

スーパーシティ化推進と Iot・Ai 道路維持管理システムに関する実装検討と考察

KYB・MCSCC 客員研究員	高松伸一
KYB・MCSCC 客員研究員	岡村 淳
KYB・MCSCC 客員研究員	首藤 悠
MCSCC 代表理事・前慶大特別招聘教授	豊崎禎久
MCSCC 監事・前衆議院議員三重大特任教授	○正員 桜井 宏
北大名誉教授	フェロー 佐伯 昇
前日大客員教授	正員 鈴木明人
前衆議院政策秘書北見工大技術職員	正員 岡田包義

1. はじめに ①背景 現在、我が国政府の主要政策の国・自治体行政等持続可能な DX (Digital Transformation) 推進、実現には ICT

(Information and Communication technology:情報通信技術) 支援で、国内外で持続可能な産業経済活動を生む IP(Intellectual Property :知的財産)コア化が重要だ¹⁾。特に、土木分野では、道路、鉄道、港湾空港等交通施設、河川、海岸、山岳斜面等防災施設の膨大な維持管理と安全・信頼性向上と劣化予測によるライフサイクルコスト

(Life-cycle cost) 改善等が、DX 上の重要課題となっている。しかし、少子高齢化や地球温暖化加速に、新型コロナ等感染リスク顕在化し、担い手理工系人材不足と財政経済逼迫し、解決策の DX 推進でスマートシティ化や、政策的な大胆規制改革を伴うスーパーシティ化推進実現が、我が国の劣後目立つ厳しい国際競争下、社会経済発展は勿論、その維持にも必要不可欠だ。特に、これらの成功普及の鍵は、我が国政府・自治体の政策的規制改革下、法規順守は勿論のこと、安全性、信頼性、個人情報保護等人権、地球環境対策、持続可能な財政経済と産業収益性 (monetize)、公平性等を十分担保する高い技術倫理性確保の基、Iot

(Internet of Things) と人工知能 Ai (Artificial intelligence) の的確導入と迅速な実装推進が重要で、筆者らは維持管理システム構築を長期に渡り調査研究を推進した²⁾。

②目的 本研究は、スーパーシティ化推進と Iot・Ai 道路維持管理システムに関する実装を検討考察のため、我が国の典型的な地方都市の市道維持管理業務 (写真 1, 2) への Iot・Ai 実装等による社会基盤性能・安全性向上と大幅経費削減等の両立可能な IP コア (知的技術財産権システム) 化の課題を抽出し検討考察する。

2. 検討方法 筆者らが抽出調査したスーパーシティ化を目指す地方都市の社会基盤の維持管理スマート (DX) 化事例³⁾ として、島根県益田市社会基盤管理部門御指導御協力の下、ヒアリング等通じ、

道路維持管理に必要な路面モニタリングと診断技術を Iot・Ai 等実装により課題を検討考察する。

3. 検討結果検討及び考察 ①自治体道路維持管理測定システムの構築 IoT・Ai 活用で、職員労務負担軽減し、従来より大幅安価かつ広域調査可能な道路路面良否や劣化判定の為に、データの計測、収集蓄積、分析と解析判定評価及び結果出力等を構成するサブシステムを構築連動し、道路路面維持管理の為にスマート道路モニタリングシステム (図 1) を開発した。各サブシステムの主な機能は、**i)** データ測定収集システム:道路パトロール車両に各種センサ装着 (表 1)、パトロール中の経緯度座標と路面性能・劣化データ収集、**ii)** データ転送システム:市庁舎と KYB 分析拠点と高度安全信頼性のクラウドネットワークを構築し、相互にデータを送受信 (昼夜 2 回)、**iii)** データ分析評価システム:益田市から受信データで経緯度座標毎に路面性状を分析診断し、診断結果を作図出力可能な (見える化) システムを構築した。



図 1 スマート道路モニタリングシステム実装



写真 1, 2 市道山岳部の状況 (画像のみでは路面確認不能な落葉や、危険な落石等)



写真 3 計測システム搭載車

表1 計測項目と道路パトロール車両センサー配置

名称	計測対象	種別	CH数
ばね上Gセンサー	4輪ばね上-上下方向加速度	アナログ	4ch
ばね下Gセンサー	4輪ばね下3輪加速度	アナログ	12ch
ストロークセンサー	4輪サスペンション変位	アナログ	4ch
慣性計測装置	車体ロール・ピッチ・ヨー挙動	アナログ	6ch
自動ボタン	道路イベント	デジタル	4ch
GNSS	自己位置計測	デジタル	1ch
前方カメラ	前方路面画像取得	デジタル	1ch
CAN情報 (OBD2)	舵角・車速・ブレーキ等	デジタル	5ch



②劣化の判定と対策 振動測定値から測舗装路面と運転者の乗り心地評価指標 (IRI:International Roughness Index(mm/m、m/km))は(図2)、路面劣化水準を関係付けた。路面維持管理で走行安全性向上のため幹線道路等でも、頻繁に使用される傾向で、この様な膨大なデータ判定処理は、劣化判定と対策が類型化され、適切な専門家判断を基に、Ai活用で適切に判定される必要がある。

- ・ 補修不要 : $0 \leq IRI < 2$
- ・ 要経過観察 : $2 \leq IRI < 4$
- ・ 要補修 : $4 \leq IRI$



写真7 路面性状診断出力の例

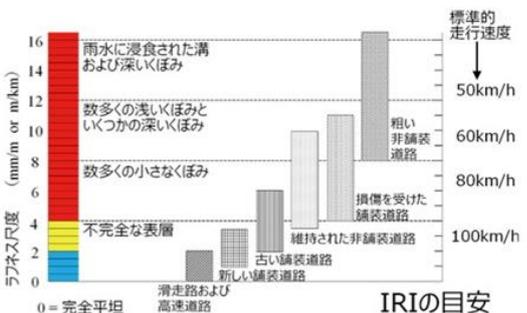


図2 国際ラフネス指標 IRI と路面劣化水準の関係

③実装センサ Iot データと Ai 情報解析モデル判定

計測データ : X(実際は、他チャンネル時系列ベクトル)に対し、以下の式(1)で路面性状データ (路面性状評価指標) : yを得る。

Xは入力となる車両挙動データ、yは出力となる路面性状データ、Lは入出力を関係づけるモデルである。

$$y = LX \tag{1}$$

なお、モデル L は、実際は多入力多出力関数で、人為的な解析で精度良い数式モデル作成は非常に時間手間や帰算計算等が膨大かつ煩雑で、従来職員が把握していた路面性状診断と同等精度を目標として、統計学根拠の Ai を用い、教師あり学習モデルを複数併用し、予め入出力が揃った既知である教師データを用意し、図3の分析精度向上フローで精度の高いモデルを抽出した。式 (2) LX_i と既知路面データとの誤差最小モデル L を求める。

$$\arg \min_L \left(\sum_{i=1}^n (y_i - LX_i)^2 \right) \tag{2}$$



図3 市道維持管理システム運用と精度向上フロー

本実装では、MMS (Mobile Mapping System)、レーザースキャナー、カメラ、ジャイロセンサー等搭載車両で、道路表面凹凸、物理的性情を直接測定し、同路線をデータ集積車輦走行で教師データを得た。路面性状データは、IRI、ひび割れ率、平坦性、轍掘れ等一般的路面性状評価定量指標である。教師用データの内、学習用8割、検証用2割で、市適用の図2の3水準で、図4に市道維持管理測定及び判定状況(2020年現在)をプロットした。



図4 市道維持管理測定及び判定状況(2020年)

4. 結論 ①市職員の評価によると従前との判定に齟齬無く、十分な精度かつ労務負担無く定量的作図情報が蓄積され、将来計画に資する道路維持管理システムと好評頂いた。②今後、我が国内外各スーパーシティ化と積雪寒冷地実証検討中である。

【謝辞】本研究に絶大な御指導御協力頂いた我が国政府与党、国交省及び益田市長及び当局、八代市他に深謝し、かつ本システム開発尽力 KYB、MCSCC、三英技研各技術陣他御尽力及び、慶大、北大、三重大等関係各位様の御指導御尽力に深謝致します。

【参考文献】1) 豊崎禎久:自治体等におけるスマートシティー関係事業の取り組みー半導体のプロが独自視点でスマートシティーに挑む、マネタイズのヒントは IP ビジネスにあり、新都市, Vol. 75, pp. 1~5, 2021. 2, 2) 桜井宏、岡田包儀、鈴木明人、佐伯 昇、桜井智子、豊崎禎久:社会基盤の維持管理に関する Iot と AI による支援化の課題の考察, 土木学会全国大会, 2019. 9, 3) 首藤悠、高松伸一:技術解説 スマート道路モニタリングシステムの開発, KYB 技報、第 61 号, pp11~20, 2020. 10