

レーザープロファイラデータを利用した氾濫解析

石狩川開発建設部 計画課 ○館澤 清城
時岡 真治
三浦 敦禎

平成20年6月の社会資本整備審議会による答申『水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について』を踏まえ、石狩川水系を検討対象として今後想定される気候変動への適応策検討を行う必要がある。そこで、石狩川流域でも適応策を検討するための基礎資料として、気候変動に伴う降雨量等の変化を想定した氾濫解析が求められる。そのため、レーザープロファイラデータを活用して従来より精度のよい氾濫原地盤高データを作成し、豊平川左岸をモデルケースとした氾濫シミュレーションを行った。

キーワード：レーザープロファイラ、氾濫解析、気候変動

1. 背景

近年、これまでに観測されたことのない記録的な豪雨による洪水被害が頻発している。世界的には平成17年8月にアメリカを襲ったハリケーン・カトリーナが代表的であるが、日本においても梅雨の時期の集中豪雨や台風により、各地で水害や高潮災害が頻発している。¹⁾これらの現象の長期的な変化を十分に監視及び分析し、地球温暖化による降水量の変動や海面上昇、またそれに伴う洪水被害の形態の変化や、渇水による利水への影響について検証を行う必要がある。

平成20年6月の社会資本整備審議会による答申『水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について』によると、気候変動によって、洪水の増大、土石流の増大、土石流などの激化、高潮及び海岸浸食の増大、渇水リスクの増大、河川環境の変化が見込まれ、降水量の変化については地球温暖化の中位のシナリオに基づき、100年間の変化を予測すると、将来の降水量は現在の1.1～1.3倍程度となり、最大で1.5倍程度と見込める²⁾と予測している。

そこで、石狩川水系において、気象・水予測データから今後の地球温暖化に伴う気候変動の影響について考察を行った。石狩川流域における100年後の月別平均降水量は現況よりも増加傾向にあり、増加率は北海道全域の増加率よりも大きいことが予測された。また、秩父らによれば流域における100年後の年最大日降水量の20年平均値と現況再現結果の20年平均値との比は概ね1.32倍、北海道全域の予測結果である1.24倍よりも大きく³⁾、全国的に見ても大きい。また、低水管理に関して秩父らは積雪量の減少量が相対的に大きい石狩川上流や、空知川、豊平川においては融雪出水の早期化等により、夏季に少雨のリスクが増大すると予測している。

このように洪水氾濫が起りやすくなると予測される中で、石狩川水系において超過洪水への対応を検討する必要がある。そのために気候変化に伴う降雨量等の変化を想定した氾濫解析が求められる。本稿では石狩川水系の中でも河川勾配が急で大都市札幌を貫流している豊平川をモデルケースとして、レーザープロファイラで計測したデータから精度のよい地盤高データを作成し、氾濫解析を行う。

2. レーザープロファイラデータについて

(1) レーザープロファイラについて

レーザープロファイラ (LP) とは航空測量、航空機搭載型のスキャン式レーザ測距儀のことであり、レーザープロファイラによる測量とは図-1に示すように、地上基準点に設置したGPSおよび航空機に搭載したGPS と、慣性計測装置を用いて航空機の位置と姿勢を測定し、航空機から多数のレーザパルスを地表面に照射してはね返ってくるまでの時間からそれぞれの地点の地盤高を計測する技術⁴⁾である。

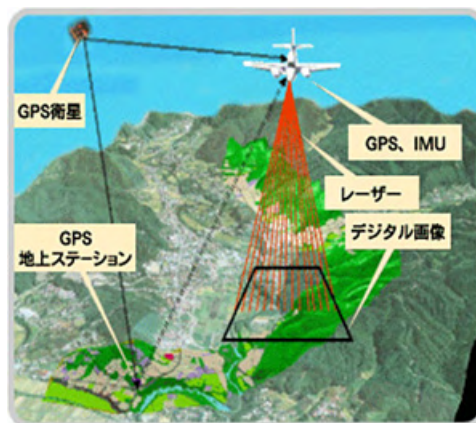


図-1 レーザープロファイラを用いた測量概念図

これまでの地形図作成は、空中写真を用いた空中写真測量が主体であり、数値標高データをオペレーターが1点ずつ取得しており、山間部では樹木の高さを人間が勘案して座標を取得するため、個人差が出やすい技術ともいえる⁹⁾。従来は地形図の等高線の高さデータのみから内挿補間して地盤高を作成していた。

本稿で紹介するレーザープロファイラデータを用いた地盤高データ（以下LP地盤高と呼ぶ。）を使用する利点としては、地表面に無数に飛ばしたレーザーパルスにより、各地点の標高を測定するため、測定する地点数が圧倒的に多い。よって従来では計測出来なかった細かな地形を把握することが可能になり、より精度のよい地盤高のデータが得られる。

以上の利点をもつレーザープロファイラデータを元に地盤高を作成し、従来の地盤高よりも精度の向上を図ることを目的としている。

（2）レーザープロファイラデータの加工方法

LP地盤高データをオリジナルデータ地盤データから加工する手順は図—2と以下に示す。例として、①～⑤の手順により作成した豊平川左岸の地盤高データ(5m間隔)を図—3に示す。

① フィルタリング処理

航空レーザー測量により計測した任意の標高点（オリジナルデータ）から道路施設・建物・水部・植生等を除去し、地表面を示す標高点データ（グラウンドデータ）を作成する。

② フィルタリング点検

グラウンドデータの妥当性について、フィルタリング点検図による目視点検を行う。

③ 内挿補間

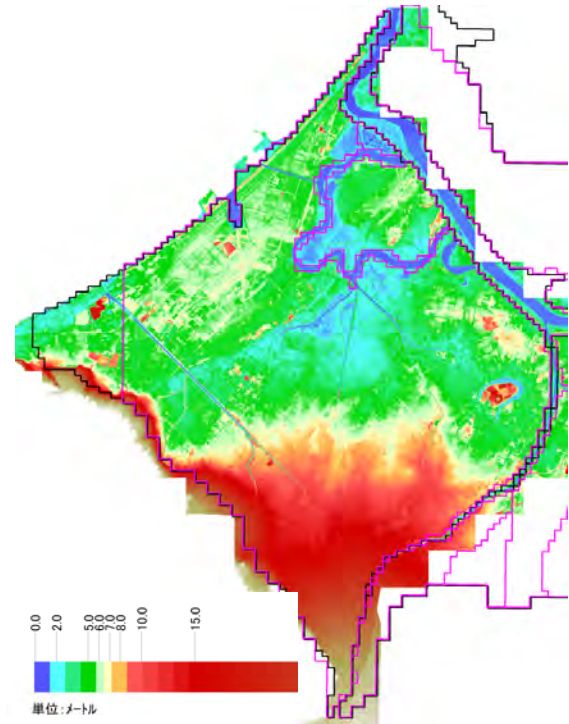
フィルタリング処理を行った標高点データをTIN法による内挿補間を行う。

④ グリッド化

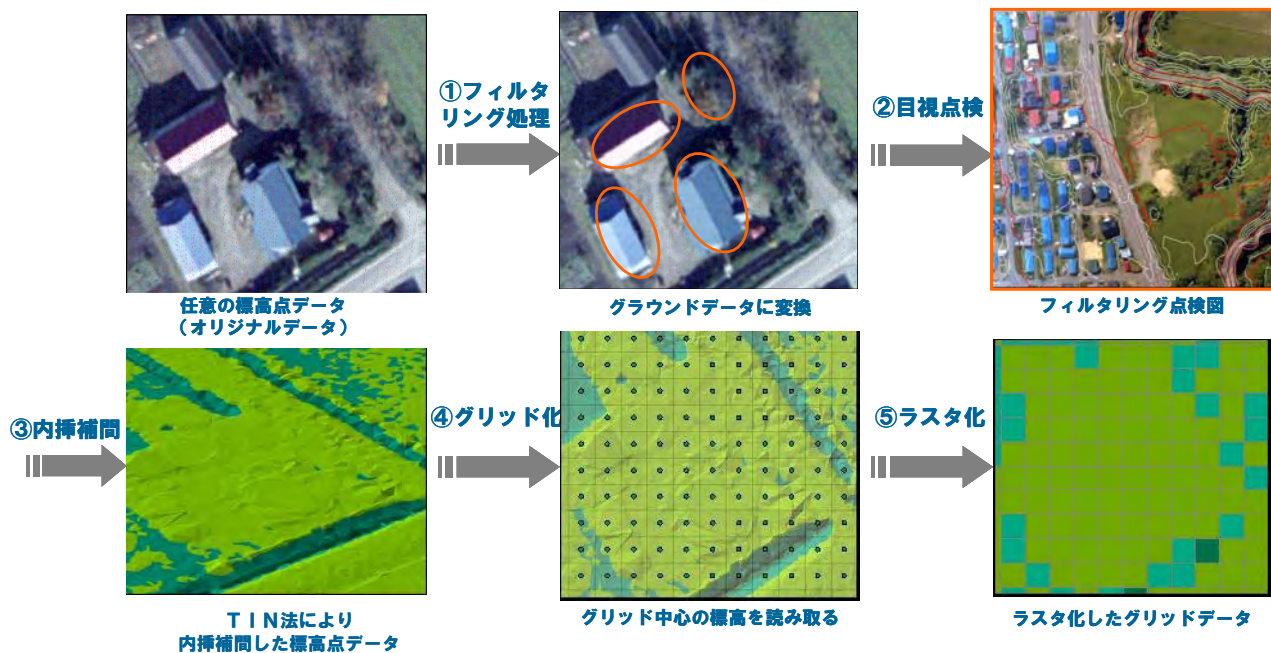
グリッド中心点の標高を読み取り、5mメッシュの中心標高を抽出したグリッドデータを作成する。

⑤ ラスタ化

5m単位のグリッドデータを0.2秒単位のグリッドデータ（経緯度座標系）に投影変換する。



図—3 豊平川左岸のLP地盤高



図—2 レーザープロファイラデータの加工手順

(3) 従来の地盤高との比較

前節で紹介したLP地盤高と従来の地形図から求めた地盤高データとの比較を行う。

まず、図-3で示した5m間隔の標高データについて、石狩市の市街地付近をズームアップした図-4を用いて精度比較をすると、従来の図面は全体的にぼやけているのに対し、LP地盤高の図面は河川、道路、橋、市街地等の区域がはっきり分かれています。これは、レーザープロファイラによる測量では無数のレーザーパルスを飛ばして地点の計測をしているので、細かな地形まで表現出来ているからである。

図-5については、札幌南端の水準点を通る断面を取り出して、水準点とLP地盤高と従来の地盤高を比較したものである。従来の地盤高と比較すると、創成川等において従来では表せられなかった低い標高を計測出来ている点など、地盤高の高低差がはっきり表れている。

また、札幌市中心部など高い建築物の集まる区画においては、LP地盤高の方が従来の地盤高よりも高く表現されているが、札幌南端の水準点の高さと比較するとLP地盤高の方が近い値になっているので、精度は向上していると言える。

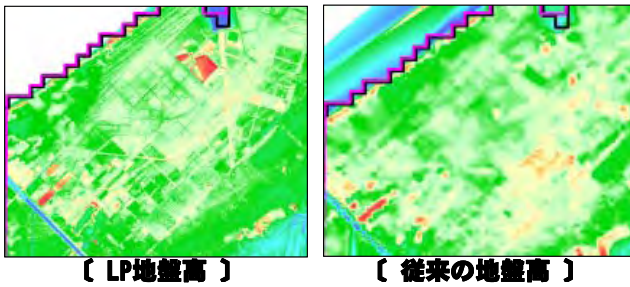


図-4 石狩市街地付近での精度比較

3. 氾濫モデルについて

2章で紹介したLP地盤高を用いて氾濫シミュレーションを行う⁹⁾にあたり、外水氾濫解析モデルを構築した。河道内については河道区間の溢水・越水を適切に考慮するために、一次元不定流解析モデルを構築し、氾濫原は、直交格子の二次元不定流モデルを構築した。

地盤高データは、LP地盤高（5mグリッドデータ）を250m格子で平均化して作成したものを用いるが、詳細な解析条件は表-1に示す。

表-1 氾濫解析条件

降雨条件	昭和 56 年 8 月型洪水を対象とした計画降雨量 310mm/3日
洪水調節施設	豊平峡ダム、定山溪ダム
河道断面	平成 13 年測量河道
河道粗度	合成粗度を算出し使用
出発水位	石狩川合流点水位
破堤幅 (m)	$y=1.6 \times (\log_{10} x) 3.8 + 62$ (はん濫シミュレーションマニュアルに準拠)
破堤開始水位	完成堤防は HWL
破堤進行	破堤は瞬時に最大破堤幅の 1/2 破堤し、その後 1 時間かけて拡大速度一定に最大破堤幅まで拡大。
破堤部の越流量	破堤地点における河川水位と背後の低内地水位及び破堤敷高との関係から本間の越流公式を用いる。
越水はん濫	1次元不定流解析区間(直轄区間)のみ考慮。
メッシュ地盤高	5m グリッド (標高) データから局所的な地盤高を除き、平均した 250m メッシュ地盤高
氾濫原粗度	水深と建物占有率を考慮した粗度 (はん濫シミュレーションマニュアルに準拠)

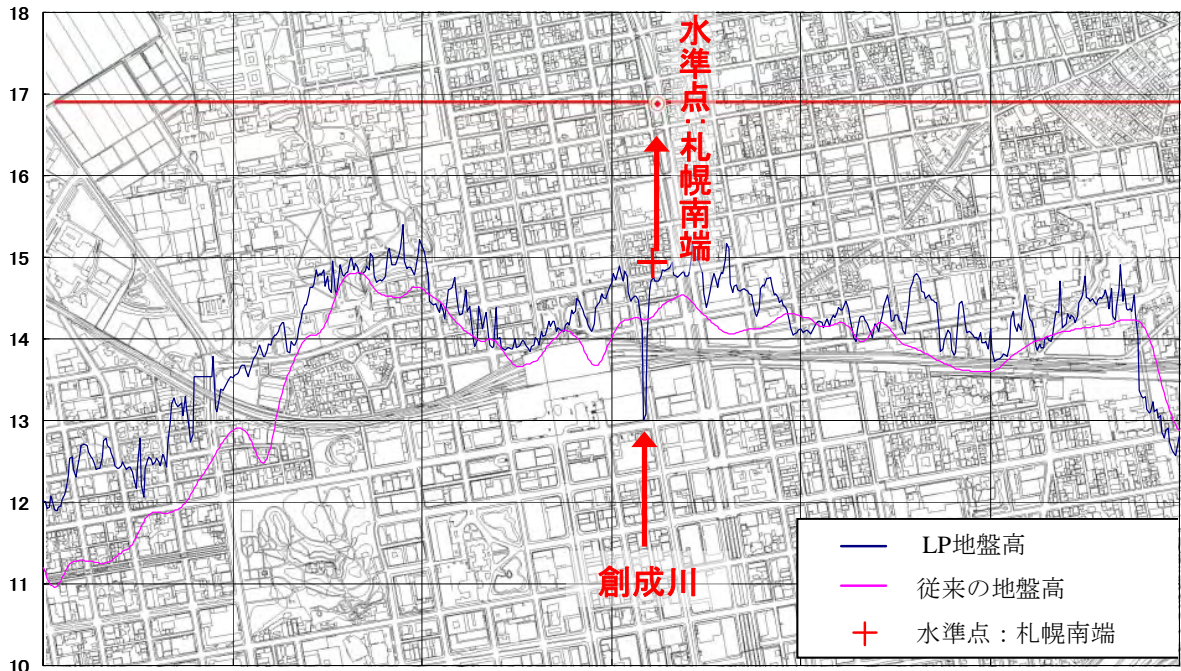


図-5 水準点と各地盤高の比較

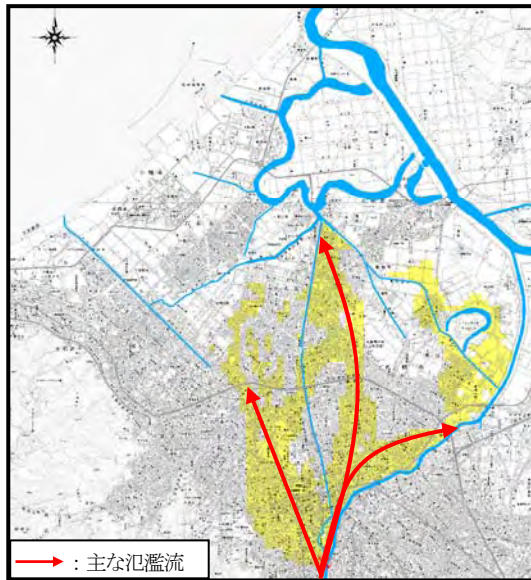


図-6 LP地盤高を用いた氾濫解析

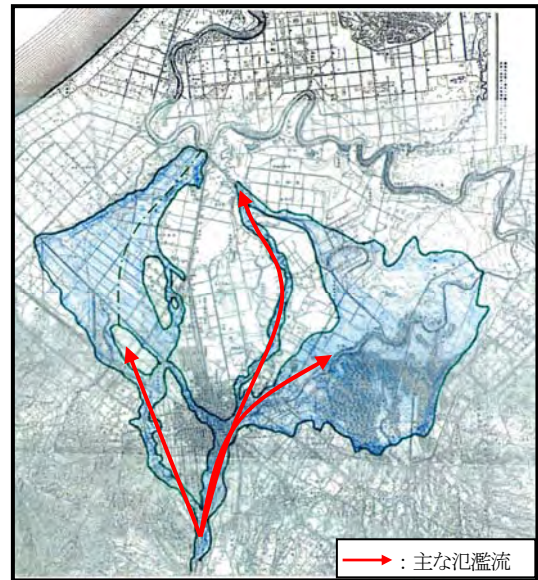


図-7 大正2年豊平川実績洪水

4. 氾濫シミュレーションの再現性

(1) 大正2年洪水との比較

大正2年の洪水は南22条付近、中島公園、藻岩橋の3箇所で堤防が決壊した⁷⁾。本稿では大正2年洪水で中島公園が決壊した事例と比較するため、KP17.0を破堤地点とした豊平川左岸の氾濫シミュレーションを行う。詳細な解析条件は表-1に示すが、計画雨量の310mm/3日等の解析条件を設定し、破堤直後から100時間までの時間を解析した。100時間の間における浸水域を示したのが図-6であり、大正2年の浸水域を示したのが図-7である。なお、大正2年の洪水は豊平川右岸でも氾濫をしているが、本稿では左岸のみ破堤シミュレーションを行っているため、豊平川左岸のみ比較を行う。

(2) 考察

図-6と図-7間の比較において、札幌市内の主だった氾濫流を赤矢印で示す。それぞれの氾濫流の挙動について、大正2年も現在も氾濫状況が概ね類似していることが出来るので、LP地盤高を用いた氾濫シミュレーションにより、豊平川左岸の氾濫の特色を再現出来たと考えられる。特に豊平川左岸に沿って流下する氾濫流に着目すると、雁来新川合流点付近から雁来新川に沿って流下する様子を再現できている。

5. まとめ

レーザープロファイラデータを用いた地盤高データの精度については従来の地形図から算出する地盤高に比べて細かい地形までよく表現することが可能になった。よって創成川等の河川や、道路、橋、市街地等をはっきり区域分けすることが可能になり、従来の地盤高に比べて精度の向上について寄与することが分かった。

また、LP地盤高を用いて氾濫解析モデルを構築し、

表-2 比較洪水比較

洪水発生年月	札幌雨量 (mm/3日)	1時間最大雨量 (mm/h)	実績流量 (m ³ /s)
大正2年8月	1720	52.0	1984 (豊平橋地点)
昭和56年8月	2290	30.0	1417 (雁来地点)

豊平川左岸を対象とした氾濫のシミュレーションを行った結果、既往の氾濫における氾濫流の挙動を再現出来た。

今後は、氾濫シミュレーションの結果を現現象により近づけるために、新川・創成川等の河川を排水河川としてモデル化することや、排水機場と排水樋門の効果を氾濫解析モデルに組み込むことを予定している。例えば、図-6のLP地盤高を用いた氾濫シミュレーション結果において創成川を通過する氾濫流が見られるが、排水河川として創成川等をモデル化することで、氾濫流の挙動はより現現象に近づくと考えられる。

6. 参考文献

- 1)内閣府：「大規模水害対策に関する専門調査会」の設置について (<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/suigai/index.html>)
- 2)国土交通省：水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について(答申)，2008 (<http://www.hnr.mlit.go.jp/agano/jigyuu/seibi/02/10.pdf>)
- 3)秩父宏太郎，熊木朋子，都築一憲：気候変動に伴う石狩川流域への影響に関する検討，平成19年度北海道開発局技術研究発表会，2008
- 4)寒地土木研究所：航空レーザ測量について，2006
- 5)佐々木靖訓，若松延幸，西田貴博：ダム事業における航空レーザ測量の有効性と課題について，平成18年度北海道開発局技術研究発表会，2006
- 6)土木研究所：氾濫シミュレーション・マニュアル，1996
- 7) (財) 河川環境管理財団：日本一の急流河川豊平川，2005