

◆ 特集：国土交通省国土技術研究会 ◆

IT 技術を活用した道路管理の効率化

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. はじめに

昨今の道路行政においては、国民や道路利用者が望む道路事業を峻別しつつ、これまでに整備した道路資産を効率的に有効活用していくことが重要なポイントとなっている。また、既存の道路資産は、今後大幅な更新時代を迎えることとなり、良好な資産管理に向けた取り組みが道路管理者に求められている。即ち、今後の道路行政においては、道路資産を適切に管理し、効率的利用に努めていくことが重要となる。

しかしその一方で、道路管理に必要な財源や人的資源は限られており、管理レベルを低下させることなく、道路の効率的利用に資するサービスを提供していく必要がある。

これに対し、近年目覚ましい進展を遂げている情報技術（以下、IT）を有効に活用することができれば、道路管理業務において必要とされる多種多様な情報を、迅速かつ効率的に取得、蓄積、流通させ、確実に処理・加工することで、適切な意思決定や利用者サービスの提供ができるものと期待される。これらの中でも特に情報の収集は道路管理業務を遂行する上で根元的要素であり、例えば異常事象の早期発見を目指し、CCTVカメラが近年数多く設置されている。

しかし、異常な事象の発生は稀であり、多数のカメラからそれらの事象を漏れなく人の目で把握することは現実的に困難である。またカメラ画像には、人の目だけでは判別困難な路面状態の変化などの貴重な情報が多く含まれている。

これに対し、国土交通省が進めている走行支援道路システム（以下、AHS）の研究開発などで得られたカメラ画像のセンシング技術等を用いることで、異常事象の迅速で確実な発見やカメラ画像がとらえる貴重な情報を抽出することが可能となり、道路管理業務の効率化はもとより様々な場面での活用が期待できる。

本研究では、道路管理の効率化や高品質化の観点から、画像センサの道路管理への活用の可能性について検討するとともに、画像センサによる路面状態及び異常事象の検出性能と道路管理業務における具体的な活用方法について検討を行ってきた。ここではその成果について報告する。

2. IT を活用した道路管理の方向

2.1 道路管理における課題

今後の道路行政においては、必要な道路を効率的に整備していくとともに、既存の道路ストックを最大限に活用するための施策を推進していく必要がある。そのためには、個別の成果目標に対する達成状況を定期的に検証・評価し、その結果を施策にフィードバックさせる「道路行政マネジメ

表-1 センサの目的別活用状況

センサ	活用状況（目的）	箇所数
路面	路面状態の把握	18
	落石・崩落等の早期発見	9
道路	事故の早期発見	11
	渋滞や停止車両の監視	3
	小計	23
合計		41

ント」の導入が不可欠となる¹⁾。

また、既存の道路資産を有効に活用し、道路の効率的利用を促すためには、渋滞や事故、落石や落下物などの道路上で発生する各種事象が、道路交通に及ぼす影響を最小限に抑える必要がある。具体的にはこれらの事象を迅速かつ確実に発見し、適切な処置をより早く講じることにより、情報提供を通じて道路利用者が被るリスクの最小化とトータルとしての道路利用の最適化を図るものである。

しかし、このような行政運営を進め、道路交通のパフォーマンスの維持・向上を図っていくための人的資源や財源は有限であることから、高速道路の直轄管理（新直轄方式）や道路管理の24時間化などへの対応を含め、これまで以上に業務の効率化を図りつつ、業務の品質向上に努めていく必要がある。

2.2 課題解決のためのIT化への期待

業務の効率化と品質の向上を両立させるためには、必要情報の迅速で効率的な取得、蓄積、適切な意思決定のための分析及び表現能力や通信能力の向上が不可欠である。

そのためには、ITの活用が合理的であることは言うまでもなく、既に画像センサやプローブカーを用いた情報の収集、光ファイバー網の活用やイモビリティセンター、HPによる情報提供など道路管理においてもITを活用した取り組みが進められている。

ここで、例えば画像センサは、後述するとおり異常事象の早期発見にとどまらず、安全運転支援や的確な交通安全対策を進めるためのツールとしても活用可能である。

このように、ITの活用は、単なる道路管理業務の効率化、高品質化にとどまらず、道路管理や利用者サービスの新たな展開を可能とするものと期待され、今後とも戦略的な活用検討が望まれる。

3. 道路管理画像センサの活用可能性

3.1 道路管理における画像センサ活用の可能性

画像センサは、監視する対象により種類を大別することができる。

道路管理業務において画像センサは、安全で円滑な走行に支障を及ぼす事象を早期に発見することを目的としており、湿潤や凍結・積雪等の路面

状態を検出する「路面センサ」と落石・土砂崩落、越波、雪崩、さらには路面陥没や落下物、渋滞や交通事故を含む停止車両など道路上で発生している事象を検出する「道路センサ」に大別できる。

路面センサについては、乾燥・湿潤・水膜・凍結・積雪の5状態に関し、10m×100m程度の検出範囲において90%以上の的中率で検出できるセンサが開発されており、路面状態の局地的状況や急変を、面的かつ直接的に精度よく把握することが可能となってきた。また、4.1においても提案しているように、路面状態の推移を定量的に監視することが可能となり、冬期における薬剤散布や除雪作業の合理的な出動判断など、よりの確度で効率的な冬期路面管理業務の実施が可能となるものと期待される。

一方、道路センサは、これまで巡回を基本とし、沿道住民や利用者からの通報に頼っていた道路上に生ずる事象を、区間としては限定的とならざるをえないが、リアルタイム性をもって確実に発見することが可能であり、これまでよりも迅速な意思決定と対応が可能となる。道路センサは、落下物等の物体などを直接検出する「直接方式」と車両の避走や減速行動から事象を間接的に検出する「間接方式」とに分類される。このうち、間接方式の場合は、個々の車両軌跡をとらえることができ、これにより、例えば事故発生に至る要因の特定および急カーブ・トンネル等での急減速や車線逸脱などの潜在的危険を定量的に把握することが可能となる。またそこで得られた危険事象をリアルタイムに後続車両等に伝達することで事故回避のための直前行動を支援することが可能となるなど、道路管理さらには道路の効率的利用に当って一層の活用が期待される。

3.2 現状における画像センサの活用状況

画像センサについては、AHSの研究開発の一環として開発が進められ、表-1に示すように、既に全国41箇所（路面センサ18箇所、道路センサ23箇所）において、道路管理用の画像センサとしてパイロット的に導入されている。

国総研では、これら導入箇所において、活用の状況や有効性などを継続的に調査している。これによれば、道路センサの活用状況では、落石・崩落等の早期発見を目的としている箇所が9箇所にとどまるのに対し、事故の早期発見を目的として

いる箇所は11箇所にのぼるなど、画像センサに対しては、単なる災害の検知にとどまらず幅広いニーズが存在するものと推察される。

なお、画像センサの活用には、CCTVカメラの設置数の増加にともなう業務の負荷に対する懸念、冬期道路管理業務へのカスタマイズ化など高品質な道路管理に向けた具体的な要望も多い。

4. 路面センサの具体的な活用方法の提案

4.1 道路管理における路面センサへの期待

4.1.1 冬期路面管理の現状

冬期路面管理業務においては、主として以下のような課題に直面している。

- (1) 路面管理作業の出動判断や作業計画は、現場代理人等や作業員の経験的判断に負うところが大きく、その継承が困難である。
- (2) 費用面からより適正な作業が求められている。

これに対し、現状のCCTVカメラ画像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、冬期路面管理作業を支援するツールとして限界があった。

- (1) CCTVカメラ画像については、目視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、また夜間等には、路面判別が困難である。
- (2) 凍結検知器については、路面判別精度に課題があり、取得できる情報が路面状態情報のみであることから、変化の度合いや経過等を表現することが困難である。

4.1.2 路面センサへの期待

冬期路面管理の現状と課題に対し、現在AHSの研究開発の一環として取り組んでいる路面センサ（以下、道路管理用AHS路面センサ）は、既存のCCTVカメラに付加することで、路面状態を面的（10m×100m程度）に、しかも路面状態別（5状態）に精度高く把握することが可能であり、路面状態の変化をリアルタイムに監視することが可能である。

道路管理用AHS路面センサの精度について、一般国道45号宮古地区において実証実験を行っている。これによると、各路面状態の個別的中率は、凍結及び水膜で90%弱となったが、乾燥、湿潤、積雪では、90%を超える非常に高い中率となっている。

4.2 路面センサの路面管理への活用方策

4.2.1 新たな活用方策の提案

道路管理用AHS路面センサは、既に示したように路面状態の変化を面的かつリアルタイムに把握することが可能である。ここで得られる履歴情報を蓄積し、グラフ化することができれば、路面状態の推移を常に確認し、凍結等の可能性を推測することも容易になる。さらに、これらの情報と気温や路面温度、降水量の変化などを重ね合わせることで、オペレータや作業員の経験的判断に加え、より精度高く路面状態の変化を予測することが可能となり、迅速かつ適切な出動判断や合理的な路面管理作業が可能になると期待される。

4.2.2 道路管理への適応性の検証

CCTVに路面センサを付加することで、路面状態の度合いと変化（例えば、凍結の割合とその推移）について出力することができれば、その値を用い除雪作業計画の立案が可能となるものと考えられ、本年度一般国道46号田沢湖地区において実証実験を行う予定としている。

田沢湖地区の凍結抑制剤散布車の出動に際しては、出動判断時から出動までに20～30分程度を要している。この時間を加味して、あらかじめ定めた凍結度合いに達した時点で出動し、凍結度が100%になる前に帰所できた場合効率的・効果的な除雪作業が実施できる。

また、凍結抑制剤散布車の出動にあたっては、道路パトロールを実施し出動判断を行っているが、路面センサによる路面状態の推移と出動判断の目安が現場代理人等による経験的な出動判断基準と合致すれば、出動判断のためのパトロールの軽減が可能となることから、現場代理人等へのヒアリングも併せて実施することとしている。

4.3 道路利用者に対する情報提供

冬期の路面状態については、事務所等のHPなどで、気温や路面温度等の数値データを提供している事例や可視画像をそのままの形で提供している事例がこれまでも数多く見られる。

しかし、間接的な数値データでは、路面状態の直感的認識は困難であり、可視画像についても路面状態を確実に判別可能なほどには解像度が高くなく、路面凍結が生じやすい夜間においては、判別が困難な場合もあるものと想定される。

これに対し、道路管理用AHS路面センサは、路

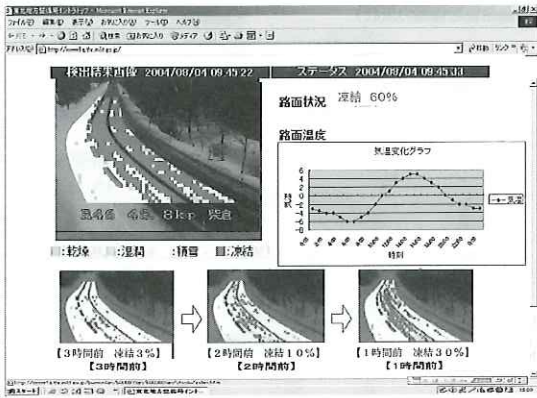


図-1 路面センサ情報の活用イメージ

面状態に応じ自動的に着色することができることから、図-1に示すように、面的かつきめ細かな路面状態を分かり易く利用者に提供可能となる。

5. 道路センサの具体的活用方法の提案

5.1 道路管理における道路センサへの期待

5.1.1 道路監視業務の現状

道路管理においては、落石・落下物、冠水、事故、渋滞など道路上で発生する各種事象に対し、道路交通に及ぼす影響の最小化が常に求められており、従来のパトロール車による巡回と通報による対応に加え、CCTVカメラ画像による道路状況監視を実施することが効果的である。

特に、CCTVカメラ画像による状況監視は、現場に行くことなく迅速に現場状況の詳細を確認することができるとともに、映像による確認のため

誰でも直観的に状況を判断することが可能であり、道路状況把握の有効な手段の一つである。そのため、現場状況確認が特に必要な箇所を中心に、数多くのCCTVカメラが設置されている。

5.1.2 CCTVカメラ画像の監視支援

このような多数のCCTVカメラ画像を人手により常時監視することは困難であり、現状では問題が発生した場合に状況把握を行うツールとして利用されているのが実態である。これに対し、CCTVカメラ画像を常時自動的に監視することができれば、その利用効率が高まり、管理レベルも飛躍的に向上すると期待できる。

CCTVカメラ画像監視を支援するツールとして、道路センサを付加した監視支援システムがある。道路センサは、画像処理技術を利用して落下物や停止車両、渋滞等の事象を検出することができ、図-2に示すように、CCTVカメラを有効に活用することが可能となる²⁾。

5.2 道路センサの種類と特徴

5.2.1 多カメラ方式 (タイムシェアリング方式)

複数のカメラ画像を一台の画像処理装置にて一定間隔で逐次スキャンしながら処理し、事象を検出する方式である。監視できない時間帯が存在するものの、他方式に比べコスト面や設置スペース面で優位であり、より多くのカメラ画像を効率的に処理することが可能である。

5.2.2 専用カメラ方式

一つのカメラ画像を一台の画像処理装置で常時



図-2 道路センサ情報の活用イメージ

処理し、事象を検出する方式である。そのため、コストは嵩むが監視できない時間帯は無く、網羅的な監視が可能となる。また、交通量や車両走行軌跡などの情報を併せて取得可能なシステムも存在する。

5.3 道路センサの使い分け

道路センサの活用にあたっては、異常事象の発生頻度や影響の大きさ、道路交通状況など現場条件により適切な方式を選択することが重要である。

具体的には、CCTVカメラは、現場状況の把握が特に必要な箇所に設置されるが、その中でも重点的に監視すべき「重要（危険）な箇所」とむしろ効率的に監視することで「道路管理業務全体のレベル向上」を図るべき箇所の2種類が想定できる。

5.3.1 道路管理業務全体のレベル向上

既設置分を含め数多くのCCTVカメラを用いて効率よく監視することは、道路管理業務全体のレベルを向上させることに他ならない。そのためには、一つの画像処理装置で複数のCCTVカメラ画像を処理できる多カメラ方式により処理することが望ましい。

多カメラ方式の場合、画像処理に必要な時間はこれまでの研究開発の結果から10秒程度である。また、一つの画像処理装置で処理可能なカメラ数は監視間隔に依存し、監視間隔が1分程度の場合の処理カメラ数は6台、10分の場合は60台となる。

5.3.2 重要（危険）箇所の監視

事故危険箇所をはじめ、落石や越波、風雪の危険箇所など道路管理上重点的な監視が必要な箇所においては、専用カメラ方式による常時監視が望まれる。

なおその際には、道路センサと他のセンサと組合せて事象検知システムとして機能させる方法も有効な手段と考えられる。

また、一部の道路センサでは、車両走行軌跡をトレースすることが可能である。これを用い、異常事象の検知に加え、事故多発箇所での交通安全対策などにおいて、よりきめ細かな対策の立案と評価が可能となる。

5.4 道路センサを用いた監視体制

直轄道路管理の24時間化への流れや広域道路ネットワーク整備の進展と自専道管理区間が増加する中で、道路管理業務は複雑化・多様化し業務

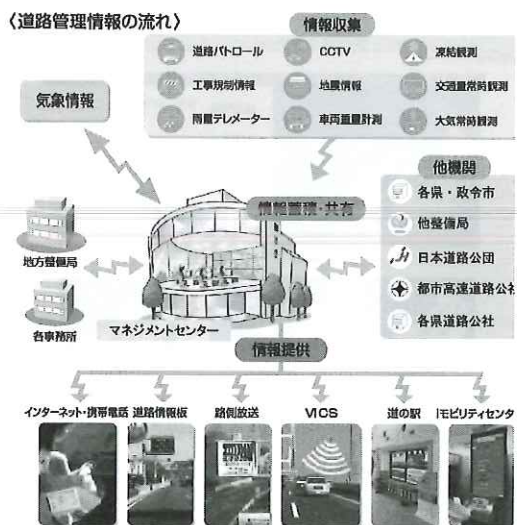


図-3 道路管理情報の流れ

そのものも増大している。その一方で、管理コストの削減に対する要請も強く、適切な管理レベルの設定と道路管理業務の効率化を進めることが緊急の課題となっている。

現場管理に関わる直接的な部分は、各事務所・出張所に管理権限があるが、現場管理に関わらない情報処理部分を集約し一元処理することができれば、業務の効率化に大きく貢献できるものと期待される。

具体的には、図-3に示すようなマネジメントセンターにおいて、CCTVカメラで得られる画像情報を集中的に監視する方法は、それらを事務所単位で行うよりもはるかに効率的であり、道路管理用光ファイバーネットワークを有効に活用することで、シームレスでコストのかからない通信環境も実現可能となる。また、マネジメントセンターにおける一元的な画像監視は、管理レベルの均質化や今後本格化する24時間管理における効率的な対応を支援するものと期待される。なお、マネジメントセンターでは、画像情報を含め多種多様な情報が一元的に集約されることから、これまで以上に効率的な災害対応や情報の提供等に寄与するものと期待される。

5.4 道路センサを活用した情報提供

見通しの悪い事故多発箇所やトンネル内などにおいては、CCTVカメラによる監視方法を専用カメラ方式とすることで、道路管理業務に加え、対向車両の接近を情報提供（対向車両情報表示サー

ビス) することや前方で発生した渋滞や事故、停止・低速車両等の存在を後続車に情報提供(前方停止車両・低速車両情報表示サービス)することが可能となり、安全な道路環境の実現を支援できる。

例えば、山陽自動車道高山トンネルでは、平成16年8月7日にトンネル内でパンク修理のために停止していた車両に後続の大型トラックが衝突し、5人が死亡、22人がけが、3台の車が炎上する大事故が発生した。このようなトンネル内での停止(低速)車両を道路センサにより検出し、後続車両にその情報を提供することができれば、事故の発生回避・被害の軽減に大きく寄与するものと期待される。

5.5 情報流通の変化に伴う業務プロセスの改善

道路センサをはじめとするITによるセンシング技術は、効果的・効率的な道路管理の実現に向け極めて有効であるものの、IT技術が有効に活用されてはじめて成立するものである。そのためIT化にあたっては、各道路管理業務において必要となる情報と、その流れについて全体構造を分析し明らかにした上で、当該システムが道路管理業務のどの部分をどのように改善することになるかを見据えて導入すべきである。これは、業務プロセスを情報流通の変化に伴い改善することになることから、トータルとして効果的・効率的な道路管理業務が実現されるものと期待される。

6. まとめ

6.1 本研究で得られた成果

本研究は、道路管理の効率化・高品質化の観点から、画像センサ(路面及び道路センサ)の具体的な活用方法について検討を行ったものである。路面センサについては、路面状態の変化を面的かつリアルタイムに把握し、その変動履歴と気象データとを関連付けて表示することで、路面の直接的变化を踏まえた合理的な冬期路面管理を実現する方法について提案を行った。

また、道路センサについては、監視方法と監視体制のあり方などについて提示し、特に監視方法に関しては、センサの使い分けとして多カメラ方式と専用カメラ方式を提案した。

6.2 課題と今後の方向

本研究では、CCTVカメラのより有効な活用策

を模索している道路管理者に対し、有用な回答を提示することができたと考える。

しかし、本研究の成果は提案の域にとどまっており、今後それぞれの仮説について、実フィールドでの検証・評価を行っていく必要がある。また、その際には、履歴情報などの蓄積や集計・表示機能、インターフェースなど周辺環境に関し、求められる機能とアルゴリズムなどについて、サービスとしての均質化・標準化を念頭に置きつつ検討を行っておくことも重要であると考えられる。

なお、CCTVカメラやそれに付加する画像センサの活用は、業務の効率化と高品質化を促すものと期待されるが、具体の導入に当っては、将来の適正な管理レベルを見据えた上で検討がなされるべきであり、今後このような上流部分に関する検討も合わせて行われることが望まれる。

参考文献

- 1) Satoshi Mizuguchi: "INCREASING ROAD MANAGEMENT EFFICIENCY BY MAKING USE OF ITS TECHNOLOGY", 11th ITS World Congress Proceedings, Nagoya, Japan, 2004.10
- 2) Masashi Kuwa, Yoshiharu Kowa "RESEARCH ON MULTIPLE-CAMERA COMPATIBLE IMAGE PROCESSING UNIT TO IMPROVE ROAD MANAGEMENT EFFICIENCY", 11th ITS World Congress Proceedings, Nagoya, Japan, 2004.10