道路橋上部工の維持管理のための3次元現況図の自動生成に関する研究

田中 成典¹・北川 悦司²・姜 文淵³・安彦 智史⁴・川野 浩平⁵

¹正会員 関西大学教授 総合情報学部 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番1号)
E-mail:tanaka@res.kutc.kansai-u.ac.jp

²正会員 阪南大学准教授 経営情報学部 (〒580-8502 大阪府松原市天美東5丁目4番33号)
E-mail:kitagawa@kansai-labo.co.jp

³非会員 関西大学大学院 総合情報学研究科 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番1号)
E-mail:jwy0086@yahoo.co.jp

⁴学生会員 関西大学大学院 総合情報学研究科 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番1号)
E-mail:abiko@kansai-labo.co.jp

⁵学生会員 関西大学大学院 総合情報学研究科 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番1号)
E-mail:kawano@kansai-labo.co.jp

高度経済成長期に集中整備されてきた高架道路橋は、一斉に老朽化の時期を迎えている。そのため、計画的に道路機能を保全する維持管理技術が求められている。計画的な維持管理計画の立案には、現在の路面の状態を把握することが肝要である。しかし、路線測量は路線の一時通行止めなどの処置を行う必要があるため容易ではない。そこで、本研究では、高架道路橋の上部工の維持管理をするために、モバイルマッピングシステム(MMS)による路線測量を行い、道路中心線などの情報を保持した3次元現況図の生成手法を提案する。そして、実証実験では、工事完成図などの既存資料と比較して、3次元現況図の維持管理計画を立案する際の有効性を検証する。

Key Words : Maintenance, Highway bridge, Superstructure, MMS, 3D model

1. はじめに

高架道路橋における維持管理は、高度経済成長期に集中整備されてきたため、老朽化の時期を迎えている^{1,2)}。そのため、高架道路橋の現況を把握し、計画的かつ適切な維持管理を行うことで、道路機能を保全する技術が求められている^{3,4)}。しかし、高速道路などの高架道路橋は、維持管理範囲が数キロメートルにも及ぶため、広範囲での測量が必要となる。また、常に車両が走行しているため、現況の把握を目的とした路線測量を行う場合や、実際の剥離箇所の測定を行う場合には、一時通行止めなどの処置を行う必要があり、容易に測量を行うことができない問題がある⁵⁾。この問題に対して、高精度な車載レーザ測量によるモバイルマッピングシステム^{6,9)}(以下「MMS」)を利用した3次元モデルによる現況図(以下「3次元現況図」)の生成手法が研究¹¹⁾されている。

MMSは、レーザセンサやカメラなどの測量装置とGPSアンテナやオドメータなどの車両位置特定装置を車

両に搭載し、高精度な点群座標データと画像データ(以下、「MMS計測データ」)を走行しながら取得できる。また、一度に大量かつ高密度に点群座標データを取得できるため、公共機関による道路台帳附図の更新業務や、下水道情報管理システム構築業務などで利用されている¹⁰⁾。また、MMSは、道路周辺の路面や道路周辺の計測時に通行止めなどの処置を必要としないため、交通量がある高速道路などの高架道路橋から容易にMMS計測データを取得できる。しかし、MMS計測データは、データ量が膨大な問題^{9,11)}や、欠損データの問題など、様々な問題を包含している。そのため、MMS計測データを加工なしで利用することは難しい。こうした3次元情報の蓄積に伴い、道路維持管理では、従来の2次元図面を用いた管理手法から、3次元GISを考慮した管理手法¹²⁾の導入が検討されている。そこで、本研究では、従来の管理手法からの移行が容易で、高架道路橋の維持管理に有用な3次元情報を持った現況図をMMS計測データから自動生成する手法の実現を目的とする。現況図とは、道路工

事のライフサイクルにおいて設計段階で利用されている数値地形図（CAD図面）などの現況情報のことである。道路工事のライフサイクルでは、工事の際に作成される道路工事完成図作成要領に従い大縮尺地図（地図情報レベル1,000）精度の設計図、完成図などの現況図が利用されている。こうした背景を踏まえて、本研究では、3次元現況図を平面、横断、縦断の3次元情報を確認できるものとする。

本研究では、高架道路橋の維持管理に利用できる3次元現況図を構築するため、以下の3つの課題の解決を目指す。

一つ目は、平面、横断、縦断の3方向の現況状況を確認可能な数値情報を保持することである。具体的には、施工直後の現況情報を保持する道路工事完成図等作成要領と同様に道路の平面・縦断形状を示す中心線と断面形状を表-1に示す地図情報レベル1,000の精度で保持し、3次元現況図を生成する。これにより、2次元の図面だけでなく、3次元的な維持管理を行うことが可能である。さらに、道路工事完成図等作成要領に準拠し、本研究で構築した3次元現況データをアセットマネジメントなどで利用されているJPGISへ変換することも可能であると考えられる。

二つ目は、地図情報レベル1,000の精度を考慮した点群座標データの間引きを実現することである。MMSは、高精度な点群座標データを一度に大量かつ高密度に取得できるため、細密な3次元モデルが構築可能である利点がある。しかし、膨大なデータ量は一般のソフトウェアでは読み込みが困難であり、容易に利用できないという問題がある。そのため、膨大な点群座標データを間引いてデータ量の問題を解決する手法¹⁾が研究されている。しかし、既存手法では、データ量を軽減するために、対象の特徴を考慮せず間引いており、一つ目の課題で挙げた横断や縦断などの形状的な特徴も間引いてしまう。そのため、本研究に特化した間引き手法が必要となる。

三つ目は、高架道路橋の工事単位となる上部工ごとに切り分けが可能な情報を備えた3次元現況図を構築することである。高架道路橋で維持管理の対象となる範囲は数キロメートル以上になる場合があり、その3次元現況図は、距離に応じた膨大なデータ量が必要となる。しかし、高架道路橋の路面工事を行う場合は、上部工の接続箇所（以下、「ジョイント部」）ごとに工事計画が行われることが一般的である。そのため、分割された高架道路橋モデルが望ましいと考えられる。そこで、本研究では、3次元現況図から自動的にジョイント部を抽出し、上部工ごとに3次元現況図を分割して管理できる仕組みを構築する。

これら3つの課題を解決することにより、高架道路橋の維持管理に有用な3次元現況図を自動生成するシステ

表-1 地図情報レベルの精度

地図情報レベル	水平位置の許容誤差	標高の許容誤差
1,000	0.3m以内	0.3m以内

図-1 3次元現況図の出力イメージ

図-2 提案システムの流れ

ムを構築する。

2. 研究の概要

本研究では、高架道路橋の測量結果から、高架道路橋の維持管理に有用な3次元現況図を自動生成する。まず、MMSで取得した高架道路橋の点群座標データから、3次元現況図の横断形状として、一定間隔の横断点列を抽出する。次に、各横断点列の中央点を抽出し、3次元現況図の平面形状、縦断形状を示す中心線として道路中心点列を取得する。これにより、不必要な点群を間引くと

ともに、道路工事完成図等作成要領に即した3次元現況図(図-1)を生成する。そして、MMSから取得した色情報を利用して、高架道路橋のジョイント部を抽出し、上部工ごとに切り分け可能な情報を保持した3次元現況図を実現する。

本研究の提案システムの流れを図-2に示す。本研究システムは、点群解析機能、3次元モデル生成機能と高架道路橋分割機能の3つの機能で構成される。

(1) 点群解析機能

点群解析機能は、点群分割処理、ノイズ除去処理、特徴点抽出処理と特徴点補完処理の4つの処理で構成される。

点群分割処理では、上部工の特徴点を抽出する前処理として、MMSに搭載されたレーザスキャナの特長を利用して、点群座標データを複数の横断点列に分割する。ノイズ除去処理では、高架道路橋の上部工を対象とした3次元現況図を生成するため、MMSから取得した点群座標データから高架道路橋の上部工以外を示す点群をノイズとして除去する。特徴点抽出処理では、各横断点列の断面形状変化点と両側の遮音壁の頂点を抽出する。特徴点補完処理では、計測車両以外の車両などの障害物により発生した測量データの欠損を補うため、データ欠損の生じた前後の横断点列を用いて特徴点を補完する。

(2) 3次元モデル生成機能

3次元モデル生成機能は、中心線取得処理と間引き処理の2つの処理で構成される。中心線抽出処理では、道路の平面・縦断形状を示す中心線を取得するため、点群分割処理で分割された各横断点列から中央点を抽出し、連続した中央点の点列を中心線として取得する。横断点列間引き処理では、MMSによる膨大なデータ量を軽減するため、まず、各横断点列から特徴点と中央点以外の点群に対して間引き処理を行う。そして、間引き処理によって残された点群を構成点とし、3次元モデルを生成する。

(3) 高架道路橋分割機能

高架道路橋分割機能は、ジョイント部抽出処理と3次元モデル分割処理の2つの処理で構成される。ジョイント部抽出処理では、高架道路橋を工事単位となる上部工ごとに切り分ける場合、境界となるジョイント部の位置をMMSから取得できる色情報を用いて抽出する。3次元モデル分割処理では、3次元モデル生成機能を用いて生成した3次元モデルとジョイント部抽出処理の結果を用いて、上部工ごとに3次元モデルを分割した3次元現況図を生成する。

図-3 点群分割処理

図-4 ビルを対象としたノイズ除去処理

3. 点群解析機能

MMSに搭載される高精度レーザスキャナは、計測結果のデータ量が精度に比例して膨大な容量となる。しかし、一般のソフトウェアでは、膨大なデータ量に対応できず、利用が困難であるという問題がある。そのため、点群解析機能では、点群座標データの特性を分析し、3次元現況図の生成に有用なデータのみを抽出する。

(1) 点群分割処理

本処理では、図-3に示すとおり、道路維持管理に有用な3次元現況図で保持する横断点列を取得するため、高架道路橋の点群座標データを横断点列ごとに分割する。本研究で対象とするMMSに搭載されたレーザスキャナは、進行方向に対して横断的に連続した計測点を取得するラインスキャン方式が採用されている。そのため、まず、点群座標データの各計測点の座標から、各計測点間のレーザスキャン方向を算出する。そして、レーザスキャン方向が一致する集合を1つの横断点列として、点群座標データを複数の横断点列に分割する。

(2) ノイズ除去処理

本処理では、MMSを用いて取得した点群座標データから高架道路橋の3次元現況図を生成する前処理として、

図-5 コンクリート柱を対象としたノイズ除去処理

図-6 特徴点抽出処理

道路周辺のビルなどの建築物やコンクリート柱などの構造物を示す点群を除去する。これにより、3次元現況図の生成に影響する大量な点を除去する。道路周辺のビルなどの建築物を示すノイズは、図-4に示すとおり、点群座標データを複数の集合に分割することで、小規模の集合をノイズとして除去できる。具体的には、まず、MMSを用いて取得した点群座標データをx, y平面上で包括する格子状の領域を作成する。次に、領域上に点群座標データが存在する領域と、存在しない領域とでラベリング処理による集合化を行う。そして、ラベリング結果から、最も大きな集合を高架道路橋として取得し、それ以外の集合に含まれる点群をノイズとして除去する。

道路に付随するコンクリート柱などの構造物を示すノイズは、図-5に示すとおり、各横断点列の相対的な位置関係からノイズを特定して除去する。具体的には、まず、各横断点列の左右端点から、前後の横断点列の左右端点の距離をそれぞれ算出する。次に、横断点列間の各距離の変化量を算出する。そして、横断点列間の変化量が突発的に増減する場合は、コンクリート柱などの構造物が含まれるとして、左右端点を除去する。

図-7 特徴点補完処理

図-8 障害物によるデータ欠損検出方法

(3) 特徴点抽出処理

本処理では、MMS から取得した膨大な点群座標データから、有用な点群を判別するため、高架道路橋上部工の形状的な特徴を示す点を抽出する。具体的には、図-6に示すとおり、各横断点列から、特徴点として、道路面と遮音壁の境界となる断面変化点と、遮音壁の頂点を抽出する。本処理のアルゴリズムの流れを次に示す。ここで、各横断点列の中央点を p_i とし、中央点の左右の点を p_{i+1} 、注目点を p_{i+j} とする。

- Step.1 中央点 p_i と注目点 p_{i+j} を結ぶ線を生成する。
- Step.2 中央点 p_i と注目点 p_{i+j} の間に存在する点 p_{i+1} , p_{i+2} , ..., p_{i+j-1} を取得する
- Step.3 Step.2 で取得した各点が Step.1 で生成した線に対して上下どちらかにあるかを集計する。
- Step.4 Step.3 の集計結果において、中央点 p_i と注目点 p_{i+j} を結ぶ線を上回る点の数が下回る点の数を超過した場合は、Step.5 に移行する。超過しない場合は、点 p_{i+j+1} を注目点として取得し、Step.1 に戻る。
- Step.5 注目点 p_{i+j} を高さの変化する特徴点として抽出し、横断点列の左右端を点端の特徴点として抽出する。

(4) 特徴点補完処理

本処理では、図-7 に示すとおり、MMS から取得した点群座標データに欠損が生じた場合、誤った特徴点に対して、前後の横断点列を用いて特徴点を補完する。具体

図-9 3次元モデル生成機能

図-10 中心線抽出処理

的には、まず、各横断点列の路面幅の長さ（以下、「断面幅」）を計算する。次に、図-8のように前後の横断点列と比較して断面幅が急激に変化する横断点列を障害物によるデータ欠損箇所と判断し、前後の断面の特徴点の位置情報から本来の特徴点位置を推定する。そして、推定結果を用いてデータ欠損の生じた横断点列の特徴点を補完する。

4. 3次元モデル生成機能

3次元モデル生成機能では、点群解析機能で抽出した有用な点群から、一般的なソフトウェアで取り扱いが可能な3次元モデルを自動生成する。同時に、3次元現況図を用いた維持管理に有用な中心線を抽出する。そのため、本機能は、図-9に示すとおり、点群解析機能によって得た各横断点列と特徴点を入力データとして、高架道路橋の道路中心線を示す点列と、一定間隔の横断点列に属する特徴点（以下、「構成点」）を出力する。

(1) 中心線取得処理

本処理では、図-10に示すとおり、道路維持管理に有用な要素である中心線を取得する。具体的には、各横断面点列の中心点を連続した点列として取得する。このとき、この中心点で構成される点列を高架道路橋の中心線とする。

図-11 間引き処理

図-12 ジョイント部抽出処理

(2) 間引き処理

本処理では、図-11に示すとおり、膨大なデータ量をもつ点群座標データから、一般のソフトウェアでも容易に利用可能なデータ量まで点群座標データを間引く。具体的には、まず、構成点となる3次元モデルを生成して出力する。そして、高架道路橋の詳細な断面形状を示す情報として、特徴点と同様に間引きを行った横断点列を3次元モデルと合わせて出力する。なお、3次元モデルの構成点となる横断点列に属する特徴点の取得間隔は、適用する工事種別や維持管理の場面に合わせて、利用ユーザが任意に変更可能な仕様とした。本研究では、道路維持管理を行う上で、従来の断面管理密度の10倍の値として、2mで横断点列を取得した。

5. 高架道路橋分割機能

工事計画では、上部工ごとの立案が想定される。そのため、高架道路橋分割機能では、工事計画立案に適応できるように、高架道路橋の3次元モデルを上部工ごとに分割する。そのため、本機能は、3次元モデル生成機能によって得た3次元モデルから、MMSから取得した色情報を用いて上部工間のジョイント部を抽出し、ジョイント部により3次元モデルの構成点を分割する。

図-13 3次元モデル分割処理

図-14 MMSでの計測の範囲

(1) ジョイント部抽出処理

本処理は、図-12に示すとおり、MMSから取得した路面部の色情報を用いて高架道路橋を分割するためのジョイント部を抽出する。具体的には、まず、点群座標データから路面標識などを示す点群を色情報（RGBの合計値）を用いて除去する。次に、各横断点列のグレースケール値の平均を算出する。そして、横断点列の算出結果を前後の横断点列で比較し、閾値以上の変化量の場合は、ジョイント部として抽出する。

(2) 3次元モデル分割処理

本処理では、図-13に示すとおり、抽出されたジョイント部ごとに3次元モデルを分割し、上部工ごとの3次元モデルを構築する。具体的には、ジョイント部を示す連続の点列から、真ん中の点列を探索する。そして真ん中の点列とその後の点列の間から、3次元モデルを分割する。

6. MMS計測データを用いた3次元現況図自動生成の実証実験

本実験では、提案手法を用いて生成した3次元現況図

図-15 MMS点群座標データの可視化結果

表-2 実験データの詳細

点数	約119万点
計測距離	約1.7km
絶対精度	水平誤差10cm 標高誤差15cm
相対精度	1cm

図-16 計測箇所

を用いて、3次元現況図の外観精度、2次元図面と比較した場合の距離精度、高架道路橋内におけるジョイント部の抽出精度を確認し、本研究の有用性を評価する。なお、実験データは、高架道路橋の移設などの道路工事が検討されている大阪の阪神高速1号環状線の図-14に示す範囲を車体前方にレーザセンサとカメラを備えた三菱モビルマッピングシステム（Type-S）により計測した結果を用いた。本実験で利用するMMS計測データの可視化例を図-15、点群座標データの詳細を表-2に示す。図-15では、点線で囲まれている部分は点群座標データにより可視化された高架道路橋となる。なお、本研究の実証実験で利用したMMS¹⁴⁾の具体的な精度は、水平誤差10cm、標高誤差15cmとなる。

(1) 3次元現況図の外観精度実験

本研究で対象とする高架道路橋は、維持管理の範囲が数キロに及ぶため、その3次元現況図は、非常に大きな3次元モデルとなる可能性がある。そこで、本実験では、本研究システムにより構築した3次元現況図と、国土地理院が管理する1/2,500精度の航空写真¹⁵⁾（以下、「正解データ」）を重ね合わせて、3次元現況図の外観と正解

図-17 3次元現況図の結果

図-18 画像の重ね合わせ結果（可視化）

データとの一致率を算出し、3次元現況図の外観精度位を評価する．具体的には、以下に示す3つの指標から、本実験により、高架道路橋の3次元現況図の外観を正しく生成できているかを確認する．

- A) 3次元現況図と正解データが重複する範囲
- B) 3次元現況図と正解データが重複せず、3次元現況図のみが存在する範囲
- C) 3次元現況図と正解データが重複せず、正解データのみが存在する範囲

(2) 3次元現況図と2次元図面における比較実験

本実験では、大阪府の阪神高速1号環状線の2次元図面と本研究システムで構築した3次元現況図を比較することで、3次元現況図の計測精度を評価する．計測精度の確認では、まず、2次元図面に記載されていた計測箇所のうち、実証実験の計測範囲に含まれる10箇所（図-16）を対象とした．次に、2次元図面に記載されている計測箇所の横断幅と本研究システムで構築した3次元現況図の横断形状幅を比較し、計測精度を確認する．そして、本実験により、本研究システムで構築した3次元現況図の点群間の距離と実空間の距離にどの程度の誤差が発生するかを確認する．

(3) ジョイント部抽出の精度実験

本実験では、提案手法により特定されるジョイント部

表-3 重ね合わせ結果

指標	面積	割合
3次元現況図と正解データが完全一致する範囲	21387.90 m ²	91.37%
3次元現況図の正解データと一致しない範囲	1057.78 m ²	4.52%
正解データの3次元現況図と一致しない範囲	961.16 m ²	4.11%

- A) 3次元現況図と正解データが重複する範囲
- B) 3次元現況図と正解データが重複せず、3次元現況図のみが存在する範囲
- C) 3次元現況図と正解データが重複せず、正解データのみが存在する範囲

表-4 比較結果

計測箇所	水平精度			鉛直精度		
	3次元モデル	誤差の絶対値	誤差の相対値	3次元モデル	誤差の絶対値	誤差の相対値
P90	10.09m	0.02m	0.20%	16.80m	0.02m	0.10%
P91	10.12m	0.01m	0.10%	16.54m	0.00m	0.02%
P93	20.11m	0.06m	0.30%	16.31m	0.03m	0.16%
P96	18.91m	0.02m	0.10%	15.79m	0.03m	0.16%
P97	16.88m	0.07m	0.41%	15.64m	0.02m	0.13%
P98	15.52m	0.02m	0.13%	15.53m	0.04m	0.24%
P99	15.16m	0.02m	0.13%	15.38m	0.00m	0.03%
PI00	15.01m	0.01m	0.07%	15.28m	0.01m	0.07%
PI01	14.98m	0.02m	0.13%	15.20m	0.00m	0.03%
PI02	15.04m	0.03m	0.20%	15.09m	0.02m	0.12%

表-5 ジョイント部の抽出結果

正解データ	29件
本手法で特定したジョイント部	28件
特定結果と正解データが一致	28件

の抽出精度を評価する．実験データから提案手法を用いて上部工のジョイント部の位置を特定し、実際のジョイント部の位置と比較してジョイント部の抽出を正しくできているのかを確認する．

7. 実験結果と考察

(1) 3次元現況図の外観精度実験の評価

本実験で生成した高架道路橋の3次元現況図（図-17）と航空写真との重ね合わせ結果を図-18、一致した面積の算出結果を表-3に示す．表-3から、提案手法により生成した3次元現況図の外観は、航空写真と比較して形状が一致していることがわかる．また、表-3から、面積に関しても、約91.37%の割合で一致していることが分かる．しかし、3次元現況図と正解データとが一致していない面積が4.52%、3次元現況図と航空写真が一致していない面積が4.11%あることがわかる．一致していない部分に対して、3次元モデルが西南方向に2.15メートルずれて

いる。しかし、航空写真において、1/2,500のレベルの精度は2.5mとなっている¹⁰⁾。そのため、この2.15メートルは測量の誤差により、発生したずれだと考えられる。このことから、本研究システムで構築した高架道路橋の3次元現況図を高精度に生成できていることが分かる。

(2) 3次元現況図と2次元図面における比較実験の評価

高架道路橋の3次元現況図の横断形状と2次元図面に記載された横断形状の寸法値との比較結果を表-4に示す。

表-4をから、3次元現況図と2次元図面の水平距離では、最小で0.01m、最大で0.07mの誤差があり、計測幅の実距離において、平均で約0.03mの誤差が出ることがわかった。また、水平距離と同様に鉛直距離では、最小で0.01m、最大で0.03mの誤差があり、計測幅の実距離において、平均で約0.02mの誤差が出ることがわかった。MMSは、GPS衛星を十分に捕捉している状態では、緯度・経度・高度ともに10cm以内の絶対精度を有することを考慮すると、提案手法により生成した3次元現況図は、MMSによる測量の性能限界に近い精度で現況形状を再現できており、実業務における計測に十分利用できる精度で3次元モデルが構築できていると考えられる。また、高架道路橋の維持管理に利用する3次元現況図として、地図情報レベル1,000の水平位置の許容誤差および標高の許容誤差0.3mを満たしている。そのため、本提案手法で生成した3次元現況図は、道路工事完成図等作成要領で期待されている維持管理などの用途に利用できると考えられる。

(3) ジョイント部抽出の精度実験の評価

ジョイント部の抽出精度の検証実験では、まず、本手法で特定した上部工のジョイント部と正解データを比較した結果を表-5に示す。表-5から本手法で特定した28件のジョイント部は全て正解データと一致したことから、誤抽出することなく高い精度で連結部を特定できたことがわかった。しかし、連結部と周辺の路面の色が近似する場合は、正しく上部工を分割できないことがわかった。これは、ジョイント部における横断点列のRGB合計値の平均値と前後の路面との差が見られないためである。

8. おわりに

本研究では、高架道路橋の点群座標データから橋梁維持管理に利用できる3次元モデルを自動生成する手法を提案した。実証実験では、MMSから取得した高架道路橋上部工の点群座標データを用いて、3次元現況図を生成し、工事完成図などと比較し、本システムの有用性を確認した。本研究により、高架道路橋を対象とした

MMS計測データから、高架道路橋の維持管理に有用な3次元現況図を自動生成する手法を実現した。また、本手法で構築した手法は一般的なMMSから取得できるデータ以外は利用していないため、出力精度は機器に依存するが、他の機器でも利用は可能である。しかし、上部工のジョイント部と路面の点群座標データが保持する色情報が近似する場合や道路に分岐が存在する場合などでは、上部工ごとに正しく3次元モデルを生成できない事例が見られた。

そのため、今後は、ジョイント部の検出アルゴリズムを新しく検討する必要がある。さらに、実証実験の精度から、MMSの許容誤差である10cm以上の長さの亀裂や腐食を今後検出できると考えられる。今後、これらの課題を解決し、道路維持管理で肝要な亀裂や腐食などの情報を持った3次元現況図の生成を目指す。また、3次元現況図を活用した道路維持管理への適用実験を実施し、実務への適用性や享受する効果を明らかにする。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、2010年度関西大学研究促進費の助成を受けた。また、阪神高速（株）には、本研究の実証実験で利用した2次元図面の用意でご協力を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 横山博司, 中村秀明, 河村圭, 宮本文穂: Bridge Management Systemにおける劣化要因を考慮した維持管理対策の選定, コンクリート工学年次論文集, 日本コンクリート工学協会, Vol.23, No.1, pp.1225-1230, 2001.
- 2) 中村秀明, 鬼丸浩幸, 河村圭, 宮本文穂: Bridge Management Systemによる複数橋梁の維持管理計画策定, コンクリート工学年次論文集, 日本コンクリート工学協会, Vol.23, No.1, pp.1219-1224, 2001.
- 3) 今野将顕, 宮本文穂, 中村秀明, 石田純一: 多目的最適化による複数橋梁の維持管理計画策定方法の開発, 応用力学論文集, 土木学会, Vol.7, No.2, pp.1149-1158, 2004.
- 4) 石田純一, 岡崎光央, 河村圭, 宮本文穂: 山口県における計画的橋梁維持管理の導入手法と実用的データベースシステムの開発, 土木学会論文集F, 土木学会, Vol.64, No.1, pp.72-91, 2008.
- 5) 瀧口純一: 高精度GPS移動計測装置三菱モービルマッピングシステム, 情報処理学会研究報告, 情報処理学会, Vol.2011-CVIM-176, No.20, pp.1-5, 2011.
- 6) 三菱電機: 三菱モービルマッピングシステム高精度GPS移動計測装置, <<http://www.mitsubishielectric.co.jp/pas/mms/>>, (入手2012.10.19) .
- 7) 福森秀晃, 佐田達典, 大久保秀晃, 清水哲也, 村山盛行: 3次元レーザースキャナーの測定精度に関する基礎的実験, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.18, pp.193-200, 2009.
- 8) 大津慎一, 佐田達典: 三次元形状計測における大量点群データの処理手法, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.16, pp.27-36, 2007.
- 9) 小林一郎, 宮下征士, 坂口将人, 上田誠: MMSデータを

- 用いた視距改良設計, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.18, pp.1-8, 2009.
- 10) 三菱電機: 導入活用例, <<http://www.mitsubishielectric.co.jp/pas/mms/>>, (入手2012.12.11) .
- 11) 田中成典, 今井龍一, 中村健二, 川野浩平: 点群座標データを用いた3次元モデルの生成に関する研究, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.19, pp.165-174, 2010.
- 12) 国土交通省: 道路工事完成図等作成要領の全体概要, <http://www.nilim-cdrw.jp/download/H24_setsumeikai/h24_setsumeikai_1_2012_10.pdf>, (入手2012.10.19) .
- 13) 国土交通省: 道路工事完成図等作成要領(第2版), <http://www.nilim-cdrw.jp/dl_std.html>, (入手2012.10.19) .
- 14) 今西暁久, 平尾公孝, 橘菊生, 間野耕司, 石井一徳, 富樫健司: GPS衛星不可視区間におけるMMS計測データの高精度化手法の検討, 応用測量論文集, 日本測量協会, Vol.22, 2011.
- 15) 国土地理院: 電子国土ポータル, <<http://portal.cyberjapan.jp/index.html>>, (入手2012.10.19) .
- 16) NTT空間情報: <<http://www.iqube.co.jp/geospace/koukuu.html>>, (入手2012.10.19) .

(2012. 10. 19 受付)

AUTOMATIC CREATION OF 3D CURRENT STATE DRAWINGS FOR MAINTENANCE ON SUPERSTRUCTURE OF HIGHTWAY BRIDGE

Shigenori TANAKA, Etsuji KITAGAWA, Wenyuan JIANG,
Satoshi ABIKO and Kohei KAWANO

The elevated highway bridges intensively developed during the high economic growth period are now becoming deteriorated over time all together. This requires a maintenance technology to preserve highway functions systematically. To make a systematic maintenance plan, it is essential to grasp the present condition of road surface. This requires a route survey by taking some measures such as temporary suspension of traffic, though it is not easy. This study proposes a method for creating three-dimensional (3D) current state drawings that keep information such as road centerlines and are usable for maintenance on the superstructure of highway bridge by performing a route survey with a mobile mapping system (MMS). Our demonstration experiments verify the validity in making a maintenance plan with current state drawings in comparison with the existing materials such as final drawings of construction works.