 自動車の交通動画シミュレーション開発

本研究では、2011年台風豪雨の交通状況について、当日移動していたタクシーの走行状態を記録したプローブデータを入手して、これを使ってリアルな交通混雑状況を再現できた。図5は、豪雨当日に走行したタクシープローブデータを速度別に色と大きさを変えてプロットした図である。当日国道19号（内津峠付近）と名古屋多治見線では土砂崩れ等のため通行止めとなり、国道19号と庄内川との交差周辺でも洪水による通行規制等のため、名古屋都心から東北方向の春日井多治見に向かう主な幹線道路が通れなくなり激しい渋滞が生じている。このデータの見せ方（速度ごとの円の大きさや色や拡大率など）については実所要時間との検証を行いおおそ妥当であることがわかった。



図 - 5 夕夕-プロフによる渋滞状況（18 時台）

(4) 対策評価のための交通マイクロシミュレーション

前節の交通動画シミュレーションは、実データを一定の加工のもとそのまま動かすものであり、実現象をリアルに再現する上では有効である。しかし、データ数が少ない時間帯や地域の状況は再現できない上に、当時の通行規制状況以外の交通対策を行った場合の対策評価には利用できない。よって、本研究では、次節において、対策案を変化させて災害時の状況が再現できるマイクロ交通シミュレーションの開発を行った。

本研究では、交通シミュレーションには Aimsun を使用した。これにより、車両一台一台の挙動再現を行うマイクロ交通シミュレーションとイベントベースのメソ交通シミュレーションを統合した交通シミュレーションを行う。

本研究では、名古屋市を中心とした中京都市圏のネットワークを使用する。今回の災害において道路交通で大きな影響を受け、中山間地で通行止めとなった国道 19 号線と名古屋多治見線沿線の名古屋市、春日井市、多治見市、瀬戸市を含むエリアをマイクロシミュレーションで行いよりリアルに再現することとし、その他エリアをメソシミュレーションで行うこととした。また、時間帯は豪雨当日の 13 時から 18 時までの 5 時間とする。

本都市圏の広域なネットワークにおいて

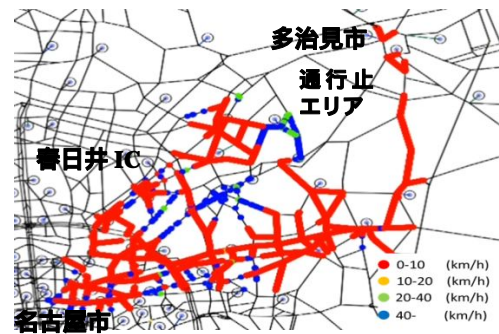


図-6 豪雨時状況の再現（名古屋多治見間）

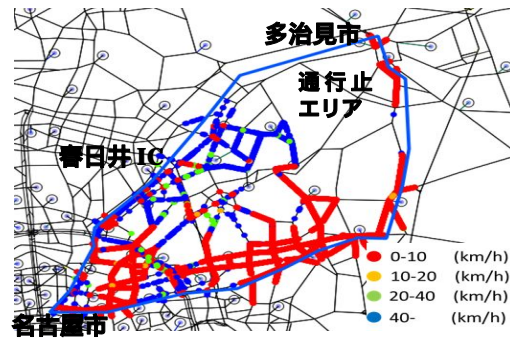


図 - 7 交通情報対策後の交通状況

交差点構造等の詳細データを入力して、交通シミュレーションを構築した。これを平常時に適用した場合、良好な精度で所要時間等を予測できることを確認した。次に災害時の道路通行止めデータを入力して再度シミュレーションを行った（図-6）。

いくつか試行しつつ、別途災害時の交通アンケート調査で得られている実所要時間と比較した結果、約 50% の人が交通規制情報を理解していなかったとした推計結果が最も実際を表現できることがわかり、道路通行止め情報が十分に認知されていない状況が明らかとなった。次にドライバー全員が規制情報を十分理解していたとすると、通行止め区間の事前回避により、通行止め周辺エリアの渋滞の軽減がすすみ、災害時の渋滞所要時間を半分程度に大きく縮減できることがわかり（図-7） 規制情報を正確にドライバーに伝えて誘導する対策は有用であることがわかった。しかし、豪雨が時間 40 mm 以上の中で出発すると、走行途中に洪水が生じたり、土砂崩れがおきて通行止めになったりと、事

態が時々刻々と変化する。よって帰宅出発時は交通規制情報を入手していても結果として途中で通行止めとなり、結果的に得た情報が正しい情報ではなくなったという意見が多く寄せられており、豪雨災害の場合は豪雨が収束して十分な交通規制情報を得て慎重に帰宅することが重要であることが判った。

さて、本研究ではAimsunによって公共交通シミュレーションも構築した。災害時の運行状況の再現を行い、平常時との乗車人数や経路変化を確認した。さらに人単位の動的モデリングを行うことで駅での混雑状況を可視化し分析したが、幾つかソフト的な課題が残ったため、これを解決して対策検討を進める。

(5) 救援物資輸送困難状況シミュレーション

災害時に緊急物資搬送を担う物流交通の輸送困難状況も実道路網で適用できるシミュレーションを利用して、各道路区間ごとの被災確率より目的地到達可能性を分析した。輸送困難自治体の分布、輸送コストとリソース面の稼働率の点から対策案を評価できた。またこれより愛知県内の各地方自治体へ迅速な緊急物資輸送を行うためには自治体と高速道路をつなぐアクセス道路の早期復旧が課題であることがわかった。

本研究で開発したこれらのシミュレーションは、今後も様々な災害時の状況の再現や交通対策検討に活用していく予定である。

5. 主な発表論文等

(〔雑誌論文〕(計 7件))

藤田素弘, 大橋雅也, 坂本淳: 東海地域台風豪雨時における公共交通の帰宅困難状況と情報入手・正確性との関係分析, 土木学会論文集D3・特集号, Vol.70, no.5, pp.175-84, 2015, 査読有

Wisetjindawat W., Ito H, Fujita M.: Integrating a Stochastic Failure of the Road Network and a Road Recovery Strategy into the Planning of Goods Distribution in the Aftermath of a

Large-Scale Earthquake, Transportation Research Record, Vol. 2532, pp. 56-63, 2015, 査読有

SAKAMOTO Jun, FUJITA Motohiro : Empirical Analysis on the Impact of Rain Intensity on Commuters' Departure Decision on Torrential Rain Day, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 11(0), 311-325, 2015, ISSN 1881-1124, 査読有

Mohammad Hannan Mahmud KHAN, Wisinee WISETJINDAWAT, Motohiro FUJITA, Koji SUZUKI, An Analysis of Probe Data on Traffic Congestion During the Typhoon Using GIS Application, Proceeding of the Eastern Asia Society of Transportation Studies, Vol. 9, 17 pages(CD-ROM), 2013. , 査読有

〔学会発表〕(計 7件)

熊崎遼, 藤田素弘 Wisetjindawat W.: 豪雨災害時の道路交通状況を再現した交通シミュレーションと対策施行, 土木学会中部支部研究発表会, -C1, 2016

Motohiro Fujita: Analysis of return-home behaviors and suitable information for public transport users during downpour disasters, Sustainable development, Vol.2, pp925-934, WIT Press, 2015

Jun SAKAMOTO: The impact of information on commuters' departure decision on torrential rain day, Technical Paper of 22nd ITS World Congress, 12 pages, 2015.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤田素弘 (MOTOHIRO Fujita)
名古屋工業大学大学院工学研究科・教授
研究者番号: 90229013

(2) 研究分担者

ウイセツジンダ・ウイスニー (Wisetjindawat Wisinee.)

名古屋工業大学大学院工学研究科・助教
研究者番号: 40534376

(3) 研究分担者

坂本淳 (JUN Sakamoto)
岐阜工業高等専門学校・その他部局等・講師
研究者番号: 90544299