

画像処理を活用した 道路管理の高度化に関する研究



道路政策グループ 首席研究員
谷口 宏

1 はじめに

人、物の移動を安全・安心かつ効率的に支援する道路には、大規模災害をはじめ、異常気象、グローバル経済におけるジャストインタイム輸送、さらには、モビリティの変革をなす自動走行など、多種多様な期待が寄せられている。また、整備のなされた道路ストックは、50年を経た的確な維持修繕を実施するとともに、計画的な更新を図る時代が到来している。

こうした多種多様な道路ニーズへの対応には、データや指標による客観的・合理的な行政判断を推進するための情報収集・活用環境の早期の実用化が期待される。

道路政策グループでは監視カメラや安価なカメラ映像を情報ソースとし、最先端のAI技術を活用して道路交通状況の把握や数量化を検討、道路管理者の状況把握能力の向上を支援する自主研究を推進中である。当該報告では取組概要を報告する。



図-1 道路管理者の状況把握能力向上に向けた取組み

2 道路管理の現状と期待される支援事項

2.1 道路管理の現状

道路サービスにおいては、ネットワークにおけるミッシングリンクの解消など、継続的な整備をはじめ、道路の課題の抽出、タイムリーな対策の実施による安全、効率両面の向上を図るとともに、的確な維持修繕・更新が急務な状況となっている。

また、高速自動車国道の整備においては、新直轄方式による整備・管理が推進され、管理の24時間化に加え、台風や豪雪などの気象変動に伴う通行障害、さらには震災といった大規模災害時における啓開など、限られた資源による迅速な対応が必

要とされる状況にある。

日常の道路管理においては、巡回や通報を基本としつつ、リードタイム短縮や継続把握の目的から、路側への監視カメラ、気象や交通量計測センサの設置、ETC 2.0によるプローブデータの恒常的収集により情報収集能力が向上の状況にある。

一方、監視カメラやテレメータの常時監視は限られた人員では不可能であり、発生事象の検出や交通量の継続的な把握など、人的な作業の代替機能の構築が期待されている。加えて、プローブ等のビッグデータの傾向分析や特異点の抽出など、膨大なデータの見える化も期待される状況にある。

情報提供においては、これまでも発生事象や規制、気象情報などを情報板やVICS、インターネットを活用して実施されてきたが、災害時の通行可能区間や気象変動をはじめ、渋滞の発生傾向を踏まえた賢い経路選択を支援する時系列の混雑予測情報の提供など、より高度な情報が期待されている。

また、近年は交通事故の削減をはじめ高齢社会のモビリティ確保、新産業の創出などを目的に、自動走行システムの研究・開発が世界各国において推進されているが、車両に搭載されるセンサによる前方の状況が把握可能な範囲は数百メートルであり、その先の規制や気象・路面、混雑状況、発生事象等は、道路管理者や交通警察が収集した情報の提供・活用が期待されている。



図-2 車両センサの把握可能範囲とインフラの提供期待事項

2.2 道路管理において情報面から期待される事項

現況把握や情報提供などの主要な道路管理業務において必要

な把握すべき情報は、表-1「主要な道路管理業務において必要な情報と収集方法」のように整理されるが、こうした情報の収集技術が未成熟であったり、現地の特性に応じた調整を必要とし、投資費用の観点からも必ずしも充実した状況とはなっておらず、これを補完する画像処理などのより効率的な情報収集技術の確立が期待されている。

表-1 主要な道路管理業務遂行に必要な情報と収集方法

カテゴリ	部門	把握事項	現状の活用技術、機器
交通状況	調査・計画 (情報提供)	1. 車種・車線別交通量、旅行速度、空間占有	トラフィックカウンター、画像処理
		2. OD	人的調査
		3. 施設・地域入り込み調査	〃、ナンバー読み取り
	災害対応 (被災状況把握)	4. 構造物損傷の推定	歪ゲージ、光ファイバー
		5. 通行障害(迂回路の渋滞含む)の確認	プローブ情報のリアルタイム活用
		6. 豪雨時のスタック発生	〃(スタック発生後は活用不可)
気象変動	雪害対策	7. 路面凍結	路面温度計、路面計
		8. 積雪の有無、積雪深	積雪計、積雪深計
		9. 冠水の有無	冠水検出テレメータ
	風水害	10. 越波の有無	越波検出計
		11. 降雨(ゲリラ豪雨など)状況	雨量計
		12. 霧等発生	視程計、監視カメラ
発生事象	早期把握・対応	13. 巡回支援(事故、落下物把握)	監視カメラ、通報、巡回
		14. 要監視構造物の状況	歪ゲージ、監視カメラ
構造物・危険箇所 (要監視対象)	変状の可否	15. 危険箇所の変状	監視カメラ
		16. 路面性状(ポットホールを含む)	監視カメラ、通報、巡回
		17. 付属物損傷状況(標識、ガードレール等)	〃
特車・料金対応	違反特定	18. ナンバー情報(WIM、ETCと連動)	監視カメラ、重量計(WIM)
		19. 道路基礎地区情報の整備・情報付加	巡回車両へのカメラ設置、画像処理
地図	特車対応	20. 道路空間(高さ等)の情報取得	〃
		21. 車両の進行方向把握(逆走車を把握)	監視カメラ、画像処理
安全運転支援	本線合流支援	22. 車線別占有率、割付け台数、車頭間隔	監視カメラ、画像処理

3.2 画像処理技術活用の課題

こうした画像の品質向上に伴い、道路管理においても目視による把握可能な情報が大幅に向上しているが、監視カメラの設置数量の拡大も含め、常時の目視による監視は人的資源の兼合いから非現実的であり、監視作業を代替する機能の構築が期待され、これまでも発生事象の検出や気象変動、交通量計測等の画像処理技術が開発されてきた。

表-2 画像処理を活用した代表的な把握事項と作業事項

把握事項	検出事項	これまでの画像処理の作業事項	
		共通作業	個別作業
交通量観測	1. 交通量	・箇所ごとに設定 ① 適正画角、ズーム量 ① スケール ② 照度 ③ 年間を通した日照時間 ④ 標準画像	① 車種別のサイズ
	2. 旅行速度		② 移動距離
発生事象検出	3. 空間占有率		③ 空間面積
	4. 停止車両、落下物		④ 事象モデル
気象状況把握	5. 逆送		⑤ 進行方向
	6. 路面状態		⑥ 状態マスター
	7. 視程		⑦ 劣化パターン
	8. 越波		⑧ 波の状態

一方、これまでの画像処理技術は、把握すべき事項に対し、箇所ごとの画角やズーム量、スケール設定は言うまでもなく、画像の照度は、昼夜をはじめ、朝夕の変化が顕著な時間帯においては、分単位で検出感度を変化させるなど、細かな箇所ごとのチューニングを必要とし、導入から運用時における継続的なコストが発生しており、監視カメラへの全面的な適応はハードルが高い状況となっている。

3 画像処理技術の現状と課題

3.1 画像や情報技術の変遷

米国のNTSC (National Television System Committee) が策定したアナログ画像規格を基に、我が国においても1953年(昭和28)からモノクロ放送が開始され、東京オリンピックを契機にカラー放送が普及した。

続いて、情報処理においては機器の規格や仕様、点検記録等を電子的に管理するCALS (Continuous Acquisition and Lifecycle Support)をはじめ、Windows95の発売など、IT技術の普及によりアナログ画像からデジタル画像への変革がなされ、さらに、より高画質なハイビジョン、4K、8Kへと高画質化が目覚ましい状況にある。

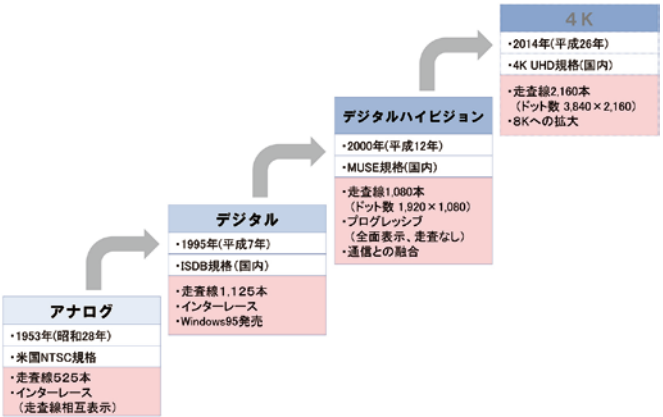


図-3 画像の方式や品質向上の流れ

4 自主研究による実施事項と技術実証

4.1 自主研究の着眼点と実施事項

近年の目覚ましい画像の品質向上に加え、脚光を浴びている技術がAI (人工知能: Artificial Intelligence) である。

AIはこれまでもチェス (IBMのディープブルー) や金融工学、顧客ニーズの傾向分析などに活用されてきたが、ビッグデータの相関、特異点の抽出といったデータマイニングや予測モデルの構築には専門の基礎知識と高度なプログラミングを必要としており、また高性能なコンピュータの活用が前提のため、多様な部門への展開にはハードルが高い技術となっていた。こうした課題に対し、コンピュータの性能向上に加え、AIを構成するニューラルネットワーク (判定条件と条件間の相互関係を利用頻度で重みづけしたデータベース) を生成するための人的作業をディープラーニング (機械学習) と呼ぶ手法で軽減する技術が考案され、分析の対象となる画像や情報に初期的な判断要件を設定し、数千件のサンプルデータを適応させて学習を重ねることで、複数の判断要件間の関係や頻度が自動生成され、人間の脳の思考回路に相当するニューラルネットが構築可能である。これにより、AIの活用範囲の拡大、容易性の向上が図られることとなった。

こうしたAIを監視画像に適用することで、多様な画角や照度などの画像の特徴の変異への適応など、導入時の初期的なチューニング作業の削減にも繋がることが期待される。また、道路線形や車線処理などの道路の特性をはじめ、気象・昼夜といった道路環境の変動要因に対し、AI技術を活用することで柔軟な追従や検出品質が確保可能となれば、人的な計測や発生事象把握の代替が期待されるのである。

こうした背景を踏まえ、道路管理者の状況把握能力の向上や定量化に資する技術の構築を目指し、AI技術を保有する画像処理ベンチャーとの連携により共同研究を実施することとした。以下に、共同研究の体制と活用検証の流れを示す。

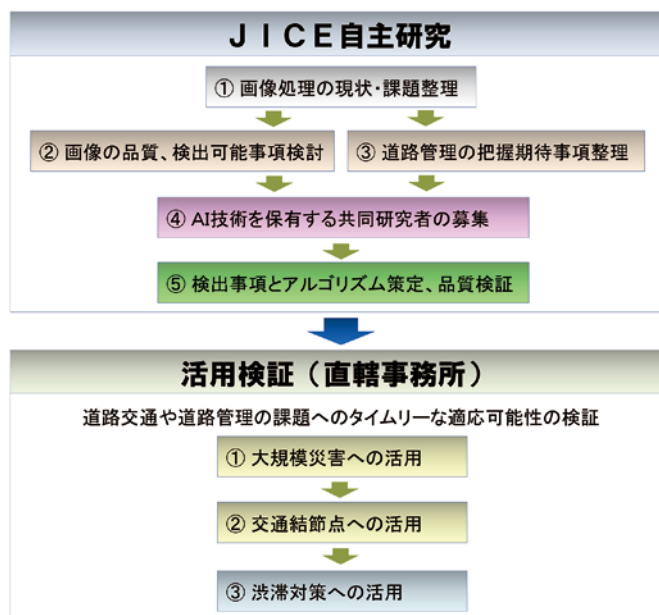


図-4 自主研究と構築した技術活用検証の流れ

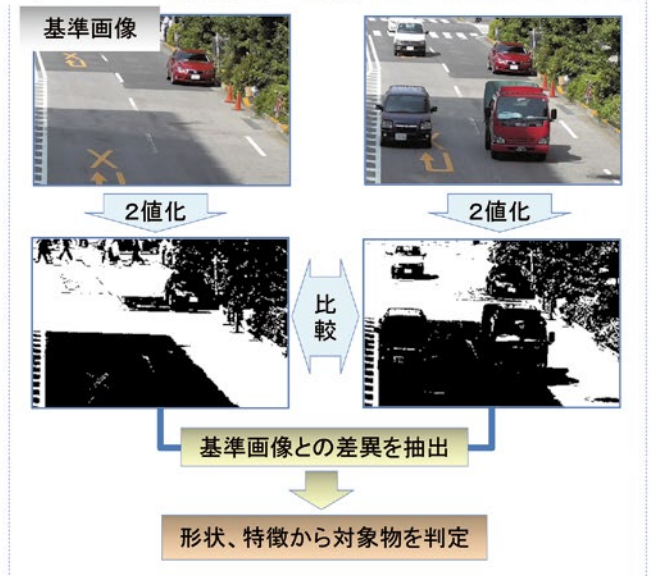
自主研究においては、前述の①画像処理の現状・課題をはじめ、②画像の品質、検出可能事項、③道路管理の把握期待事項を整理し、目指すべき目標を明らかにするとともに、④AI技術を保有する共同研究者の募集を行った。

募集形態は、画像処理用ハードウェアを製造・販売する企業が当該ハードウェアを活用したソフト開発を支援するデベロッパープログラムを設けており、道路交通分野への新たな参入を期待するソフト開発ベンチャーの紹介を受ける手法を採った。

画像処理用ハードウェアの製造・販売企業から13社の紹介を受け、研究の趣旨や役割分担、研究の流れを説明し、賛同が得られた5社を共同研究の対象機関とし、研究を開始した。

共同研究においては、ベンチャー企業より画像からの移動体の検出概要の開示を受け、検出技術に沿った交通量や旅行速度、空間占有率、駐停止車両、施設入込みなど、車両制限令や建築限界等の法令を踏まえ、AIに組込むべきアルゴリズムを作成し共有を行った。

● これまでの画像処理技術



● AIによる画像処理技術

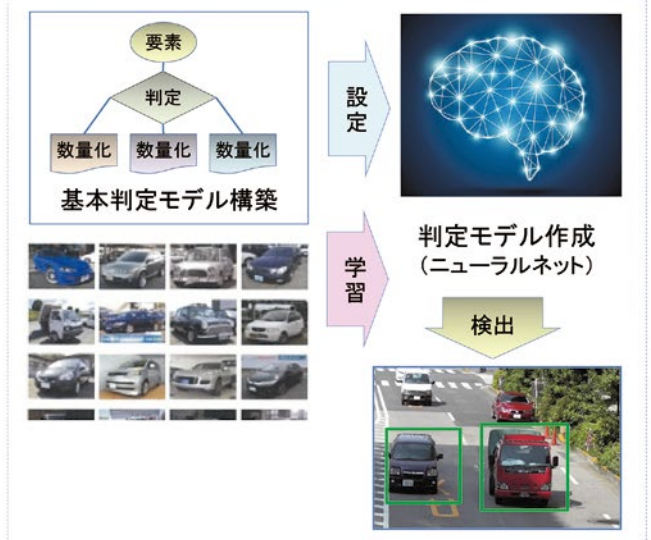


図-5 これまでの画像処理とAIによる画像処理の比較

開示を受けた移動体や画像の変化点を検出するAI画像処理技術は、これまで用いられてきた2値化技術（画像の白黒化による単純画像の比較）とは大幅に異なり、画像における基本的な検出モデル（ニューラルネット）を設定し、複数の画像に適応することで画像の特徴量を踏まえた検出精度の向上や画像の照度変動といった課題に順応させる機械学習（ディープラーニング）が採用されていた。

また、ベンチャーが採用している基本的な検出モデルは単一ではなく、画像の特徴をイメージとして捉えるもの、変化量として捉えるものなど、複数の方式が採用されていた。

こうした技術の傾向や汎用性を踏まえ、Googleが開発した人工知能ライブラリ「TensorFlow（テンソルフロー）」を活用してAIに組込むべきアルゴリズムを構築している。

4.2 構築技術の検証と技術実証

ベンチャー企業と協働で構築したAI技術による交通量計測等の技術について、検出品質を検証するための評価ビデオを作成し実証を行った。

検証事項は、交通量と道の駅の入込み数の2点である。

表-3 検出品質の検証事項と検出率

検証事項	検証対象	検証手法
交通量計測	1. 小型	人的計測とAI計測の結果比較
	2. バス	
	3. 大型貨物	
道の駅入込み	4. 車両マスク	2方式の計測結果比較
	5. ナンバー読み取り	

検証事項	検証対象	検出率
交通量計測	1. ベンチャーA社	95%
	2. ベンチャーB社	93.5%
	3. ベンチャーC社	94%
道の駅入込み	1. ベンチャーA社	98%
	2. ベンチャーB社	99%
	3. ベンチャーC社	98%

検出率については、これまで実績のないAI技術による車両の前後のマスクデザイン判定による車両の数量化を実施したケースであったが、交通量においては平均94%、道の駅の入込みにおいては、平均98%の検出率であることが確認できた。

こうした検証結果を踏まえ、道路交通や道路管理の課題への適応性について、直轄の道路事務所において試行を実施した。

当該技術を始めて試行した事例は、高速道路通行止めによる一般道への影響把握である。これは、2016年(平成28年)4月14日、九州において発生した熊本地震において九州道が閉鎖され、一般国道3号の影響が危惧されたケースである。地震により電源や通信網が寸断される中、安価なWebカメラを情報板等に設置し、交通量や旅行速度の計測を実施した。

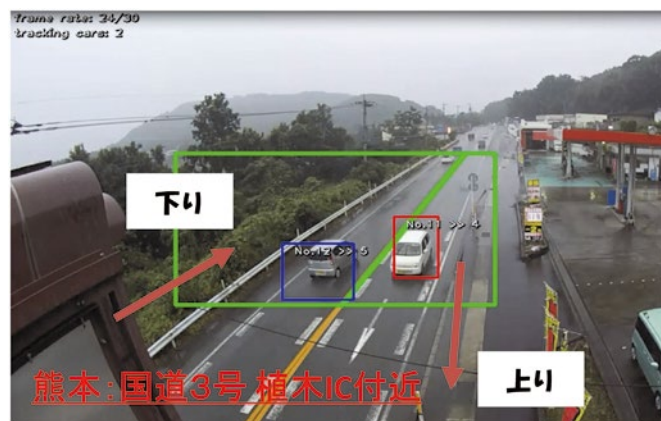


図-6 国道3号の交通量計測画面：出典 九州地方整備局

続いての試行は、バスタ新宿である。当該施設は、複数点にわたる長距離バスの発着所を集約し、利用者の利便性向上を図る施設である。施設近傍の自動車交通量、歩行者交通量を計測するとともに、バスの乗降者数を計測し、人的計測に1.5ヶ月を要していた作業を即日集計とし、効率化を実現した。

① 移動体検出



② 移動体追跡



③ 計測



① 人の検出(青枠)

② 荷物の積み込み追跡(青枠)

③ 乗車時の計測(赤枠)

図-7 乗降者数計測の流れ：出典 東京国道事務所

4.3 AI技術活用の効果

AI技術の道路管理への活用により、調査や監視作業の効率化、客観的な定量化をはじめ、画像単位の初期設定や四季を通じた照度調整の削減、夜間や雨天時の検出精度の向上が期待される。加えて、複数の画像において学習が積み上げられることによる検出率の向上、さらに学習済のニューラルネットの既存監視映像への一括適応など、これまでの技術に比して類を見ない大幅な利便性の向上も期待される。

5 今後の方向性

これまで、道路管理者の状況把握能力の向上や定量化を支援する観点からAI技術を活用した画像処理による自動車や歩行者の交通量計測に取り組んできたが、地域の道路交通の課題の見える化、対策効果の予測など、道路管理の最前線を支援する場面は多種多様である。今後は災害対応や交通結節点の運用等の現行技術の水平展開をはじめ、観光地や幹線道路の渋滞対策、路上工事の影響分析などの多方面への活用を支援するとともに、事故や落下物、冠水や越波、視程低下など、日々発生する事象の把握に向けた既設の監視画像へのAI技術の適応など、さらなる研究を進めたい。