

## 7. なぜ松島湾奥の津波被害が小さく、湾口の島々で岩盤崩壊が多発したのか？

Tsunami and landslides due to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake in the Matsushima Bay, Miyagi Prefecture

○長谷川修一（香川大学工学部）

Ranjan Kumar Dahal（愛媛大学・トリブバン大学）

野々村敦子・鏡原 和也（香川大学工学部）

### 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震はMw9.0に達する国内観測史上最大の地震で、東北地方の太平洋沿岸において10mを超える巨大津波により甚大な被害を発生させた。特に、宮城県から岩手県にかけての三陸沿岸では、沈水海岸（リアス式海岸）の地形効果によって15mを超える津波浸水高や20mを超える津波遡上高が記録され、湾奥の低地は壊滅的な状態となった。これに対して、同じく沈水海岸とされる宮城県の松島湾の奥では3m前後の津波浸水高に留まり、被害は小さかった。東北地方太平洋沖地震では、地震の規模と比較して土砂災害は、著しく少なかった。しかしながら、津波の被害の小さかった松島湾口の島々では岩盤崩壊が多発した。

東北地方太平洋沖地震における松島湾の地震被害が、他の沈水海岸地域と異なる原因について、松島湾が巨大な地すべりによって形成されたという視点から説明を試みる。

### 2. 松島湾の地形地質と巨大地すべり説

#### 2.1 地形・地質の概要

松島湾は、仙台湾と石巻湾の間にある東西約10km、南北約8kmの南に開いた小湾で、その湾口には七ヶ浜半島から宮戸島にかけて大小の島々が点在している。松島は仙台平野から石巻平野にかけて連続する浜堤列を突如分断するように、北西から南東方向に張り出すように分布し、周辺の地形と極めて不調和である。

#### 2.2 巨大地すべり説

長谷川ほか(2008)および Hasegawa et al. (2008)は、松島は単なる沈水海岸ではなく、巨大な地すべりによって形成された仮説を発表している。すなわち、

(1) 松島湾は、北東-南西約10km、北西-南東約5kmの巨大地すべりの発生域（抜け跡）である（図1）。

(2) 松島湾沖の宮戸島、朴島、大森島、寒風沢島、野々島、桂島および七ヶ浜半島などは地すべりによってできた流山である。

(3) 松島湾の島嶼部は湾奥の丘陵と同じ松島層群から構成され、地質および地質構造からも復元可能である。

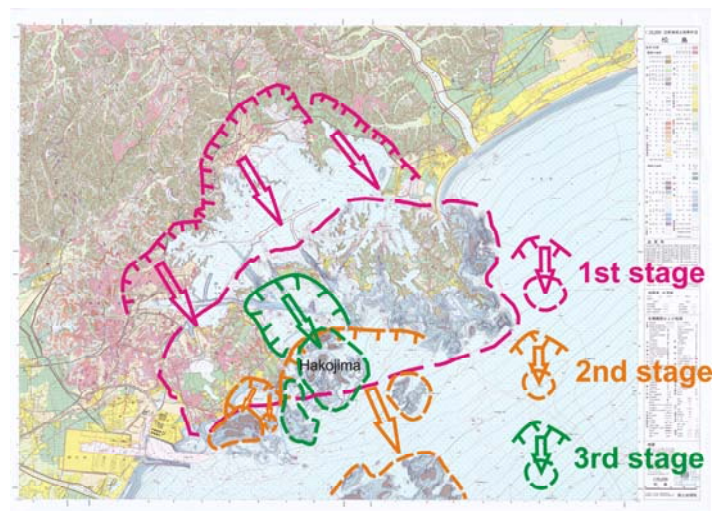


図1 松島湾を形成した巨大地すべりの概要（基図は、国土地理院（1984）の「1:25,000 沿岸海域土地条件図松島を使用）（長谷川ほか、2008）

### 3. 松島湾における津波被害の特徴

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、東北地方の太平洋沿岸に10mを超える巨大津波が押し寄せ、甚大な被害を発生させた。この津波による死者・行方不明者は8月23日の時点で20,319人に達し、また全壊戸数も11万棟を超えている（内閣府緊急災害対策本部，2011. 8.23）。

宮城県から岩手県にかけての三陸沿岸では、沈水海岸（リアス式海岸）の地形効果によって15mを超える津波浸水高や20mを超える津波遡上高が記録され、湾奥の低地において壊滅的な被害が発生した（図2）。たとえば、南三陸町では、志津川で15m前後の津波浸水高を記録し（図3）、約17,700人の町民（南三陸町，2011）のうち、死者・行方不明者が約1000人を記録した（宮城県，2011）。

これに対して、同じく沈水海岸とされる宮城県の松島湾奥の松島町では3m前後の津波浸水高に留まり（図2）、建物などの被害は小さく、死者は2名に留まった（宮城県，2011）。浸水深は、海岸際の松島島巡り観光船のレストハウスでは約1.2m、海から約200m内陸の瑞巖寺山門では約0.5mであった（図4）。一方、外洋に面する東松島市では8~9mの津波浸水高によって、死者・行方不明者は1,143に達した（宮城県，2011）。

このように、松島湾奥において津波被害が小さかったのは、松島湾の沖合い（出口）に配列する島々が、天然の津波防潮堤の役割を果たしたためと考えられる。しかしながら、同じ沈水海岸である三陸海岸と松島湾との間で津波被害が大きく異なる理由については、これまでのところ明確な説明がない。

長谷川ほか（2008）は、松島湾が巨大な地すべりによって形成され、湾内に点在する小島や湾の出口に配列する島々は、地すべりによって移動した流山であるとの仮説を発表している。この仮説によれば、地すべりによって湾口に配列した流山起源の島々が天然の防潮堤となったため、三陸海岸と比較して津波被害が著しく軽減されたと説明できる。

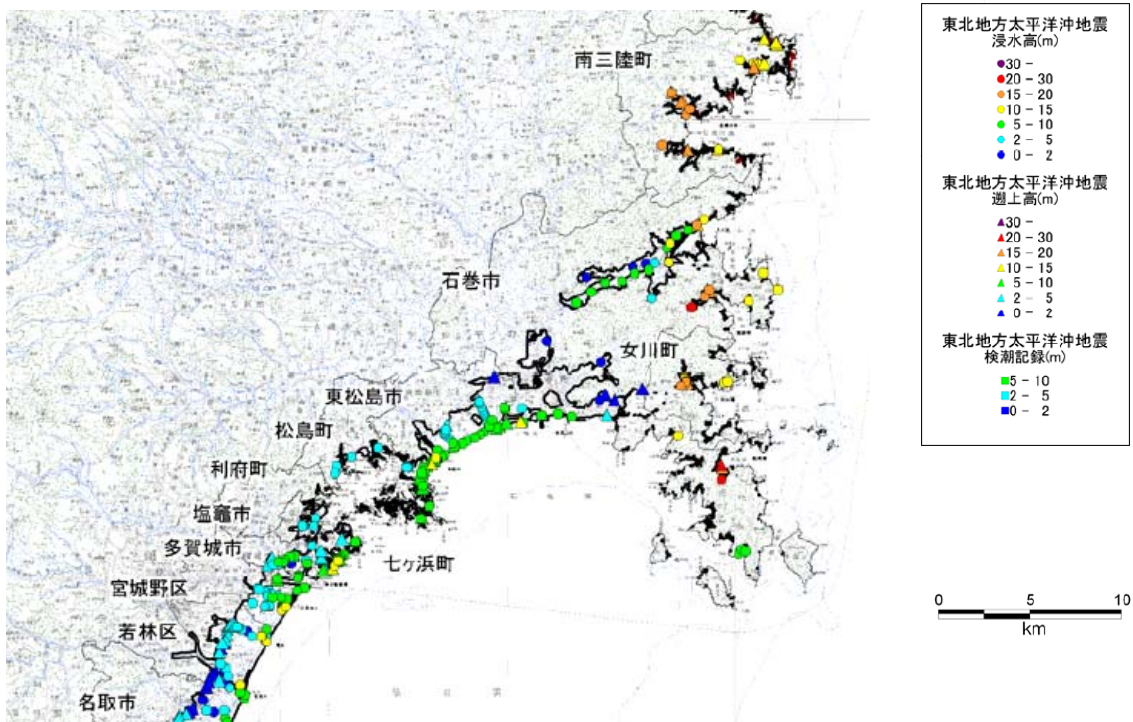


図2 東北地方太平洋沖地震による宮城県内の津波痕跡（東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会，2011）



図3 浸水高 15m 前後の津波によって町が壊滅した南三陸町志津川 (2011年8月31日撮影)



観光遊覧船のレストハウス



瑞巖寺山門

図4 松島海岸では、海際で約 1.2m の浸水深、瑞巖寺山門で約 0.5m の浸水深で被害は軽微。

#### 4. 松島湾における斜面崩壊

東北地方太平洋沖地震では、津波による被害が甚大であったが、土砂災害の被害は、地震の規模と比較して著しく少ない。国土交通省砂防部 (2011) の調査によれば、東北地方太平洋沖地震では土石流等 6 件、地すべり 16 件、がけ崩れ 88 件の土砂災害によって 19 名の死者が出た。これは、土石流等 24 件、地すべり 9 件、がけ崩れ 15 件の土砂災害によって 18 名の死者が出た 2008 年 6 月 14 日に発生した岩手・宮城内陸地震 (M7.2) の土砂災害 (国土交通省砂防部, 2008) と同程度であった。

松島湾口の島々では岩盤崩壊が多発している。図 5 は、国土地理院撮影の空中写真と斜め写真による判読と、遊覧船と貸切船による現地調査によって作成した松島湾周辺の斜面崩壊分布図である。これによると、七ヶ浜半島から宮戸島にかけて大小の島々に 100 箇所以上の斜面崩壊が発生している。特に、桂島、浦田野々島、寒風沢島に斜面崩壊が集中している。斜面崩壊のほとんどは、岩盤の緩みが発達した互層が崩落した岩盤崩壊で、斜面表層の土砂が滑落する表層崩壊は極めて少ない (図 5)。なお、塊状砂岩からなる緩みの発達していない海食崖では斜面崩壊はほとんど発生していない (図 6)。これに対して、不動岩盤の松島丘陵ではわずかに道路沿いに表層崩壊が分布するだけである。

このような斜面崩壊の分布密の違いは、島の海岸斜面が松島丘陵と比較して松を主体とする貧弱な植生であり、また海岸侵食によって不安化していることが一因ではあるが、塊状砂岩からなる緩みの発達していない海食崖では斜面崩壊はほとんど発生していないので、植生と海岸侵食だけでは説明することは難しい。また、国土地理院 10mDEM を使用して作成した地震による表層崩壊危険度 F 値 (内田ほか, 2004) の分布によれば、松島の陸上部と島嶼部の F 値に大差はない (図 7)。岩盤崩壊が多発した島々は、陸上部と同じ松島層群から構成されるが、地すべり移動体 (流山) のため潜在的な割れ目が発達し、地すべりによって岩盤の緩みが発達した部分が地震動によって集中的に崩落したためと説明することができる。

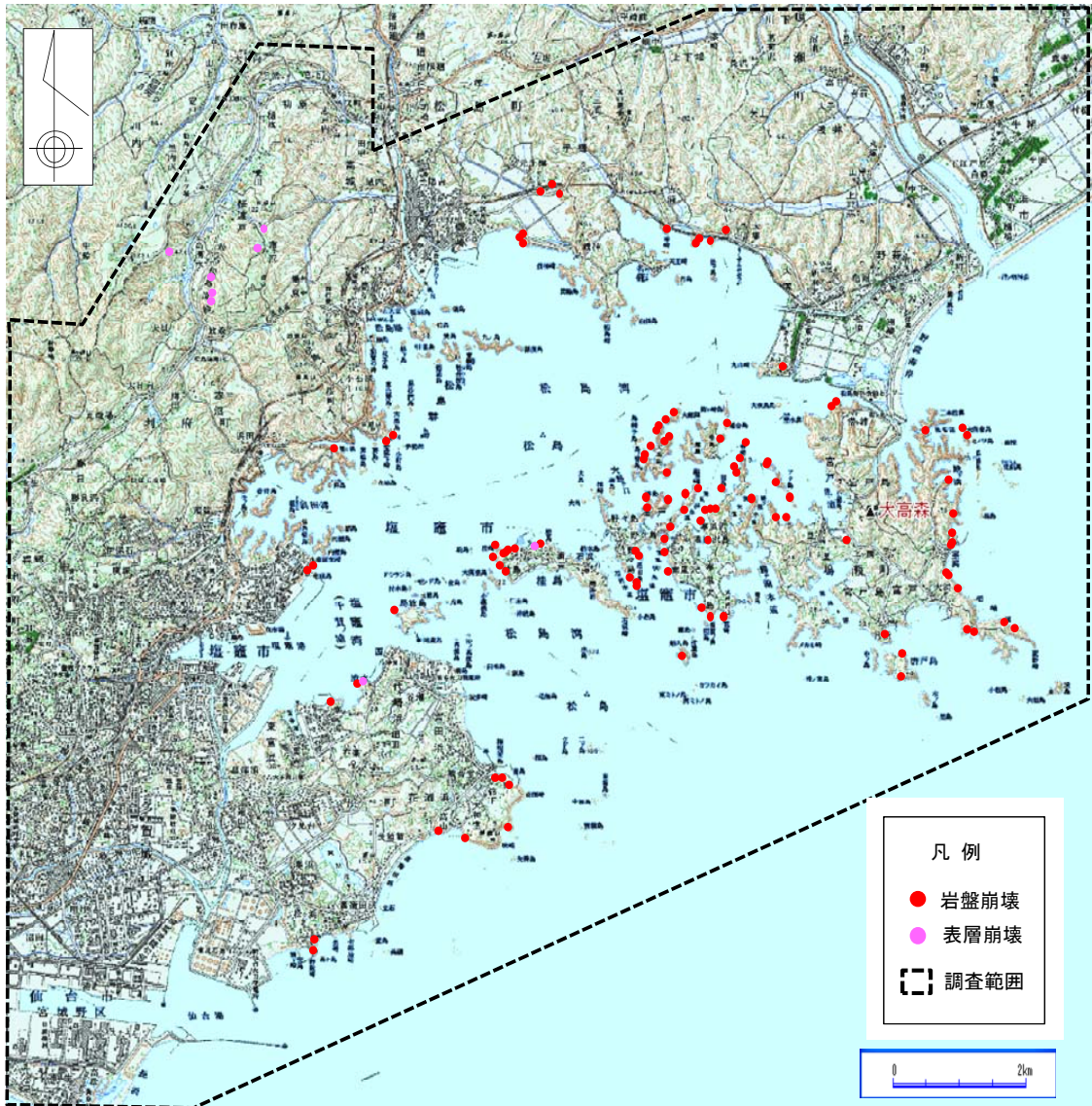


図5 東北地方太平洋沖地震による松島湾における斜面崩壊の分布  
(基図は国土地理院 5 万分の 1 数値地形図をカシミール 3D で図化)

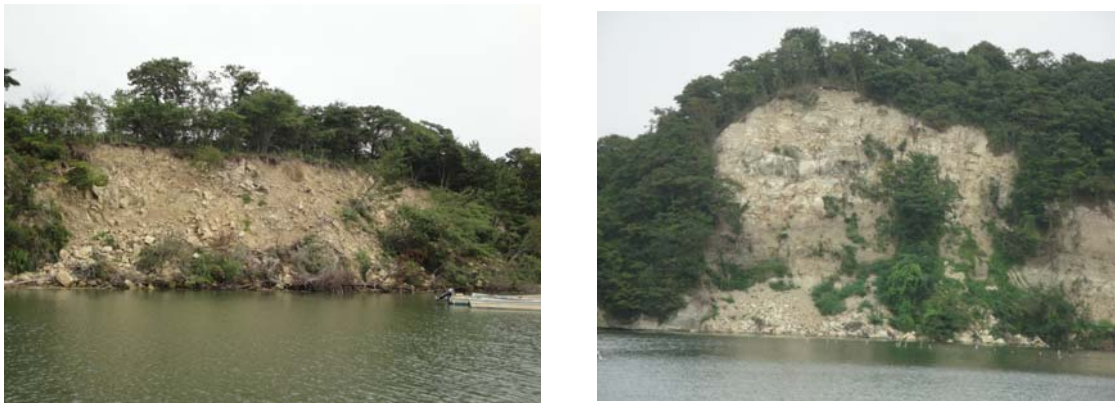


図6 松島の島嶼部における岩盤崩壊  
緩みの著しい岩盤斜面において岩盤崩壊が多発している



宮戸島



五大堂

図7 松島湾における崩壊の発生していない海食崖  
緩みのない塊状砂岩層では、海食によってオーバーハングしても、岩盤崩壊は発生していない。

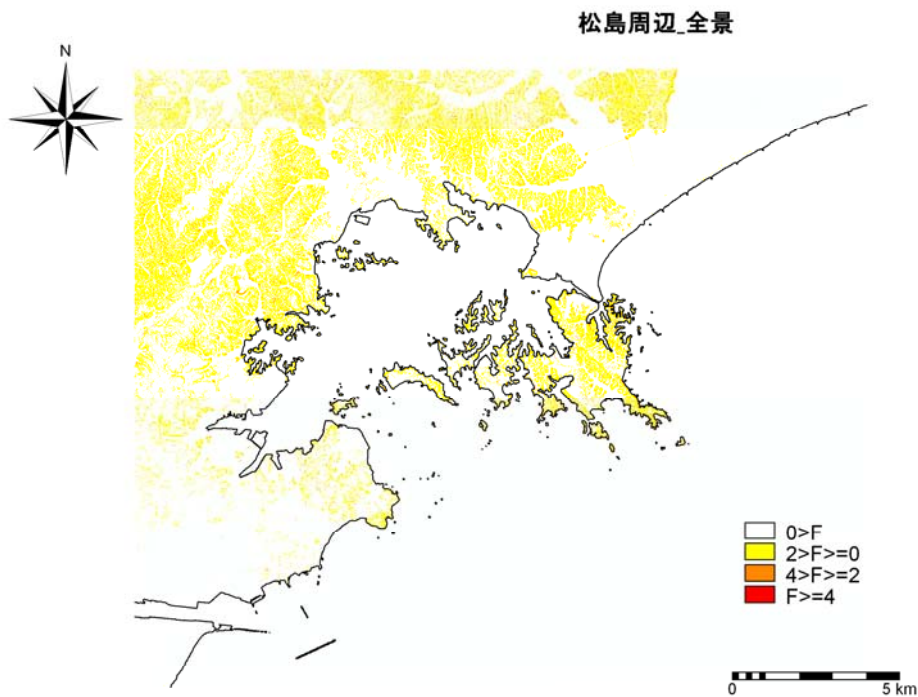


図8 松島湾周辺地域における表層崩壊危険度F値の分布  
(最大水平加速度は300galと仮定した)

## 5. まとめと今後の課題

東北地方太平洋沖地震における松島湾の津波被害が他の沈水海岸地域と著しく小さく、また松島湾の島々で岩盤崩壊が多発したのは、松島湾が巨大な地すべりによって形成されたという仮説によって説明可能である。今後は、巨大な地すべりを実証し、形成年代を推定するため現地調査とするボーリング調査が必要である。

## 謝辞

斜面崩壊の分布調査には、国土地理院撮影の空中写真と斜め写真を使用した。また、貸切船による斜面崩壊調査では、プロダクションエイシアの柴田昌平代表、宮戸コミュニティ推進協議会の佐藤康男会長にお世話になりました。ここに記して謝意を表します。

## 引用文献

- 1) 長谷川修一・野々村敦子・山中稔・Ranjan Kumar Dahal・澤田臣啓 (2008) : 日本三景松島は地すべりによって形成された, 日本応用地質学会平成 20 年度研究発表会発表論文集, pp.135-136.
- 2) Shuichi Hasegawa, Timihiro Sawada, Ranjan Kumar Dahal, Atsuko Nonomura, Minoru Yamanaka (2008) : Matsushima Bay as an Early Holocene coastal Mega-landslide, Northeast Japan, The first world landslide forum 2008, pp243-246.
- 3) 国土地理院 (1984) : 1 : 25,000 沿岸海域土地条件図松島.
- 4) 国土地理院 (2011) : 被災地周辺地域の斜め写真, <http://zgate.gsi.go.jp/SaigaiShuyaku/20110525/index2.htm> (2011年9月2日閲覧).
- 5) 国土地理院 (2011) : 東日本大震災被災地周辺地域の空中写真, [http://portal.cyberjapan.jp/denshi/index3\\_tohoku.html](http://portal.cyberjapan.jp/denshi/index3_tohoku.html) (2011年9月2日閲覧).
- 6) 国土交通省砂防部 (2011) : 平成 23 年東北地方太平洋沖地震による土砂災害発生状況, [http://www6.river.go.jp/riverhp\\_viewer/entry/resource/y2011e241311175c133a55ecc7f3bf818af4f6631c62cc/8.3%E6%9D%B1%E5%8C%97%E5%9C%B0%E6%96%B9%E5%A4%AA%E5%B9%B3%E6%B4%8B%E6%B2%96%E5%9C%B0%E9%9C%87%E7%81%BD%E5%AE%B32.pdf](http://www6.river.go.jp/riverhp_viewer/entry/resource/y2011e241311175c133a55ecc7f3bf818af4f6631c62cc/8.3%E6%9D%B1%E5%8C%97%E5%9C%B0%E6%96%B9%E5%A4%AA%E5%B9%B3%E6%B4%8B%E6%B2%96%E5%9C%B0%E9%9C%87%E7%81%BD%E5%AE%B32.pdf)
- 7) 国土交通省砂防部 (2008) : 平成 20 年の土砂災害, <http://www.mlit.go.jp/river/sabo/h20dosha/h20doshagaiyou2.pdf> (2011年9月3日閲覧).
- 8) 南三陸町 (2011) : 南三陸町の人口, <http://www.town.minamisanriku.miyagi.jp/> (2011年9月3日閲覧).
- 9) 宮城県 (2011) : 東日本大震災における被害等状況, <http://www.pref.miyagi.jp/kikitaisaku/higasinihondaisinsai/pdf/9021700.pdf> (2011年9月3日閲覧).
- 10) 内閣府緊急災害対策本部 (2011) : 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)について, <http://www.kantei.go.jp/saigai/pdf/201108231700jisin.pdf> (2011年9月3日閲覧).
- 11) 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会 (2011) : 今回の津波の浸水範囲と痕跡, <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinohon/1/sub3.pdf> (2011年9月3日閲覧).
- 12) 内田太郎・片山正次郎・岩男忠明・松尾修・寺田秀樹・中野泰雄・杉浦信男・小山内信智 (2004) : 地震による斜面崩壊危険度評価手法に関する研究, 国土技術政策総合研究所資料, 204, p. 91.