

恩賜
日本学士院賞
受賞者
小原 一成



専攻学科目 地震学

生年 昭和三四年二月
略歴 昭和五八年三月
同 六〇年三月
同 六〇年四月
平成 四年二月

東北大学理学部天文及び地球物理学科第二卒業
東北大学大学院理学研究科博士課程前期修了
国立防災科学技術センター（現・防災科学技術研究所）研究員
博士（理学）（東北大学）
防災科学技術研究所主任研究員
防災科学技術研究所防災研究情報センター高感度地震観測管理室長
防災科学技術研究所地震観測データセンター長
東京大学地震研究所教授（現在に至る）
東京大学地震研究所長（平成三一年三月まで）

博士(理学)小原一成氏の「プレート境界 における深部低周波微動の発見とスロー 地震学への発展」に対する授賞審査要旨

小原一成氏の業績の中核をなすものは、プレート境界上の深部における低周波微動というそれまで知られていたものと異なるタイプの地震現象「スロー地震」を発見し、それをきっかけに多様なスロー地震を次々と発見して「スロー地震学」という新分野を創り出したことである。ここに言うスロー地震とは、地殻中に断層を生じてその両面が滑る点では既に知られている地震と共通であるが、滑り速度が極端に遅い現象である。

小原氏は修士修了後(当時の)科学技術庁傘下の国立防災科学技術センター(現在の防災科学技術研究所)・研究員の職に就いた。同研究所では一九九五年に発生した阪神・淡路大震災を契機に画期的な地震観測網の整備がなされ、その一つである「Hi-net」と呼ばれる高感度地震観測網は、観測地点数が八〇〇余り、ほぼ二〇km間隔で日本全土を覆い、地震動のデータはリアルタイムで同研究所に集められている。

小原氏は、当時 Hi-net の整備に携わりデータ処理システム構築の責任者として数百もの観測点の波形データを日々監視する中で微弱な振動に注目し、それが人為的ノイズなどではなく地殻の深部から放射されている低周波の自然の振動(地震)であることを明らかにした。今や深部低周波微動と呼ばれるこの現象は、通常の地震とは異なり P 波・S 波の識別が困難で震源までの距離を求めることが出来ないため、新たに複数観測点における波形振幅の包絡線形状の相関関係に基づく振動源決定法を考案して初めて明らかになったものである。

この深部低周波微動の発生域は、西南日本の深さ三〇〜四〇km、南から沈み込むフィリピン海プレートの等深線に平行に東西方向の長さ約六〇〇kmにわたり、その南限は「南海トラフ巨大地震」を引き起こす断層の北限とほぼ一致することが示された。その後、南海トラフ近傍の浅い側(南側)にも同様のスロー地震現象が見出された。

これらの発見により、西南日本では大地震発生域を挟む南北両側でスロー地震が起こることによって地殻内部応力が緩和し、結果その間にある大地震発生域に応力が集中する過程が示唆された。現在、この考えのもとに計算機シミュレーションによる研究が活発に行われている。

二〇〇二年に小原氏による最初の研究が *Science* 誌に発表されると世界の関連学界は衝撃をうけて同様な現象の探索が直ちに始められ、この現象が環太平洋の地震帯に共通するものであることが確かめられた。

さらに小原氏と共同研究者は、数日間をかけてプレートがゆっくりずれ動く「短期的スロースリップイベント」及び「低周波微動」よりは長周期の振動現象である「超低周波地震」が同時発生することを発見し、さらにこれらスロー地震の発生がプレート境界深部での逆断層滑り現象に他ならないことを明らかにした。

一連の研究成果として、最初の論文発表以降の二〇年間に小原氏と小原氏の共同研究者により七編の顕著な論文が *Science* 誌に発表された。これらの研究成果は、社会的観点では、南海トラフ地震など大地震の発生に影響すると考えられるため国の巨大地震の発生予測でも考慮され、防災対策にも取り入れられている。

また、学問的な面では地震現象が従来考えられていたよりもはるかに豊かな裾野を持つ現象であることが認識され、こうした認識のもと新たに生まれた「スロー地震学」は今、分野融合的・学際的な理解への途を進みつつある。

右記のような優れた業績により小原氏は日本地震学会賞をはじめ国内外から数多くの賞を受賞し、米国地球物理学連合フェロー、同

グーテンベルクレクチャーにも選ばれている。

以上説明したように小原一成氏による新しいタイプの地震の発見は近年の地球科学上における重要な出来事であり、日本学士院賞を授賞するにふさわしいと判断される。

主要論文リスト

1. K. Obara and H. Sato, Existence of an S wave reflector near the upper plane of the double seismic zone beneath the southern Kanto District, Japan. *J. Geophys. Res.*, 93, 15037–15045, 1988.
2. K. Obara, Regional extent of the S wave reflector beneath the Kanto district, Japan. *Geophys. Res. Lett.*, 16, 839–842, 1989.
3. K. Obara and H. Sato, Regional differences of random inhomogeneities around the volcanic front in the Kanto-Tokai area, Japan, revealed from the broadening of S wave seismogram envelopes. *J. Geophys. Res.*, 100, 2103–2121, 1995.
4. K. Obara, Simulations of anomalous seismogram envelopes at coda portions. *Phys. Earth Planet. Interior*, 104, 109–125, 1997.
5. K. Obara, Hi-net: High sensitivity seismograph network, Japan. *Lec. Notes Earth Sc.*, 98, 79–87, 2002.
6. K. Obara, Nonvolcanic deep tremor associated with subduction in Southwest Japan. *Science*, 296, 1679–1681, 2002.
7. K. Obara, H. Hirose, F. Yamamizu and K. Kasahara, Episodic slow slip events accompanied by non-volcanic tremors in southwest Japan subduction zone. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L23602, 2004.
8. K. Obara, Y. Haryu, Y. Ito and K. Shiomi, Low frequency events occurred during the sequence of aftershock activity of the 2003 Tokachi-Oki earthquake;

- a dynamic process of the tectonic erosion by subducted seamount. *Earth Planets Space*, 56, 347–351, 2004.
9. K. Obara, K. Kasahara, S. Hori and Y. Okada, A densely distributed high-sensitivity seismograph network in Japan: Hi-net by National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention. *Rev. Sci. Instrum.*, 76, 021301, 2005.
 10. K. Obara and Y. Ito, Very low frequency earthquakes excited by the 2004 off the Kii peninsula earthquakes: A dynamic deformation process in the large accretionary prism Earth Planets Space, 57, 321–326, 2005.
 11. H. Hirose and K. Obara, Repeating short- and long-term slow slip events with deep tremor activity around Bungo channel region, southwest Japan. *Earth Planets Space*, 57, 961–972, 2005.
 12. Y. Ito and K. Obara, Dynamic deformation of the accretionary prism excites very-low-frequency earthquakes. *Geophys. Res. Lett.*, 33, L02311, 2006.
 13. K. Obara and H. Hirose, Non-volcanic deep low-frequency tremors accompanying slow slips in the southwest Japan subduction zone. *Tectonophysics*, 417, 33–51, 2006.
 14. H. Hirose and K. Obara, Short-term slow slip and correlated tremor episodes in the Tokai region, central Japan. *Geophys. Res. Lett.*, 33, L17311, 2006.
 15. Y. Ito, K. Obara, K. Shiomi, S. Sekine and H. Hirose, Slow earthquakes coincident with episodic tremors and slow slip events. *science*, 315, 503–506, 2007.
 16. Y. Asano, K. Obara and Y. Ito, Spatiotemporal distribution of very-low frequency earthquakes in Tokachi-oki near the junction of the Kuril and Japan trenches revealed by using array signal processing. *Earth Planets Space*, 60, 871–875, 2008.
 17. K. Obara and T. Maeda, Reverse propagation of T waves from the Emperor seamount chain. *Geophys. Res. Lett.*, 36, L08304, 2009.
 18. K. Obara and K. Shiomi, Underground structural anomalies and slow earthquake activities around seismogenic megathrust earthquake zone as revealed by inland seismic observations. *J. Disaster Res.*, 4, 83–93, 2009.
 19. K. Obara, Inhomogeneous distribution of deep slow earthquake activity along the strike of the subducting Philippine Sea Plate. *Gondwana Res.*, 16, 512–526, 2009.
 20. K. Obara and S. Sekine, Characteristic activity and migration of episodic tremor and slow-slip events in central Japan. *Earth Planets Space*, 61, 853–862, 2009.
 21. T. Maeda and K. Obara, Spatiotemporal distribution of seismic energy radiation from low-frequency tremor in western Shikoku, Japan. *J. Geophys. Res.*, 114, B00A09, 2009.
 22. Y. Ito, K. Obara, T. Matsuzawa and T. Maeda, Very low frequency earthquakes related to small asperities on the plate boundary interface at the locked to aseismic transition. *J. Geophys. Res.*, 114, B00A13, 2009.
 23. T. Matsuzawa, K. Obara and T. Maeda, Source duration of deep very low frequency earthquakes in western Shikoku, Japan. *J. Geophys. Res.*, 114, B00A11, 2009.
 24. K. Obara, Phenomenology of deep slow earthquake family in southwest Japan: Spatiotemporal characteristics and segmentation. *J. Geophys. Res.*, 115, B00A25, 2010.
 25. K. Obara and M. Matsuura, Reverse propagation of surface waves reflected from a sea mountain range in the northwestern Pacific. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 100, 1342–1349, 2010.
 26. K. Obara, T. Maeda, S. Tanaka and T. Matsuzawa, Depth-dependent activity of non-volcanic tremor in southwest Japan. *Geophys. Res. Lett.*, 37, L13306, 2010.
 27. S. Aoi, B. Eneacu, W. Suzuki, Y. Asano, K. Obara, T. Kunugi and K. Shiomi, Stress transfer in the Tokai subduction zone from the 2009 Suruga Bay earthquake in Japan. *Nature Geosci.*, 3, 496–500, 2010.

28. H. Hirose and K. Obara, Recurrence behavior of short-term slow slip and correlated non-volcanic tremor episodes in western Shikoku, southwest Japan. *J. Geophys. Res.*, 115, B00A21, 2010.
29. H. Kimura, T. Takeda, K. Obara and K. Kasahara, Seismic evidence for active underplating below the megathrust earthquake zone in Japan. *Science*, 329, 210–212, 2010.
30. H. Hirose, Y. Asano, K. Obara, T. Kimura, T. Matsuzawa, S. Tanaka and T. Maeda, Slow earthquakes linked along dip in the Nankai subduction zone. *Science*, 330, 1502, 2010.
31. K. Obara, T. Matsuzawa, S. Tanaka, T. Kimura and T. Maeda, Migration properties of non-volcanic tremor in Shikoku, southwest Japan. *Geophys. Res. Lett.*, 38, L09311, 2011.
32. K. Obara, Characteristics and interactions between non-volcanic tremor and related slow earthquakes in the Nankai subduction zone, southwest Japan. *J. Geodynamics*, 52, 229–248, 2011.
33. T. Maeda, K. Obara, T. Furumura, and T. Saito, Interference of long-period seismic wavefield observed by dense Hi-net array in Japan. *J. Geophys. Res.*, 116, B10303, 2011.
34. A. Kato, K. Obara, T. Igarashi, H. Tsunokawa, S. Nakagawa and N. Hirata, Propagation of slow slip leading up to the 2011 Mw 9.0 Tohoku-Oki Earthquake. *Science*, 335, 6069, 705, 2012.
35. K. Obara, T. Matsuzawa, S. Tanaka and T. Maeda, Depth-dependent mode of tremor migration beneath Kii Peninsula, Nankai subduction zone. *Geophys. Res. Lett.*, 39, L10308, 2012.
36. K. Obara, New detection of tremor triggered in Hokkaido, northern Japan by the 2004 Sumatra-Andaman earthquake. *Geophys. Res. Lett.*, 39, L20305, 2012.
37. T. Matsuzawa, K. Obara, T. Maeda, Y. Asano, and T. Saito, Love and Rayleigh wave microseisms excited by migrating ocean swells in the North Atlantic detected in Japan. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 102, 4, 1864–1871, 2012.
38. A. Kato, and K. Obara, Step-like migration of early aftershocks following the 2007 Mw 6.7 Noto-Hanto earthquake. *Japan. Geophys. Res. Lett.*, 41, 3864–3869, 2014.
39. K. Obara, Contribution of slow earthquake study for assessing the occurrence potential of megathrust earthquakes. *J. Disaster Res.*, 9, 317–329, 2014.
40. Y. Asano, K. Obara, T. Matsuzawa, H. Hirose and Y. Ito, Possible shallow slow slip events in Hyuga-nada, Nankai subduction zone, inferred from migration of very-low-frequency earthquakes. *Geophys. Res. Lett.*, 42, 331–338, 2015.
41. Y. Yamashita, H. Yakiwara, Y. Asano, H. Shimizu, K. Uchida, S. Hirano, K. Umakoshi, H. Miyamachi, M. Nakamoto, M. Fukui, M. Kamizono, H. Kanehara, T. Yamada, M. Shinohara, K. Obara, Migrating tremor off southern Kyushu as evidence for slow slip of a shallow subduction interface. *Science*, 348, 676–679, 2015.
42. T. Matsuzawa, Y. Asano and K. Obara, Very low frequency earthquakes off the Pacific coast of Tohoku, Japan. *Geophys. Res. Lett.*, 42, 4318–4325, 2015.
43. A. A. Delorey, K. Chao, K. Obara, P. A. Johnson, Cascading elastic perturbation in Japan due to the 2012 Mw 8.6 Indian Ocean earthquake. *Sci. Adv.*, 1, e1500468, 2015.
44. K. Obara and A. Kato, Connecting slow earthquakes to huge earthquakes. *Science*, 353, 253–257, 2016.
45. K. Chao and K. Obara, triggered tectonic tremor in various types of fault systems of Japan following the 2012 Mw 8.6 Sumatra Earthquake. *J. Geophys. Res.*, 121, 170–187, 2016.
46. R. Takagi, K. Obara and T. Maeda, Slow slip event within a gap between tremor and locked zones in the Nankai subduction zone. *Geophys. Res. Lett.*, 43, 1066–1074, 2016.

47. S. Annoura, K. Obara and T. Maeda, Total energy of deep low-frequency tremor in the Nankai subduction zone, southwest Japan. *Geophys. Res. Lett.*, 43, 2562–2567, 2016.
48. K. Obara, Characteristic activities of slow earthquakes in Japan. *Proc. Jpn. Acad. Ser. B*, 96, 297–315, 2020.
49. R. Kurihara and K. Obara, Spatiotemporal characteristics of relocated deep low-frequency earthquakes beneath 52 volcanic regions in Japan over an analysis period of 14 years and 9 months. *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 126, e2021JB022173, 2021.
50. S. Baba, K. Obara, S. Takemura, A. Takeo and G. A. Abers, Shallow slow earthquake episodes near the trench axis off Costa Rica. *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 126, e2021JB021706, 2021.
51. C. Aiken and K. Obara, Data-driven clustering reveals more than 900 small magnitude slow earthquakes and their characteristics. *Geophys. Res. Lett.*, 48, e2020GL091764, 2021.

著書

小原一成「どんな地震だったのか——東北地方太平洋沖地震の地球科学的背景、概要と影響」。佐竹健治・堀 宗朗（編著）『東日本大震災の科学』（二〇一二年、東京大学出版会）114–140頁。