

河川横断測量データを活用した河道内微地形復元手法について

独立行政法人土木研究所水環境研究グループ 正会員 ○中西 哲

同上 正会員 傳田正利

同上 正会員 萱場祐一

1. はじめに

河川に生息する生物は、河川の微細な環境勾配に敏感に対応しながら生息している。河川地形は、この環境勾配を規定する基盤である。河川事業によるインパクトが河川に生息する生物に与える影響を評価する場合や河川生態系の維持管理を行う場合に、河川地形の詳細、微地形形状を把握する必要がある。また現在の精緻な河川地形を基盤とした物理生息場モデルを過去の物理環境に適用し、過去の河川生態系の状況を推定することが出来れば、過去から現在への河川生態系の変質の過程や人為的インパクトの関係性の分析が可能となるであろう。

河川微地形を高精度に計測する技術は、レーザープロファイラ (Laser Profiler:LP)、デジタル空中写真、無人航空機(Unmanned Aerial Vehicle:UAV) 等の普及により飛躍的に向上している。これらの測量手法の発達、現在における河川地形と生物群集の関係性を分析するのに有益な情報を提供し、物理生息場モデル等の開発を大きく進展させる。しかしながら上記の技術は、水域の標高が計測できないため、魚類等の水域に生息する生物の物理生息モデルの作成には適さない。更に過去からの河川環境の変遷を追うには、過去のデータの蓄積が無い場合、比較するには困難である。

過去から現在にわたって河川地形がどのように変遷してきたかを、水域の形状を含めて定量的に評価するには、我が国で一定期間の間隔で測量されている定期横断測量結果を利用することが現実的であろう。この場合、横断測量データの内挿を行うことによって詳細な地形を再現する手法が必要となる。しかし横断測量データから地形を再現する手法には課題が多い。その主な要因は横断方向に密に測量され、縦断方向に粗く測量される、横断測量の特性が挙げられる。また河川が縦断方向に緩やかに変化し、横断方向に急激に変化する河川形状の異方性 (anisotropy) も河川地形の特性であり、通常の内挿手法では地形の再現をこんなにする要因だとされる。Heritage¹⁾は、いくつかの測量手法 (LP や横断測量など) から水域を除く地上部について、汎用的な内挿手法を適用させた地形について比較した結果、LP などのほぼ等間隔で測量されたデータと比較して、横断測量による地形の再現性があまり良くないことを示した。これらは横断測量データの特性が原因であり、汎用的な内挿手法では環境情報に必要となる詳細な河川地形を十分に再現できないことを示している。また Merwade²⁾や Legleiter& Kyriakidis³⁾は、河川形状の異方性を考慮するため、横断形状にベータ関数などの近似関数を適用し、低周波成分と高周波成分を分離したものを内挿した後、最後に重ね合わせることで、河川の詳細な地形の再現する手法を提案している。しかし我が国の複断面化した河道横断形状にベータ関数などが当てはまるとは考えにくく、またアルゴリズムが複雑になり計算コストが高くなるなど、汎用性の面で疑問が残る。

河川の流れ・河床変動解析ソフトウェアである iRIC⁴⁾は、プリプロセッサに水理計算に必要な格子点を作成するための内挿ツールを実装している。iRIC は横断測量データを地形条件として用いることを基本としている。この内挿ツールは一般座標系変換を行うことで河道に則した地形が再現できることが特徴である。iRIC は洪水時の流れおよび河床変動を対象とした水理計算ソフトであるため、内挿による地形の再現

キーワード 河川横断データ、地形再現、内挿手法、iRIC

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 独立行政法人土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム

TEL. 029-879-6775 E-mail : nakanisi@pwri.go.jp

には一般座標系上での単純な線形補間を採用している．そのため，河川生態系の維持管理に必要となる微地形を含む詳細な地形の再現精度の面では疑問があり，検証が必要である．また iRIC の内挿手法は線形内挿であるため，地形は横断測量データから線形的に内挿される．一方 GIS 等実装されている汎用的な内挿アルゴリズムは，算術および統計的に地形を再現する．そのため線形内挿では表現できないような地形が再現され，微地形の再現精度が向上することになれば，河川生態系の維持管理にとって有用となる．

このような背景から，本研究では，河川横断測量データに内挿計算手法を適用し，河川微地形の再現性について，その可能性を検討することを目的とする．

2. 研究の方法

2.1 使用した横断データ

今回対象とした範囲は，信濃川水系千曲川の距離標 97K から 98K の，河川縦断方向距離約 1 km の範囲である．使用した横断測量データは，平成 19 年度に実施された定期横断測量結果と平成 21 年度に実施された詳細横断測量データである．定期横断測量データは距離標間隔 0.5K（約 500m 間隔）で測量されている．また詳細横断測量データは，97.5K を挟む上下流 650m を 50m 間隔で測量したものである（図-1）．詳細横断測量データは北（下流）から順に番号付けしており，全部で 14 断面ある．詳細横断 No.8 の断面で定期横断測量の 97.5K とほぼ重なっている．双方のデータは国土交通省千曲川河川事務所から提供を受けた．今回は定期横断測量データを内挿による地形再現の元データとして，詳細横断測量データを検証用データとして利用した．

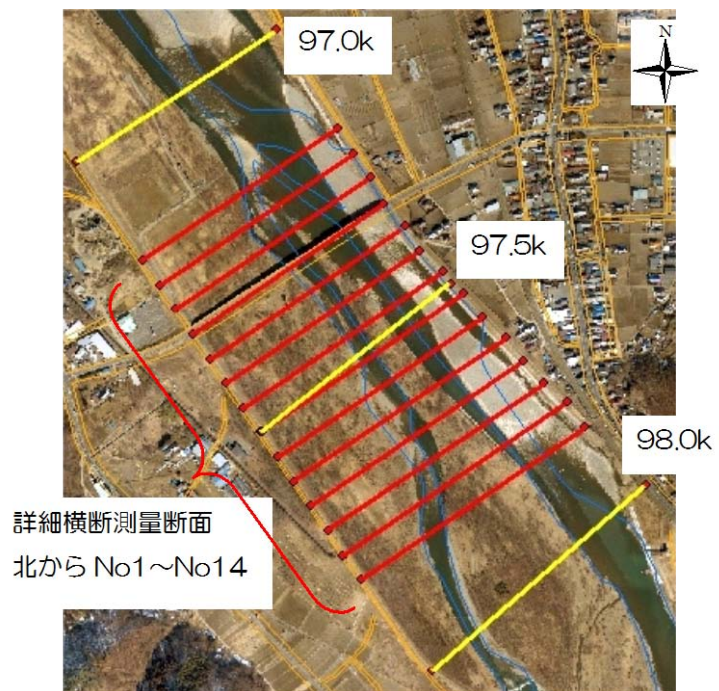


図-1 対象区域

2.2 地形内挿手法

本研究では，iRIC の内挿手法と他の各種内挿手法での河川地形の再現性について検証を行う．iRIC の再現性を検証するため，定期横断測量データから格子間隔から約 5m となるように内挿処理を施した．次に GIS に実装されている内挿による地形再現であるが，GIS 等実装している内挿手法はほぼ等間隔の取得されたポイントを内挿することを想定している．そのため上記の通り河川横断測量データは縦横断方向に測量間隔の粗密が大きく異なる横断測量の特性ため，直接内挿処理を施すと誤差が大きくなる．河川の地形を河道の地形に沿った手法を適用する必要があるが，今回は実際の河道の形状に則した地形を再現できる iRIC の内挿手法に着目し，一段階目で粗く iRIC にて内挿し，二段階目として GIS の内挿ツールによって詳細な地形内挿を行うこととした．

具体的には，定期横断測量データより iRIC の内挿ツールを使用して，ほぼ 25m 間隔で格子を作成し，その粗い格子に対して間隔 5m の詳細な内挿を行い，ラスタデータを作成した．詳細な地形内挿手法は，Natural neighbor 法（以下，NN 法），Inverse Distance Weighted 法（以下，IDW 法），およびスプライン

法である。NN 法と IDW 法は、周辺の測量点を重み付けすることで任意地点の内挿値を算出する方法である。IDW 法に用いたパラメータは、重み付け関数に必要な累乗数を 2 とし、算出に必要な周辺値を固定距離 25m から検索することとした。また、スプライン法は最小曲率の平面を、2 次元のスプライン関数を用いて算出する方法であり、その際のスプラインの種類は TENSION とし、パラメータは重み付け値を 0.1 に、算出するのに使用する周辺値の個数を 12 個とした。

以上の通り、iRIC で作成した再現地形と、iRIC の内挿手法と三種の GIS の内挿手法を組み合わせた再現地形の 4 種類のラスターデータを作成した。検証方法は、詳細横断測量データを平面に展開したポイントデータ上のラスターデータの値を抽出することで、詳細地形との比較ならびに内挿手法による違いについて検討を行った。なお地形内挿やラスターデータの抽出には、ESRI 社製 ArcGIS10.1 およびそのエクステンションである Spatial Analysis を使用した。

3. 結果と考察

3.1 内挿結果

各種内挿による地形再現方法と詳細横断測量データとの平方平均誤差を図-2 に示す。また詳細横断データと内挿による結果の比較図を図-3 に示す。図-3 の横軸はすべて詳細横断データであり、縦軸は各種法による算出値である。平方平均誤差は各手法とも 1.5m 付近と同様の結果となったが、iRIC による内挿手法の平方平均誤差が最も小さく、加えて比較図でも散らばりが少ない結果となった。他の手法の比較図についてはほぼ同様の結果となった。また各手法とも実測値に対し、再現値が高い傾向となった(図-3)。

これらの結果から、iRIC の内挿手法は河川地形再現に優れているといえる。iRIC の内挿手法は、一般座標系で作成した格子を縦断方向に内挿する手法である。この手法は河川地形が持つ変化の異方性、横断方向に変化が大きく縦断方向に変化が乏しいという特性を表現するのに適しているからだと考えられる。他の手法は、任意地点を再現する際に周辺のポイントデータを個数もしくは設定した距離に応じて検索し取得する。それらの点情報を算術もしくは統計的に内挿値算出するのだが、これにより情報が

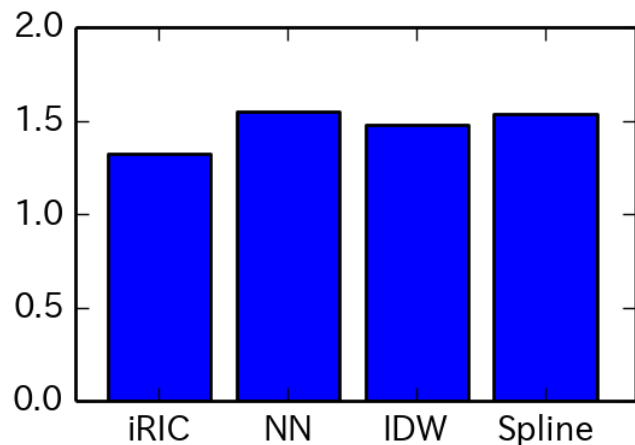


図-2 内挿手法の平方二乗平均誤差

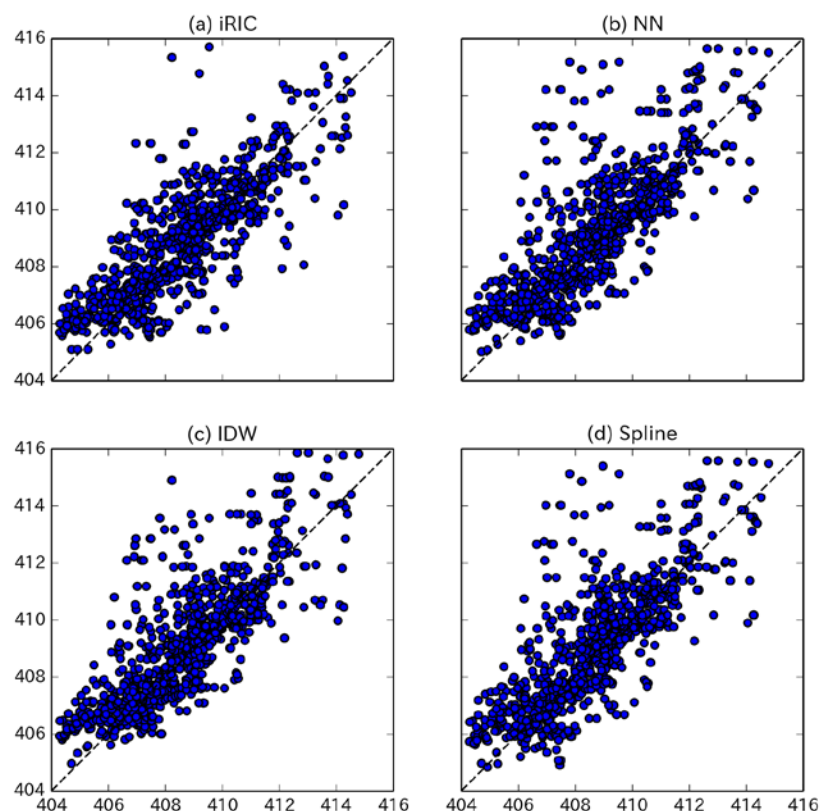


図-3 詳細横断測量と内挿による地形再現の比較

多くなりすぎ、地形を平滑化することで、河川内の明瞭な地形の再現性が低くなる結果となったのであろう。

3.2 河道内微地形の再現

代表的な断面として、詳細横断測量 No.1, 8, 14 断面における実測値とない装置の断面図形状を図-4 示す。内挿手法は iRIC と NN 法である代表例として載せた。No.8 断面の再現性が高いが、これは No.8 が元データとして使用した断面とほぼ重なるからである。再現値は双方とも同様な値であるが、NN 法は iRIC と比較して、形状を滑らかにしていることが分かる。これは先に述べた情報量の多さによる影響である。河川の地形は、実測の横断図に見られるように、局所的に切り立った形状がよく見られる。NN 法などの汎用的な内挿手法では、こういった地形情報を喪失してしまう可能性がある。

全体的に見て、河川の流路を再現できているといえる。しかし微地形の再現性は高いとは言えない。No.14 断面の左岸から 150m 付近の副流路は再現できていない。これらの副流路は洪水時の魚類の避難所として、また低流速、低水深を生息場として利用する河川の動植物にとっても重要な環境基盤を提供する。当然のことであるが、今回用いた手法は、元データに用いた定期横断測量に依存する。つまり元データの情報に含まれない微地形形状を内挿によって再現することは不可能である。微地形を再現するには、元となる横断地形データに加えて、付加的な地形情報が必要となる。付加的な地形情報として、河川工学で蓄積されてきた砂州形状などの地形の形状特性の情報を利用することが再現性を高めるし、かつ河川工学的にも妥当な手法であらう。

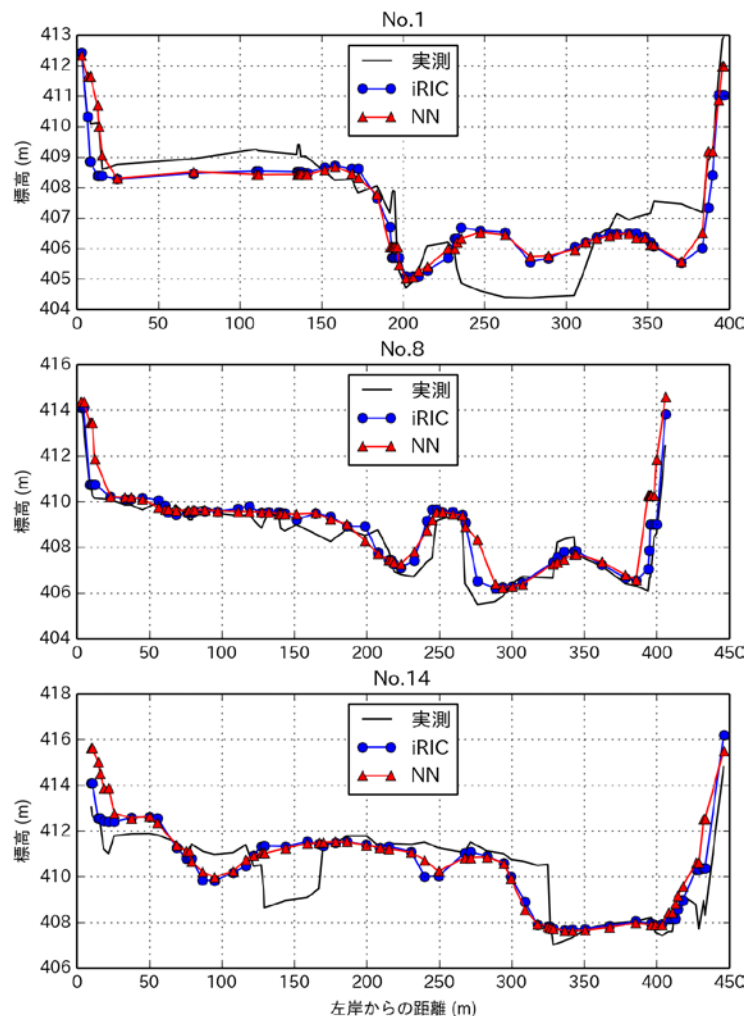


図-4 詳細横断図と内挿手法による結果

4. 引用文献

- 1) Heritage, G. L., Milan, D. J., Large, A. R. G., & Fuller, I. C. (2009). Influence of survey strategy and interpolation model on DEM quality. *Geomorphology*, 112(3), 334–344.
- 2) Merwade, V. (2009). Effect of spatial trends on interpolation of river bathymetry. *Journal of Hydrology*, 371(1-4), 169–181. doi:10.1016/j.jhydrol.2009.03.026
- 3) Legleiter, C. J., & Kyriakidis, P. C. (2008). Spatial prediction of river channel topography by kriging. *Earth Surface Processes and Landforms*, 33(6), 841–867. doi:10.1002/esp.1579
- 4) iRIC Software User's Manual : <http://i-ric.org/ja/>