

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究終了報告書】

①研究代表者		氏名 (ふりがな)	所属	役職	
		石田 東生 (いしだ はるお)	筑波大学 システム情報系	教授	
②研究 テーマ	名称	複合データによる道路サービス・パフォーマンス情報システムの研究開発			
	政策 領域	[主領域] (3)「新たな情報サービスを創造し、利用者の満足度を向上させる」ための技術研究開発	公募 タイプ	タイプII	
		[副領域]			
③研究経費 (単位: 万円)		平成21年度	平成22年度	平成23年度	総合計
※端数切り捨て。		700	707	657	2,065
④研究者氏名		(研究代表者以外の研究者の氏名、所属・役職を記入下さい。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。)			
氏名		所属・役職 (※平成24年3月31日現在)			
谷口 守		筑波大学システム情報系・教授			
岡本 直久		筑波大学システム情報系・准教授			
堤 盛人		筑波大学システム情報系・准教授			
谷口 綾子		筑波大学システム情報系・講師			
牧村 和彦		(一財)計量計画研究所企画部・次長			
上善 恒雄		大阪電気通信大学総合情報学部・教授			
伊藤 雅(研究協力者)		広島工業大学工学部・准教授			
福田大輔(研究協力者)		東京工業大学大学院理工学研究科・准教授			
⑤研究の目的・目標		(提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入下さい。)			
		本研究は、従来の路側観測によって得られる交通データとプローブカーデータを融合させることによって、空間的にも拡大し、多様なニーズに対応可能な道路パフォーマンスデータの作成と、より安価かつ他国でも適用可能なデータ収集方法を開発しようとするものである。			
		本研究では、路側観測データとプローブカー調査データに関するそれぞれの特性の把握を行い、交通状況に対して、空間的・時間的特性の整理を行う。リアルタイムに計測される路側観測データを、両データの蓄積によって求められる法則性に適用し、広域への適用可能性と信頼性について示すことの出来るシステムを構築することを目標とする。また、旅行時間以外にも道路の定時性や信頼性等、ユーザーから必要とされている多様な情報についての対応可能性についても確認を行う。			
		一方、システムに必要なデータの計測システムの構成についても検討を加える。道路パフォーマンスデータの収集と情報提供について、我が国ではVICSが整備されている。しかしながら、VICSのデータ収集系は、我が国の豊富な路側計測システムを最大限に活用する形で構成されており、整備水準の異なる国(特に途上国)への移転性に限界が生じている。また我が国においては国土交通省、警察庁、あるいは各高速道路株式会社それぞれ観測器を設置しており、高コストな観測体系となっている。			
		本研究では、プローブカーと路側観測点の密度を操作して作成される情報の種別ごとに、精度、空間分解能、時間分解能と計測システムの密度・量との関係を分析し、他地域・他国への技術移転におけるガイドラインと、我が国におけるより効率的な観測体系を示すことを目指す。			

⑥これまでの研究経過・目的の達成状況

(研究の進捗や目的の達成状況、各研究者の役割・責任分担、本研究への貢献等(外注を実施している場合は、その役割等も含めて)について、必要に応じて組織図や図表等を用いながら、具体的かつ明確に記入下さい。)

当初予定した目標を十分に達成できたとはいえない。

各研究分担者の構成、役割については、申請段階と大きく異ならないが、路側観測データおよびプローブカーデータの両データを活用する方法については、研究分担者である岡本を中心に進め、平成22年度からは研究協力者として伊藤准教授、福田准教授にも参画してもらい、データ解析を進めた。⑬にも示すように、対象としたプローブカーデータでは分析に十分なデータ量が確保できなかったこと、分析アルゴリズム・解析プログラム開発に時間を要してしまったこと等の理由によって、全体的な研究進捗が遅れてしまった。

平成22年度の中間審査時に頂いたコメント等から、研究方針を縮小させ、1)定点観測データとプローブカー調査データの特性分析、2)複数データを融合した道路パフォーマンス指標作成、3)データ収集システムの構成に関する検討、4)政策支援アプリケーションの提案の4テーマのうち、1)および3)に注力することとした。

⑦中間評価で指摘を受けた事項への対応状況

(中間評価における指摘事項を記載するとともに、その対応状況を簡潔に記入下さい。)

1. 進捗工程を厳格に管理の上、推進いただきたい。最終報告書においては、研究の目的、内容、意義、有用性を具体的かつ明確に記述いただきたい。

→研究工程において、当初予定していた網羅的かつ広域的な道路パフォーマンス指標作成については、十分な分析技術が完成しなかったため、限定的な路線におけるモデル作成に留まった。また各種アプリケーションについても、限定的な指標応用例を示すことに方針を変更した。

2. 道路行政支援のためのアプリケーションにおいて、道路行政への適用を見据え、複合データを用いることによって達成できる実務的な事柄を整理いただくとともに、行政担当者とコミュニケーションをとりながら研究を進めていただきたい。

→パフォーマンス指標の整理に当たり、国内外の道路行政担当者と面談等を行い、情報収集を行った。

3. 今後の取りまとめにおいて、新たなパフォーマンス指標の利点等を含む本研究の有効性について、従来手法(例えば道路交通センサ調査)との比較の観点から、具体的な事例イメージ等を用いて明確にしていきたい。

→本研究の5章で示したように、渋滞評価や環境影響評価については、既存調査技法では十分でないことを指摘するとともに、プローブカーデータ等を用いた算出例を示すことによって、本研究で目指す評価方法の有効性を示したと考える。

4. 目的はかなりマクロな(時間的にも空間的にも)観測をプローブデータで行い、従来の路側観測データと比較し、組み合わせることを意図していると思われるが、交通流モデルはマイクロすぎるため整合性の確保が困難と考えられる。なお、より分かりやすくするため、メソスケールモデルを間に入れる等の方法論の導入について検討いただきたい。

→対象地域内のパフォーマンス指標の算定に対して速度を状態変数とするCell Transmission Model (CTM-v)を構築した。本研究では、(1)交通流モデルを用いた内部状態の推定、(2)交通流モデルのデータ量の違いによる推定精度の確認、および(3)プローブカーデータとの比較による推定精度の確認を行い、良好であると判断できるモデルの作成に成功した。

このモデルをデータソース量が少ない場合にも算定できるか、あるいは算定できるまでの観測量はどこまで許容されるかをシミュレーションにより導出した。これによって、対象地域内において、必要最低限の計測量水準を求めることができると考えた。適切にパラメータを設定したCTM-vを適用した結果、データソースとなる感知器の数が9から7まで削減しても推定精度に大きな変化がないことを確認した。これは、観測機の配置を現状約200mから300m間隔でも可能であることを示している。

5. 交通流の巨視モデルのカルマンフィルタによるパラメータ同定は既存研究が多くあり、本研究で実施する必要性が不明確となっている。同手法には車両感知器データが適用されるが、これにプローブデータを統合的に適用する方法論を具体的に示していただきたい。

→本研究では、最終的には統合化には成功していません。状態変数にプローブカーの軌跡情報を用いることによって達成できると考えたが、そもそものデータ数の少なさの問題等によって、統合化は断念しました。上述4の様に路側観測データを基本として求めたモデルをプローブカーデータによって検証するに留まっております。

⑨研究成果

(本研究で得られた知見、成果、学内外等へのインパクト等について、具体的にかつ明確に記入下さい。)

本研究の目的は、従来の路側観測によって得られる交通データとプローブカーデータを融合させることによって、空間的にも拡大し、多様なニーズに対応可能な道路パフォーマンスデータの作成と、より安価かつ他国でも適用可能なデータ収集方法を開発しようとするものである。

この目的を達成するために、本研究では、まず1)国内外における道路パフォーマンス指標の現状を整理した。また2)路側観測データとプローブカーデータとの融合利用のための基礎的な検討を行うとともに、3)両データを活用した道路パフォーマンス情報収集システムデザインについての検討を行った。さらに、これらデータを活用した4)道路行政支援のためのアプリケーションの提案を行った。

以下に、各項目での成果についてまとめる。

- 1) 本研究では、まず、欧米および国内における道路行政マネジメントに資するパフォーマンス指標の現状について整理した。欧米諸国において、道路パフォーマンス指標作成のための検討は、現状でも続けられており、行政にも広く指標作成とデータ収集が行われていることを確認した。特に、近年では、道路信頼性に着目した指標が提案されている。道路信頼性については、「一日もしくはそれ以上といった、ある程度の幅を持った時間の中で計測される旅行時間の安定性の水準であること」と定義でき、その実施事例についても整理した。(報告書第2章)
- 2) 主として首都高速道路を走行するプローブカーデータおよび首都高速道路で観測したトラフィックカウンターデータを用いて、道路パフォーマンス指標作成のための基礎的な特性分析を行った。その結果、リンク毎に集計される平均旅行時間やその標準偏差と、複数リンクによって構成される経路単位での平均旅行時間および標準偏差について分析を行い、それらに法則性があるものの、単純な加算では信頼性指標を作成できないことを明らかにした。
今回の分析では、分析対象を首都高速道路の一部路線に限定して、基礎的な分析を行った。今後、交通量や交通の目的といった交通特性が異なる様々な地域への適用を考える場合には、対象地域を拡大する必要があることを指摘した。
(報告書第3章)
- 3) データ収集にかかるコスト縮減を鑑み、必要条件にあう提供情報水準を導出するための最低限必要な収集系に関する考察を行う。具体的には、対象地域内のパフォーマンス指標の算定に対するモデルを構築し、データソース量が少ない場合に

⑧研究成果（つづき）

も算定できるか、あるいは算定できるまでの観測量はどこまで許容されるかをシミュレーションにより導出した。これによって、対象地域内において、必要最低限の計測量水準を求めることができると考えた。ここでは、(1)交通流モデルを用いた内部状態の推定、(2)交通流モデルのデータ量の違いによる推定精度の確認、および(3)プローブカーデータとの比較による推定精度の確認を行った。

Cell Transmission Model を内部状態変数として速度を採用し推定することに成功し、データソースとなる感知器の数が9から7まで削減しても推定精度に大きな変化がないことを確認した。これは、データ量としては、現状よりも約20%の現象、路側観測器の配置密度でいえば、現状約200mから300m間隔でも可能であることを示している。（報告書第4章）

- 4) 得られた複数データによって作成されるパフォーマンス指標を多様な場面に適用し、道路行政における重要なデータ・情報を提供することも目的とし、本研究では、渋滞評価および環境評価への適用を試みた。それぞれにおいて、従来よりも詳細な検討が可能となることを示した。（報告書第5章）

⑨研究成果の発表状況

(本研究の成果について、これまでに発表した代表的な論文、著書(教科書、学会抄録、講演要旨は除く)、国際会議、学会等における発表状況を記入下さい。なお、学術誌へ投稿中の論文については、掲載が決定しているものに限ります。)

- ・ 加藤務、石田東生、岡本直久：路側観測データの交通流モデルへの適用，第10回ITSシンポジウム，2011
- ・ Tsutomu KATO, Haruo ISHIDA, Naohisa OKAMOTO; A Study on the application of the traffic flow model using the road detector data, 18TH ITS world congress 2011 paper number:3259, 2011
- ・ 加藤務、石田東生、岡本直久：複数データを用いた道路所要時間信頼性の推定に関する試み，土木計画学研究講演集 Vol.44, 2011
- ・ Zihan HONG, Daisuke FUKUDA; Effects of traffic sensor location on traffic state estimation, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* (accepted for publication).

⑩研究成果の社会への情報発信

(ウェブ、マスメディア、公開イベント等による研究成果の情報発信について記入下さい。ウェブについてはURL、新聞掲載は新聞名、掲載日等、公開イベントは実施日、テーマ、参加者数等を記入下さい。)

特になし。

⑪研究の今後の課題・展望等

(研究目的の達成状況や得られた研究成果を踏まえ、研究の更なる発展や道路政策の質の向上への貢献等に向けた、研究の今後の課題・展望等を具体的に記入下さい。)

本研究では、リンク単位で計測された標準偏差を積み上げても、区間、経路、ODといったユーザーが求める標準偏差、すなわち信頼性指標は算出できないことを指摘した。

しかしながら、プローブカーデータの量的な少なさから、この問題を解決するためには、データ拡充、接合データによるサンプルの拡大といった課題が残る。接合データによるサンプル数拡充を試みる場合についても課題が、現時点でも次の4点が指摘できる。第一に、接合データを用いたとしても分析に使えるだけのデータを確保できない箇所もあると考えられる。接合データはプローブカーデータを基に作成するため、プローブカーの走行台数が少ない道路においては、接合データの作成がデータ数を増やすための有効な手段とならない場合がある。第二に、距離が延びるにつれて接合データの分散・標準偏差が拡大する問題がある。分散・標準偏差が大きくなるということは、接合データの分布のばらつきが大きくなり、旅行時間を正確に予測しにくくなることを意味する。第三に、各リンクの情報を独立な情報として扱えない問題がある。隣同士のリンクの相関係数を見てみると、リンク同士には相関があることがわかり、非独立であることがわかる。尚、独立として扱ったとすると、データ数の増加に伴って旅行時間の分散・標準偏差は拡大してしまう。第四に、リンク情報を代表する路側観測データでは、より実質的な走行速度を計測するプローブカーデータと比較した場合、観測位置の特性や、観測単位によっては、大きな差異が生じている。

今後実務に応用させるためには、これらの問題を無視することは出来ない。何らかの方法を用いて、問題を緩和する必要性が出てくる。具体的には、プローブカーデータの拡充と、そのための大容量データ処理方法の開発が必要となる。

⑫研究成果の道路行政への反映

(本研究で得られた研究成果の実務への反映等、道路政策の質の向上への貢献について具体的かつ明確に記入下さい。)

本研究では、プローブカーデータと路側観測データを融合的に活用し、所要時間信頼性等の道路パフォーマンス指標の作成を試みた。研究成果から道路政策の質的な向上に資する事項として、以下の点が指摘できる。

- ① 道路パフォーマンス指標としての渋滞評価、環境評価にあたり、プローブカーデータを活用することにより、従来よりも詳細な指標が作成できること。ただし、1秒単位の計測データが前提となるため、データ取得のためのスペックの整理が必要である。
- ② 所要時間信頼性指標としての標準偏差等の統計値は、リンク単位の計測ではOD間指標を算定するには不十分であること。そのためには、より多くのプローブカーデータ取得と、その処理システムの構築が必要であること。
- ③ 路側観測データを主とした交通流の再現モデルを用いた分析にもとづいて、現状よりも観測点を約20%減少させても、十分な推定できること。

⑬自己評価

(研究目的の達成度、研究成果、今度の展望、道路政策の質の向上への寄与、研究費の投資価値についての自己評価及びその理由を簡潔に記入下さい。)

本研究では、当初の目標に対し、その達成度は低いと認識している。

その原因の一つとして、データ処理方法に問題があったと考えている。本研究で用いたプローブカーデータは、総台数20台で、本研究で目標としたOD間の時間信頼性指標を検証するためには、極めて少なかったと言わざるを得ない。

交通流モデルにより推定された速度とプローブデータから得られた速度との差異を確認したところ、ある程度の推計精度は確認できたものの、必ずしも十分な再現性があるとは言い切れない。これは検証データとして用いようとしたプローブデータの量が、圧倒的に少ないためであった。

ただし、民間プローブカー等の大量なデータが利用可能とした場合には、大データの処理システムという別の課題が生じる。特に、本研究と同様の検証を行おうとする場合には、その計測時間単位(本データでは1秒、民間プローブは15秒～1分)が検証作業に大きな影響を与えることが確実であり、プローブカーデータの収集系についても、活用方法を念頭においた検討が望まれる。