

画像センサの活用方法に関する提案

泉 典宏¹・牧野 浩志²・上條 俊介²・田中 淳³・竹平 誠治³・後藤 秀典³

¹正会員 (株) オリエンタルコンサルタンツ 中部支店 (〒450-0003名古屋市中村区名駅南2-14-19)

E-mail: izumi@oriconsul.com

²正会員 東京大学生産技術研究所 (〒153-8505東京都目黒区駒場4-6-1)

E-mail: makino/kamijo@iis.u-tokyo.ac.jp

³正会員 (株) オリエンタルコンサルタンツ 関東支店 (〒151-0071東京都渋谷区本町3-12-1)

今後、道路行政サービスを効率化するためには、交通の実態を把握することが重要であり、コスト削減という観点からもできる限り効率的に交通情報を収集することが課題である。そこで、本研究では、オクルージョン（車の重なり）の処理にも強い画像処理技術（時空間MRF）を用い、画像センサを道路行政サービスへ活用する方法について提案した。特に道路管理の効率化に資すると考えられる既存CCTVの日常センサスとしての活用、ビデオ映像を活用した交通量調査の効率化、付加価値のある画像センサの活用方法について提案を行った。

Key Words : CCTV, Imaging sensor, Image processing, efficient traffic survey

1. はじめに

効率的でコストのかからない道路行政サービス¹⁾を実現するためには、交通の実態をコストをかけずに把握し、道路管理全般に使えるようなプラットフォームを構築し、行政サービスを落とさずに効率化していくことが重要である。このような中、近年はバスやタクシー等のプローブが普及し、旅行速度情報は比較的簡単に把握できるようになってきた。しかしながら、交通量データは、5年に1度実施する道路交通センサスや常時観測地点のデータ、個別の手観測による交通量調査のデータが主であり、道路行政全般に活用できる情報として把握できていないのが現実である。

一方、近年画像処理技術の発展により、オクルージョ

ン（車の重なり）の処理にも強い画像処理技術（時空間MRF）も出てきた。この技術を活用することで、既存のCCTVの映像から交通量を観測することが可能となってきたのである。

本稿は、画像センサから得られる交通情報を道路行政サービスへ活用する方法について提案する。

2. 画像センサの概要

時空間MRFは、時空間画像中の隣接した画像同士でテクスチャの相関や移動物体軌跡の連結の確からしさを評価するアルゴリズムにより、車両等のトラッキングを行う技術である²⁾³⁾⁴⁾。この技術により車両のトラッキングにおいて最も困難な課題であったオクルージョン（車

表-1 CCTV画像センサの特徴（他手法との比較）

項目	画像センサ(MRF)	常時観測トラカン	簡易トラカン(モバトラ等)	手観測
精度	○90~110%(±10%) ※画像録画で精度検証が可能	◎95%以上	◎95%以上	○バラツキあり(精度の検証不可能)
車種分類	○2車種(大きさによる判定) 自転車・歩行者も可能	○2車種(車長による判定)	○2車種(車長による判定)	◎4車種
常時連続観測	◎リアルタイム観測による常時観測可能	◎連続観測可能	△データ蓄積型、可搬型のため	△調査員のため
観測容易度	◎事務所から観測したいCCTVを選択し観測可能	◎常時観測	○容易であるが現地に行く必要あり	△調査員の確保等、業務発注の必要あり
観測位置自由度	◎CCTV1台で4方向・多車線対応可、セットアップが容易	△方向別・車線ごとに1台、セットアップが必要	○2車線道路であればどこでも可能	○どこでも調査可能
コスト	○システム購入必要。既存CCTVを活用可能	△車線別に必要。イニシャルコストが高い	○機械の購入必要。車線別に必要。2車線1セット	△長期となると費用がかさむ
付加価値	◎速度、走行軌跡、危険事象、自転車・歩行者の計測が可能	○速度が計測可能	○速度が計測可能	△交通量のみ

の重なり)を解決し、様々な状況下において精度の高い画像処理が可能となった。

時空間MRFを用いたCCTV画像センサと他の交通量観測手法との関係は、表-1のとおりである。CCTV画像センサは、常時連続観測、観測容易度、観測位置自由度、付加価値という観点において有効である。特にカメラ1台で複数方向・車線のデータを収集できること、観測中もCCTVを監視用として活用可能であること、他の手法と異なり画像情報があるため容易に精度の検証が可能であることが特徴である。

3. 画像センサの活用方法の提案

(1) 画像センサの道路行政サービスへの活用可能性

渋滞対策や交通安全対策、日常の道路管理等の道路行政サービスを実施する上で、交通量や旅行速度等の交通データが担う役割は非常に大きい。さらに近年は、より効率的・効果的な道路行政サービスを実施(高度化)するため、中・長期的で、線・面的な交通データを的確に収集し、蓄積することが求められている。

道路行政サービスを実施する上で必要な情報とデータの収集方法を表-2に整理した。画像センサは、交通量以外に地点速度、車両軌跡、映像等を収集することができ、利用状況の把握、歩行者・自転車施策の検討、道路災害時の異常事象検出等で活用の可能性がある。さらに、プローブデータ等と組み合わせることで、施策評価を様々な視点で実施することができる等、道路行政サービスの様々なシーンにおいて活用の可能性がある。

(2) 画像センサのデータ活用のロードマップ

画像センサの特徴を踏まえ、既存施設の有効活用、既存調査の効率化、付加価値を活かした高度な活用という観点から、画像センサのデータ活用のロードマップを検討した(図-1)。

a) 画像センサのデータ活用のフェーズ1

画像センサのデータ活用のフェーズ1は、「画像センサから得られる交通量データの活用」という位置づけである。具体的には、現在活用できていない既存CCTV等の日常センサとしての活用や、ビデオ撮影で収集した画像の後処理によって交通量を収集する交通量調査の効率化である。

①日常センサとしての活用

道路交通センサの定期観測化には低コスト化という観点が重要であり、既存のCCTVの画像センサとしての活用は有効な手段である。既存のCCTVは、道路監視用

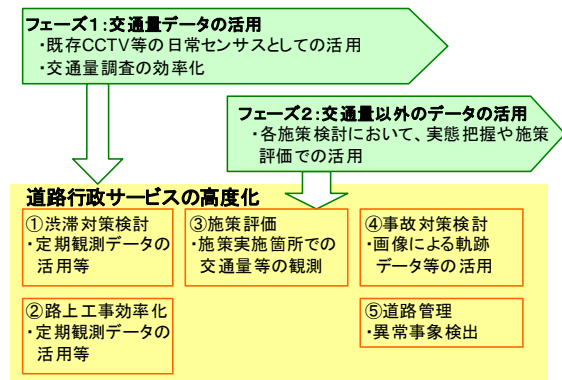


図-1 画像センサのデータ活用のロードマップ

表-2 画像センサの道路行政サービスへの活用可能性

道路行政サービス		必要情報		常時観測 トラカン	画像 センサ (MRF)	簡易 トラカン (モバトラ等)	プローブ	その他
円滑	渋滞対策	利用状況	交通量	●	●	●		
		渋滞状況	旅行速度, 損失時間				●	
	道路の有効利用	施策評価 サービスレベル	交通量/容量(混雑度)		●	●		
			交通量・速度(QV図)		●	▲		
			旅行速度, 旅行時間 時間信頼性(余裕時間, 平均遅れ時間等)					●
	路上工事	渋滞状況	旅行速度, 旅行時間				●	
迂回状況		迂回経路等の交通量	▲	▲				
	交通容量	工事箇所交通容量 (捌け台数)	▲	▲	●			
交通安全	交通安全対策 (事前対策)	事故	事故件数, 事故率					事故件数
		ヒヤリ・ハット	ヒヤリ・ハット件数		▲		●	アンケート
	歩行者・自転車 異常事象検出		走行位置別の交通量		●			
			速度, 密度等		●			
情報提供(直前 対策)	合流, 追突対策	車両情報, 停止・低速車 両検知		●		●		
環境対策	排出ガス等	排出ガス, 燃料消費				●		
更新・災害 対策	日常管理	走行状況	目視		●		●	
	異常事象検出	気象条件	天候, 雨量, 積雪等					
	冬季路面管理	路面状況	積雪・凍結状況		●			気象センサ
	道路災害	異常事象, 災害 発生	異常事象検出 災害状況, 目視		●			特殊センサ

であるため、画像は垂れ流しの状態である。CCTV画像から交通量等を計測するシステムを用いることで、既存CCTVの画像を元に、常時交通量を計測することが可能となる。常時観測トラカンと組み合わせることで、常時観測ポイントが増加し、道路網としての交通状態をより的確に把握することが可能となる(図-2)。

また、画像センサは、交差点で観測することにより、1つのカメラで方向別の交通量を把握することができる。少ない観測地点でより多くの交通情報を得ることが可能となる(図-3)。

さらに、「地点間の交通量比は変動が少ない」という交通特性を踏まえると、プローブや推計(現況配分)から得られるOD情報と任意の日の交通量調査結果、画像センサ情報を組み合わせることで、より少ない常時観測トラカン、画像センサで効率的にネットワークの状態を把握することが可能となる(図-4)。

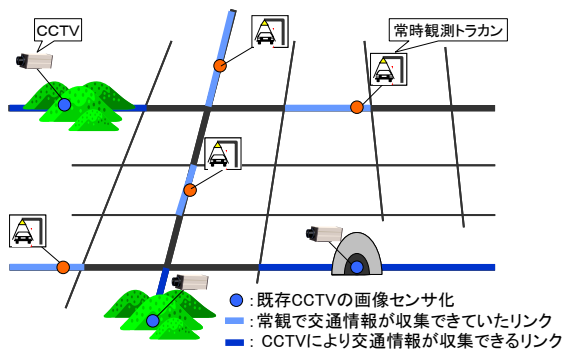


図-2 既存CCTVの画像センサ化による効果

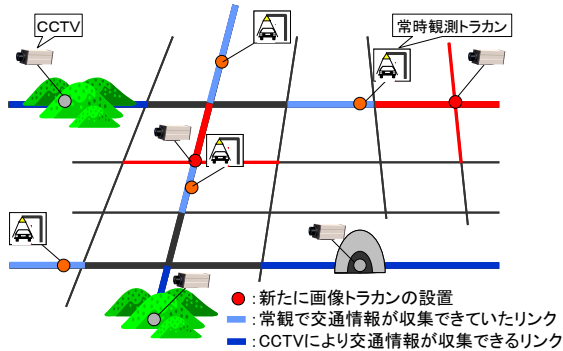


図-3 画像トラカンの設置による効果

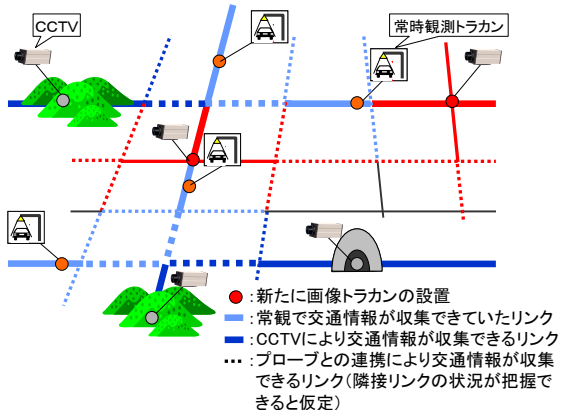


図-4 プローブ等との連携による効果

②交通量調査の効率化

道路事業を実施する上で、効果が出ているか、無駄な事業でないかということをチェックするための事前・事後評価が義務づけられている。評価の実施においては、交通データをもとに渋滞原因等の現状把握、事前事後調査等による整備効果分析が不可欠であり、交通実態調査はコスト等の関係から平日、休日各1日実施することが一般的であるが、任意の1日で年全体の交通状況を把握・評価することにはやはり限界がある。

画像センサは、映像を録画することで後から解析することが可能であり、家庭用ビデオカメラの映像を活用することで機動力のある調査も可能である。また、可搬型のカメラを数か月設置することで、日、曜日、月変動といった交通状況の変化を把握することも可能である。

整備効果分析においては、供用前から主要ポイントに仮設カメラ等を設置し、事前から事後の中期観測を行うことで、供用路線の利便性が浸透する状況等を的確に把握することが可能であり、調査の高度化とコスト削減を図ることができる。また、プローブ情報(遅れ時間)等と組み合わせることで、供用前後の時間帯別損失時間等も算出することができる(図-5)。

b) 画像センサのデータ活用のフェーズ2

画像センサのデータ活用のフェーズ2は、「交通量以外のデータとしての活用」という位置づけである。事故対策や渋滞対策、自転車施策等様々な交通対策の検討に活用できると思われる。

事故対策の検討フローを図-6に示す。事故対策は、事故原因の特定、対策の立案、対策の実施、対策の効果評価という手順を進める。これまで、事故原因の特定には多発地点の特定に数年、箇所分析は事故調査に基づく机上の検討、対策の評価に数年程度かかるのが実態であった。

画像センサから得られる速度、走行軌跡等は事故対策に活用でき、施策の実施、評価の時間を大幅に削減することができる。事故原因の特定では走行軌跡からニアミ

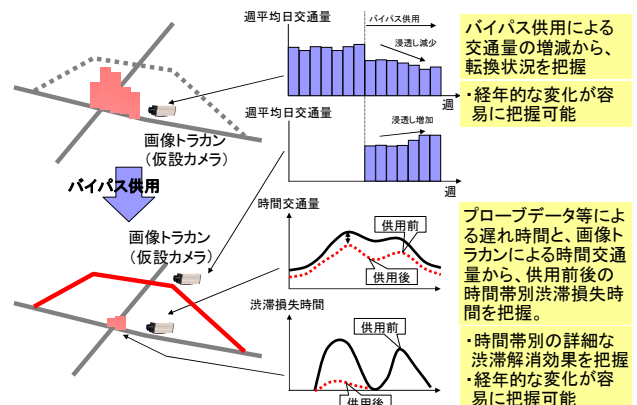


図-5 整備効果での活用例

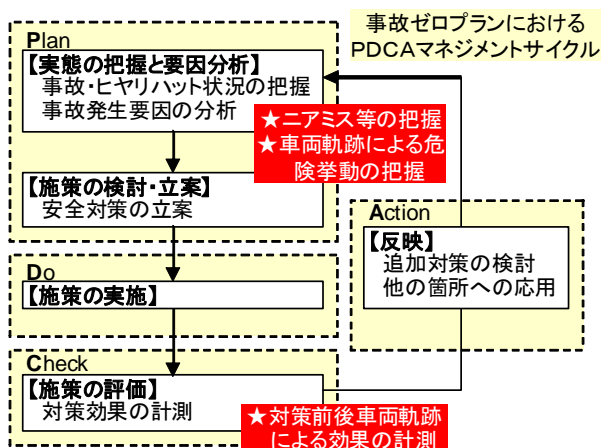


図-6 事故対策を例とした施策検討フローと画像センサの活用場面

ス等の情報収集に活用でき、施策の評価では対策前後の走行軌跡等が活用できる。そのため、原因の特定や評価に数日のデータがあればよく、効果の期待できる対策の立案が可能となり、評価も比較的簡単に実施できるようになる。

4. 画像センサの活用事例

交通安全対策の検討、積雪路面における除雪作業の効果検証、自転車施策の効果検証に関して、筆者らが実施した画像センサの具体的な活用事例を示す。

(1) 交通安全対策の検討事例⁵⁾

本事例では、下り勾配（4～5%）のS字ヘアピンカーブ（R=70m）における車両接触、追突事故の原因を把握するため、家庭用ビデオで撮影した画像を用いて車両の走行状況の分析を行った。

走行速度の頻度分布、および車両走行位置を図-7、図-8に示す。走行速度の頻度分布により、カーブ進入前に速度超過している車両が多数存在することが明らかとなった。また、車両の走行軌跡から車両走行位置を可視化したことで、カーブ走行中に第1車線の車両が右側に第2車線の車両が左側に車線逸脱している状況が確認できた。

以上をふまえて、当該箇所では図-9のように車両の逸脱、および速度抑制を目的とした黄色のドットマークを施工した。

(2) 積雪路面における除雪作業の効果検証事例⁶⁾

本事例では、積雪寒冷地において、既存のCCTV画像を用いて冬期の気象条件が車両挙動に与える影響を把握するとともに、除雪グレーダー（除雪車）が走行性向上に与える効果を評価した。

除雪前と除雪後の走行軌跡、および走行位置の頻度分布を図-10、図-11に示す。除雪前後の走行位置の頻度分

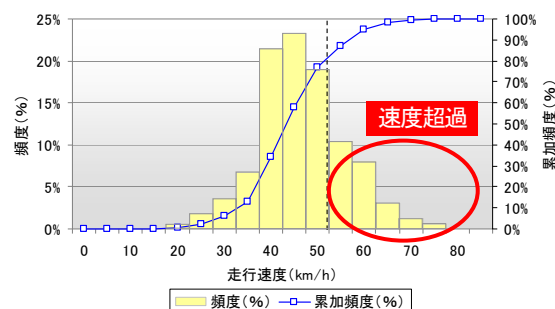


図-7 走行速度の頻度分布⁵⁾

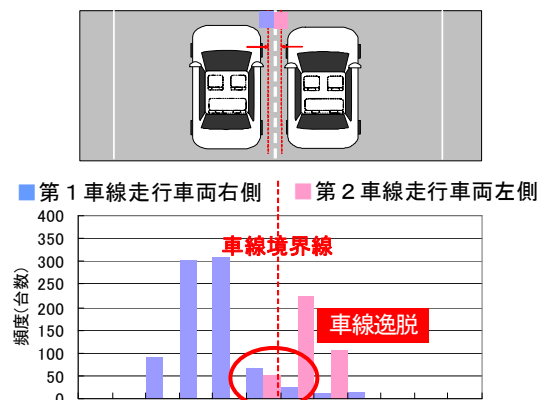


図-8 車両走行位置の可視化⁵⁾



図-9 対策実施後（黄色ドットマーク）

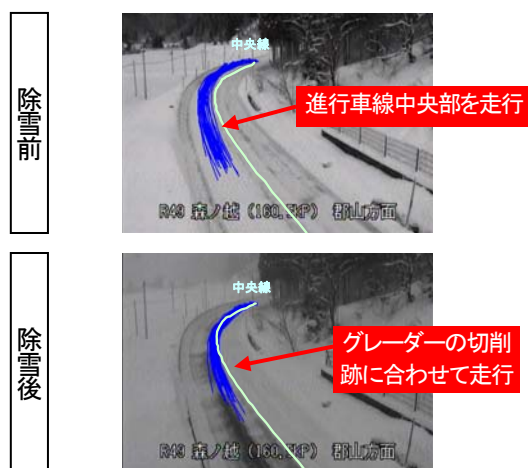


図-10 道路状況と走行軌跡⁶⁾

布の比較により、除雪後は走行位置のバラツキが小さくなったことが確認できた。一方、除雪グレーダーの切削跡を頼りに多くの車両が走行したため、走行位置の最頻値が除雪前に比べ中央線側に移動する傾向が見られた。

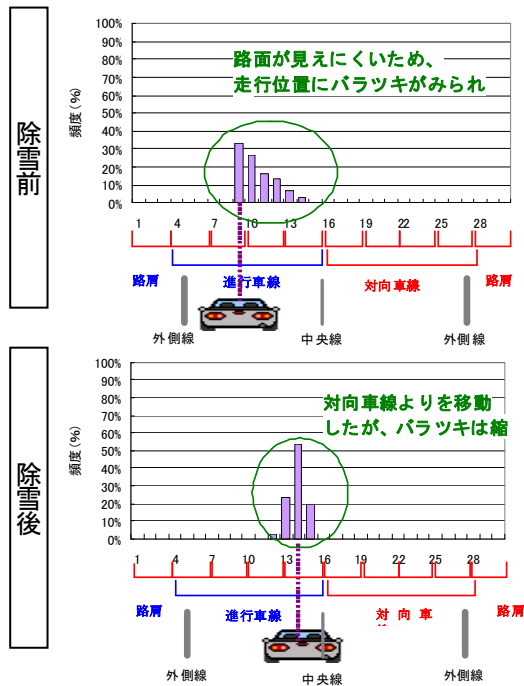
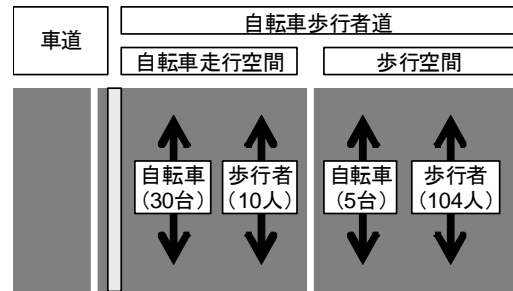


図-11 走行位置の頻度分布⁶⁾



図-12 施策実施後の状況⁷⁾



※計測時間(7:00~8:30)

図-13 自転車・歩行者の通行位置⁷⁾

(3) 自転車施策の効果検証事例⁷⁾

本事例では、小学校と高校が近接し、自転車と歩行者の錯綜が生じていた自歩道において実施した施策の評価を家庭用ビデオで撮影した画像を用いて行った。当該箇所で行った施策は、図-12のような路面標示による通行位置の分離である。

自転車、歩行者の歩道内の通行位置を図-13に示す。自転車の遵守率は86% (30台/35台)、歩行者の遵守率は91% (104人/114人)と非常に高い値であった。遵守していないときの状況は、図-14のとおりであり、画像センサのログデータの時刻をもとにビデオ映像を再確認することで、課題の状況を把握することができた。

本事例の他に筆者らは画像センサを用いて自転車と歩行者の交通量、密度、速度、走行軌跡等の自転車走行環境の評価指標を解析した。その結果、歩道橋程度の高さから撮影したビデオ画像であれば精度良く解析可能であり、すれ違いや危険度等も評価することができることを検証している(図-15)⁸⁾。

5. おわりに

本稿では、道路行政サービスの効率化・低コスト化に向けて、画像センサの活用方法の提案を行った。

事例で示したように画像センサは、施策を検討する上での現状把握や評価に関しては導入が進み、様々な検証で使われつつある。一方、既存CCTVの活用に関しては、「CCTVは道路の監視のみに使用し、交通量の計測は常時観測トラカンで実施する」というように、既存の施設が有効活用されていないのが現状である。今後は、既存



図-14 遵守されていないときの状況⁷⁾

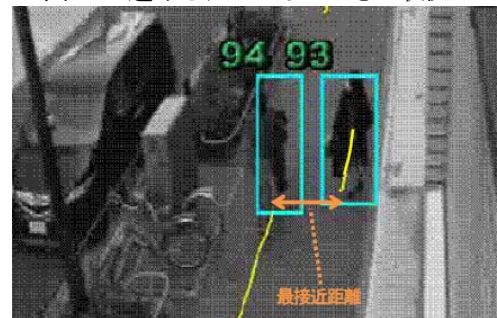


図-15 歩行者と自転車のすれ違いの計測状況⁸⁾

CCTVを画像センサとしても活用し、日常的なセンサとして都市圏域の道路交通の実態を把握していくこと、さらには交通事故対策や自転車問題などの交通対策を限られた人員の中で効率的に実施していくための仕組みづくりが必要であろう。

日常センサとしてCCTVから交通データを収集する上で、以下のような課題がある。

- ①夜間のCCTVカメラの絞りの設定
- ②橋梁部等における画像の揺れに対する対応
- ③監視目的で画角変更した場合の対応
- ④日常監視業務との調整

今後は、画像センサという観点でのCCTVの設置方法

や画像センサの設定方法に関してガイドラインを検討すべきであろう。また、常時観測トラカンやプローブデータ等の様々な交通データをクラウド技術などを活用し格納し、担当者が必要とするデータとして使える形で切り出してくるような解決型の業務支援アプリケーションの研究開発が必要になってくるのではないだろうか。

参考文献

- 1) 牧野浩志, 平沢隆之, 山崎勲: 道路行政研究会報告書, 国総研資料 第425号, 2007.9
- 2) 上條俊介, 松下泰之, 池内克史, 坂内正夫: 時空間 Markov Random Field モデルによる隠れにロバストなトラッキングアルゴリズム, 電子情報通信学会論文誌 D-II Vol. J83-D-II No.12 pp.2597-2609, 2000.
- 3) 坂本禎宏, 梶谷浩一郎, 内藤丈嗣, 上條俊介: 時空間 MRF 技術を応用した画像センサの開発, 第 12 回画像センシングシンポジウム予稿集, pp.293-297, 2006.
- 4) 井上博司, 劉 明哲, 上條俊介: 時空間 MRF モデルとパターン認識アルゴリズムの融合による交通画像解析技術の高度化, 第 5 回 ITS シンポジウム, pp.185-192, 2006.
- 5) 大儀健一, 森賢二, 下玉利光恵, 松井達, 泉典宏, 松沼毅, 川崎洋輔, 田中翔太, 上條俊介: 画像処理技術を活用した事故発生要因分析手法の高度化検討, 第 10 回 ITS シンポジウム, 2011.
- 6) 石井重好, 五十嵐俊一, 泉 典宏, 松戸 努: CCTV 画像を活用した積雪路面における車両挙動の分析, 交通工学研究発表会論文集, 2010.
- 7) 小宮淳一郎, 南嶋佳典, 牧野浩志: 大村市における自転車の通行方法の混乱に関する一考察, 国土交通省国土技術研究会報告
- 8) 田中 淳, 山中英生, 上條俊介, 松原 淳, 道工敏央: 時空間.MRF を用いた自転車走行環境評価手法に関する研究, 土木計画学研究・講演集, 2011.