

# 起こったことと、次に起こること

## What happened and what's next?

Kerry Sieh



2004年12月26日に起こった大地震とそれがもたらした津波は、インドネシアのアチェ沖からアンダマン諸島に向けて海底が裂けたことが原因だった。この時の状況が明らかになりつつある。

Nature Vol.434(573-574)/31 March 2005

2004年の年末に起きたアチェ-アンダマン地震と大津波では本当にたくさんの人が翻弄された。そして一般人から科学者までが先を争って、地球の地殻と海にいったい何が起きたのかを解明しようとし始めた。主震のほんの数時間後に得られた最初期の情報の1つは、北スマトラからミャンマー（ビルマ）に至る弧状で1,300 kmに及ぶ大きな余震帯の図だった<sup>1</sup>。これは、インド・オーストラリアプレートが東南アジアの下に沈み込み始める場所である巨大な地殻の境界、スダ巨大断層の約25%が動いた証拠のように思われる。だが1日とたたない内に、地震の「実体」波を解析したところ動いた断層の長さは約400 kmにすぎないという報告が出された<sup>2</sup>。

巨大断層内の動いた断層の長さに関して最初のころ見られた意見の食い違いは、将来起きる可能性のある危険の程度がはっきりしないため、ベンガル湾周辺の住民に不安を与えた。巨大断層の内の400 kmだけが動いたとするならば、まだ動いていない部分が残っているためにさらなる津波が起きる可能性がある。逆に、海底の断層のほとんどが動いていたなら、その可能性は非常に小さい。

Niらは、初期の解析で動いた断層の長さがかなり短く見積もられた理由を説明し、周波数の高い(2~4Hz)地震波信号を解析した結果、動いた断層はあきらかに北方へ約1,200 kmにわたって広がっていると報告している(原著論文は3/31号 p.582を参照のこと)<sup>3</sup>。また、SteinとOkalは地震のマグニチュードに関する初期の推定値<sup>1,2</sup>はあまりにも小さすぎたと主張している(同 p.581参照)<sup>4</sup>。極めて周期の長い「正規モード」の地震波を用いて算定すると、地震のマグニチュードは9.3となり、初期の推定値である9.0よりも(地震のマグニチュード

の尺度は対数の性質を持つことを考慮に入れると)3倍大きかったという。すべりのほとんどが非常にゆっくり起きたため波長の短い地震動の記録には現れなかったのだと仮定すれば、このように極めて大きい地震の規模と、長さ1,200 kmにわたる断層に沿って起きた平均して約13 mのすべりの事実は整合する。したがって、動いた断層の長さに関する意見の違いは解決され、この長い断層沿いで別の巨大地震と津波が起きる可能性を心配する必要はないと彼らは主張する。

今回の2つの報告<sup>3,4</sup>は、今世紀もっとも重要な地震の1つに数えられることが確実な今回の地震に関して発表された、最初の解析の一部である。今後1年か2年の間は、何が起きたかを検討するのに新しい観測技術と解析が駆使され、また最新の地球科学の学際的な研究が次々となされるだろう<sup>5</sup>。数ヶ月後経てば、今回の地震についてもっと多くのことが分かり始めるはずだ。大きく隆起・沈降した海岸線の衛星画像や現場計測(図1)<sup>6,7</sup>、全地球測位システムの測地点の動き<sup>8</sup>、さらに津波の記録によって、各地域で動いた断層の広がりやマグニチュードの大きさ、そしてすべりの順序も絞り込める。これらは津波の解明においても欠くことのできないものだ。

スマトラ島最北端とミャンマーの間の巨大断層が動いて今回の千年に一度の巨大地震が起きたとするならば、ベンガル湾で別の巨大地震と津波が近い将来起こる可能性を懸念すべき理由はあるだろうか? McCloskeyらは、2004年の巨大な断層の動きによってさらに南にある2つの大きな断層に加えられた応力を推定し、1つの回答を出した<sup>9</sup>。すぐ南にあるスダ巨大断層のスマトラ島北部沖の部分は今にも壊れそうに思える。バンダ・アチェからスマトラ本島の山脈にかけて走るサンアンド



**図1 隆起の証拠**——ここでは約1.5 m 隆起した。この航空写真はアチェ-アンダマン地震を引き起こした巨大断層の南端上にあるシメル島南西岸に現れた新しい陸地を示している。幅の広い縞状の土地はかつて珊瑚礁だったところで、かつて海浜だった場所(図の最も左側)は高くなり乾いたままである。上図では元々あったサンゴが、地震の間に約1 m 隆起した隣接するサンゴ礁とぶつかっている。

レアス断層に似たスマトラ断層にほど近い部分も同様である。

となると、2004年に起こった断層の動きによってこれら2つの断層が壊れる時期がどの程度早まったかが重要な問題になってくる。しかし、これらの断層の過去の歴史がもう少し詳しく明らかになるまでは実際のところかわからないだろう。この巨大断層のスマトラ島部分がどのように構造的に分割されるのか、過去にどのような動きがあったのかを知る必要があるだろう。たとえば、2004年に動いた断層のすぐ南では、歴史的な文献から1861年と1907年に大きな地震があったと思われる<sup>10</sup>。これらの断層の動きは具体的に巨大断層のどこで起こったのか、そしてどの程度の頻度でどのくらい定期的に繰り返されているのか？ 古地震のデータは、赤道の南1°から5°というベンガル湾からは遠い長さ700 kmの部分についてしか利用できない。この地域では巨大な地震と津波が約200年から230年おきに、時には単一の巨大地震として、時には1797年と1833年に起きたような比較的時間隔の短い2つの連続した地震として起こっている<sup>11,12</sup>。

2004年に動いた断層の北側にある大断層もまた危険である。この断層は北へさらに1,000 km 延びており、ミャンマー西岸の北部からバングラデシュをかなり過ぎたヒマラヤ山脈の東端まで続いている。その長い歴史のほとんどは知られておらず、将来起こるふるまいについて意味ある評価はできない。さらに、インドがヒマラヤ

山脈の下に沈み込んでいる巨大な衝上断層の長い部分は数百年にわたって断層の動きがなく、2004年に動いた断層から1~3断層長離れているだけである。

大きな地震が時には集中して起きることは覚悟されてよい(たとえば、20世紀に10回発生した大地震のうち7回は1950年から1965年の間に起こっており、5回は北太平洋縁辺で起こっている)<sup>13</sup>。アチェ-アンダマン近辺の大断層の多くは非常に長いあいだ休眠状態だったので、最近起こった巨大地震と津波がインドプレートの不規則な北方への移動の結果として21世紀中に起きる唯一の大災害だったわけではないと考えるのは決して間違いではない。

カリフォルニア工科大学(米)、Kerry Sieh

1. [http://neic.usgs.gov/neis/poster/2004/20041226\\_image.html](http://neic.usgs.gov/neis/poster/2004/20041226_image.html)
2. [www.gps.caltech.edu/~jichen/Earthquake/2004/aceh/aceh.html](http://www.gps.caltech.edu/~jichen/Earthquake/2004/aceh/aceh.html); [www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo\\_Note](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo_Note) (in Japanese).
3. Ni, S., Kanamori, H. & Helmberger, D. *Nature* **434**, 582 (2005).
4. Stein, S. & Okal, E. A. *Nature* **434**, 581–582 (2005).
5. Committee on the Science of Earthquakes *Living on an Active Earth: Perspectives on Earthquake Science* (Nat'l Academies Press, Washington DC, 2002).
6. [www.tectonics.caltech.edu/sumatra/main/data.html](http://www.tectonics.caltech.edu/sumatra/main/data.html)
7. Bilham, R. Preprint at <http://cires.colorado.edu/~bilham>
8. [www.seires.net/content/view/full/122/52](http://www.seires.net/content/view/full/122/52)
9. McCloskey, J., Nalbant, S. S. & Steacy, S. *Nature* **434**, 291 (2005).
10. Newcomb, K. R. & McCann, W. R. *J. Geophys. Res.* **92**, 421–439 (1987).
11. Sieh, K., Natawidjaja, D., Chlieh, M., Galetzka, J. & Avouac, J.-P. *Trans. Am. Geophys. Un. Fall Meet. Suppl.* Abstr. T12B-04 (2004).
12. Zachariasen, J., Sieh, K., Taylor, F.W., Edwards, R. L. & Hantoro, W. S. *J. Geophys. Res.* **104**, 895–919 (1999).
13. Kanamori, H. *Nature* **271**, 411 (1978).