

(6) 河川横断面生成のための LPの点群データ選択手法

田中 成典¹・今井 龍一²・中村 健二³・窪田 諭⁴・梅原 喜政⁵

¹正会員 関西大学教授 総合情報学部 (〒569-1052 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番地1号)

E-mail:tanaka@res.kutc.kansai-u.ac.jp

²正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所防災・メンテナンス基盤研究センターメンテナンス情報基盤研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地) / 関西大学大学院総合情報学研究科連携大学院客員教授

E-mail:imai-r92ta@nilim.go.jp

³正会員 大阪経済大学准教授 情報社会学部 (〒533-8533 大阪府大阪市東淀川区大隅2丁目2番地8号)

E-mail:k-nakamu@osaka-ue.ac.jp

⁴正会員 関西大学准教授 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番地35号)

E-mail:skubota@kansai-u.ac.jp

⁵非会員 関西大学大学院 総合情報学研究科 (〒569-1052 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番地1号)

E-mail:umehara@kansai-labo.co.jp

情報通信技術の発展により国土空間の3次元モデルが広く普及してきた。河川事業に注目すると、河川の維持管理への河川空間モデルの利用が検討されている。現在の河川の維持管理は、河川の長手方向に沿って約200m間隔で横断面を作成し、河川空間の変状等を推計している。LPデータから横断面を生成する既存手法はあるが、河川管理の要求を満足する精度ではない。そのため、LPデータから高精度な横断面を生成する手法を確立し、河川空間を3次的に把握できる河川空間モデルを生成できれば、河川の維持管理の品質向上が期待できる。しかし、LPデータから河川空間モデルを生成する既存手法は、河川空間の様々な形状を考慮せず、LPデータから河川空間モデルの生成範囲に含まれる点群データを取得しモデルを生成している。そこで、本研究では、点群データ取得範囲を動的に調整することで、横断面の再現精度を向上する手法を提案する。

Key Words : *Laser Profiler, Point Cloud Data, Three Dimensions, Cross Section, Point Selection*

1. はじめに

近年、情報通信技術 (Information and Communication Technology) の発達により、国土空間の3次元モデル (以下、国土空間モデル) を生成する技術¹⁾が発達している。国土空間モデルの利用方法の一つとして、公共構造物の維持管理がある。河川事業に着目すると、河川の維持管理への河川および河川敷や堤防等の構造物を含む空間 (以下、河川空間) の3次元モデル (以下、河川空間モデル) の利用が検討されている。

現在の河川の維持管理は、「河川定期横断面」²⁾の2次元図面を一級河川 (全109水系) の直轄管理区間等の重要な河川区間を対象に作成、蓄積し、河川空間の変状等を推計している。しかし、横断面は、広範囲な河川空間の測量に要する工数を考慮して、河川の長手方向に沿って約200m間隔で作成されている。そのため、横断面と

して計測していない箇所³⁾の3次元形状を把握することが困難であるという課題がある。

この課題を解決する一方策として、航空レーザ測量³⁾で計測した点群データ (以下、LPデータ) から横断面を生成する既存技術⁴⁾はあるが、河川管理の要求を満足する精度²⁾が確保できていない。そのため、LPデータから高精度な横断面を生成する手法を確立し、河川空間を面的、立体的に把握できる河川空間モデルを生成できれば、河川の維持管理の品質を向上することができる。

LPデータから河川空間モデルを生成する手法としては、LPデータから堤防のブレイクラインを考慮してモデルを生成する手法⁵⁾や横断面間の対応点を用いてモデルを生成する手法⁶⁾等が提案されている。これらの手法では、LPデータから河川空間モデルの生成範囲に含まれる点群データを取得してモデルを生成している。しかし、河川空間には、直線部や湾曲部等の様々な形状があ

る。それらの形状の変化に対して、既存研究では、点群データを取得する範囲が一定であるため、設定された取得範囲によっては不適切な点群データを取得する場合があります。精度が低下する一要因となっている。

そこで、本研究では、河川空間の状況に応じて点群データの取得範囲を動的に調整することで、LPデータから適切な点群データを選択し、横断面の再現精度を向上する手法を提案する。提案手法により横断形状が精緻になり、河川空間モデルの精度向上が期待できる。

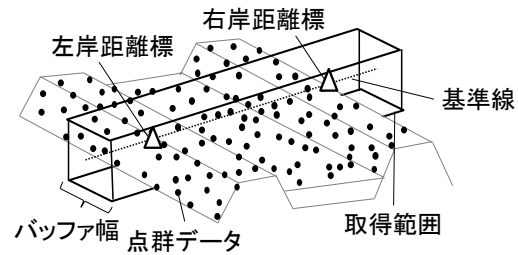


図-1 バッファ法の処理イメージ

2. 点群データ取得範囲と再現精度との関係調査

(1) 点群データの取得手法

LPデータから一定範囲の点群データを取得する手法はバッファ法と呼ばれている。バッファ法を用いた河川横断面の生成手法⁷⁾では、図-1に示すように、左右岸距離標を結んだ直線（以下、基準線）を中心として、河川の長手方向に一定範囲（以下、バッファ幅）内の点群データを取得する。そして、取得した点群データを2次元平面上に投影することで横断面を生成する。

バッファ法を用いた河川横断面の生成手法は、バッファ幅から形成される矩形内に存在する周囲の点群データを全て取得するため、直線部や湾曲部、有堤地区、無堤地区等の堤防形状の変化に対応できず、不適切な点群データを取得する可能性がある。具体的には、バッファ幅が大きい場合、基準線の周辺に存在する取得すべきでない断面変化点や植生等を取得し、バッファ幅が小さい場合は、横断面を再現するために必要な点群データを十分に取得できない可能性がある。そのため、バッファ幅を調整し、適切な点群データを選択することで、再現精度を向上できると考えられる。

(2) 調査内容

本調査では、最も再現精度の高いバッファ幅が変化することを明らかにするために、各バッファ幅で生成した横断面の再現精度を確認する。横断面の再現精度は、LPデータから生成した横断面と河川定期横断面との比較により算出する。

本調査は、平成24年度に河川定期縦横断測量、平成25年度に航空レーザ測量が実施された河川の一つである大和川を対象に実施する。調査対象断面は、大和川流域の河川定期横断面254箇所の中から、次に示す3つの条件を考慮して、10断面（下流から6.0km, 9.0km, 17.2km, 18.2km, 23.6km, 24.0km, 24.4km, 24.8km, 31.0km, 33.8km地点）を選定した。

- 河川の縦断勾配（セグメント区分）を踏まえ、上流・中流・下流のバランスを考慮すること

表-1 調査結果

バッファ幅	評価	有堤(単位:%)						無堤(単位:%)			
		直線部			湾曲部			直線部		湾曲部	
		9.0km	17.2km	31.0km	6.0km	18.2km	33.8km	23.6km	24.8km	24.0km	24.4km
0.5m	A	67.2	67.3	75.7	79.6	77.5	70.6	71.2	51.5	55.1	93.5
	B	27.8	13.7	19.0	15.3	8.3	12.6	9.3	8.6	38.3	0.6
	C	4.9	11.9	3.9	1.9	3.8	13.4	7.3	18.7	2.1	0.7
1.0m	A	65.9	64.3	73.9	81.3	76.4	70.5	71.9	47.2	51.1	93.2
	B	26.3	16.5	22.0	12.9	7.9	12.5	10.8	12.6	40.6	0.9
	C	7.8	8.9	2.8	1.7	3.6	13.9	6.2	19.4	4.3	0.7
1.5m	A	65.8	66.1	73.5	79.1	75.9	70.9	70.0	46.6	50.2	89.1
	B	26.8	14.5	22.4	13.3	8.3	11.9	10.9	6.5	39.2	2.7
	C	7.3	8.7	3.1	3.5	4.8	13.7	6.9	24.8	4.2	1.5
2.0m	A	64.7	66.7	73.0	80.1	74.0	70.6	70.3	47.3	48.5	83.7
	B	29.1	14.2	22.2	12.7	10.2	11.8	11.1	6.6	38.4	3.4
	C	6.1	8.2	3.8	3.0	5.0	14.5	6.5	22.5	3.2	1.3
2.5m	A	63.9	66.5	71.3	78.8	71.1	70.6	71.5	47.0	48.9	82.8
	B	30.8	15.2	24.0	13.3	12.6	11.4	11.3	13.4	37.8	4.0
	C	5.3	8.0	3.2	3.3	4.9	15.1	7.0	16.6	2.3	1.3
3.0m	A	63.4	64.9	71.3	80.7	68.9	70.2	71.8	47.8	48.3	82.0
	B	31.2	17.4	24.5	12.4	13.7	11.3	11.4	11.2	38.1	4.6
	C	5.4	7.4	2.9	2.3	5.7	15.6	6.8	16.6	2.5	1.1
3.5m	A	65.7	65.6	70.0	81.1	66.7	69.7	74.1	49.9	48.0	81.6
	B	29.4	16.5	25.3	11.8	14.6	11.7	11.9	11.3	38.2	4.7
	C	4.9	7.4	3.4	2.3	6.2	15.4	6.8	15.9	2.3	0.9
4.0m	A	67.3	64.9	69.4	82.1	64.7	69.2	74.5	50.2	48.5	80.3
	B	28.4	16.8	25.7	10.8	16.2	11.8	11.4	9.5	37.1	5.7
	C	4.2	7.7	3.6	2.3	6.5	15.8	6.7	16.9	2.1	1.8

- 有堤地区または無堤地区を含むこと
- 直線部または湾曲部を含むこと

(3) 調査手法

本調査では、バッファ幅と再現精度との関係を明らかにするため、複数のバッファ幅で生成した横断面と河川定期横断面とを比較する。調査バッファ幅は0.5m~4.0m、0.5m間隔とする。再現精度は、横断面と河川定期横断面との垂直誤差を10cm間隔で算出し、天端区間において精度が閾値内にある点の割合を用いた。閾値は、既存研究⁸⁾の精度評価の方法を参考にしつつ、既存研究時からの航空レーザ測量の精度向上も勘案し、A評価を5cm未満、B評価を5cm以上10cm未満、C評価を10cm以上15cm未満とした。

調査データは、大和川において平成24年度に回転翼の航空レーザで計測されたLPデータと平成25年度に計測された河川定期横断面とする。

(4) 調査結果と考察

調査結果（表-1）を確認すると、次の2点が明らかとなった。なお、表中下線部は各断面において最も横断面

の再現精度が高いバッファ幅を示す。

- バッファ幅0.5mもしくは4.0mが良い結果であることがわかった。

調査結果を確認すると、33.8km地点を除く全ての断面でバッファ幅0.5mもしくは4.0mが最も良い結果となった。これは、横断面図を再現するために必要な点群データの数が堤防の形状に応じて異なることが原因と考えられる。具体的には、堤防形状の変化が小さい地点においては、より多くの点群データを取得することで再現精度を向上でき、堤防形状の変化が大きい地点においては、不必要な点群データの取得を抑えるために必要最小限の点群データ数に留める必要があることがわかった。

- 下流の有堤地区は、バッファ幅が大きいほど良い傾向にあることがわかった。

下流の有堤地区である6.0km地点と9.0km地点を確認すると、バッファ幅4.0mが最も良い精度であり、下流の有堤地区の区間では、バッファ幅が大きいほど精度が高い傾向にあることがわかった。これは、下流の有堤地区では護岸工事により堤防上のノイズが少なく、同様の堤防形状が連続しているためであると考えられる。

以上のことから、バッファ幅を変更することで横断面図の再現精度が変化することが明らかとなった。

3. 研究の概要

(1) 研究の目的

本研究では、調査の結果から、バッファ幅を変更することで横断面図の再現精度を向上できることを確認した。そして、横断面図を再現するために必要な点群データ数が河川空間の状況に応じて異なることを明らかにした。そこで、バッファ幅から形成される矩形内に存在する点群データの数を評価することで、バッファ幅を動的に調整し、適切な点群データを選択する手法を提案する。

(2) 処理の流れ

本研究の処理（図-2）は、点群データ抽出機能、点群データ補完機能、横断面図生成機能により構成される。また、入力はLPデータ、出力は河川横断面図とする。

点群データ抽出機能は、バッファ法にてLPデータから横断面図生成に用いる点群データを抽出する。

点群データ補完機能は、バッファ幅を動的に調整することで、適切な点群データを選択する。まず、図-3のaに示すように、点群データの取得範囲を河川の短手方向に一定間隔 α で分割する。次に、分割した取得範囲毎に内包する点群データ数を算出する。そして、図-3のbに示すように、点群データ数が閾値 β を超過するまでバッファ幅を拡大して点群データを再取得する。なお、バッ



図-2 本システムのフロー

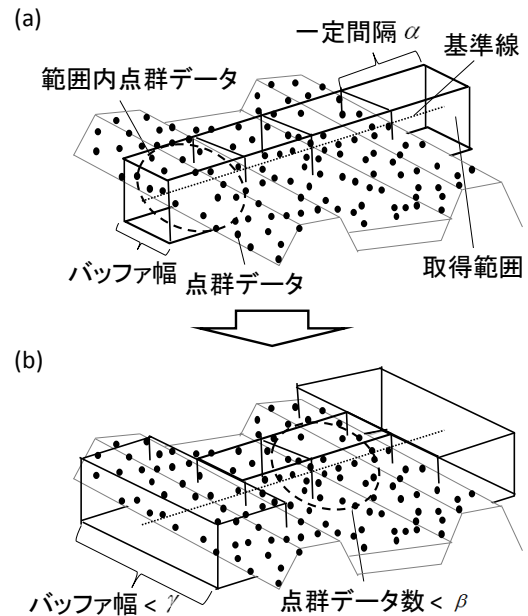


図-3 点群データ補完機能の処理イメージ

ファ幅が閾値 γ を超えた場合に処理を終了する。

横断面図生成機能は、選択した点群データを2次元平面上に投影し、横断面図を生成する。

4. 実証実験

(1) 実験概要

提案手法により適切な点群データを選択でき、高精度な横断面図の生成が可能であることを確認する。具体的には、一定のバッファ幅を用いる既存手法とバッファ幅を動的に調整する提案手法とで横断面図を生成し、生成した横断面図と河川定期横断面図とを比較する。

(2) 実験条件

a) 実験データ

2章の調査内容と同様に、大和川の10断面を対象に実

施し、同様の実験データを用いた。

b) パラメータの設定

本実験では、提案手法で用いる3つのパラメータ α 、 β 、 γ を実験条件として設定する。パラメータ α は点群データ取得範囲を河川の短手方向に一定間隔で区切る時に用いる値である。パラメータ β は点群データを選択する時に用いる上限値である。パラメータ γ はバッファ幅を延長する時の上限値である。パラメータ α 、 β は、大和川の30断面を対象に実施した予備実験の結果に基づき、 $\alpha=10m$ 、 $\beta=350$ 点とした。また、パラメータ γ や既存手法で用いるバッファ幅は、日本測量調査技術協会との議論の結果から、地図情報レベル2500の要求精度⁹⁾を確保する3.5mとした。

(3) 実験手順

本実験では、既存手法と提案手法とで生成した横断面図の再現精度を確認する。まず、実験対象断面において、既存手法と提案手法とを用いて横断面図を生成する。次に、同様の地点の河川定期横断面図を正解データとして取得する。そして、生成した横断面図と河川定期横断面図とを比較する。なお、比較と評価方法は、2章の調査手法と同様の方法を採用する。

(4) 結果と考察

実験結果(表-2)を確認すると、次の2点が明らかとなった。

- 提案手法の方が再現精度が高いことがわかった。
A評価の割合を確認すると、既存手法では平均67.2%、提案手法では平均68.7%となり、平均1.5%の精度向上が見られた。これは、バッファ幅を動的に調整することで、適切な点群データを選択できたことが原因と考えられる。
- 植生等のノイズの影響を受けることがわかった。
再現精度が50%を下回った断面(24.0km, 24.8km地点)や提案手法により再現精度が低下した断面(6.0km, 23.6km, 24.8km地点)を確認すると、図-4に示すように、既存手法と提案手法の両方において、植生等のノイズが存在した場合、不正な横断面図を生成する課題が見られた。この課題は、点群データを取得する時の基準線周辺に植生等のノイズが多数存在したため、最小のバッファ幅の時点でノイズを選択したことが原因と考えられる。

5. おわりに

本研究では、バッファ幅を動的に調整することで、LPデータから適切な点群データを選択し、高精度な横断面図を生成する手法を提案した。そして、既存手法と提案手法の再現精度を確認し、提案手法によりA評価平均

表-2 実験結果

バッファ幅 評価	有堤(単位:%)						無堤(単位:%)				
	直線部			湾曲部			直線部		湾曲部		
	9.0km	17.2km	31.0km	6.0km	18.2km	33.8km	23.6km	24.8km	24.0km	24.4km	
3.5m	A	65.7	65.6	70.0	81.1	66.7	69.7	74.1	49.9	48.0	81.6
	B	29.4	16.5	25.3	11.8	14.6	11.7	11.9	11.3	38.2	4.7
	C	4.9	7.4	3.4	2.3	6.2	15.4	6.8	15.9	2.3	0.9
提案手法	A	66.1	66.6	75.4	80.2	76.1	71.1	71.3	46.8	48.2	85.7
	B	27.5	15.9	20.9	12.3	8.0	11.4	12.1	11.0	38.2	1.0
	C	6.4	6.9	2.9	2.9	3.7	13.9	6.5	17.9	2.5	1.2

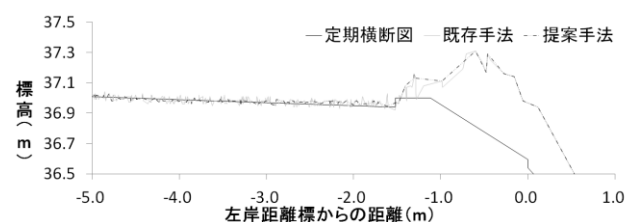


図-4 植生ノイズが存在する横断面図 (KP24.8)

が1.5%向上していることを確認した。しかし、実証実験では、無堤地区において、植生等のノイズによる影響を抑制できず、不正な横断面図を生成する課題が見られた。

今後は、河川特性に着目し、植生等のノイズを判別する技術を考案し、ノイズを考慮してバッファ幅を動的に変化させる手法の開発を目指す予定である。

謝辞：本論文を遂行するにあたり、国土技術政策総合研究所、国土交通省近畿地方整備局、日本測量調査技術協会の各氏には貴重なご意見を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 矢吹信喜, 川口貴之, 福田知弘: 積集合演算による BIM データからの景観検討用 3D モデル作成手法, 土木情報学シンポジウム講演集, 土木学会, Vol.37, pp.129-130, 2012.
- 国土交通省: 河川定期縦横断面測量業務実施要領・同解説, 1997.
- 国土地理院: 航空レーザー測量, <http://www1.gsi.go.jp/geowww/Laser_HP/index.html>, (入手 2014.6.1).
- 鶴飼尚弘, 鈴木浩二, 外山康彦: 既存航空レーザーデータを活用した河川縦横断面測量業務, 先端測量技術, 日本測量調査技術協会, Vol.102, pp.48-50, 2010.
- 田中成典, 今井龍一, 中村健二, 川野浩平: LP データを用いた震災前後の被害箇所の自動検出結果の可視化に関する研究, 土木学会論文集, 土木学会, Vol.68, No.2, pp.I_197-I_205, 2013.
- 竹本典道, 小川鶴蔵, 佐藤宏明, 本間君枝: 水情報国土の全体構想と活用, 河川情報シンポジウム講演集, 河川情報センター, Vol.2008, pp.5.1-5.9, 2008.
- 安田浩保, 武富一秀, 館健一郎, 金子誠: レーザスキャナにより取得した数値標高情報に基づく河道形状情報の作成に関する研究, 河川技術論文集, 土木学会, Vol.9, pp.247-252, 2003.
- 国土交通省国土技術研究会: レーザプロファイラ等を用いた 3 次元 CAD データの作成及び活用に関する研究～東日本大震災の復興支援及び大規模災害への備え～, 2011.
- 国土交通省: 作業規程の準則, 2010.