

12-7 1960 年チリ地震 (Mw 9.5) の履歴と余効変動

History and postseismic deformation of the 1960 Chile earthquake (Mw 9.5)

産業技術総合研究所 宍倉正展

Geological Survey of Japan/AIST, Masanobu SHISHIKURA

1. はじめに

1960 年 5 月 22 日にチリ中南部沖で発生した地震は、モーメントマグニチュード 9.5 に達し、史上最大とされる超巨大地震である¹⁾。この地震による津波はチリ沿岸だけでなく、太平洋を伝ってハワイや日本などの沿岸各地にも到達し、被害をもたらした。このような超巨大地震、津波について、その履歴や地殻変動を解明することは、地震サイクルや沈み込み帯のプロセスを理解する上で重要である。特に 1960 年から最近までの期間における余効変動の実態解明は、同じ M9 クラスの地震である 2011 年東北地方太平洋沖地震について、今後の余効変動の推移を検討する上で重要な情報となる。そこで本稿では津波堆積物調査などに基づいた履歴と現地での聞き取り調査による余効変動の傾向について報告する。

2. 津波堆積物等から復元される履歴

1960 年チリ地震の破壊領域は南北約 1000 km におよぶが、その範囲内では歴史上、1575 年、1737 年、1837 年に大きな地震の記録があり²⁾、おおよそ 100~150 年に 1 度の間隔で地震が発生している。しかし、揺れや津波の大きさ、地変の有無などを比べると、1575 年の地震が他の地震に比べて規模が大きいことがうかがえる³⁾ (第 1 図)。

1575 年より前は入植前のため記録がなく、地形、地質の証拠に頼ることになる。そこで津波堆積物の詳細な調査が、1960 年の破壊領域のちょうど中間付近に位置する Maullin において 2000 年代中盤に行われた³⁾。この調査はチリの大学と米国地質調査所が中心となっていて行われ、産総研も参加した。調査地は河口干潟~塩性湿地の環境にあり、そこでの多数のトレンチ掘削から 1960 年の津波を含む合計 8 回分の地震、津波の痕跡が発見された。最も古いイベントは 2000 年前頃であり、平均するとおおよそ 300 年間隔で、地層に痕跡を残す規模 (1960 年チリ地震と同程度) の地震が発生していることがわかる (第 2 図)。また 1960 年の 1 回前のイベントは、津波堆積物の年代からみて 1837 年や 1737 年の地震ではなく、1575 年の地震に対比されると考えられる。

津波堆積物以外に湖底地すべり堆積物から古地震の履歴を復元する試みもヨーロッパの研究チームによって行われている^{4,5)}。チリ中南部の内陸には南北に湖が点在しているが、そのうちのいくつかで音波探査と湖底コア採取を行い、湖底地すべりに起因する堆積物を検出したところ、イベントは 500~2000 年間隔 (平均 1000 年間隔) で発生していることが解明された。湖底地すべりが必ずしも地震動に起因するとは限らないが、津波堆積物と比較すると、頻度は低いものの 1960 年の 1 回前は 1575 年の地震で一致している。

3. 聞き取り調査に基づく余効変動

1960 年チリ地震の地震時およびそれ以降の変動の量とその時空間的变化を明らかにするため、産総研は、チリのバルパライソ・カトリック大学と共同で、2004-2006 年に現地調査を行った⁶⁾。調査方法は、チリ地震を体験し、記憶にとどめている海辺の住人に、地震前の高潮位の位置がどこにあったかを示してもらい、現在の高潮位との高度差を計測して海面変化量を見積もった。この変化量

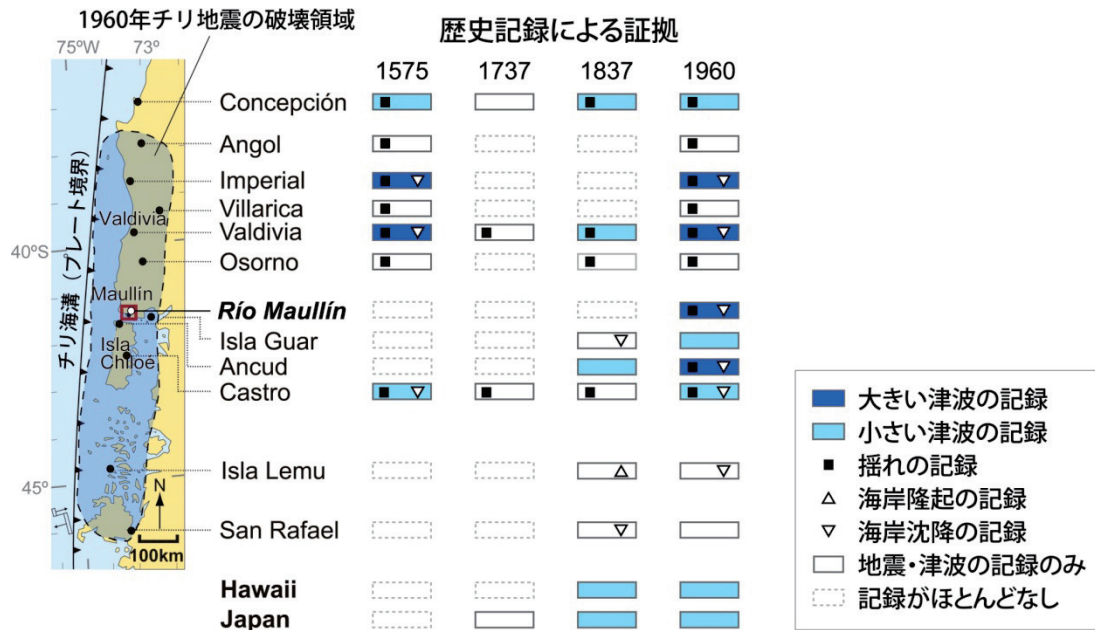
が、地震時およびそれ以降継続している地殻変動量の総和とみなした。

地震時の変動は、チリ中南部太平洋岸沿いで沈降したことが明らかになっている（第3図）⁷⁾。我々の調査の結果、この沈降域では地震後、顕著な変動は生じていないことが明らかになった。しかし一方で、現在の海面とほぼ同レベルに1000年前頃の海面を示す潮間帯の堆積物が分布していることがこの地域の露頭で確認された。すなわち長期的にみると一方的に沈んでいるわけではない。したがって今後隆起する可能性も考えられる。

沈降域より東では、地震より後に余効変動で大きく隆起したことが明らかになった（第3図）。最大値はChamizaという場所で、調査時までの44年間の累積で2.1 mである。隆起量はそこから東へ徐々に小さくなり、Cochamoという場所で0.9 mと計測された。聞き取り証言によれば、これら隆起した地点の多くは地震時に変動したのではなく、地震後1ヶ月～1年で急速に隆起し、その後もゆっくりと隆起してきたらしい。しかし最東端のCochamo周辺では、地震後の短期間での隆起はなく、ずっと緩慢な隆起であったことがわかった。これらの時間差や隆起量の違いは、プレート境界の深部延長の余効すべり⁸⁾と粘弾性緩和⁹⁾が複雑に関係している可能性がある。なお余効変動の隆起域では、過去からの隆起の累積を示すような段丘地形は確認できず、1000年前頃の河口干潟の堆積物が、現在の海面に近いレベルで観察された。すなわち今後隆起運動は収束し、いずれ沈降に転ずることも予想される。これを裏付けるように最近海面が上昇しているという証言（沈降している可能性）も得られ、Puerto Monttという場所の検潮データもこの現象を支持している。

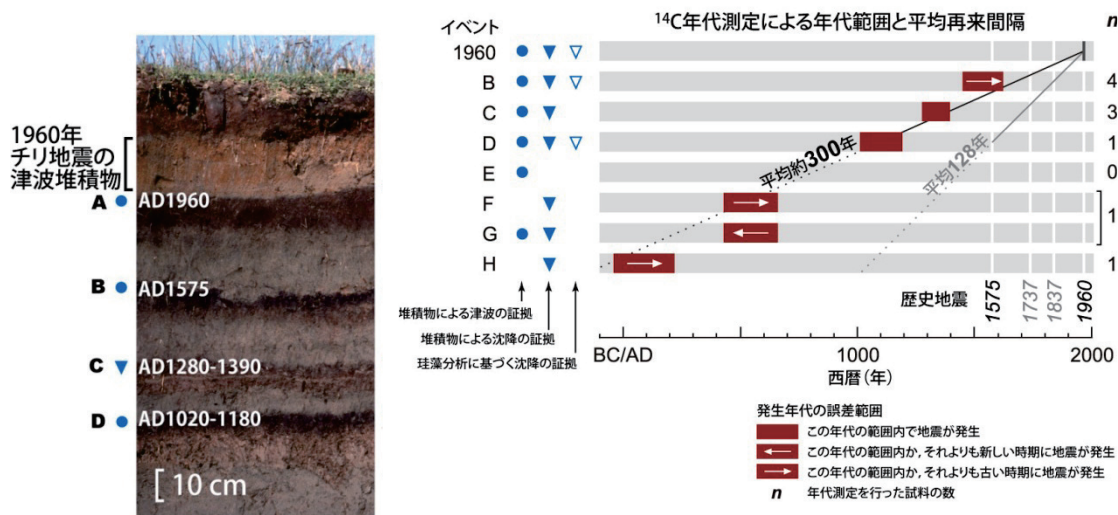
参考文献

- 1) Kanamori, H.: The energy release in great earthquakes. *J. Geophys. Res.* **82**, 2981-2987, (1977) .
- 2) Lomnitz, C.: Major earthquakes of Chile: a historical survey, 1535-1960, *Seism. Res. Lett.*, **59**, 938-960, (2004).
- 3) Cisternas, M., Atwater, B., Torrejon, F., Sawai, Y., Machuca, G., Lagos, M., Eipert, A., Youlton, C., Salgado, I., Kamataki, T., Shishikura, M., Rajendran, C.P., Malik, J., Rizal, Y., Husni, M.: Predecessors of the giant 1960 Chile earthquake. *Nature*, vol. 437, 404-407, (2005).
- 4) Moernaut, J., De Batist, M., Charlet, F., Heirman, K., Chapron, E., Pino, M., Brummer, R., Urrutia, R.: Giant earthquakes in South-Central Chile revealed by Holocene mass-wasting events in Lake Puyehue, *Sedimentary Geology*, **195**, 239-256, (2007).
- 5) Moernaut, J., De Batist, M., Heirman, K., Van Daele, M., Pino, M., Brummer, R., Urrutia, R.: Fluidization of buried mass-wasting deposits in lake sediments and its relevance for paleoseismology: Results from a reflection seismic study of lakes Villarrica and Calafquen (South-Central Chile), *Sedimentary Geology*, **213**, 121-135, (2009).
- 6) 宍倉正展・鎌滝孝信・澤井祐紀・佐竹健治・Marco Cisternas・Brian Atwater・Christian Youlton : チリ中南部における古地震・古津波調査—2003年, 2004年調査報告—, 活断層・古地震研究報告, **4**, 265-280, (2004) .
- 7) Plafker, G. and Savage, J. C.: Mechanism of the Chilean earthquakes of May 21 and 22, 1960. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **81**, 1001-1030, (1970).
- 8) Barrientos, S. E., G. Plafker and E. Lorca: Postseismic coastal uplift in southern Chile. *Geophys. Res. Lett.*, **19**, 701-704, (1992).
- 9) Hu, Y., K. Wang, J. He, J. Klotz and G. Khazaradze: Three-dimensional viscoelastic finite element model for post-seismic deformation of the great 1960 Chile earthquake. *J. Geophys. Res.*, **109**, B12403, doi:10.1029/2004JB003163, (2004).



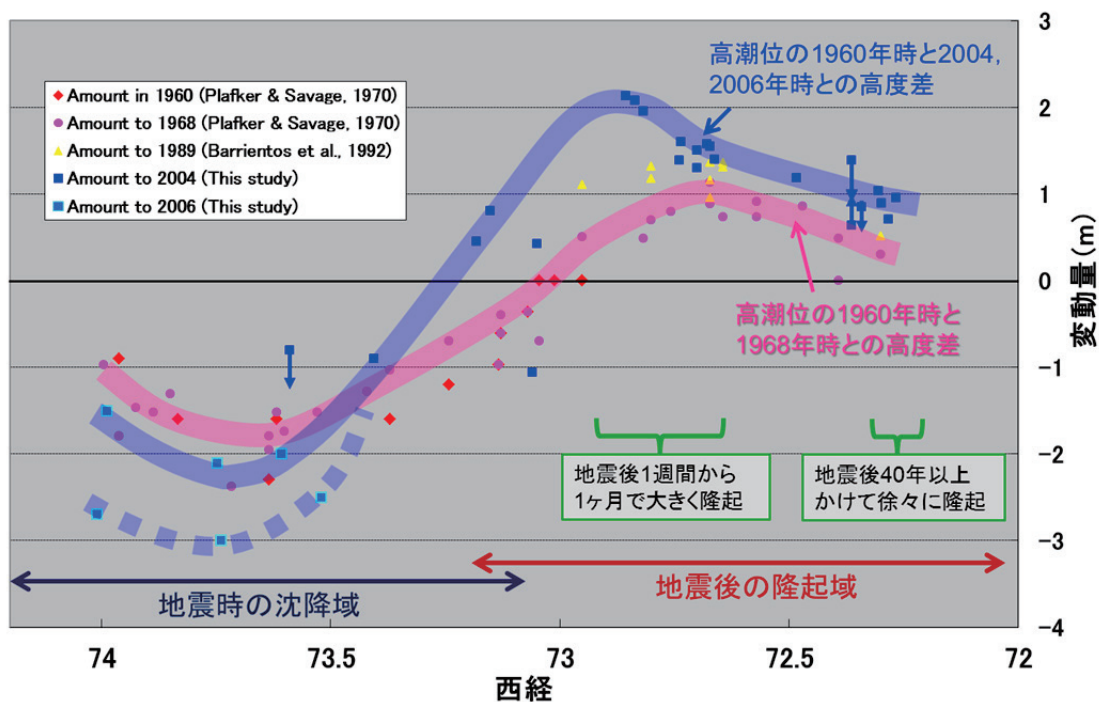
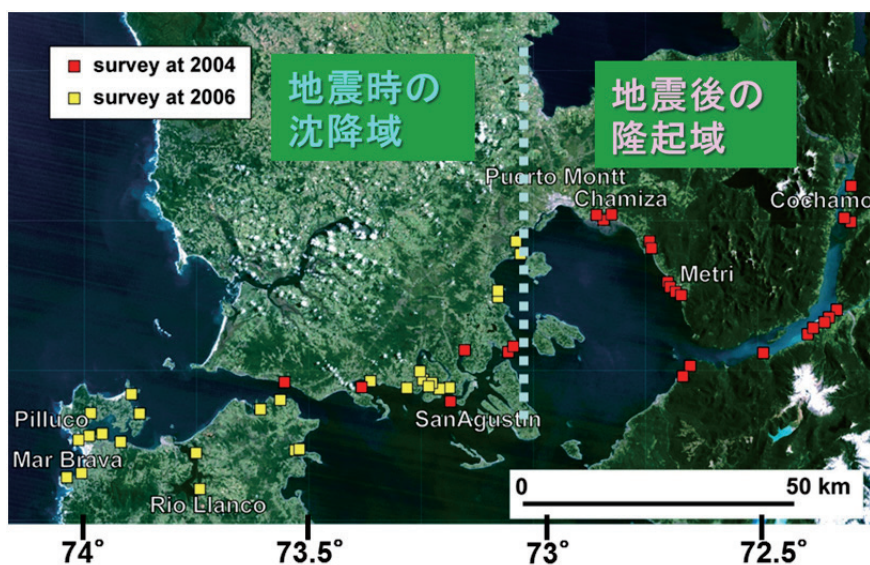
第 1 図 1960 年チリ地震の破壊領域とその沿岸各地における歴史地震の揺れ，津波，地変．
Cisternas et al. (2005)³⁾に基づく．

Figure 1. Fault rupture area of the 1960 Chile earthquake, and ground shaking, tsunami and land level change associated with historical earthquakes. Based on Cisternas et al. (2005).



第 2 図 Maullín において観察される津波堆積物とその履歴． Cisternas et al. (2005)³⁾に基づく．

Figure 2. Tsunami deposit observed in Maullín and its history. Based on Cisternas et al. (2005).



第3図 チリ中南部において聞き取り調査を行った地点（上）と得られた証言に基づいて計測した1960年チリ地震直前の高潮位レベルの調査時点での高度分布（下）。宍倉ほか（2004）^{6）}に加筆。

Figure 3. Survey points of interview to local residents in South-Central Chile(upper map), and height distributions of the high water level just before the 1960 Chile earthquake, which were measured based on obtained testimonies (lower figure). Added data to Shishikura et al. (2004)⁶⁾