# <sup>(48)</sup> 高架道路橋上部工のSXF図面の 半自動生成に関する研究

# 姜 文渊<sup>1</sup>·田中 成典<sup>2</sup>

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>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

道路橋は,設計図や竣工図を基に維持管理されている.しかし,高度経済成長期に建設された高架道路 橋は,設計時や竣工時の図面が紙媒体であることから廃棄されているケースが多くあり,維持管理が困難 である.この場合,現況の詳細図を改めて作り直す必要があり,膨大なコストがかかる.この問題に対し て,Mobile Mapping System (MMS)の点群座標データを用いて,道路橋の維持管理用の3次元モデルを自 動生成する研究が多数行われている.しかし,これらの研究は,道路橋の上部形状を可視化するだけのも のが多く,道路本来の幾何情報を保持していないことから,図面としての利用が難しい.そこで,本研究 では,高架道路橋のSXF図面の再生を目的とし,MMSの点群座標データを用いて,上部工の特徴を表す線 形ベクトル情報の抽出手法を提案する.

Key Words : Highway Bridge, MMS, Point Cloud Data, Alignment of Road, SXF

# 1. はじめに

我が国では、70年代前後の高度経済成長期に集中整 備されてきた多くの道路橋が老朽化を迎えている<sup>1)2)</sup>.特 に, 高架道路橋については, 適切な長寿命化修繕計画の 策定が急務である. 適切な点検・補修計画の策定, およ び工法の選定には、現況の正確な把握が必須であり、建 設当時の図面(設計図や竣工図)が必要となる<sup>3</sup>.しか し、高度経済成長期に建設された多くの道路橋の図面は、 紙媒体であることから、保存期間の30年45を経過した後 に廃棄されていることが多い. この場合, 現況の詳細図 を改めて作り直す必要がある.詳細図の再生には、現地 での再測量が必要であり, 道路の通行止め等を伴うこと から膨大なコストがかかる.この問題に対して、筆者ら は、Mobile Mapping System (以下、MMSという) を用い て、高架道路橋上部工の現況を3次元で可視化する手法 を提案してきた. 既研究%では、道路の通行止めを行わ ずにMMSを用いることで、上部工の平面図と横断図、 縦断図を生成した.しかし、これは3次元の特徴点に面 を発生させ、高架道路橋の上部形状を可視化しただけの ものであり、高架道路橋本来の線形ベクトル情報を所持 していない. そのため,維持管理における現況図として の利用は難しい、そこで、本研究では、高架道路橋の2 次元SXF図面の自動生成を目的として、上部工の特徴を 表す線形ベクトル情報の抽出手法を提案する.

#### 2. 研究概要

本研究では、高架道路橋のMMSによる計測結果から、 SXF図面を生成することを目的とした線形ベクトル情報 の抽出手法を提案する.本提案システムの流れを図-1に 示す.本システムは、3次元データ生成部と線形解析部 により構成される.まず,図-1に示す既研究<sup>0</sup>では, MMSで取得した高架道路橋の点群座標データを解析す ることで、高架道路橋の平面形状と横断形状、および縦 断形状を示す点列を取得し、3次元データを作成する. 次に、高架道路橋のジョイント部を抽出し、スパンごと に切り分け可能な情報を保持した3次元データを作成す る. そして、本研究では、既研究で作成した3次元デー タから道路中心線や横断面等に該当する点列を解析し, 線形ベクトル情報の算出に必要な線形幾何情報を取得す る. さらに、スパン前後の線形幾何情報の関連性を考慮 し、線形幾何情報の補正を行うことで、線形ベクトル情 報の精度を向上させる. 最後に、スパンごとの線形幾何 情報に対応した数式のパラメータを算出し, SXF図面





図-2 上部工のSXF図面のイメージ



図-3 線形の特性





(図-2)を生成する.3次元データ生成部については, 既研究<sup>®</sup>で詳述しているため,本研究では,線形解析部 について詳述する.

### (1) 線形幾何情報判定機能

線形ベクトル情報を抽出するには、その幾何情報を把 握する必要がある. 道路の線形には、直線、円弧、クロ ソイド曲線が用いられる. 本機能では、3次元データ生



図-5 クロソイド曲線の使用特性

成部の出力の一部であるジョイント部の位置を線形の始 点と終点の候補とし、それぞれの線形の特性(図-3)を 識別することで幾何情報を判定する.なお、クロソイド 曲線の判定では、図-4に示す通り、2通りの特性がある ことから、曲線をクロソイド曲線Aとクロソイド曲線B に分けて識別する.

#### (2) 線形幾何情報補正機能

円弧やクロソイド曲線の曲率半径が非常に大きい場合, 線形幾何情報を誤判定する可能性がある.そこで,本機 能では,クロソイド曲線が直線と円弧の間に入るという 特性(図-5)に着目し,誤判定の可能性のある線形幾何 情報を補正することで,線形ベクトル情報の抽出精度を 向上させる.ただし,高架道路橋はスパンごとに設計さ れるため,1個の線形が複数個スパンに分かれる可能性 がある.このことから3種類の線形の接続可能なパター ンは,図-6に示す通り8パターンである.本機能では, 接続可能なパターンに基づき,スパン前後の線形の幾何 情報の関連性を検証することで,幾何情報が誤判定され た線形を特定し,正確な幾何情報に修正する.

#### (3) SXF図面生成機能

本機能では、各線形の幾何情報に応じた数式を算出し、 SXF図面を生成する.

SXFの直線に必要なパラメータは、始点と終点である. 近似直線の数式は、最小二乗法を用いて算出する.始点 と終点は、図-7に示すように垂線の足とする.

SXFの円弧に必要なパラメータは、円の中心座標、半径、始角、終角、回転方向である.近似円弧の数式は、



図-6 直線,円弧とクロソイド曲線が接続可能なパターン



図-7 SXFの直線のパラメータの算出方法



図-8 SXFの円弧のパラメータの算出方法



図-9 SXFのクロソイド曲線Aのパラメータの算出方法



図-10 SXFのクロソイド曲線Bの基点の算出方法

直線と同様に最小二乗法を用いて算出する.始角と終角 は、図-8に示すように円弧の中心点、点列の始点、終点 合計3点を用いて算出する.回転の方向は、円の中心点 と円弧の位置関係により算出する.

SXFのクロソイド曲線に必要なパラメータは、曲線基 点座標、曲線長、定数パラメータ、向き、回転角である. 近似クロソイド曲線の数式は、隣接する直線と円弧のベ クトル情報を用いて算出する.曲率半径Rはクロソイド 曲線と隣接の円弧の円半径、曲線長Lは図-9に示すよう に各特徴点間の直線距離を累積したものとする.定数パ



図-11 MMSでの計測範囲(出典 国土地理院:電子国土Web)



図-12 MMS点群座標データの可視化結果

ラメータは、RとLにより算出する.クロソイド曲線の 向きと回転角は円弧と同様な手法を用いて算出する.ク ロソイド曲線Aの基点は、隣接する直線の接続点とする. クロソイド曲線Bの基点は、図-10に示すようにA,Bの 面積が同じ場合、直線と曲線の交点とする.

## 3. システムの実験

本実験では、提案手法により生成したSXF平面図と実 測平面図を比較し、生成したSXF平面図の精度を確認す ることで本研究の有用性を評価する. なお、クロソイド 曲線の回転角の誤差は、曲率半径や曲線長の誤差に大き く左右されるため、本実験では、回転角を手動で補正す るものとする.

#### (1) 実験データ

本実験では、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号環状線の計測結果を実験 データとして用いる.実験データの計測範囲を図-11に 示す.また、本実験で利用するMMS計測データの可視 化例を図-12に示す.図-12の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である. MMS自体の精度は、水平誤差10cm、標高誤差15cmであ る.

## (2) 実験内容

#### a) 線形幾何情報判定精度の実験

本実験では、まず、スパンごとに近似線を生成し、始 点、終点、中央点の3点を評価点とする.次に、各評価 点と実測図の線形との垂直距離を算出する.そして、各 評価点の垂直距離に基づき線形の近似率を算出し、提案



#### 図-13 SXF図面の結果

# 手法の有用性を確認する.

## b) SXF図面外観精度の実験

本実験では、提案手法で作成したSXF図面の外観精度 の検証として、作成した図面を正解データの実測図に重 ね合わせることにより、道路橋の全体形状が正確に作成 されたかを確認する.

#### 表-1 SXF図面外観精度の実験結果

指標	面積	割合
SXF図面と正解データ が重複する範囲	$20412.43\mathrm{m}^2$	76.10%
<b>SXF</b> 図面のみ存在する 範囲	4474.10 m <sup>2</sup>	16.68%
正解データのみ存在す る範囲	1936.63 m <sup>2</sup>	7.22%



#### 実験結果と考察

#### (1) 線形幾何情報判定精度の実験結果

実験結果では、本研究の対象とする56本の線形に設定 した168の評価点のうち、垂直距離がMMS水平精度の 10cm以内に収まった評価点は113点(近似率:67.26%) であった.一方、図-13に示すように異常な線形は、特 徴点の抽出精度が最も低い高架道路橋の分岐部に多く存 在した.原因は、抽出した特徴点に大量に含まれた異常 値と考えられる.また、本研究の提案手法では、ジョイ ント部で線形を区切っていることから、2種類の線形が1 つのスパンに含まれる可能性がある.これらの問題を解 決するには、分岐部の特徴点の抽出手法の改善や、手動 による線形の区切り作業が必要である.

#### (2) SXF図面外観精度の実験結果

実験結果(表-1)では、約76.10%の面積が一致していた.そのため、本提案手法によって、高架道路橋全体の線形をほぼ正確に作成できたと考える.また、図-14に示すように、クロソイド曲線部の誤差が最も高いことが分かる.この結果については、2つの原因が考えられる.1つ目として、隣接する線形幾何情報が誤判定された場合や、隣接する円弧や直線がない場合、クロソイド曲線のベクトル情報を正確に算出できなかったと考えられる.2つ目として、本提案手法で算出した曲線長の累積誤差が大きいと考えられる.

1つ目の問題を解決するには、道路構造令の解説と運用<sup>7</sup>に推奨されている定数パラメータの範囲に注目し、 線形幾何情報の判定精度を向上させる必要がある。2つ 目の問題を解決するには、曲線の始点と終点による距離 収束法を用いることで、曲線長の累積誤差を減軽する必 要がある。

# 5. おわりに

本研究では、高架道路橋のMMSによる計測結果から、 SXF図面を生成するための線形ベクトル情報の抽出手法 を提案した.実証実験では、生成したSXF平面図と実測 平面図を比較し、手法の有用性を確認した.また、実験 結果から、本提案手法における線形幾何情報の判定精度、 クロソイド曲線の誤差、分岐部の特徴点の抽出精度など の課題を発見できた.今後は、本提案手法の実務への適 用性を明らかにするとともに、市町村等の各自治体が本 提案手法で生成したSXF図面を使用できるよう、図面の 精度向上を目指す.

#### 参考文献

- 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.
- 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.
- 日本道路協会:道路橋示方書・同解説I共通編, p.13, 2011.
- 国土交通省:土木工事における発注者の業務効率化実施 方針、
  大針、
  小ttp://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/220929kouritsuka 02.pdf>、(入手2014.630).
- 5) 国土交通省:地方整備局文書管理規則, <http://www.mlit.go.j p/page/kanbo01\_hy\_000166.htmb, (入手 2014.6.30).
- 6) 田中成典,北川悦司,姜文渊,安彦智史,川野浩平: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,土木学会論文集F3,土木学会,Vol.68, No.2, ppI\_181-I\_189, 2012.
- 7) 日本道路協会:道路構造令の解説と運用, p.361, 2004.