

井出 哲 博士の研究業績概要

井出 哲 博士はこれまで、データ解析や数値シミュレーションの手法を用いることによって、地震の震源で起きている現象を様々な角度から研究してきた。その主な研究成果は、以下の3つに大別される。

1. 地震の動的破壊プロセスの解明

地下の岩盤の破壊を伴う摩擦すべりである地震を理解するには、地下で何が起きたかを正確に知る必要がある。井出博士は、そのための手法である「断層すべりインバージョン法」を開発し、様々な地震に適用してきた。さらに単純なデータ解析にとどまらず、断層すべりモデルと地震時の応力条件、破壊・摩擦法則との関係を詳細に研究し、モデルから摩擦法則を推定する方法[7]、エネルギーバランスを評価する方法[13]を開発してきた。地震を動的プロセスとして理解できることは、個々の地震の本質を理解する際に有利である。この観点から、東北沖地震後、直ちにこの地震の本質的特徴（複数の破壊の位置、海溝近傍の大きな破壊すべり、周波数依存する二面性）を解明することができた[51]。

2. 地震のスケール法則の解明

井出博士は極微小地震から超巨大地震まで、自らデータを分析し地震の性質を明らかにしてきた[6-10, 18, 21]。特に、地震波動エネルギーと地震モーメントの比がマグニチュード-3から8の範囲で一定と見なせることを示した論文[11]は、地震のエネルギー効率に関する代表的研究として多数の引用を受けている。また、地震が微小サイズから巨大地震まで成長する際の時間発展を詳細に分析する手法を開発し[31]、巨大地震の成長プロセス自体がスケールに依存しない可能性を指摘した[38]。これらの研究から、地震は不均質ながらも幅広いスケール不変性を持つ現象であることを示唆するとともに、これが井出博士らの提案した階層的不均質モデル[23, 39]によって矛盾無く説明できることを示した。このモデルは東北沖地震についても有効であることが証明され[53, 57]、地震学研究の新しいパラダイムとして注目されている。

3. 「ゆっくり地震」の震源プロセスの解明

井出博士は、21世紀になって世界中で発見された「ゆっくり地震」についても革新的な研究を行い、この現象が沈み込むプレートのすべり運動を反映したものであることを突き止めるとともに[26, 27, 29]、様々な現象の地震モーメント率が一定[30]、エネルギー放出率が一定[34]であるという2つのスケール法則を発見し、様々な現象が一つの確率過程に従うシステムの異なる周波数帯域での観察結果である可能性を示した[36]。さらに、一般化した微動推定手法を用いて世界各地における微動を解析し、沈み込み帯の普遍的な理解への道を開いた[42, 55]。また、微動の分布や移動様式と過去数百万年のプレート運動の対応を明らかにし、微動の分布から長い時間スケールの変動や大規模構造の議論が可能であることを指摘した[42]。

以上のように、井出博士は、地震科学分野で、多くの優れた研究成果を挙げており、国内外から極めて高い評価を受けている。また、教育面においても、多数の講義、演習を担当するとともに、学部生、大学院生への熱意溢れる指導にも定評があり、理論と観測の両面から高度な教育活動を展開できる人材として、高く評価されている。

研究業績リスト

氏名 井出 哲

(1) Refereed Journal

1. Ide, S., F. Imamura, Y. Yoshida, and K. Abe, Source characteristics of the Nicaraguan tsunami earthquake of September 2, 1992, *Geophysical Research Letters*, 20, 863-866, 1993.
2. Imamura, F., N. Shuto, S. Ide, Y. Yoshida, and K. Abe, Estimate of the tsunami source of the 1992 Nicaraguan earthquake from tsunami data, *Geophysical Research Letters*, 20, 1515-1518, 1993.
3. Takeo, M., S. Ide, and Y. Yoshida, The 1993 Kushiro-oki, Japan, earthquake: a high stress-drop event in a subducting slab, *Geophysical Research Letters*, 20, 2607-2610, 1993.
4. Ide, S., M. Takeo, and Y. Yoshida, Source model of the 1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake determined by near-field strong-motion records, *Journal of Physics of the Earth*, 44, 649-653, 1996.
5. Ide, S., and M. Takeo, The dynamic rupture process of the 1993 Kushiro-oki earthquake, *Journal of Geophysical Research*, 101, 5661-5675, 1996.
6. Ide, S., M. Takeo, Y. Yoshida, Source process of the 1995 Kobe earthquake: determination of spatio-temporal slip distribution by Bayesian modeling, *Bulletin of Seismological Society of America*, 86, 547-566, 1996.
7. Ide, S., and M. Takeo, Determination of constitutive relations of fault slip based on seismic wave analysis, *Journal of Geophysical Research*, 102, 27379-27391, 1997.
8. Ide, S., Source process of the 1997 Yamaguchi, Japan, earthquake analyzed in different frequency bands, *Geophysical Research Letters*, 26, 1973-1976, 1999.
9. Wu, C., M. Takeo, and S. Ide, Source process of the Chi-Chi earthquake: a joint inversion of strong motion data and Global Positioning System data with a multifault model, *Bulletin of Seismological Society of America*, 91, 1128-1143, 2001.
10. Ide, S., Complex source processes and the interaction of moderate earthquakes during the earthquake swarm in the Hida-Mountains, Japan, 1998, *Tectonophysics*, 334, 35-54, 2001.
11. Ide, S., and G. C. Beroza, Does apparent stress vary with earthquake size? *Geophysical Research Letters*, 28, 3349-3352, 2001.
12. Aoyama, H, M. Takeo, and S. Ide, Evolution mechanisms of an earthquake swarm under Hida Mountain, central Japan, in 1998, *Journal of Geophysical Research*, 107(B8), 10.1029/2001JB00540, 2002.
13. Ide, S., Estimation of radiated energy of finite-source earthquake models, *Bulletin of Seismological Society of America*, 92, 2294-3005, 2002.
14. 松澤孝紀・武尾実・井出哲・飯尾能久・伊藤久男・今西和俊・堀内茂木, 長野県西部地域における二重スペクトル比によるS波減衰の推定, *地震*, 56, 75-88, 2003.

15. Ide, S., G. C. Beroza, S. G. Prejean, and W. L. Ellsworth, Apparent break in earthquake scaling due to path and site effects on deep borehole recordings, *Journal of Geophysical Research*, *108*(B5), 2271, doi:10.1029/2001JB001617, 2003.
16. Aochi, H., and S. Ide, Numerical study on multi-scaling earthquake rupture, *Geophysical Research Letters*, *31*, L02606, doi:10.1029/2003GL018708, 2004.
17. Matsuzawa, T., M. Takeo, S. Ide, Y. Iio, H. Ito, K. Imanishi, and S. Horiuchi, S-wave energy estimation of small earthquakes in the western Nagano region, Japan, *Geophysical Research Letters*, *31*, L03602, doi:10.1029/2003GL018445, 2004.
18. Koketsu, K., K. Hikima, S. Miyazaki, and S. Ide, Joint inversion of strong motion and geodetic data for the source process of the 2003 Tokachi-oki, Hokkaido, earthquake, *Earth Planets Space*, *56*(3), 329-334, 2004.
19. Zhang H. J., C. H. Thurber, D. R. Shelly, S. Ide, G. C. Beroza, and A. Hasegawa, High-resolution subducting-slab structure beneath northern Honshu, Japan, revealed by double-difference tomography, *Geology*, *32*, 361-364, 2004.
20. Ide, S., M. Matsubara, and K. Obara, Exploitation of high-sampling Hi-net data to study seismic energy scaling: The aftershocks of the 2000 Western Tottori, Japan, earthquake, *Earth Planets Space*, *56*(9), 859-871, 2004.
21. Yamada, T., J. J. Mori, S. Ide, H. Kawakata, Y. Iio, and H. Ogasawara, Radiation efficiency and apparent stress of small earthquakes in a South African gold mine, *Journal of Geophysical Research*, *110*, B01305, doi:10.1029/2004JB003221, 2005 (Correction: *Journal of Geophysical Research*, *110*, B06301, doi:10.1029/2005JB003789, 2005).
22. Ide, S., G. C. Beroza, and J. J. McGuire, Imaging earthquake source complexity, in *Seismic Earth: Array Analysis of Broadband Seismograms*, American Geophysical Union (Washington, D.C.), *Geophysical Monograph Series 157*, 117-135, 2005.
23. Ide, S. and H. Aochi, Earthquakes as multiscale dynamic rupture with heterogeneous fracture surface energy, *Journal of Geophysical Research*, *110*, B11303, doi:10.1029/2004JB003591, 2005.
24. Venkataraman A., G. C. Beroza, S. Ide, K. Imanishi, H. Ito, and Y. Iio, Measurements of spectral similarity for microearthquakes in western Nagano, Japan, *Journal of Geophysical Research*, *111*, B03303, doi:10.1029/2004JB003834, 2006.
25. Shelly, D. R., G. C. Beroza, H. Zhang, C. H. Thurber, and S. Ide, High-resolution subduction zone seismicity and velocity structure in Ibaraki, Japan, *Journal of Geophysical Research*, *111*, B06311, doi:10.1029/2005JB004081, 2006.
26. Shelly, D. R., G. C. Beroza, S. Ide, and S. Nakamura, Low-frequency earthquakes in Shikoku, Japan and their relationship to episodic tremor and slip, *Nature*, *442*, 188-191, doi:10.1038/nature04931, 2006.
27. Ide, S., D. R. Shelly, and G. C. Beroza, The mechanism of deep low frequency earthquakes:

- Further evidence that deep non-volcanic tremor is generated by shear slip on the plate interface, *Geophysical Research Letters*, *34*, L03308, doi:10.1029/2006GL028890, 2007.
28. Yamada, T., J. J. Mori, S. Ide, R. E. Abercrombie, H. Kawakata, M. Nakatani, Y. Iio, and H. Ogasawara, Stress drops and radiated seismic energies of microearthquakes in a South African gold mine, *Journal of Geophysical Research*, *112*, B3305, doi:10.1029/2006JB004553, 2007.
 29. Shelly, D. R., G. C. Beroza, and S. Ide, Non-volcanic tremor and low-frequency earthquake swarms, *Nature*, *446*, 305-307, doi:10.1038/nature05666, 2007.
 30. Ide, S., G. C. Beroza, D. R. Shelly and T. Uchide, A scaling law for slow earthquakes, *Nature*, *447*, 76-79, doi:10.1038/nature05780, 2007.
 31. Uchide, T., and S. Ide, Development of multiscale slip inversion method and its application to the 2004 mid-Niigata Prefecture earthquake, *Journal of Geophysical Research*, *112*, B06313, doi:10.1029/2006JB004528, 2007.
 32. Shelly, D. R., G. C. Beroza, and S. Ide, Complex evolution of transient slip derived from precise tremor locations in western Shikoku, Japan, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, *8*, Q10014, doi:10.1029/2007GC001640, 2007.
 33. Ide, S., Dynamic rupture propagation on a 2D fault with fractal frictional properties, *Earth Planets Space*, *59*(10), 1099-1109, 2007.
 34. Ide, S., K. Imanishi, Y. Yoshida, G. C. Beroza, and D. R. Shelly, Bridging the gap between seismically and geodetically detected slow earthquakes, *Geophysical Research Letters*, *35*, L10305, doi:10.1029/2008GL034014, 2008.
 35. Ohta, K., and S. Ide, A precise hypocenter determination method using network correlation coefficients and its application to deep low-frequency earthquakes, *Earth Planets Space*, *60*, 877-882, 2008.
 36. Ide, S, A Brownian walk model for slow earthquakes, *Geophysical Research Letters*, *35*, L17301, doi:10.1029/2008GL034821, 2008.
 37. Yamada, T., and S. Ide, Limitation of the predominant-period estimator for earthquake early warning and the initial rupture of earthquakes, *Bulletin of Seismological Society of America*, *98*, 2739-2745, 2008.
 38. Uchide, T., S. Ide, and G. C. Beroza, Dynamic high-speed rupture from the onset of the 2004 Parkfield, California, earthquake, *Geophysical Research Letters*, *36*, L04307, doi:10.1029/2008GL036824, 2009.
 39. Aochi, H., and S. Ide, Complexity in earthquake sequences controlled by multiscale heterogeneity in fault fracture energy, *Journal of Geophysical Research*, *114*, B03305, doi:10.1029/2008JB006034, 2009.
 40. 井出哲, 地震発生過程のスケール依存性, *地震2, 60周年特集号* S329-S338, 2009.
 41. Brown, J. R., G. C. Beroza, S. Ide, Ohta, K., Shelly, D. R., Schwartz, S. Y., Rabbel, W., Thorwart, M., and Kao, H. Deep low-frequency earthquakes in tremor localize to the plate

- interface in multiple subduction zones, *Geophysical Research Letters*, 36, L19306, doi:10.1029/2009GL040027, 2009.
42. Ide, S., Striations, duration, migration and tidal response in deep tremor, *Nature*, 466, 356-359, doi:10.1038/nature09251, 2010.
 43. Ide, S., Quantifying the time function of nonvolcanic tremor based on a stochastic model, *Journal of Geophysical Research*, 115, B08313, doi:10.1029/2009JB000829, 2010.
 44. Uchide, T., and S. Ide, Scaling of earthquake rupture growth in the Parkfield area: Self-similar growth and suppression by the finite seismogenic layer, *Journal of Geophysical Research*, 115, B11302, doi:10.1029/2009JB007122, 2010.
 45. Ide, S., K. Shiomi, K. Mochizuki, T. Tonegawa, and G. Kimura, Split Philippine Sea plate beneath Japan, *Geophysical Research Letters*, 37, L21304, doi:10.1029/2010GL044585, 2010.
 46. Ohta, K., and S. Ide, Precise hypocenter distribution of deep low - frequency earthquakes and its relationship to the local geometry of the subducting plate in the Nankai subduction zone, Japan, *Journal of Geophysical Research*, 116, B01308, doi:10.1029/2010JB007857, 2011.
 47. Beroza, G., and S. Ide, Slow earthquakes and non-volcanic tremor, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 39, 2011.
 48. Baltay, A. S., S. Ide, G. A. Prieto, and G. C. Beroza, Variability in earthquake stress drop and apparent stress, *Geophysical Research Letters*, 38, L06303, doi:10.1029/2011GL046698, 2011.
 49. Aso, N., K. Ohta, and S. Ide, Volcanic-like low-frequency earthquakes beneath Osaka Bay in the absence of a volcano, *Geophysical Research Letters*, 38, L08303, doi:10.1029/2011GL046935, 2011.
 50. Okutani, T., and S. Ide, Statistic analysis of swarm activities around the Boso Peninsula, Japan: Slow slip events beneath Tokyo Bay? *Earth Planets Space*, 63, 419-426, doi:10.5047/eps.2011.02.010, 2011.
 51. Ide, S., A. Baltay, and G. C. Beroza, Shallow dynamic overshoot and energetic deep rupture in the 2011 Mw 9.0 Tohoku-Oki earthquake, *Science*, 332, 1426-1429, doi:10.1126/science.1207020, 2011.
 52. Nakata, R., R. Ando, T. Hori, and S. Ide, Generation mechanism of slow earthquakes: Numerical analysis based on a dynamic model with brittle-ductile mixed fault heterogeneity, *Journal of Geophysical Research*, 116, B08308, doi:10.1029/2010JB008188, 2011.
 53. Aochi, H., and S. Ide, Conceptual multi-scale dynamic rupture model for the 2011 Tohoku earthquake, *Earth Planets and Space*, 63, 761-765, doi:10.5047/eps.2011.05.008, 2011.
 54. Tamura, S., and S. Ide, Numerical study of splay faults in subduction zones: The effects of bimaterial interface and free surface, *Journal of Geophysical Research*, 116, B10309, doi:10.1029/2011JB008283, 2011.
 55. Ide, S., Variety and spatial heterogeneity of tectonic tremor worldwide, *Journal of Geophysical Research*, 117, B03302, doi:10.1029/2011JB008840, 2012.

56. Yabe, S., and S. Ide, Repeating deep tremors on the plate interface beneath Kyushu, southwest Japan, *Earth Planets Space*, *in press*, 2012.
57. Ide, S., and H. Aochi, Historical seismicity and dynamic rupture process of the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Tectonophysics*, *in press*, 2012.

(2)その他

1. 武尾実・井出哲, 1992年フローレス地震のメカニズム, *月刊海洋*, 25, 767-770, 1993.
2. 井出哲, 追跡・阪神大震災一断層の破壊を再現一, *科学朝日*, 55-8, 118-121, 1995.
3. 菊地正幸・武尾実・工藤一嘉・山下輝夫・宮武隆・瀬藤一起・山中佳子・井出哲, 地震発生と強震動生成の予測, *月刊地球*, 号外20, 190-194, 1998.
4. 井出哲・ト部卓, 全域通過フィルタによる非因果的地震波記録のリアルタイム位相補正 *東京大学地震研究所技術報告* 3, 20-28, 1998.
5. 井出哲, 1998年8月からの上高地付近の群発地震, *地震学会広報誌なみふる*, 10, 7, 1998.
6. 酒井慎一・山田知朗・井出哲・望月将志・塩原肇・ト部卓・平田直・篠原雅尚・金沢敏彦・西澤あずさ・藤江剛・三ヶ田均, 地震活動から見た三宅島2000年噴火時のマグマの移動, *地学雑誌*, 110, 145-155, 2001.
7. 井出哲, 地震研究所マグニチュードとモーメントマグニチュードの関係の理論的考察, *東京大学地震研究所彙報*, 77, 337-342, 2002.
8. Ide, S., Fracture surface energy of natural earthquakes from the viewpoint of seismic observations, *Bulletin of Earthquake Research Institute*, 78, 59-65, 2003.
9. Ide, S., Dynamic rupture propagation modeling, *Scientific Drilling Journal*, 1, 24-26, 2007.
10. 井出哲, ゆっくり地震とは何だろう, *地震学会広報誌なみふる*, 64, 6, 2007.
11. 井出哲, 異なるプレート間のすべり運動(ゆっくり地震)のスケール法則を発見, *科研費ニュース*, 2, P05, 2007.
12. Beroza, G. C. and S. Ide, Deep tremors and slow quakes, *Science*, 324, 1025-1026, 2009.
13. 井出哲, 深部微動と地震, *日本地球惑星科学連合ニュースレター*, 6, 4-3, 2010.
14. 井出哲, アスペリティ・連動型・地震予知, *日本地震学会モノグラフ*, 1, 14-17, 2012.

2. 著書等

1. Ide, S., Slip Inversion, in *Treatise on Geophysics Vol. 4 Earthquake Seismology*, edited by H. Kanamori, Elsevier B. V., Amsterdam, The Netherlands, 2007.