

# 車載カメラ画像を用いた道路上の災害・事故情報収集技術の課題に関する考察

鈴木 彰一<sup>1</sup>・金澤 文彦<sup>2</sup>・元水 昭太<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室  
(〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地)  
E-mail:suzuki-s92tg@nilim.go.jp

<sup>2</sup>正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室  
(〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地)  
E-mail:kanazawa-f87bh@nilim.go.jp

<sup>3</sup>非会員 国土交通省九州地方整備局道路部交通対策課  
(〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-10-7)  
E-mail:motomizu-s8910@qsr.mlit.go.jp

従来、道路監視用カメラ（ITV）で撮像された画像を自動的に処理・解析し、異常事象等の検知を行う技術の開発及び導入の取り組みが進められてきた。しかし、ITV画像を用いた自動異常事象検知は、検知箇所がカメラ設置箇所に限定され、災害・事故情報収集手法としては不十分な点がある。一方、近年、事故遭遇時の画像記録等を主な目的として、カメラを搭載する車両が増加することが見込まれている。

本考察では、文献・ヒアリング調査結果をもとに、車載カメラから得られる画像情報を用いて災害・事故情報収集・活用を行う際の全体像を表す概念モデルを提案するとともに、データ取得、データ送信、データ処理、データ活用の各プロセスにおける運用面・技術面での課題を示した。

**Key Words :** ITS, in-vehicle camera, incident detection, image processing, road management

## 1. はじめに

道路管理者は、道路法（昭和二十七年六月十日法律第百八十号（最終改正：平成二三年一月四日法律第一二二号））<sup>1)</sup>に基づき、自らが管理する道路を常時良好な状態に保つように維持・修繕し、一般交通に支障を及ぼさないように努める責務がある（第四十二条）。また、道路の破損、欠壊その他の事由に因り交通が危険であると認められる場合などには道路の通行を禁止し、又は制限することが可能となっている（第四十六条）。したがって、災害時には被災による管理道路の被害状況や通行可否を速やかに把握する必要がある。そのため、通常時の道路状況、災害時の被害状況等の情報収集を行うことを目的として、例えば直轄国道には、約9,000箇所において道路監視用カメラ（ITV）が路側に設置されている。また、ITVにより撮像された画像を活用する自動異常事象検知システムの研究開発及び導入などが進められてきている。

しかし、ITVによる情報収集、自動異常事象検知は、

検知可能箇所がカメラ設置位置に限定され、広く道路網全体の情報収集を行うためには、膨大な数のITV設置が必要となるという課題がある。

一方、近年、事故遭遇時の画像記録や商用車の運行管理、自動車事故予防といった目的のため、自動車にカメラを搭載し活用する技術の研究開発や実用化が急速に進んでいる。例えばタクシーや商用物流車を中心に、カメラを備える映像記録型のドライブレコーダは年間約40万台が出荷されている<sup>2)</sup>。

本考察では、上述の背景のもと、事故遭遇時の画像記録や安全運転支援を目的として車両に搭載され、画像データを取得するカメラを「車載カメラ」と定義し、この車載カメラにより撮像される画像に着目し、これを災害時及び通常時の道路管理のための情報収集に活用する方法について検討する。

具体的には、はじめに道路管理者が行うべきとされている情報収集の内容を明らかにし、車載カメラ画像を用いることで高度化・改善が図れる項目を明らかにする。次に、車載カメラ画像の活用に関する既往の取り組みに

ついて調査し、その結果を踏まえ、車載カメラ画像を活用するための流れを、4つのプロセスに分割した概念モデルを提案する。その上で、今後、車載カメラ画像を災害時及び通常時の道路管理のための情報収集に活用していくために解決する必要がある様々な課題を、概念モデルのプロセス毎に整理し、明らかにする。

表-1 道路維持管理計画に示されている実施項目

道路巡回	構造物点検	道路清掃	除草	剪定
橋梁補修	耐震補強	トンネル補修	舗装補修	修繕
防災対策	(防災防雪含む)	冬期における道路管理		
道路照明	道路設備	その他 (情報ツール)		

(中部地方整備局「道路維持管理計画(案)H23.4」より作成)

## 2. 道路管理者が行うべき情報収集

### (1) 通常時の道路管理のための情報収集

道路管理者による道路ネットワークの維持管理は、国土交通省地方整備局や国道事務所等单位で「道路維持管理計画」を策定するなどして実施されている。具体的な道路維持管理に関する実施項目としては、表-1に示すような事項が示されている。

道路巡回は道路の異常や損傷、障害物等の危険要因を早期に発見・除去し、道路の保全に努めるための情報収集や処理を行うものでありパトロール車からの目視により原則として2日に1回行うこととなっている。

また、構造物点検をはじめとする他の維持管理計画に示されている実施項目も、定期的な実施周期とともに、状況に応じて実施するとの記載がされており、実施判断を行うための、状況把握、情報収集が求められている。

### (2) 非常時における道路管理のための情報収集

道路維持管理計画では、豪雨や地震等の異常時には、緊急的に道路巡回を実施することとなっている。国土交通省業務継続計画(平成19年6月)<sup>3)</sup>に示されている収集すべき情報の一覧を表-2に示す。国土交通省業務継続計画では、1時間以内に収集・整理された災害情報の第一報を報道機関等に公表するため、道路をはじめとする施設等被害及び高速道路等の通行止め情報の情報収集を迅速に行うこととしている。また、地方整備局や国道事務所等毎に作成している「防災業務計画」では、震災、風水害、火山災害、雪害、道路災害、河川水質事故災害、大規模火事等災害、原子力災害等への対策を定めているが、応急対策の内容として、CCTV等の情報収集機器による情報収集、衛星小型画像伝送装置による現地からの動画情報の送信、緊急道路パトロールによる道路情報の収集、道路利用者等からの通報による情報収集等が必要とされている。さらに「異常時(地震)巡回実施要領」では、往路においては、道路の通行の可能性に主眼を置いて巡回を実施し、復路においては、路面の陥没・亀裂、路上の障害物、斜面崩壊や落石等の点検項目について巡回を実施すること、往路巡回は地震発生後1時間以内、復路巡回は往路巡回終了後、2時間以内を目安に完了させることとされている。

表-2 国土交通省業務継続計画における収集情報

項目	担当	時間			
		1H	3H	12H	24H
<b>1. 即座に収集すべき情報</b>					
<b>(1) 施設等被害</b>					
河川施設	河川局	●			
土砂災害	河川局	●			
海岸保全施設	河川局・港湾局	●			
高速道路、国道、地方道	道路局	●			
鉄道施設	鉄道局	●			
港湾施設、航路	港湾局	●			
空港、航空保安施設等	航空局	●			
<b>(2) 交通・輸送運行状況</b>					
高速道路等の通行止め情報	道路局	●			
鉄道事故・運休情報	鉄道局	●			
航空事故・運休情報	航空局	●			
<b>(3) 庁舎、通信施設</b>					
情報通信施設	大臣官房	●			
庁舎	大臣官房	●			
ライフライン	大臣官房	●			
官庁施設	官庁営繕部	●			
<b>2. 収集に若干時間的余裕のある情報</b>					
<b>(1) 施設等被害</b>					
観光関係被害 (登録ホテル、旅館等)	総合政策局		●		
都市公園	都市・地域整備局			●	
建築物	住宅局			●	
下水道	都市・地域整備局 下水道部				●
<b>(2) 交通・輸送運行状況</b>					
営業倉庫	政策統括官 (物流担当)		●		
自動車運送事業(高速バス等の 運行情報、トラック等の事故情報)	自動車交通局		●		
海上交通の状況 (旅客船等の事故・運行情報)	海事局		●		

### (3) 既存の道路管理者の情報収集方法

道路管理者は日常、あるいは非常時における道路管理のための情報収集を、大きく分けて3つの方法で行っている。すなわち、道路巡回(パトロール)、情報収集装置、道路利用者からの通報である。

このうち情報収集装置は、情報収集の目的、装置設置地点の特徴に応じて表-3に示すような様々な装置が用いられる。中でもITVは、活用方法として、現地状況確認の補助手段としての活用、通行障害や災害等の発生時、初動体制確立のための状況把握への活用が挙げられる。装置の特性としては、リアルタイムな状況を遠隔監視することができ、また、画像処理技術の活用による情報抽出も可能である。ITVはこのような特徴から道路管理者

表-3 情報収集装置の目的と適用装置

目的	適用装置
道路災害事象の把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地震計</li> <li>・落石検知器・地滑り検知器</li> <li>・路面冠水検知器</li> </ul>
気象状況の把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>・雨量計</li> <li>・風向風速計</li> <li>・越波検知器</li> </ul>
積雪寒冷地域における事象の把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>・路面凍結検知器</li> <li>・積雪深計</li> <li>・視程計</li> </ul>
その他道路状況の把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両感知器</li> <li>・ITV</li> <li>・情報コンセント</li> </ul>

により、広く設置、活用されており、例えば国土交通省では全国で9,068基を設置している（2010年3月国土交通省調べ）。また、これらの既設ITVで撮像される画像を処理し、自動的に災害、事故等の異常事象情報を抽出、検知する取り組みも進められている<sup>3)</sup>。

#### (4) 道路管理の高度化・改善内容

道路管理者に必要とされる情報収集内容及び情報収集方法を踏まえ、車載カメラ画像を用いてどのような高度化・あるいは改善が可能かを整理した結果を表-4に示す。

### 3. 既往の研究・取り組み

#### (1) 車載カメラを活用する技術の研究

近年の車載カメラを活用する技術の研究について、関連学会等（6学会等）の論文、関連メーカー（5社）の技報等を対象に、既往研究の文献調査を行った。収集できた

表-4 道路管理の高度化・改善内容

現状の情報収集方法	高度化・改善内容例
道路巡回（通常時）	道路管理者以外の車両に搭載された車載カメラ画像を用いることで、情報収集対象箇所・頻度の補完が可能
道路巡回（災害時）	災害時の通行可否把握がより迅速・可視的に実施可能
情報収集機器による異常事象検知（災害時）	情報収集機器設置箇所以外でも、事象検知、可視的な把握が可能
道路利用者からの通報（通常時・災害時）	<p>通報の容易化・自動化により、収集情報量の拡大が可能</p> <p>画像情報・位置情報を合わせた通報により、異常事象発生箇所や規模の把握の容易化、可視化が可能</p>

文献の多くは、歩行者検知や前方障害物との距離測定等の自動車の安全運転支援に貢献する技術の研究であったが、道路管理への活用の観点からも参考となると思われるものとしては、以下のものがあった。

栗畑ら<sup>5)</sup>は車載カメラ映像から、フロントガラス上の雨滴を検出することにより、走行時の降雨を認識する手法を提案し、実験により夜間でも80%を越える降雨判定成功率が得られることを明らかにしている。久徳ら<sup>6)</sup>は車載カメラにより得られる現在の映像と過去の映像により、前方の不特定障害物を検出する手法を提案し、実験の結果適合率86%、再現率100%で前方障害物を検知できることを明らかにしている。田中ら<sup>8)</sup>は車載カメラ画像の処理により、前方路面の乾湿判定手法を提案し、80%を越える精度で判定が可能であることを示している。これらの研究はいずれも車載カメラ画像により、自車両の安全運転を支援することを目的としており、検知結果の外部への送信、道路管理者等のドライバー以外の活用という観点は欠けており、そのための課題の明確化や解決策の検討は行われていない。

笹木<sup>9)</sup>は、車載カメラの画像データに適切な状況記述を自動的に付与するシステムを提案し、検索用途のインデキシングの可能性を示している。嶋田ら<sup>10)</sup>は一般ユーザ車両への装着を念頭に、スマートフォンによるドライブレコーダの常時記録アーカイブシステムを構想し、プライバシーの課題等について整理している。これらの研究は、いずれも多くの情報を安全運転支援以外にも活用していくことを念頭においているが、道路管理に必要な情報収集、事象検知を行う観点は欠けている。

#### (2) 車載カメラ画像を用いた実用化サービス例

北海道の高速道路において実用化されている車載カメラ画像を用いた視程把握システムについて、ヒアリング調査により情報を収集した。

本システムでは、道路管理パトロール車（冬期間は1日に6～8回路面状況を定期巡回点検している）及び道内主要都市間を定期運行している高速路線バス（10～20台程度）に、車載カメラ画像取得用の機器を搭載している。車載の機器は、小型webカメラ、GPS受信機、制御PC、通信モジュールから構成されており、通信モジュールについては、一般の携帯電話回線を使用している。画像取得は、GPS受信機により特定位置（通常200m毎のキロポスト位置）を認識し、特定位置での画像を取得している。撮像された画像は70km/h程度で走行しながら通信モジュールによりセンターへ送信され、センターで自動的に画像処理され、特定位置毎の視程が算出される。算出された視程情報は道路管理に用いられる他、バス会社の主要基地、気象解析センター、高速道路交通警察隊等に共有され、通行止め／解除の判断支援等に活用されている。

#### 4. 概念モデルの提案

車載カメラ画像を災害時あるいは平常時の道路管理に活用する方法を検討していく上では、運用面での課題、技術面での課題が、データ取得、処理等のどの段階に存在するかを明確にし、整理することが有用と考えられる。そのため、本考察では、道路管理のための情報収集の高度化・改善を目的として、車載カメラ画像を災害等の異常事象検知等に用いる際の全体の流れを「概念モデル」として提案し、モデルを構成する各プロセス別に、運用面、技術面での課題、今後の取り組みが必要となる事項を整理することとした。概念モデルの提案にあたっては、既存のITVを用いた異常事象検知システムや、3.(2)で挙げた実用化サービス例、ITSスポットによる一般車両からのプローブ情報収集システムを参考にしてモデルに含むべきプロセスを検討した。

##### (1) ITVを用いた事象検知

図-1に国道25号に実際に導入されているITVを用いた事象検知システムの概要図を示す。路側に設置されたITVにより動画像のデータ取得が行われ、取得されたデータは、管理者ネットワークを通じて近隣の現地局へとデータ送信される。現地局では、動画像から特徴点や軌跡を抽出するデータ処理が行われ、その結果が、ネットワークを通じて事務所等に設置された検知判定装置へデータ送信され、特徴点や軌跡などの情報を元に、渋滞、停車、低速走行等の事象を判定・検知するデータ処理が行われる。検知結果が一定の閾値を超えた場合、道路管理者に対する発報がされ、道路管理者は判断、対応といった形でデータ活用を行う。

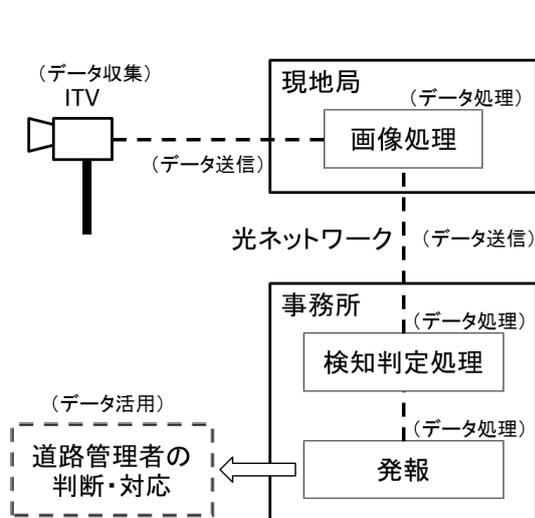


図-1 ITVによる事象検知システム例

##### (2) 車載カメラ画像を用いた視程把握システム

北海道の高速道路において実用化されている車載カメラ画像を用いた視程把握システムでは、図-2に示すように道路管理用車両・高速バス等の車両に車載器が搭載され、特定箇所（200mおきのKP点等）の静止画像のデータ収集が行われる。取得された画像は携帯電話回線を介してセンターへデータ送信され、センターへ送られた画像は自動的にデータ処理される。データ処理により得られる視程距離情報は、道路管理者、バス会社、気象コンサルタント会社等により共有、活用されている。

##### (3) ITSスポットのプローブ情報収集システム

2011年8月より全国運用が開始されたITSスポットサービスでは、図-3に示すように車載器（ITSスポット対応カーナビ）に蓄積された、車両位置、挙動等のプローブ情報を、約1,600箇所を設置された路側アンテナ（ITSスポット）で収集し、道路管理に活用することが可能である。具体的には、ITSスポット対応カーナビによりデータ取得・蓄積された位置情報及び一定閾値を超える前後・左右加速度等の記録である挙動情報が、ITSスポットを通過する際にDSRC通信によりデータ送信される。なお、位置情報については、ITSスポット対応カーナビの種類により、マップマッチング処理された情報が送信される場合と、マップマッチング処理されていない情報が送信される場合の双方が存在する。ITSスポットへデータ送信されたプローブ情報は光ネットワークを経由して転送され、プローブサーバにおいて、基本的な集計・保存処理といったデータ処理が行われる。プローブサーバで保存されるプローブ情報は、イントラネットを通じて道路管理者が利活用することができる。

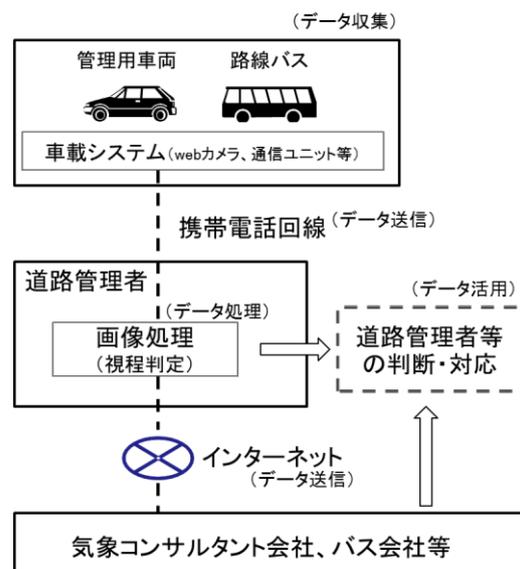


図-2 車載カメラ画像を用いた視程把握システム

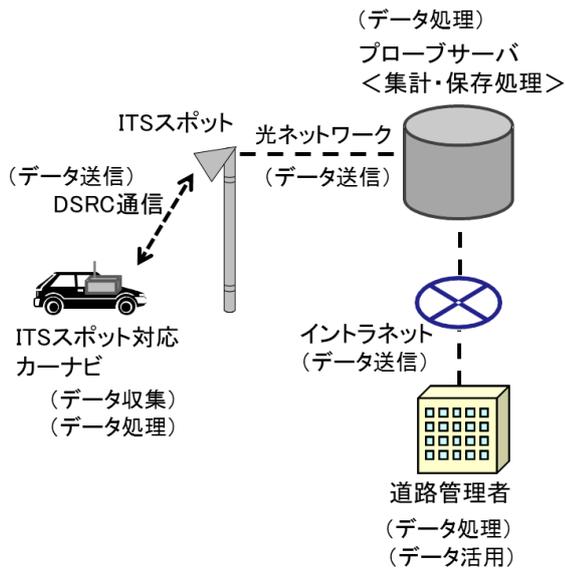


図-3 ITSスポットのプロブ収集システム

#### (4) 概念モデルの提案

(1)~(3)の既存の取組みから、車載カメラ画像を道路管理に活用する仕組みを、以下の4つのプロセスにより構成される概念モデルとして表現する。すなわち、①データ収集、②データ処理、③データ送信、④データ活用である。概念モデルの模式図を図-4に示す。

①データ収集プロセスは、走行している車両（道路管理用車両、路線バス等一定のルートを走行する事業用車両、一般車両等）に搭載している車載カメラ等の機器により、画像データ、位置測位データ、加速度データ等を収集するプロセスである。

②データ処理プロセスは、収集された画像データ、位置測位データ等を解析・処理し、異常事象の検知・判定を行うプロセスである。

③データ送信プロセスは、収集された画像データ等あるいはそれが処理され得られた検知・判定情報を、通信により車載器側からセンター側へ送信するプロセスである。

④データ活用プロセスは、道路管理者等が事象検知・

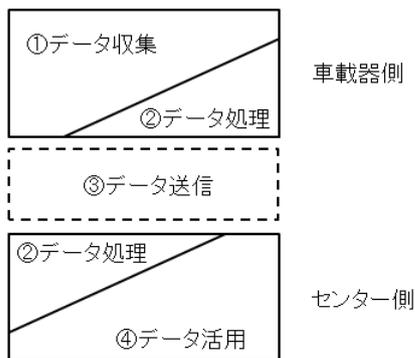


図-4 概念モデルの模式図

判定結果を得て、緊急巡回の出動、他管理者・道路利用者への情報提供等の行動・判断を行うプロセスである。

この中で②データ処理と③データ送信は様々な段階・形態で行われることが想定される。すなわち、車載器の中でマップマッチング等の基礎的なデータ処理が行われる場合もあれば、全ての画像データがセンターへデータ送信された後に初めて画像解析等のデータ処理が行われる場合も考えられる。

## 5. 課題の整理

### (1) 管理・運用面の主な課題

#### a) データ収集プロセス

本プロセスにおいては、データの所有権をどの主体が有するのか、また、データを収集する動機付けをどのように行うのかとの課題がある。車載器の設置車両の選択・抽出、長期間にわたる車載器の性能・精度担保の仕組みの構築も課題となる。

#### b) データ処理プロセス

車載器側で本プロセスを行う場合は、車載器に新たな機能を付加することが必要となり、機器開発の動機付けが課題となる。また、どのような種類のデータ処理を実施し事象検知・判定を行うのかについて、費用対効果の面、道路管理におけるニーズ面等を踏まえた比較衡量が必要となる。

#### c) データ送信プロセス

本プロセスでは、利用する通信回線の整備、あるいは使用料負担をどの主体が担うのかが課題となる。また、送信される画像データには個人情報が含まれる可能性があり、個人情報保護法等の関連法令を踏まえたセキュリティ対策の検討が課題となる。

#### d) データ活用プロセス

本プロセスでは、得られた事象検知・判定結果や画像データをどのような範囲で共有するのか、データの保管あるいは公開をどのように行うのかについて、費用対効果面、道路管理におけるニーズ面、セキュリティ対策面等を比較衡量しながら検討する必要がある。特にソーシャルネットワークサービス等との連携によりデータ取得、データ送信部分を共有する場合には、明確な役割・費用分担、責任分解点の検討が必要となる。

加えて、得られる車載カメラ画像情報の真偽性について、通常道路利用者からの通報同様、課題となる可能性があるため、道路管理の中でどのような位置づけで活用するのかについて検討が必要となる。

### (2) システム・技術面の主な課題

#### a) データ収集プロセス

本プロセスの主な課題としては、収集データの仕様・形式の違いの取扱いがある。現在、普及しつつある車載カメラは、撮像素子、解像度、フレームレート、画像ファイル形式等が多様であり、一般車両からの画像プローブ情報を集約・活用する場合には、データをいかに統合するかという課題を技術的に解決する必要がある。また、データの収集タイミングを常時収集とするのか、加速度等によるトリガー前後のみとするのか、一定地点とするのか、ドライバーの音声操作等による任意のタイミングとするのか等について、技術的な難易度、費用対効果、道路管理者のニーズ等を踏まえ比較衡量する必要がある。

#### b) データ処理プロセス

データ処理により異常事象の検知・判定を行う上では、どのような事象に対してどのような処理技術を適用するかが課題となる。一般の車両も含めて車載カメラ画像を収集・活用する場合、多様な処理技術が併存することとなり、データ処理プロセスで検知精度や判定基準が異なる可能性が生じる。また、意図的な不正データの作成の可能性も排除できない。そのため何らかの標準化、あるいは性能認証制度等を検討する必要があると考えられる。

#### c) データ送信プロセス

データ処理プロセスの自由度を高めるためには、時間・場所・データ容量を問わず画像を送信することができるデータ送信技術を採用することが望ましいが、一般に通信に用いられる回線容量は限られ、あるいは通信容量に比例して費用が発生することから、送信頻度、送信速度、利用する回線種類等について、費用対効果の面、データ処理プロセス側からの技術的要求性能等を踏まえた上で比較衡量する必要がある。

#### d) データ活用プロセス

異常事象検知・判定結果の活用にあたり、閾値をどのように設定することが効率的か検討する必要がある。また、多様な管理者等の間で情報共有を行う場合にはデータ送信・保存形式の標準化等が必要になると考えられる。

本考察は、普及が進む車載カメラにより得られる情報を活用し、道路上の災害・事故情報を収集する技術に関し、道路管理者が実施すべき情報収集内容の整理、車載カメラ画像の活用により高度化、改善が図れる内容の整理、既存の研究事例等の調査を行った上で、概念モデルを設定し、モデルを構成する各プロセスにおける管理・運用面での課題、システム・技術面での課題を整理した。

本考察では、車載カメラ画像の活用による道路管理の改善・高度化の可能性を示すと共に、実現に向けた課題を明確にすることができたが、今後、明確になった各プロセスにおける課題に対応するため、様々な条件下で得られる車載カメラ画像により提供可能なサービス水準を検証した上で、標準化すべき項目、内容や運用方法等について検討を進め、また、実道実験等により道路管理者等による評価を行っていくことが必要と考えられる。

#### 参考文献

- 1) <http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S27/S27HO180.html>
- 2) 国土交通省自動車交通局：平成 20 年度映像記録型ドライブレコーダ活用モデル事業調査報告書, p.9, 2009.
- 3) 国土交通省：国土交通省業務継続計画, p.7, 2007
- 4) 村野ほか：首都高速道路 都市内長大トンネルの交通管制システム, 東芝レビューVol.64.No.4, 2009.
- 5) 栗畑ほか：運転支援のための車載カメラ映像による状況別降雨認識, 信学技報, PRMU2005-267, 2006.3.
- 6) 久徳ほか：過去の車載カメラ画像との道路面差分による不特定障害物の検出, 信学技報, PRMU2009-273, 2010.3.
- 7) 久徳ほか：車載カメラ映像の道路面経時差分による前方障害物検出, 「画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2009)」, 2009.7.
- 8) 田中ほか：車載カメラ画像のガホールフィルタ処理による自動車前面路面の乾湿判定, 信学技報, ITS2010-63, 2011.2.
- 9) 笹木：色情報と知識処理による車載カメラ映像のインデキシング, デンソーテクニカルレビュー, Vol.12, No.1, 2007
- 10) 嶋田ほか：スマートフォンによるドライブログの常時記録アーカイブと映像サービスシステム (Vider) , 情報処理学会研究報告, Vol.2009-ITS-38, No.2, 2009.9.

## 6. おわりに

(2012.5.? 受付)

## A STUDY ON CHALLENGES OF TECHNOLOGIES COLLECTING ANOMALOUS EVENT INFORMATION ON ROAD NETWORK USING IN-VEHICLE CAMERA IMAGES

Shoichi SUZUKI, Fumihiko KANAZAWA, Shota MOTOMIZU

This study tries to clarify challenges of technologies which collect anomalous event information on road network using in-vehicle camera images. A concept model is proposed, which consists of four processes, i.e., data collection, data processing, data transmission and data utilization. And various challenges in each process are clarified from operational aspect and from technical aspect.