

SP調査による豪雨情報提供時の 経路選択行動に関する基礎的分析

森井 健介¹・宇野 伸宏²・中村 俊之³・織田 利彦⁴・倉内 文孝⁵・清水 明彦⁶

¹学生会員 京都大学大学院 工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C 1-2-438)

E-mail: morii@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

²正会員 京都大学経営管理大学院

E-mail: uno@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

³正会員 京都大学大学院 工学研究科

E-mail: nakamura@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

⁴正会員 一般財団法人道路交通情報通信システムセンター (〒104-0031 東京都中央区京橋2-5-7)

E-mail: oda@vics.or.jp

⁵正会員 岐阜大学 工学部

E-mail: kurauchi@gifu-u.ac.jp

⁶学生会員 京都大学大学院 工学研究科

E-mail: shimizu@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

本研究は、豪雨発生の際のドライバーの安全性を向上させることを目的として、次世代 VICS サービスとして今後導入が期待される豪雨情報提供に着目し、Web アンケート調査により豪雨情報を提供することがドライバーの経路選択にいかなる影響を及ぼすかについて分析する。この調査を通じて得られた経路選択データを用いて多項ロジット型の経路選択モデルを推定し、統計的検証を行った。分析結果から豪雨範囲情報（豪雨が発生している範囲を明示した情報）を提供することで、ドライバーに危険箇所を回避するような経路選択を促す影響を与えること、豪雨範囲情報に加えて冠水注意情報や安全に資する経路誘導を表示することでさらにその影響が強くなることが示唆された。本研究の成果は今後の豪雨情報提供を行う際の有益な知見となると考えられる

Key Words : route choice behavior, information on Heavy Rainfall, SP Survey

1. はじめに

情報化社会の進展に伴い、ドライバーは車内に居ながらも、カーナビやラジオ等から、渋滞情報・所要時間情報・交通規制情報などの様々な情報を得ることが可能となってきた。実際にこうした情報は、既にドライバーに日常的に提供され、走行経路上の道路・交通状況を事前に把握することが可能であり、日々の運転環境の向上に貢献している。

一方でドライバーの運転環境を脅かすものとして、突発的な事象、特に地震・集中豪雨をはじめとする大規模な自然災害が考えられる。こうした自然災害が走行中に発生した際、ドライバーは正確な避難経路をほとんど把握できていないのが現状である。特に近年頻発している局地的な集中豪雨が発生した際には、視界が悪い中での走行や冠水地点など危険地帯の把握が困難であり、ドライバーが意図せず危険箇所を通り被災のリスクに晒され

る恐れもある。VICS 搭載のナビゲーションシステム等を通して、ドライバーの生命に直結する自然災害に関する情報提供を行うことが可能となれば、事前に危険を回避する行動を促す可能性が高まるのではないだろうか。

集中豪雨の観測に着目すると、国土交通省¹⁾が 2010 年より X バンド MP レーダの試験運用を開始し、これまで 5 分単位で 1000m メッシュ程度の解像度だったものが 1 分毎で 250m メッシュ単位での気象観測が実施可能となり、時空間的に降雨の観測・予測精度が向上してきている。さらに将来的に、リアルタイムでの降雨情報の気象観測も可能となることとされている。そうした中で現在、運転中のドライバーに実際に発生している豪雨情報が提供されるサービス（例：ホンダ技研株式会社インターナビ²⁾）も展開されている。

しかしながら、集中豪雨に関する情報が提供された場合に、本当にドライバーは当該情報を参照し、また結果的に冠水経路の利用回避を促すことに貢献できているか

という点については、これまで検証されていない。とりわけ、通常の渋滞情報に加えて、豪雨に関わる情報を提供することでドライバーにとって、情報過多となっている可能性すらも存在する。

このような背景を踏まえて、本研究では豪雨発生時の情報提供に着目し、豪雨情報の提供がドライバーのより安全な経路の選択に資するか、また、その意志決定にはカーナビゲーションシステムが提示する経路誘導、日常的な運転経験や個人属性がどの程度影響を与えるのかを明らかにすることを目的とする。本研究では、豪雨情報の影響範囲、カーナビゲーションによる経路誘導の有無等を体系的に設定し、ドライバーの経路選択に対する影響を分析するため、経路選択に関する SP(stated preference) 調査をコアとした Web アンケート調査を実施し、データの収集及び分析を行う。

2. 既往の研究

本研究で対象とするような豪雨発生時の交通状態や経路選択行動に関する既存研究として、藤田ら³⁾は、2000年9月11日に発生した東海集中豪雨における交通麻痺状況下での人々の帰宅交通行動についてアンケート調査を行い、その結果を分析している。走行経路途中、自動車の故障等で走行を断念せざるを得なかった車両が9%であり、これに出発地に戻るなど、目的地を変更せざるを得なかったものを加えると、当初の目的地に到着できなかった車両は全体の約14%に上ることを示しているさらに、藤田ら⁴⁾は、同様の東海集中豪雨時に関して、広域的な道路交通状況や集中豪雨当日の交通行動意識と今後期待する交通対策についてアンケート調査を用いて分析を行った。豪雨時の自動車走行に対して、危険を意識した人、苦痛を強いられた人、及び、途方にくれた人はあわせて74%に上った。また、約70%の人は予定通りの走行ができず、約10%の人は車の水没や、経路途中で車を置いて徒歩で帰宅するなどの被害に遭遇しており、交通状況を推測する上で重要な「通行止め情報」や「天気・降水量予報」が豪雨時に期待される情報提供内容としては最も重要視されていることを示した。

災害という広義に捉えれば、朝倉ら⁵⁾は、災害によって通行規制されたネットワークにおけるドライバーの交通行動選択についてのアンケート調査を実施し分析を行っている。通行規制に遭遇しても85%のドライバーはトリップを中止することはなく、そのほとんどが迂回ルートを利用することや、経路変更の際に約70%のドライバーがリスクの高いルートへの変更を余儀なくされていることを示している。

上述の通り、豪雨発生時の経路選択行動に関する研究

が実施されている中で、こうした実証的な研究で得られた知見は、情報提供下における経路選択原理の基礎的な理解と、現実的な経路選択モデルの開発に役立てることができると考えられる。本研究で実施する経路選択に関する SP 調査では、実道路ネットワークを対象とし、そのネットワークの走行経験を有するドライバーを調査対象者としている点、後述する次世代 VICS サービスを想定した豪雨情報に着目している点で、新たな知見が得られるものと考えている。

3. アンケート調査の設計

(1) アンケート調査の概要

本研究では、豪雨情報の提供がドライバーのより安全な経路選択を促すことに資するか否かを明らかにするとともに、ドライバーの提供情報への依存度についても分析することをめざしている。そこで、表-1に示す様な項目から成る Web アンケート調査を設計し実施した。経路選択 SP 調査をコアの質問項目としつつ、各種道路交通情報の利用状況や評価、情報提供に対する要望、および、個人属性に関する調査項目を含むものとした。

(2) 経路選択 SP 調査の概要

VICS センターでは、FM 多重放送の拡充を受けて情報提供の改善を図る次世代 VICS サービスの実用化研究に取り組んできた。次世代 VICS サービスの実用化研究には、昨今の日本国内における暴風雨やそれに伴う甚大な被害を考慮して、局地的豪雨発生時にドライバーへ危険回避情報を提供するものも含まれている。

情報提供によって、ドライバーの経路選択行動にどのような影響を及ぼすのかについて検証・分析するために、本研究では、経路選択に関する選好意識データ (SP(Stated-preference)データ)収集のための Web 形式のアンケート調査を設計し、実施した。SP データを収集し、行動分析を行う SP 調査は、ドライバーの選択可能経路の集合、代替案の属性、交通状態、提供情報のレベル等、被験者が置かれた状況を制御することが可能であり、分析の目的に適したデータの確保が比較的容易である。本研究では、Web 上でのアンケート調査として、仮想状況下での利用経路に関する選好意識を問う調査を設計し、実施した。この調査形式の利点として、被験者の代替案に対する選好を繰り返し問うことが可能であり、被験者に提供した情報や、情報への信頼・依存と交通行動の間の相互作用の把握にも適用可能である点が挙げられる。加えて、被験者のネットワークに対する先験的知識についてもアンケートにより概ね把握可能である。そこで、選択肢に対する被験者の走行経験などに基づく主観的評価も、経路選択における説明要因として考慮可能である

等のメリットがある。

本研究では、実際に京都市内を走行した経験を有する被験者を対象として、アンケート調査を行う。調査項目として、豪雨時の京都市内の道路（経路選択で走行し得る6つの通り）の冠水可能性に関する認識および走行経験、走りやすさ等に関する主観的評価を問う項目を設定している。

(3) Web アンケート調査の構成

SP 調査をコアとして設計した Web アンケート調査で

は、SP 調査以外に表-1 に示すとおり、降雨時の運転経験、京都市内対象道路の冠水可能性に関する認識、京都市内対象道路に関する主観的評価、各種道路交通情報の利用状況や評価、情報提供に対する要望、および、個人属性等を含むアンケート調査として構成した。各項目の調査内容の概略は、表-1 を参照いただきたい。表-1 内に掲載しきれない調査内容に対する質問項目については表-2、表-3 として整理した。なお、被験者への質問数は全部で 35 であった。

表-1 Web アンケートの調査内容、設問項目および回答方法・選択肢

調査内容	質問項目	回答方法・選択肢
降雨時の運転経験	・ 降雨時の運転経験・危険な経験の有無	「運転した経験はない」「運転した経験はあるが、危険な経験はしていない」「運転した経験があり、実際に危険な経験がある」の3水準から選択
豪雨時の道路の冠水可能性の認識	・ 京都市内の6つの通りの豪雨時の冠水可能性の認識	「冠水する可能性が、とても高いと思う・冠水する可能性が、とても低いと思う」を両端とした4段階評価と「わからない」の5水準から選択
経路選択SP調査	・ 豪雨情報がない場合の経路選択 ・ 豪雨情報がある場合の経路選択	各場面における最適な経路を指定の3経路から選択
京都市内の対象6道路の主観的評価	・ 各道路の走行頻度 ・ 各道路の走りやすさ ・ 各道路の印象	「ほぼ毎日」「週4～5日」「週2～3日」「週1日」「月2～3日」「月1日」「数か月に1日」「それ以下」「利用していない」の9水準から選択 「とても走りやすい・とても走りにくい」を両端とする4段階評価と「わからない」の5水準から選択 表 3-2に示される12項目から当てはまる項目を複数選択
道路交通情報の利用に関して	・ 道路交通情報の利用状況 ・ 道路交通情報の入手方法	「常に利用する・利用したことがない」を両端とする4段階評価と「わからない」の5水準から選択 表 3-2に示される10項目から当てはまるものを複数選択
カーナビ以外のメディアから提供される情報への信頼感	・ カーナビ以外のメディアから提供される情報に対する信頼感	0から100までの数字で依存・信頼の度合い(%)を記述回答
カーナビゲーションシステム提供情報の利用及び評価	・ カーナビの情報に対する依存度 ・ カーナビでの目的地設定についての行動意識 ・ カーナビの情報に対する信頼度 ・ カーナビの情報に対する満足度 ・ 豪雨情報が提供された場合の行動意識 ・ 冠水危険性情報が提供された場合の行動意識	「必ず設定する・設定しない」を両端とする4段階評価の4水準から選択 「全幅の信頼している・全く信頼しておらず、全ての場合で自己判断を重視している」を両端とする5段階評価と「この機能は整備されていない」の6水準から選択 満足度については、「とても、満足している・全く、満足していない」を両端とする5段階評価の5水準から選択
情報提供に関する要望など	・ 情報の種類・対象道路に対する要望 ・ 今後走行時に必要だと思う情報	「現在提供されている情報で充分である」「さらに多くの道路を対象に交通情報が提供されることを望む」「提供される情報の種類が、より一層充実されることを望む」「情報の種類、および対象道路の両方が充実されることを望む」の4水準から選択 「絶対、必要だと思う・絶対必要がないと思う」を両端とする4段階評価の4水準から選択
交通渋滞の経験	・ 交通渋滞の経験頻度 ・ 経験した渋滞距離と通過までの時間	「運転中に、毎回渋滞に遭遇する・運転中に全く遭遇しない」を両端とする4段階評価の4水準から選択 高速道路と一般道路別に渋滞距離(km)と通過までの時間(分)を記述回答
交通事故の経験	・ 交通事故の経験の有無	「はい・いいえ」の2水準から選択
個人属性	・ 年間走行距離 ・ 免許保有歴	年間走行距離と免許保有歴を記述回答

表-2 各道路の印象、道路交通情報、情報入手メディア、カーナビより提供される情報に関する設問項目

	各道路の印象	道路交通情報	情報入手メディア	カーナビより提供される情報
各アンケートでの項目	交通量が多い印象がある	渋滞情報	据置き型のカーナビ	設定(誘導)された経路
	よく渋滞している印象がある	所要時間情報	スマートフォンのアプリ(PDAなど)	目的地の場所(位置)の表示
	交通事故が多い印象がある	事故・工事など障害情報	道路上に設置された情報板	目的地への到着時間の表示
	信号交差点が多い印象がある	通行止め・チェーン規制などの規制情報	交通情報専用ラジオ(AM・FM)	渋滞箇所の表示
	車線数が多い印象がある	目的地周辺の駐車場情報	テレビ	事故・工事等の障害箇所の表示
	道路幅が広い印象がある	道路上の気象状況に関する情報	高速道路会社のホームページ	目的地周辺の駐車場情報の表示
	カーブが緩やかな印象がある		日本道路交通情報センターのホームページ	周辺施設情報の表示
	勾配が厳しい印象がある		SNS(Twitter等)	カーナビにより提供される情報全般
	右折待ちの車両が多い印象がある		その他	
	バスの走行が多い印象がある			
駐車車両が多い印象がある				
左記に当てはまるものはない				

表-3 豪雨範囲・冠水危険性情報提供時の走行意識, 必要と想定される情報に関する設問項目

	豪雨範囲・冠水危険性情報提供時の走行意識	今後、必要であると思われる情報
各アンケートでの項目	情報が提供されている箇所を避けて、他の道路を走行する	走行中に交通事故の危険性が高い箇所を示す情報
	カーナビの情報を信用して誘導された道路を走行する	現在、発生している渋滞が今後増えそうか、減りそうかという傾向を表す情報
	情報が提供された箇所が標高の低い場所(アンダーパス等)にあれば、当該箇所を避けて走行する	現在の目的地までの所要時間が今後増えそうか、減りそうかという傾向を表す情報
	情報が提供された箇所が一定の高さ(オーバーパス等)にあれば、当該箇所を走行する	目的地までの所要時間に関して、通常と渋滞時の両方の所要時間情報
	情報が提供された箇所のことを熟知していれば、当該箇所を走行する	事故による交通規制の解除予定を示す情報
	目的地まで、急いでいけば情報が提供された箇所も走行する	地震や津波の発生を予測する情報
	情報提供がなされた箇所が、目的地までの最短経路上に存在していれば、当該箇所を走行する	地震や津波発生時の避難場所や自動車での避難経路を示す情報
		集中豪雨の発生を示す情報
	積雪により、走行が困難な道路箇所を示す情報	
	道路の冠水の危険性を示す情報	

(4) SP 調査の設計

本研究で経路選択 SP 調査の際に被験者に提示したナビゲーション画面のイメージ(一例)を表-1として示す。以下、この図を参照しつつ、経路選択 SP 調査の設計の考え方について述べる。



図-1 経路選択に関する SP 調査画面の一例

本研究では、経路選択 SP 調査における被験者の回答の妥当性を高めるため、実在のネットワークを対象に、実際にそのネットワークの走行経験を有する被験者に調査に協力いただく様に調査を設定し、実施した。局所的な豪雨による経路選択への影響を考慮するため、アンダーパス部を有する複数経路から成るネットワークを対象とする。具体的には、京都市中心部でアンダーパスが含まれる道路を対象道路ネットワークとした。スタート地点(図-1では「S」として表示)を東寺(九条油小路)付近、ゴール地点(図-1では「G」として表示)を京都市中心部(烏丸五条, 河原町五条)と設定し、情報提供による選択経路の差異を確認するために、10D3 経路の道路ネットワークを用いた。豪雨に関する情報が経路選択に及ぼす影響を考慮可能な中で、分析を簡明に進めるため、被験者は経路選択を運転開始時に行い、最初に選択した経路について、リン

ク走行途中で変更を行うことはできないこととしている。

ここでは、経路 1(油小路通・堀川通を北進する経路)、経路 2(河原町通を北進する経路)、経路 3(東大路通を北進する経路)とした。なお、各経路には異なる経路長を設定しており目的地が烏丸五条の場合は経路 1 が 2.8km、経路 2 が 3.6km、経路 3 が 5.0km。目的地が河原町五条の場合は経路 1 が 3.4km、経路 2 が 3.0km、経路 3 が 4.4km となっており、目的地に応じて距離最短経路が変化する形となっている。調査対象者には、カーナビゲーションを模した画面上で道路ネットワークが明示され、SP 調査では全設問において、道路ネットワークが提示された状態で行われるものとする。

また本研究では、VICS 搭載を想定したナビゲーションシステムから、豪雨範囲情報、冠水注意情報および経路誘導を被験者に情報として提示する。豪雨を「一時間当たり 50mm 以上の雨量で、バケツをひっくり返したような雨」と定義し、豪雨範囲情報はこれを超えるような雨量が観測されているエリアに表示するものとした。水準としては、「目的地までの最短経路上のアンダーパス部に表示」「経路 1, 2 のアンダーパス部に表示」の 2 水準とした。冠水注意情報は、冠水の可能性がある地点(アンダーパス)に冠水注意マークを表示するものとする。冠水注意情報は「表示」「非表示」の 2 水準とした。ナビゲーションによる経路誘導に関しては「非表示」「目的地までの最短経路を表示」「目的地までの豪雨範囲を避けた安全な最短経路を表示」の 3 水準とした。以下、目的地までの最短経路を表示する経路誘導を経路誘導(最短経路)、目的地までの豪雨範囲を避けた安全な最短経路を表示する経路誘導を経路誘導(安全)と表記する。

SP 調査設計の際に考慮する要因と水準を整理すると、
1) 目的地: 烏丸五条/河原町五条

- 2) 豪雨範囲情報：最短経路／最短経路＋第二最短経路
- 3) 冠水注意情報：表示あり／表示なし
- 4) 経路誘導：誘導なし／経路誘導（最短経路）／経路誘導（安全）[擬水準法を適用]

となる。上記の要因をL16 (2⁵) 直交表に割り付けて、SP調査の設問を設定する。

今回の調査では、SP調査時の表示画面が一部重複するため、重複部分（4問）を排除した。また、実験計画法で割り付けた各条件の設問とは別に、参照データとして、目的地が烏丸五条で情報提供なしの場合と目的地が河原町五条で情報表示なしの場合の2設問を加えて合計14問の設問に回答いただいた。設問の順番としては、全被験者でまず情報表示なしの2問を行い、その後に実験計画法⁶⁾に基づいた12問をランダムに並べを行った。

(5) 調査対象者の抽出

調査対象者は、Web調査会社にモニターとして登録している人の中で、京都市内での運転経験を有している方々とする。調査対象候補者に対して、スクリーニング調査を行い、本調査回答者を抽出する。スクリーニング調査の対象者は4,000人とした。スクリーニング調査の質問項目として、最も運転する車での運転頻度、京都市中心部（図-2の赤枠で囲まれたエリア）での運転頻度、日常的なカーナビの利用の3問を設定した。各項目での回答選択肢は、表-4に示すとおりである。これらのスクリーニング調査の結果から、運転頻度が月1日以上であり、図-2で示した赤枠で囲まれたエリアの運転経験があり、何かしらのメディアでカーナビを利用している方々を本調査の対象者とした。なおスクリーニング調査後の本調査対象者の年齢構成は、年代（10・20代、30代、40代、50代～の4区分）、男女（2区分）の計8区分で50名ずつの計400名に回答いただくように設定した。最終的な分析対象サンプル数は418名である。



図-2 スクリーニング調査の運転頻度質問エリア

表-4 スクリーニング調査の質問項目での回答選択肢

	スクリーニング設問		
	最も運転する車での運転頻度	京都市中心部での運転頻度	日常的なカーナビの利用
選択肢	「ほぼ毎日」 「週4～5日」 「週2～3日」 「週1日」 「月2～3日」 「月1日」 「数ヶ月に1日」 「それ以下」 「運転していない」 「普通自動車の運転免許を持っていない」	(赤枠で囲まれた京都市中心部のエリアを) 「ほぼ毎日」 「週4～5日」 「週2～3日」 「週1日」 「月2～3日」 「月1日」 「数ヶ月に1日」 「それ以下」 「運転していない」 「それ以下の頻度」 「運転した経験がない」	(最も利用しているメディアとして) 「据置型のカーナビを利用している」 「スマートフォンのアプリ等の簡易型カーナビを利用している」 「利用していない」

4. カーナビ情報に対する依存度への影響要因

本章では、ドライバーのカーナビゲーション提供情報に対する依存度に着目し、Webアンケート調査から得られた結果を基に基礎分析を行う。運転時の経路選択行動には、カーナビの提供する情報や経路誘導が影響を与えていることが考えられる。特に、豪雨範囲情報、冠水注意情報および関連する経路誘導は、自動車による通行の安全性に大きく影響するものであり、多くの運転者に視認いただくことが望まれる。しかし、全てのドライバーが日常的にカーナビゲーションの提供情報や経路誘導を信用し、それを遵守する形で運転しているとは限らないことも明らかである。一般的に、提供情報や経路誘導に対する依存度は、ドライバー個人の属性、これまでの走行経験や重度な渋滞や事故への遭遇状況によって異なると考えられる。

そこで本章では、経路選択行動に影響を及ぼすと考えられるカーナビの情報に対する依存度（以下、カーナビに対する依存度）に着目して、これに対して個人属性や走行経験が及ぼす影響を、Webアンケート調査に基づき分析を行う。さらにその結果から、カーナビに対する依存度を被説明変数とし、重回帰分析を行い、カーナビゲーション提供情報に対する依存度に有意な影響を及ぼす要因の特定を試みる。

(1) カーナビ情報に対する依存度に関する基礎分析

図-3は、世代別のナビゲーション提供情報への依存度を示す。世代別では、50代が最も依存度が低くなっている。50代の人達は、カーナビのない時代から自動車を運転してきた年代で、カーナビがなくとも過去から運転に慣れていると想定され、その結果カーナビにあまり依存しないということが要因として考えられる。表-5は、提供情報に対する依存度の平均値に関する分散分析の結果を示している。要因としては、運転頻度に注目しており、有意水準10%では影響ありとの結果になっている。詳細に見ると最も運転頻度の低い回答者層で依存度が高くなっており、これは普段あまり運転していないことから、カーナビの誘導情

報などを頼りにしている可能性が考えられる。

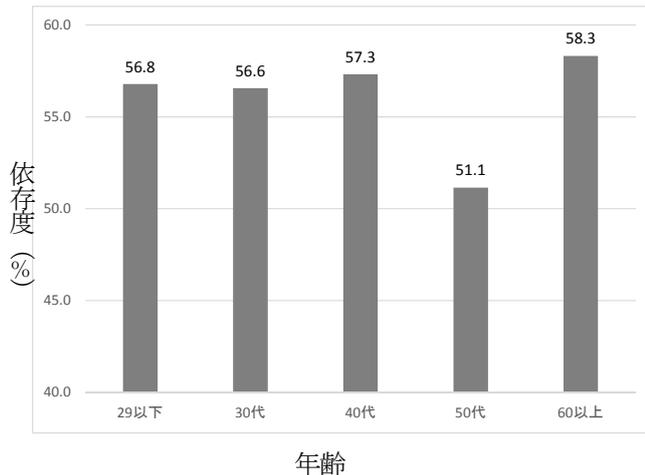


図-3 年齢別のカーナビに対する依存度

表-5 カーナビ情報に対する依存度に関する一元配置の分散分析 (要因: 運転頻度)

運転頻度	依存度の平均値 (%)
ほぼ毎日	57.7
週4~5日	49.0
週2~3日	56.8
週1日	54.4
月2~3日	54.5
月1日	66.4
F値	1.9*

***; 1%有意, **; 5%有意, *; 10%有意

表-6 はカーナビ情報の依存度の平均値に関する一元配置の分散分析の結果であり、カーナビ提供情報の信頼度を要因としている。情報の信頼度は有意水準1%でカーナビ情報への依存度に影響を及ぼすことが示されている。詳細に見るとカーナビの情報への信頼が高いグループほど、カーナビに対する依存度が高くなる傾向があることが分かる。

次に、カーナビの情報満足度と情報依存度との関係について分析する。表-7 もカーナビ提供情報に対する一元配置の分散分析の結果を示している。有意水準1%で満足度は影響を及ぼす可能性が示唆されている。詳細に見ると、カーナビの情報への満足度が大きいグループほど、カーナビに対する依存度が高くなる傾向にあることが分かる。分散分析の結果からもこの関係性が有意性の高い関係であることが示された。以上の分析結果より、カーナビに対する依存度に対して、カーナビ以外のメディアの情報信頼度および満足度は、それぞれ有意な影響を及ぼす可能性が示された。

表-6 カーナビ情報に対する依存度に関する一元配置の分散分析 (要因: カーナビに対する情報信頼度)

信頼度	依存度の平均値 (%)
全幅の信頼	78.3
とても信頼	60.1
比較的自己判断	50.0
自己判断を重視	44.9
全て自己判断	45.0
F値	8.1***

***; 1%有意, **; 5%有意, *; 10%有意

表-7 カーナビの情報に対する依存度に関する一元配置の分散分析 (要因: カーナビの情報に対する満足度)

満足度	依存度の平均値 (%)
とても満足	72.8
概ね満足	58.9
どちらでもない	48.4
あまり不満足	51.1
全く不満足	30.0
F値	6.1***

***; 1%有意, **; 5%有意, *; 10%有意

(2) カーナビ情報に対する依存度に関する重回帰分析

ここではカーナビ提供情報に対する依存度に影響を及ぼす要因を特定するため、ステップワイズ法による重回帰分析を行った。被説明変数をカーナビ情報に対する依存度 (アンケートでの回答値 (%)) とし、前述のアンケート結果の基礎分析結果も踏まえて設定した説明変数候補を表-8、推定されたパラメータは表-9に示した。修正済み決定係数は0.120であった。推定パラメータに着目すると、カーナビ情報に対する信頼度・満足度が高くなれば、カーナビ情報への依存度も高くなるという、ある意味自明の結果が統計的にも確認された。また、走行頻度が少ないドライバーは、カーナビ情報を相対的に利用する傾向にあることも示唆されている。加えて、豪雨時の走行経験がある被験者は、自身の危険な経験から、豪雨に関する情報の入手も期待して、カーナビからの情報を頼りにする傾向があると考えられる。

カーナビ依存度に対して、対物事故経験ダミーが、正のパラメータ、かつ有意である。このとき想定される対物事故とは、渋滞時に前方車両へ追突するような事故である。その点を考慮すると、対物事故を起こしたドライバーは渋滞に対しての意識が高くなる、つまり、カーナビから渋滞情報を取得しようとするためにカーナビ依存度が高くなることも可能性としては考えられる。

表-8 重回帰分析に用いた説明変数候補

投入した説明変数	変数の設定方法
情報信頼度 (カーナビ)	「全幅の信頼している」の回答者を5として、順に4, 3, 2, 1(全く信用していない)と設定
情報信頼度 (カーナビ以外)	アンケートでの回答値(%)を使用
カーナビ情報満足度	「とても満足している」の回答者を5として、順に4, 3, 2, 1(全く満足していない)と設定
50代ダミー	50-59歳の回答者を1, それ以外を0と設定
男性ダミー	男性回答者を1, 女性回答者を0と設定
低頻度運転手ダミー	運転頻度が「月1日」の回答者を1, それ以外を0と設定
豪雨時の走行経験ダミー	豪雨時に「運転した経験がある(選択肢2と3)」の回答者を1, それ以外を0と設定
交通渋滞経験頻度	渋滞に「毎回遭遇する」の回答者を4として、順に3, 2, 1(全く遭遇しない)と設定
人身事故経験ダミー	
対物事故経験ダミー	各交通事故の経験有無に対して、「はい」の回答者を1, 「いいえ」の回答者を0と設定
対物事故目撃ダミー	

表-9 カーナビに対する依存度への影響要因に関する重回帰分析結果

	推定値	t値
定数項	1.43	0.17
情報信頼度 (カーナビ)	6.34	3.23 ***
情報信頼度 (カーナビ以外)	0.13	2.51 **
カーナビ情報満足度	4.46	2.07 **
50-59歳ダミー	-7.09	-2.36 **
低頻度運転手ダミー	10.56	2.27 **
豪雨時の走行経験ダミー	7.20	2.58 **
対物事故経験ダミー	5.19	2.12 **
サンプル数		418
決定係数		0.135
修正済み決定係数		0.120

***; 1%有意, **; 5%有意, *; 10%有意

5. 豪雨情報提供の経路選択への影響分析

(1) 経路選択モデル構築のための基礎集計

ここでは豪雨情報の提供を想定して、ドライバーの経路選択を分析する。経路選択モデルを推定するための予備的分析として、豪雨の影響が無いと考えられる経路を安全経路と定義し、安全経路の選択率に関する基礎集計を行う。図-4にはナビゲーションからの経路誘導がないケースに着目し、提供情報別の安全経路選択率を集計した結果を示す。豪雨範囲情報だけでなく、冠水注意情報まで提供すると相対的に安全経路選択率が高くなる傾向がある。

図-5には、豪雨情報に加えて経路誘導（最短経路）を提供する場合の提供情報別安全経路選択率を示す。経路誘導（最短経路）を提供する場合でも、冠水注意情報まで提供した方が、安全経路選択率が高くなる傾向がある。また、経路誘導がない場合と比べると、豪雨範囲情報のみ提供する時は1.5%、冠水注意情報まで提供した時は2.0%安全経路選択率が減少した。僅

かな差ではあるが、主として経路誘導（最短経路）に従い豪雨範囲を走行した被験者の影響で、安全経路選択率が減少した可能性が考えられる。

図-6には、豪雨情報に加えて経路誘導（安全）を提供する場合の提供情報別安全経路選択率を示す。経路誘導（安全）を提供する場合でも、冠水注意情報まで提供した方が、安全経路選択率が高くなる傾向がある。また、経路誘導がない場合と比べると、豪雨範囲情報のみ提供する時は安全経路選択率が2.3%増加し、冠水注意情報まで提供した時は0.5%安全経路選択率が減少した。これは、経路誘導（安全）に従い豪雨範囲を避けて走行した影響だと考えられるが、冠水注意情報まで提供した場合については、その影響はほとんどないものと考えられる。いずれのケースでも、冠水注意情報の提供により、豪雨範囲情報のみの提供時と比較して、安全経路選択率が高まる傾向は共通している。

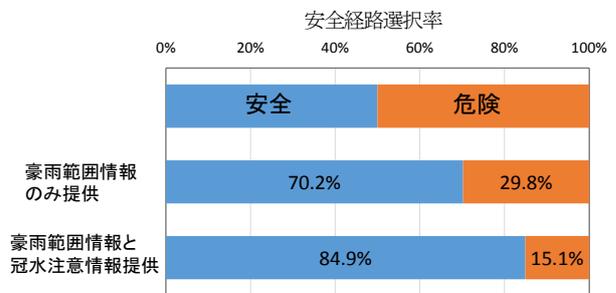


図-4 経路誘導がない場合の安全経路選択率

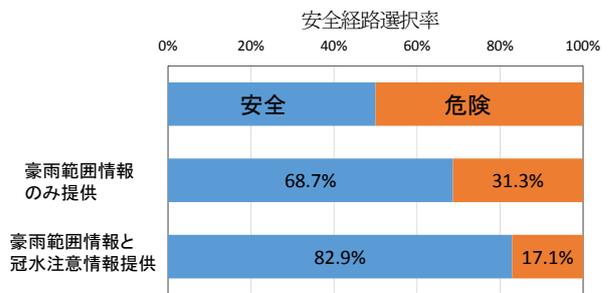


図-5 経路誘導（最短経路）表示時の安全経路選択率

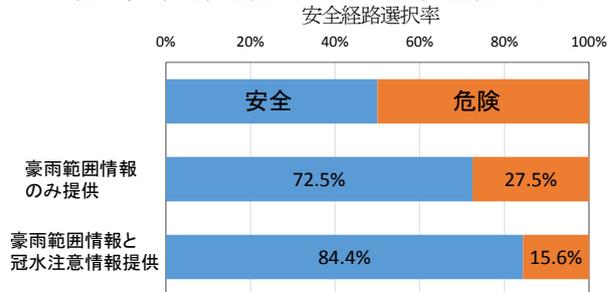


図-6 経路誘導（安全経路）表示時の安全経路選択率

(2) 経路選択モデルの推定法と説明変数

SP 経路選択調査データを用いて、経路選択モデルを多項ロジットモデルとして推定する。なお、モデル推定では統計解析向けプログラミング言語である R を用いた。最尤推定法のアルゴリズムでは、準ニュートン法を用いた。また、準ニュートン法におけるヘッセ行列の逆行列の近似行列を逐次更新には BFGS (Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno) を用いた。

モデルの推定を行うには、説明変数を選択する必要がある。説明変数の選択に当たっては、前項の集計分析の結果も踏まえつつ、以下の表-10 のとおりに定める。

表-10 経路選択モデルにおける説明変数

選択肢	説明変数
経路 1 利用	<ul style="list-style-type: none"> ・豪雨範囲情報表示ダミー ・冠水注意情報表示ダミー ・経路誘導 (最短経路) 表示ダミー ・経路誘導 (安全) 表示ダミー ・冠水可能性認識×豪雨情報表示ダミー ・走行頻度週 1 日以上ダミー ・距離 ・左折回数 ・右折回数 ・18-29 歳ダミー ・定数項 1
経路 2 利用	<ul style="list-style-type: none"> ・豪雨範囲情報表示ダミー ・冠水注意情報表示ダミー ・経路誘導 (最短経路) 表示ダミー ・経路誘導 (安全) 表示ダミー ・冠水可能性認識×豪雨情報表示ダミー ・走行頻度週 1 日以上ダミー, ・距離 ・左折回数 ・右折回数 ・定数項 2
経路 3 利用	<ul style="list-style-type: none"> ・経路誘導 (安全) 表示ダミー ・冠水可能性認識×豪雨情報表示ダミー ・60 歳以上ダミー ・走行頻度週 1 日以上ダミー, ・距離 ・左折回数 ・右折回数

豪雨範囲情報表示ダミー、冠水注意情報表示ダミーとは、各経路のアンダーパス部にそれぞれ豪雨範囲情報、冠水注意情報が表示されているなら「1」、表示が無ければ「0」となる変数である。経路誘導 (最短経路) 表示ダミー、経路誘導 (安全) 表示ダミーとは、各経路がそれぞれ最短経路・豪雨範囲を避けた安全な最短経路として選ばれ、誘導経路として表示されたなら「1」、表示されていないならば「0」となる変数である。

冠水可能性認識×豪雨情報表示ダミーとは、被験者がアンケートの回答として、自身の経験等に基づき冠水可能性が高いと認識する (冠水可能性認識) 経路であり、かつ、当該経路に豪雨範囲情報が表示された場合に 1 となるダミー変数であり、各自の豪雨時の冠水危険性の認識の影響を表現するための変数である。すなわち、アンケートの回答として、各経路 (経路 1: 油小路通, 経路 2: 河原町通, 経路 3: 東大路通) について、冠水可能性が高いと回答しており、かつ、SP 調査の設定条件として、その経路に豪雨範囲情報が表示されている場合に「1」、それ以外の場合に「0」となる変数である。

走行頻度ダミーとは、アンケート結果を基に各経路 (経路 1: 油小路通, 経路 2: 河原町通, 経路 3: 東大路通) を週 1 日以上で走行していると回答している場合に「1」、そうでない場合を「0」となる変数であり、被験者の経路利用の習慣性を表す変数である。

距離は各経路の距離 (km)、右左折回数は各経路の右左折回数を変数とした。18-29 歳ダミーとは、18-29 歳なら「1」、それ以外の世代なら「0」となる変数である。同様に 60 歳以上ダミーとは、60 歳以上なら「1」、それ以外の世代なら「0」となる変数である。

(3) 経路選択モデルの推定結果

SP 調査の経路選択データを用いて、モデルを推計した結果を表-11 に示す。ここで推定結果の妥当性について検討するため、修正済み決定係数に着目すると 0.237 となっており、本モデルを用いて被験者の経路選択行動について分析することは妥当であると考えられる。また、推定パラメータについては、距離・右左折回数・定数項以外の説明変数は 1%有意の結果となった。

豪雨範囲情報表示ダミー・冠水注意情報表示ダミーは係数が負となっており、豪雨範囲情報・冠水注意情報が表示されることで、当該経路の効用が低下し、選択されにくくなる傾向があることを意味している。これは、被験者がカーナビの情報を基に危険箇所を判断し、その地点を回避するような経路選択を行っていると考えられる。

また、経路誘導 (最短経路) 表示ダミー・経路誘導 (安全) 表示ダミーは係数が正となっており、経路誘導が表示されれば、当該経路が相対的に選択されやすくなることを意味している。これらは基礎集計の結果から考えても妥当であると思われる。

冠水可能性認識×豪雨情報表示ダミーの係数が負となっており、被験者が豪雨時に冠水可能性が高いと

いう認識を持っている経路については、当該経路に豪雨範囲が表示されることで、一層、その経路の利用を避けようとする傾向があるものと考えられる。

走行頻度週1日以上ダミーに関しては、係数が正となっており、日常的によく利用する経路を豪雨時であっても相対的に多く利用する可能性があることを意味している。

18-29歳ダミーの係数、60歳以上ダミーの係数は共に正となっており、18-29歳は経路1を選択する傾向にあり、60歳以上は経路3を選択する傾向があることを意味している。これらは、18-29歳の人たちは豪雨範囲情報が表示されている場所を避けることなく走行し、60歳以上の人たちは豪雨範囲情報が表示されている場所を避けて走行する傾向にあることが理由として考えられる。

表-11 経路選択モデルの推定結果

	パラメータ	t値
豪雨範囲情報表示ダミー	-1.872	-23.283 ***
冠水注意情報表示ダミー	-1.060	-11.357 ***
経路誘導(最短経路)表示ダミー	0.293	3.511 ***
経路誘導(安全)表示ダミー	0.212	3.170 ***
冠水可能性高い地点に豪雨範囲情報表示ダミー	-0.561	-7.056 ***
走行頻度週1日以上ダミー	0.428	6.018 ***
距離[km]	-0.517	-0.001
左折回数	-0.018	0.000
右折回数	0.057	0.000
18-29歳ダミー	0.504	6.464 ***
60歳以上ダミー	0.479	6.049 ***
定数項1	0.502	0.001
定数項2	0.522	0.003
サンプル数		5,852
初期尤度		-6.429
最終尤度		-4.895
決定係数		0.239
修正済み決定係数		0.237

***:1%有意, **:5%有意, *:10%有意

6. まとめ

本研究では豪雨発生時の情報提供に着目し、豪雨情報の提供がドライバーのより安全な経路の選択に資するか、また、その意志決定にはカーナビゲーションシステムが提示する経路誘導、日常的な運転経験や個人属性がどの程度影響を与えるのかを明らかにするため、Webアンケート調査を実施した。特に豪雨情報、カーナビゲーションによる経路誘導の有無等を体系的に設定し、ドライバーの経路選択に対する影響を分析するため、経路選択に関するSP(stated preference)調査を実施し、データの基礎分析および経路選択モデルの推定を行った。

本研究で得られた基礎的知見について以下にまとめる。

1)カーナビ提供情報の依存度に関しては、カーナビ情報に対する信頼度・満足度が高いドライバーが、依

存度も相対的に高いことが確認された。また、運転頻度が低いドライバーは、相対的にカーナビの情報に対する依存度が高いことも確認された。

2)経路選択モデルの推定結果より、豪雨範囲情報を表示することで、危険箇所を回避するような経路選択を促す可能性があり、さらに冠水注意情報も併せて表示することで、その効果が一層高められる可能性があることが確認された。

3)経路選択モデルの推定結果より、ナビゲーションによる経路誘導は、経路計算の際の豪雨および冠水の影響の考慮の有無に関わらず、一定の当該経路の利用を促進する可能性があることも示唆されている。上記の考察と、低頻度運転者のナビ依存度が高い傾向にあることと併せて考えると、今後豪雨範囲情報を提供するサービスの導入の際には、豪雨範囲情報を考慮した経路誘導の提供が望まれるものと考えられる。

4)豪雨時に冠水可能性が高いと認識している地点に、豪雨範囲情報が表示されれば、当該経路の利用を回避する傾向が一層強まることも確認されている。このことから、アンダーパスなど高度の低い場所に豪雨時に冠水危険性が高いことを示す看板などを設置しておくことで、危険箇所を回避するような経路選択を促すことに繋がるのではないかと考えられる。

今後の課題としては本調査データが異なる被験者の繰り返し選択データであることを考慮し、個人の異質性を考慮した選択モデルを構築できるMixed Logit Modelとしてパラメータ推定を行うことや当該地域において実際に豪雨発生時の交通状況を観測し、豪雨情報が提供されていない場合の経路選択率との比較を行い、モデルの妥当性を検証すること、実際にカーナビに導入する際の望ましい情報提供方法の検討等が挙げられる。

謝辞：本研究の遂行、特にSP調査の実施に関しては、多くの被験者の方にご協力いただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省 水資源・国土保全 新型高性能レーダ、
<http://www.mlit.go.jp/river/gijutsu/gijutsukaihatsu/xband/index.html>
(2015年4月23日アクセス)
- 2) 本田技研株式会社 豪雨地点予測情報、
<http://www.honda.co.jp/intemavi/service/disaster/train/>
(2015年4月23日アクセス)
- 3) 藤田素弘, 三田村純：東海集中豪雨下における自動車帰宅

交通状況と走行経路解析, 土木学会論文集 No. 751/IV-62, 127-137, 2004. 1

- 4) 藤田素弘, 伊藤大介, 三田村純: 集中豪雨時の広域的道路解析と帰宅行動意識及び対策検討, 土木計画学研究・講演集(春大会), CD-ROM, 2003.
- 5) 朝倉康夫, 柏谷増男, 高木一浩, 藤原健一郎: 災害による

道路通行規制時の交通選択行動に関する実証分析, 土木計画学研究・論文集, No. 14, 1997年9月

- 6) 鷺尾泰俊, 実験計画法入門(改訂版), 日本規格協会, 1997 (2015.4.24 受付)

A Basic Analysis of Route Choice Behavior under Provision of Information on Heavy Rainfall using SP Survey

Kensuke MORII, Nobuhiro UNO, Toshiyuki NAKAMURA, Toshihiko ODA ,
Fumitaka KURAUCHI and Akihiko SHIMIZU