

災害復旧の進展に伴う旅行者の交通行動の 変化に関する実証分析 - 平成27年9月関東・東北豪雨を事例として

坂本 淳¹・山岡 俊一²

¹正会員 高知大学講師 理工学部地球環境防災学科 (〒780-8520 高知県高知市曙町二丁目5-1)

E-mail: jsak@kochi-u.ac.jp

²正会員 呉工業高等専門学校准教授 環境都市工学科 (〒737-8506 広島県呉市阿賀南二丁目2-11)

E-mail: yamaoka@kure-nct.ac.jp

本研究は、平成27年9月関東・東北豪雨を事例とし、豪雨災害復旧の進展に伴う個人の交通行動の変化を明らかにするものである。当該豪雨により鬼怒川堤防が決壊し、流域の交通ネットワークが寸断されたが、迅速な災害復旧の進展に伴い、通行止め地点のほとんどは10日程度で解消された。さらにその後、道路管理者から交通渋滞情報等の具体的な情報が道路情報板を通じて提供され、混乱の解消が図られた。本研究は、この豪雨災害の直後と一定期間経過後において、交通ネットワークの寸断の影響を受けた人々の交通行動や交通情報取得状況の変化をアンケート調査結果からの把握を試みたものである。分析の結果、復旧の進展によって、より多くの者が迂回情報や通行止め情報を取得し、道路管理者の推奨する経路に就いて移動していたことがわかった。

Key Words : changes in travel behavior, travel information, network disruption and recovery

1. はじめに

自然災害などの非日常な事態の中では、人々は不透明な状況の中で交通行動の選択を迫られることになる¹⁾。このことから、非日常下における効率的・効果的な交通管理のあり方を検討するためには、その時の個人の交通行動を把握することが重要である²⁾。この非日常下における人々の交通行動を決定する要因として極めて重要な役割を担っているものが情報である。人々は異なる時間、媒体から取得した情報に基づき、交通行動を決定する傾向にある³⁾。また、情報の質は時間の経過とともに変化する。例えば、非日常な事態が発生した直後の情報よりも、そこからある程度時間が経過した段階の情報のほうが、一般的には正確で具体的である³⁾。

本研究では、平成27年9月関東・東北豪雨を事例とし、豪雨直後と一定期間経過後における人々の交通行動と対応状況の変化とその要因を分析する。茨城県常総市では、当該豪雨により鬼怒川の堤防が決壊し、豪雨直後は多くの地点で交通ネットワークの寸断が発生した。しかし、排水作業などの迅速な災害復旧により、ほとんどの交通

ネットワークの寸断は10日程度（一定期間経過後）で復旧し、通行止め地点の数は大幅に減少した。さらにその時期から、道路管理者による詳細な通行止め情報や迂回情報が道路情報板を通じて提供されるようになった⁴⁾。本研究では、その間人々がどのような情報を取得し、交通判断を行ったのかを明らかにする。

2. 本研究の位置づけ

集中豪雨などの自然災害は交通ネットワークの寸断を引き起こす。多くの人々はこのような場面に直面した場合、交通渋滞などの混乱を想定し、それを回避するための対応を行う¹⁾。Caimsら⁵⁾は震災や建設プロジェクトに伴い発生した交通容量の減少に関する70の事例に基づき人々の交通行動について分析した結果、最も多い対応行動は移動経路と時間の変更であったと述べている。地震による交通ネットワークの寸断後の通勤者の交通行動の変更について分析したGiulianoら¹⁾の研究も同様の結論を示している。

災害時の交通行動を決定する大きな要因が情報である。Baker⁶⁾はハリケーン発生時における進路予測と避難行動の関係性を分析しており、情報取得媒体ではなく情報の内容が避難行動に影響を及ぼすと述べている。Shanjiangら⁷⁾はミシシッピ川の崩落に伴う長期的な交通ネットワークの寸断を事例とし、当時交通行動を変更した者を対象としたアンケート調査を行っており、自分の経験に基づき変更したと回答した者が半数以上となっている一方で、ラジオ、テレビ、ウェブサイトと回答した者がそれぞれ約2割であったと述べている。このほかにも、情報提供媒体と交通行動について分析した例は多くみられる。

情報の重要性に関して分析したものとして、Zhangら²⁾は災害前、災害時、および災害後における人々の情報に対する重要度を分析しており、災害時において最も必要とされていると述べている。

情報と対応行動のモデリングに関する研究もまた非常に多くみられる⁸⁾。Lina, Kら⁹⁾はLRT建設に伴う交通ネットワークの寸断に関する個人の交通行動をモデリングしており、運転経験や出発前の情報などが交通行動の変更に大きな影響を及ぼしているとして述べている。

しかし、洪水に伴う交通ネットワークの寸断から復旧にかけての交通行動の変化の要因について分析したものは見られない。復旧対応期間において周辺に配慮した交通マネジメントを行うためには、その過程における個人の交通行動を把握することが重要と考える。本研究では、これを平成27年9月関東・東北豪雨の影響を受けた個人を対象として行ったアンケート調査結果に基づく交通行動データにより明らかにする。

3. 平成27年9月関東・東北豪雨の概要

平成27年9月関東・東北豪雨は、9月7日に発生した台風18号や前線の影響で、西日本から北日本にかけて広い範囲で大雨が発生したことに端を発する。9月9日から11日にかけて関東地方および東北地方で発生した豪雨が、「平成27年9月関東・東北豪雨」と命名された。

当該豪雨により、9月10日12時50分に常総市三坂町付近の鬼怒川堤防が決壊し、常総市の約1/3の面積相当の地域が浸水した。決壊当日からポンプ車による排水作業が開始され、宅地および公共施設の浸水が完了するまでに10日を要した。常総市は緊急通行車両の通行を確保することを目的として、災害対策基本法第76条の6第1項の規定に基づき、市内全域の市道を指定し、放置車両の移動を行った（9月24日に路線指定を廃止）。

この間、当該地域の交通ネットワークは多くの地点において寸断され、時間の経過とともに回復に向かった。

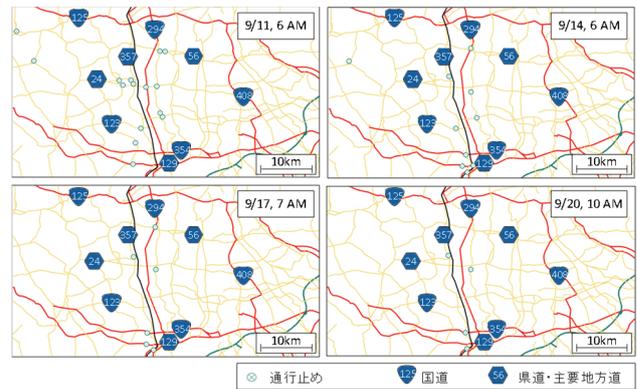


図-1 通行止め地点の時間変化

国土交通省から提供されている統合災害情報システム（DiMAPS）¹⁰⁾に基づき作成した通行止め地点の時間変化を図-1に示す。図より、9月11日は国道294号、354号、主要地方道24号、県道129号、357号等の幹線道路の多くの地点で通行止めが発生しており、さらに関東鉄道常総線が全線運転見合わせとなった。しかし、時間の経過に伴い徐々に通行止め地点は減少し、10日後の9月20日には4地点を残すのみとなった（なお常総線は10月10日に全線復旧している）。また、道路交通情報については、豪雨発生直後は十分ではなかったが、豪雨から1週間後の9月16日には、関東地方整備局により広域迂回の記者発表がなされるとともに、道路情報板に混雑情報が表示されるようになった。

4. アンケート調査の概要

平成27年9月関東・東北豪雨が人々の交通行動に及ぼした影響を把握するために行ったアンケート調査の概要を説明する。

調査対象者は堤防決壊地点の周辺に居住する住民であり、豪雨直後と一定期間経過後の2つの時点における交通行動について質問した。

アンケート調査票の質問手順を図-2に示す。図のように、「豪雨直後」、「豪雨から一定期間経過後」別に同様の質問を行った。

アンケート調査票の配布地域を図-3に示す。深刻な被害を受けた常総市のほかに、当該地域の交通ネットワークの寸断の影響があったと想定した周辺自治体（下妻市、筑西市、つくば市）も配布対象地域とした。

調査票は郵送配布・郵送回収方式にて配布・回収を行った。郵送配布のための住所は、ハローページの電話帳にて収録されている住所録を用いた。

調査票は2,000部配布し、388部回収された（回収率19.4%）。このうち、豪雨直後、一定期間経過後の交通行動でともに影響があったと答えた回答者は201部であ

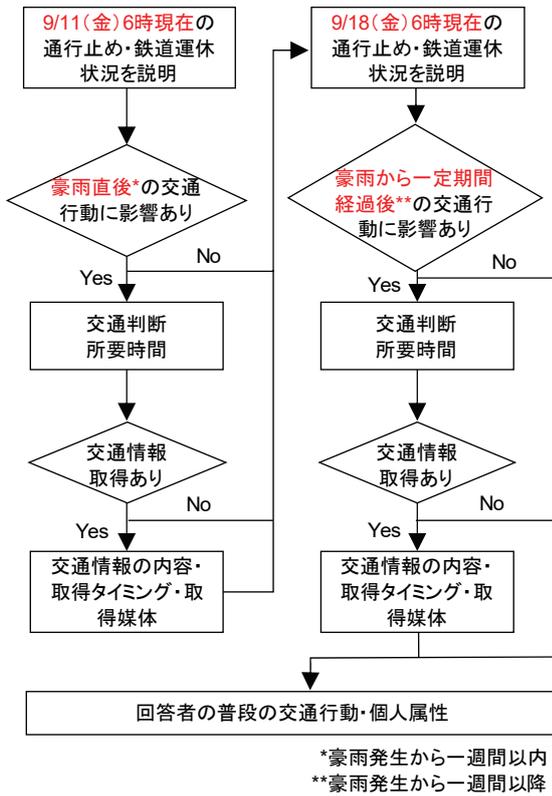


図-2 質問の手順

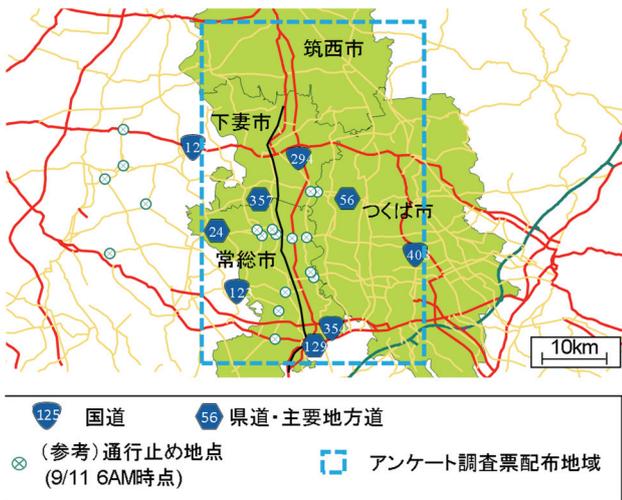


図-3 通行止め地点の時間変化

り、そこから回答漏れを除いた166部を本研究では分析に用いる。

分析対象とする166部の回答者属性を表-1に示す。ハローページを用いて世帯主宛に郵送したこと等の理由により、中・高齢の男性の回答者が多くなっている。しかし、回答者の81%は有職者であり、93%は少なくとも週に2、3回以上外出・移動する者であった。

5. 交通行動の変化分析

表-1 回答者属性

属性		割合(%)	属性		割合(%)
性別	男性	84	自動車の運転経験	1~4年	2
	女性	16		5~9年	1
年齢	20代未満	1		10年以上	98
	20代	5	移動目的	仕事	66
	30代	6		買い物	13
	40代	14		その他	21
	50代	22	交通手段 (多肢選択)	自動車	96
	60-64歳	20		二輪車	2
	65-74歳	27		鉄道	7
75歳以上	5	バス		1	
職業	自営業	25	交通頻度	ほぼ毎日	75
	会社員(フル)	38		週に2~3回	19
	会社員(パート)	19		週に1回	4
	学生・生徒	1		週に1回未満	2
	無職	13	移動時間帯	朝・夕方	65
	その他	5		朝・夕方以外	35

n=166

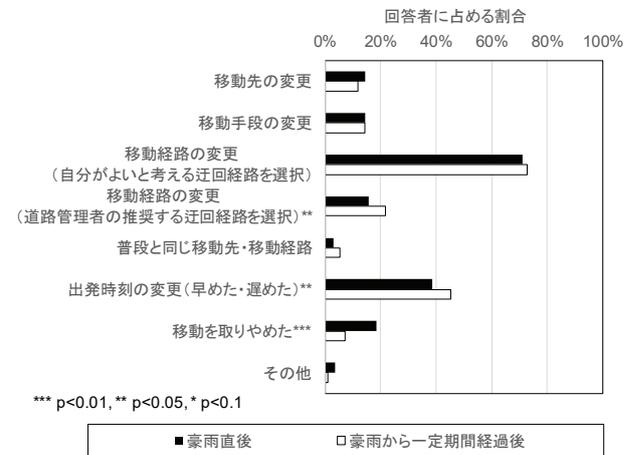


図-4 交通判断の変化

本研究で得られたデータは各回答者の豪雨直後とそれから一定期間経過後の2時点のものである。このため本章では、回答者の2時点の交通行動の変化を分析する。

(1) 交通判断選択

回答者の2時点における交通判断(多肢選択)の変化を図-4に示す。両時点で相対的に多く選択されているものは、「移動経路の変更(自分がよいと考える迂回経路を選択した)」、「出発時間を変更した(早めた・遅めた)」である。これより、多くの回答者は当時何とかして勤務先などの目的地にたどり着けるように試行錯誤しながら移動したことが推察される。またこれは、前述したCaimsら⁵⁾らの考察とも合致している。

次に2時点における交通判断の選択の差の有無について検定(片側検定)を行った。その結果、「移動経路の変更(道路管理者の推奨する迂回経路を選択した)」、「普段と同じ移動先・移動経路だった」、「出発時間を変更した(早めた・遅めた)」が有意に増加しており、

一方で「移動を取りやめた」が有意に減少していた。

以上より、災害の復旧に伴って普段の交通行動に戻り、また道路管理者からの情報を頼りに経路を選択する者が多くなっていることがわかる。

(2) 所要時間

回答者の2時点における所要時間に関するバブルチャートを図-5~7に示す。なおこの図のサンプル数は、どちらかの時点で「移動を取りやめた」と回答した者を削除した149サンプルである。普段、豪雨直後、豪雨から一定期間経過後の3パターンについて相互に順位和の差の検定を行った結果、いずれのパターンも有意な差がみられ、最も長い所要時間のものは「豪雨直後」で、次は「豪雨から一定期間経過後」であった。すなわち、豪雨直後における移動が最も深刻であったことがわかる。

図-8は豪雨直後、一定期間経過後の2時点における所要時間の想定状況について尋ねた結果である。 χ^2 独立性検定の結果、一定期間経過後のほうが5%有意で所要時間の予測ができたと回答している者が多くなっていた。すなわち、復旧の進展に伴い所要時間が想定できるようになったということである。

(3) 交通情報

図-9、図-10は交通情報の取得有無とそのタイミングについて尋ねたものである。これらについては、両時点で有意な差は見られなかった。すなわち、どちらの時点においても類似した情報取得行動をとったということである。

図-11は情報の取得媒体に関するものである。「道路情報板」と「その他の情報」がそれぞれ有意に増加・減少している。「その他の情報」には、回答者の自由記述から、同僚や知り合いからの連絡が多くみられたことから、正確な情報が少ない豪雨直後ではこういった情報が活用されていたことが読み取れる。一方で道路情報板が有意に増加した理由として想定されるものは、前述した、道路管理者からの情報提供が影響を与えていると推察される。

図-12は交通情報の内容である。通行止め情報と迂回情報が有意に増加している。通行止め地点が減少しているのにも関わらず道路情報板から情報を取得した者が有意に増加した理由としては、道路管理者がより具体的な情報を提供していることが推察される。図-9と合わせて考えると、豪雨直後も同じ割合の者がなんらかの情報を取得したが、混乱により通行止めや迂回情報は取得できなかったことが考えられる。

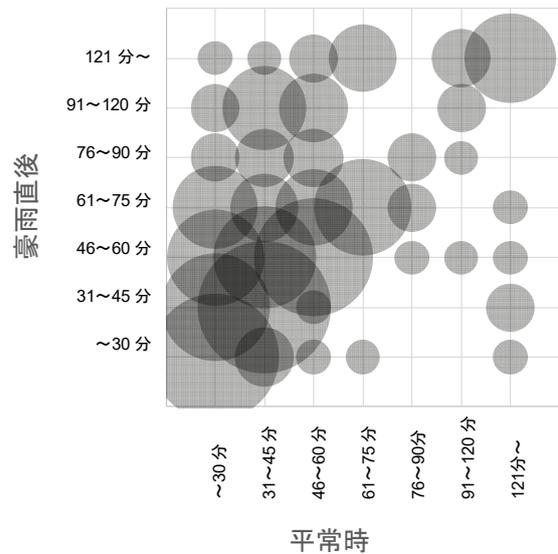


図-5 所要時間の比較(1)

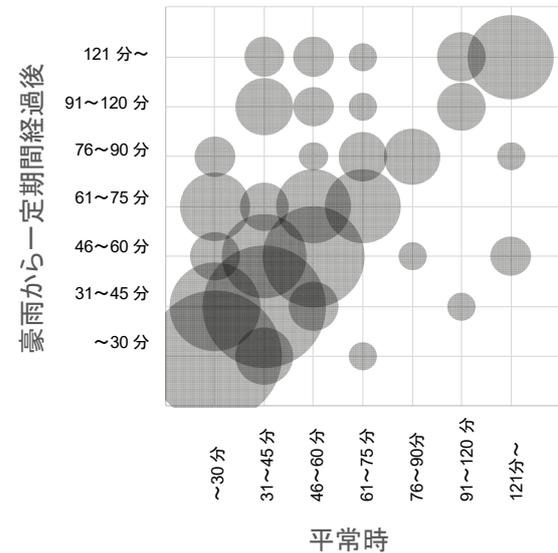


図-6 所要時間の比較(2)

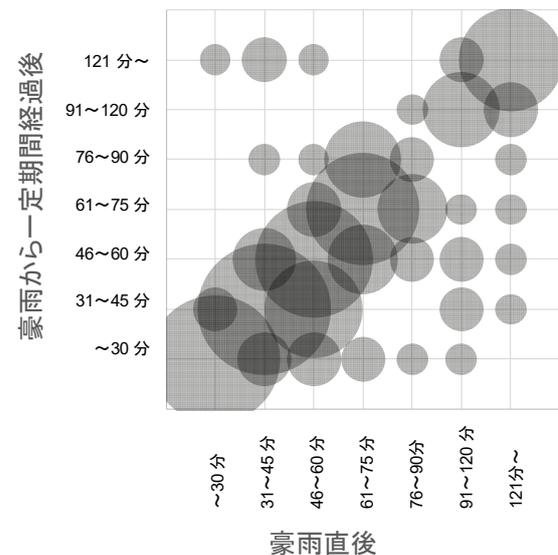


図-7 所要時間の比較(3)

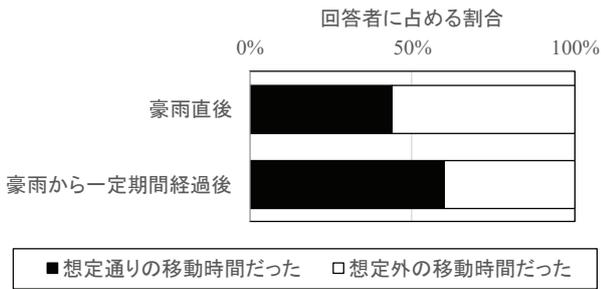


図8 所要時間の想定状況

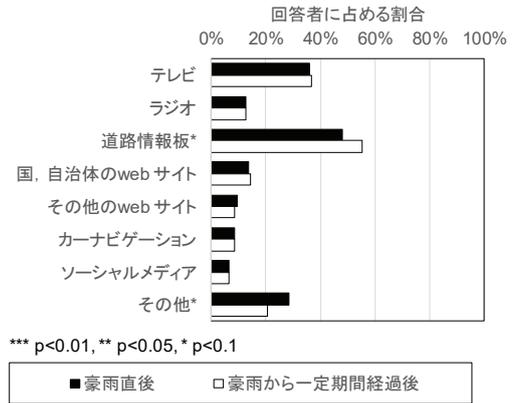


図11 交通情報の取得媒体

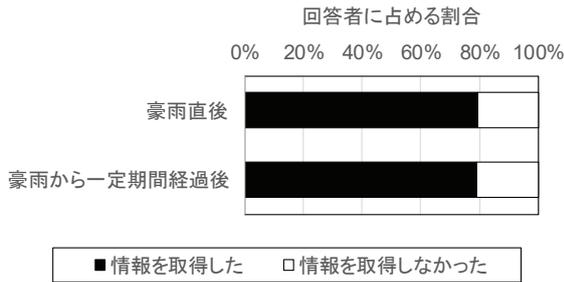


図9 交通情報の取得有無

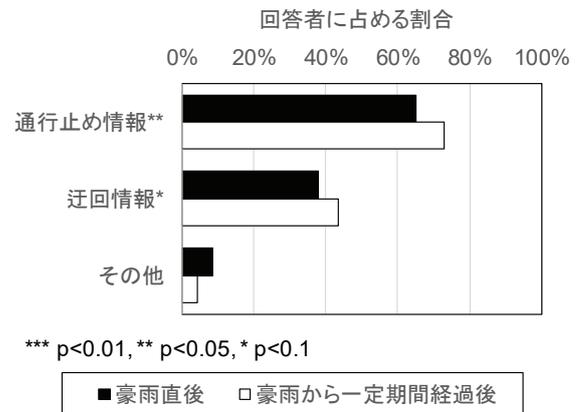


図12 交通情報の内容

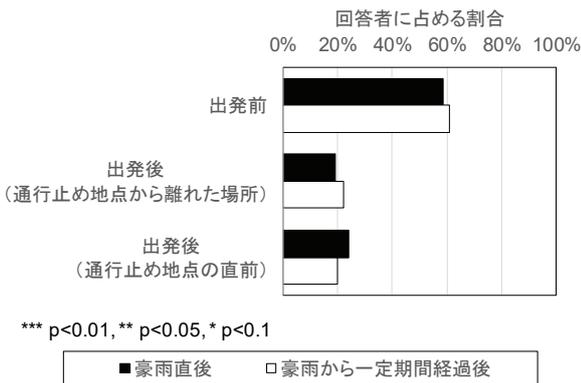


図10 交通情報の取得タイミング

6. 交通行動の変化モデル

個人の交通行動の豪雨直後からの変化の原因を総合的に検討するために情報取得変化モデルと交通判断変化モデルを推定する。ここで両モデルには、表-2に示す情報取得判断と交通判断を決定する二項選択型のロジットモデルを採用する。これらの判断を選定した理由は、いずれの項目も豪雨直後から有意に変化しており、かつ、前述したように、豪雨から1週間後に詳細な情報が提供されたことに対する効果を把握するためである。

それらの意思決定をする共通の説明要因として、「個人属性」、「普段の交通行動」、「豪雨直後の情報取得状況と交通判断」を設定する。また、交通判断変化モデルについては豪雨直後からの情報取得変化の影響が考え

られるため、これを説明要因として加える。

モデルの推定結果を表-3に示す。情報取得変化モデル(タイプ1)で有意となった変数から、普段の交通目的が通勤であり、交通手段が電車であり、移動時間が長く、豪雨直後に自宅から出発後に交通情報を得ており、交通情報取得媒体はTVであり、迂回情報は未取得であり、移動先や移動手段は変更せず、道路管理者の推薦する迂回経路に従って経路変更しており、移動を取りやめた者が、豪雨から長期経過後に、通行止めあるいは迂回情報を新たに取得する行動に変化する傾向にあることがわかる。ここから、豪雨直後でも普段通りの勤務先に同じ交通手段で移動経路を変更しながら通勤していた者ほど、新しい交通情報に敏感であることが考えられる。

情報取得変化モデル(タイプ2)で有意となった変数から、豪雨直後の情報取得媒体が道路情報板ではなくTVやwebサイトであり、通行止め情報が取得できなかった者が、豪雨から長期経過後に道路情報板を通じて交通情報を取得する行動に変化する傾向にあることがわかる。一般的にTVから得られる情報は具体的なことから、豪雨直後に具体性に欠ける情報を取得した者ほど、具体的な情報取得の取得に変更したことが推察される。

表-2 構築する変化モデルの種類と内容

		豪雨直後の回答	豪雨から一定期間経過後の回答
情報取得変化モデル	タイプ1(交通情報取得内容の変化)	「通行止め情報」, 「迂回情報」のどちらも取得しなかった	「通行止め情報」, 「迂回情報」のどちらか一つ, あるいはどちらも取得した
		「通行止め情報」, 「迂回情報」のどちらか一つを取得した	「通行止め情報」, 「迂回情報」のどちらも取得した
	タイプ2(交通情報取得媒体の変化)	右記以外	「道路情報板」を通じて交通情報を取得した
交通判断変化モデル	移動経路の変化	右記以外	「道路管理者の推薦する迂回経路」に従い移動経路を変更した

表-3 交通行動の変化モデル構築結果

説明変数	情報取得変化モデル				交通判断変化モデル (移動経路の変化)	
	タイプ1 (交通情報取得内容の変化)		タイプ2 (交通情報取得媒体の変化)		ハラムータ	t値
	ハラムータ	t値	ハラムータ	t値		
定数項	-3.213	-3.320**	2.990	0.960	-8.132	-3.620***
個人属性						
年齢(10代=0, 20代=1...)					0.646	2.150**
会社員(フルタイム)ダミー					0.408	0.580
運転経験(1年未満=0, 1-4年=1...)			-1.128	-1.460		
普段の交通行動						
交通目的: 通勤ダミー	1.543	2.160**	-0.051	-0.090	0.715	0.950
交通手段: 電車ダミー	2.859	1.860*				
移動時間(30分以下=1, 31-45分=2...)	0.367	1.830*				
豪雨直後の交通情報の取得タイミング						
出発後取得ダミー(通行止め地点から離れた場所)	1.808	1.810*				
出発後取得ダミー(通行止め地点の直前)	2.716	2.710***				
豪雨直後の交通情報の取得媒体ダミー						
TV	4.886	4.140***	2.569	4.140***	0.741	1.250
ラジオ	1.436	1.480				
道路情報板			-1.583	-2.470**	0.511	1.240
その他のwebサイト			1.300	1.650*		
ソーシャルメディア					2.746	2.370**
その他	2.754	3.080***				
豪雨直後の交通情報の取得内容ダミー						
通行止め情報			-1.880	-2.960***		
迂回情報	-6.018	-4.440***				
豪雨直後の交通判断ダミー						
移動先の変更	-2.481	-1.790*				
移動手段の変更	-3.310	-2.140**				
移動経路の変更(道路管理者の推薦する迂回経路を選択)	2.377	2.030**				
移動を取りやめた	1.919	2.510**				
豪雨直後からの交通行動変更ダミー						
通行止め: 迂回情報を取得する行動に変更					1.647	2.480**
初期尤度	-86.804		-75.327			-50.360
最終尤度	-40.701		-55.001			-41.679
尤度比	0.531		0.270			0.172
サンプル数	166		166			166

** p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

最後に交通判断変化モデルからは、熟年層ほど、豪雨直後にソーシャルメディアにより情報を取得していたほど、豪雨から一定期間経過後に通行止め・迂回情報を取得する行動に変更した者ほど、道路管理者の推薦する迂回経路に従い移動経路を変更する傾向にあることがわかる。ソーシャルメディアの内容までは調査できていないが、情報に敏感な者ほど新しい道路管理者からの誘導情報を取得していることが考えられる。

7. おわりに

本研究は、災害の復旧に伴う個人の交通行動の変化について、関東・東北豪雨により当時の交通行動に影響を受けた者のデータを用いて実証的に分析したものである。

2時点の交通行動の変化の分析から以下の知見を示した。

- 交通判断については、豪雨災害の復旧に伴って、移動を断念した者は減少し、一方で出発時刻を変更したり、交通情報を活用したりして普段と同じ目的地へ移動する者が増加していることを確認した。
- 所要時間については、豪雨直後は長い時間かけて移動している傾向にあったが、災害復旧の進展に伴い平常時の所要時間に戻っていることがわかった。
- 交通情報については、災害復旧の進展下において交通情報を取得する者の割合に変化はない一方で、迂回や通行止め情報を道路情報板から取得する者は増加していることがわかった。
- 交通行動の変化モデルから、通勤者や豪雨直後に具体的な交通情報を取得できなかった者が、豪雨から一定期間経過後に道路情報板等を通じて新たに情報を取得している傾向にあることがわかった。

以上より、災害復旧の進展に伴う通行止め地点の減少により普段通りに移動する者が増加しただけでなく、道路管理者等から提供される迂回情報や通行止め情報が活用されていることが示唆された。これより、復旧過程における交通混雑などをより解消するためには、道路情報板に限らず、多様な媒体を通じて迂回・通行止め情報を提供し適切な経路変更を促すことが求められる。

参考文献

- Giuliano, G., Golob, J.: Impacts of the Northridge earthquake on transit and highway use, Journal of Transportation and Statistics, Vol.1 (2), pp.1-20, 1998.
- Zheng, Z., Lee, J. B., Saifuzzaman, M., & Sun, J.: Exploring association between perceived importance of travel/traffic information and travel behaviour in natural disasters- a case study of the 2011 Brisbane floods, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 51, pp.243-259. 2015.
- The Assessment Capacities Project: Review of Information Needs after Natural Disaster - Key Findings, ACAPS - The Assessment Capacities Project, pp.1-9, 2011.
- 国土交通省 関東地方整備局: 第1回 鬼怒川堤防調査委員会資料, 2015, http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000632889.pdf
- Cairns, S., Atkins, S., Goodwin, P.: Disappearing traffic?

- The story so far, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Municipal Engineer 151(1), pp.13–22, 2002.
- 6) Baker, E. J. Predicting response to hurricane warnings- a reanalysis of data from four studies, Mass Emergencies vol.4 (1), pp.9–24, 1979.
 - 7) Shanjiang, Z., David, L., Henry, X. L., Kathleen, H.: The traffic and behavioral effects of the I-35W Mississippi River bridge collapse, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 44(10), pp.771–784,2010.
 - 8) Murray-Tuite, P., Wolshon, B., 2013: Evacuation transportation modeling: an overview of research, development, and practice. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. vol.27, pp.25–45, 2013.
 - 9) Lina, K., Alexandre G. de Barros a,1, Hina S.: Travel behavior changes and responses to advanced traveler information in prolonged and large-scale network disruptions: A case study of west LRT line construction in the city of Calgary, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Vol.21, pp.90–102, 2013.
 - 10) 国土交通省：統合災害情報システム (DiMAPS) , <http://www.mlit.go.jp/saigai/dimaps/>
- (2017. 4. 28受付)

Empirical Analysis of Changes in Travelers' Behavior with the Progress of Disaster Recovery: A Case Study of the Kanto-Tohoku Heavy Rainfall Disaster in September 2015

Jun SAKAMOTO and Shunichi YAMAOKA