

衛星データと GIS データの複合解析による水域の 3 次元 情報抽出に関する調査研究

(一財)リモート・センシング技術センター 研究開発部 副主任研究員 古田 竜一

1 研究の背景と目的

近年増加している局所豪雨による浸水被害や、東南アジア地域で毎年発生している大規模水害では、浸水域の把握に加え、効率良く浸水深を把握したいとのニーズがある。また、水害危険度の尺度の一つに河川水位があり、国内では各河川に多くの水位観測所が設置されているが、途上国では水位観測所が少なく、機能していない箇所が多い。一方で、浸水域及び浸水深の調査や、新規水位観測所の設置には膨大な時間と予算が必要で、途上国の経済状況等を考えると経済的且つ時間的に優位な手法の確立が必要である。

本調査研究では、洪水の軽減に資する技術開発を目的として、衛星搭載型の合成開口レーダ（以下、「SAR」という。）と他の衛星センサや地理情報との複合解析により面的に水域を抽出し、地形データ等と組み合わせて水域の 3 次元情報を抽出する手法について調査研究を実施する。国内外、特に途上国への技術導入を目的として、簡易、且つ、安価で高効率の水域情報抽出手法を検討し、直感的に洪水の危険度を把握できる手法の確立を目指す。

2 研究方法と本調査報告書の構成

本調査研究は、文献調査、解析手法の検討、試験解析と検証、及び、実施内容のとりまとめで構成され、衛星データと GIS データの複合解析による水域の 3 次元情報抽出手法を確立する。調査研究報告書本文では、水域抽出手法（2 次元情報）の検討結果を第 4 章で、水位変化や浸水深（3 次元情報）への変換手法の検討結果を第 5 章で述べる。また、第 6 章で SAR 画像により抽出された洪水時の浸水範囲から浸水深を推定する手法の検討結果を述べる。

3 研究対象河川及び使用データ

本調査研究で対象とする河川は、国内河川であり、且つ、ある程度大規模な河川とした。河川の選定では人工衛星からマイクロ波が東西方向に照射されることを考慮し、東西方向に流れる河川と南北方向に流れる河川を選定した。その結果、東西方向に流れる河川として吉野川（徳島県）を、また、南北方向に流れる河川として富士川（静岡県・山梨県）を選定した。吉野川では様々な洪水対策が進んでいるものの、堤防が無い箇所や脆弱な堤防などが下流部の上流側に多く残っており、ハード面での対策と並行してソフト面の対策が

更に必要と考えた。また、富士川では平常時水位がマイナス値であり、水位が上昇したとしてもマイナス値であるため住民が水位で危険を判断するのが難しいと考えられる。そこで、視覚的、直感的に氾濫危険度を判断できる指標が必要と考えた。

本調査研究では、2014年5月に打上げ予定の陸域観測技術衛星2号(ALOS-2)を将来の河川監視に利用することを想定し、ALOS-2の前号機である陸域観測技術衛星(ALOS)のSAR(PALSAR)観測データを用いた。ALOS運用期間中のデータ有効期間を2007年から2010年までとし、国土交通省の水文水質データベースを参考に吉野川と富士川の2006年から2010年の水位情報でPALSARによる観測日時に一致する高水位、中水位、低水位の日時を対象とした。なお、富士川においては、本調査研究で提案する手法による1年間の河川監視をイメージし、水位変化が多く繰り返された2010年を対象とした。

4 SAR画像からの水域抽出手法の検討

SAR画像の画素値(又は、後方散乱係数値)から水域を抽出する手法として、閾値による方法、画像特徴量による方法が考えられる。本研究では、より単純で計算時間もほぼ必要としない閾値による方法を適用することとした。水域と非水域を区別するためには、水域と非水域を区別するための閾値を求める必要がある。そこで、既存水域において画素値をランダムに抽出し、水域と非水域の閾値を求めたこととした。水域の画素値はノイズ成分を含むため、得られた水域の画素値から平均値と標準偏差値を求め、それらの和を閾値とした。これより、値のばらつきを反映した閾値が得られ、より正確な水域抽出が可能と考えた。精度検証では、目視判読で作成した水域ポリゴン面積と推定した水域面積との比較を行った。その結果、正解率は平均で96%であった。これより、既存水域の画素平均値と標準偏差値の和による閾値決定手法が有効であることが確かめられた。

5 水域占有率に基づく水位情報配信の可能性

前章の方法をSAR画像全体に適用し、SAR画像から水域・非水域マップを作成した。水域・非水域マップでは、河川部は河川水面の2次元的な拡がりを示す。異なる観測日のSAR画像から作成した吉野川及び富士川の水域・非水域マップで、水位変化に伴うと考えられる水面の面積の違いを確認できた。そこで、水位変化と水面の面積との関係を把握するため、GISデータで河川境界を同定し、橋梁間で分割した河川ポリゴンを作成した。各河川ポリゴン内に占める水域を「水域占有率」と定義し、水域占有率と水位観測所で観測された水位(以下、「観測水位」という。)を比較した。その結果、水域占有率と観測水位の増減の傾向に相関があり、水位計測ができない場合でも、水域占有率を利用することで河川水位の挙動や氾濫危険度を把握可能であることがわかった。また、得られた水域占有率と観測水

位との関係より、水域占有率から水位への変換式を対数フィッティングにより導出した。得られた変換式に基づき水域占有率を水位に変換し、観測水位との比較を行ったところ、分散は大きいものの傾きがおおよそ1の相関関係が得られ、水位観測所があり、水位情報が取得・利用できる場合には、SAR画像とGISデータを複合利用することにより水位観測がおおよそ可能であることがわかった。一方、氾濫危険度を容易に把握するためには水位よりも指標のほうがわかり易いことから、水域占有率を5段階に分類した氾濫危険度マップを試作した。試作した氾濫危険度マップは、吉野川、富士川双方において観測水位で得られている結果と良い一致を示し、また、直感的に氾濫危険度を把握できることが示唆される結果を得た。

6 SAR画像と3次元GISデータを利用した浸水深推定の可能性

従来のSAR画像による浸水被害把握では、浸水範囲のみを情報提供してきた。しかし、同時に浸水深の情報を望む声が多かった。そこで、本章では、岐阜県が運用中の県域統合型GISで提供されているSAR画像から抽出した浸水範囲情報を例に、水は地形の窪地に溜まる、また、水域の境界は等標高であると考え、SAR画像から抽出された浸水範囲と標高データを用いて浸水深を推定する方法を検討した。まず、SAR画像から抽出された浸水範囲の標高データを抽出し、浸水範囲の境界が標高とおおよそ関係していること、また、浸水範囲の境界の標高が9mであることを確認した。ついで、浸水深を浸水範囲境界の標高と任意点の標高の差で算出した。その結果、任意点での浸水深が算出できた（最大浸水深は8mであった）。また、3次元表示により、浸水範囲の詳細な構造や水の流れが考察可能であることがわかった。河川氾濫中は地上の計測が不可能だが、SAR画像とGISデータとの複合解析で、氾濫中の浸水範囲の把握や浸水深の推定が可能であることがわかった。

7 まとめ

本調査研究により、以下の成果が得られた。

- SAR既存水域の画素値を整理し、その平均値と標準偏差値の総和を閾値として分類する手法を提案した。提案手法の正答率は平均96%で、簡易な手法でも高精度に水域を抽出可能であることが確認できた。
- GISデータを利用して河川ポリゴンを構築し、河川ポリゴンを占める水域面積と河川ポリゴンとの面積比を「水域占有率」とし、それを水位変換と氾濫危険度判定に利用することを提案した。水域占有率と観測水位の比較より、水域占有率の時間変化と観測水位の時間変化が同じ傾向を示すことが確認でき、両者が相関関係にあることを確認した。また、水域占有率と観測水位との対数フィッティングにより水域から水位へ

の変換式を導出することで、SAR 画像から得られる水域情報を水位に変換できることを確認した。さらに、水域占有率を 5 段階で表示した氾濫危険度マップを提案し、吉野川及び富士川に適用したところ、水位変化の様子を直感的に理解できることが確認できた。

- SAR 画像から得られた 2 次元の洪水域と標高データを複合利用することで、3 次元の浸水深情報を得られることを確認した。また、その手法は非常に簡易で、洪水直後の浸水深調査等ができないような状況下において、迅速に情報提供できる手法として提案できる。

本調査研究により、簡易、且つ、安価で高効率の水域情報抽出手法、及び、直感的に洪水の危険度を把握できる手法が提案できた。更なる精度向上や事例の蓄積が必要であるが、これまで 2 次元情報しか得られなかった SAR 画像による水域抽出解析を、GIS データとの複合利用により 3 次元情報である水位や浸水深に拡張できるようになったことは大きな成果である。