

# 地理空間情報を活用した自然災害事前予測－東日本大震災を事例に－

小荒井 衛・岡谷 隆基・中埜 貴元

## Natural disaster prior prediction using geospatial information - Case study of the Great East Japan Earthquake -

Mamoru KOARAI, Takaki OKATANI and Takayuki NAKANO

**Abstract:** The authors analyze the relationship between disaster situations, such as tsunami flooded disaster, liquefaction disaster and slope disaster of the Great East Japan Earthquake, and geographical condition of the damaged area, such as DEM, landform classification and land use. For the results of this research, we discourse about the way of natural disaster prior prediction using geospatial information.

**Keywords :** 東日本大震災(the Great East Japan Earthquake)、津波災害(tsunami flooded disaster)、液状化災害(liquefaction disaster)、斜面災害(slope disaster)、DEM(Digital Elevation Model)、地形分類(landform classification)、災害事前予測(Natural disaster prior prediction)

### 1. 研究の概要

東日本大震災での津波災害、液状化災害、斜面災害等を事例に、被害程度と標高データ、地形分類情報等との重ね合わせ解析結果から導き出した結果を基に、地理空間情報をどのように防災情報として事前予測等に活用できるかを議論する。本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究(A)(課題番号: 24240114)の経費による。

### 2. 津波浸水域の特徴

東日本大震災における津波浸水域の地理的特徴については、小荒井ほか(2011)でまとめられている。この研究では、仙台平野のみを対象としているので、広域な平野を背後に持つ砂浜海岸地形が対象となる。従って、ここでの見解は、宮城県の石巻平野や福島県いわき市の砂浜海岸、千葉県の九十九里平野などでは適用可能であるが、岩手県や宮城県の三陸地方のリアス式海岸には適

用できるとは限らない。

小荒井ほか(2011)では、(社)日本地理学会や国土交通省都市・地域整備局の写真判読による成果を参考にして独自に空中写真判読を行い、津波浸水域の被害程度を次の3段階に区分した。  
ランク1:建物の大半が基礎ごと流失(流出域)  
ランク2:建物が残存するが甚大な被害(破壊域)  
ランク3:建物の破壊は無いが浸水(浸水域)

また、MMS(Mobile Mapping System)を用いて震災1ヶ月後の被災地の映像を撮影し、写真測量の技術により映像から浸水深を計測した。計測された浸水深は現地の建物被害状況と良く対応しており、浸水深4m以上ならほぼ流出域(ランク1)、1.5m以上なら一部流出のある破壊域(ランク2)、1.5m以下なら浸水域(ランク3)という状況であった。

仙台平野の津波浸水域の被害状況3区分を地形分類と重ね合わせた結果を図1に示す。

ランク1(流出)は海岸線から約1kmの範囲にあたり、地形は砂州・砂堆に該当する。微高地のため周囲より標高は高いが、海岸線から近い距離は壊滅的な被害を受けている。

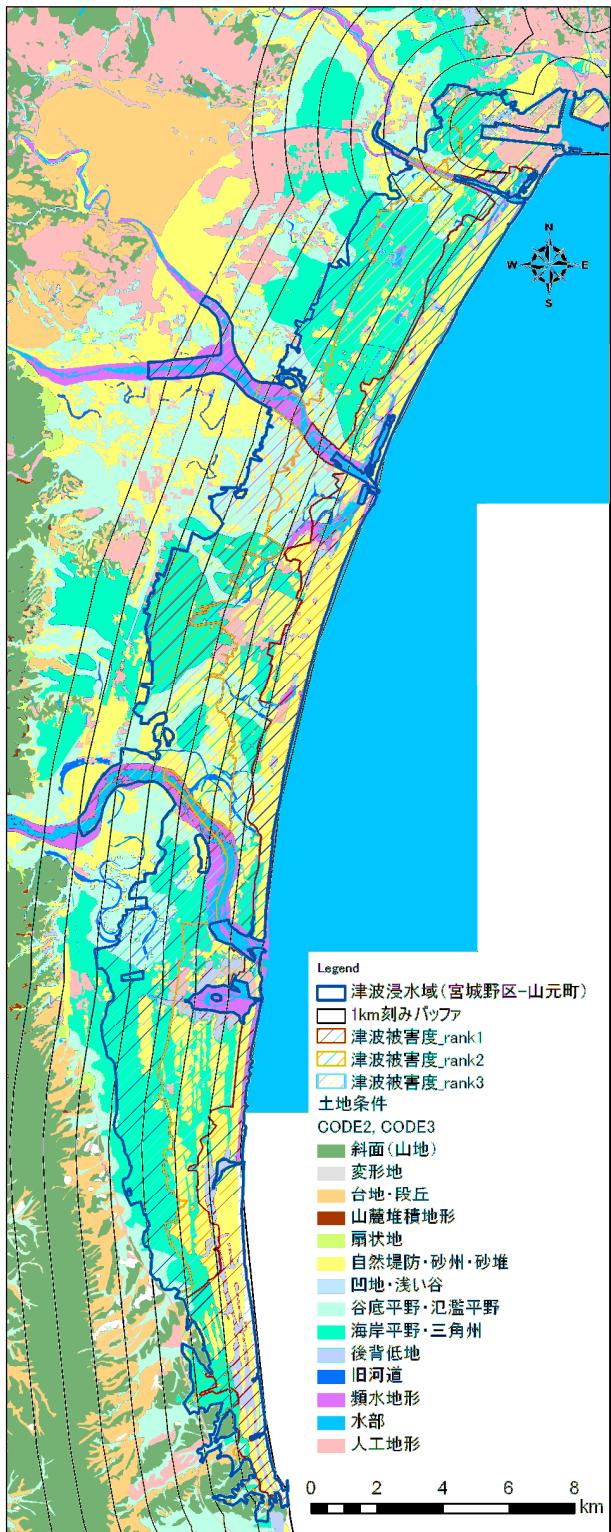


図1 海岸線からの1kmごとのバッファと地形分類、津波被害状況との重ね合わせ

ランク2（破壊）の範囲は海岸線から2~3kmの範囲で、ほぼ標高1m以下の範囲に対応する。ランク3（浸水）の範囲は海岸線から3~5kmの範囲で、ほぼ標高2m以下の範囲に対応する。な

お、河川作用により形成された谷底平野・氾濫平野は、海の作用で形成された海岸平野・三角州よりも標高がやや高い傾向にあるので、谷底平野・氾濫平野では浸水域は海岸線から4kmまで、海岸平野・三角州では浸水域は海岸線から5kmまで達している。

津波浸水域と土地利用との関係を見てみると、ランク1（流出）の海岸線から約1kmの土地利用は、森林、建物用地、畑が該当する。阿武隈川河口より南側（特に山元町）では、土地利用は森林よりも畑が広い。山元町ではランク1の被害域が内陸2km近くまで広がっていたが、畑は森林よりも津波に対する抵抗力が小さいため、被害が内陸部まで高かった可能性が指摘できる。ランク2

（破壊）の土地利用は田、その他の用地（空港）の面積が大きい。ランク3（浸水）の土地利用を見ると、田が浸水しているのに対し、建物用地は非浸水であることが多い。

代表的な3断面の浸水高と標高の関係を図2a,b,cに示す。津波が標高1~3m程度ある砂州・砂堆等の微高地を通過した後、標高0m程度の低地部（海岸平野・三角州）になると、10m程度あった浸水高が急激に4m程度に減少している。そこがランク1（流出）とランク2（破壊）の境界になっている。津波が砂州・砂堆等の微高地を通過する際に、エネルギーを失って急激に浸水高が低下している可能性がある。山元町の山下駅周辺では、標高自体は海岸線から500mの位置で低くなっているが、ランク1の範囲は海岸線から900mの位置まで達している。阿武隈川河口の南では、砂州の幅が狭く、土地利用も森林よりも畑地が広いという状況である。土地利用による粗度の違いが、内陸まで津波被害度が高いことに影響している可能性がある。山元町南部（JR坂元駅周辺）は、砂州・砂堆が余り発達しておらず、海岸線から2kmまで浸水高はほとんど変わらない。そのため、ランク1（流出）のエリアが、海岸線から1.5kmほど内陸にまで及んでいる。

流出域は標高よりは海岸線からの距離との関連性が高く、海岸線からの距離が近ければ、標高がある程度高くても家屋の流出等の壊滅的な被害を受けている。ただし、砂州・砂堆等の微高地が後背地の浸水高の低下をもたらすため、砂州・砂堆の標高や土地利用が内陸の被害の程度に影響している。従って、地形や土地利用から津波に対してより危険な場所をあらかじめ知ることが

出来ると考えられる。津波被害域の地理的特徴を知るには、詳細標高データ、地形分類、土地利用などの地理空間情報が有用である。

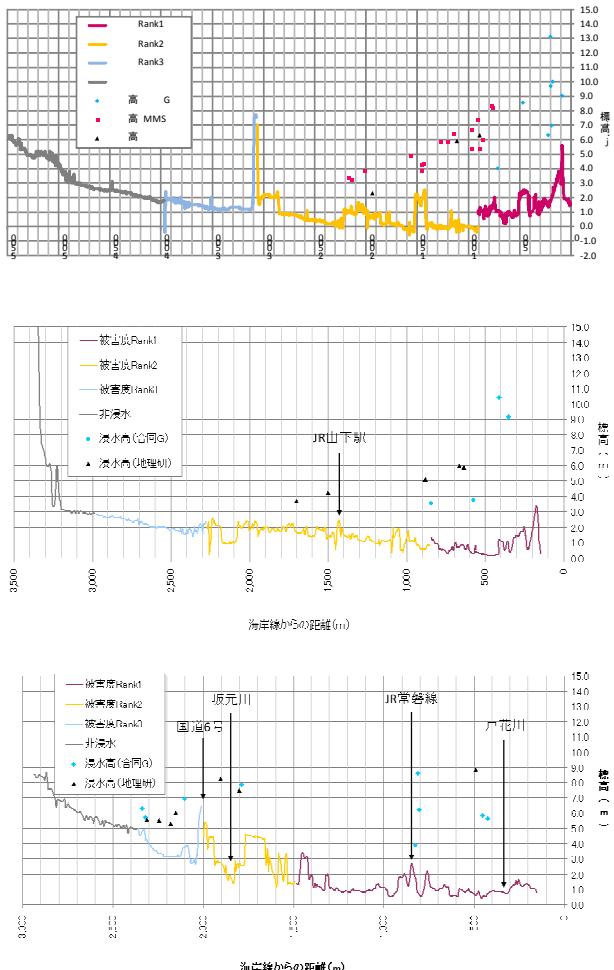


図2 標高と津波浸水高の断面図

- (a) 名取市閑上地区, (b)山元町JR 山下駅周辺
- (c) 山元町JR 坂元駅周辺

以上のような結果を踏まえて、防災の視点から沿岸の砂州・砂堆の土地利用をどうするかを考えてみる。東日本大震災と同様の津波が来た場合の想定で、住宅地を Rank1 のような海岸域から離すことで壊滅的の被害は減らせるが、加えて砂州・砂堆をより高く盛土して森林等の津波に対して抵抗力の高い土地利用にすることで、内陸部の被害軽減を更に図ることが可能である。その際には、水路や宅地盛土等の内陸の微小な高低差を活用することで、水田と比べて建物用地の被害をより軽減させることも視野に入れるべきと考える。

### 3. 液状化被災地の特徴

東日本大震災では、関東地方で広域にわたり液

状化現象が発生し、家屋やライフライン等に重大な被害を与えた。液状化現象は当然東北地方の沿岸部や内陸盆地でも発生しているが、ここでは国土交通省関東地方整備局・地盤工学会（2011）等で詳細な分布情報のある関東地方で議論する。

利根川や支流の鬼怒川、小貝川沿岸での液状化被害の分布については、小荒井ほか（2011）や小荒井（2012）等の報告がある。千葉県では我孫子市布佐、神崎町、香取市石納、茨城県では稲敷市結佐、潮来市日の出、下妻市鬼怒、常総市吉野の事例等が紹介されているが、いずれも被害の大きな箇所は旧河道や水部を埋め立てた土地であり、液状化のリスクの高い土地は、迅速測図、旧版地形図、過去の空中写真などの時系列地理空間情報や土地条件図、治水地形分類図などの主題情報を活用することにより、容易に把握可能である。

一方、東京湾岸の液状化被害は、埋立地全域で発生したが、被害程度や沈下量は地域による差が認められた。浦安市の2時期の航空レーザーの差分データからは帯状に沈下の大きな箇所が抽出されたが（小荒井ほか 2011），工学的基盤の深い地域と一致する。このことは 1987 年千葉県東方沖の地震などの被害発生状況からも明白である。また、埋立地の中でも特に液状化が著しいところは、沖積層基底が谷地形を示す場所や、埋め立て前に干潟の澤であったところと一致する傾向が見られる（Koarai and Nakayama, 1993；小荒井ほか, 2011）。

液状化のリスクは、一時近似的には地形分類と震度とのマトリックスで判断することが可能であり、筆頭著者は 250m メッシュ全国地形・地盤分類データを参考に、表 1 の様なものを提案している。一方で、小荒井・佐藤（2009）は地形だけで地震時の地盤脆弱性を評価することの難しさも示しており、ボーリングデータを活用することで深度 15m までの N 値 5 以下の泥層の存在が大きいこと示した。このような評価を行う場合には、浅層地質のデータベースが不可欠である。小荒井（2010）は、地形と地盤脆弱性の読み替え表として、表 2 を提案した。ここでは同じ地形分類であっても、地形発達や浅層地質の違い等から災害脆弱性を違えて評価している。例えば、砂丘を中央部と縁辺部で評価を変えたり、谷底平野・氾濫平野と海岸平野・三角州をやや開けた立地か閉塞した立地かで評価を変えたりしている。このような評価は現行の地形分類体系だけで行うのは難しいが、GIS を使って条件に合う箇所を抽出するこ

とは可能である。

**表1 液状化被害と震度の対応表**

地形分類／震度	5弱	5強	6弱	6強	7
山地, 丘陵	0	0	0	0	0
山麓地, 台地	0	0	0	0	1
扇状地	0	0	0	1	2
砂丘	0	0	1	2	3
砂州, 自然堤防, 谷底低地	0	1	2	3	4
三角州・海岸低地, 後背低地, 干拓地	1	2	3	4	4
旧河道, 埋立地	2	3	4	4	4

0:可能性無,1:起こりうる,2:可能性有,3:可能性大,4:可能性大いに有

**表2 地形と地盤脆弱性の読み替え表の提案**

地震に対する脆弱性	地形分類
小	山地, 台地・段丘（高位・上位・中位・下位）
やや小	台地・段丘（低位）, 山麓堆積地形, 扇状地・緩扇状地, 古砂丘
中	砂丘（中央部）, 自然堤防, 砂州・砂堆, 天井川, 頻水地形, 人工改変地（切土）
やや大	砂丘（縁辺部）, 谷底平野・氾濫平野（やや開けた）, 海岸平野・三角州（やや開けた）, 凹地・浅い谷, 人工改変地（盛土）
大	谷底平野・氾濫平野（閉塞した）, 海岸平野・三角州（閉塞した）, 後背低地, 旧河道, 旧水部, 人工改変地（大きな谷埋め盛土）

#### 4. 盛土崩壊地の特徴

丘陵地内の大規模な宅地造成地では、地震時に強い揺れを受けると、地すべり的に変形したり、不同沈下を起こしたりして、家屋に被害を与えることがある。この現象は1978年宮城県沖地震の際に最初に注目され、1995年兵庫県南部地震、2004年新潟県中越地震、2007年新潟県中越沖地震等の際にも発生しており、大規模に谷や沢を埋めた造成宅地（谷埋め盛土等）において、盛土と地山との境界面等における盛土全体の地すべり的変動（以下、「滑動崩落」という）が大きな被害をもたらす原因となっている。2011年東北地方太平洋沖地震では、大規模盛土造成地においても仙台市を中心に谷埋め盛土等が変形・崩壊し、大きな被害が生じた（例えば、佐藤・中埜、2011など）。

そのような背景から、「宅地造成等規制法」が改正

され、都道府県知事等が崖崩れ等による災害で相当数の居住者等に危害を生ずる恐れが大きい造成宅地の区域を「造成宅地防災区域」として指定し、その区域内の宅地所有者等に対し、災害防止のための必要な措置をとることを勧告し、または命ずることが出来るようになった（2006年9月30日施行）。この法律での宅地耐震化のスキームは、地方公共団体が大規模盛土造成地の変動予測調査を行って宅地ハザードマップを作成し、都道府県知事等が造成宅地防災区域の指定もしくは宅地造成工事規制区域における勧告を行い、宅地所有者等が滑動崩落防止工事を実施するとなっている。

国土交通省では、造成地防災区域の指定等を行うにあたって必要となる大規模盛土造成地の変動予測の調査手法について、「大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドライン」としてとりまとめ、公表している。このガイドラインでは、第一次スクリーニングとして、大規模盛土造成地の位置と規模（面積や盛土の厚さ、幅、地山傾斜角等の盛土形状）を把握し、その分布図を作成・公表することが示されている。この際に把握すべき盛土形状データの精度は、縮尺1/2,500レベルであり、その作成手法や精度については、小荒井・長谷川（2008）等にまとめられている。人工改変地（特に盛土造成地）の分布を把握することは、災害対策上重要であり、人工改変地の分布特性や変遷の特徴も、有用な情報と言える。

#### 引用文献

- 小荒井衛（2010）：地理，55-5，62-68.
- 小荒井衛（2012）：地理，57-2，90-108.
- 小荒井衛・長谷川裕之（2008）：地学教育と科学運動，58/59，51-58.
- Koarai, M. and Nakayama, T. (1993) : *Journal of Japanese Association for Coastal Zone Studies*, 8, 53-64.
- 小荒井衛ほか（2011）：国土地理院時報，122，97～111.
- 小荒井衛ほか（2011）：国土地理院時報，122，127-141.
- 小荒井衛・佐藤浩（2009）：沿岸域学会誌，22/2，49-61.
- 国土交通省関東地方整備局・地盤工学会（2011）：  
[http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr\\_content/content/000043569.pdf](http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000043569.pdf).
- 佐藤浩・中埜貴元（2011）：国土地理院時報，122，153-161.