

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究状況報告書（1年目の研究対象）】

①研究代表者	氏名（ふりがな）		所属		役職	
	（いりょう たかまさ） 井料 隆雅		神戸大学		教授	
②研究 テーマ	名称	ETC2.0 データの活用と評価を通じた次世代 ETC の基本設計提案				
	政策 領域	[主領域] 領域2		公募	タイプIV-1	
		[副領域]		タイプ		
③研究経費（単位：万円）	令和元年度	令和2年度	令和3年度	総合計		
※R1 は受託額、R2 以降は計画額を記入。端数切捨。	4,199	4,800	4,800	13,799		
④研究者氏名	（研究代表者以外の主な研究者の氏名、所属・役職を記入。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				
宇野 伸宏		京都大学 ・ 教授				
吉井 稔雄		愛媛大学 ・ 教授				
倉内 慎也		愛媛大学 ・ 准教授				
坪田 隆宏		愛媛大学 ・ 助教				
西内 裕晶		高知工科大学 ・ 講師				
嶋本 寛		宮崎大学 ・ 准教授				
神谷 大介		琉球大学 ・ 准教授				
瀬谷 創		神戸大学 ・ 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。）						
本研究では、次世代ETCシステムの基本設計の提案を、ETC2.0データ等を活用したケーススタディによる要件抽出、新観測技術の実道実験、匿名化や外部データ連携技術等の開発を基に、要件を満たすに必要かつ十分で、現行ETC2.0と連続性がある形で行うことを目指す。このために「テーマ1:アプリケーションを通じた要件抽出」「テーマ2:各種観測技術の実用可能性検討」「テーマ3:マップマッチングと匿名化手法の開発」「テーマ4:外部データ連携技術の開発」「テーマ5:次世代ETCシステムの基本設計案の提案」の5つのテーマの研究を3年間で実施する予定である。本年度は、テーマ1から4について、先行ケーススタディの実施（テーマ1）、技術の事前検討（テーマ2）、車両感知器データとの連携（テーマ4）のほか、既存研究や事例の調査（主にテーマ1,3）を実施する。						

⑥これまでの研究経過

(研究の進捗状況について、これまでの研究目標の達成状況とその根拠(データ等)を必要に応じて図表等を用いながら具体的に記入。また、研究の目的・目標からみた研究計画、実施方法、体制の妥当性についても記入。)

I. 研究の進捗状況

今年度実施中の4つのトピックについて進捗と見通しを報告する。

(1) 道路局・地整等と連携したケーススタディの実施(テーマ1)

本研究の目的の1つである「アプリケーションを通じた次世代ETCが持つべき要件の抽出」の一環として各地方でケーススタディを実施している。これらでは「現行ETC2.0データにおける観測や分析で用いられていない新規の手法」の有用性の評価を行い、そこから次世代ETCの仕様策定に有用な情報を得る。本研究では、単なるデータ収集手段の検討ではなく、データ分析まで含めた統合されたシステムとして次世代ETCシステムを提案することを目標としている。このため、新規の手法にはデータ測位精度やサンプル率等の向上のほか、高度な分析手法の開発、外部データとの融合分析も含めている。

今年度は近畿、四国、九州、沖縄の4地方でケーススタディを実施している。四国と九州では高知市内と宮崎市内を対象とした渋滞問題を選定した。沖縄においては、訪日外国人観光客のレンタカーによる観光行動分析を選定した。近畿では、次年度の交通シミュレーションとの連携のための交通状態推定技術の評価を行なった。以降それぞれを(a)(b)(c)の順で説明する。

(a) 地方都市における交通渋滞問題の発見

地方都市における道路整備は着実に進んではいるものの、交差点などで局所的かつ慢性的に発生する混雑がまだ問題となっている。一般道路における混雑で往々にして問題となるのは、交差点直近やバスレーン等におけるレーン利用状況である。一方、現行ETC2.0では走行レーンの特定は難しく、これらのアプリケーションへの適用は事実上不可能であった。この問題意識のもと、ケーススタディとして混雑する交差点(高知市内)とバス専用レーン(宮崎市内)を選定した。以下、これらの詳細を述べる。

(a1) 高知市国道56号線石立交差点東行の混雑分析

高知市内の国道56号線石立交差点東行は路肩側から直進左折、直進、右折の3つのレーンで構成されているが、直進左折から左折する車両が直進車の流率を下げ、それが渋滞の原因であるとされている。この解決のため、左折専用レーンの増設が今年度に計画されているが、その効果を評価するためには事前の交通状況の詳細を把握することが欠かせない。この交通状況把握を次世代ETCで行うことをケーススタディとして想定し、以下のことを実施している：

1. 当該交差点とその上流区間におけるレーンごとの交通状況をビデオカメラ調査により把握する。これは、いわゆる「真値」を取るために行う。
2. 次世代ETCを想定したプローブデータ(1のデータ、測位端末を搭載した備車から得られたデータ、ETC2.0一般プローブデータを基として仮想的に作成する)により、1で観測対象とした交通状況の把握がどこまで可能かを検証する。
3. 2の結果を基に、次世代ETCが持つべき性能を考察する。

測位端末にはマルチGNSS測位と自律航法を組み合わせた機器を用いている。マルチGNSS測位はGPSおよびそれ以外の複数種類の衛星を使用し測位精度を向上させている。観測は2019年11月18~22日の5日間の午前6~10時で実施した。

表-1 ETC2.0データによる飽和交通流率の推定値とビデオカメラによる直接観測値

	ETC2.0での推定値	直接観測値
飽和交通流率（左側2レーン合計）	49.9 台/分	50.3 台/分

※ 分析は実施中のため、これらの値は暫定値である。

分析は実施中であるが、交通状況のうち飽和交通流率の観測に関する暫定的な成果を一例として紹介する。ETC2.0データのような区間ごとのサンプル率（交通量に対する観測数）を正確に知ることが不可能なプローブデータで飽和交通流率を観測するのは一見不可能に見える。しかし、今回、そのようなデータであっても安定して飽和交通流率を推定できる手法を、研究代表者のグループによって開発することに成功した。この方法で2019年4月から7月（7時～9時）のETC2.0データを用いて当該交差点東行の直進左折レーン（直進と左折の両方を含める）と直進レーンの飽和交通流率の合計を推定した値と、ビデオカメラによる直接観測値を表-1に示す。提案手法はこの合計値をよく推定できていることがわかる。提案手法は次世代ETCの統合システムの重要な機能の1つとなる価値があるといえよう。ただし、現行のETC2.0データは走行レーンの区別ができないため、レーンごとの飽和交通流率は推定できない。上記2.の次世代ETCを想定したプローブデータでそれが可能かどうかについては現在検討中である。

(a2) 宮崎市国道220号線橋橋前後と並行道路の混雑分析

国道220号線橋橋は宮崎市中心部を南北に分断する大淀川の数少ない渡河地点であり混雑ポイントとなっている。バス路線も多く設定されており、17:30～18:30には2車線のうち路肩側1車線がバス専用レーンとなる。このためこの区間の混雑状況の評価にはレーンの使用状況もわかるデータを用いることが望ましい。このケーススタディでは、2019年11月13～15, 18, 19日の15時～20時のあいだに、(a1)の高知の実験と同じ測位端末とドライビングレコーダーを搭載した5台の備車を当該区間（国道220号線に3台、東側を並走する県道341号線に2台）で往復走行させた。ドライビングレコーダーは交通状況の把握のほか走行レーンの特定にも活用する。

このケーススタディでは「測位端末による走行レーン特定」に加え、「サンプル数増加による混雑状況把握の精度向上」「外部データ（人流データ）との融合」の2つに関する検討も行う。当該区間はETC2.0のサンプル率が低く、その増加の効用は大きい。ETC2.0一般プローブに加え、上記の備車観測、民間プローブデータをあわせて用いることによりサンプル数を増加させた分析を実施する予定である。人流データとの融合では、南北の人の移動の需要と当該地点の混雑との関係进行分析する予定である。

暫定的な結果として、図-1に、橋橋上での車両走行軌跡を走行レーンごとに描画したものを示す。測位間隔は0.2秒（GNSS測位が1秒単位で、それ以外は自律測位による補間）である。個々の車両の走行レーンを正確に取得することは困難ではありそうだが、軌跡の分布は実際の走行レーンを反映しているとはいえる。この情報からレーンごとの交通状況を推定するための方法論は現在検討中である。

(b) 訪日外国人観光客のレンタカーによる観光行動分析

本研究では、ETC2.0とカーナビゲーションによるGPSロガーを装備したレンタカーが利用者の許諾を得て収集したデータを用いて、次世代ETCによって欠落しない軌跡データを収集できるとしたときの観光行動分析に関するメリットを示すことを試みる。沖縄県では過年度より継続して訪日外国人観光客が借用するレンタカーに関する分析を、地域道路経済戦略研究会の枠組みの元でETC2.0によって

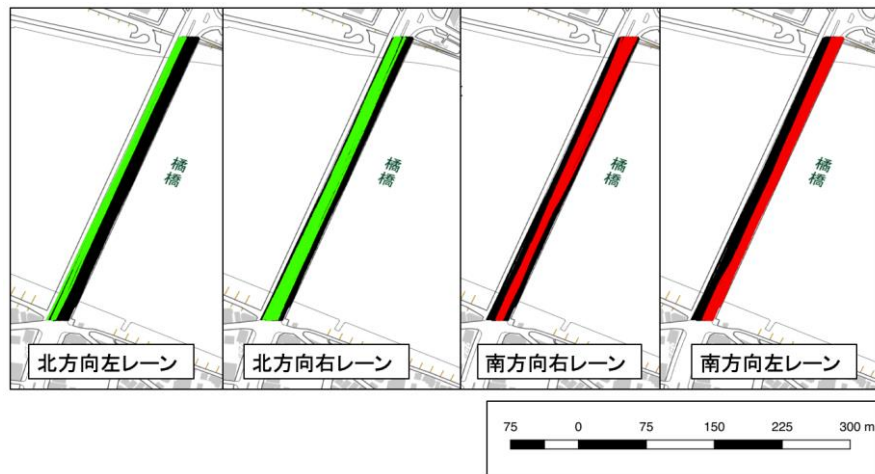


図-1 国道 220 号線橋橋（宮崎市）における走行方向とレーンごとの車両軌跡。図中黒色はすべての車両軌跡の測位点の集合を示す。色付き（緑または赤）は、枠内で示された方向とレーンを走行した車両の軌跡の測位点の集合を示す（暫定的な分析結果）

行なっている。しかし ETC2.0 は ITS スポットを通過せずに長距離を走ると軌跡データが欠損する。訪問した観光地等を確実に把握することは、訪日外国人がどのような観光地を好むのか、居住国・地域により好みに差があるのかなど、観光振興政策上重要な情報を含むが、ETC2.0 で十分な情報を得られているかは不明である。

暫定的な結果として、図-2 に GPS ロガーによる車両軌跡データから抽出したレンタカーの滞在箇所を示す。那覇市や西海岸沿いに滞在する車両が多い。一方で、東海岸側にもいくつか観光スポットとみられる場所での滞在がみられる。有名な観光地の混雑の緩和や観光地の多様化という意味では、これらのスポットに対するマーケティングが有効であろう。今後、観光行動のより詳細な分析と ETC2.0 データとの比較により、次世代 ETC での観測の改善ポイントを明らかにする。

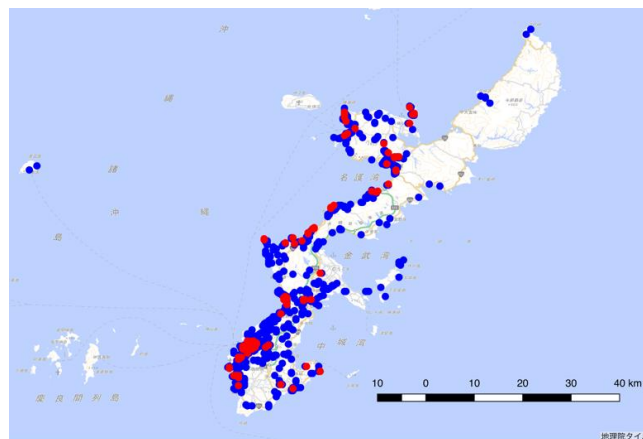


図-2 レンタカー滞在箇所（1/4メッシュ（250m四方）で集計し、10回以上の滞在を青、100回以上の滞在を赤で示している。期間は2018年度の1年間、観測対象台数は30台、暫定的な分析結果）

(C) 交通シミュレーションとの連携のための交通状態推定技術の評価

次年度実施予定の交通シミュレーションとの連携においては、ETC2.0を活用した交通状態推定が、シミュレーションとの連携にどこまで活用できるかを評価し、そこから次世代ETCにむけた要件抽出を行うことを計画している。対象地区は大都市とすることを計画している。このため、今年度のケーススタディとして、大都市である近畿地方における交差点の飽和交通流率と非飽和遅れ時間のETC2.0データからの推定を選定している。高知のものと同様に、ETC2.0による推定値をビデオ観測と比較し、開発した手法の妥当性を検証する。ビデオ観測はすでに終了し、現在分析を実施している。

(2) 各種観測技術の事前検討（テーマ2）

次年度の実走実験での観測技術の検証のために事前検討を実施している。測位技術については、マルチGNSS測位によるものは、(1)(a2)の宮崎市内の結果を見てもわかるように、車線特定にはやや厳しい程度の測位誤差があることがわかっている。このため、より精度のよい準天頂衛星対応の測位端末を実験車両に搭載しその精度を年度内に検証する。測位以外に、周辺車両との位置関係を観測するLiDAR（レーザー測距）も実験車両に搭載しどのような観測結果を得られるかも検証する。周辺車両の情報は交通状況の推定に有用であることが複数の既存研究により明らかになっている。このような情報は運転支援装置等によって取得されていることもあり、今後有効活用できる可能性がある。

(3) 外部データ連携の開発実装（車両感知器）（テーマ4）

次世代ETCによる車両軌跡等のデータと、外部データの1つであるJARTIC（日本道路交通情報センター）が提供する車両感知器データとの連携システムの開発実装を行っており、搭載データの整備をほぼ終えている。例えば図-3のように、ETC2.0による交通量は、車両感知器で観測される日変動を必ずしも適切に捉えているわけではない。開発中の連携システムによりこのような問題の緩和が可能となることが期待できる。過年度に開発した階層型車両軌跡データベース（下位層はエリアで軌跡を管理する）を想定し、図-3のような地点ごとの連携のほか、2次メッシュ単位での集計的な連携も行う。

(4) 国内外の事例と既存技術の情報収集（主にテーマ1,3）

文献調査や学会会議を経て事例および既存技術（匿名化技術やマップマッチング等）の収集を行なっている。IEEE ISTC, TRBなどの国際会議における最新情報の収集も実施している。また、国土交通省道路局とは次世代ETCの仕様策定に関する情報交換を実施することにより、研究において重点を置くべきポイントを把握することも行なっている。

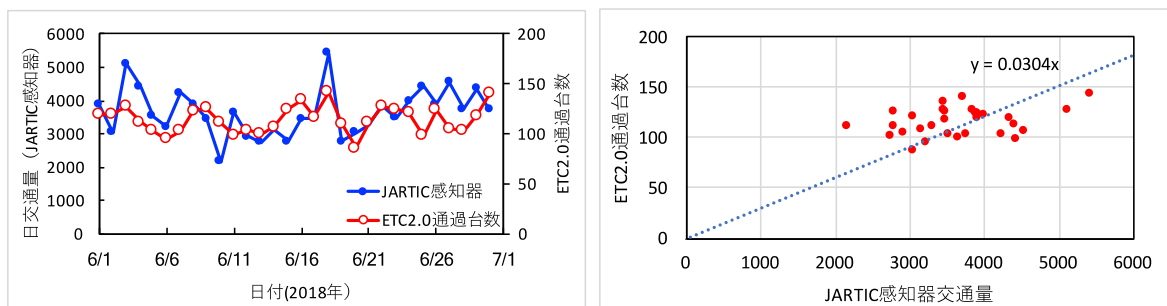


図-3 神戸市内の観測点におけるJARTIC提供の車両感知器交通量とETC2.0通過台数の比較（暫定的な分析結果）左：日変動，右：両者の比較（点線は切片=0の直線回帰）

II. 研究の目的・目標からみた研究計画、実施方法、体制の妥当性

本研究の目標は次世代ETCシステムの基本設計の提案であるが、そのためにETC2.0データ等を活用したケーススタディを実施し、その知見を基に、アプリケーションに即した次世代ETCシステムに必要な要件抽出を行うことが一つのポイントである。また、本研究では、次世代 ETC システムを、観測系やデータ通信系だけではなく、データベースや分析系も含めた統合システムとして提案することを目標としている。本研究の研究計画は、特にこの2点の目標を達成することを重視し、「テーマ1:アプリケーションを通じた要件抽出」「テーマ3:マップマッチングと匿名化手法の開発」「テーマ4:外部データ連携技術の開発」の3つのテーマを含めている。これにより次世代 ETC システムの基本設計を、実務的な需要に資するために必要十分な形で提案することが可能となるようにしている。

研究の実施方法や体制は上記の研究計画を達成させることができるように構築している。地域道路経済戦略研究会の地方研究会の委員を含む各地方での道路に関する課題に詳しい研究者を共同研究者として含め、ケーススタディが効率的かつ的確に実施できるようにしている。さらに空間情報科学が専門の瀬谷氏（神戸大）を共同研究者として含め、観測技術や空間情報処理に関する事項を効率的かつ的確に実施できるようにしている。ETC2.0 データの前処理や実道での観測業務についてはこれらの経験が豊富なコンサルタント会社にその一部の外注を行い、研究全体の品質と効率の確保にも務めている。

今年度の研究実施状況は順調であり、これらの研究計画・実施方法・体制はよく機能していると判断している。次年度以降もこれらを前提としつつ研究を遂行することが最終的な目標の達成に効果的であると考えている。

⑦特記事項

（研究で得られた知見、成果、学内外等へのインパクト等、特記すべき事項があれば記入。また、研究の見通しや進捗についての自己評価も記入。）

研究で得られた知見

低いサンプル率のプローブデータから飽和交通流率を推定する手法を今回開発したが、高知のケーススタディでも示したように、この方法は実用的な精度での飽和交通流率の推定ができることがわかってきた。近畿地方におけるケーススタディでも同様の知見を得ている。このことは、プローブデータの活用の幅を広げるために非常に重要であると考えている。

測位精度向上のためにマルチGNSSの観測機器を用い、一定の精度が実道上の観測で出ることを確認はしたものの、この観測結果から走行レーンを推定するためにはなんらかの推計プロセスが必要そうであることがわかった。測位のずれには一定の特徴があるようであり、今回得られた実験結果は、この推計プロセスの開発に重要なデータとなると考えている。

研究の見通しおよび進捗の自己評価

概ね計画通り進んでいると自己評価している。ETC2.0データ、外部データについては、特にケーススタディの観測結果と併せて用いるものについてはその到着まで時間を要するもの（最も遅くて1月末予定）もあり、その分析には着手できていないが、これは計画段階で想定していたことであり、年度内に必要な分析を終わらせる予定である。