

プローブ渋滞予測とカーナビによる 所要時間短縮効果と経路転換の実態

太田 恒平¹・渡部 啓太¹

¹会員 株式会社ナビタイムジャパン メディア事業部
(〒107-0062 東京都港区南青山3-8-38)

E-mail: kohei-ota@navitime.co.jp, keita-watanabe@navitime.co.jp

カーナビゲーションシステム（カーナビ）等において取得されるプローブデータは、道路事業者においては道路整備計画やその効果測定等の交通計画に、カーナビメーカーにおいては渋滞情報・渋滞回避ルート案内等の情報提供に主に活用されている。今後は、道路事業者とカーナビメーカーが協調し、プローブ渋滞情報を活用した交通円滑化に取り組むことが期待されている。しかしながら、プローブ渋滞情報を経路案内に用いることによる定量的かつ網羅的な評価は行われておらず、その影響は明らかでない。

そこで本研究では、ナビタイムジャパンの携帯カーナビ等において運用されている経路検索システムと、そこから取得されるプローブデータおよび経路検索条件データを用いて、所要時間短縮効果と経路転換の実態の把握を行った。

Key Words : probe data, car navigation system, route search ,ITS, mobility management

1. はじめに

(1) 背景

カーナビ等のナビゲーションサービス（図 1）は、もはや交通インフラの一部と言えるほど普及している。またそこから取得される自動車プローブデータは、道路事業者においては道路整備計画やその効果測定等の交通計画に¹⁾²⁾、カーナビメーカーにおいては渋滞情報・渋滞回避ルート案内等の情報提供に主に活用されている。

そうしたデータの活用に加えて今後さらに期待されるのは、道路事業者とカーナビメーカー等とが協調した情報提供による交通の最適化である。筆者らは既往の研究により、カーナビの推奨ルートがドライバーの経路選択に強く影響することを明らかにしている。またそのような影響力を活かして、道路工事³⁾やマラソンの際の交通規制迂回ルートを Web サイトやカーナビ上で案内することにも取り組んでいる⁴⁾。今後はさらに、プローブ渋滞情報を用いた渋滞回避ルート案内による交通円滑化にも取り組んでいく予定である。

渋滞回避ルート案内は、基本的にはドライバー自身の所要時間短縮のための機能ではあるが、経路転換による交通円滑化にも寄与していると考えられる。しかしながら、その所要時間短縮効果や経路転換の実態については、特定日時・地点におけるケーススタディに留まっており、



図 1 携帯カーナビ「カーナビタイム」

定量的かつ網羅的な評価に至っていない。また経路はカーナビにおける経路探索等の処理仕様にも依存するため、プローブデータだけ保有していても推定は困難である。実態を踏まえたプローブデータの渋滞情報としての価値についても、台数、データ量、配信対象距離といったデータスペックの提示に留まっており、やはり明らかでない。今後、道路事業者と協調してプローブデータを情報提供に活用するには、カーナビメーカー自らがその影響や価値の実態を明らかにしていくことが必要である。

(2) 本研究の目的・構成

以上の背景のもと、本研究の目的を、プローブ渋滞予測とカーナビによる所要時間短縮効果と経路転換の実態を、実際のカーナビサービスにおいて用いられる技術とデータを用いて把握することとした。まず 2 章にて、全体の処理の流れと利用データの概要について述べる。その上で、所要時間短縮効果（3 章）、経路転換（4 章）について推定を行う。

2. 処理と利用データの概要

本研究では、ナビタイムジャパン社の経路検索システムを用いて、所要時間短縮効果を推定した。基本的な処理の流れは下記の通りである。

(1) プローブ渋滞予測データの作成

ナビタイムジャパンが運営するカーナビサービスにおいて取得されるプローブデータを基に、プローブ渋滞予測データを作成する。仕様の概要を表1に示す。本データの道路延長に対する網羅率は、表2の通り一般道においては VICS の旅行時間データの網羅率を大きく上回っている。

(2) 経路検索条件データの抽出

ナビタイムジャパンが運営する一部カーナビサービスにおいて取得された経路検索条件データ（発着地、日時等が記録されている）のうち、ユーザ操作により経路選択が行われたレコードを抽出する。データの概要を表3に示す。

(3) 経路検索システムによる経路算出

ナビタイムジャパンが開発した経路検索システムにおいて、(2)で抽出した経路検索条件データ1レコードずつに対し、(1)で作成したプローブ渋滞予測データを参照した上で、渋滞回避有と渋滞回避無の2パターンの経路を算出する。

経路検索システムの中核をなす経路探索エンジンの概略について記す。本エンジンは一般化費用モデルに基づく最適経路を算出しており、計算に組み入れられるコスト要因は、①所要時間、②金銭（有料道料金、燃料代）、③走りやすさ（幹線道路の優先、右左折の抑制など）の3種類に大別される。

所要時間算出には、プローブデータ（予測、リアルタイム）および VICS データ（長期予測、短期予測、リアルタイム）の動的な交通情報の他に、予め算出した標準旅行速度が用いられる。標準旅行速度もプローブデータに基づく統計値であるが、道路種別・車線数・地域・時間帯等に分類された値であり、道路リンク1本毎に推定されるプローブ渋滞予測データに比べ簡易なものである。

渋滞回避無の設定で経路探索を行った場合、経路算出の際の所要時間コストは標準速度に基づいて算出され、プローブ渋滞予測は経路確定後の所要時間算出にのみ反映される。一方、渋滞回避有の設定で経路探索を行った場合は、プローブ渋滞予測を経路算出の際の所要時間コストにも一部組み入れるため、渋滞を回避した経路が算出される。

なお、下記の点については実際のカーナビサービスにおける経路算出と条件が異なるため、実際にユーザに案

表1 プローブ渋滞予測データの仕様概要

項目	仕様
情報源	ナビタイムジャパン社が運営する携帯カーナビゲーションサービス（カーナビタイム、ドライブサポーター）にて、携帯電話のGPSにより1秒間隔で取得されたプローブデータ。
取得期間	2016年5～6月
データ形式	リンク別旅行速度
時間分解能	日種（平日・土日） 時間変動（15分毎）

表2 プローブ渋滞予測の速度データの網羅率

道路種別	方向別 道路延長	プローブ 網羅率	参考)VICS 網羅率*
高速・有料	45千km	50.0%	45.2%
一般国道	110千km	79.7%	14.0%
主要地方・県道	254千km	46.6%	4.7%
一般道	741千km	11.3%	0.7%
細道路	1,633千km	0.4%	0.0%

*VICS網羅率は2016年5月1日12時時点の旅行時間データを基に算出

表3 経路検索条件データの概要

項目	仕様
情報源	ナビタイムジャパン社が運営する携帯カーナビゲーションサービス（カーナビタイム、ドライブサポーター）のうち一部サービス
取得期間	2016年3月
データ量	2,076,458経路（ユーザ操作により経路選択が行われたレコードのみ）
用いた 利用情報	出発地、目的地、発着希望日時

内された経路と、本研究において算出した経路には差分が生じる。

1. プローブ渋滞予測データは研究開発版のデータであり、経路検索条件データの対象期間である2016年3月においては一般ユーザに提供されていない。
2. 実際のサービスにおいては、プローブリアルタイムデータや、VICSデータも併用している。しかしながらそれらのデータの再現や利用ライセンスの調整には期間を要するため、本研究においてはプローブ渋滞予測データのみを使用して分析を行う。
3. 経路推定に用いた優先条件は「推奨ルート」であり、実際にユーザが選択した各種優先条件（「高速優先」「無料優先」等）とは異なる。その他、車種等の詳細条件はデフォルト値に統一している。

(4) 経路分析

3.において算出された渋滞回避有と渋滞回避無の経路群を比較し、所要時間短縮効果、および渋滞回避に伴う経路転換について分析する。

表4所要時間短縮効果の推定結果概要

所要時間 区分 (回避無)	経路数	所要時間変化率			平均 所要時間[分]		累計短縮 時間 [時間]
		短縮	不変	増加	回避無	短縮	
10分未満	265,504	7.8%	90.5%	1.7%	5.7	0.1	221
60分未満	1,209,679	30.8%	64.7%	4.5%	31.9	0.7	13,111
60分以上	589,360	43.4%	47.4%	9.2%	131.1	1.0	9,936
全体	2,064,543	31.4%	63.1%	5.5%	56.9	0.7	23,269

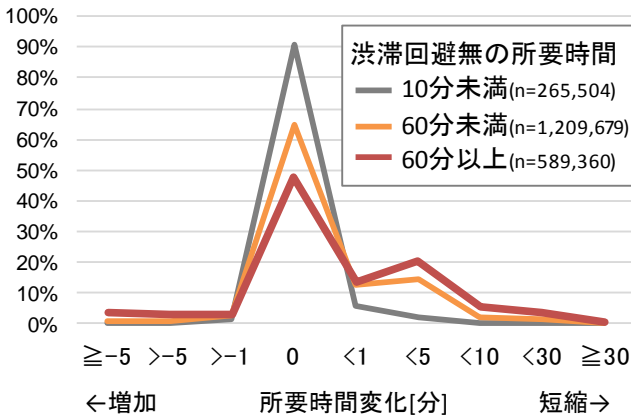


図2所要時間変化の相対ヒストグラム

3. 所要時間短縮効果の推定結果

渋滞回避有の経路の所要時間から、渋滞回避無の経路の所要時間を差し引くことで、所要時間短縮効果を推定した。なお、GPS等により取得される実走行の所要時間はデータ入手が困難なため、あくまで本システムのプローブ渋滞予測に基づき算出した所要時間の2経路間の比較結果であることに留意されたい。

その結果を表4に示す。全206万経路の所要時間の短縮は、1経路あたり平均0.7分、累計23,269時間であった。となった。これに乗用車の走行時間原単位(40.10円/分・台)⁹⁾を乗じることで、月間5599万円(2016年3月)、年換算で6.6億円の便益が生じると推定される。本研究においては、当社が運営する携帯カーナビサービスの一部の経路検索条件データ(全サービスの約1/3)を基に分析しているが、PC-Web等も含めた全サービスにおいて、プローブ渋滞予測データを適用したと仮定すれば、便益は年間20億円程度になると推定される。

なお、所要時間が増加している経路が存在する主な要因としては、次の2つが考えられる。①時間価値(50円/時として算出)に比して有料道の所要時間短縮効果が小さいことにより、所要時間が伸びる無料道に転換したため。②処理高速化のため、最終的に確定した経路全体に対して算出する所要時間よりも、経路探索中に算出するリンク単位の所要時間を簡易的に推定しているため。

所要時間の短縮頻度や短縮時間は、経路選択肢が豊富になる長距離経路の方がより顕著に表れる(表4・図2)。所要時間が60分以上の経路の場合、43%の経路の所要時間が短縮している。

本研究にて渋滞回避無の経路算出に用いた標準旅行速度自体も、プローブデータを簡易的に集計して定めたものである。そのため、高速道路は80km/h・一般道路は30km/hといったより簡易な速度算出に基づく経路と、本研究の渋滞回避有比較すれば、より大きな所要時間短縮効果があると考えられる。また、プローブ渋滞予測だけでなくVICSやリアルタイム情報も参照している実際のカーナビサービスにおいては、より大きな効果があると考えられる。

4. 経路転換の推定結果

渋滞回避有と渋滞回避無の各経路の通過回数を道路リンク別に集計・比較することで、プローブ渋滞情報による経路転換状況を推定した。

(1) 高規格幹線道路ネットワーク

全国および三大都市圏の高規格幹線道路ネットワークの通過増減を図3に示す。

三大都市圏に着目すると、首都高速・阪神高速・名古屋高速のいずれも全体的に通過が増えている。都市高速では標準旅行速度60km/hとしてコスト計算をしているが、プローブ渋滞予測に反映される実勢速度はより速いため、渋滞回避有の場合にかえって通過しやすくなっているものと考えられる。一方で、近畿道や、名古屋周辺の東名・名神道の通過数が減っており、これが都市高速に転換したものと考えられる。放射部においては、京葉道から東関東道・首都高湾岸線、第三京浜から首都高横羽線、京都付近の名神道から京滋バイパスへの転換が起きている。これは、各高規格道路の所要時間差や、都心側のボトルネックによる渋滞を精緻に評価できるようになったため発生したと考えられる。京阪神においては、無料の高規格道路である名阪国道と国道2号バイパス(加古川・姫路・太子竜野)の通過数が増えている。同様の事象は、静岡～愛知県内においても、東名道から国道1号バイパスへの転換という形で表れている。

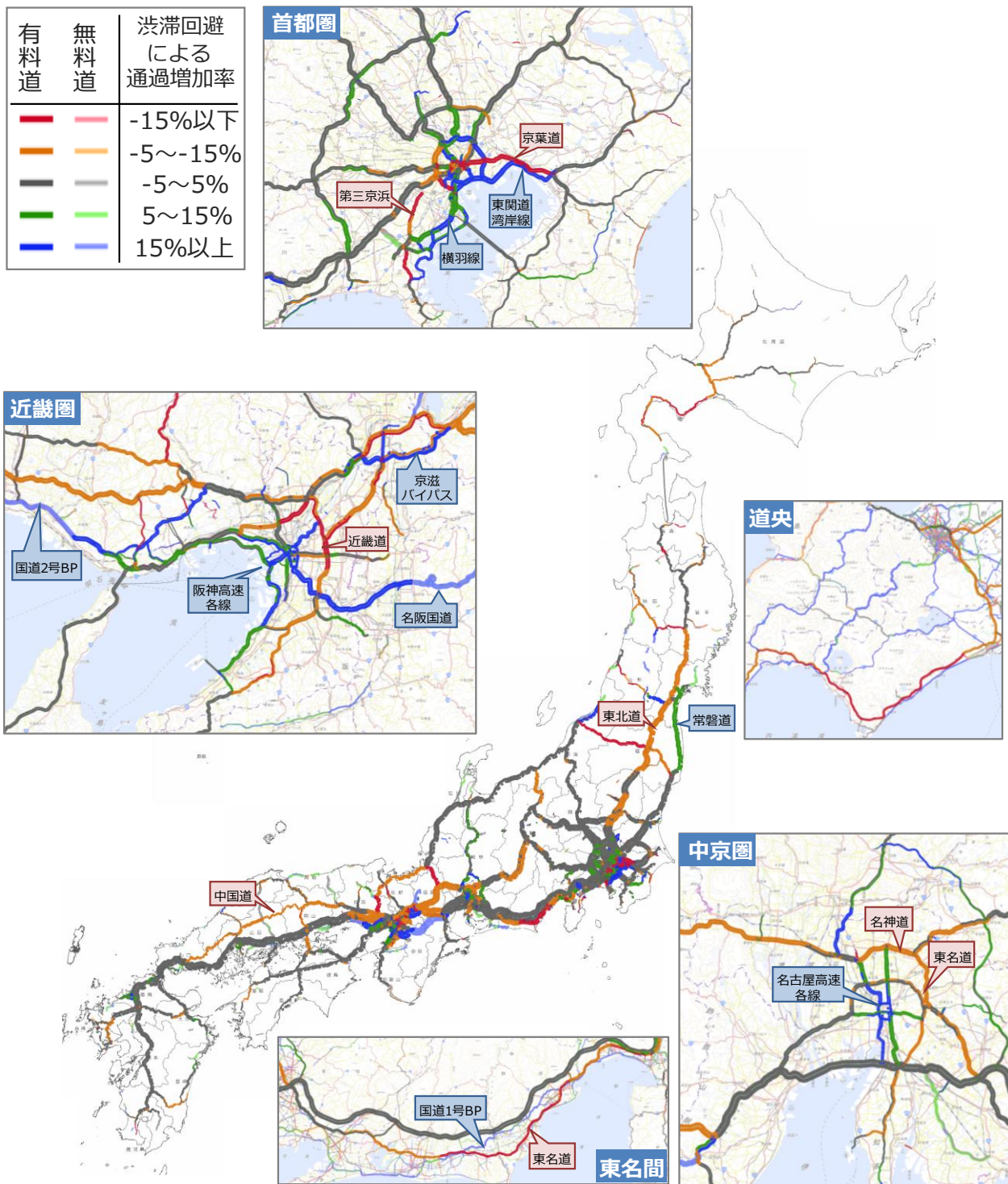


図3 高規格幹線道路ネットワークのプローブ渋滞予測による通過数の増減

地方部に着目すると、東北道・中国道・道央道などの山間の通過が減っている。これは、並行する一般国道や、2車線高規格道路の実勢速度が、標準速度よりも高いため、転換が起きていると考えられる。また、トンネル部においてはGPS測位が途切れるため、プローブ渋滞予測の対象外としていることも、山間部の高速道路が選ばれにくくなる遠因と考えられる。

このように長距離経路においては、時間価値に基づく経路探索にて、プローブ渋滞予測により道路種別等に依らない実勢速度の精緻な評価が可能になることで、有料の高規格道路から、無料の高規格道路や、閑散部の一般道に転換が促されることがわかった。



図4 首都圏道路ネットワークのプローブ渋滞予測による通過増減図

(2) 首都圏の道路ネットワーク

一般道も含めた首都圏の通過増減図を図4に示す。

先述の第三京浜からの経路転換は、第三京浜～玉川IC～環八通り～瀬田以北の経路で発生していることが読み取れる。これは、環八通り瀬田を先頭とした渋滞を広域的に回避するために起きている。逆に玉川IC～環八

通り～等々力～目黒通りの経路は、迂回路として機能していることがわかる。環八通り瀬田付近の渋滞回避は、環八に並行する多摩川両沿岸の道路や、環七通りにも波及している。

京葉道からの転換は、首都高を直通して両国JCTを通る経路で発生していることが読み取れる。これは両国

表5 道路種別毎の渋滞回避による走行距離増加状況

料金	道路分類	DID地区内			DID地区外		
		回避無の 走行距離 [千台km]	渋滞回避による 増加距離 [千台km]	増加率	回避無の 走行距離 [千台km]	渋滞回避による 増加距離 [千台km]	増加率
有料	都市間高速・一般	15,777	-560	-3.5%	50,659	-951	-1.9%
	都市高速	9,343	823	8.8%	244	59	24.0%
無料	都市間高速	3	-0	-9.0%	359	-5	-1.4%
	その他自動車専用道	582	78	13.4%	1,962	409	20.9%
	一般国道	4,850	-254	-5.2%	7,451	317	4.2%
	主要地方道・県道	4,845	-237	-4.9%	3,869	288	7.4%
	主要一般道	834	44	5.3%	178	42	23.6%
	一般道	1,323	94	7.1%	762	81	10.6%
	細道路	213	4	2.0%	137	-0	-0.1%
総計		37,769	-8	0.0%	65,620	239	0.0%

JCTの合流渋滞を広域的に回避するため起きている。京葉間においては、京葉道路以外の一般道路からも転換しており、東関東道・首都高湾岸線がその受け皿になっていることがわかる。

首都高中央環状線は、葛西JCT～熊野町JCTが迂回路となっている一方で、熊野町JCT～大井JCTは回避対象となっている。これは、同区間がトンネル内のためGPSの測位ができず、プローブ渋滞予測データにおいては速度が不明値となり、他の道路が優先されるためである。自律航法や前後補完によるトンネル内での速度推定技術の開発が期待される。なお、実際のカーナビサービス上においてはVICSデータが適用されるため問題にならない。

その他、15%以上増減している道路も多数見受けられ、幹線道路の渋滞回避により様々な迂回が行われていると考えられる。

(3) 道路種別別の走行距離増加状況

最後に、道路種別別の分析結果を表5に示す。都市部と地方部で大きな傾向差があったため、DID地区内外で分けて集計した。

DID地区内においては、有料の都市高速の走行距離が増加している一方で、有料の都市間高速・一般道は減少している。これは、三大都市圏の高規格道路ネットワークの項で述べた、都市高速の実勢速度が標準速度より速いことによると考えられる。また、一般国道と主要地方道・県道も走行距離が減少している。これは、先述の環八通りのような渋滞の回避に起因していると考えられる。その結果、主要一般道・一般道の通過数の増加は見られる。

DID地区外においては、無料の幹線道路（その他自動車専用道、一般国道、主要地方道・県道）の走行距離が大きく増加している一方で、有料の都市間高速・一般道は大きく減少している。これも、先述の地方部における無料道の実勢速度が標準速度より速いことによると考え

られる。

DID地区内外を問わず、細道路への転換はごく限定的である。これは、経路探索エンジンの経路選択モデルにおいて、発着地付近以外では細道路を極力通らないように調整しているため、多少所要時間が短いと推定されても基本的には細道路は経路として採用されないからである。本研究で用いたシステムの渋滞回避により、いわゆる生活道路の交通量が著しく増えることは無いと言える。

(4) 本章のまとめ

プローブ渋滞予測により実勢速度を精緻に推定できるようになることで、このように多くの経路転換が促されていることがわかった。都市部においては、ボトルネックやミッシングリンクの渋滞を広域的に回避しているため、交通分散に寄与しているものと考えられる。一方地方部においては、有料高規格道路から、高い速度で走れる並行無料道への転換が促されている。どちらも、カーナビとデータが、道路の整備やサービス水準設計の粗を補いながら、より実用的な経路をドライバーに示すために起きている事象である。

5. おわりに

(1) まとめ

本研究において得られた知見は以下の通りである。

- カーナビの経路検索システムと経路検索条件データを用いて、渋滞回避有と渋滞回避無の経路とを比較することで、プローブ渋滞予測データが経路に及ぼす影響を分析するシステムを構築できた。
- 渋滞回避有と渋滞回避無の経路群とを比較した結果、全206万経路の所要時間短縮は、経路あたり平均0.7分、累計時間は23,269時間、月間5599万円の便益と推定された。
- プローブ渋滞予測データを用いた渋滞回避により、都市部においては、幹線道路のボトルネックやミ

ッシングリンクによる渋滞の広域的回避による交通分散，地方部においては，有料高規格道路から高速度で走れる並行無料道への転換が促されていることがわかった．細道路への転換はごく限定的であり，いわゆる生活道路の交通量は増えることは無いと考えられる．

4. 以上のように，実際のカーナビサービスにおいて運用されているシステムやデータの一部を組み合わせて分析することで，プローブ渋滞予測データがドライバーや所要時間短縮効果と経路転換状況を，実態に近い形で把握することができた．

(2) 今後の展開

本研究の今後の展開として下記の取組が考えられる．

a) VICS・リアルタイム情報・各種ログを含めた分析

本研究では，プローブデータを基にした統計的な予測データのみを用いているため，実際のサービスで運用している VICS・リアルタイム情報による影響は把握できない．また，走行経路や所要時間もシステムによる推定であり，GPS や，ユーザの経路選択データによる判定ではない．これらを組み合わせて現況再現性を高めた上で，繁忙期，イベント時，工事期間など，交通情報やカーナビの必要性が高まる非日常における知見を得て，情報提供に活かすことが考えられる．

b) 金銭・環境・安全性など評価指標の多様化

本研究では，所要時間短縮および道路毎の通過数を評価指標とした分析を行った．今後，金銭，環境負荷，安全性などの指標を何らかの基準で算出し，ドライバー・道路事業者・地域住民など，各ステークホルダーへの影響をより多面的に評価することが考えられる．

c) カーナビにおける経路精度の追究

上記のような研究で得られた知見を基に，よりドライバーニーズに合った経路算出や情報提供を行えるよう，カーナビサービスの改良に取り組んでいく．

d) ITSの社会的便益の推定

本プローブ渋滞予測は，特別なハードウェアやリアルタイム配信システムも必要としない，非常に簡素な技術である．今後，道路行政や他企業の持つデータや技術との比較検討，あるいは融合してより高度・効率的なものを作り上げるには，本研究で示したような分析が援用できるであろう．

e) モビリティ・マネジメントへの適用

渋滞回避ルートのご案内は，日常的な通勤需要や大型施設の来客需要，イベント・交通規制などの非日常的な交通需要の分散のために有効な手段と考えられる．非日常時の渋滞予測情報は，過去の経験則やシミュレーション等，プローブ以外での情報に基づき生成することもできる．また，本分析システムを用いることで，情報提供の

効果測定を行うことができる．筆者らは既に交通規制の迂回ルート案内に取り組んでいるが，これに加えて渋滞回避ルートのご案内にも，地域と協力して取り組んでいく．

f) 道路整備計画への適用

交通情報やカーナビが進化した今，地元外のドライバーであっても，完全情報に近いデータに基づく合理的な経路選択ができるようになってきた．今後，高規格道路の整備により政策が意図する経路転換を起こすためには，道路構造等に基づく速度設定やドライバーの経路選択モデルだけでなく，実勢速度や，カーナビ上における経路選択モデルを考慮した計画が必要になると考えられる．

g) 自動運転時代に向けた

経路選択情報による交通制御の検討

カーナビ利用者は，カーナビが示す推奨ルートを選択する率が 80% と非常に高い．そのため，多くのドライバーが利用するカーナビに，ボトルネックの迂回など，交通の全体最適に資する経路選択情報を配信できれば，交通制御に貢献できると考えられる一方で，経路選択が画一化し，別の渋滞を引き起こす可能性もある．現時点で当社カーナビの実交通量に対する利用比率は 1% 未満のためインパクトは限定的だが，今後ユーザや連携先が増加すれば，リアルタイム情報の投入や，本分析システムのような経路シミュレーション処理の繰り返し，ハンチングを防止する伝え方など，交通状態の安定化を図りながら情報提供を行う技術も必要になるであろう．自動運転が実現すれば，経路選択もより人から機械に委ねられることになるため，単に現況情報に留まらない，予測，さらには制御を含んだ交通情報配信システムが必要になるであろう．

参考文献

- 1) 太田恒平，大重俊輔，矢部努，今井龍一，井星雄貴：携帯カーナビのプローブ交通情報を活用した道路交通分析，土木計画学研究・講演集，Vol.47,2013
- 2) 太田恒平：経路判別可能なプローブデータを用いた高規格道路及び一般道路の交通流分析，土木計画学研究発表会，Vol.49,2014
- 3) 森川信：NAVITIME を用いた阪神高速での工事通行止め迂回ルート案内，第 11 回日本モビリティ・マネジメント会議，2016
- 4) 太田恒平，渡部啓太，小竹輝幸，梶原康至：カーナビが経路選択を左右する，土木計画学研究発表会，Vol.53,2016
- 5) 国土交通省：時間価値原単位および走行経費原単位（平成 20 年価格）の算出方法，
<<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/hyouka-syuhou/4pdf/s1.pdf>> (2016年7月30日閲覧)

(2016.7.31 受付)

The influence of probe traffic prediction on reducing transit time and driver's route choices

Kohei OTA, Keita WATANABE