

航空写真を用いた東北地方太平洋沖地震の 津波遡上高分布

鈴木 康弘¹・石黒 聡士²・杉戸 信彦³・松多 信尚⁴・内田 主税⁵

²¹非会員 名古屋大学教授 減災連携研究センター (〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町)
E-mail:suzuki@seis.nagoya-u.ac.jp

³非会員 独立行政法人国立環境研究所特別研究員 環境計測研究センター環境情報解析研究室
(〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)
E-mail:ishiguro.satoshi@nies.go.jp

⁴非会員 法政大学専任講師 人間環境学部 (〒102-8160 東京都千代田区富士見2-17-1)
E-mail:nsugito@hosei.ac.jp

¹非会員 名古屋大学特任研究員 減災連携研究センター (〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町)
E-mail:matta@seis.nagoya-u.ac.jp

⁵非会員 玉野総合コンサルタント株式会社 まちづくり推進部まちづくり企画課
(〒461-8539 愛知県名古屋市東区東桜2-17-14 新栄町ビル)
E-mail:uchida_chikara@tamano.co.jp

ハザードの「地域性」の理解は低頻度巨大災害を軽減する鍵のひとつである。津波防災においては地点ごとや浦ごとの遡上高などに関する自然地理学的情報が、今後のまちづくりの議論に不可欠であろう。われわれは2011年東北地方太平洋沖地震について、日本地理学会による津波浸水マップと、国土地理院による津波被災地の2~5 m間隔の3次元数値標高モデルとをGIS上で重ね合わせることによって、細密な津波遡上分布図を作成してきた。その結果、津波遡上高は一般に認識されているレベルを遙かに超えて、谷の形状や向きや位置によって多様な変化をしていることが一目瞭然になり、津波遡上高の空間分布の多様な地域的差異を比較検討することが可能となりつつある。本報告では津波遡上分布図の作成法の概要と具体例を紹介し、意義と課題を整理する。

Key Words : tsunami run-up height, air-photo, digital elevation model, 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake, physical geography

1. はじめに

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震は、「低頻度巨大災害への備え」が如何に難しい課題であるかということを通じて今日の日本社会に突きつけた。地震後2年以上経過しても有効な解決策は見出されていない。500年~1000年に一度とされる巨大地震と津波に対して、ハード対策に依存して備えることは困難なため、ソフト対策の重要性が指摘されるが、日本人の防災意識は低頻度巨大災害を容易に克服できるほど高くない。

こうした状況の中で、低頻度巨大災害を軽減するために期待される方策は、ハザードの地域性(自然的災害リスクの地理条件)を診断し、これに焦点を当て、その情報を正視して適正な都市計画・地域計画を行う

ことであろう。そのためには、切り盛りや軟弱地盤あるいは活断層などの分布を数メートル解像度で把握したり、津波の遡上限界に関する情報を地点毎に精査することが必要になる。

地震発生メカニズムは従来考えられていたより複雑で、次の南海トラフ地震でさえ、おそらく数10ケース以上想定しなければならない可能性がある。津波遡上も地震動もシミュレーション結果には大きなばらつきが回避できない。従来のようにシミュレーション結果を正しいものと思い込んで対策を検討するわけにはいかない。様々な想定結果を、震源・波源のパターンごとに「地域性の観点でわかりやすく整理して対応策を整理する」ことが必要になる。

東日本大震災の津波は、国土地理院(2011)¹⁾や日

本地理学会災害対応本部津波被災マップ作成チーム (2011) ²⁾, 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ (2011) ³⁾, 原口・岩松 (2011) ⁴⁾ など様々な機関により地震直後から詳細に調査された。その中で、とくに津波の高さに関するデータは、計測基準が異なるものが混在しており、津波挙動の地理分布を大局的に理解できるようにはなっていない。筆者らは津波挙動の大局的理解を目指して検討を続けている。海岸工学的には海岸線における津波の高さが重要であり、建物被害との関連を検討するには浸水深や浸水高が重要である。一方、津波に備えたまちづくりを議論するためには、地点ごとや浦ごとの遡上高が重要になる。従来の津波調査結果は、これらを明確に区別することが容易ではなかった。とくに遡上高データについてはその空間分布に粗密があった。

本報告では、日本地理学会災害対応本部津波被災マップ作成チーム (2011) ²⁾ の成果をさらに高精度化し、津波遡上高の地点ごとと谷ごとの詳細な分布を解析する方法論は、1) 地震直後の航空写真の立体視観察による遡上ラインの判読、2) オルソ写真による遡上ラインのデジタル化、3) 5 mメッシュのレーザーレーダ (LiDAR) 計測による標高データとの重ね合わせ、4) 遡上ラインの標高分布の連続的取得、である。最終的に水平位置で数メートル以内、遡上高で1メートル以内の誤差で津波遡上高分布の空間地理情報セットを作することを目的としている。本論文は中間報告的にその

一連の方法を解説するとともに、津波遡上分布に関して、上述の「地域性の観点でわかりやすく整理する」とは如何なることかを例示することを目指したい。

2. 津波遡上域作成までの経緯および実例

(1) 地震直後の航空写真の立体視観察による遡上ラインの判読

2万5千分の1の津波浸水高・被害地図の公表までの経緯は松多ほか (2012) ⁵⁾ に詳しく報告されているので、ここでは概略を報告する (図1)。

東北地方太平洋沖地震から1週間が経過しても、新聞等でもたらされる情報は主要な市町村を中心とした断片的なものに限られており、被害状況の早期の把握や救援体制の計画立案のため、詳細な津波浸入範囲の調査が必要になっていた。ちょうど、3月13日に地震後撮影された航空写真が国土地理院ホームページで閲覧が可能になっており、航空写真を用いた地形や土地条件の把握は、地形学を専門とする者の最も得意とするところであることから、日本地理学会災害対応本部の有志を中心としたグループは、航空写真判読にもとづく津波被災マップ作成を開始した。

遡上域の判読結果は直接2万5千分の1の地形図に書き込んだ。その際、感覚的に80パーセント以上の木造家屋が壊滅したと判読できた集落を併記した。ま

日時	事象	日時	事象
2011年		3月31日	英語ページを公開
3月11日	14時46分、東北日本太平洋沖地震発生	4月8日	国土地理院が千葉県・茨城県・福島沿岸の1/100,000浸水範囲概況図を公表
	15時20分頃 岩手県沿岸部に最大波到達	4月8日	電子国土Webシステムおよびeコミマップでの公開を開始。
3月12, 13日	福島県北部から青森県南部の沿岸部の空中写真撮影	4月9日	朝日新聞で報道
3月14日	東北日本太平洋沖地震・日本地理学会災害対応本部が立ち上がる	4月12日	オルソ画像に判読結果を記入する方法を検討
3月14日	国土地理院のHPで空中写真の公表開始	5月11日	福島県中南部を公開。空中写真が未撮影区間はGoogle earthによる単写真で判読
3月18日	国土地理院が浸水範囲の面積(概略値)公表	5月26日	茨城県を公開
3月19日	浸水マップの判読開始を決定。名古屋大学を中心に空中写真、地形図などのデータ収集を開始	6月20日	青森県中南部を公開。一部図幅を更新
3月22日	国土地理院が1/100,000浸水範囲概況図を公開	6月30日	国土地理院が2万5千分の1浸水範囲概況図を公開
3月23日	地理情報付きのオルソ画像の公開を国土地理院に依頼	9月9日	千葉県北部を公開。茨城県を一部更新
3月23日	GISデータ化して電子国土Web、eコミマップへの掲載を検討	10月20-22日	名古屋大にて修正および増補箇所判読および確認作業を実施
3月24-26日	名古屋大にて判読会を開催	12月11日	2011年完成版を公開
3月28日	1/25,000の地形図をスキャンした紙媒体を公開	2012年	DEMと比較することで、遡上高データを作成開始
3月28日	産経HPなど新聞報道	2013年	eコミマップの閲覧限界縮尺を約1/18,000から約1/9,000に変更を公開
3月30日	IGUウェブサイトでの紹介依頼があり英語版の作成を開始	4月19日	
3月30日	一部地域の第二版を発表	近日	遡上高リストをWeb上で公開予定

図-1 津波遡上高分布図作成までの経緯

ず、この2万5千分の1の地形図を公表し、遅れてGIS化を行い公表した。GISデータは精度以上の使用を避けるため、2万5千分の1の地形図以上の地図に拡大することができないよう設定した(図2)。

遡上域がGIS化されたことで、DEMから遡上高を読み取ることが可能となり、基盤地図情報の10mメッシュDEMデータから遡上高分布が作成され、4月9日の朝日新聞朝刊に、津波浸水マップとともに、遡上高分布図(図3)が掲載された。「奥行き浅い湾、駆け上がる津波」という見出しは今回の津波の特徴を端的に表現していた。

具体的な判読根拠の例は杉戸ほか(2012)⁶⁾で詳しく紹介したので参照されたい。この時点における判読結果(速報)において以下のA~Dの問題点があり、それらについて、この後も継続的に精度向上のための作業を行った。A) 現地調査で確認したものではない

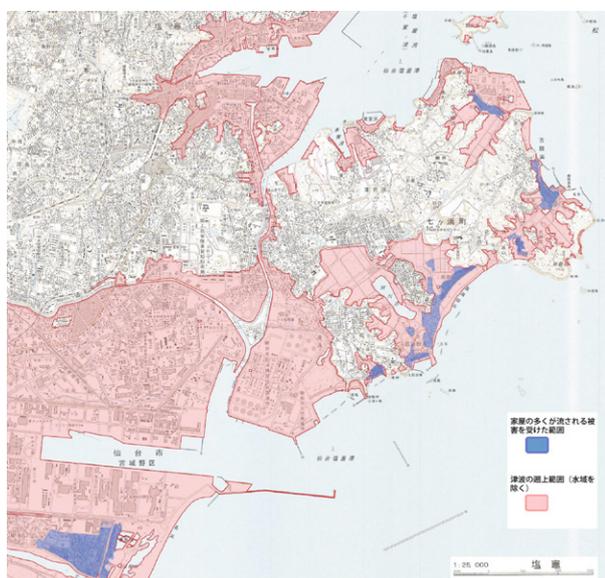


図-2 遡上範囲の空中写真判読の実例

め、とくに平野部や市街地などでは、空中写真の判読のみでは被災範囲の判断が困難な場合があった。B) 堤外地については厳密な検討は行っていない。C) 縮尺2万5千分の1の地形図を基図として作業しているため、数値情報には地形図そのものの誤差や線の平滑化による誤差がある。具体的には、許容されている誤差(20m程度)や表記法による誤差等が含まれている。D) 地震直後の航空写真で判読した結果を地形図に転記しているため、転記の際に若干の誤差が入り込む余地があった。

(2) オルソ写真による遡上ラインのデジタイズ

国土地理院は3月13日から被災直後の航空写真を公開した。一般向けにオンラインで公開された航空写真の解像度は約0.5m/pixelであったが、我々は国土地理院からさらに高解像度(約0.2m/pixel)の写真の提供を受けた。また、国土地理院は同17日から簡易オルソ画像を公開した。これを用いると、実体視ペアの航空写真で津波遡上範囲を認定して、それをオルソ画像上に転記することによって、ほぼ正確な緯度経度情報を得ることができる。これにより、先に(1)で述べた問題点のうちCおよびDが解消されることから、4月以降に順次、再判読を実施して遡上ラインの位置精度向上を行った。

以上に述べた津波被災地図は、防災科学技術研究所が提供するe-コミマップにより公開した。このシステム上では被災前の航空写真、被災後航空写真、地形図等と重ね合わせ、全域をシームレスで観察・閲覧することができる。その際には、被災マップの位置精度に応じた拡大率とするよう、4月初めの時点では背景地図の縮尺約2万5千分の1の拡大率を最大とし、これより拡大すると被災地図が表示されないようにした。

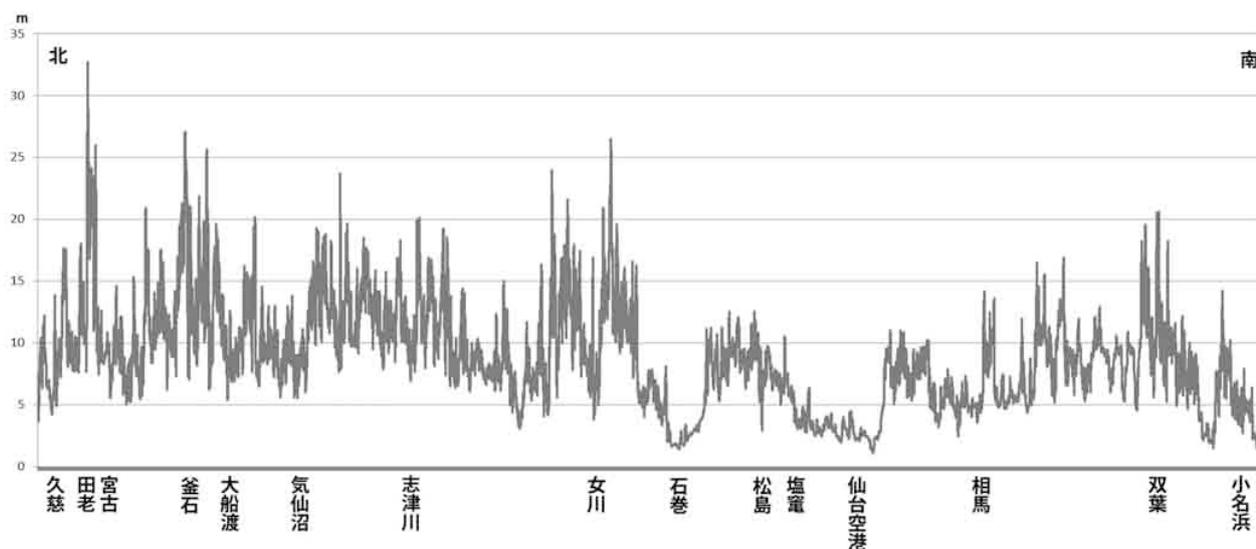


図-3 遡上範囲と10mメッシュDEMとから求めた遡上高分布

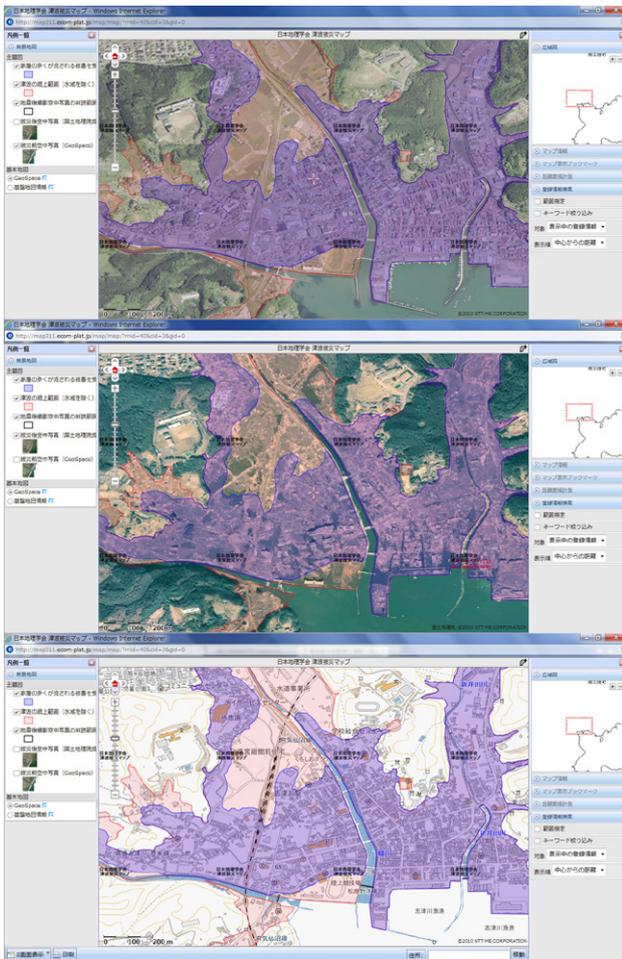


図4 南三陸町中心部

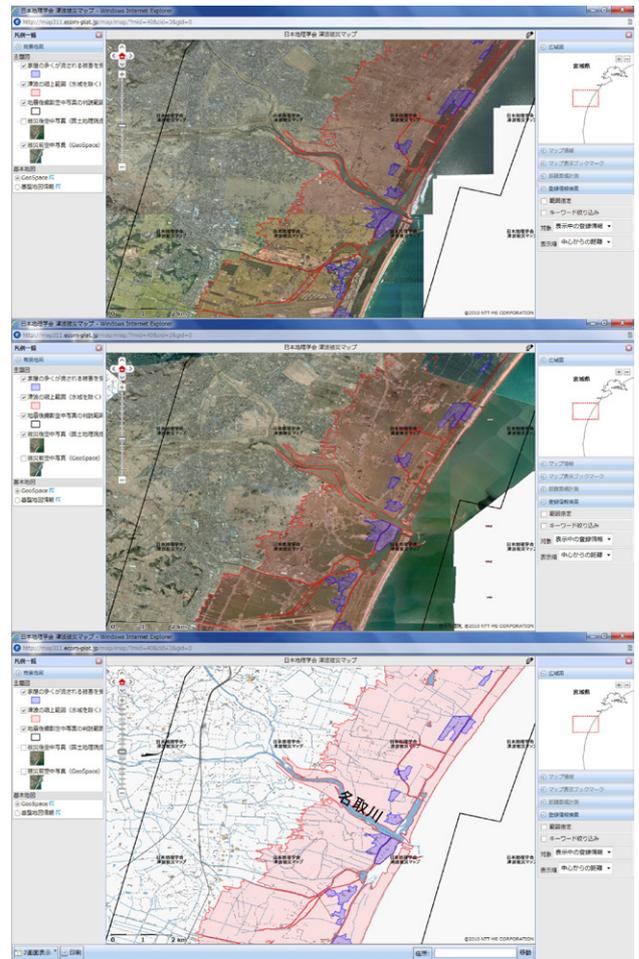


図5 名取市閑上地区

その後、簡易オルソ写真を利用したことにより精度向上が図られたため、2013年4月には約1万分の1相当まで拡大可能とし、建物一軒ごとに対応できる縮尺で見られるようになった。例として、南三陸町中心部（図4）と名取市閑上地区（図5）を示す。

(3) 津波前後の航空写真と津波遡上範囲の実例

e-コミマップでは、判読結果をオルソ化された航空写真と重ね合わせる事が可能で、判読結果と実際の被害の様子との関係が明らかである（図4・5）。

南三陸町中心部（図4）では津波の遡上範囲と家屋の多くが流される被害を受けた地域（以下、被害地域）が良く一致している。大縮尺の地図や地震前の航空写真との比較が可能になると、よく合っている津波遡上範囲の認定に対し、被害地域の認定は漏れている場所や流されてきた原形をとどめる家屋に惑わされて誤認している場所などを確認することができ、今後の改善の余地があることがわかる。しかし、一部には津波の遡上限界付近で流出の被害を免れた地域も認められ、津波被害が一様でなく地域差があることも明らかになった。

名取市閑上地区（図5）では、平野部の広範囲が津波の遡上範囲である。平野部では被害地域と遡上範囲は一致せず、被害地域は海岸近くにとどまることが多い。閑上地区でも、図の中央を流れる名取川の右岸側で家屋の流出の被害を免れている地域を確認することができる。航空写真と比較すると、被害地域と免れた地域の境界と並行するように瓦礫や砂が見られるため、名取川の堤防を越流した強い水の流れが、被害地域にあったと推定される。

3. 津波遡上高分布図作成までの経緯および実例

(1) 5 mメッシュのレーザーレーダ（LiDAR）計測による標高データとの重ね合わせ

地震後、国土地理院は「東日本大震災からの復興・復興及び防災対策のための高精度標高データ」として、航空機搭載型 LiDAR により被災地の沿岸地域を計測した。このデータは、2 m グリッドの標高値データとして整備され、行政機関および研究機関等に提供されている。前節までに述べた津波遡上限界のラインデータ

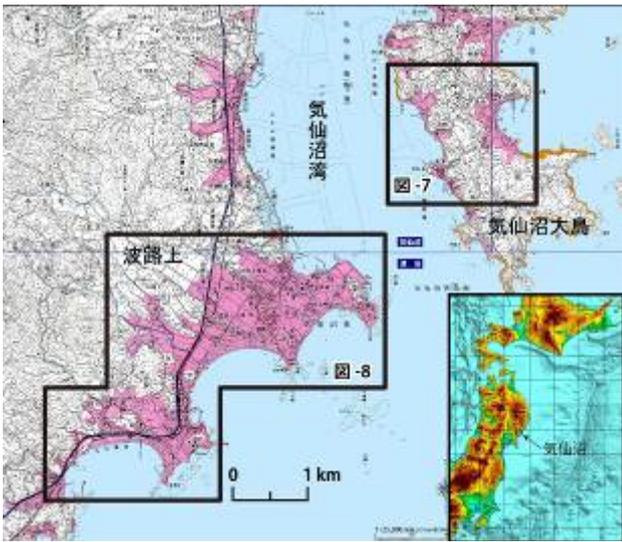


図6 気仙沼付近の遡上域と津波高 (原口・岩松, 2011)

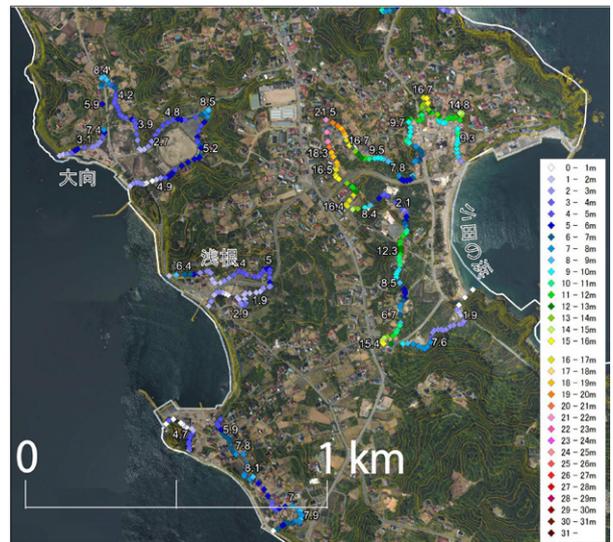


図7 気仙沼大島付近の遡上高分布図

を、この DEM と重ね合わせ、ライン上における標高を取得すれば、津波遡上範囲を作成した全地域において遡上高を系統的に計測できる。これにより津波遡上高の分布を、津波被災地全域の広域において、小規模な浦にいたるまで詳細かつ均質に把握することが期待される。

津波遡上高を計測する際には以下の処理を行った。

1) 津波遡上ラインが海岸線と交わるために標高が 0 m と評価されてしまう点は除外する。2) ラインが急崖付近に認定されている場合、認定すべき点が基部か斜面の途中かを判読できないため、急崖付近のライン上の標高点は除外する。これは、ライン位置の誤差の影響で、急崖では標高読み取りに比較的大きな誤差を生じかねないことを考慮したためでもある。逆に言えば、緩傾斜の場所では遡上ラインの位置の誤差は、遡上高評価にはほとんど影響せず、ほぼレーザーレーダ計測誤差(数 10 cm)と同等であるとも言える。

以下において、今回新たに作成した津波遡上高分布図の例として、宮城県気仙沼市波路上および気仙沼湾湾口部、および宮城県石巻市鮫浦、福島県新地町および相馬市の例を示し、それぞれにおいて、既往研究では明快に示されることのなかった新知見を取り纏める。

(2) 宮城県気仙沼市波路上・気仙沼湾湾口

この地域は気仙沼湾の湾口にあたる(図6)。気仙沼湾の東側には大島がある。大島の東側は外洋に面するのに対し、西側は島陰になって直接外洋の影響を受けない位置にある。気仙沼湾の西側には波路上地域がある。この地域は段丘が浅く開析されている地形で、傾斜が緩やかな地域である。この地域は明治三陸津波や昭和三陸津波でも大きな被害が出ている。明治三陸

津波の後、住宅は標高が10 m程度の比較的高所に移転したため、昭和三陸津波では人的被害は比較的小さかった。

現地での聞き取り調査では、この地域は3方からの津波に襲われた。特に昭和チリ津波の際に津波は東側から進入したため、そちらに気を取られていると、反対側の南から襲われたとの証言もあった。

図7は大島付近の遡上高分布図である。遡上高の計測結果は、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2011)③や原口・岩松(2011)④の現地調査の値と同様であり、計測の妥当性が確認される。今回作成した地図においては遡上高分布が連続的かつ均一に把握されるため、遡上高は大島の東岸の方が西岸よりも著しく高いこと。東岸では、谷の奥で遡上高が著しく高まる傾向があることが明確に示されている。なお、小田ノ浜の南部や浅根や大向の南側などで低い値があり、注目されるが、これについては、5章で触れるように

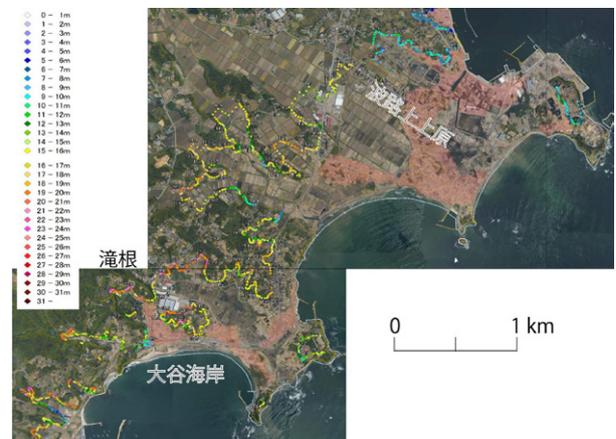


図8 気仙沼波路上付近の遡上高分布図

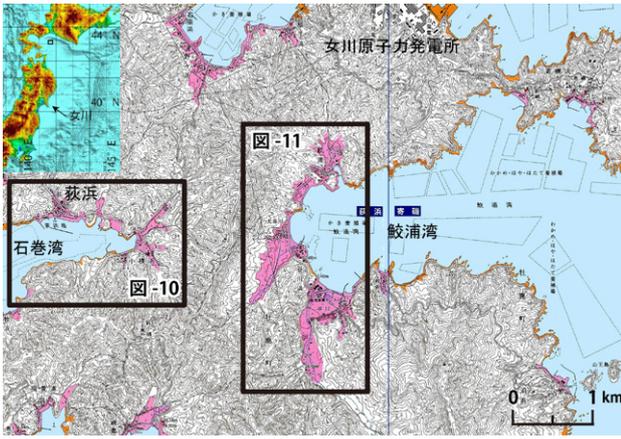


図-9 牡鹿半島北部の遡上域と津波高 (原口・岩松, 2011)

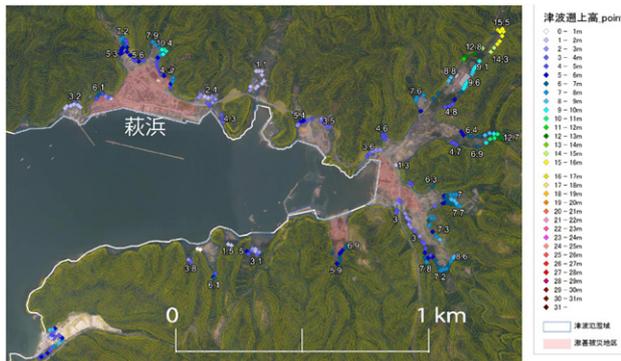


図-10 萩浜付近の遡上高分布図

簡易オルソをもつ誤差の影響を現時点では除去し切れていないため、現時点ではその意義について判断を保留する。

図8は気仙沼市波路上付近の遡上高分布図である。ここでも、遡上高の計測結果は、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ (2011) ³⁾ や原口・岩松 (2011) ⁴⁾ の値とほぼ同様であり、計測の妥当性が確認できる。図8は遡上高分布を連続的に示しているため、その地域差を議論することができる。これによると、波路上原付近の集落を境に遡上高が大きく異なること、大谷海岸では谷の奥にあたる滝根付近で遡上高が高いこと、沿岸部の遡上高もかなり高いことなどが読み取れる。これは、波路上の集落において、東側ではなく南や西側から津波が押し寄せたという証言と調和的なこと、大谷海岸の滝根付近は南と東から来た波が行き場を無くし、滝根付近に局所的に海水が集まったことが推定できること、津波は沿岸部で高いわけではないため比較的長波長であった可能性が高く一様に海水面が10 m以上高くなったことなどが推定できる。

(3) 宮城県石巻市鮫浦

牡鹿半島はもっとも地殻変動が大きかった地域であり、女川原発があることから津波の被害も心配された地域である。図9は牡鹿半島を挟んだ女川湾の中の鮫

浦湾、石巻湾の中の萩浜港を含む地域の原口・岩松 (2011) ⁴⁾ の遡上範囲、津波高地図である。この図からは女川湾側では10~20 mの津波が押し寄せており、石巻湾側では10 m以下の津波高になることがわかる。

図10および図11はその一部の地域の津波遡上高分布を示した図である。図10は石巻湾側の萩浜湾の遡上高分布である。遡上高は10 mを超える場所を見つけることができるが、下絵の航空写真と見比べると、10 mを超える地点は証拠が乏しく判断が難しい場所であることがわかる。したがって、遡上高を過大評価している可能性が高く、おおむね谷奥で8 mと10 mの等高線の間

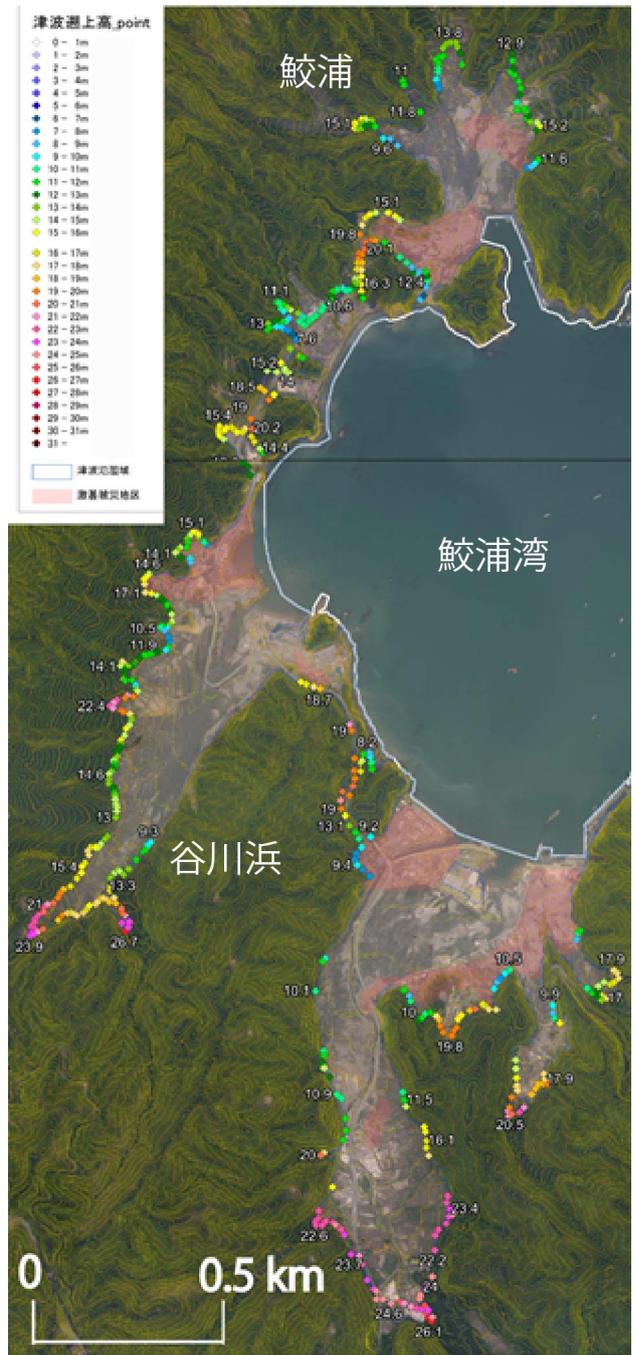


図-11 鮫浦湾谷川浜付近の遡上高分布図

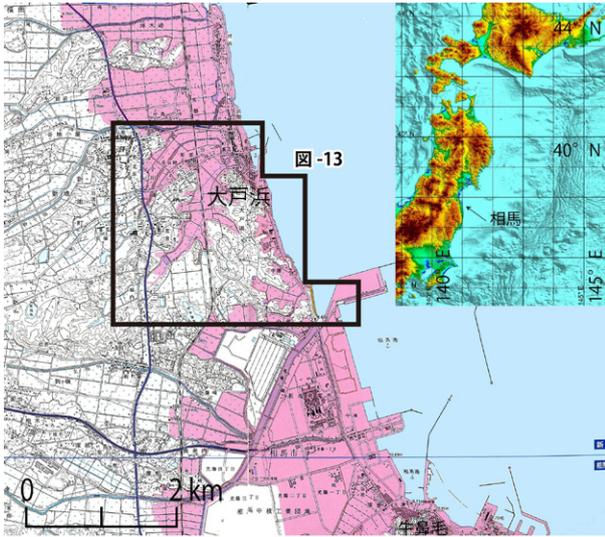


図-12 新地付近の遡上域と津波高 (原口・岩松, 2011)

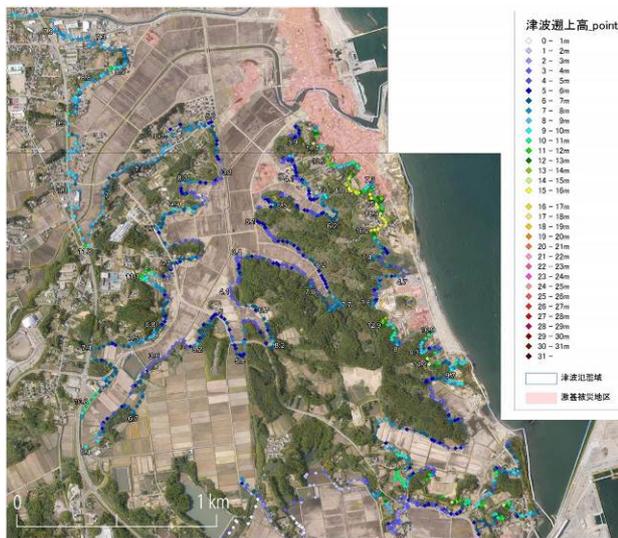


図-13 大戸浜付近の遡上高分布図

付近と思われる。図11は鮫浦湾奥の谷川浜付近であるが、海岸に面する地点から谷の奥まで10 mを超える値が連続する。航空写真と比較しても、石巻側の谷と異なり谷の奥まで津波によって運ばれた瓦礫を容易に見つけることができ、その値は真実だと思われる。遡上高は谷奥では20 mを超える値も見られ、特に北北東方向に開く谷でその値が大きい傾向があり、谷奥など水が局所的に集まりやすすくない地点では10~15 mの遡上高である。

(4) 福島県新地町・相馬市

原発事故の影響もあり、福島県内の津波高さに関する従来の現地調査データは、宮城以北に比べて相対的に少ない(図12)。こうした地域でも、今回の計測結果によれば、他地域と同程度の密度で遡上高分布が得られる。新地・相馬地域以南の福島県地域は溺れ谷が

埋積され、リアス海岸と海岸平野双方の性格を有している。

図13は新地町の大戸浜付近である。海に面した谷では15 mを超える大きな遡上高が確認できるが、隣接する平野部の内陸では遡上高は5~9 m程度と小さくなり、沿岸部だけで遡上高が高いことが明瞭に示されている。同様な傾向は松川浦北部地域の牛鼻毛集落が位置する丘付近でも確認できる。今回の津波の特徴として、継続時間が30分以上の長波長の波と、5分程度の短波長のより高い(パルス状の)波があったことが岩手県以北において明瞭に確認されているが、福島県内のこの付近の海岸にも類似のパルス状の波が到達していた可能性を示唆している。このことは福島原発を襲った津波を考える際にも非常に重要な知見である。

4. 津波遡上高分布の意義

津波の遡上高や津波高はその最大値に着目しがちで、最大値以下の埋もれた値に関してあまり考察されてこなかった。その理由として、遡上高や津波高には一定の誤差が含まれており、その地域差を考察するための十分な値として取り扱うのが難しい側面が残っていたためと思われる。しかし、本報告で示した津波遡上高分布図によって、連続的な遡上高の変化が明白となり、今まで着目されにくかった隣り合う浦での遡上高の違いや、同じ浦の中での局所的な遡上高の違いに着目した議論が可能となった。また、碑などにみる津波伝承や津波堆積物といった過去の津波の情報は、遡上高であり、今回の津波の遡上高分布図は、より定量的な古津波との比較を可能としている。

今回の津波の遡上高分布図は災害や防災を考える様々な分野の基盤資料としての意義は大きい。

いくつか例を紹介すると、高橋ほか(2013)はスマトラ地震で大津波に襲われたバンダアチェと比較しながら、今回の津波における浦々ごとの津波遡上高と人的被害の大きさの関係を分析し、津波の知識が乏しく津波高と人的被害の相関がよかったバンダアチェと異なり、東北リアス海岸部では海の見える小さな浦より海から離れた谷の中などで人的被害が大きかったことを社会人文学的な立場から議論した。松多ほか(2013)では、ある地点の遡上高は波長や波高といった津波の性質と地形や土地利用といったその地点の性質との関連で決定されるとし、浦々の遡上高を地形などの特徴などの視点で整理分析することで、津波の性質および津波を引き起こした地殻変動の特徴を推定することを理学的な見地から進めており、海溝型地震のバリエーションについての議論が期待される。

また現在進行中の復興防災対策に対して、画一的な対策ではなく、地域にあった対策が必要であるという意見がある。しかし、その為には地域毎の特性を明らかにし、津波の挙動を知る必要がある。実際、今回の津波で浸水深が大きいにもかかわらず木造家屋が流出を免れた場所、周辺と比較して被害が軽微な場所、津波の遡上高が低い浦などが存在し、地域によって遡上高や被害が大きく異なる。このような画一的な説明では不十分な現象を、津浪高や津波の流行方向跡なども取り入れた浦内での津波の挙動や遡上高と地形特性などの関係を解明することが、地域にあった無駄のない有効な復興や防災・減災対策を練る第一歩である。

以上のように、工学から人文社会分野までの広い分野に貢献できる資料になったことの意義は大きい。

5. 今後の課題

(1) 津波遡上の地域性理解に向けて

津波遡上高分布図を作成したことで、遡上高の地域性が津波の発生場所だけでなく、津波の性質によって生じることが明らかになった。一般に今回の津波は東北地方太平洋沿岸部で発生した津波の最大であるかのように思われている。岩手県北部以北では明治三陸津波が今回の津波の遡上高を上回っているが、その原因は震源の位置が明治三陸地震の方が北に偏っていたために明治の津波の方が今回の津波より大きかったと一般に解釈されている。しかし、釜石から女川にかけての岩手県全域や宮城県北部でも明治三陸津波の遡上高の方が今回の津波より大きかった地域を見いだすことが出来る。

そこで、明治三陸津波、昭和三陸津波、昭和チリ津波によるそれぞれの津波の高さを比較してみると、津波の波長が短かった明治三陸津波や昭和三陸津波では、外洋に面している湾（以下外洋）の波高が大きな湾（以下大湾）の中で実測された波高よりきわめて大きいものに対し、波長が長かった昭和チリ津波では大湾の波高が外洋の波高より高かったことがわかる。今回の津波では、岩手北部沿岸や福島県沿岸では外洋の波高が大湾の波高より大きく、短波長の津波の性質を有するのに対し、宮城県沿岸から岩手南部沿岸では外洋と大湾の波高に差が無く長波長の津波の性質のみが顕著である。そのため、岩手県北部では外洋でも大湾でも明治三陸津波より今回の津波が小さい傾向があるのに対し、岩手県南部では外洋の波高のみが明治津波が平成津波の波高を上回る。つまり、岩手県北部では津波の波源の位置が原因で明治三陸津波が今回の津波の波高を上回るのに対し、岩手県南部では津波の性質と地

形との関係が原因で一部の地域で明治三陸津波が今回の津波の波高を上回ったと言える。

その津波の性質を決定づける要因は断層の形状かすべり量なのかは分からない。しかし、津波遡上高の地域性をより詳細に分析することは津波毎の性質を明らかにし、将来の津波被害の軽減にむけてのハザードの精度アップにつながると考えられる。

(2) 簡易オルソ写真の歪み補正によるさらなる高精度化へ向けて

本報告で使用した国土地理院の簡易オルソ画像は、地震発生翌日から開始された緊急撮影により得られた航空写真から作成された。簡易オルソ画像は、緊急性が重要視され、通常の航空写真測量およびオルソ画像作成の過程で行われる精度管理は度外視された経緯がある。このため、簡易オルソ画像は使用画像のつなぎ目で不整合が生じるなど誤差があることが分かっている。この誤差には、オルソ作成時の方法論的な要因のほか、そもそも地震による地上基準点の移動など、測地的な変動による要因に起因する誤差も含まれている可能性がある。

今後の課題として、簡易オルソ画像に含まれる誤差について、その要因の特定と方向と量を明らかにして修正することがあげられる。これにより、津波遡上範囲のGISデータの位置精度を向上させ、LiDARによるDEMとより高精度に重ね合わせる事が可能となり、遡上高分布の数値情報の高精度化につながると考えられる。

謝辞：本報告には、大学発グリーンイノベーション創出事業「グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス（GRENE）」の「環境情報技術を用いたレジリエントな国土のデザイン」（代表者：名古屋大・林良嗣）、および科学研究費補助金基盤研究A「基盤研究A：東日本大震災の災害地理学的検証－「想定外」回避のためのハザード評価手法の再検討－」（研究代表者：名古屋大学・鈴木康弘、平成24～26年度、課題番号24240114）の一環として実施した内容が含まれる。また、Geohazard研究会（代表：名古屋大学・鈴木康弘）のメンバーには多くの助言をいただいたことに心より感謝いたします。

参考文献

- 1) 国土地理院：2万5千分1浸水範囲概況図，<http://www.gsi.go.jp/kikaku/kikaku40014.html>（2013年5月5日閲覧），2011。
- 2) 日本地理学会災害対応本部津波被災マップ作成チー

- ム：2011年3月11日東北地方太平洋沖地震に伴う津波被災マップ, http://www.ajg.or.jp/disaster/201103_Tohoku-eq.html (2013年5月5日閲覧), 2011.
- 3) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ：東北地方太平洋沖地震津波情報, <http://www.coastal.jp/ttjt/> (2013年5月5日閲覧), 2011.
- 4) 原口 強・岩松 暉：東日本大震災津波詳細地図上巻・下巻, 古今書院, 168p・98p, 2011.
- 5) 松多信尚・杉戸信彦・後藤秀昭・石黒聡士・中田高・渡辺満久・宇根 寛・田村賢哉・熊原康博・堀和明・廣内大助・海津正倫・碓井照子・鈴木康弘：東北地方太平洋沖地震による津波被災マップの作成経緯と意義, *Ejournal GEO*, 7, 214-224, 2012.
- 6) 杉戸信彦・松多信尚・後藤秀昭・熊原康博・堀 和明・廣内大助・石黒聡士・中田 高・海津正倫・渡辺満久・鈴木康弘：空中写真の実体視判読に基づく2011年東北地方太平洋沖地震の津波浸水域認定の根拠, *自然災害科学*, 31, 113-125, 2012.
- 7) 高橋 誠・松多信尚・堀 和明・田中重好：津波被害と地理的リスク, *日本地球惑星科学連合2013年大会予稿集*, HSC25-01, 千葉, 5月, 2013.
- 8) 松多信尚・鈴木康弘・杉戸信彦・千田良道・石黒聡士・内田主税：津浪の性質(波長)に対する海岸地形のタイプ別津浪高の特徴—東北地方太平洋沖地震の検証—, *日本地球惑星科学連合2013年大会予稿集*, SSS31-34, 千葉, 5月, 2013.

(2013.5.7 受付)

SPATIAL VARIATION IN RUN-UP HEIGHT OF THE TSUNAMI ASSOCIATED WITH THE 2011 OFF THE PACIFIC COAST OF TOHOKU EARTHQUAKE, REVEALED BY AIR-PHOTO ANALYSIS

Nobuhisa MATSUTA, Yasuhiro SUZUKI, Satoshi ISHIGURO,
Nobuhiko SUGITO and Chikara UCHIDA

Spatial variation in hazards of earthquakes or tsunamis is a key element to control disaster risks in each site. For tsunami-disaster management, we have to geographically understand tsunami run-up heights in each lowland, valley or bay, which would be needed to develop resilient societies in the future. We have conducted GIS-based analysis of run-up heights of the tsunami associated with the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake, using air-photo-based tsunami-damage map released by The Association of Japanese Geographers and 2- or 5-m-mesh digital elevation model (DEM) obtained by Geospatial Information Authority of Japan, to plot detailed distribution of tsunami run-up heights. Our first version of detailed run-up-height maps, which covers the vast damaged areas hit by the 2011 tsunami, has clearly revealed spatial variation in tsunami run-up heights. In this paper, we discuss several examples that illustrate spatial tsunami-behavior differences, which would result from topographic geometry, elevation, scale of lowland, or valley/bay direction in each site.