

自動運転による高精度3次元地図を活用した道路ストック点検システムの開発

国際航業株式会社 正会員 ○藤木 三智成

国際航業株式会社 正会員 井上 浩一, 正会員 横山 省一

岡山大学大学院 正会員 西山 哲

岡山県岡山市 加藤 孝志

1. はじめに

我が国において、橋梁や舗装等の道路施設については、自治体が管理するものが大半を占めており、その多くは今後建設から40あるいは50年を迎えることになることから、より一層適切な維持・管理が重要となっている。こうした道路施設の点検方法の多くは、現在目視点検や打音調査が基本となっているため、結果判定が点検員の経験や勘に頼る部分が多いことに加えて、ベテラン点検員の減少等による人員の不足、あるいは点検だけで欠陥を発見することが困難であるといった課題、さらには経済的な負担が大きという課題が生じている。本課題の克服には、自治体の事情を鑑み、IoT技術を活用することによる継続的な監視によって、各種道路構造物の劣化に起因する潜在的な危険の回避や点検・診断等への支援が重要となる。このIoT技術の活用は、道路施設の長寿化計画の立案を効率的に行なえとともに、合理的な維持管理計画により、その維持コストを著しく低減させ、近接目視の点検に要していたエネルギー使用を削減するという省エネ効果も期待できる。これまでIoT技術のひとつとして、MMS(Mobile Mapping System: 高精度GNSS移動体計測装置)と称される技術が、道路施設の管理するデータベースの作成あるいは変状調査に活用されてきた。道路管理者は、このMMSによって得られた情報を使って、舗装や法面および道路附属物の位置を地図情報上に表す台帳を作成する、あるいはレーザや画像から各種道路施設の状況を把握することで、施設の更新計画を考慮してきた。

また近年、自治体での導入が推進されていくITS(Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム)による自動運転技術が注目されている。この自動運転システムの導入に当たっては、あらかじめMMSを走行させ、自動運転車が走行する道路に関するダイナミックマップと称される高精度3次元地図を作成する。

本研究開発は、この自動運転システムの導入に伴う高精度3次元地図情報に着目し、同じMMSのデータを使って行ってきた道路施設の維持管理に関するノウハウを前記地図情報に取り入れることで、自動運転を実施する車両が、自ら道路施設の維持管理に役立つ情報を取得するという新しい点検技術の構築を目指したものであり、少子高齢化や財政難がすすむ自治体を対象にして、効率的な道路施設の管理システムを実現するための研究開発を行った成果の一部を報告するものである。

2. 高精度3次元地図(ダイナミックマップ)の作成

高精度3次元地図は、MMS計測により取得したレーザデータおよびデジタル画像データを利用して作成される。図-1にMMSの外観を示す。MMS計測は、GPS/IMU複合による車両の位置/姿勢計算と、搭載したセンサーで測得したレーザデータ/カメラ画像により、車体動揺や路面傾斜によらず、高精度に道路地物の三次元位置計測が可能である。本システムの高精度測位を実現する根幹技術となるGPS測位には、国土地理院が日本全国に配置した電子基準点網を利用し、FKP(面補正パラメータ)方式で生成した補正データを配信するネットワーク型高精度GPS測位サービスを使用している。



図-1 MMSの外観

キーワード：自動運転, 高精度三次元地図, ダイナミックマップ, MMS, AI, 3次元道路維持管理システム,

連絡先：〒660-0805 兵庫県尼崎市西長洲町1丁目1-15 国際航業株式会社 TEL：06-6487-1280

図-2 にダイナミックマップの概念を示す。自動運転および安全運転支援に不可欠なダイナミックマップは、「静的情報」「准静的情報」「准動的情報」および「動的情報」の4つの情報を重畳させたリアルタイム地図情報の総称であり、静的情報を高精度3次元地図という。本研究開発は、岡山県赤磐市における自動運転の実施ルート（5.1km）を対象としてMMS計測を実施し、図-3に示すようにレーザ点群データの反射輝度（図上段）によってCAD上で道路縁、縁石等の「道路形状」、白線、停止線、横断歩道、レーンマーク等の「路面標示」、および標識、カーブミラー、ポール、信号、電柱等の「道路付属物」（図中段）などについて走行シーン毎にライントレースしながら高精度3次元図化（図下段）を行った。さらにダイナミックマップから抽出された道路施設の情報を、道路施設管理システムへデータ搭載し、自動運転データの取得および3次元インフラ維持管理システムの開発と関連付ける基礎データとなるデータベースをシステムに搭載した。

3. 3次元道路インフラ維持管理システムの開発

図-4に3次元道路インフラ維持管理システムの概念を示す。自動運転により取得されるデータに対して、インフラ構造物の台帳情報と3次元空間情報とを連携させ、維持管理対象のインフラ構造物の位置情報、台帳情報、変状情報等が同時に把握することができるシステムの開発・構築を行った。道路施設維持管理のデータを蓄積し、そのデータを分析・活用することで、維持管理費用全体のコストを低減させることが可能であり、アセットマネジメントへの展開を図ることが可能なインフラ維持管理システムが完成した。また、3次元道路インフラ維持管理システムに取り込むことで、自動運転システムの導入を目指す自治体においては、本研究開発による技術を活用することにより、道路施設の維持管理のシステムも同時にコストをかけることなく導入できる。



図-4 3次元道路インフラ維持管理システムの概念

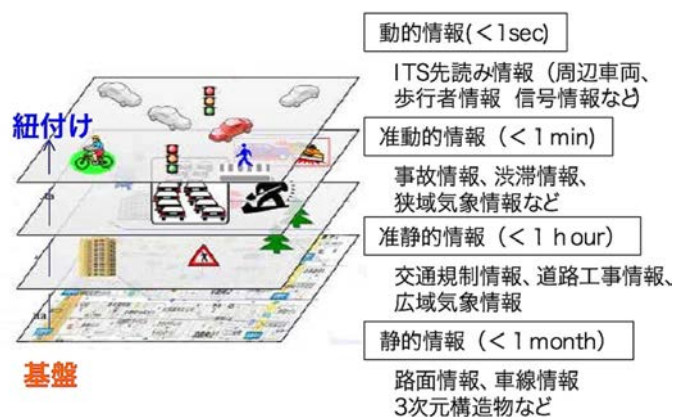


図-2 ダイナミックマップの概念

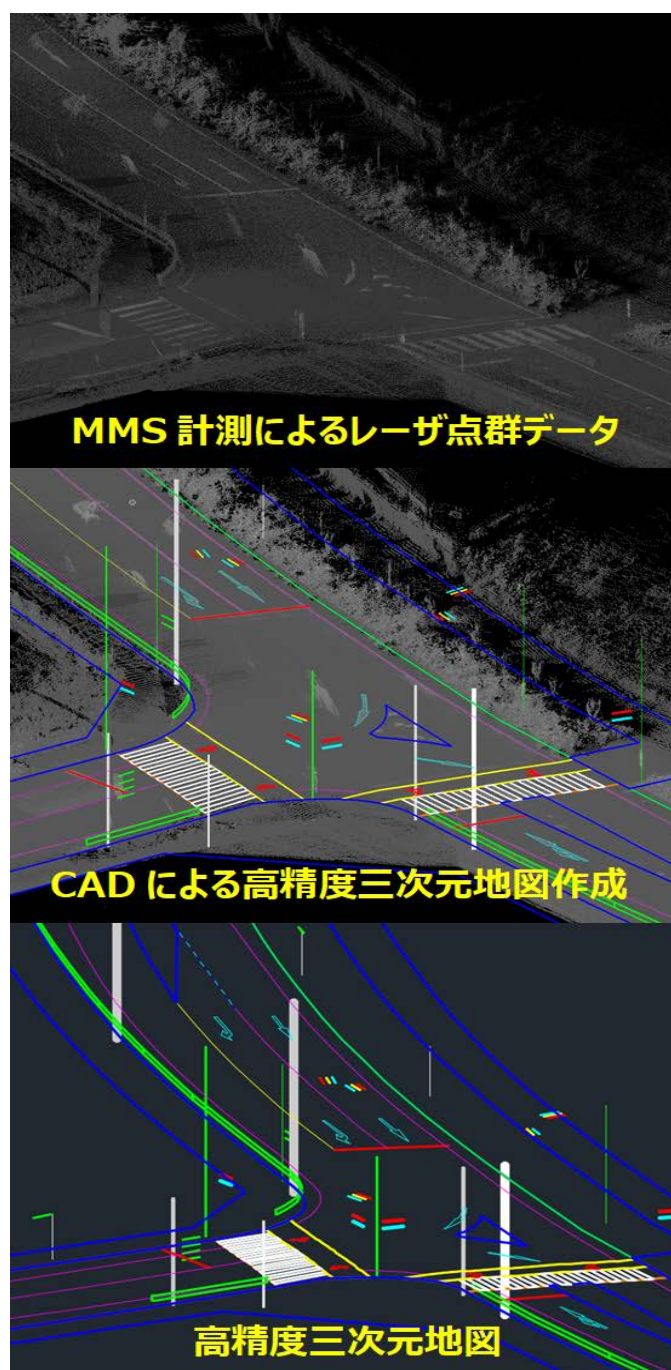


図-3 高精度3次元地図作成のながれ

4. 人工知能（AI）を活用した道路インフラ構造物の変状解析技術の開発

岡山県赤磐市における自動運転車走行の実施に際して、MMS によって作成される高精度 3 次元地図（ダイナミックマップ）から道路インフラ構造物の 3 次元レーザ点群およびデジタル画像を抽出し、さらに当インフラ構造物に発生した変状を定量化する情報を前記ダイナミックマップが取得できるシステムを構築する。これにより、自治体の道路構造物の健全性をデータベースとして蓄積しながら走行する自動運転走行システムを実現させる基礎技術を構築した。

(1) レーザ点群および画像データの中から目的とするインフラ構造物を抽出する人工知能（AI）等を活用した解析技術の開発

自動運転車が取得するダイナミックマップの中から、点検作業が必要なインフラ構造物を抽出する技術を開発する。すなわち、MMSのような車両移動型計測においては、膨大な数の画像あるいはレーザ点群データが取得されるため、それらのビッグデータの中から、詳細な健全度調査が必要な構造物のみを抽出する技術を構築しなければ、人的労力の不要な高効率かつ客観的なインフラ構造物点検作業への活用が困難と成る。ここでは、図-5 に示すように、AIで解析するデータベースへMMSデータを読み出し、各データが“教師データ”に合致するものかどうかをAIで判別するシステムを開発した。図-6は、標識等の道路附属物と“ひび割れ”が発生している舗装箇所をAIが抽出した結果である。例えば“教師データ”で腐食状態に応じて点検が必要な附属物を与えると、その程度に応じた構造物を抽出する。各データは座標位置が付与されてAIデータベースに読み出されるので、詳細点検が必要なインフラ構造物をビッグデータの中から自動的に選別する技術が構築された。

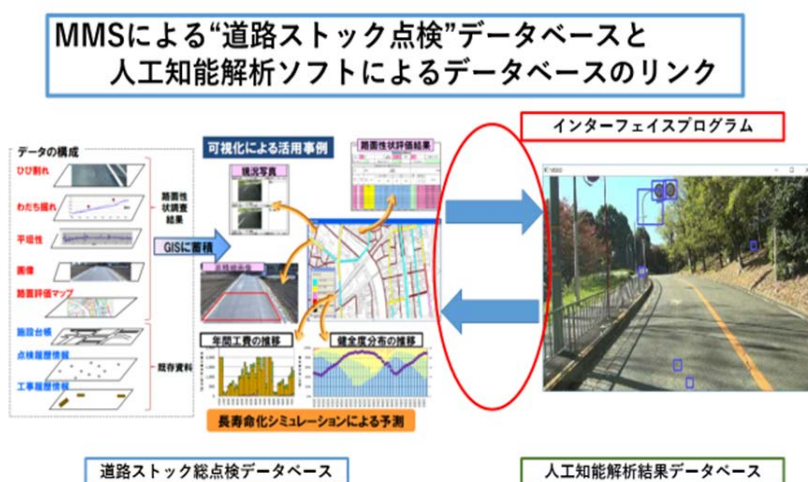


図-5 AI活用システム概念

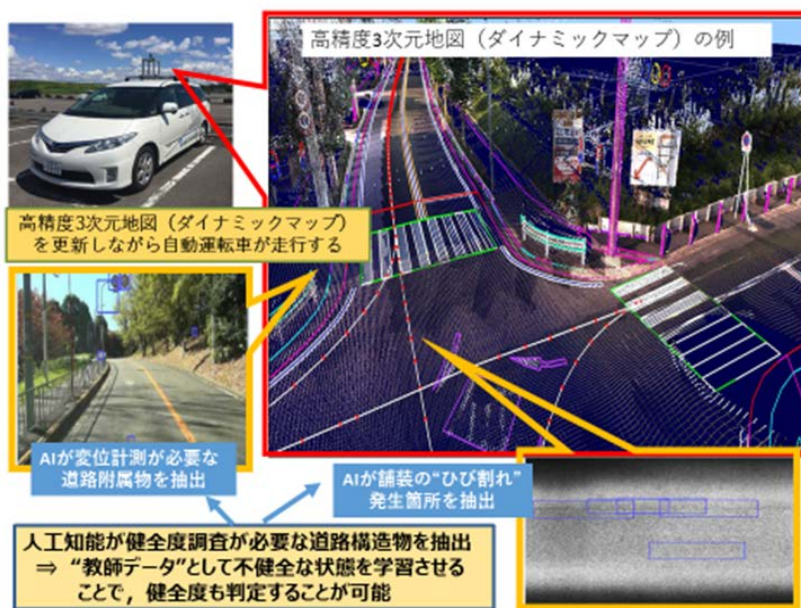


図-6 道路インフラ構造物の AI による抽出例

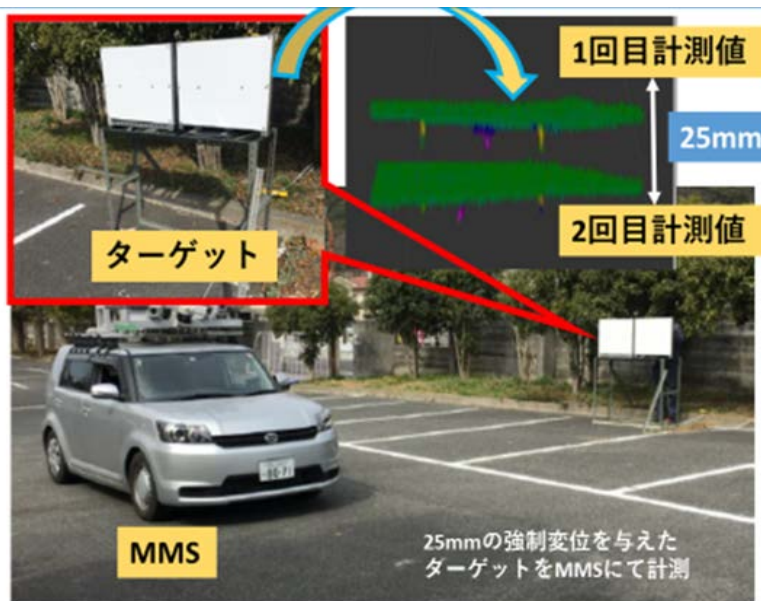


図-7 レーザ点群差分解析技術の検証結果

(2) レーザ点群あるいは画像の時系列データの差分解析技術を構築し、インフラ構造物に発生した変状を定量的に評価する技術の開発

図-7 はターゲットに人工的に与えた変位(25mm)をレーザ点群から自動的に計測するプログラムの精度検証結果を示したものである。これは自動運転車が地図を作成しながら自己位置を推定する際に活用する SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 技術を応用したもので、リアルタイムでの変位検出が可能であることを示す。また図-8 は、MMS によって計測した法面の 3 次元データを活用して、模擬亀裂の 10mm の開口幅およ

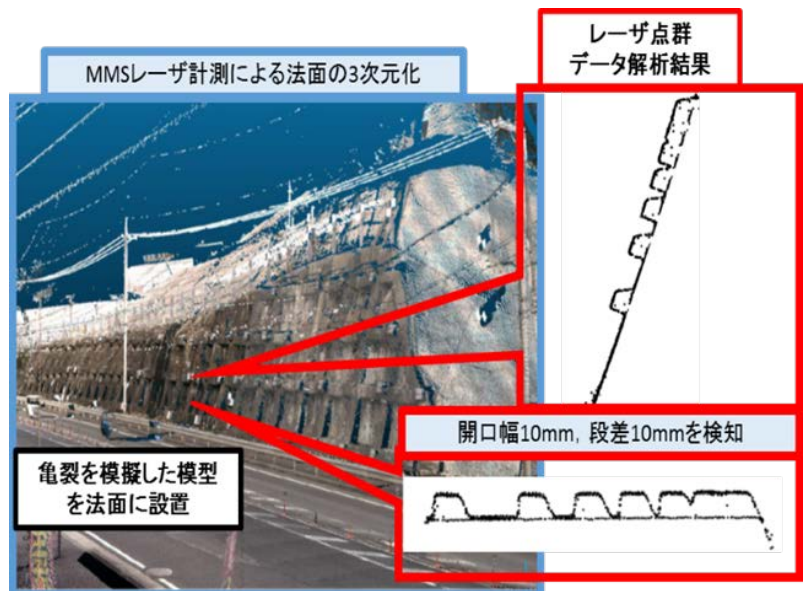


図-8 変状検出技術の実証例

び 10mm の段差を検出した結果である。開発項目 (1) の結果と合わせて、自動運転車が作成するダイナミックマップを活用し、ビッグデータからインフラ構造物を自動抽出し、次の変状を定量化できることを実証した。

- ・舗装表面の 30mm の“わだち掘れ”を検出。
- ・舗装表面の“ひび割れ”を目視レベルで検出。
- ・舗装の IRI を 3mm/m の精度で算出可能。

5. 結言

岡山県赤磐市における自動運転車走行の実施ルート（全長 5.1km）を主な対象とし 3 次元道路インフラ維持管理システムを構築した。3 次元インフラ維持管理システムの構築については、(1) 高精度 3 次元地図（計測・図化）の作成、(2) 道路管理データの取得・システム搭載、(3) 自動走行データの取得、(4) 3 次元インフラ維持管理システム構築技術の開発、により実施し、静的な情報（MMS により取得された高精度 3 次元地図、点群データ、画像データ）と動的な情報（自動運転車により取得されたデータ類）としてのインフラ構造物に対して、レーザ点群および画像を活用した AI による変状解析技術を導入することにより、各インフラ構造物の変状発生状況の定量化を試みた。さらに、この結果を空間（位置）情報と融合させて表示させるために、維持管理システム上にデータベース化できる仕組みを構築した。なお、自治体等に対してオープンデータとして提供する方策などの意見集約および地方自治体等の多角的ヒアリングからの本研究成果を社会インフラ全般への横展開をさせるための課題抽出を行った。自治体が保有するインフラ維持管理状況による連携の可能性および必要とされる機能等を踏まえた連携のあり方等を検討した結果、国土交通省運営「インフラメンテナンス国民会議」行政会員自治体（387 団体）へ次のような普及が可能であるとの結論を得たので、更なる効率化と普及に取り組む。

・”地域創生：町おこし”の観点から、自動運転による地域の活性化事業を模索している自治体のニーズに応える展開。

- ・インフラ台帳の電子化による情報管理意識が高い自治体への本技術の適用。

謝辞

岡山県赤磐市には本研究開発の遂行にあたり多大なご協力を頂きました。ここに感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 西山哲・藤木三智成・井上浩一・和田實「モービルマッピングシステムを活用した道路ストックデータベースの研究」、交通科学研究会 平成 26 年度学術研究集会講演論文集, pp.37-38, 2014 年。
- 2) 藤木三智成, 井上浩一, 西山哲, 和田實「3 次元レーザ点群を活用した道路管理手法の考察」、交通科学研究会, 平成 28 年度学術研究発表会講演論文集, pp.35-36, 2016 年