

古地図を利用した新潟平野の景観復元からみる自然災害と土地利用の評価

新潟大学理学部自然環境科学科

奈良間 千之

1. はじめに

2011年の東北地方太平洋沖地震で発生した津波により、東日本沿岸部では多数の犠牲者や家屋被害が生じた。この災害を契機に、日本中で自然災害に対する防災対策の見直しが始められた。新潟市では、1964年6月16日に発生した新潟地震から今年で50周年を迎える。新潟地震は液状化災害と呼ばれるように、新潟市街地は液状化により噴砂や浸水や地盤沈下などの被害をうけた（茅原，1998）。その他、新潟市では洪水や豪雨による浸水や軟弱地盤での不同沈下などさまざまな被害が報告されている。このような被害はすべての場所で起こるのではなく、その場所で起こるのは理由がある。例えば、東北地方太平洋沖地震で生じた利根川流域の液状化の被害場所は旧河道跡で生じている（青山ほか，2014）。現在の新潟市街地は、アスファルトで覆われ、その下部に隠れた地盤を形成した原地形をみることはできない。アスファルトで覆われた地表面にはどのようなリスクが存在するのだろうか？

本研究では、江戸時代初期から存在する現在の市街地周辺を描いた古地図（絵図）や地形図に地理情報を与え、GIS上で地図レイヤを重ね、原地形、地形改変、土地利用の変遷を復元した。さらに新潟地震などの災害レイヤを重ねることで原地形と災害の対応関係を明らかにし、地形改変や土地利用の変化から想定される被害について考察した。

2. 研究地域

研究地域は新潟市街地で、東西で阿賀野川東部～新潟島～関屋分水西部、南北で海岸～烏屋野潟までの地域である。この地域は江戸時代初期より多くの古地図（絵図）や地形図が作成されており、信濃川と阿賀野川の河道の変遷や、土地利用の変遷を知ることができる。さらに、1964年6月16日に生じた新潟地震により、市街地は津波による浸水や液状化による噴砂、浸水、地盤沈下などの被害があった。新潟地震直後に空中写真が撮影されており、被害図を作成することも可能である。このように多くの研究材料を作成できる研究地域は、原地形の自然環境と災害被害の関係を考察する上で適した場所である。

3. 研究方法

古地図（絵図）は、新潟市役所、新潟県立歴史博物館、岐阜県図書館、信濃川河川事務所、国際日本文化研究センターよりデジタルデータ120点以上を入手した。このうち本研究では、元禄11年蒲原新潟立会小絵図、文政6年新潟町絵図写、明治14年新潟港実測図を使用した。元禄11年と文政6年の古地図については、GISを用いて古地図で描かれた堀、河川、道、村名など現在の地形図と比較して変化していない場所で地上基準点（GCP）を取得し、幾何補正をおこなった。明治14年の実測図は、PCI Geomaticaを使用し、平成14年の地形図からGCPを取得

し、幾何補正をおこなった。地形図は、国土地理院発行地形図 1/25000（明治 44 年，昭和 23 年，昭和 45 年，平成 14 年）を使用し，地形図の四隅に表記されている緯度経度から幾何補正をおこなった。地理座標を与えた地形図は GIS 上で表示させ，解析をおこなった。

空中写真は，新潟地震の翌日に撮影された空中写真を防災科学技術研究所と新潟大学災害・復興科学研究所より入手した。PCI Geomatica を用いて，地形図(平成 14 年)から GCP を取得し，国土地理院の数値情報地図(10m)を用いてオルソ補正をおこなった。オルソ補正した空中写真を用いて GIS 上で噴砂地点を取得した。さらに，新潟地震の被害場所を地図化した新潟地震被害図(新潟大学復興・災害科学研究所)や浸水実績図(新潟県)も同様に，地形図(平成 14 年)から GCP を取得して地理情報を与え，GIS 上にレイヤで重ねて表示した。新潟地震の被害は，新潟大学の新潟地震被害図のほかに，オルソ補正した空中写真から噴砂地点や津波の浸水域データを取得した。

土地利用データは，国土地理院の基盤地図情報より，新潟市街地の建築物外周データ(1/2500)をダウンロードして，昭和 23 年と昭和 45 年の地形図で建築物が表記されていない箇所を削除した。数値標高モデル (DEM) は国土地理院の基盤地図情報より，数値情報地図(5m, 10m)の該当範囲をダウンロードし，モザイク結合して使用した。本研究で使用した地形分類データは，平松 (2008)をもとに，本研究結果を用いて一部改良したものを使用した。

4. 結果

4.1 新潟砂丘の地形変化

新潟市街地の地形は，海岸沿いに発達する比高 30mほどの新潟砂丘とその内陸側の標高 0m地帯の蛇行原低地からなる。新潟砂丘は冬季の北西風により，海岸沿いの海浜砂が内陸側に運搬され発達した風成堆積地形である。全長約 70km の新潟砂丘は，日本海沿岸部で最大規模の砂丘で，3 群 10 列のリッジからなる。新潟市街地の海側に位置する砂丘は新砂丘群 III で，11000 年前頃に形成された。一番内陸側の亀田付近に位置する新砂丘群 I は 6000 年前頃の縄文海進時に海岸線が内陸まで入り込んでいた時代に形成された。新潟砂丘はその後の海退によって現在の海岸付近まで連続して発達したと報告されている。

新潟市街地周辺の地形変化を調べるため，明治 44 年 (1911 年) に作成された 1/25000 地形図を用いて，GIS で等高線のポリラインを作成し，等高線間を補間した数値標高モデル (DEM)

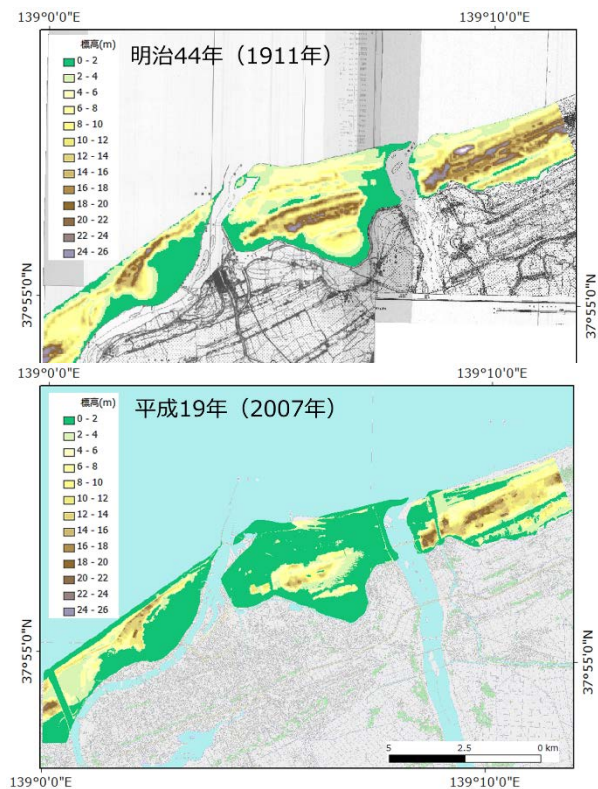


図 1 明治 44 年と平成 19 年の新潟砂丘の地形変化

を作成した。また、現在の地形データとして国土地理院の基盤地図情報の DEM（10m解像度）を使用して、GIS 上で 2 時期の DEM を比較し、高さの変化を求めた。この結果、約 100 年間で新潟砂丘の地形が大きく変化していることが明らかになった（図 1）。最も地形変化が激しい場所は、阿賀野川東部の太夫浜地区と、信濃川と阿賀野川間の新潟空港のある河渡地区であり、30m 程の地形変化量が確認された。この急激な地形改変は土地区画整備事業によるもので、新潟地震後の低地から砂丘に移住する居住地を作るために平坦化された。かつての物見山（28.9m）にはスキー場があったが、当時の地形は残っていない。青山より西側地域は、土地区画整備事情によるものでなく、小規模で造成された住宅が多く、坂道の多い住宅地になっている（鈴木・赤羽，2010）。地形改変の大きい河渡地区では、地形改変後 0～2m 地帯が広がった。青山地区、新潟島地区、河渡地区、太夫浜地区の砂丘の縦断プロファイルを作成したところ、比高の変化に加え、複数の砂丘列のリッジも消滅し、1 列のリッジ形態に変化していた。海岸沿いでは、波浪による海岸侵食とその侵食対策の護岸工事により、河渡地区以外は海岸沿いの地形が急傾斜に変化した。

4.2 信濃川の地形変遷と新潟地震の被害場所

信濃川の河道を復元するため、1698(元禄 11 年) 蒲原新潟立会小絵図、1823(文政 6 年) 新潟町絵図写、1881(明治 14 年) 新潟港実測図、1911 年(明治 44 年)～2007 年(平成 19 年) 地形図に地理情報を与え、GIS 上で複数の地図レイヤを重ねた。江戸時代初期の信濃川の川幅は、新潟島の上前通り沿い(左岸)と新潟駅付近(右岸)まで広がっており、左岸側の河口付近ではかなり内陸側まで入り込んでいた。江戸時代後期の信濃川は、左岸側に蛇行洲が発達し、田んぼとして利用されていた(図 2)。明治末期以降、田んぼとして利用されていた場所は居住地と

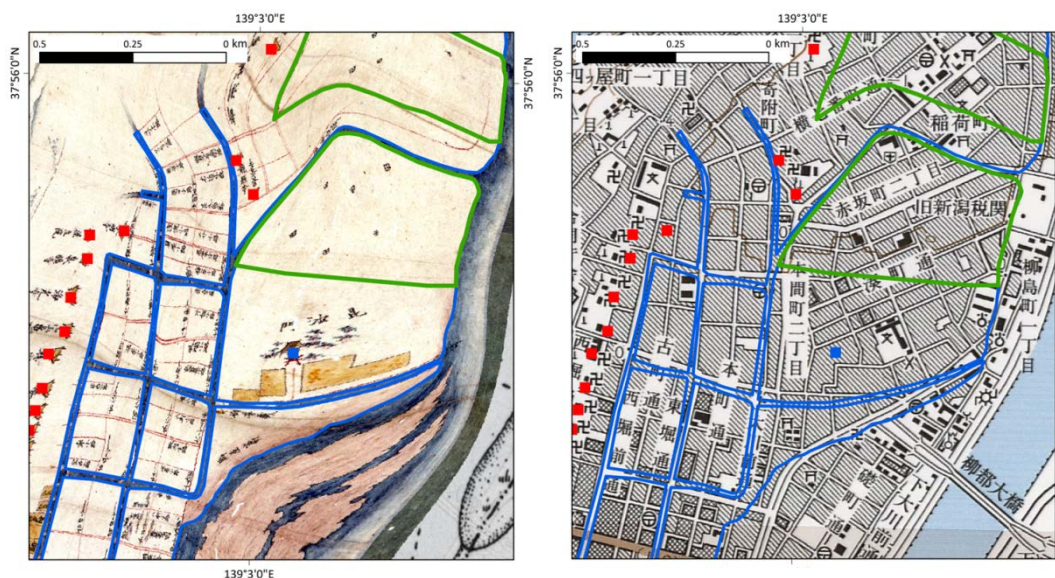


図 2 江戸時代後期（1823 年）と現在（2002 年）の地形と土地利用の違い

して利用されている。その後、大河津分水と関屋分水ができたために信濃川の川幅はだいぶ狭くなった。阿賀野川に関しては、1719 年の松ヶ崎掘割で現在の河口に流れが移動してから、通船川は大きく変化していない。

原地形と災害被害の対応関係を知るため、1964年6月16日に発生した新潟地震直後に撮影された空中写真から噴砂地点と津波の浸水データを取得した。噴砂地点は、江戸時代初期の信濃川の河道域で生じており、その範囲の一部はさらに内陸側に分布する場所もあった。液状化に伴う噴砂は粘着力の弱い中粒砂層で生じるといわれており、その砂層が存在する旧河道跡は最も起こりやすい場所である。青山ほか（2014）の報告では、東北地方太平洋沖地震直後の利根川流域において、噴砂が旧河道跡で集中的に生じていたことが確認されている。新潟大学が作成した新潟地震被害図では、新潟町の液状化被害はわずかであったが、空中写真から新潟町で多くの噴砂地点を確認した。新潟町全体で噴砂地点が広がっていることから、今回使用しなかった江戸時代初期の地図にも記載されているように、信濃川が新潟町まで広がっていたようである。空中写真から津波の浸水域をみると、その地点は河口付近の両岸に広がっている。河口付近の標高は低く、地下水位も高いことから、新潟地震被害図ではこの浸水域を津波と液状化によるものと記載されている。

5. 地形改変や土地利用の変化から想定される被害

新潟砂丘は、土地区画事業による宅地開発のため、最大 30m以上の削平がおこなわれ、かつて標高 20~30mほどあった砂丘は標高 0~2mまで平坦化した。河渡地区の土地利用をみると、昭和 23 年（1948 年）には、0~2mの低地に工場と住宅がわずかに存在するだけであったが、現在では砂丘上に多くの居住地が広がっている。標高レイヤを重ねてみると、住宅が広がる場所のほとんどが 0~2m地帯に位置している。この地形改変は、新潟地震後に軟弱地盤の土地から地盤が安定した砂丘上に宅地を開発することが目的であったが、砂丘を平坦化し多くの宅地が広がったことにより、天然の防波堤は除去され、海岸付近は津波に対して非常に脆弱な環境に変貌してしまった（図 1、

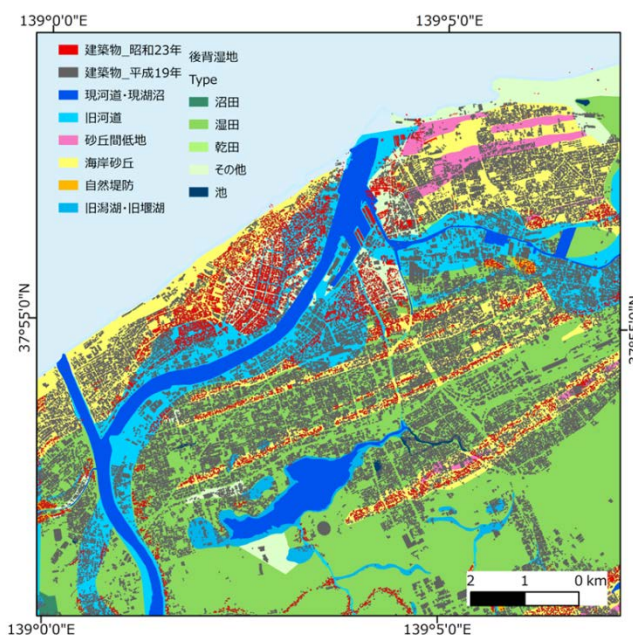


図3 昭和23年と平成19年の土地利用の変化と地形分類

3) . 複数の砂丘列の存在は、津波の内陸部への進入を妨げる効果があるが、1列になったことにより被害は比高が残る砂丘の海側にも及ぶことが予想される。東日本大震災の仙台平野の津波被害では、浜堤の存在がわずかな仙台地区では、浜堤列の発達した名取地区や亘理地区よりも漂流物の分布や家屋被害が内陸側に及んでおり、浜堤列の規模とリッジ数が津波被害に大きな違いを生んだ（五十里, 2014）. 新潟砂丘の平坦化により、津波の被害域は新潟地震時よりも広域になると考えられる。この地域で暮らす人々は高台がないので、避難所の学校か、避難すべき地域をあらかじめ決めておく必要がある。

新潟地震の噴砂地点は古地図で復元された旧河道跡に広がっており、後背湿地や砂丘でわずかであった。この噴砂地点は新潟町全体でも確認されており、江戸時代初期の古地図では、新潟町全体も信濃川であったことから、新潟市街地中心部は液状化被害が予想される。液状化は繰り返し生じることから、市街地の備えとして液状化を想定した防災対策が必要となるだろう。

津波被害や液状化被害のほかに想定される災害として、後背湿地などの軟弱地盤では不同沈下があげられる。昭和23年（1948年）から現在までの土地利用の変遷を調査した結果、昭和23年に居住地は新潟市街地のほか砂丘列上に分布する程度に過ぎなかったが、現在は新潟駅南側の鳥屋野潟まで拡大している（図3）。微地形ごとに土地利用の拡大面積を求めたところ、後背湿地や旧潟湖跡に多くの宅地が広がっており、なかでも後背湿地は増加分全体の7割を占める。鳥屋野潟周辺では、芦沼と呼ばれる沼田の広がる湿地帯（軟弱地盤）が広がっていた。さらに明治時代の多くの田んぼが湿田であった。昭和16年頃の土地改良により乾田化が推進されたが、もともと後背湿地（地盤強度の試験値：N値<5）は軟弱地盤であり、地震時に不同沈下などの被害が生じる可能性を含んでいる。住民はこのような原地形を理解して、その場所にあった防災対策をする必要がある。

このように、新潟市街地は原地形や地形改変によって地震によって受ける被害は場所によって異なっている。地域住民は、地形改変やアスファルトに隠れた原地形の存在などその場所の土地条件を理解し、自然災害に対する個々の対応力を向上させる必要がある。また、それぞれの土地条件（自然災害に対する脆弱性）を考慮した、その土地にあった避難所や避難ルートの設定など、それぞれの場所にあった災害軽減のための防災対策が必要である。

謝辞

本研究をおこなうにあたり、新潟大学理学部自然環境科学科の山本美菜子さん、五十里和也君、平松由起子さん、本間春菜さんにはデータ作成やデータ提供を含めて大変お世話になった。古地図のデジタルデータや空中写真に関して、新潟市文化観光・スポーツ部 歴史文化課、新潟県立歴史博物館、岐阜県図書館、信濃川河川事務所、国際日本文化研究センター、防災科学技術研究所、新潟大学災害・復興科学研究所にはご協力いただいた。本研究を遂行するにあたり、「北陸地域の活性化」研究助成を使用させていただいた。ここに記して感謝申し上げます。

引用文献

- 青山雅史, 小山拓志, 宇根寛 (2014) : 2011年東北地方太平洋沖地震による利根川下流低地の液状化被害発生地点の地形条件と土地履歴. 地理学評論. 87巻2号, 128-142.
- 五十里和也 (2014) : 2011年東北地方太平洋沖地震における津波被害と低地における微地形の関係. 新潟大学大学院自然科学研究科修士論文. 1-28.
- 茅原一也監修 (1998) : 新潟は安全か. 新潟日報事業社. 1-239.
- 鈴木郁夫・赤羽孝之編 (2010) : 地形図で見る新潟県の百年. 新潟日報事業社. 1-231.
- 平松由起子 (2008) : 新潟平野の砂丘形成と河川システムの時空的变化 - とくに角閃石の化学組成からの研究. 新潟大学大学院自然科学研究科博士論文.