

道路管理に活用できる車両搭載センシング技術の検証

大竹 岳*¹ 大嶋 一範*¹ 澤井 聡志*¹ 池田 裕二*¹

国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 高度道路交通システム研究室*¹

特殊車両の通行許可にあたっては、道路管理者が道路管理用図面等から通行可否を判断している。しかし、使用する図面が電子化されていない場合があり、審査に時間を要する場合が多い。そのため、電子化された図面を効率的に作成・使用することで、審査の迅速化・効率化が図られるものと考えている。

そこで国土技術政策総合研究所では、効率的に電子図面を作成する際に使用される車両搭載センシング技術について、実走行によるデータ取得及びデータから道路管理用図面を作成する実験・評価を実施し、その結果を基に、各地方整備局等で活用するための機能要件案を作成した。

The Verification of Vehicle-Mounted Sensing Technology for Road Management

Gaku Ohtake*¹ Kazunori Ooshima*¹ Satoshi Sawai*¹ Yuji Ikeda*¹

ITS Division, National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM),

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT), Japan*¹

The “Permission system for the use of oversize/overweight vehicles on roads” prescribed by MLIT requires users of vehicles that exceed the prescribed size and weight for a road to obtain approval from the road maintainer in order to use that road. It is believed that using digitized road maintenance drawings in the review process can help expedite and optimize the review process. On-board sensing technology that may be capable of digitizing drawings efficiently, e.g., devices with integrated laser, camera, GNSS, etc., are available commercially, and their use is beginning to spread.

NILIM studied ways to efficiently produce drawings for road maintenance by mounting sensing equipment on road patrol vehicles. The investigation results and details of the proposed functional requirements regarding the on-board sensing technology created to be used specifically in road maintenance are reported in this paper.

Keyword: sensing technology, road management, mobile mapping system

1. 始めに

日本では、今後 10 年の期間で、築後 50 年以上経過する橋梁が 4 割を超える状況にあり¹⁾、橋梁の老朽化対策は喫緊の課題である。このため、道路の維

持・修繕の適切な実施とともに、道路の劣化への影響が大きい大型車の通行マネジメントが必要である。大型車の通行マネジメントに関する制度として、道路法第 47 条の 2 において定めている特殊車両通行

許可制度²⁾がある。当制度は、寸法、重量等が一定の基準値を超える大型車両を通行させるためには、道路管理者からの通行許可を必要とすることを定めている。近年の車両の大型化により、トラック事業者からの申請件数が増加し、許可までの審査日数も増加しているという課題がある。

特殊車両通行許可制度の規定により、道路管理者は、道路管理者が管理図面等から車両の通行の可否を判断する特殊車両通行許可の審査（以下、「特車審査」という）を行っている。しかし、審査のための道路管理用図面が電子化されておらず審査に時間を要する場合も多い。そのため、電子化された道路管理用図面を用いて、審査を進めることにより、審査の迅速化・効率化が図られるものと考えている。

一方、効率的に図面の電子化できる可能性がある車両搭載センシング技術については、レーザ、カメラ、GNSSなどを統合した機器が市販されており、一部で普及されはじめている。しかし、市販されている車両搭載センシング技術は多機能・高機能のため高価であることが多く、導入は容易ではない。そのため、車両搭載センシング技術に求める機能を道路管理用図面の作成のみに限定し、機器構成やソフトウェアを工夫することで、車両搭載センシング技術の費用を抑えられる可能性がある。

このような背景から、国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という）では、道路管理用車両にセンシング機材を搭載することにより、効率的に道路管理用の図面を作成する方法についての検討を行っている。

2. 車両搭載センシング技術とは

車両搭載センシング技術とは、車両に固定された自車位置姿勢データ取得装置（GNSS 測量機、IMU（慣性計測装置）等）、数地図化用データ取得装置（レーザ測距装置やカメラなどを単体または組合せたもの）及び解析ソフトウェアで構成したものである。この技術は、モバイルマッピングシステム（MMS）とも呼ばれている。この技術は装置を車両に搭載し、自由に走行することができるため、道路やその周辺の地形や特徴を容易に計測することができ、精度についても地図情報レベル 500 地図を作成することが可能とされている³⁾。当技術は一般に市販されており、公共測量でも活用されている測量技術である。この技術で用いられている装置は、1 台数千万円する機材などを用いられることもあり非常に高価な場合が多い。

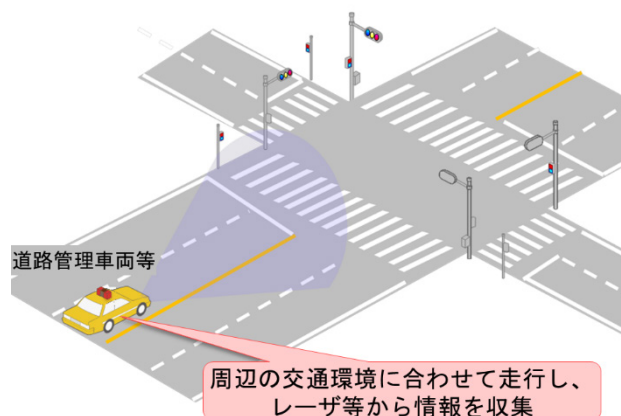


図1 道路面上の主要地物の位置情報（緯度・経度及び標高）を走行車両から取得するイメージ

3. 車両搭載センシング技術の調査

3-1 車両搭載センシング技術の実験の概要

特車審査の迅速化等の道路管理へ活用するため、地図情報レベル 500 の道路管理用図面の作成に必要な精度を満たし、導入コストだけでなく運用コストを含めてできるだけ低価格な車両搭載センシング技術を調査した。調査にあたっては、民間企業を募集し、車両搭載センシング技術を用いた実験を実施した。9 者が実験に参加することとなった⁴⁾。実験に参加した企業及び各社が使用した主な計測機器を表 1 に示す。

表 1 実験参加者と使用した機器の一覧

	参加企業	主な使用計測機器			
		レーザ	カメラ	GNSS	IMU
1	朝日航洋(株)	○	○	○	○
2	アジア航測(株)	—	○	○	○
3	(株)アスコ大東	○	—	○	○
4	(株)岩根研究所	—	○	○	—
5	国際航業(株)	○	○	○	○
6	国際航業(株)/ 株ディーイーテック	○	○	○	○
7	(株)パスコ	○	○	○	○
8	三菱電機(株)/ アイサンテクノロジー(株)	○	○	○	○
9	(株)みるくる	○	○	○	○

実験では、実験参加者がセンシング機器を車両へ搭載し、検証箇所となる道路を走行しつつ、点群データ等の取得を行った。その後、取得したデータを用いて区画線等の地物の位置情報（緯度・経度及び

標高)を含んだ図面を作成した。国総研は、実験参加者が作成した図面上の地物位置情報の精度、機器費用等についての評価を行った。(図 2,3)

実験は、国総研内試験走路及び千葉県千葉市内の国道 16 号、国道 126 号(各 2km 区間)の計 3 箇所で行い、車道交差部の形状や区画線、バス停、距離標、標識の位置情報を計測する地物とした。

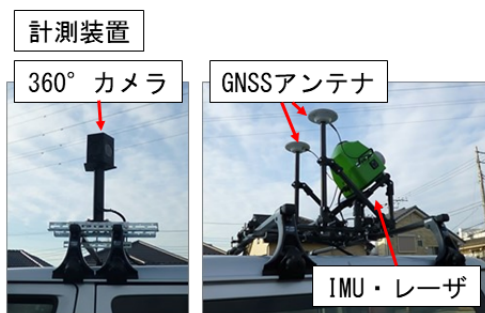


図 2 公募実験参加計測機器(例)



図 3 公募実験実施状況

3-2 計測データの検証方法

実験参加者が作成した地物データの位置精度の評価は、国総研で計測した高精度な位置情報を持った検証点データ(緯度・経度及び標高)と実験参加者が作成した計測データとの比較を行い、標準偏差を算出した。標準偏差は検証箇所別に算出を行い、GNSS などが不感となるような箇所も検証対象とした。

国総研で計測した検証点データは、実験参加者が計測する地物(区画線端点や標識板端点、標識柱下端、距離標上端等)を対象とし、絶対精度誤差が±1cm 以内に納まる高精度な位置情報を持つデータを用いた(図 4,5)。

また、実験参加者に任意の地点の検証点データを調整点データとして提供し、調整点データにて補正した図化データについても取得した。調整点データを用いることでデータ補正の可否と補正前後データでの精度を検証した。

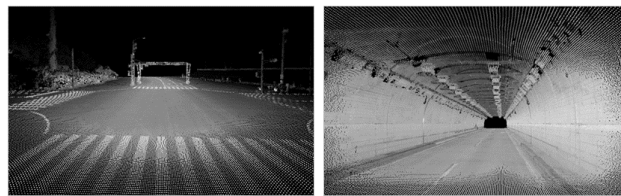


図 4 実験参加者が取得した点群データイメージ
(左:交差点部、右:トンネル内部)

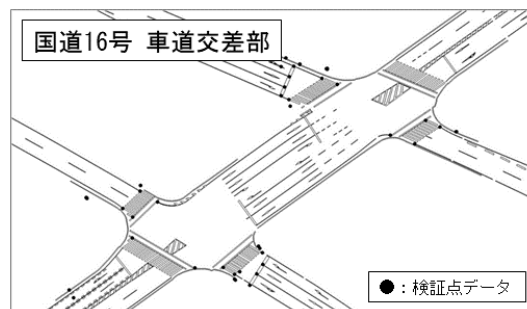
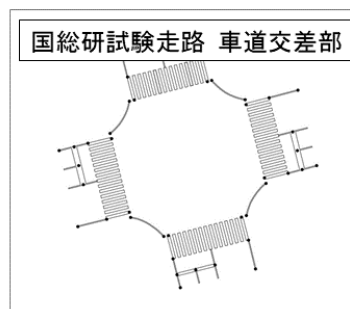


図 5 公募実験箇所 図化結果イメージ

3-3 評価結果

実験の評価項目は、計測データの精度、機器費用、地物取得の可否、装置の設置・撤去の容易性、搭載車両の車検有無等とした。

計測データの精度は、実験参加者全 9 社中 8 社が、計測地物の標準偏差も 0.25m 以内となっており、地図情報レベル 500 の地図が作成できることを確認した。

計測データの補正にあたっては、9 者中 8 者がネットワーク型 RTK(Real Time Kinematic)-GNSS 測定の方式を用いていた。ネットワーク型 RTK-GNSS 測量とは、利用者が現場で取得した衛星データと、周辺にある 3 点以上の電子基準点の観測データから作成された補正情報を組み合わせ、リアルタイムで cm 級の測量を効率的に行う方式である。日本では、国土地理院が約 1,300 箇所に電子基準点を整備しており、電子基準点から 1 秒間隔の補正データをほぼリアルタイムで取得することが可能となっている⁵⁾。

機器費用の目標額として設定した 1,500 万円以下、

かつ、計測データの標準偏差 0.25m 以内で計測可能な機器は、9 社中 4 社であった。

将来的な図化作業の効率化の観点から、図化作業の自動化状況を整理した。図化作業の自動化技術については、各実験参加者とも技術開発に取り組んでいる分野であったが、今回の実験での図化作業は、手動での図化を行っていた。また、「レーザ」と「カメラ」を併用して計測している技術の図化作業は、レーザの点群データを主に活用して作業を実施している事を確認した。カメラ画像の活用は、図化作業時に現地の状況を再確認するために、主に使用されていた。

道路管理者が保有する道路管理車両に計測機器を搭載するため、搭載車両への設置、撤去、電源確保の容易性を評価した。計測機器の設置、撤去のマニュアルが準備されている参加者は、9 社中 6 社であった。また、車両電源で起動可能な機器は、9 社中 8 社であった (表 2)。

表 2 公募実験の最終評価結果

評価項目	評価内容	要件を満たした企業(社)/参加企業(社)
精度	絶対精度 1/500 の取得が可能な技術	8/9
機器費用	絶対精度 1/500 の取得でき、尚且つ機器コスト 1500 万円程度の技術	4/9
地物取得の有無	検証箇所の計測対象地物の取得有無	9/9
図化作業の自動化	計測データの図化作業を自動化可能な技術	0/9
車両への設置・撤去の容易性	機器の設置・撤去を行うためのマニュアル用意	6/9
車両搭載時の電源確保の容易性	車両電源との接続で起動可能な技術	8/9
機器搭載時の車検再取得の有無	機器搭載時に車両の車検再取得が不要な技術	7/9

4. 車両搭載センシング技術の機能要件案の検討

4-1 車両搭載センシング技術の機能要件案の概要

国土交通省で保有する道路管理車両等に車両搭載センシング装置を搭載し、センシング装置により計測した 3 次元データから対象箇所の道路管理用図面を作成するための車両搭載センシング装置の機能要件案を作成した。

車両搭載センシング装置の使用条件と図面作成時の精度として、以下の条件を定めた。

- ・公道を走行中に計測ができること。
- ・10km/h～60km/h の走行による計測において、必要な精度を満たすこと。
- ・図面作成時の精度として、地図情報レベル 500 (相当縮尺 1/500) を確保することとし、水平位置の標準偏差は 0.25m 以内、標高点の標準偏差 0.25m 以内であること。

また、車両搭載センシング装置は以下の 3 つの機能から構成していることを示し、それぞれの必要な機能と検査方法を規定した。

①計測機能

国土交通省が保有する道路管理車両等に装着し、車両周辺を計測する機能や車両の位置情報を取得する機能、またこれらの情報を蓄積する機能

②3次元データ処理機能

計測機能で計測した各データから、3次元データを作成する機能

③図化処理機能

作成した 3次元データから図面を作成する機能

車両搭載センシング技術が持つ 3 つの機能を用いて、計測から図化実施までのフローを図 6 に示す。

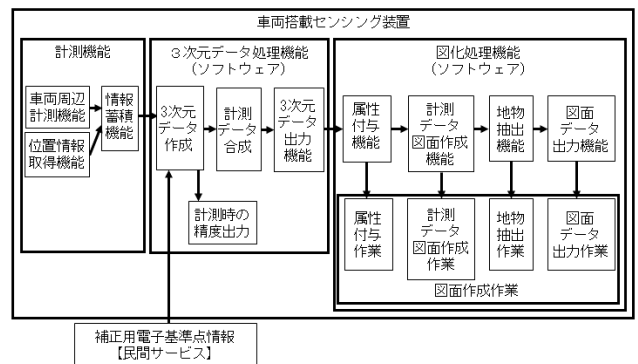


図 6 計測から図化実施までのフロー

4-2 計測機能要件

車両搭載センシング装置の 3 つの機能のうちの計測機能の要件では、「作業規程の準則 (平成 20 年国土交通省告示第 413 号 平成 28 年 3 月一部改正)」の規定を参考に、以下の要件を定めた。

- ・点群データ取得精度等を規定した車両周辺計測機能要件
- ・GNSS の性能等を規定した位置情報取得機能要件
- ・計測したデータの蓄積容量等を規定した情報蓄

積機能要件

- ・装置設置箇所に関する要件や電源取得要件等を規定した装置要件

このうち、車両周辺計測機能要件では、点群データ取得について、車両中心から 7mの距離までの範囲において、下記の点数を担保することを要件とした。

- ・レーザ点群のみを用いる場合は、400 点/m² 以上であること
- ・レーザ点群とカメラとの複合表示を行う場合は、50 点/m² 以上であること

この要件により、車両中心から 7mの距離までの範囲の点数を規定としたことで、一度の走行で 3 車線のデータ取得が可能となる。

位置情報取得機能要件では、自車位置データについては水平位置 0.15m 以内、標高 0.2m 以内の精度を有することを要件とした。

装置要件では、車両搭載センシング装置は複数の車両への載せ替えが可能であることを要件とした。

4-3 3次元データ処理ソフトウェア機能要件

3次元データ処理ソフトウェア機能要件では、以下の要件を定めた。

- ・汎用的なパソコンで動作すること等を規定したソフトウェア動作要件
- ・計測した点群データに GNSS で取得した緯度・経度・標高を付与する機能等を規定した 3次元データ作成機能要件
- ・計測時の GNSS 受信状況の把握や予測誤差状況の把握する機能等を規定した計測時の精度出力機能要件
- ・点群データのファイルフォーマットや座標の測地系等を規定した 3次元データ出力機能要件

このうち、3次元データ作成機能要件において、計測した点群データの精度が地図情報レベル 500 を担保していない場合は計測現地の調整点（水平位置及び標高の標準偏差が 0.1m以下）を付与する補正処理が可能であること、及び、計測した点群データに対して後処理キネマティック解析による位置補正が可能であることなどを要件とした。

また、計測時の精度出力機能要件においては、以下の要件を定めた。

- ・計測時の GNSS 受信状況（受信衛星基数 等）を把握できること

- ・点群データの予測誤差状況が把握できること

この要件により、図化前の点群データの段階でデータ精度を把握し、データを選別することが可能となる。このため、精度が確保されたデータから図面作成を実施することが可能となり、効率的に図面作成を実施することができる。

3次元データ出力機能要件においては、以下の要件を定めた。

- ・点群データの出力ファイルフォーマットは、LAS ファイル形式とすること
- ・出力時の LAS ファイルの 1 ファイルの容量は、汎用的なパソコンで扱いができるサイズに分割して出力出来ること
- ・点群データの座標は、緯度・経度（世界測地系・60 進法）・標高とすること
- ・計測時にレーザ測距装置とカメラを併用している場合は、点群データとあわせカメラ画像データも出力できること

この要件において、点群データ出力フォーマットを定めたことにより、汎用ソフトウェアを用いて点群データが取り扱うことができる。これにより、様々な図面作成ソフトウェアから利便性の高いソフトウェアを選択することが可能となる。

4-4 図化ソフトウェア機能要件

図化ソフトウェア機能要件では、以下の要件を定めた。

- ・汎用的なパソコンで動作すること等を規定した図化ソフトウェア要件
- ・出力したデータを図化処理のためのデータ読込機能やそのデータを表示する機能を規定したデータ読込及びデータ表示機能要件
- ・点群データをもとに地物の形状を図化するための機能を規定した地物形状作成機能要件

このうち、データ表示機能要件において、点群データの表示と併せて、点群データ箇所周辺の写真データが表示できることを要件とした。

また、地物形状作成機能要件において、点群データ中の点が存在しない空間を選択し、図化ができることを要件とした。

これらの要件により、図化対象地物の角などの点群データの点で捉えていない箇所についても図化時に地物の角として選択することができ、精度の高い図面の作成が可能となる。

その他、2 点の点群データ間の距離を計測できる機能も要件としており、計測した点群データを用いて、道路幅員や桁下高等を簡易に計測することが可能となる。

5. 終わりに

車両搭載センシング技術に関する実験を実施し、機器費用が 1,500 万円以下、かつ、計測地物の位置情報の標準偏差が 0.25m 以内で計測可能な機器があることを確認した。これにより、車両センシング技術を用いることで大型車の通行マネジメントに関する特殊車両通行許可制度の審査が効率的かつ迅速に実施できることがわかった。そのため、国土交通省が車両搭載センシング技術を活用するために必要な車両搭載センシング装置に関する機能要件案を作成した。

作成した機能要件案を用いて、今年、各地方整備局において、車両搭載センシング装置を調達した。調達した車両搭載センシング装置を用いて、特車審査に必要な道路管理図面の作成を実施していく。また、車両搭載センシング装置によって取得した点群データは、自動運転用地図の作成など他の用途にも利用が期待される。

今後、国総研では精度管理に関するデータの拡充等に向けた機能要件案の改正を検討するとともに点群データを用いた自動図化等に関する新たな技術の動向を調査していきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局：老朽化対策の取組み、<http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/torikumi.pdf>,
- 2) 道路交通管理研究会：最新車両制限令実務の手引き第 4 次改訂版、pp.6-86、ぎょうせい、2014.
- 3) 国土交通省国土地理院：測量法第 34 条の規定に基づく作業規程の準則、http://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/jyunsoku/pdf/h28/H28_junsoku_honbun.pdf
- 4) 国土交通省道路局：車両搭載センシング技術を活用した道路基盤地図データの収集実験の開始について、報道発表資料、http://www.mlit.go.jp/report/press/road01_hh_000792.html
- 5) 国土交通省国土地理院：GEONET（GNSS 連続観測システム）、http://terras.gsi.go.jp/geo_info/geonet_top.html