

旧利根川水系の流路変遷に関する研究

日大生産工(院) ○鈴木 克典 日大生産工 近藤 勉
日大生産工 今野 誠 日大生産工 西川 肇

1. はじめに

上越国境を源流とする利根川は、その昔に埼玉平野の加須および中川沖積低地において、大規模な変流・乱流を激しく繰り返しながら、多くの自然堤防や後背湿地などの微地形を現在に残した。このような微地形には、水災害の際、氾濫流の通過経路となりうるため二次災害を引き起こす懸念がある。したがって、微地形の分布状態の広域的な把握は、今後のインフラ整備やリスクマネジメントの基本情報となるものであり、さらには地域の文化ならびに生活様式などの歴史的経緯の解明にも役立つものと考えられる。従来行われてきた微地形の判読は、航空写真、現地調査、地形図および史書などを利用した解明が主であった。しかしながら、衛星データのコンピュータ処理によって、容易に微地形上の植生や土地利用形態などの地被状態の可視化が可能になった今日、衛星リモートセンシング技術の活用によって、これまでに蓄積されてきた微地形のデータベースに新たな情報を加えることが期待できる。

本研究は、衛星データの画像処理によって自然堤防と同じ地被状態を持つ線形地形を把握し、利根川が残した自然堤防上に寺社が多く分布するという埼玉平野における寺社の立地特性に着目し、利根川が残した自然堤防の分布および流路変遷の歴史的経緯を明らかにするとともに地中探査レーダによる新たな地形判読の可能性の検証を目的とした。

2. 調査対象地域の概要

図1は、埼玉平野の近世以前に流れた旧利根川中流域を示したものである。この地域にはかつて渡良瀬川(庄内川から太日川にかけての流路)、利根川(古利根川)、荒川(元荒川)の3つの河川が流れており、それらの河道に沿って多数の自然堤防が網目状に発達している。線状構造の自然堤防は周囲の後背低地より2~3mほど高く相対的に乾燥した砂質土で構成されており、主として畑地や果樹園に利用され、また古い集落や神社・寺社、道路などの立地する場

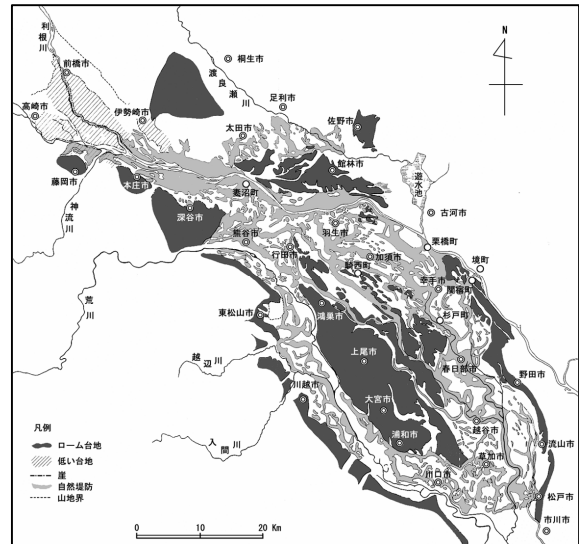


図1 利根川中流域周辺の地形図

所となっている。一方、皿状構造の後背湿地は相対的に低く湿潤であり、粘性土やシルトで構成されているため、水田として利用されている場合が多い。

3. 衛星データからの地被情報の抽出

衛星データから必要とする情報を抽出するには、地表を観測する衛星の位置や姿勢などに起因する幾何学的歪みを補正する前処理、必要とする情報を強調して画像出力する画像処理の2段階を経ることになる。衛星データを用いて自然堤防が示す地被状態と同じ線形地形を抽出する場合には、あらかじめ自然堤防の地被状態が示す分光反射特性を把握し、これを教師とした画像処理が有効である。本研究では、自然堤防に立地する畑・果樹園・樹木に囲まれた居住地、後背湿地に立地する水田などの地被状態が示す分光反射特性を教師とし、Landsat/TMデータを用いた画像処理によって、埼玉平野における自然堤防と同じ地被状態を抽出・可視化した。

3.1 衛星データの幾何学的補正

緯度・経度などの正確な位置情報を衛星データに反映させるためには、衛星データの幾何学的な歪み

を補正する必要がある。衛星データの幾何学的歪みを除去するためには、多項式を利用した補正方法が一般的であるが、高さを考慮しないため地形の起伏が激しい場所では誤差が発生する可能性がある。

本研究では、地形による幾何学的な偏位を修正するため、国土地理院が発行する数値標高モデル50mメッシュと数値地図1/25000地形図を利用してオルソ幾何補正を行った。

3.2 自然堤防の地被状態が示す分光反射特性

図 2は、国土地理院発行の数値地図1/25000地形図に緑色で表記されている杉戸町遠野付近の「樹木に囲まれた居住地」が蛇行する河跡部に設定した横断測線の位置(A-B測線)を示したものである。

写真 2は当該地を約300mの上空から撮影した航空写真で、集落・道路・畑地・屋敷林など人工的な地被状態が蛇行する2列の自然堤防、畑地の河床部、自然堤防の外側に水田の広がる後背湿地を明瞭に視認することができる。

図 3は、現地測量で得た旧河道の横断地形を示したものである。これより、地盤のやや低い河床部の左右に地盤が盛り上がった自然堤防、その外側に平坦の低地である後背湿地が続く旧河道部の横断地形が確認できる。なお、現地では、自然堤防には建物・道路・裸地・畑・屋敷林など、河床部には畑や建物、後背湿地には水田がそれぞれ認められた。

図 4は、2004年6月4日の降雨直後に観測されたLandsat/TM画像からサンプリングした横断測線A-Bにおける同衛星の各バンドデータ(DN値: Digital Number)として記録される地表面の反射特性の変化を示したものである。降雨時には河床部や後背湿地の水田は冠水するが、自然堤防の地被物には冠水しないので、水に吸収される赤外線波長域のデータは河床部や後背湿地において低下し、吸収の少ない自然堤防において上昇する分光反射特性を示すことになる。この特性は、図 4に示されるような赤外線波長域(Band4, 5, 7)データが示す縦断方向の変化は河床・後背湿地で低く、自然堤防では大きくなる明瞭なる差異となって観測される。

4. 必要とする地被状態を可視化する画像処理

観測波長域の異なった衛星画像には、分光反射特性に対応した異なった地被に関する衛星情報が含まれている。そのため、観測波長域の異なる複数の衛星データを用いて必要とする衛星情報を抽出・可視化するには、観測波長域の異なる衛星画像のカラー合成や画像間演算などによって全く別の情報を

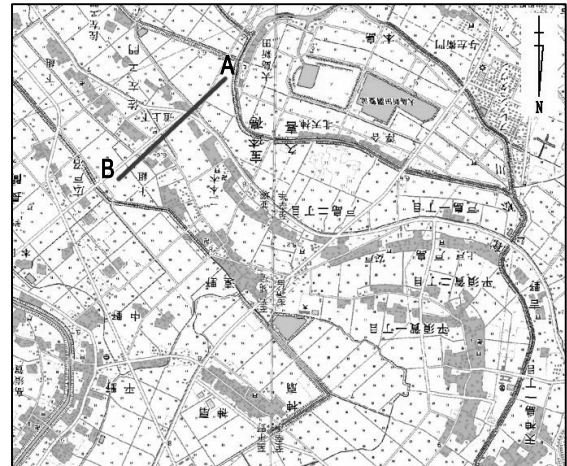


図 2 河跡の分光反射特性調査地点



写真 2 河跡を撮影した航空写真

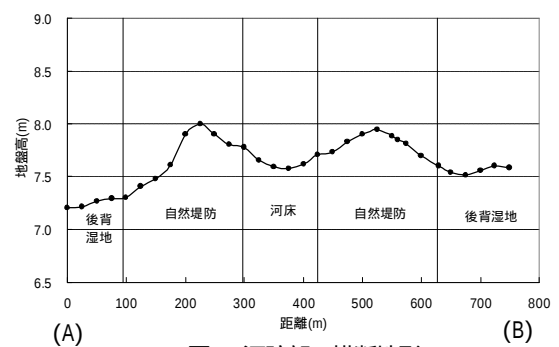


図 3 河跡部の横断地形

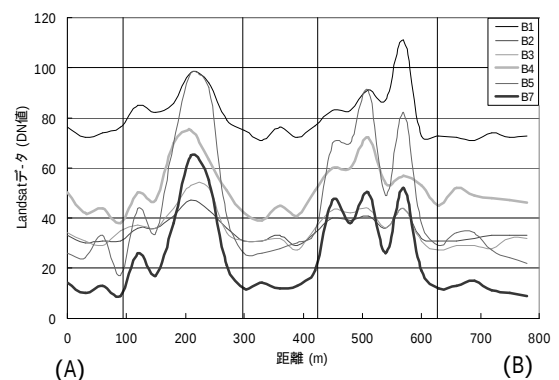
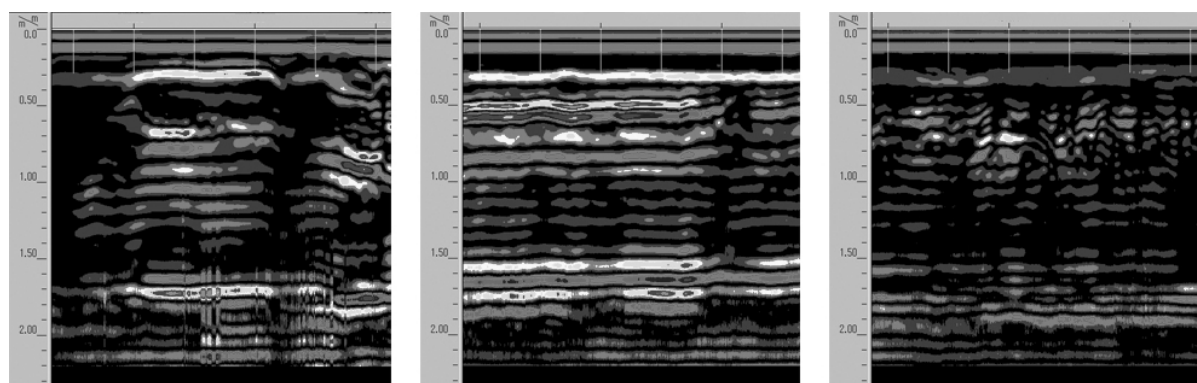


図 4 旧河道の分光反射特性

図 7は、寺社が立地する自然堤防と同じ地被状態の線形的な微地形からトレースした利根川の旧河道および河跡を示した図である。これは、埼玉平野の沖積低地で激しい変流・分流を繰返してきた利根川の度重なる洪水によって引きおこされた氾濫



(a) 自然堤防

(b) 河床部

(c) 後背湿地

図 8 地中探査レーダ画像

は多くの人命・農作物を奪い飢饉を招いたために信仰深い当時の人々が亡くなった人々の供養と鎮魂・災害軽減・五穀豊穡などを祈って、浸水被害が少なく、交通路が通る高台の自然堤防上に寺社を創建したとされていることによるものである。

本論文において寺社が立地する線形地形から判読した自然堤防に沿った河道は既往文献に示された旧河道とほぼ一致したが、既往文献には見当たらない河跡¹⁾、²⁾、³⁾を判読している。これらの河跡と判定した箇所を現地調査した結果、いずれも周辺の水田から盛り上がった用水路や小さな水路に沿った周辺より地盤の高い微地形で、自然堤防に立地する地被状態を示していることが確認できた。

6. 地中探査レーダーによる判読

異なる地形の地盤内部を探索し、歴史地形を判読するため、本研究では自然堤防・河床部・後背湿地において地中レーダによる探索を行った。

6.1 地中探査レーダの概要

本研究では歴史地形を判読する新たな手法として地中レーダを用い、地盤の変化を把握する方法を試みた。地中レーダは、送信アンテナから放射された電磁波の反射・透過・屈折などの物理的特性を受信アンテナにより受信・解析することで対象物の内部を探索することができる非破壊検査の一種である。地中レーダ探索において、対象とする媒質の誘電率は重要な要素である。この誘電率は対象とする媒質の含水量に大きく影響を受け、水分が多いほど電磁波は伝達しにくいという特徴がある。また、地中レーダには送・受信アンテナの間隔を一定に保ちながら移動させるプロファイル測定法と、送・受信アンテナの間隔を変化させながら探索するワイドアングル測定法があり、本研究ではプロファイル測定法により自然堤防・後背湿地等の異なる地形の地

6.2 地中探査レーダによる判読結果

探索結果を図 8(a), (b), (c)に示す。画像上で明るく表示されている部分が強い振幅の反射がとらえられた部分で、暗く表示されている部分は弱い振幅の反射がとらえられた部分、すなわち媒質の変化が少ない均質な地盤である。3ヶ所の探索結果から、それぞれの地形で特徴的な電磁波の反射が見取れた。特に後背湿地においての探索結果では、全体的に暗く表示されていることから、水分を多く含んでいることが推測される。

7. まとめ

- 1) 地被状態の分光反射特性を基に行った、異なる波長帯間の画像処理によって、微地形の分布状態を可視化することができた。また、埼玉平野における寺社・神社の立地分布のオーバーレイ処理によって、衛星データを用いた微地形分布の可視化精度を検証することができ、さらに新たな旧河道跡を見出すことができた。
- 2) 地中レーダにより自然堤防・河床部・後背湿地の各地点でそれぞれ異なる地盤状態を可視化することができ、新たな判読の可能性を見出すことができた。
- 3) 今後の展望として、地中レーダでの測定箇所での土壌採取を行い土質試験により詳細な地盤状態の調査を行う。また、本論文で明らかにできなかった茨城県五霞町付近における渡良瀬川の流路変遷に対するさらなる研究が必要である。

【参考文献】

- 1) 小出博：日本の河川研究，東京大学出版会，pp.34-40，1982
- 2) 金井忠夫：利根川の歴史，近代文芸社，1999
- 3) 澤口宏：利根川東遷，上毛新聞社，pp.62-65，2000