

2002年 Stromboli 津波の現地調査

藤間功司¹・今村文彦²・嶋原良典³・安倍祥⁴・箕浦幸治⁵・前野深⁶・A.Armigliato⁷・
G.A.Papadopoulos⁸・S.Tinti⁹

¹正会員 工博 防衛大学校 建設環境工学科 (〒 239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20)

E-mail: fujima@nda.ac.jp

²正会員 工博 東北大学大学院工学研究科 災害制御研究センター (〒 980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 06)

³学生会員 修(工) 東北大学大学院工学研究科 災害制御研究センター

⁴学生会員 修(工) 東北大学大学院工学研究科 災害制御研究センター

⁵理博 東北大学大学院理学研究科 地学専攻

⁶修(理) 東北大学大学院理学研究科 地学専攻

⁷Ph.D., Dept. of Physics, Sector of Geophysics, Univ. of Bologna

⁸Ph.D., Inst. Geodynamics, National Observatory of Athens

⁹Ph.D., Dept. of Physics, Sector of Geophysics, Univ. of Bologna

2002年12月28日から、イタリア・シチリア沖の Stromboli 島で大規模な火山活動があった。そして12月30日、火山活動に伴う地滑りが原因と思われる津波が発生した。そこで、2003年3月に現地調査を行い、以下の事項を明らかにした。(1)地滑り面は島の北西側にあり、島の北東に位置する Piscita, Ficogrande 両地区で特に大きな被害があった。この地区での津波痕跡高は10mに達した。島の東南に位置する Ginostra での痕跡高は3m程度である。(2)津波は引き波から始まり、Piscita, Ficogrande において寄せ波はエッジボアを形成した。時計回りに伝播する津波だけでなく反時計回りに伝播する津波も観察された。(3)Eolie 諸島の他の島でも津波の影響があった。

Key Words : Tsunami, landslide, Stromboli, edge bore

1. はじめに

2002年12月28日頃から2003年1月4日頃にかけて、イタリア・シチリア沖に位置する Stromboli 島で、活発な火山活動があった。Stromboli 島は海岸線の直径が4kmほどの著名な火山島であり、島内にある INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) の観測所で火山活動が常時モニターされている(図-1参照)。そのため、2002年12月28日からのイベントに関しても、多くの情報が直ちにインターネットに発信された¹⁾。そして、その中には津波の情報も含まれていた。

津波に関する第1報は、12月30日13:45にもたらされた。このときの情報は、「13:25に強い噴火があった。この噴火が、Sciare del Fuoco の斜面にあった溶岩の塊(または、より広い部分)を崩壊させたようだ。Ficogrande から Scari にかけて小さな津波が観察された。Ficogrande では道路の上まで、Scari ではヘリ発着場の上までである。Ginostra でも、港の中の船が流された」というものであった。その後、同日14:55には、「現在、停電中である。多分、海岸付近にある発電所の損傷が原因と思われる。発電所の壁や建物は、最初に津波によって被災したと報告されている」との情報

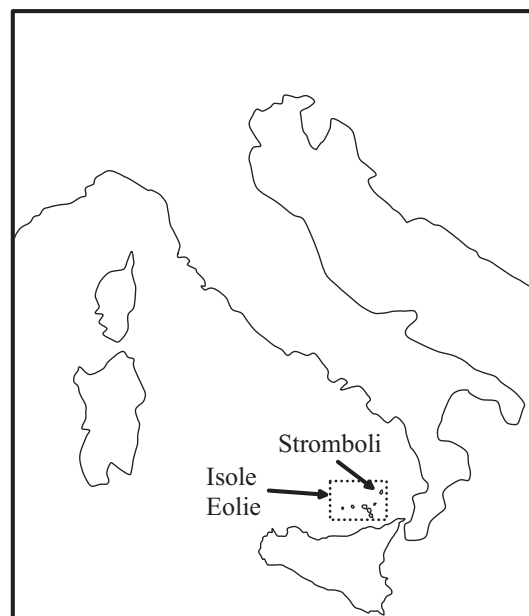


図-1 イタリア南部 Eolie 諸島および Stromboli 島の位置

が流されている。なお、Sciare del Fuoco とは、島の北西にある勾配約36°の崖を指す地名である。Sciare del



図-2 Sciare del Fuoco (2003 年 3 月 21 日撮影)

Fuoco の写真を図-2 に示す。この崖は繰返し溶岩流が流れ落ちている場所で、英語に直訳すると Ski of Fire という意味になる。Ficogrande や Scari は島の北東部に位置する集落である。島の北東部だけが比較的平坦な土地で、島のほとんどの施設がここに集まっている。Ginostra は、島の南西部にある小さな集落で、島の北東部以外にある唯一の集落である。(図-4 参照)

さらに、翌 12 月 31 日には、「昨日は情報が混乱していたので、不要な騒ぎを避けるために津波を‘小さな’と形容したが、時間がたつにつれて、津波がもたらした被害の深刻さが明らかになってきた。もっとも大きな被害は Ginostra で起こったが、北東部の集落でも多くの船や建物が被害を受けた。少なくとも 3 人の観光客が怪我をした(6 人という説もある)。他の Eolie 諸島やシチリアの Milazzo にも津波が到達した」との報告が入った。さらに、「山頂が吹き飛ばすような噴火は起きていない。しかし、昨日の午後、地元の火山ガイドが Sciare del Fuoco の中腹に大きな地滑り跡を見ている。また、シチリアの Catania にある INGV の地震計が、13:15 と 13:22 の 2 回にわたり、非火山性の震動を捕らえている」と、前日の地滑りが津波を発生させたという予想に対し、具体的な証拠を挙げている。

我が国でも、1741 年に渡島大島で火山噴火、または噴火に伴う地滑りなどが原因と考えられる津波が発生しており²⁾、火山研究者だけでなく、津波研究者もこのイベントに注目していた。上述のように、現地からの報告は非常時の緊迫感の中にも的確な分析がなされた優れたものであったが、現地在住民以外立入禁止になったこともあり、津波の到達時刻、波形、高さといった津波研究者が入手したい情報はなかなか得られなかった。

そこで、2003 年 3 月に立入禁止が解除された直後に、まずイタリアのボローニャ大学の Tinti 教授らのチームが現地に入り、観測や情報収集を行った。次いで東北大、防衛大、ボローニャ大などのグループで現地に



図-3 痕跡の例 (Piscita, 2003 年 3 月 19 日撮影)

入り、津波高さなどの測定を行った。本論文ではその調査結果を述べる。

2. 調査の概要

調査は以下の日程で行った。

- 3 月 10 日** 東北大(今村, 阿部)グループ、イタリア到着。資料収集。
- 3 月 13-16 日** 東北大(今村, 阿部)グループ、ボローニャ大で Tinti 教授らと情報交換および研究打ち合わせ。
- 3 月 17 日** 全メンバーが Reggio di Calabria に集合。
- 3 月 18 日** Eolie 諸島で最大の島、Lipari に到着。港などで聞き込み調査。
- 3 月 19 日** Stromboli 着。調査開始。
- 3 月 21 日** Stromboli を出発し、Reggio di Calabria に到着。
- 3 月 22-23 日** 帰国。

Lipari での聞き込み調査では、津波の波数や、引き初動なのか押し初動なのか、といった事柄を中心に調べた。Stromboli では、同様の聞き取り調査を行うとともに、聞き取り調査や痕跡をもとに津波の到達高さを光波測距器で測定した。

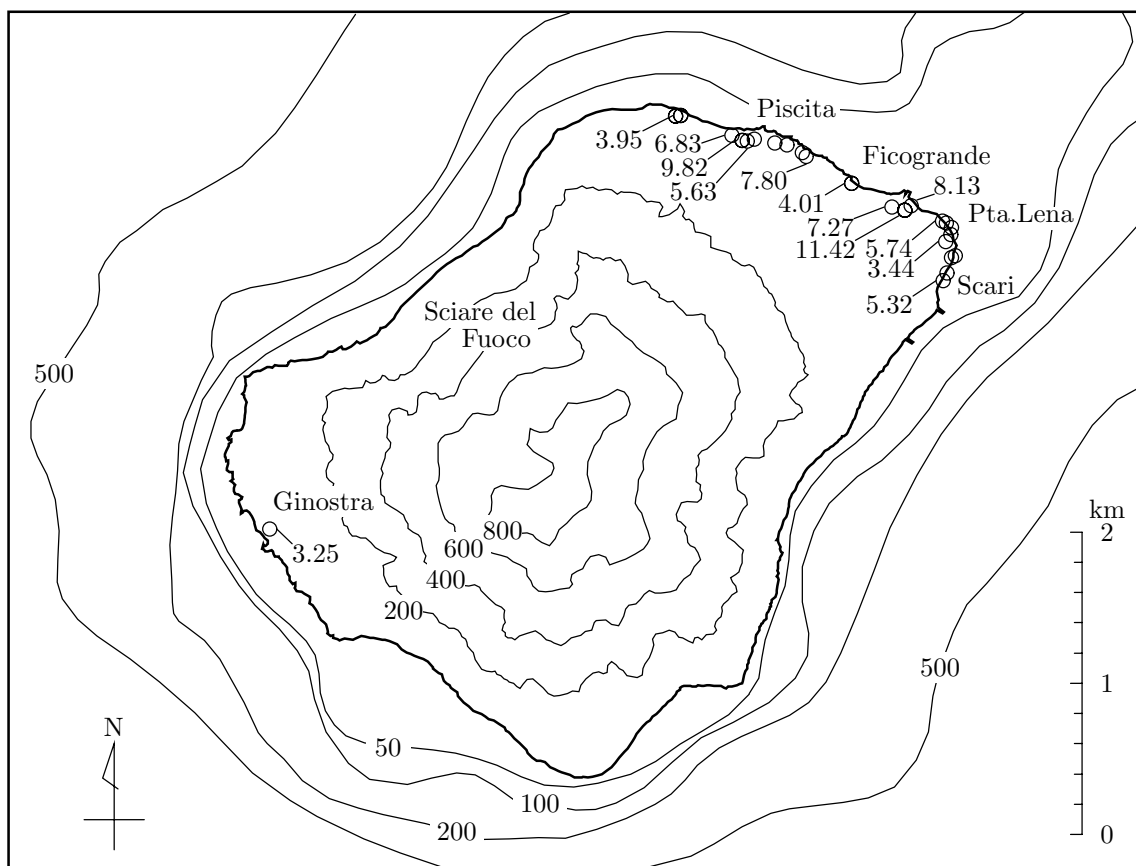


図-4 Stromboli の地形図と計測場所

3. 調査結果

(1) Stromboli

Stromboli 島の聞き取り調査の結果、すべての場所で津波は引きから始まり、2波または3波来襲したことがわかった。周期は5-10分程度だったようである。津波来襲時間に関しては、津波来襲が大規模な火山活動の最中だったため、火山灰が降っているときだった、という証言はあるものの、時刻を特定するのは難しい。

さらに、目撃証言を聞いたり、痕跡を探したりして、津波の到達点を選び、海面からの高さを測定した。図-3に、測定現場の例を示す。目撃証言によると、図-3の石垣の上の道路まで津波が到達していた。また、石垣の下には津波によって流されたボートが痕跡として残されていた。このようにして津波到達高を測定した場所と、代表的な点での到達高を図-4に示す。計測された津波到達高はGinostraで約3m、島の北東部で4-11mで、特にPiscitaやFicograndeで大きな高さが計測された。引き波の大きさに関しては、Ficograndeでブイの場所(水深15m)まで引いたという証言が得られている。

また、Ficogrande付近では、まず島を時計回りの方

向にエッジボア状の津波が伝播し、次に反対方向から津波が来襲したらしい。実際、Pta.Lenaではフェンスが海から陸側に、つまり北側から南側に向かって倒れていたが(図-5)、Scariにある発電所付近を境に、反対に北向きに向かって倒されており(図-6)、上述の目撃談と符合している。

なお、津波は発電所の建物の床面程度までしか達しておらず、当初の、津波が発電所に損傷を与えたという情報は疑わしい。またGinostraでもっとも被害が大きかったという情報も疑わしい。

(2) Stromboli 以外の島

Lipari 島は Stromboli から約40km離れた島である。Lipariでの聞き込み調査では、フェリー乗り場で30分間に5-6回の海面の上下動(3波という意味かもしれない)があったことが分かった。浸水はしていないということなので、岸壁の高さから推測して、津波高さは70-80cm程度だったと思われる。フェリー乗り場以外の地区でも、Porto Pignataro, Canneto, Acquacaldaなどで津波が観察されている。Cannetoでは大きな渦が見られたそうである。Lipariでの聞き込みでは、波数や



図-5 津波に倒されたフェンス (Pta.Lena, 2003 年 3 月 20 日撮影)



図-6 津波に倒されたフェンス (Scari, 2003 年 3 月 20 日撮影)

初動の方向など，場所によって証言に相違があったが，波数は 3 波程度という証言が多かった．また津波来襲時刻は 13:30 程度 (もっと早かったと言う話もある) だったようである．

我々は時間の関係で調査できなかったが，Stromboli に最も近く距離約 20km の Panarea 島や，約 40km の Salina 島でも津波が観測されている．2003 年 7 月の国際津波シンポジウムでの Tinti 教授の発表³⁾によると，Panarea の検潮記録から，13:20 に津波が到達している (ピークは 13:24 で 1.2m) と断定できる．Stromboli から Panarea まで津波は 5 分程度で伝播するはずなので，13:15 の第 1 回目の地滑りで津波が発生したことはかなり確かだと言える．(ただし，2 回目の地滑りがどのように津波に影響を及ぼしたかはよく分からない．)

4. おわりに

上述のように，Stromboli 津波は，13:15 の地滑り，または 13:15 と 13:22 の 2 回の地滑りで発生したものと考えられる．INGV は，1 回目の地滑り量を $6 \times 10^5 \text{m}^3$ ，2 回目を $5 \times 10^6 \text{m}^3$ と評価している．ただし，地滑り

面が海底にまで及んでいること，12 月 30 日以降の火山活動により，地表の地滑り跡が 1 月 4 日までに埋めつくされてしまったことから，正確な地滑り量を評価することは難しいだろう．

今回の Stromboli の津波は渡島大島の津波と共通点が多く，わが国の防災対策上も，津波の発生・伝播を再現できるようにする必要がある．そのためには，海底までおよぶ地滑りによる津波発生モデルやエッジボアを再現するモデルの開発が必要である．さらに，入り組んだ路地や階段を考慮に入れることが可能な数値モデルの開発も望まれる．

参考文献

- 1) 例えば，INGV のホームページ <http://www.ct.ingv.it/> または <http://www.stromboli.net/> など．
- 2) 今村文彦，松本智裕：1741 年渡島大島火山津波の痕跡調査，津波工学研究報告，第 15 号，pp.85-105, 1998.
- 3) Tinti, S. et al.: Post-Event Survey of the Disastrous Tsunami of 30 December 2002 Hitting Stromboli Island, Italy, *IUGG2003 Abstract*, JSS07a/09P/D-013, 2003.

(2003. 9. 11 受付)

FIELD SURVEY OF 2002 STROMBOLI TSUNAMI

Koji FUJIMA, Fumihiko IMAMURA, Yoshinori SHIGIHARA, Yoshi ABE, Koji MINOURA,
Arberto ARMIGLIATO, Gerassimos A. PAPADOPOULOS and Stefano TINTI

Some volcanic explosions had been observed at Stromboli Island, Sicily, Italy, in 28 December 2002 to 4 January 2003, and then an energetic tsunami was generated in 30 December 2002. Thus, we conducted the field survey of tsunami in Stromboli and Lipari. The field survey made the followings clear: (1) The highest tsunami height, about 10m, was observed in Piscita and Ficogrande. (2) The first motion of sea surface was a backrush, and the rushing wave of tsunami formed an edge bore. (3) The tsunami was observed also in other islands in Eolie Islands.