

ITS 技術を活用した道路管理の効率化について

国土交通省 道路局 道路交通管理課 ITS 推進室
国土交通省 道路局 国道・防災課
国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター ITS 研究室
国土技術政策総合研究所 道路研究部 道路空間高度化研究室
東北地方整備局 道路管理課
中部地方整備局 交通対策課
中国地方整備局 交通対策課

1 研究の背景

道路管理業務の作業実施を適切に判断するためには、正確で素早い情報の収集が非常に有効である。そこで道路管理においては、道路巡回や普及されつつある CCTV による「目視監視」と、管内に設置済みの気象センサ機器により収集した「情報」を元に、熟練した作業員が適切に判断した上で、業務を遂行している。

しかし、現在の道路管理業務において、新たな課題が発生しつつある。それは、監視業務の負担が大きくなるという課題である。道路管理者は利用者のニーズに応えるため、質の高い情報収集を行う必要があり、更なる道路巡回や CCTV を増加していくことから生じてくる。また、道路管理の作業において均一な判断が難しいという課題もある。路温計やカメラ等からの機器情報を元に出動を判断するためには、経験からくる高い判断力を必要とすることから生じてくる。

道路管理では、道路巡回、障害物の処理、道路管理といった道路管理業務の管理品質を少ないコストで維持すると共に、利用者のニーズに応じていくために、路面上の様々な情報を効率的に収集し、活用していくことが必要となってくる。

一方、現在 IT 化の進展により様々な道路センサが開発されている。特に国土交通省が進める走行支援道路システム（以下、AHS）の研究開発で得られた CCTV 画像や赤外線画像を活用した道路センサは、災害や交通事故等の突発事象の把握、積雪や凍結といった路面状態の把握が可能となっている。また、平成 14 年度に概成した直轄光ファイバーネットワークや地方自治体が整備する総合行政ネットワーク等を活用し、様々な道路管理用の情報を道路管理者間で共有することが可能となりつつある。

2 研究の概要

2.1 研究目的

本研究では、現在の情報収集業務を把握した上で、センサなどの IT 技術を活用し、道路管理の効率化の観点からこれらの情報をどの様に活用すべきかについて検討を行い、効率化の効果について評価を行う。

本研究は平成 15 年度～平成 16 年度の 2 年間で実施することを予定している。今年度は、道路管理における既存の情報収集業務を分析し、センサ等の活用による効率化、意義等を整理した上で、課題を解決するべくセンサの導入に関する検討を行う。来年度は、道路管

理における情報収集業務の IT 活用について方向性を提案し、導入した機器による業務効率化の評価を予定している。

2.2 研究内容

今年度の研究項目について、以下のとおり設定した。

- (1) 道路管理における情報収集業務の分析
- (2) 道路管理における IT 化の現状と課題について整理
- (3) 道路センサ、路面センサの活用の意義、導入に関する検討

2.3 研究の役割分担

本研究における今年度の研究の役割分担について表 2.1 に示す。

表 2.1 研究の役割分担

項目	とりまとめ	各事例での担当
道路管理における情報収集業務の分析	国総研	東北、中部、中国
道路管理における IT 化の現状と課題について整理	国総研	東北、中部、中国
道路センサ、路面センサの 活用の意義、導入に関する検討	本省・国総研	国総研、東北、 中部、中国

3 道路管理へ応用可能性を持つセンシング技術

3.1 AHS の概要

AHS は、ドライバや車載のセンサでは発見出来ない様々な危険事象をセンサにて検出し、通信技術など IT を活用してドライバへ情報提供することにより安全走行を支援するシステムである。このシステムうち、道路管理へ応用可能性を持つ道路センサと路面センサについて適用性を検証した。

3.2 道路センサ

道路センサは、監視領域内の車両の挙動を検知し、停止車、低速車、及び渋滞末尾の検知を行う。既存センサに比べて、個々の車両挙動を高い精度で把握可能である。表 3.1 に道路センサの要件を示す。

また、道路センサには主に可視画像式、赤外画像式、ミリ波式の 3 つの方式がある。ここではそれぞれの特徴を考慮し、監視範囲を撮像する機能を持つ可視画像式の道路センサについて紹介する。

表 3.1 道路センサの要件

	これまでの機器		AHS
	突発事象検知	交通流監視 (トラカン)	
検出対象	軽自動車以上		自動二輪以上
収集可能な情報	事象 停止、低速車両	交通統計量 平均速度、平均車 間、交通密度 (渋滞末尾)	個別車両の位置、速度 交通統計量(平均速度、交通密度) 事象判定(停止、低速、渋滞)
安全性・信頼性	規定なし		安全度：96%以上 サービス稼働率：96%以上 (検出不能時の自己診断機能有)

この道路センサは可視カメラと可視道路センサ処理部から構成される。図 3.1 に可視式道路センサの構成を示す。また道路状況把握装置は、以下の機能を有する。

- (1) 監視範囲内の各車両をリアルタイムに検出する機能
- (2) 検出した各事象をリアルタイムに追跡し、位置、速度を計測する機能
- (3) 各車両の位置、速度から交通量、平均速度等の交通流諸量を計測する機能
- (4) 計測した車両の位置、速度及び交通流諸量から停止車両、低速車両、渋滞等の事象判定する機能
- (5) 旋回やズーム機能を使用時にも、画像処理が対応するための機能

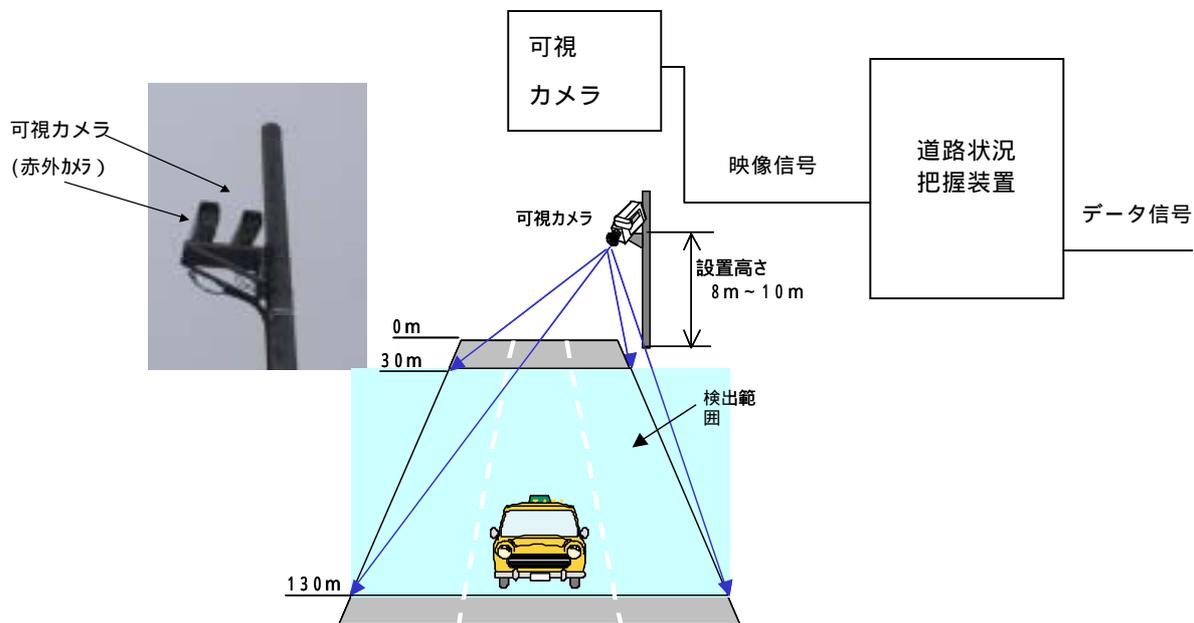


図 3.1 可視式道路センサの構成

特に道路管理業務の中には、道路状況や付属物を目視監視する業務がある。これまで AHS では固定カメラで開発を進めてきたが、道路管理に応用する場合、既設カメラと共用する機会が多いため、(5) の機能は重要であると考えられる。

3.3 路面センサ

路面センサは、面的に路面を監視することにより、乾燥、湿潤、水膜、積雪、凍結の5状態の検知を行う。既存センサに比べて、検出範囲が広く高い精度で路面状態を把握可能である。表 3.2 に今回開発した路面センサの性能を示す。

表 3.2 路面センサの性能

	これまでの機器	AHS
検出範囲 分解能 検出周期	検出範囲： 特定スポットを検出 分解能：明確規定なし 検出周期：15分～30分	検出範囲： 車線幅を面及び線的に検出 分解能：50cm×50cm 検出周期：1分以内
収集可能な 情報	乾燥、湿潤、積雪、 凍結の4状態	乾燥、湿潤、積雪、水膜、凍結の5状態以上
安全性・ 信頼性	規定なし	・安全度：96%以上「正解(的中)率：90%以上」 ・サービス稼働率：96%以上 (検出不能時の自己診断機能有)

また、路面センサには主に可視画像式、レーザーレーダ式、光ファイバ式の3つの方式がある。ここではそれぞれの特徴を考慮し、監視範囲を撮像する機能を持つ可視式の路面センサについて紹介する。

この路面センサは、可視カメラと可視路面センサ処理部から構成される。図 3.2 に可視式路面センサの構成を示す。また路面状況把握装置は、以下の機能を有する。

- (1) 可視カメラの信号を入力し、この信号から路面画像を作成する機能
- (2) 路面画像から路面状態の特徴を抽出し、路面状況を検出する機能
- (3) 車線毎の路面状況を判定、道路上の重なりを統合して、路面状況を判定する機能
- (4) 路面温度計の観測値を入力し、各検出処理部へ出力する機能
- (5) 旋回やズーム機能を使用時にも、画像処理が対応するための機能

可視式路面センサも道路センサと同様、道路管理に応用する上では、(5)の機能は重要であると考えられる。

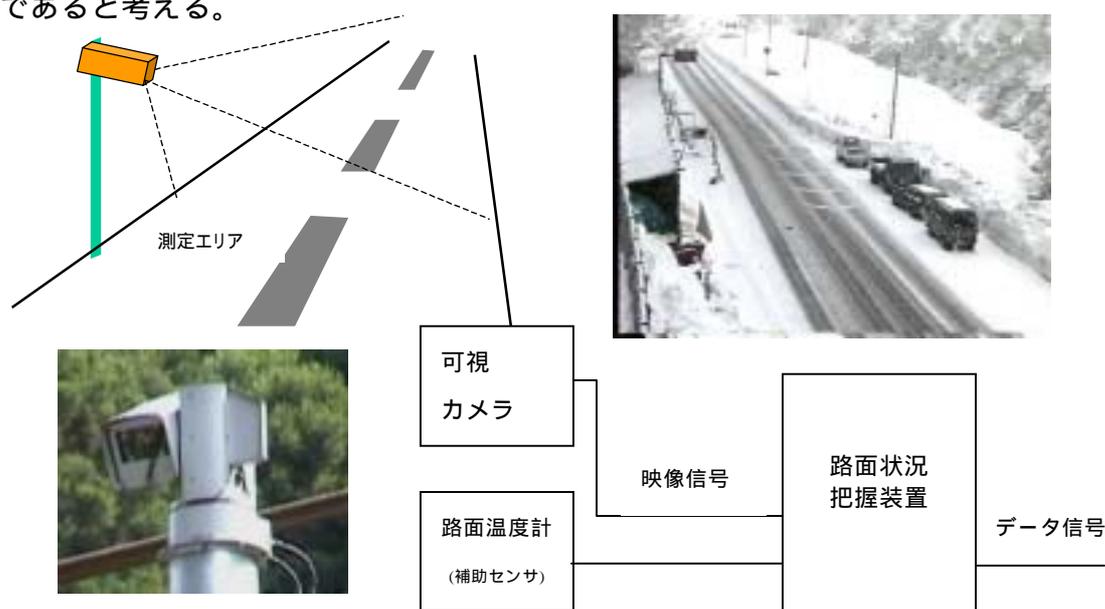


図 3.2 可視路面状況把握センサの構成

3.4 宮古トンネル群における実証実験

以上の AHS のために開発されたセンシング技術は、事象及び状態の自動通知、画像を含めた事象の蓄積などへの応用により、これまで以上に、より高度で、効率的な道路管理への支援が期待される。既存 CCTV と同様なカメラを用いた可視式センサを用いて、平成 14 年度に一般国道 45 号宮古トンネル群（東北地方整備局三陸国道事務所管内）において、道路管理への応用可能性を検証のため、次の 2 つの検証項目を設定した。なお実験実施にあたり、性能の仮目標として個別正解率を 90% 等とした。

1 つ目は「旋回ズーム機能使用時の検出精度の評価」である。実験の結果、旋回ズームを実験期間中に使用し、5 状態を判別し検証した結果、当初の目標値を概ね達成した。

2 つ目は「複数カメラ時の画像処理機能の評価」である。実験で 5 台のカメラを 1 つの処理装置で 5 状態を判別した結果、概ね目標値を達成した。

以上の結果より、道路管理への応用可能性が確認された。

4 道路管理面での現状の課題と IT 活用の意義

4.1 センサの活用について（中国地方整備局）

4.1.1 中国整備局の取り組み状況

中国地方整備局では、平成 14 年度に岡山国道事務所管内の既設 CCTV2 箇所、道路センサと路面センサを試験導入し事象検出の検証を行った。今年度新たに道路センサ 2 箇所、路面センサ 1 箇所を既設 CCTV に導入することとしている。

道路センサは国道 2 号の事前通行規制区間、国道 53 号のトンネル坑口付近交差点部、路面センサは何れも国道 53 号の雪寒区間としている。

4.1.2 事象検出検証状況

平成 15 年 4 月 21 日～28 日（路面センサは 29 日迄）の 1 週間行った道路・路面センサの状況把握状況の評価検証結果を以下に示す。

（1）道路状況把握センサ

道路管理の目的である事象検出につき、代表事象である「停止車・渋滞」いずれかの事象検出に関して、実験車両、道路規制による集中評価と自然流評価を行った。

表 4.3.1 道路状況把握センサの評価結果

国道 2 号 三石地区	集中評価 (停止車・渋滞検出)	自然流評価 (停止車・渋滞検出)
事象発生回数(真)	50回	15回
誤報回数	0回	2回(2回/週)*
未検出回数	0回	0回
的中率 (正解発報回数/総発報回数)	97% (50+15)/(50+15+2)	
未検出率 (未検出回数/事象発生回数)	0% 0/(50+15)	

*:天候急変による影の影響

(2) 路面状況把握センサ

道路管理面からセンサ単体評価と異なり、路面状態（湿潤、水膜等）が変化する時を管理すべき事象としてカウントし、自然環境状態による評価を行った。

表 4.3.2 路面状況把握センサの評価結果

国道 53 号 馬桑地区	湿潤検出	水膜検出
事象発生回数（真）	10回	7回
誤報回数	0回	1回（1回/週）**
未検出回数	0回	1回（1回/週）**
的中率 （正解発報回数 / 総発報回数）	94% $(10 + 7 - 1) / (10 + 7 - 1 + 1)$	
未検出率 （未検出回数 / 事象発生回数）	6% $1 / (10 + 7)$	

**：昼夜切替時の誤報/未検出（照度の影響）

(3) 事象検出検証結果

道路状況把握センサは、急激な天候変化による誤報の他に渋滞と停止の判別エラーも見られた。路面状況把握センサは夕刻、昼夜切替時の照度変化による誤報及び未検出が見られた。これらの現象を詳細に分析しパラメータ設定により改善が確認されている。また、岡山国道のような 24 時間体制の情報管理室を有する場合は運用上問題のない的中率と考えられる。

4.1.3 今後のセンサの導入

中国地方整備局管内では今年度中に約 600 機の CCTV が整備される予定で最終的には 1,300 機を整備する予定としている。多数のカメラを常時監視し管理の効率化を図るためには目視による方法では限界がある。多数のカメラ画像を効率的な監視し十分に活用するシステムを導入し管理の高度化を図ることが求められており、道路センサの導入を進めていく必要があると考えている。しかし、センサ導入とその監視体制及び今後の CCTV の整備計画については以下のような留意を行う必要があると考えている。

(1) 今後のセンサ導入について

道路センサは目視による監視を支援し異常認知の迅速化を補助する設備と考えており、現地状況の把握とその対応策は管理者が目視により確認し適切に行うものと考えており、迅速な目視確認が行える体制の整備との併用が必要である。

このため、道路状況確認センサでは、異常な渋滞、避走、交通流途絶等の状況をキャッチし他の CCTV も利用し異常原因を特定する事が考えられる。

路面状況センサでは気象状況に対する的確で効率的な道路管理を支援するものであり、経験的に必要な箇所への配置を行うこととなる。

このため、全ての CCTV にセンサを導入する必要はないと考えられ、今後管理運用面での効果を確認しつつセンサ導入計画を検討していくこととする。

なお、路面センサについては雪寒区間では効率的な雪寒対策を目指し、雪寒区間概では、

突発的な凍結や積雪に対応するための支援設備として検討していきたい。

(2) 今後の CCTV 整備について

今後、更に CCTV を増設し道路センサの導入を進めていく上では、CCTV の機能を現在より絞り、カメラの低廉化や web カメラ等への転換も検討し、効率的にカバー率を上げていくと共に監視システム（道路管理システム）の高度化を進めていく必要がある。

(3) 事象確認、情報伝達について

現在、道路センサを導入している岡山国道では 24 時間の監視体制が整っている情報管理室において大型ディスプレイ等の監視システムにより一括管理し、情報板等への情報表示、関係機関や維持業者への連絡など迅速な対応が可能となっている。

今後、他の事務所への道路センサの展開を進める同様の監視体制の検討を行う必要があると考えている。

併せて、発生した事象を責任者や維持担当者が迅速、的確に把握し、その後の現地対応等を的確に行えるようなシステム作りが必要であると考えており、パソコンや PDA、携帯電話などの情報機器による事象通知、画像確認、対策支援及び情報伝達が行えるシステムの整備を目指している。

4.2 道路センサの活用について（中部地方整備局）

4.2.1 はじめに

中部地方整備局では、中部国際空港開港にあわせて名古屋圏専道網とこれを補完する一般道の整備が一気に進み、交通の流れが大きく変化する事が想定される。これに対応するためには、道路管理情報もこれまでの管理経験に依存した体制から、各道路管理者間の情報を共有し、IT 等を利用する事で誰もが一定レベルの処理が可能となる管理体制へ移行する必要がある。そこで管理体制の高度化と情報処理の効率化の視点で検討することとした。システムをどの程度集中させた場合に効率化するか検討する上で、情報処理面について地整一括処理施設として統合道路管理情報センターを位置付けることとした。なお、管理体制の面については、別の観点から別途評価を行うこととしている。

4.2.2 画像処理技術を利用した CCTV 監視業務支援

道路状況確認手段のひとつとして、平成 14 年度までに約 800 基設置の CCTV を設置してきたところである。これだけ多数の画像を人手により常時確認することは困難であるため、現状では問題が発生した場合に状況把握をするツールとして利用している。しかし、CCTV は状況確認が特に必要な箇所を選んで設置しており、常時確認する事が可能であれば機器の利用効率および管理レベルが飛躍的に向上すると考えられる。そのためには、画像処理技術等を利用した業務支援システムが必要となる。

4.2.3 背景と目的

画像処理装置は、既に走行支援道路システム(以下、AHS と称す)を代表とした種々のシステムにて開発されている。これらの装置は「一台の画像処理装置で一台の CCTV の映像を処理する」方式を基本としており、画像認識精度(事象検出精度)は高い。しかし、管理業務においては、情報だけを処理して完了という業務はまれであり、情報は道路管理者がどう判断し、どのような処理を行うかの判断材料でしかない。したがって、現時点で管理者を介在させないシステムの開発は無意味である。そのため、最後は人間が判断を行う事を前提とした管理業務支援システムとして開発する事で精度は低下しても、多くの機器を低コストで処理できる事が必要である。(多数の機器を処理できなければ、管理全体のレベルアップとはならない)

したがって、今回は大量の画像を低価格で処理できるシステムを開発するために、一台の画像処理装置で複数の画像を処理する「多カメラ対応の画像処理装置」が必要となった。本開発検討では、AHS の開発にて培った画像処理技術やノウハウ、及び AHS 画像処理アルゴリズムを基に、他の画像処理方式を含め、多カメラ対応画像処理装置の実現について開発検討を実施する。

4.2.4 システム要求性能

多カメラ対応画像処理装置の実現性検討にあたり、業務面からの要求事項として下記項目を仮設定した。これらの値は下限ライン(最低ライン)であり、開発検討に当たってはこれ以上の機能・性能を有する多カメラ対応画像処理装置の実現性を確認する。

表 4.2.1 画像処理装置の要求性能

	項目	要求性能	備考
1	対象道路	明かり部の単路(トンネルや交差点は除く)	
2	使用カメラ	固定式ないし回転ズーム式の可視カメラ	
3	検知事象	停止車、落下物、(渋滞)	
4	スキャン時間/カメラ	10 秒程度	
5	監視周期/カメラ	1~10 秒程度	
6	監視道路長/カメラ	50~100m 以下	監視場所に依存
7	検知精度	本調査研究に於いて精度を確認	
8	画像品質	MPEG2 以上	

4.2.5 開発検討内容

(1) 画像処理方式

画像処理方式には、大別して「直接検知方式」と「間接検知方式」の2方式がある。

直接検知方式

CCTV の映像から停止車両、落下物等の事象を直接検知する。

間接検知方式

停止車両、落下物等の事象が発生した際に交通流の乱れとして生じる「避走」や「渋滞」を CCTV 映像から検知して、落下物や停止車両を間接的に検知する。

直接検知方式は、CCTV の映像を常に画像処理装置へ取り込むことができるため、画像認識精度が高い。ところが、今回の「多カメラ対応の画像処理装置」の場合は、一つの CCTV の映像を画像処理装置に取り込む時間(スキャン時間)は 10 秒程度である。1 カメラ当たりの監視周期を 1 分とすると、残り 50 秒は他のカメラ映像を処理していることになり、従来 of アルゴリズムの機能強化が必要となる。一方、間接検知方式は、映像中の交通流の乱れを基に事象を検知するために、映像スキャン周期が短い(10 程度)中で事象を検知する事に優れている。本開発検討では両方式を対象とし、試作評価を含めて性能並びに実現性を確認し、道路状況監視業務を支援するに資する画像処理方式を選定する。

(2) 評価方法

直接検知方式と間接検知方式の各々の画像処理装置を試作すると共に、既存の道路監視 CCTV から画像を取得して検知性能を評価する。評価対象映像の種類は、「道路形状(対向 2 車線、対向 4 車線、片側 3 車線、片側 4 車線など)」、「天候(晴天、曇天、雨天など)」、「時刻(昼間、薄暮、夜間)」を評価要素として組み合わせたものとする。事象としては、停止車両、落下物、避走、渋滞を対象とする。

4.2.6 まとめ

現在、各種方式の評価実験を実施中である。現状では、各方式とも事象検知の得意・不得意な場面が出ており、不得意な場合を是正するアルゴリズムの見極め並びに各方式の融合を検討中である。今後は各方式の融合も含め、道路状況監視業務に最適な多カメラ対応の画像処理システムを構築し、実環境下での評価を行い、実用に資する道路状況監視業務のシステム機能・性能を明確にする予定である。

4.3 路面センサの活用について(東北地方整備局)

4.3.1 はじめに

東北地方の面積の大半は冬期に降雪や低温に伴う凍結等の厳しい気象条件下にさらされる積雪寒冷地域となっており、地形的にも、東北地方の中央に奥羽山脈が縦貫し、さらに南北方向にも山地、高地等で細分化される。

このような細分化された都市間を結ぶ道路交通の確保は、そこに住む人々の暮らしや経済にとって重要不可欠であり、特に冬期間における交通の確保は益々重要となっている。

東北地方整備局では冬期における円滑な交通の確保を行うため、直轄管理区間約 2,600 km (内、雪寒地域約 1,700km) に CCTV 装置約 400 基及び、凍結検知器約 200 基を配置し除雪作業の効率化に努めている。

4.3.2 除雪作業の現状

近年、コスト縮減やサービスレベル向上に対するニーズが高まり、より効率的・効果的な道路管理が求められており、以下の課題が生じている。

(1) 除雪作業の出動判断・箇所等の作業計画は、オペレータや作業員の経験的な判断に
負うところが多く、その継承は困難である。

(2) 路面状況が頻繁に変化する路線ではオペレータに頻繁な操作が強いられている。

(3) 環境面、コスト面からもより適正な作業が求められている。

しかし、現状の CCTV 装置及び凍結検知器等のセンシング技術には、以下の問題点がありより効率的・効果的な除雪作業への対応が困難であった。

CCTV 装置

画像からの人の目によりある程度の路面判別が可能であるが、個人差により判断に違いが生じることや、夜間等の場合、路面判別が困難である。

凍結検知器

路面判別精度に課題があることや、取得できる情報が路面状態情報のみであることから、変化の度合い、経過等のイメージが困難である

4.3.3 CCTV を活用した路面センサの意義

より効果的・効率的な除雪を行う上で、『CCTV を活用した路面センサ』は、高い的中率により路面判別が可能となるほか、路面状態 + 画像情報から、その度合い、変化の早さの判断等が可能となる。

また、個人差による判断の差が生じないため一律的な情報取得が可能であることから、除雪作業の高度化に有効と思われる。

4.3.4 CCTV を活用した路面センサの活用

(1) 道路管理者

凍結抑制剤の散布や除雪作業を行う場合、道路パトロール・既設路面観測装置等の情報から、経験的な判断により作業を行っている。

しかし、情報収集の遅延や精度の問題や、既設の路面観測装置では数値データのみの情報であるため、路面状態変化の度合いが不明確であり、現場の状況に応じた的確な計画ができず、効率的な作業が難しいこととなっている。

したがって、CCTV を活用した路面センサを用いて、画像データによる情報も同時に取得することで、ステーションマスターの判断精度向上や、計画支援システムの構築に活用が可能となる。

また、精度向上に伴い局所的な路面凍結に対応するために設置されている定置式凍結抑制剤散布装置等、路側機器の自動制御にも応用が可能となる。

道路パトロールの軽減

効率的・効果的な除雪計画の立案

路側機器の自動制御への応用

(2) 道路利用者

路面状況変化に対する操作ミスによる事故を予防するため、運転前に事前にインターネット等で路面状況の把握を行うとともに、道の駅・路側での情報提供を行うことで事故要因を減らすことが可能。

事前の危険予知が可能

安全な運転計画が可能

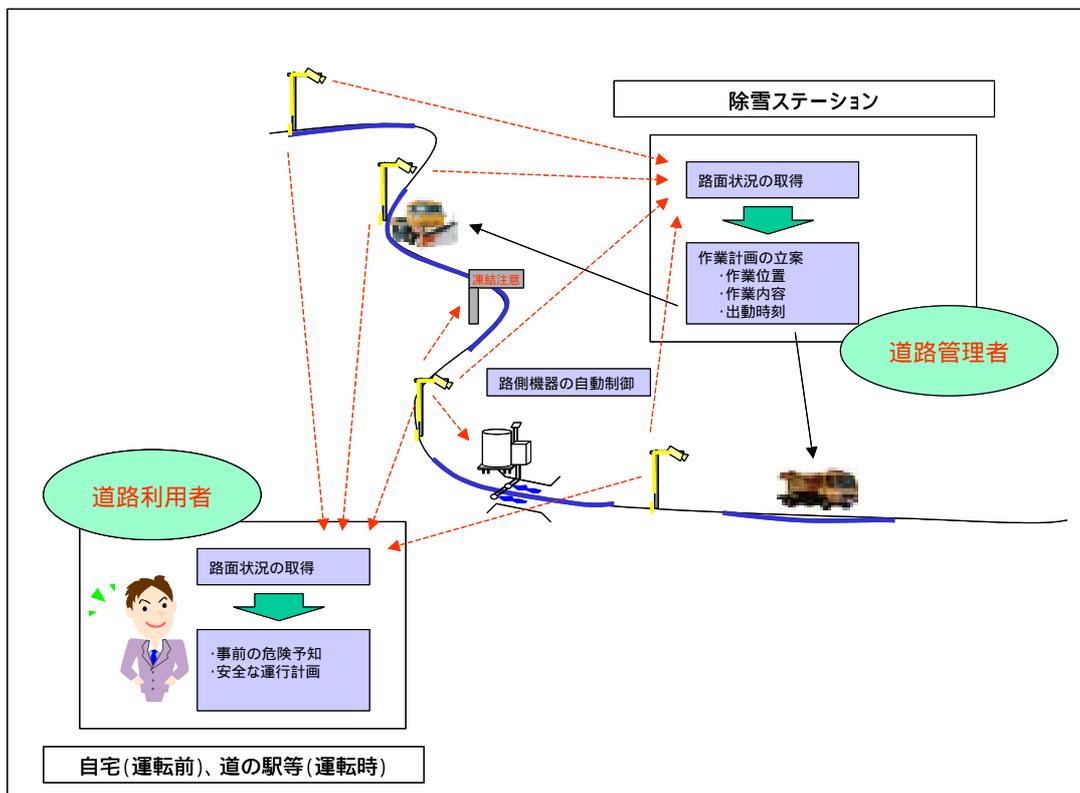


図 4.1 活用イメージ

4.3.5 活用にあたっての課題

(1) 状態判定機能の追加

今回の状態判定は5状態であるが、除雪作業等での活用を考慮すると、積雪と凍結の間を細分した判定が必要であり、状態判定機能の追加が課題と考えている。

(2) 処理カメラ数の増加

処理カメラ数については精度等の問題から5台を限度にしているが、より多くのカメラを処理できるシステム改良を進める必要があり、処理カメラ数の増加が課題と考えている。

5 まとめと今後の検討課題

道路管理に活用可能なセンサについて、現在の開発状況、導入の意義、課題等の整理を行った。センサの導入により、道路状況の監視支援や冬季の路面管理支援などの道路管理支援が期待される。一方、課題として、監視体制、B/Cの評価に関する検討や配置方針の整理が必要である。

今後、これらの課題の検討を進めるとともに、多数のカメラでセンサを効率的に使用するための技術的検討、道路管理者間の情報ネットワークによるセンサ情報等の活用方策等の検討も行っていく予定である。