

# 多時点データを用いた 豪雨災害時の帰宅行動に関する研究

高山 俊博<sup>1</sup>・藤田 素弘<sup>2</sup>

<sup>1</sup>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:28415053@stn.nitech.ac.jp

<sup>2</sup>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

本研究では、東海地域に大きな被害をもたらした平成20年8月末豪雨と平成23年台風第15号の二つの豪雨災害による被害状況を整理し、また、先行研究で行われたアンケート調査結果を利用して、待ち時間モデル、多時点帰宅行動選択モデル、多時点帰宅所要時間モデルを構築した。これらのモデルより、運転見合せなどにより駅で待つ状態になったとき、約8割の人が70分以内に見切りをつけて、他の帰宅経路や帰宅手段を考えることが分かった。また、豪雨のピーク時間帯の前後2、3時間は帰宅を控え、5時間程度経過して十分な情報を得た後、帰宅することが可能な場合に帰宅すると帰宅困難に遭う可能性が低いと言えるので、豪雨時はむやみに移動を開始しないことが重要であることを多時点データを併用して知見として得た。

**Key Words :** return-home behavior, heavy rainfall disaster, multiple, transportation

## 1. はじめに

わが国では、近年、雨の降り方が変化し、風水害の被害が頻発している。東海地域においても大きな被害をもたらした豪雨災害がここ数年でいくつか発生している。平成12年東海豪雨、平成20年8月末豪雨、平成23年台風第15号などが主として挙げられる。これらの豪雨が引き起こすことには河川の氾濫や道路の冠水といった直接的な被害もちろんあるが、本研究では特にそれらの被害によって引き起こされた二次的な被害、すなわち、公共交通機関の運休や道路の渋滞等により発生した帰宅困難に注目し、平成20年8月末豪雨と平成23年台風第15号の異なる時点における二つの事例のアンケートデータをもとに、待ち時間による帰宅行動の変化や帰宅所要時間、帰宅行動選択に影響を与える要因を分析することを目的とする。

## 2. 平成20年8月末豪雨と平成23年台風第15号による被害とアンケート調査の概要

平成20年8月末豪雨は平成20年8月28日から29日にかけて、平成23年台風第15号は平成23年9月20日

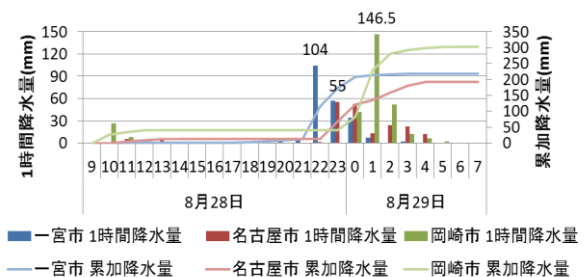


図-1 平成20年8月末豪雨時の降水量<sup>1)</sup>

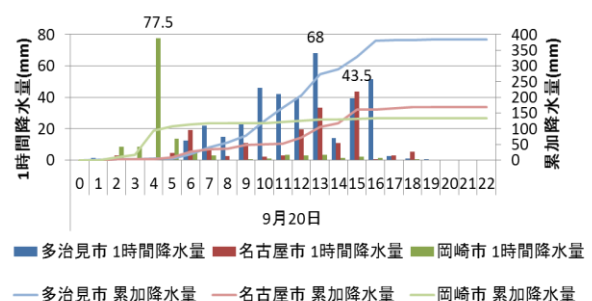


図-2 平成23年台風第15号時の降水量<sup>1)</sup>

にかけて東海地域に豪雨をもたらした。図-1、図-2にそれぞれ平成20年8月末豪雨時と平成23年台風第15号時の豪雨が観測された主な地点における降水量<sup>1)</sup>を示す。

表-1 平成20年8月末豪雨のアンケート調査概要<sup>2)</sup>

配布箇所	配布日	配布方法	配布部数	回収部数	回収率
一宮駅(駅構内・駅前広場)	平成20年12月16日~12月18日	直接配布	1860	503	27.0%
国府宮駅(駅前広場)	平成20年12月16日		240	49	20.4%
国府宮駅東側	平成20年12月26日	ポスティング	330	12	3.6%
総計			2430	564	23.2%

平成 20 年 8 月末豪雨は深夜帯に発生したため、多くの帰宅困難者を出すことは無かったが、一宮市、名古屋市、岡崎市で過去に例の無いほどの猛烈な雨を観測した。平成 23 年台風第 15 号による豪雨は昼間から夕方にかけて発生したため、帰宅ラッシュ時に鉄道が運休し、多数の帰宅困難者を出す事態となった。

表-2 平成23年台風第15号のアンケート調査概要<sup>3)</sup>

配布箇所	配布日	配布方法	配布部数	回収部数	回収率
一宮市	平成24年2月22日 ~2月25日	ポスティング	800	83	10.4%
岐阜市			800	83	10.4%
春日井市			800	109	13.6%
多治見市			1000	129	12.9%
瀬戸市			800	113	14.1%
名古屋市守山区			800	117	14.6%
総計			5000	634	12.7%

また、それぞれの豪雨災害後に行われたアンケート調査の概要<sup>2)</sup>を表-1、表-2に示す。アンケートでは、普段の帰宅行動詳細、豪雨時の帰宅行動詳細、個人属性等について調査した。

### 3. 待ち時間モデルの構築と分析

平成 23 年台風第 15 号のアンケートデータをもとに待ち時間モデルを構築した。ここでいう待ち時間は、豪雨時の帰宅途中で普段の帰宅経路や帰宅手段から変更した場合について、その変更直前の駅での待ち時間を指す。

図-3 にそのモデルを示す。

このモデルより、全体（守山・瀬戸方面、春日井・多治見方面、一宮・岐阜方面を合わせたデータ）に関して言えることは、運転見合せなどにより駅で待つ状態になったとき、約 8 割の人が 70 分以内に見切りをつけて、他の帰宅経路や帰宅手段を考えるとということである。一方、平成 23 年台風第 15 号時に特に豪雨の被害が大きかった春日井・多治見方面に関しては、全体に比べて 30 分ほど長く待つ傾向があることが分かった。これは、JR と平行して名古屋鉄道（以下、名鉄）が走っておらず、代わりの帰宅経路や帰宅手段の選択肢がほとんどなかったためだと考えられる。

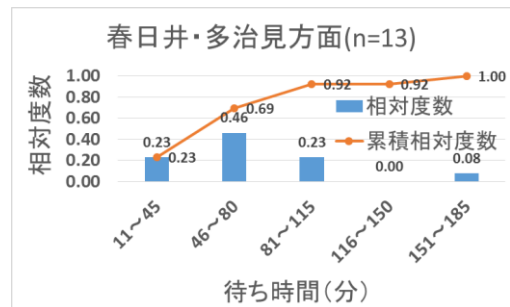
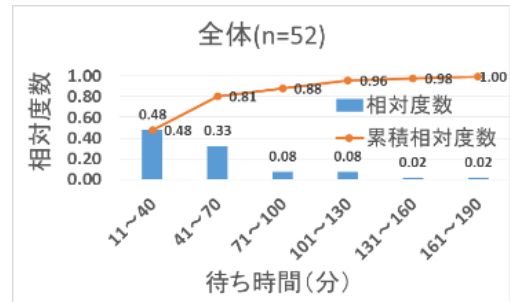


図-3 待ち時間モデル

### 4. 多時点帰宅行動選択モデルの構築と分析

平成 20 年 8 月末豪雨と平成 23 年台風第 15 号の二つの異なる時点におけるアンケートデータを統合して数量化 2 類によって多時点帰宅行動選択モデルを構築した。多時点としたことによって、出発地の連続降水量の違いを考慮したモデルとなっている。表-3 にそのモデルを示す。なお、対象は鉄道利用者かつ名古屋市内を出発地とする者とする。また、カテゴリ数量が負の場合は帰宅しようとする傾向が、正の場合は帰宅しようとする傾向が強いことを示す。

このモデルより、アイテム・カテゴリ別に帰宅しようとする傾向が強いものをまとめると、性別：女性、年齢：30 代・40 代の中年グループ、家族の有無：家族有り、普段鉄道乗車時間：20 分以内、運休情報出発前入手：入手しなかった、出発時出発地（帰宅地）連続降水

表-3 多時点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
性別	女性	-0.4674	0.6672
	男性	0.1997	
年齢	10代・20代	0.3487	0.505
	30代・40代	-0.1563	
	50代・60代以上	0.1303	
家族の有無	家族有り	-0.0998	1.1551
	家族無し	1.0553	
普段鉄道乗車時間	20分以内	-0.0772	0.2807
	21~40分	0.0135	
	41分以上	0.2034	
運休情報出発前入手	入手しなかった	-0.2136	0.6467
	入手した	0.4331	
出発時出発地連続降水量	200mm未満	-0.2510	0.7325
	200mm以上	0.4816	
出発時帰宅地連続降水量	200mm未満	-0.2924	1.0296
	200mm以上	0.7373	
サンプル		324	
相関比		0.1705	
判別的中率		81.5%	

量：200mm未満、となる。

まず、豪雨の種類によらない個人条件の側面から考察する。女性は会社等に宿泊することに抵抗を感じるため、帰宅傾向が強くなると考えられる。また、30代・40代の中年グループの中には家族を持つ人が多く、家族や自

宅の安全を確かめるために帰宅しようとするのだと考えられる。さらに、自宅から会社までの距離と関連が深い普段鉄道乗車時間については、乗車時間が短ければ短いほど、すなわち、会社と自宅の距離が近ければ近いほど帰宅傾向が強いというのは、多少無理をすれば自宅に帰れないこともないと考えたためだと推測される。

次に、豪雨の種類によって変わる条件の側面から考察する。運休情報を入手しなかった場合、帰宅しようとする傾向が強いのは、とりあえず駅まで向かう人が多いことを表す。また、連続降水量については、200mm が鉄道が運休する一つの目安ということもあり、200mm 以上ならば運休する可能性が高いため、帰宅しない方が良く判断する人が多いのだと考えられる。本研究では他の連続降水量や1時間降水量の考慮も試みたが、連続降水量 200mm の場合が最も寄与率が高かった。

### 5. 多時点帰宅所要時間モデルの構築と分析

平成20年8月末豪雨と平成23年台風第15号の二つの異なる時点におけるアンケートデータを統合して重回帰分析によって多時点帰宅所要時間モデルを構築した。多時点としたことによって、豪雨のピーク時間帯の違いを考慮したモデルとなっている。表-4にそのモデルを示す。なお、対象は鉄道利用者かつ名古屋市内を12時以降に出発し、東海地域内を到着地とする者とする。また、目的変数は「豪雨災害時の帰宅所要時間(分)」である。

まず、豪雨の種類によって変わる条件の側面から考察する。出発地において1時間降水量40mm以上のピークが帰宅ラッシュ(17時~20時)前にあると、帰宅所要時間

は長くなることが分かる。これは帰宅ラッシュ前に豪雨のピークがあると、帰宅ラッシュの時間帯にちょうど鉄道等の運休が発生するためだと考えられる。また、40mm以上ピーク時間帯から出発時刻までの時間差と帰宅所要時間の関係を見ていくと、出発地に関しては、ピーク時間帯の2時間前から1時間前に出発すると帰宅所要時間は長くなり、5時間後から7時間後に出発すると帰宅所要時間は短くなる。一方の帰宅地に関しては、ピーク時間帯の1時間前から3時間後に出発すると帰宅所要時間は長くなり、5時間後に出発すると帰宅所要時間は短くなる。したがって、豪雨のピーク時間帯の前後2、3時間は強い雨が降り続くので帰宅を控え、5時間程度経過して、豪雨が収束し公共交通機関が復旧したという情報を得た後、帰宅することが可能な場合に帰宅すると帰宅困難に遭う可能性が低いと言える。

次に、豪雨の種類によらない条件の側面から考察する。守山方面に帰宅する場合、渋滞の影響を受けない専用軌道区間を持つ名古屋ガイドウェイバスを利用できるので帰宅所要時間はそれほどかからないが、春日井方面に帰宅する場合、JRが運休してしまうと、帰宅するにはリニモと愛知環状鉄道を利用して大回りするしかないので帰宅所要時間が長くなる。さらに、豪雨時に駅で電車を待っていた結果、泊まる場所も無くなり、やむを得ず駅に泊まるということになると帰宅所要時間は非常に長くなる。一方、出発前に帰宅を断念する(会社やホテルに宿泊する)と帰宅所要時間は当然ながら大幅に短縮できる上に駅での混雑に拍車をかけずに済む。豪雨の影響が大きい区間に関して、徒歩での移動や車での移動は帰宅所要時間が長くなる上に、危険度も高いため、避けるべきだと考える。

表-4 多時点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		67.66	11.46	71.14	19.72	39.92	3.84
出発地40mm以上ピーク時間帯変数	帰宅ラッシュ前ダミー	57.84	5.03	62.02	8.25	74.60	9.76
出発時出発地 40mm以上ピーク時間帯 からの時間差変数	2時間前発ダミー	94.21	6.48				
	1時間前発ダミー	224.68	10.64	49.29	2.40	41.98	2.92
	5時間後発ダミー			-51.51	-2.75	-71.45	-3.91
	6時間後発ダミー			-59.46	-2.28	-56.12	-2.26
	7時間後発ダミー					-49.35	-2.73
出発時帰宅地 40mm以上ピーク時間帯 からの時間差変数	1時間前発ダミー			52.58	5.49	45.70	5.02
	ピーク中ダミー			46.99	2.71		
	1時間後発ダミー	155.88	4.42				
	2時間後発ダミー	107.32	2.35				
	3時間後発ダミー	177.89	3.92			102.76	4.17
帰宅地変数	守山ダミー	-166.84	-4.35			-63.43	-3.23
	春日井ダミー			45.93	3.26		
宿泊地変数	直線距離					0.002	2.93
	ホテル泊ダミー					63.91	4.43
	駅泊ダミー			343.75	22.78	358.32	22.59
交通手段変数	豪雨影響徒歩距離	0.018	2.31			0.012	2.62
	豪雨影響車乗車距離	0.008	2.25	0.005	2.09	0.007	3.18
出発前断念ダミー		-117.72	-6.49	-125.38	-10.59	-108.90	-7.40
データ数		251					
調整済みR <sup>2</sup>		0.492		0.802		0.821	

## 6. 多時点帰宅所要時間モデルの感度分析

多時点帰宅所要時間モデルについて感度分析を行う。ここでは、名古屋市を中心に10時ごろから降り始め、12時ごろに1時間降水量が40mmを超え、14時ごろに1時間降水量が100mmのピークに達し、16時ごろに1時間降水量が40mmを下回り、18時ごろに降り止むという豪雨を想定する。出発地は名古屋市中村区の名古屋駅とし、帰宅地は名古屋市守山区（最寄りバス停：名古屋ガイドウェイバス上島東停留所）、春日井市（最寄り駅：JR春日井駅）とする。出発時刻は一律に18時とし、この時点で名古屋市内のJRは運休しているが、名鉄、地下鉄、名古屋ガイドウェイバスは動いているものとする。また、出発地から帰宅地までの主交通手段は鉄道とし、帰宅地最寄駅から帰宅地（自宅）までの距離は1km、移動手段は徒歩に限定する。このときの出発地から各帰宅地までの帰宅所要時間を表-4のモデル3より求める。

名古屋駅から守山区までは、地下鉄と名古屋ガイドウェイバスを使う帰宅方法を想定する。通常であれば約50分の道のりである。しかし、豪雨時は90分という結果となった。豪雨時の帰宅所要時間は通常時の約2倍かかることが分かる。

名古屋駅からの帰宅方法としてはJRが主となる春日井市までの帰宅は、通常であれば約20分の道のりである。しかし、豪雨によってJRが運休してしまうと、そのまま名古屋駅に泊まらざるを得ず、帰宅所要時間としては473分という結果となる。豪雨時の帰宅所要時間は通常時の約24倍かかることが分かる。

以上の結果より、名古屋市を中心に豪雨が発生した場合、名古屋市内の移動でさえも時間がかかり、ましてやJRに移動手段がほぼ限られる春日井方面への帰宅は非常に苦勞することが分かる。よって、豪雨時は「むやみに移動を開始しない」ことが重要だと考える。

## 7. まとめ

本研究では、平成 20 年 8 月末豪雨と平成 23 年台風第 15 号のアンケート結果をもとに待ち時間モデル、多時点帰宅行動選択モデル、多時点帰宅所要時間モデルを構築し、分析した。その結果、得られた知見を以下に示す。

- (1) 運転見合せなどにより駅で待つ状態になったとき、約 8 割の人が 70 分以内に見切りをつけて、他の帰宅経路や帰宅手段を考える。
- (2) 連続降水量が 200mm 以上になると鉄道の運休が発生する可能性が高くなるため、帰宅しようとしなくなる人が多くなる。
- (3) 豪雨のピーク時間帯の前後 2、3 時間は帰宅を控え、5 時間程度経過して十分な情報を得た後、帰宅すると帰宅困難に遭う可能性が低いと言えるので、豪雨時はむやみに移動を開始しないことが重要である。

今後の課題としては、そのほかの事例に関するアンケート調査結果をもとに各モデルを再構築することで、一般性や精度の向上が期待できると考えられる。

謝辞：本研究は科学研究費補助金（課題番号25420540）の下で行われたものであることをここに記す。

### 参考文献

- 1) 気象庁 HP, 気象統計情報,  
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>.
- 2) 坂本淳, 藤田素弘, 手島亨: 集中豪雨時における情報提供と対応行動に関する実証分析 -平成 20 年 8 月末豪雨を事例として-, 土木計画学研究・講演集, 4 頁, 2011.
- 3) 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.

(?)

## RETURN-HOME BEHAVIOR ANALYSIS AT THE TIME OF THE HEAVY RAINFALL DISASTER USING DATA FROM MULTIPLE EVENTS

Toshihiro TAKAYAMA, Motohiro FUJITA

In this study, we arranged the damage situation by two heavy rainfall disasters of the typhoon 15th in 2011 and massive downpour in the end of August, 2008 which brought heavy damages in the Tokai area. Moreover, we built the waiting time model, returning home choice model and return-home travel time model using data from questionnaire survey for multiple occasions. From these models, we found that approximately 80% people give up waiting within 70 mins and think about other return routes and travel means while waiting at the station due to suspension of train services. In addition, we realized that it is important not to start movement unduly at the time of heavy rainfall because there is a chance for people to have a little trouble returning home if they avoid returning home for two or three hrs before and after the peak time of the heavy rainfall and start after around five hrs to return home.