

Thu. Nov 2, 2023

Room D | Regular session : S18. Education and history of seismology

9:15 AM - 10:30 AM JST | 12:15 AM - 1:30 AM UTC | Room D F204

[S18] AM-1

chairperson:Hiroo Nemoto(Ritsumeikan Univ.), Yasuyuki Kano(Earthquake Research Institute, The University of Tokyo)

9:15 AM - 9:30 AM JST | 12:15 AM - 12:30 AM UTC

[S18-01] Public Awareness Survey on the Recognition and Response of the Nankai Trough Earthquake Information

*Yoshinari HAYASHI¹, Ryu Ohtani² (1. Faculty of Societal Safety Sciences, Kansai Univ., 2. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

9:30 AM - 9:45 AM JST | 12:30 AM - 12:45 AM UTC

[S18-02] Effectiveness of a Narrative Approach Desk-Based Simulation for Child Care Facility Staff

*Akari Hamagami¹, Satoko Oki² (1. Keio University Master of Media and Governance, 2. Keio University Faculty of Environment and Information Studies)

9:45 AM - 10:00 AM JST | 12:45 AM - 1:00 AM UTC

[S18-03] "Bosai Narrative" for international students and returnees

*Kei Usui¹, Misaki Ogino², Karen Yano¹, Satoko Oki² (1. Graduate School of Media and Governance, Keio University, 2. Faculty of Environment and Information Studies, Keio University)

10:00 AM - 10:15 AM JST | 1:00 AM - 1:15 AM UTC

[S18-04] Developing effective earthquake evacuation drills at an elementary school as an action research

*kahoko sako¹, Kako okura³, Sota Okutsu², Satoko Oki² (1. Faculty of Policy Management,Keio University, 2. Faculty of Environment and Information Studies,Keio University, 3. Graduate School of Media and Governance,Keio University)

10:15 AM - 10:30 AM JST | 1:15 AM - 1:30 AM UTC

[S18-05] Smart Sensor Deployments in the Tokyo Area: New Means of Communicating Earthquake Risk and Chances for Seismology

*Naoshi HIRATA¹, Takashi Furuya², Hiroshi Tsuruoka¹, Danijel Schorlemmer³ (1. The University of Tokyo, 2. ISAD, 3. GFZ)

Room D | Regular session : S18. Education and history of seismology

10:45 AM - 11:45 AM JST | 1:45 AM - 2:45 AM UTC | Room D F204

[S18] AM-2

chairperson: Yasuyuki Kano (Earthquake Research Institute, The University of Tokyo), Yoshinari Hayashi (Faculty of Societal Safety Sciences, Kansai Univ.)

10:45 AM - 11:00 AM JST | 1:45 AM - 2:00 AM UTC

[S18-06] Significance of holding the event: 2023 summer school for school teachers in Tan'na & the Western Part of Kanagawa Pref.

*Hiroo NEMOTO¹, Ken'ichi ARAI², Akihiko ITO³, Yasuyuki KANO⁴, Osamu KUWANO⁵, Akiko SATOH⁶, Yasuharu SYURI⁷, Makoto YAMANO⁸, Masashige MINAMISHIMA⁹, Takashi AZUMA¹⁰, Ryosuke DOKE¹¹ (1. Ritsumeikan Univ. , 2. Sakae Higashi UPR Sec. Sch., 3. The Open Univ. of Japan, 4. ERI, 5. JAMSTEC, 6. Goryougadai branch Sch. of Kaname LWR Sec. Sch., 7. Rakusei Sec. Sch., 8. AORI, 9. Ryogoku Sec. Sch., 10. AIST, 11. HSRI of Kanagawa Pref.)

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[S18-07] The 22nd Earthquake and Volcano Geology Children's Summer School in Hiratsuka "Shonan Sea Blessings and the Secret of the Earthquake"

*Ryoya Sato¹, Ai Toma¹, Michiko Yamada², Nobuo Harazono², Akiko Sato³, Yasuyuki Kano⁴, Atsushi Nozaki⁵, Makoto Matsubara⁶, Hikaru Yokoyama⁷, Satoko Murotani⁸, Masanobu Shishikura⁹ (1. SFC, 2. HiraBouMa, 3. Hiratsuka Kaname Jr. Hight School, 4. ERI, 5. Hiratsuka City Museum, 6. NIED, 7. Hokusho Univ., 8. NMNS, 9. AIST)

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[S18-08] Hands-on Training Courses Using Historical Materials on Earthquakes

*Yasuyuki KANO^{1,2} (1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Collaborative Research Organization for Historical Materials on Earthquakes and Volcanoes, The University of Tokyo)

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[S18-09] The evaluation of Earthquake Records reported by Mizunokojima Lighthouse Officers 1907-1930

*Fumiko Matsushima¹ (1. OitaMilitaryHistoryStudyGroup)

Room D | Regular session : S07. Structure and dynamics of the Earth and planetary interiors

1:15 PM - 2:45 PM JST | 4:15 AM - 5:45 AM UTC | Room D F204

[S07] PM-1

chairperson: Keiko Kuge (Kyoto University), Manabu Morishige

1:15 PM - 1:30 PM JST | 4:15 AM - 4:30 AM UTC

[S07-01] Spatial variations in the degree of melt depletion in a mid-ocean ridge-transform fault system

*Manabu MORISHIGE¹ (1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo)

1:30 PM - 1:45 PM JST | 4:30 AM - 4:45 AM UTC

[S07-02] Adjoint inversion of antipodal PKPab waveforms for P wave velocity anomaly at the base of lower mantle

*Seiji TSUBOI¹, Rhett Butler² (1. JAMSTEC, 2. University of Hawaii at Manoa)

1:45 PM - 2:00 PM JST | 4:45 AM - 5:00 AM UTC

[S07-03] Examination of Double Seismic Discontinuities at the Base of the Mantle Transition Zone beneath the Northern Japan Sea

*Keiko KUGE¹ (1. Department of Geophysics, Kyoto University)

2:00 PM - 2:15 PM JST | 5:00 AM - 5:15 AM UTC

[S07-04] Waveform inversion using all three components for the 3D S-wave velocity structure in D'' beneath the Southern Atlantic

*Keisuke Otsuru¹, Kenji Kawai¹ (1. University of Tokyo)

2:15 PM - 2:30 PM JST | 5:15 AM - 5:30 AM UTC

[S07-05] Inferring 3-D S- and P-velocity structure of D'' beneath Central America from 3 component data using waveform inversion

*Rei Sato¹, Kenji Kawai¹ (1. The University of Tokyo)

2:30 PM - 2:45 PM JST | 5:30 AM - 5:45 AM UTC

[S07-06] Dense reflection survey shows link between geometrical and physical property changes in the Nankai Trough with slow earthquake activity

*Paul Caesar Mason Flores^{1,2}, Shuichi Kodaira^{2,1}, Gaku Kimura², Kazuya Shiraishi², Yasuyuki Nakamura², Gou Fujie², Tetsuo No², Yuka Kaiho² (1. Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University, 2. Research Institute for Marine Geodynamics, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

Room D Regular session : S07. Structure and dynamics of the Earth and planetary interiors

3:00 PM - 4:15 PM JST | 6:00 AM - 7:15 AM UTC | Room D F204

[S07] PM-2

chairperson: Toshiki Ohtaki, Masayuki Obayashi (JAMSTEC)

3:00 PM - 3:15 PM JST | 6:00 AM - 6:15 AM UTC

[S07-07] P-waves recorded by MERMAID floats in the South Pacific

*Masayuki OBAYASHI¹, Yuko Kondo², Junko Yoshimitsu¹, Satoshi Murakami², Hiroko Sugioka², Joel D Simon³ (1. JAMSTEC, 2. Kobe University, 3. Princeton University)

3:15 PM - 3:30 PM JST | 6:15 AM - 6:30 AM UTC

[S07-08] P-wave velocity structure beneath central to southern South America using finite-frequency tomography

*Yuko Kondo¹, Masayuki Obayashi^{2,1}, Hiroko Sugioka¹, Hajime Shiobara³, Aki Ito², Masanao Shinohara³, Hikaru Iwamori³, Masataka Kinoshita³, Matthew Miller⁴, Carlos Tassara⁵, Javier Ojeda⁶ (1. Kobe University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 4. Departamento de Geofísica, Universidad de Concepcion, Chile, 5. Facultad de Ciencias, Universidad de Arturo Prat, Iquique, Chile, 6. Departamento de Geofísica, Universidad de Chile, Chile)

3:30 PM - 3:45 PM JST | 6:30 AM - 6:45 AM UTC

[S07-09] Development of multi-scale global tomography method considering seismic anisotropy

*Daisuke Takada¹, Genti Toyokuni¹, Dapeng Zhao¹ (1. tohoku university)

3:45 PM - 4:00 PM JST | 6:45 AM - 7:00 AM UTC

[S07-10] Laterally heterogeneous lowermost outer core (F layer) of the Earth

*Toshiki OHTAKI¹, Satoshi Kaneshima² (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Kyushu University)

4:00 PM - 4:15 PM JST | 7:00 AM - 7:15 AM UTC

[S07-11] Three-dimensional thermal structure and slow earthquake distribution in the Central American subduction zone

*Rui Qu¹, Yingfeng Ji¹ (1. Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences)

Room D | Regular session : S18. Education and history of seismology

📅 Thu. Nov 2, 2023 9:15 AM - 10:30 AM JST | Thu. Nov 2, 2023 12:15 AM - 1:30 AM UTC | 🏠 Room D F204

[S18] AM-1

chairperson:Hiroo Nemoto(Ritsumeikan Univ.), Yasuyuki Kano(Earthquake Research Institute, The University of Tokyo)

9:15 AM - 9:30 AM JST | 12:15 AM - 12:30 AM UTC

[S18-01] Public Awareness Survey on the Recognition and Response of the Nankai Trough Earthquake Information

*Yoshinari HAYASHI¹, Ryu Ohtani² (1. Faculty of Societal Safety Sciences, Kansai Univ., 2. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

9:30 AM - 9:45 AM JST | 12:30 AM - 12:45 AM UTC

[S18-02] Effectiveness of a Narrative Approach Desk-Based Simulation for Child Care Facility Staff

*Akari Hamagami¹, Satoko Oki² (1. Keio University Master of Media and Governance, 2. Keio University Faculty of Environment and Information Studies)

9:45 AM - 10:00 AM JST | 12:45 AM - 1:00 AM UTC

[S18-03] "Bosai Narrative" for international students and returnees

*Kei Usui¹, Misaki Ogino², Karen Yano¹, Satoko Oki² (1. Graduate School of Media and Governance, Keio University, 2. Faculty of Environment and Information Studies, Keio University)

10:00 AM - 10:15 AM JST | 1:00 AM - 1:15 AM UTC

[S18-04] Developing effective earthquake evacuation drills at an elementary school as an action research

*kahoko sako¹, Kako okura³, Sota Okutsu², Satoko Oki² (1. Faculty of Policy Management,Keio University, 2. Faculty of Environment and Information Studies,Keio University, 3. Graduate School of Media and Governance,Keio University)

10:15 AM - 10:30 AM JST | 1:15 AM - 1:30 AM UTC

[S18-05] Smart Sensor Deployments in the Tokyo Area: New Means of Communicating Earthquake Risk and Chances for Seismology

*Naoshi HIRATA¹, Takashi Furuya², Hiroshi Tsuruoka¹, Danijel Schorlemmer³ (1. The University of Tokyo, 2. ISAD, 3. GFZ)

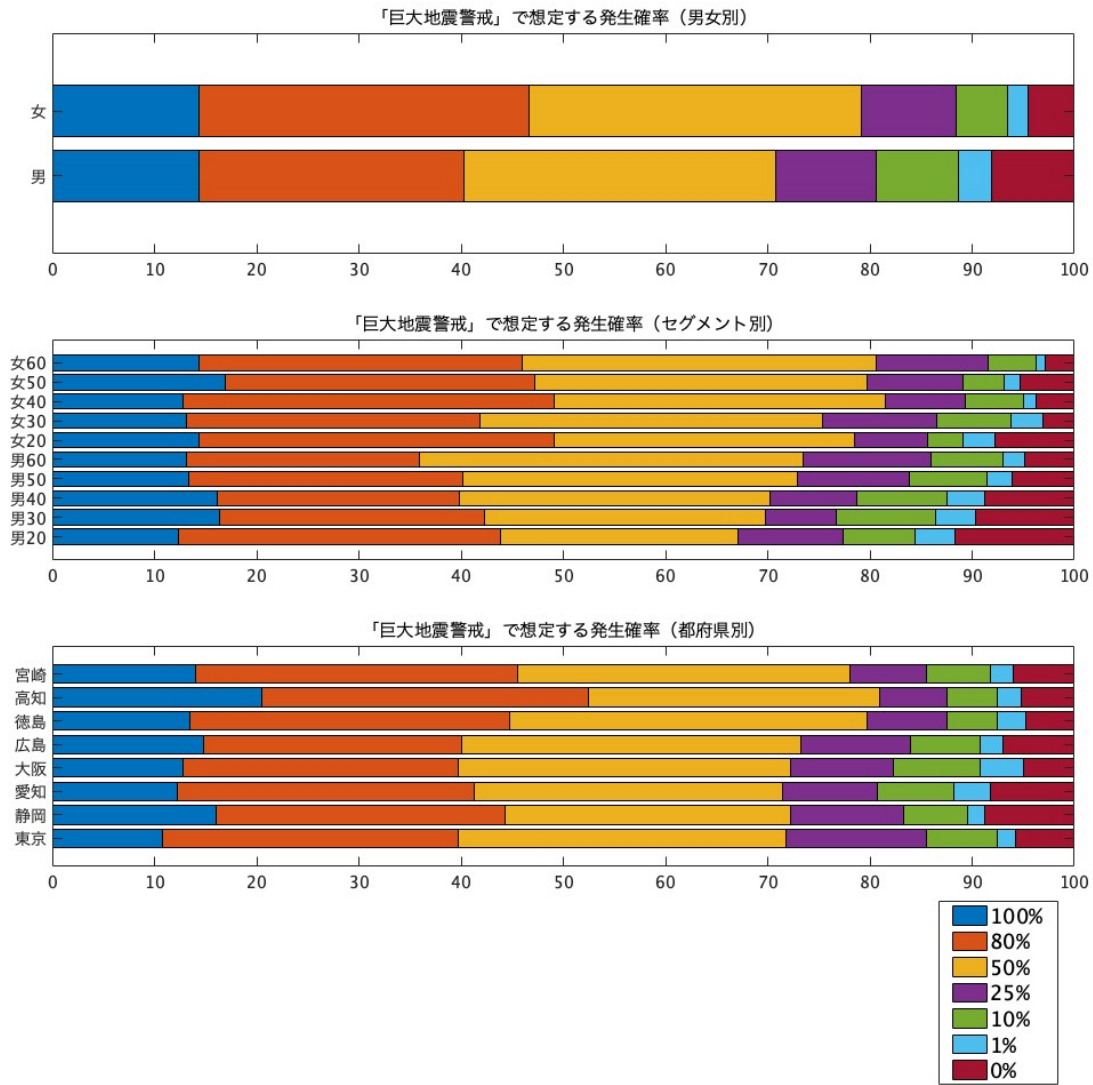
Public Awareness Survey on the Recognition and Response of the Nankai Trough Earthquake Information

*Yoshinari HAYASHI¹, Ryu Ohtani²

1. Faculty of Societal Safety Sciences, Kansai Univ., 2. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

2019年から発表されている「南海トラフ地震臨時情報（以下、臨時情報）」は、地震発生時期等の確度の高い予測は困難であるという前提のもと、「臨時情報（巨大地震警戒）」が発表されても、日常生活を行いつつ、日頃からの地震への備えの再確認など、個々の状況に応じて、一定期間地震発生に注意した行動をとることが推奨されている。しかしながら、このような前提に関する説明が、国から一般への普及啓発資料には明示されていないため、臨時情報に対しても、従来の東海地震予知と同じように高い確度での地震発生予測が可能であるとの認識がもたれている可能性がある。そこで本研究では、そもそも臨時情報が発表された場合、どのくらいの地震発生確率だと認識されているのか、その確率だとどのような防災対応を取るのか、などを明らかにするためのインターネット調査を実施した。アンケート調査は2023年7月4日～7月7日に実施した。対象は、東京都、静岡県、愛知県、大阪府、広島県、徳島県、高知県、宮崎県の8都府県の男女各40名の5世代（20, 30, 40, 50, 60代）、合計3200人である。なお、徳島県男性20代（31名）、高知県男性20代（25名）、宮崎県男性20代（27名）に対しては、40名のサンプルが集まらなかったため、不足分を同性他世代に割り振って各県総計400名に調整した。図は『南海トラフ地震臨時情報の内、「巨大地震警戒」が発表された場合、警戒（注意）期間である「1週間以内」に、大地震が起こる確率はどの程度だと思いますか？最も近いものをお選びください』に対する結果である。発生確率80%以上と認識している割合が全体の4割以上になっている。発生確率50%以上でみると全体の7割以上となる。男女別で見ると、女性の方が発生確率を高く考えている人が多く、また、南海トラフ地震で大きな被害が予想される県（宮崎県、高知県、徳島県）でも発生確率を高く考えている人が多い。なお、国のガイドラインによれば、最初の地震が起きてから1週間以内にマグニチュード8クラスの後続地震が発生する確率は、半割れケース（臨時情報（巨大地震警戒）が発表される場合）で6.8%であり、この情報への期待は「実力」を大きく超えたものになっている。情報の認知度について、『南海トラフ沿いで巨大地震の発生する可能性が普段より相対的に高まった場合には、気象庁から「南海トラフ地震臨時情報」が発表されることになっています。この情報についてどの程度ご存じですか』という質問で聞いたところ、「インターネットなどで確認し、よく知っている」と選択したのは1～2割程度、「テレビ番組の解説などで、どのような情報が聞いたことがある」は2～3割程度と低かった。逆に言えば、半分以上がよく分かっていない（「耳にしたことはあるが、具体的にどのような情報かはわからない」「知らない」）ことを示している。臨時情報が出た場合の防災対応行動については、『南海トラフ地震臨時情報が出ても、実際には大地震が起きないことが想定されます。情報が発表されたあと、1週間以内に大地震が起こる確率がわかっていて、あなたはどのような行動をとりますか』という質問で聞いた。具体的には、地震の発生確率として80%, 50%, 25%, 10%, 5%, 1%, 0.1%の7つの確率を提示し、「地震が起きたときのことについて家族と話し合う」「非常持ち出し品の確認をする」「室内の家具固定を確認し、応急対策をする」「自宅の中の安全な場所で寝る」「食糧や燃料を買い込む」「会社や学校は休む」「近くに住む親戚や友人の家に避難する」「地域の避難所へ行く」という8種類の行動実施の意思を聞いた。地震発生確率によってとられる行動の割合は、すべての都府県、すべての想定確率でほぼ同じで、大きな違いは見られなかった。地震発生確率50%までは「何もしない」人は少なく、9割の人は何らかの行動をとると回答した。地震発生確率が低下するにつれ、何もしないとした人は増え、1%まで下がると50%以上の人が何もしないと回答した。地震の発生確率が低くなるにつれ行動の実施率が低下する傾向はすべての想定行動で共通していた。行動を実施する割合は項目によって異なり、「会社や学校は休む」「近くに住む親戚や友人の家に避難する」「地域の避難所へ行く」の3つは、地震の発生確率が80%と高い場合でも、実施される割合は全ての都府県で3割を超えることはなかった。「地震が起きたときのことについて家族と話し合う」「非常持ち出し品の確認をする」「食料や燃料を買い込む」の3つは地震発生確率が80%, 50%と高い場合には、実施される割合はすべての都府県で6割

を超えた。「自宅の中の安全な場所で寝る」はやや低く、実施される割合は最大でも4割程度であった。地震発生確率によってとられる行動の割合は、すべての都府県でほぼ同じ値となり、大きな違いは見られなかった。



Effectiveness of a Narrative Approach Desk-Based Simulation for Child Care Facility Staff

*Akari Hamagami¹, Satoko Oki²

1. Keio University Master of Media and Governance, 2. Keio University Faculty of Environment and Information Studies

研究の背景：

東日本大震災以降、防災教育の重要性が見直され、義務教育過程ではさまざまな教材が開発されている。一方で、未就学児を対象とした教材開発や人材教育については依然として整備が進んでいない。2011年の東日本大震災の発生を受けて、文部科学省が行った調査では、「貴校(園)で実施した防災教育は、今回の震災において児童生徒等の主体的な行動に活かされましたか」との質問に肯定的な回答をした校種別の割合は、小学校「93.5%」、中学校「87.3%」、幼稚園「75.4%」と、幼稚園は小中学校に比べて低かった(文部科学省, 2012)。保育の現場からは「毎月の避難訓練自体は行っているものの、いま取り組んでいる訓練が、防災時に本当に役立つのか分からず不安」との声も挙がっている。

そこで筆者らは、埼玉県内にあるA保育園系列4園と共に今年度から共同研究を開始し、2023年8月に47名の職員を対象とした机上シミュレーションを開発し、実践を行った。

研修の方法：

本研修の目的は「訓練の課題や改善策を見つける」「地震が起きると自分の園がどうなるかを考える」である。研修は以下の手順で進めた。1)阪神淡路大震災の揺れの映像を見て、内陸地殻内地震が起きるとどうなるかを知る。2)被災経験のある保育士の体験を知る。3)特定の日時を発災時刻と想定し、その時に職員や園児がいる場所や起きそうなリスクをグループで話し合い、机上の見取り図に示す。4)グループ協議の内容を全体に共有する。その際、今は発災から1年後だと想定して、あの大地震を生き残ったサバイバーとして、その時どのような状況だったかを口頭で発表してもらう。5)進行役(共著者)が発表者にインタビューを行う形で、大地震発生時の対応を答える。

上記4)および5)は、著者らの研究室で開発した「防災小説」を参考にしており、ナラティブ・アプローチを用いた職員研修と言える。「防災小説」とは、近い未来のある時点で災害が発生するという設定のもとで、自分が現実世界で過ごしている場所を舞台に、自分を主人公とした現実の世界に即した物語を800字程度で執筆するものである(大木, 2020)。

研修の結果：

研修で得られたアンケート結果や映像分析から、当初目的としていた訓練の課題や改善策を見つけることができたことがわかった。研修後のワークシートには「避難先の小学校にオムツやミルクなどの備蓄がどれくらいあるか確認したい」「避難経路の確認(色んなパターンの場合)」「近隣の保育園や病院と連携が取れるよう事前に打ち合わせ」「ケガ人が出た時の対処法も含め、避難訓練でやっておきたい」などの記述が見られた。さらに、地震が起きると自分の園がどうなるかを自分のこととして考えることもできていると示唆された。例えば、上記5)のステップにおいて進行役が「子どもたちが連鎖的に泣いてしまった時、先生はどのように対応したのですか」と問うと、「私たちの園は園庭がすぐ出られる場所にあるので、絵本を取りに行き、あとは先生たちで歌を歌って、大人も不安だったので、大丈夫だよ、もう地震のことは考えずにみんなで歌を歌ったり、絵本を読んだり、手遊びをして大人も不安を感じないようにみんなで楽しく過ごせるような雰囲気を用意しました」と回答している。これは、事前資料として配布した被災を経験した保育士による語り(全国保育協議会総務部会, 2013)「避難先で保護者の迎えが来ない不安そうな顔をしている子どもに対して、保育士が声を掛けたり、歌と一緒に歌ったり、持参したおやつを食べさせて、不安にさせないように努めた」を応用したものとなっている。

ナラティブ・アプローチによる研修の効果：

筆者らは2021年9月に都内の別の保育園にて、机上の見取り図に付箋を貼るという同じ手法を用いた研修を実施したことがある。その際の全体共有方法は、グループから出てきた1人が付箋を読み上げて、自分が思いつく対処方法をその場で発表する、というものであり、ナラティブ・アプローチは採用していない。この時、発表者からは職員の感情に関する記述は見られなかった。

今回の研修での全体共有においては、「大人も不安だったので」という感情に関する発話が見られたのは、過去に被災した保育士の言葉を自分の保育園に当てはめたから、すなわち、主体的な状況付与作業を行ったからと言える。これこそが「自分ごと化」であり、単にリスクを洗い出せるようになること以上の効果と言える。本発表では、机上シミュレーションにナラティブ・アプローチを用いた研修の効果について、さらに詳しく報告する。

参考資料

- ・東日本大震災に施設における学校等の対応に関する調査研究報告書，文部科学省，2012（対象：岩手・宮城・福島県）
- ・「東日本大震災被災保育所の対応に学ぶ」～子どもたちを災害から守るための対応事例集～，全国保育協議会総務部会，2013
- ・大木聖子「防災社会をデザインする地球化学の伝え方」『地球・惑星・生命』日本地球惑星科学連合（編），東京大学出版，2020

"Bosai Narrative" for international students and returnees

*Kei Usui¹, Misaki Ogino², Karen Yano¹, Satoko Oki²

1. Graduate School of Media and Governance, Keio University, 2. Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

「防災小説」は、自らが地震で被災するシナリオを一人称の物語形式で執筆することにより、地震災害の理解や当事者意識を深める防災学習教材である。本発表では、これまで国内の中学生に実践していた「防災小説」を留学生・帰国生の大学生に応用した実践に関して、その効果を分析・考察する。

1. 「海外に長期間在住していた人々」の防災における課題

2022年度末時点において、日本には307万5,213人の外国人が在留しており、これは過去最高の数字である（出入国在留管理庁、2023a）。過去10年間のデータを遡っても、その数は年々増加傾向にある（出入国在留管理庁、2023b）。外国人観光客の数に関しても、新型コロナウイルス流行前の水準には到達していないものの回復傾向にある（日本政府観光局、2023）。日本に在留する外国人や日本を観光で訪れる外国人は多く存在するものの、災害時の情報発信や事前防災についてはその多くが日本語で提供されていたり、単なる翻訳に終始して主体的な防災行動にまで踏み込んでいないなど、様々な課題が存在する。そして、これと共通する課題は、海外に長期間在住していた帰国生（帰国子女）にもみられる。

2. 留学生や帰国生を対象にした授業における「防災小説」の実践

発表者らは前述の課題をふまえ、2023年4月～7月に慶應義塾大学総合政策学部および環境情報学部で開講された授業1科目において「防災小説」の実践を行った。本科目は留学生・帰国生を対象にしたプログラムに属しており、履修者のほぼ全員が留学生または帰国生である。授業は全て英語で実施され、履修者数は36名であった。

3. 「防災小説」

「防災小説」は中学生以上を主な対象とした作文形式の防災学習教材で、その目的は、地震災害の発生やそれによる被災を自分ごととして捉えられるようになることである。そのために、「防災小説」では学校が定めた特定の未来の日時に巨大地震が発生すると想定し、自身が災害を経験する物語を一人称で執筆する。現実世界では「まだ」起きていない災害を物語世界で「もう」起きたかのように描く〈Days-After〉（矢守、2018）の構造をとっていることが特徴である。物語の文字数や発災日時の設定は実践校の判断に委ねているが、執筆の難易度の観点から、文字数は800字程度、発災日時は数ヶ月以内の近未来とすることを推奨している。そして、物語の内容は自由であるものの、ストーリー展開は「希望をもって終える」ことをルールとして定めている。教材の特性上、未来の想像や一定量の作文を伴うため、対象は基本的に中学生以上としている。

4. 「防災小説」の実践による効果

「防災小説」はこれまで事実上、日本で生まれ育った生徒を対象に実践されてきた。そして、発災時の詳細な想像や描写を要求することから、防災学習にある程度取り組んできた生徒への実践が望ましいとされてきた。しかし今回、「防災小説」の新たな活用に向けた試みとして、海外で生まれ育った学生の防災学習の初期段階として実践を行った。したがって、地震国ではない国の出身であったり、日本出身ではあるものの海外在住歴が長いことから地震をほとんど経験したことがない大学生が執筆を行ったこととなる。得られた全ての「防災小説」と執筆に関するアンケートをテキスト分析したところ、日本で生まれ育った生徒を対象にした実践において共通認識としてきた「地震」や「地震災害」といった概念が十分に構築されておらず、その不確かさに起因する執筆の困難を訴えるケースが多くみられた。これは日本で生まれ育った生徒にはみられなかった傾向であり、留学生・帰国生ならではの特徴かつ課題であるといえる。一方で、「まだ」起きていない災害を「もう」起きたものとして語り、執筆した物語を学生間で共有することに関しては、社会構成主義的理

解の促進に繋がっている様子がみられ、これまでの実践と共通する傾向も確認された。本発表では、これらの分析・考察について詳報する。

参考文献

- ・出入国在留管理庁（2023a），令和4年末現在における在留外国人数について，https://www.moj.go.jp/isa/publications/press/13_00033.html#
- ・出入国在留管理庁（2023b），【第1表】国籍・地域別 在留外国人数の推移，<https://www.moj.go.jp/isa/content/001393064.pdf>
- ・日本政府観光局（2023），訪日外客数（2023年7月推計値），https://www.jnto.go.jp/statistics/data/20230816_monthly.pdf
- ・矢守克也（2018），アクションリサーチ・イン・アクション：共同当事者・時間・データ，新曜社.

Developing effective earthquake evacuation drills at an elementary school as an action research

*kahoko sako¹, Kako okura³, Sota Okutsu², Satoko Oki²

1. Faculty of Policy Management, Keio University, 2. Faculty of Environment and Information Studies, Keio University, 3. Graduate School of Media and Governance, Keio University

【研究の背景】1995年の阪神・淡路大震災を機に唱えられるようになった防災教育の必要性は、2011年の東日本大震災を経てようやく日本全域の学校現場の関心事となった。特に東日本大震災は数少ない学校管理下での発災であり、岩手県・宮城県・福島県の3県において、幼稚園・小学校・中学校・高校・特別支援学校に在籍していた子供のうち、544名が亡くなり、67名が行方不明となっている（数見，2011）。学校現場の判断やその日に至るまでの防災教育のあり方が、あらためて学校に問われるようになった。これを受けて2012年度から文部科学省において策定されている「学校安全の推進に関する計画」は、2022年には第3次計画として一新され、災害時を具体的に想定した実践的な避難訓練の実施をすべての学校に求めるに至っている。

【慣例的な避難訓練】学校における避難訓練は2つの法令において義務付けられている。消防法第8条1項および学校保健安全法第29条2項である。文部科学省が2018年度に全国の学校を対象に行った調査では、当該年度中に防災訓練等を実施した学校は99.8%と、我が国のほとんどすべての学校が行っていることがわかる。ではその中身はどうか。同上の調査報告には、「地域特有の防災課題に応じた避難訓練」を実施している学校は24%に留まっていることが記されている。上述の第三次学校安全推進計画には、科学的には必ず伴うはずの余震が一度も発生しないことや、高確率で起きる停電は想定していないこと、雨天なら順延すること、耐震性のある学校施設が崩壊する前提に立っていること、等について非現実的であるとし、実効的な訓練を実施するよう促している（文部科学省, 2022）。過去の事例を調べてみると、実際の学校管理下の時間帯での震災では、児童・生徒や教職員に、「腰が抜ける」「転倒して骨折」「過呼吸・嘔吐」「失神」「頭を縫うような大怪我」など、軽微なものから人命に関わる事象まで発生していることがわかった。つまり、学校管理下の時間帯に大地震が起きれば、多くの傷病者が発生することが予測されるにもかかわらず、現行の避難訓練は校庭への集合が目的化し、それに不都合な事実はすべて排除しているような状況である。本来であれば、教職員は、余震や停電の中で、速やかに傷病者を発見し、情報共有を行いながら対応を行っていく必要があるだろう。

【実動訓練の実施とその結果】以上の課題を踏まえ、首都直下地震が学校管理下において発生した場合の課題を洗い出し、その解決策を学校現場と共に作り上げていくことを、アクション・リサーチにおいて試みた。具体的には、1) 対象校となる埼玉県内のA小学校の校舎全体を使って、特定日時の発災現場を再現し、教職員に対処してもらう実動訓練を実施し、2) 教職員の動きや発話、事後のアンケートやヒアリングを分析して課題を洗い出し、3) 現場にフィードバックして今後の防災計画や防災教育を検討していく、という手順である。1) の実動訓練においては、校舎内の棚や本などを発災直後のように乱すことはしないが、児童の実態として想定しうる怪我やパニック症状などは筆者らが所属する研究室の学生が演じることで再現する。また、余震の頻繁な発生は緊急地震速報を不定期に流すことで再現した。2) の分析の結果、どのくらいの重症度のけが人がどこにいるかを、停電を想定した状況下で本部へと情報集約することに困難が見られることがわかった。また、児童の安否確認や応急処置に人員が取られ、保護者役が現れても対応できないことも明らかとなった。本発表では、これらの分析結果を詳報し、より実効的な避難訓練のあり方を提案する。

参考文献

1. 文部科学省（2022）. 第3次学校安全の推進に関する計画.
2. 数見隆生（2011）. 子どもの命は守られたのかー東日本大震災と学校防災の教訓ー. かもがわ出版.

Smart Sensor Deployments in the Tokyo Area: New Means of Communicating Earthquake Risk and Chances for Seismology

*Naoshi HIRATA¹, Takashi Furuya², Hiroshi Tsuruoka¹, Danijel Schorlemmer³

1. The University of Tokyo, 2. ISAD, 3. GFZ

はじめに 一般家庭の壁にある電源コンセントに差し込むだけ、固定して室内の揺れ（室内震度）を計測し、インターネット経由で波形データ、計測震度などの情報を収集するシステムを開発した。この仕組みによって、一般家庭、事務所などの地震にいる揺れを「計測震度」によって知り、防災行動に結びつくかどうかの実験を、神奈川県座間市、東京都新宿区、千葉県成田市などで2021年から始めた。今年度（2023年度）も、2022年に引き続き、東京都とその近郊で実施した。システム 一般消費者用のMEMS、WiFiを搭載した基盤搭載コンピュータ（Raspberry Pi）と、AC/AD変換電源を容器に詰め一体化し、家庭用の100Vコンセントに差し込めるようにした（コンセント差し込み方式小型地震計）。この地震計から、データがWiFi経由で、3成分100Hzの加速度連続記録、最大加速、計測震度値などをデータ解析サーバーに転送される。さらに、解析サーバー経由で、Webで閲覧可能な情報として、3成分加速度波形、1 Hzにデシメーションした3成分ベクトル合成包絡波形、PGA、計測震度（室内震度）が提供される。データ解析サーバーからは、室内震度の他、緊急地震速報による予測震度、最寄の気象庁震度が提供される。計測実験 2021年9月から2022年3月まで、神奈川県座間市で、一般市民20人に対して、10人には本システムを設置し、10人には設置せずに、有感地震時の揺れの体感（体感震度）や防災行動に関するアンケート調査を実施した。2022年度は、2022年10月～2023年2月まで、小型地震計設置者51名、非設置者19名に対して調査を実施した。22年度はおもに、eメール、一部の協力者にはLINEで情報を送信した。測定結果 室内の揺れを、計測震度を計算するのと同じアルゴリズムで測定すると、一階での測定では、基本的に最寄りの気象庁震度と同様な値が得られた。しかし、数百m程度離れた場所でも、震度階級1程度の増減があることが分かった。さらに、高層ビルの場合には、低層階と高層階で計測震度は異なり、高層階ほど大きくなることも確かめられた。メールやLINEで情報のやり取りをすると、地震発生後1日程度で約半数から回答を得ることができた。地震計を設置した被験者と設置しない被験者とで、防災意識に差がでることを期待した実験であったが、今回の調査では顕著な差は現れなかった。対象者が少なかったことと、有感地震数、特に、大震度の揺れが少なかったことが原因と考えられる。今後、実験の規模を大きくして継続する。まとめ 室内で簡便に設置できる揺れの測定装置を開発して、一般市民の防災意識の向上に貢献する手法開発の実験を実施した。比較的近隣の場所、階によって、計測震度が異なることは示せた。今後は、データ数を増して、統計的に意味のあるデータを取得する。

Room D | Regular session : S18. Education and history of seismology

📅 Thu. Nov 2, 2023 10:45 AM - 11:45 AM JST | Thu. Nov 2, 2023 1:45 AM - 2:45 AM UTC | 🏠 Room D F204

[S18] AM-2

chairperson: Yasuyuki Kano (Earthquake Research Institute, The University of Tokyo), Yoshinari Hayashi (Faculty of Societal Safety Sciences, Kansai Univ.)

10:45 AM - 11:00 AM JST | 1:45 AM - 2:00 AM UTC

[S18-06] Significance of holding the event: 2023 summer school for school teachers in Tan'nā & the Western Part of Kanagawa Pref.

*Hiroo NEMOTO¹, Ken'ichi ARAI², Akihiko ITO³, Yasuyuki KANO⁴, Osamu KUWANO⁵, Akiko SATOH⁶, Yasuharu SYURI⁷, Makoto YAMANO⁸, Masashige MINAMISHIMA⁹, Takashi AZUMA¹⁰, Ryosuke DOKE¹¹ (1. Ritsumeikan Univ., 2. Sakae Higashi UPR Sec. Sch., 3. The Open Univ. of Japan, 4. ERI, 5. JAMSTEC, 6. Goryougadai branch Sch. of Kaname LWR Sec. Sch., 7. Rakusei Sec. Sch., 8. AORI, 9. Ryogoku Sec. Sch., 10. AIST, 11. HSRI of Kanagawa Pref.)

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[S18-07] The 22nd Earthquake and Volcano Geology Children's Summer School in Hiratsuka "Shonan Sea Blessings and the Secret of the Earthquake"

*Ryoya Sato¹, Ai Toma¹, Michiko Yamada², Nobuo Harazono², Akiko Sato³, Yasuyuki Kano⁴, Atsushi Nozaki⁵, Makoto Matsubara⁶, Hikaru Yokoyama⁷, Satoko Murotani⁸, Masanobu Shishikura⁹ (1. SFC, 2. HiraBouMa, 3. Hiratsuka Kaname Jr. High School, 4. ERI, 5. Hiratsuka City Museum, 6. NIED, 7. Hokusho Univ., 8. NMNS, 9. AIST)

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[S18-08] Hands-on Training Courses Using Historical Materials on Earthquakes

*Yasuyuki KANO^{1,2} (1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Collaborative Research Organization for Historical Materials on Earthquakes and Volcanoes, The University of Tokyo)

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[S18-09] The evaluation of Earthquake Records reported by Mizunokojima Lighthouse Officers 1907-1930

*Fumiko Matsushima¹ (1. Oita Military History Study Group)

Significance of holding the event: 2023 summer school for school teachers in Tan' na & the Western Part of Kanagawa Pref.

*Hiroo NEMOTO¹, Ken' ichi ARAI², Akihiko ITO³, Yasuyuki KANO⁴, Osamu KUWANO⁵, Akiko SATOH⁶, Yasuharu SYURI⁷, Makoto YAMANO⁸, Masashige MINAMISHIMA⁹, Takashi AZUMA¹⁰, Ryosuke DOKE¹¹

1. Ritsumeikan Univ., 2. Sakae Higashi UPR Sec. Sch., 3. The Open Univ. of Japan, 4. ERI, 5. JAMSTEC, 6. Goryougadai branch Sch. of Kaname LWR Sec. Sch., 7. Rakusei Sec. Sch., 8. AORI, 9. Ryogoku Sec. Sch., 10. AIST, 11. HSRI of Kanagawa Pref.

1. はじめに

学校教育委員会は1996年度から教員サマースクール（以降、教員SSと記す）を毎年度開催してきている。COVID-19の影響により2020～2021年度と2年間は中断したものの、2022年度は第25回教員SSを対面で開催し〔根本・他(2022)〕、2023年度も対面で開催した。

2. 2023教員SSの概要

第26回教員SSの概要は以下の通りである。

開催地：静岡県函南町、神奈川県小田原市・松田町・秦野市ほか

日程：2023年8月20日（日）～21日（月）

タイトル：伊豆衝突帯－丹那断層や地震観測点を巡る－

目的：1930年（昭和5年）11月26日に発生した北伊豆地震による地表地震断層の観察、国府津－松田断層による活断層地形の観察、足柄平野での強震観測網の地震観測点の見学などを通して1633年寛永小田原地震、1782年天明小田原地震、1853年嘉永小田原地震、1923年関東地震を考え、近い将来の発生の切迫性がいわれている神奈川県西部地域での強震動による影響に思いを馳せ、あわせて足柄平野での水害対策地点の見学と自噴井戸の見学とから、水害の他、震災の影響も火山噴火の影響も受ける地での暮らしと自然の恵みとを考え、防災・減災に対する意識を高める。

講師（敬称略）：吾妻 崇，道家 涼介

3. 2023教員SSの内容

2023教員SSでの観察ポイントを以下に示す。

初日：

丹那断層公園（1930年北伊豆地震による地表地震断層を観察）

火雷神社（1930年北伊豆地震による地面のずれを観察）

十国峠（伊豆衝突帯の全体像の俯瞰）

（当日は視界不良のため箱根関所へとポイントを変更）

神奈川県立温泉地学研究所（地震観測ほかの現業の様子を見学）

二日目：

小田原市立豊川小学校（強震観測網成田観測点の見学）

富水駅付近（自噴井戸の観察）

曾比の霞堤（酒匂川の水害対策の観察）

チェックメイトカントリークラブ南側横（松田山山頂付近）（国府津－松田断層による活断層地形を観察）

震生湖（1923年関東地震による地形への影響を観察）

ネイチャーパークくずは（富士山・箱根火山の活動による火山灰層の観察と秦野断層の考察）

なお、雨天時等でのコース一部変更は、十国峠の代わりに箱根関所（箱根火山の地形観察と（北伊豆地震時に動いたと言われる）箱根町断層の考察）を訪問し、チェックメイトカントリークラブ南側横（松田山山頂付近）の代わりに秦野戸川公園パークセンター（丹沢山地の成り立ちを展示から学ぶ）か、小田原城（1923年

関東地震による石垣のずれ等の観察)を訪ねる計画であった。

4. 参加者の内訳

交通の便がある程度良い地での開催だったためか、定員20名に対して参加申込者数は18名と昨年度より8名多くなった。内訳は次の通りであった。

小学校教員3名(元職1名を含む)

中学校教員1名

高等学校教員11名(中高3名, 元職1名を含む)

大学教員1名

教育委員会1名

学部学生1名

地元(神奈川県・静岡県)の教員6名を含め各地からの参加者となったが、首都圏からの参加者が11名と過半数を占めた。勤務校(在籍校)がある都道府県名を北から順に並べると、埼玉、東京、神奈川、静岡、石川、滋賀、大阪、香川であった。

5. 教員SS開催の意義と今回の反省点

学校教員である参加者からは、今後の授業づくりに向けて役立つ内容が多く、参加して良かったとの声をいただけた。こうした声からも、教員SSを開催する意義はあると今回も捉えた。

準備段階では、昨年度の反省から中型バスの利用を想定したが、中型バスが入れないルートもあり、一部は徒歩移動を余儀なくされた(富水駅周辺)。猛暑日が増加している状況もあわせて考えると、開催時期を見直すことが必要かもしれない。

また、下見後に枝葉が相当に成長し、当日になって枝葉がバスの天井を擦る可能性が生じたルートもあり、一部予定の移動経路を迂回することとなった。今年度もコース設定後にバス会社との交渉を開始したが、下見の段階からバス会社とのやり取りを開始しておく方が良いようである。

さらに、今回もCOVID-19の影響は残り、5類化以降に準備を本格化せざるを得なかった。そのため十分な準備期間を設けることができず、準備に無理が生じたことが第一の反省点である。その他の反省点や改善案等は発表にて報告する。

謝辞

講義の会場を提供して下さった神奈川県立温泉地学研究所、下見時に自噴井戸の見学を許して下さった共著者佐藤の親戚である配島家の皆様、地震観測点での観察に向けご尽力いただいた東京大学地震研究所の宮川幸治氏、以上の皆様からご助力をいただきました。ここに記して深謝します。

参考文献

根本泰雄・他、2022、教員サマースクール2022 in 境港&大根島 開催の意義、(公社)日本地震学会2022年大会予稿, S18-03.



The 22nd Earthquake and Volcano Geology Children's Summer School in Hiratsuka “Shonan Sea Blessings and the Secret of the Earthquake”

*Ryoya Sato¹, Ai Toma¹, Michiko Yamada², Nobuo Harazono², Akiko Sato³, Yasuyuki Kano⁴, Atsushi Nozaki⁵, Makoto Matsubara⁶, Hikaru Yokoyama⁷, Satoko Murotani⁸, Masanobu Shishikura⁹

1. SFC, 2. HiraBouMa, 3. Hiratsuka Kaname Jr. High School, 4. ERI, 5. Hiratsuka City Museum, 6. NIED, 7. Hokusho Univ., 8. NMNS, 9. AIST

1. はじめに

地震火山地質こどもサマースクール（以降、サマスクと記す）は1999年度から小・中・高校生を対象にはじまった行事で、現在、日本地震学会、日本火山学会、日本地質学会が共同で実施しており、地球科学関連では、最大規模の体験学習講座である。COVID-19の影響により2年間中断はあったものの、2022年度から再開した。このサマスクでは、参加者のこどもたちが、第一線の研究者と一緒に地元の見慣れた景観の中に隠された地球の活動を探し、大地や風景のなりたちを考えることを目的としている。2023年8月には、第22回サマスク（実行委員長 宍倉正展）を、1923年の大正関東地震の震源域である神奈川県平塚市とその周辺で開催した。

2. 2023年度サマスクの概要

第22回サマスクの概要は以下の通りである。

開催地：神奈川県平塚市とその周辺

日程：2023年8月17日（木）～8月18日（金）

タイトル：湘南の海のめぐみと地震のひみつ

目的：「湘南平塚の海と大正関東地震」をテーマに、相模湾に面した神奈川県平塚市周辺を舞台に開催した。地域のこども達のみならず全国から地球科学・自然体験に興味のある児童生徒を集め、2日間のフィールドワークや実験学習を通して自然現象を探究した。災害による被害が出る地域だが、その土地ならではの魅力があることを理解し、防災が自然科学やまちづくりと密接な関わりがあることを探究した。また、この土地での暮らしや防災について考えることを目的とした。

参加者：小学生15名、中学生18名、高校生4名（計37名）

3. 協力スタッフ構成

第22回サマスクは、実行委員会形式で開催した。

実行委員会は、各学会の講師とひらつか防災まちづくりの会から選出されたメンバー、サマスク運営委員会から選出されたメンバーで構成した。また、スタッフはサマスク運営委員会の委員に加え、ひらつか防災まちづくりの会、平塚市災害対策課、平塚市博物館、地元の学校教員等で構成した。

民官学で構成される面的な協力体制でそれぞれを補い合い、円滑なイベント運営が実現できた。

4. 2023年度サマスクの内容

1日目は、参加者を6つの班に分け、平塚市博物館に集合後、オリエンテーションを行い、2台のバスに分かれて4カ所のフィールドをめぐり、大地のなぞについて考えた。向き合った2つのなぞは、1.湘南の大地と海は、地震とかかわり、どうやってできた？2.百年後の未来の湘南でどう遊び、どう暮らす？である。

最初に、大磯町の照ヶ崎へ移動し、1923年9月1日に発生した大正関東地震により隆起した土地を観察し、ここがどのような地形なのかを考えた。また、丘側にある段丘や防潮扉から、町のづくりや、過去の災害について考えを深めた。2つ目の観察場所の湘南平では、展望台からの断層地形の観察、湘南平山頂付近で見られる海食台の円礫の観察、防災科学技術研究所の高感度地震観測施設の見学を行った。3つ目は平塚市の土屋の露頭の観察を行い、地層に刻まれた大地の歴史を目の当たりにした。最後に博物館に移動し、地層が堆積する様子の実験や、相模湾から水を抜き海底地形を観察する実験、さらに付加体が形成して大地が隆起する様子の

実験を行った。

2日目は、3カ所のフィールドを巡った。まず、平塚漁港を訪問し、漁港の設備や漁法、相模湾の海産資源についての説明を受け、海の恵みについて学んだ。平塚市農水産課及び平塚漁協の協力により、防潮扉の開閉実演と地元で水揚げされる魚の試食も行った。次に、旧相模川橋脚が大正関東地震の液状化現象によって出現した茅ヶ崎市内の跡地へ移動し、液状化現象に関して学習、実験を行った。最後に平塚市役所災害対策本部室で防災に関するお話を伺い、地方自治体による災害への取り組みについて学んだ。

午後は、フォーラムで発表するための準備を行い、平塚市中央公民館大ホールにて、班ごとに発表を行った。様々な視点から2つのなぞについて解き明かし、湘南の海と大地の成り立ちがプレートの境目であることに深く関係することや、100年後の湘南で暮らすために、防災や地震対策の提案や、湘南の恵みを満喫するレジャープランなどを発表した。発表資料の一部を画像ファイルに添付する。

5. 今後の展望

2023年9月30日（土）に、日本地震学会&第22回地震火山地質こどもサマースクールジョイントフォーラム in 国立科学博物館を開催予定である。2024年（第23回）のサマスクは、徳島県三好市、2025年（第24回）は、長野県木曽町での開催が予定されている。

6. 謝辞

本事業は、公益社団法人日本地震学会、NPO法人日本火山学会、一般社団法人日本地質学会の負担金の他に、ノエビアグリーン財団の助成を受け実施しました。

Hands-on Training Courses Using Historical Materials on Earthquakes

*Yasuyuki KANO^{1,2}

1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Collaborative Research Organization for Historical Materials on Earthquakes and Volcanoes, The University of Tokyo

歴史地震研究には、地震の被害や揺れなどが記述された歴史資料（史料）が用いられる。この地震史料を教材として、歴史地震や地震について紹介する体験型の授業を企画した。

2017年から、日本学術振興会の「ひらめき☆ときめきサイエンス」のプログラムとして「古文書を読んでむかしの災害を調べよう」を開催している。プログラムの前半で歴史地震研究の概要や手法を紹介し、後半には、実習形式で、実際に史料の解読に取り組むというプログラムである。史料を解読するために使う辞書などを用意し、実際の研究の雰囲気味わうことができるように工夫している。史料の解読は、「地震」という文字を探してみよう、「日時」探してみよう、「場所」を探してみようというクイズ形式での解説からはじめ、慣れてきたところで、他に読める部分を探して読んでみるといった進行にしている。「日時」や「場所」に注目するのは、比較的に見つけやすい上、現代でも地震が発生したときに、発生日時や、揺れ（震度）の観測地点に関する情報が発信され、これらをもとに震源が推定できるという説明と対応させたものである。中学生を対象にした年度もあったが、最近は高校生を対象にしている。理科（地学）、歴史や古典に興味をもつ生徒の参加が多い。参加者からは、古典に関係するプログラムが少なく選択したという声もあった。

歴史地震をテーマにした出前授業の依頼や見学の受け入れもおこなっている。講義や実習にあてられる時間や、生徒さんの興味の対象にもよるが、「ひらめき☆ときめきサイエンス」や、京都大学や東京大学の1・2回生向けのゼミ形式の授業の経験も踏まえて、史料を読む体験ができるような構成になるようにしている。

2022年の大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎での講義では、1854年安政南海地震による大阪の津波被害を伝える瓦版を題材とした。地元の地名であることと、絵地図に描かれているようすを手がかりに読みすすめた。最後に読みとった地名と浸水範囲を、ハザードマップと重ね合わせて、過去の出来事と将来起こりうる地震とのつながりを考えるような内容とした。

出前授業では理科あるいは地学の先生方からお声かけいただく場合が多いが、高校や中学校では、教科を超えた課題としても適当なのではないかと考えている。ある中学校で出前授業を実施していたとき、地球や地震の話をしているときは退屈そうにしていた生徒さんが、豊臣秀吉の時代の大地震、という話題に移った途端に目を輝かせて聞きはじめたということもあった。地震史料を中心とした話題の展開は、さまざまな興味をもつ人々に、地震や防災について伝えられる可能性もあると考えている。

The evaluation of Earthquake Records reported by Mizunokojima Lighthouse Officers 1907-1930

*Fumiko Matsushima¹

1. OitaMilitaryHistoryStudyGroup

【はじめに】 気象庁が公開している地震の震度データベースは1919（大正8）年以降のものである。地震学史において地震の記録は少なくとも江戸時代にさかのぼるが、地震という現象をどのように解釈してきたかという観点では自然科学というよりは社会学的、民俗学的、思想的であり、scienceとしての地震学の資料とするには不十分である。 日本地震学会は横浜地震をきっかけに1880（明治13）年に創立された。東京気象台は1884（明治17）年に全国の府県庁郡区役所有志等600か所に地震報告を求め、報告の書式などを送った。これは有感地震のみの報告となるが、体感した場所と時間、地震の持続時間、振動方向、振動の強弱（4段階）を記載するものであった。【灯台の地震観測資料】 明治以降、日本各地に灯台の建設がすすめられたが、灯台では気象観測が行われており、「気象広報」として中央気象台に報告されていた。そのうち1877（明治10）年から1948（昭和23）年の分までは気象庁のマイクロフィルム化されているという。また1882（明治15）年6月以降は体感地震について時刻や揺れの様子を記録している。津村の報告では1882（明治15年）6月から1887（明治20）年5月までの間に約40か所の灯台が地震の報告を寄せており、延べ報告数は1054という。地震報告の多い灯台は納沙布崎（123）弁天島（31）金華山（201）犬吠崎（55）野島崎（17）品川（57）羽田（32）試験灯台（横浜、78）観音崎（70）城ヶ島（56）御前崎（46）鍋島（22）。気象観測は1日8回行われており、天気や風の向き変化を記載しているが地震記録もその一環であり、津村は「測候所」と同等としている。【水ノ子島灯台地震報告綴】 1907（明治40）年から1930（昭和5）年までの灯台看守による地震記録である。筆者らはこれを大分県佐伯市鶴見下梶寄にある水の子島海事資料館でたまたま目にする機会を得た。報告数は35である。全国的な地震調査が始まったのが1884（明治17年）であり、灯台の気象観測の一環として体感地震を記録することが定着していたとしても気象庁が公開している震度データベースがカバーしているのは1919（大正8）年以降であり、同灯台が記載した1907（明治40）年から1918（大正7年）までの27の有感地震の報告は貴重な一次資料といえるだろう。【記録の事例】 以下は古いものから5回分の記録である。順に記録者、発生日、時刻、持続時間、揺れの方向、性状、メモを紹介する。

行木武雄 明治40年5月25日 午後11時40分 15秒 南より北 水平動 微にして弱 燈器建物その他無異

行木武雄 明治40年8月7日 午前11時48分 15秒 北より南 水平同緩にして急 燈器建物等異状なし 飯田稻美

明治40年11月28日 午後8時4分40秒 3秒 南より北 水平動 微にして急 燈器および建物その他無異 飯田稻美

明治41年11月9日 午前零時24分30秒 25秒 不明 上下動 急にして強 ●軸機械水銀槽の油●●飛散せんとし他の異状なし 飯田稻美

明治41年12月12日 午後5時43分 16秒 北より南 水平動 微にして弱 置物等総て異状なし

【参考文献】 [講演要旨]明治時代の灯台の地震観測資料について 財団法人地震予知総合研究振興会 津村建四朗 日本の地震学の歩み 宇佐美 龍夫 大分県有感地震表（大分地方気象台所蔵）



Room D | Regular session : S07. Structure and dynamics of the Earth and planetary interiors**📅 Thu. Nov 2, 2023 1:15 PM - 2:45 PM JST | Thu. Nov 2, 2023 4:15 AM - 5:45 AM UTC | 🏠 Room D F204****[S07] PM-1**

chairperson: Keiko Kuge (Kyoto University), Manabu Morishige

1:15 PM - 1:30 PM JST | 4:15 AM - 4:30 AM UTC

[S07-01] Spatial variations in the degree of melt depletion in a mid-ocean ridge-transform fault system*Manabu MORISHIGE¹ (1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo)

1:30 PM - 1:45 PM JST | 4:30 AM - 4:45 AM UTC

[S07-02] Adjoint inversion of antipodal PKPab waveforms for P wave velocity anomaly at the base of lower mantle*Seiji TSUBOI¹, Rhett Butler² (1. JAMSTEC, 2. University of Hawaii at Manoa)

1:45 PM - 2:00 PM JST | 4:45 AM - 5:00 AM UTC

[S07-03] Examination of Double Seismic Discontinuities at the Base of the Mantle Transition Zone beneath the Northern Japan Sea*Keiko KUGE¹ (1. Department of Geophysics, Kyoto University)

2:00 PM - 2:15 PM JST | 5:00 AM - 5:15 AM UTC

[S07-04] Waveform inversion using all three components for the 3D S-wave velocity structure in D'' beneath the Southern Atlantic*Keisuke Otsuru¹, Kenji Kawai¹ (1. University of Tokyo)

2:15 PM - 2:30 PM JST | 5:15 AM - 5:30 AM UTC

[S07-05] Inferring 3-D S- and P-velocity structure of D'' beneath Central America from 3 component data using waveform inversion*Rei Sato¹, Kenji Kawai¹ (1. The University of Tokyo)

2:30 PM - 2:45 PM JST | 5:30 AM - 5:45 AM UTC

[S07-06] Dense reflection survey shows link between geometrical and physical property changes in the Nankai Trough with slow earthquake activity*Paul Caesar Mason Flores^{1,2}, Shuichi Kodaira^{2,1}, Gaku Kimura², Kazuya Shiraishi², Yasuyuki Nakamura², Gou Fujie², Tetsuo No², Yuka Kaiho² (1. Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University, 2. Research Institute for Marine Geodynamics, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

Spatial variations in the degree of melt depletion in a mid-ocean ridge-transform fault system

*Manabu MORISHIGE¹

1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

中央海嶺近傍における部分溶融によって、海洋地殻の下に数10 kmの厚さを持つメルト成分に枯渇した溶け残りマントルが形成される。この部分は水や重い鉄元素の多くをメルトに取り去られるため、部分溶融を経験していないマントルに比べ高粘性・低密度になると言われている。したがって溶け残りマントルは海洋プレートの構造やダイナミクスを考える上で重要な要素である。これまで溶け残りマントルの不均質性に関する研究は、主に2次元的なものに限られてきた。しかし実際の地球上では中央海嶺をつなぐようにトランスフォーム断層が存在し、これによって3次元的な温度場・流れ場が生じる。そこで本発表では物理モデリングを用いて中央海嶺-トランスフォーム断層系における溶け残りマントルの空間変化を調べた結果を報告する。

有限要素法に基づく3次元モデルを用いて、地表面に中央海嶺-トランスフォーム断層系を想定したプレート拡大速度を与え定常状態における岩石の流れと温度を求めた。この際、部分溶融に伴う潜熱が温度に及ぼす影響も考慮した。またマントルの変形メカニズムとしては拡散クリープ、転位クリープ、脆性破壊を取り扱った。メルト成分枯渇度の指標として各粒子が経験した最大部分溶融度を用いた。その結果、(1)メルト成分枯渇度はプレート拡大速度と共に大きくなること、(2)トランスフォーム断層や断層帯の下ではメルト成分枯渇度が周囲と比べて低くなり、その傾向はプレート拡大速度が遅くトランスフォーム断層が長いほど顕著であること、(3)脆性破壊を考慮するとメルト成分枯渇度の水平方向の変化が小さくなること、が明らかになった。(2)の結果は断層帯の下では周囲と比べて低粘性・高密度になることを意味しており、これは断層帯の下では小規模対流が発生しやすいことを示唆している。また計算によって得られたメルト成分枯渇度がトランスフォーム断層や断層帯における海洋底の沈降に及ぼす影響を見積もったところ、その寄与は最大で0.2 km程度であった。

本発表ではトランスフォーム断層によるメルト成分枯渇度の空間変化を取り扱ったが、この他にも異なる中央海嶺間のマントルポテンシャル温度の違いや中央海嶺下におけるマントル上昇流の様式(受動的か能動的か)などメルト成分枯渇度の不均質性を作り出す要因は数多く存在する。そのため溶け残りマントルは従来考えられてきたよりも遥かに不均質であると考えられる。したがって海洋プレートの構造やダイナミクスはプレート年代によってのみ決まるわけではなく、プレート形成時の部分溶融履歴もそれらの重要な支配要素である可能性がある。

Adjoint inversion of antipodal PKPab waveforms for P wave velocity anomaly at the base of lower mantle

*Seiji TSUBOI¹, Rhett Butler²

1. JAMSTEC, 2. University of Hawaii at Manoa

我々は、内外核境界の構造を研究するために、地震の対蹠点で観測された地震波形を解析してきた (Butler and Tsuboi, 2010, 2021, 2023)。これまでは、PKIKP と IOCB で回折した波形に注目してきたが、対蹠点での PKPab 波は波線の収束のため、大きな振幅が観察される。スペクトル要素法を使用して PKPab 波を数値的にモデル化すると、観測された PKPab の一部は理論地震記録と比較して到着時間が大幅にずれている場合がある。これは、理論地震記録の計算に使用される 3D マントルモデルに最下部マントルにおける Vp の不均質性が反映されていない可能性があることを示唆している。ここでは、対蹠点の PKPab 波を使用してアジョイント・インバージョンを実行し、最下部マントル底部の不均質な Vp 構造を推定することを試みた。我々は過去 30 年間で、S/N 比の高い対蹠点観測点を調べ、震央距離が 179.5 度より大きく、Mw が 7.0 未満である 20 の震源と観測点のペアを選択した。JAMSTEC の地球シミュレータ上で SPECFEM3D_GLOBE ソフトウェアを使用して、不均質マントルモデルの理論地震波形を約 6.9 秒の精度で計算した。計算に使用したパラメータは NEX=640、コア数は 9600 である。観測された地震記録と計算された地震記録の両方の鉛直成分から PKPab 位相を取得し、アジョイントソースを計算してマントル内の Vp の感度カーネルを求めた。地球シミュレータの 9600 コアを使用して感度カーネルを計算するには、CPU 時間で約 6 時間を必要とした。各地震-観測点ペアについて計算された Vp 感度カーネルは、CMB の広い領域をカバーする最下部のマントルに特徴的な環状パターンを示している。したがって、地震と観測点のペアの数は多くはないが、マントル底部の Vp 構造に対する PKPab 波の感度カーネルを足し合わせることで、CMB での Vp 構造の不均質性をモデル化するのに十分となる可能性がある。各イベントカーネルを足し合わせて最下部のマントルに Vp の感度カーネルを設定し、インバージョンを数回繰り返して D'' 領域の Vp 構造を推定した。我々が得た、下部マントルの基部で更新された 3D マントル Vp モデルは、現時点では、主な変化は南アメリカと南太平洋に存在している。追加の反復を実行してモデルを更新し、その結果について発表で議論する予定である。

Examination of Double Seismic Discontinuities at the Base of the Mantle Transition Zone beneath the Northern Japan Sea

*Keiko KUGE¹

1. Department of Geophysics, Kyoto University

マントル遷移層の底部は、マントルを主に構成するオリビン系鉱物の相変化で生じていると考えられる660km地震波速度不連続面によって位置付けられている。一方、場所によって、深さ660km周辺には複数の地震波速度の不連続面が存在することが、変換波などの地震波解析から、マリアナ諸島やトンガ・フィジー諸島などの沈み込み帯（例えば、Tibi et al., GRL 2007; Zang et al., GRL 2006）とともに、沈み込み帯以外の地域（Andrews and Deuss, JGR 2008）で指摘されている。複数の660km地震波速度不連続面の存在は、マントル内のオリビン以外の鉱物の存在やそれらの相転移に関係しうる。そのため、複数の660km不連続面の特性や空間的な広がり、その原因を究明する鍵となるだけでなく、オリビン以外の鉱物の種類や分布などを拘束するデータになる可能性もある。

中国北東部では、マントル遷移層底部付近に少なくとも2つの地震波速度不連続面があることが、先行研究のレシーバ関数解析で示されている(Niu and Kawakatsu, JPE 1996; Sun et al., EPSL 2020)。本研究では、その東に位置する日本海北部下の深さ660 km付近で屈折する地震波を用いて、マントル遷移層底部の2つの地震波速度不連続面の存在について調べる。本内容は久家（地震学会2022）を発展したものである。本研究では、日本の地震計で観測されたサハリン周辺の深発地震のデータを使用する。これらの観測点では、一次元地球モデルiasp91から660km不連続によるP波のtriplicationの出現が予想され、その予想と調和的に、660km不連続に起因すると思われるP波のtriplicationが観測される。さらに特筆すべきは、660km不連続によるP波のtriplicationのあとに、みかけ速度のはやい地震波が、特に上下動にみられることである。この地震波は、iasp91から計算される理論波形には存在しない。この地震波が観測される場所は、特定の地域に限られない。また、アレイ解析から相対スローネスを推定した結果でも、当該地震波は深部から伝播してきた波にみえる。660km不連続直下を伝播したと考えられる観測P波がiasp91の予想に比べて弱いことも考慮し、iasp91の660km不連続の一部を、もう一つの不連続として50km深くにおいたモデルを仮定すると、その理論波形は観測された地震波の特徴とより調和的になり、2つの地震波速度不連続の存在が観測を説明することを示唆する。先行研究の結果も踏まえると、2つの660km不連続が、スタグナントしている太平洋プレートの東端から海溝側に向かって広く存在しているかもしれない。

謝辞：本研究では、防災科学技術研究所MOWLAS（F-netおよびHi-net）のデータを使用している。記して感謝する。

Waveform inversion using all three components for the 3D S-wave velocity structure in D'' beneath the Southern Atlantic

*Keisuke Otsuru¹, Kenji Kawai¹

1. University of Tokyo

D''領域はマンツルの最下部数百キロを占める熱境界層であり、マンツルのダイナミクスを解明する上で重要な存在である。D''領域には、太平洋下とアフリカ下の2箇所に巨大S波低速度域（LLSVP）が存在することが知られている。これらは高温または化学組成（もしくはその両者の組み合わせ）の異常によるものと考えられるが、詳しいことは未だわかっていない。マンツル対流シミュレーションの結果からは、マンツル対流が熱のみの効果により駆動されていれば「プリュームクラスター」と呼ばれる小さなプリュームの集合体が形成される一方、化学組成異常がマンツル対流の駆動に関与してれば「熱化学パイル」と呼ばれる大きな化学組成異常の塊がコア-マンツル境界（CMB）直上に形成されることが示唆されている。LLSVPの内部の地震波速度構造を詳細に解像できればその判別が可能になると考えられるが、LLSVPが存在する南半球は解像度が乏しく、特に低速度異常を推定することがこれまで難しかった。全マンツルインバージョンによる構造推定は行われてきたもののその水平方向の解像度は1000 km程度であり、LLSVPが「プリュームクラスター」か「熱化学パイル」かを判別するには至っていない。

本研究では、最近公開されてきているアフリカ大陸の地震波観測網のデータを活用して、低速度異常の推定に有効な波形インバージョンを行うことで、アフリカLLSVP西側境界域にあたる南大西洋下のD''領域の詳細な3次元S波速度構造を推定する。使用する波形データは深発およびやや深発地震からの地震波を震央距離70〜100度で観測した、各成分およそ3600本の広帯域地震波形であり、IRISから取得した。地震波の3成分全てを使用することで、SフェーズおよびScSフェーズに加えてSKSフェーズも活用する。まずはイタレーションにより1次元構造を推定し、その構造を初期モデルとして3次元の構造推定を行う。これにより、概ね水平方向250 km、鉛直方向50 kmの解像度での構造推定を実現する。

得られた3次元S波速度構造モデルには、ブラジルの下にファラロンスラブと思われる500 kmスケールの高速度域がみられた他、南大西洋下のCMB直上に複数の500 kmスケールの低速度域が確認された。低速度域は従来LLSVPとされてきた領域の内部だけでなくその西側にも存在しており、LLSVPがCMB直上で100 km程度の厚さで西側に伸びている可能性が示唆された。また、これらの低速度域は熱化学パイルのような大きな塊は形成しておらず、プリュームクラスターの描像と整合的である。

Inferring 3-D S- and P-velocity structure of D'' beneath Central America from 3 component data using waveform inversion

*Rei Sato¹, Kenji Kawai¹

1. The University of Tokyo

地球深部の深さ約2900kmに位置する核-マントル境界（CMB）は、固体岩石のマントルと液体鉄合金の外核が接する、地球内部の最も主要な熱・化学（物質）境界の一つである。そのため、最下部マントル領域（D''領域）の詳細な構造推定は地球の熱・化学進化の理解に欠かせない。D''領域内部にて化学進化を起こす主要な要因として、（A）熱境界層の地温勾配とマントル物質のソリダスが近接することに伴う部分熔融と、（B）海洋プレートの沈み込みに伴う海洋地殻成分の剥離および濃集、の2つが提案されている。これらの現象を検出するためには、D''領域内部を解像できる解像度（鉛直方向に100km以下）で構造推定を行う必要がある。また、地震波速度に対する温度と化学組成の効果を分離するためには、S波速度（Vs）及びP波速度（Vp）の不均質構造を同程度の解像度で推定することが必要である。

本研究では、北米で緻密に展開されているUSArray観測網にて観測された南米・中米・アラスカの地震イベントデータを局所的三次元波形インバージョン法に適用することで、中米下D''領域の三次元Vs・Vp構造を水平方向約250km、鉛直方向50kmの高解像で推定することを目的としている。Transverseとverticalの地震波2成分を用いた構造推定結果からはVsの解像度が特にD''領域浅部において向上し、Vpの解像領域はP波が良くサンプルする領域に限ることが分かり、沈み込んだFarallonスラブがD''領域全域に存在することが示唆された。本発表では、データセットの改良を行った上で地震波3成分を用いて推定されたモデルの提示とその妥当性についての議論を行う。

Dense reflection survey shows link between geometrical and physical property changes in the Nankai Trough with slow earthquake activity

*Paul Caesar Mason Flores^{1,2}, Shuichi Kodaira^{2,1}, Gaku Kimura², Kazuya Shiraishi², Yasuyuki Nakamura², Gou Fujie², Tetsuo No², Yuka Kaiho²

1. Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University, 2. Research Institute for Marine Geodynamics, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Factors possibly affecting the clustered distribution of very low frequency earthquakes and tremors in the Nankai Trough were examined using prestack depth migrated profiles with line intervals of 4-8 km from off Cape Shionomisaki to off Tosa Bay. Decollement roughness was measured by the root mean square (RMS) of its height from a reference line. Prism taper angle was measured 30 km from the frontal thrust by linear fitting of the seafloor and decollement, and was used to estimate the effective basal friction (μ_b) and pore pressure ratio ($\lambda^*_{\alpha+\beta}$) by applying the critical taper theory. The p-wave velocity from the underthrust section within 10 km from the frontal thrust was also used to calculate the pore pressure ratio (λ^*_{vp}). Results showed that a rough decollement off Muroto, indicated by the standard deviation of the RMS ($\sigma_{RMS}=104-147$ m), and variable underthrust thickness is associated with high slow earthquake activity. In contrast, a smooth decollement ($\sigma_{RMS}=74-82$ m) is associated with a seismicity gap. Decollement roughness is associated with multiple subducted seamounts. Slow earthquakes also occur in a wide zone of low taper angle (3.8°), indicating low μ_b (0.1-0.4), and high $\lambda^*_{\alpha+\beta}$ (0.6-0.8). The λ^*_{vp} also indicate elevated pressures off Muroto (0.6-0.7) than the surrounding areas and shows high correlation (0.80) with $\lambda^*_{\alpha+\beta}$. This indicates that the high λ^* in Muroto is a reliable feature. We infer that this is caused by an interplay of sediment underplating and fluid expulsion from the underplated sediments due to multiple seamount subduction.

Room D | Regular session : S07. Structure and dynamics of the Earth and planetary interiors**📅 Thu. Nov 2, 2023 3:00 PM - 4:15 PM JST | Thu. Nov 2, 2023 6:00 AM - 7:15 AM UTC | 🏠 Room D F204****[S07] PM-2**

chairperson:Toshiki Ohtaki, Masayuki Obayashi(JAMSTEC)

3:00 PM - 3:15 PM JST | 6:00 AM - 6:15 AM UTC

[S07-07] P-waves recorded by MERMAID floats in the South Pacific

*Masayuki OBAYASHI¹, Yuko Kondo², Junko Yoshimitsu¹, Satoshi Murakami², Hiroko Sugioka², Joel D Simon³ (1. JAMSTEC, 2. Kobe University, 3. Princeton University)

3:15 PM - 3:30 PM JST | 6:15 AM - 6:30 AM UTC

[S07-08] P-wave velocity structure beneath central to southern South America using finite-frequency tomography

*Yuko Kondo¹, Masayuki Obayashi^{2,1}, Hiroko Sugioka¹, Hajime Shiobara³, Aki Ito², Masanao Shinohara³, Hikaru Iwamori³, Masataka Kinoshita³, Matthew Miller⁴, Carlos Tassara⁵, Javier Ojeda⁶ (1. Kobe University, 2. 1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 4. Departamento de Geofísica, Universidad de Concepcion, Chile, 5. Facultad de Ciencias, Universidad de Arturo Prat, Iquique, Chile, 6. Departamento de Geofísica, Universidad de Chile, Chile)

3:30 PM - 3:45 PM JST | 6:30 AM - 6:45 AM UTC

[S07-09] Development of multi-scale global tomography method considering seismic anisotropy

*Daisuke Takada¹, Genti Toyokuni¹, Dapeng Zhao¹ (1. tohoku university)

3:45 PM - 4:00 PM JST | 6:45 AM - 7:00 AM UTC

[S07-10] Laterally heterogeneous lowermost outer core (F layer) of the Earth

*Toshiki OHTAKI¹, Satoshi Kaneshima² (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Kyushu University)

4:00 PM - 4:15 PM JST | 7:00 AM - 7:15 AM UTC

[S07-11] Three-dimensional thermal structure and slow earthquake distribution in the Central American subduction zone

*Rui Qu¹, Yingfeng Ji¹ (1. Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences)

P-waves recorded by MERMAID floats in the South Pacific

*Masayuki OBAYASHI¹, Yuko Kondo², Junko Yoshimitsu¹, Satoshi Murakami², Hiroko Sugioka², Joel D Simon³

1. JAMSTEC, 2. Kobe University, 3. Princeton University

MERMAID (Mobile Earthquake Recording in Marine Areas by Independent Divers) は受動的に漂流する自律型ハイドロフォンであり、国際学術コンソーシアムEarth Scope-Oceansの下で、South Pacific Plume Imaging and Modeling (SPPIM)プロジェクトの一環として、2018年後半以降現在までに南太平洋において約50台が展開されている。南太平洋は無数のホットスポット海山と異常に浅い海洋地殻によって特徴づけられ、これらはマントル最下部からの上昇ブルームを反映していると考えられている。しかし、地震活動が少なく観測点に乏しい海洋地域であるため、深部をサンプリングする波線経路データが十分に得られていない。SPPIMの目的は、この広大な海洋地域におけるデータの不足を解決し、マントル上昇域における地球深部構造を求めることにある。MERMAIDはグローバル地震によって発生した高周波P波から海底で変換された水中音波を漂流深度1500mの海水中で記録する。搭載されたアルゴリズムによって地震イベントの信号が検出されると海面に浮上し、これらのデータを衛星通信によってほぼリアルタイムで伝送する。このような新しい観測機器のデータを用いてマントルトモグラフィを実施するには、検出アルゴリズムによって切り出された波形をソースとなる地震イベントと関連付け、MERMAIDまでの走時を調べる必要がある。

本発表では、現在までに記録された約4000個のMERMAIDの記録について、Simon et al., 2021によるAIC基準に基づく自動走時読み取りソフトウェアを用いて解析を行った。ここでは、地震P波の到着をピックし、それらをIncorporated Research Institutions for Seismology (IRIS) のグローバル地震カタログと照合し、グローバル参照モデルak135 (Kennett et al. 1995) に対して走時残差が計算される。同時に、各波形についてSignal-to-noise比を計算して不確かさを推定することで、走時データをトモグラフィインバージョンの入力とする際の重みづけが得られる。これらの結果から、MERMAIDで検出されるイベントマグニチュードと震央距離の関係、得られるデータの質、南太平洋下マントルを通る波線経路の走時異常データについて紹介する。

P-wave velocity structure beneath central to southern South America using finite-frequency tomography

*Yuko Kondo¹, Masayuki Obayashi^{2,1}, Hiroko Sugioka¹, Hajime Shiobara³, Aki Ito², Masanao Shinohara³, Hikaru Iwamori³, Masataka Kinoshita³, Matthew Miller⁴, Carlos Tassara⁵, Javier Ojeda⁶

1. Kobe University, 2. 1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 4. Departamento de Geofísica, Universidad de Concepción, Chile, 5. Facultad de Ciencias, Universidad de Arturo Prat, Iquique, Chile, 6. Departamento de Geofísica, Universidad de Chile, Chile

南米西縁は、ナスカプレートが南米プレートに東向きに沈み込むプレート収束帯である。ここでは、地球物理学的観測により、スラブが海溝から数百kmに渡り水平に横たわるflat沈み込みや、活発に拡大するチリ海嶺の沈み込みによるスラブウィンドウの発達といった、比較的若く温かい沈み込みに特有のテクニクスが観察されてきた。近年、南米における地震観測点増加に伴い、大陸スケールの実体波トモグラフィ研究が行われ (Portner et al., 2020; Mohammadzahari et al. 2021)、ナスカスラブとその周囲のマントルの3次元速度異常構造が示された。また、南米最南部では臨時地震観測アレイのデータを用いてチリ三重会合点近傍における強い低速度異常が観察されている (e.g. Russo et al., 2010; Miller et al. 2023)。しかし、これまでに示された異常の範囲は限定的であり、その全体像は未だ明らかでない。そこで本研究では、ナスカスラブの沈み込み史およびスラブウィンドウの全容を議論するために、有限周波数P波走時トモグラフィによって南米中南部の地震波速度構造を推定した。トモグラフィの入力データにはチリ三重会合点周辺の海底地震計アレイ (Ito et al., 2023) を含む南米周辺の約100点の観測点における広帯域波形データから測定した走時データセットと、International Seismology Centreによる全球走時データセットを使用した。インバージョンにはObayashi et al., 2013による波線理論カーネル (Inoue et al., 1990) と有限周波数カーネル (Hung et al., 2000; Nolet et al., 2000) を組み合わせる手法を用いた。得られた新しいトモグラフィモデルでは、(1) 南緯26–35°のナスカスラブ下側の高速度異常 (図1, F1)、(2) チリ三重会合点の東側の上部マントルにおける顕著な低速度異常の存在 (図1, S1) が観察された。(1) のナスカスラブ下の高速異常は南北方向約1000kmにわたり、200–900kmの深さ範囲に位置している。数値モデリング計算により一定の角度の沈み込みからflat沈み込みへの移行時にスラブが break-off する可能性 (e.g. Liu and Currie, 2016; 2019) が示されており、~1%の強い異常振幅と、現在および過去のflatスラブ区間との空間的な一致から、これは12–13Ma以前に現在のナスカスラブに先行して沈み込んでいたスラブの遺物と解釈された。(2) のチリ三重会合点東側の顕著な低速度異常 (図1, S1) は、深さ約150kmにおいて、プレート運動史モデル (Breitsprecher and Thorkelson, 2009) と実体波トモグラフィ (Russo et al., 2010) から推定されたパタゴニアのスラブウィンドウの範囲とよく一致している。火山活動分布と比較すると、スラブの部分熔融に由来するとされるアダカイト火山は低速度異常の南端に並んでおり、3.3Ma以降に形成された台地玄武岩は低速度異常の範囲内に分布している。これらから、低速度異常は拡大するスラブウィンドウを通る局所的なマントル流に起因する可能性が考えられる。さらに、低速度異常の深さ範囲と垂直方向の解像度を考慮すると、上昇流の根は250km付近にあることが示唆される。

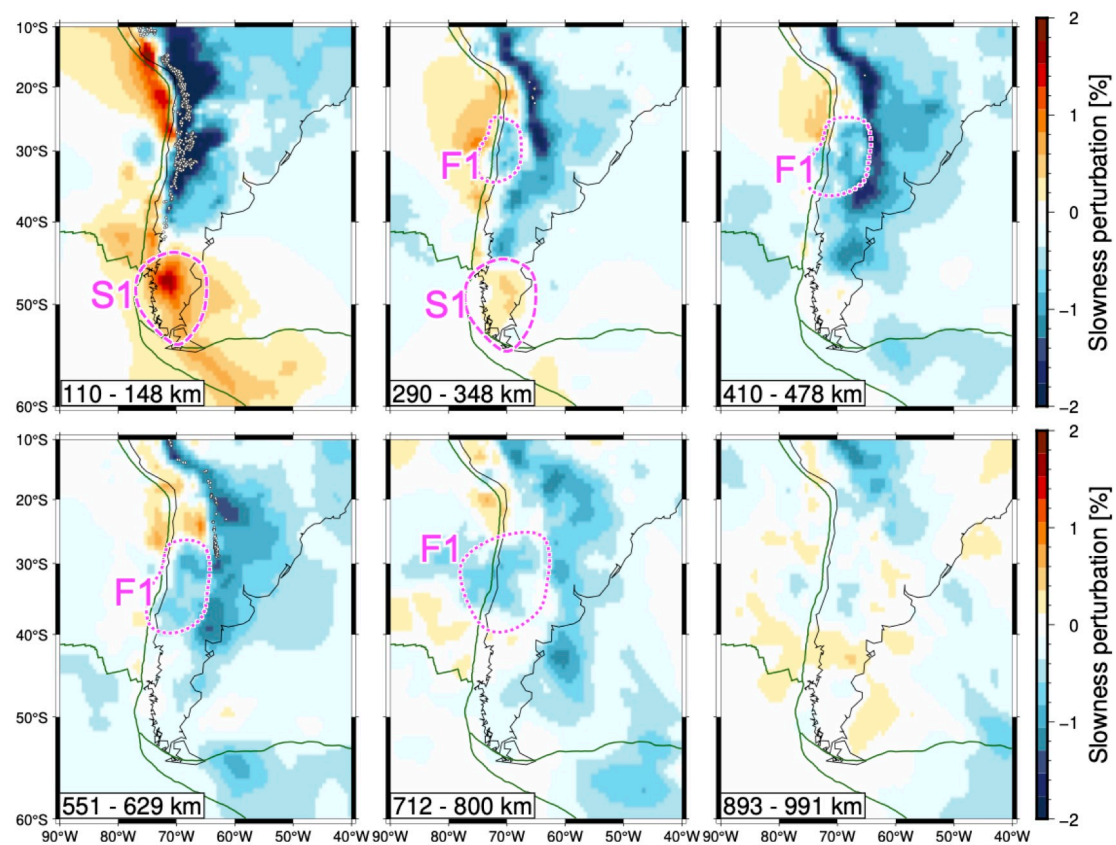


図 1. 深さ約 1,000km までの各層の全球平均地震波速度に対するスローネスの異常。深緑色の線は現在のプレート境界、白丸は震源分布を表す。

Development of multi-scale global tomography method considering seismic anisotropy

*Daisuke Takada¹, Genti Toyokuni¹, Dapeng Zhao¹

1. tohoku university

グローバルトモグラフィーは全地球に分布する震源・観測点を用いる地震波トモグラフィー手法であり、地表付近から核・マントル境界までの全マントルの地震波速度構造を調べるのに適している。一方で、対象領域を限定したリージョナルトモグラフィーと比べ、分解能が相対的に落ちる欠点がある。発表者らの研究グループでは、対象領域内部のみグリッドを細かく配置することで、グローバルトモグラフィーでありながら、対象領域内部はリージョナルトモグラフィーと同程度の分解能で解くことができる「マルチスケール・グローバルトモグラフィー」を開発し、世界の様々な地域のP波速度構造を調べてきた。しかし従来の本手法は、等方性速度構造のみしか取り扱えなかった。地震波速度異方性は、地震波の伝播方向によって地震波速度が変化する現象である。マントル内では結晶がマントルの流れ場の方向に選択配向することで異方性が生じることが多いため、異方性を調べることでマントル内部の動的過程を明らかにすることができる。本研究では、地震波速度異方性をマルチスケール・グローバルトモグラフィーに導入することを目的に、プログラム開発を行った。今回導入した異方性は、軸対称異方性の対称軸が水平面内に存在し、方位によって速度が変化する「方位異方性」である。等方性成分に加え、異方性パラメータ2つを追加することで解くことができる。等方性成分については、対象領域内部の水平グリッド間隔が約55 km、対象領域外部の水平グリッド間隔が約200 kmのマルチスケールグリッドを用い、異方性成分について、地球全体で水平グリッド間隔約550 kmのレギュラーグリッドを導入した。5000個の地震を用いて、日本と周辺地域下の全マントルを対象としたテスト計算では、等方性成分は従来の等方性トモグラフィーと同じ特徴が再現され、かつ全マントルの異方性を同時に求めることに成功した。本発表ではさらに、異方性にもマルチスケールグリッドを適用した計算結果を紹介する予定である。

Laterally heterogeneous lowermost outer core (F layer) of the Earth

*Toshiki OHTAKI¹, Satoshi Kaneshima²

1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Kyushu University

筆者らは外核最下部から内核表面の上を伝わる波(PKPbc, PKPc-diff)と内核を伝わる波(PKiKP)の走時差の分散および外核最下部を伝わる波(PKPbc)と内核表面で反射する波(PKiKP)の走時差を使い、外核最下部の速度構造を解析してきた(Ohtaki and Kaneshima, 2015; Ohtaki et al., 2018). このうち前者の分散は解析結果からPKPbc (PKPc-diff)に起因すると考えられること、外核底の速度勾配に敏感であることが分かった。内核表面のような球殻上を伝わる波の走時の分散は、球殻の上の速度勾配に感度がある一方、その下の媒質にはよらないことが知られている (e.g., Duwallo and Jacobs, 1959; Chapman and Phinney, 1970; Ben-Menahem and Singh, 1981). 一方、後者のPKPbcとPKiKPの走時差はこの二つの波の最深点間の速度の大きさに感度がある。この二つの観測を組み合わせることで、外核最下部300 kmほどの速度構造を精度良く求めることができる。

前掲の二つの論文で求めた外核最下部速度は、南米北部の地震から日本のHi-net (Okada et al., 2004)への波線ではPREMより少し遅くかつ緩やかな勾配であり、南サンドイッチ諸島の地震からHi-netへの波線ではPREMと同程度の速度の大きさではあるがさらに緩やかな勾配をもっていた。これらの結果は、外核最下部に水平方向の速度不均質があることを示している。なお、走時分散および走時差の観測にはともにこの二つの地域で違いがでており、不均質の存在は確かであると考ええる。

今回は、解析対象領域を広げるべく南米南部の地震をHi-netで観測した記録を前掲論文と同じ方法で解析した結果について報告する。

謝辞 本研究はJSPS科研費21K03709の助成を受けたものです。

Ben-Menahem, A., and S. J. Singh (1981), *Seismic Waves and Sources*, Springer-Verlag, New York.

Chapman, C. H., and R. A. Phinney (1970), Diffraction of P wave by the core and an inhomogeneous mantle, *Geophys. J. Int.*, 21, 185–205.

Duwallo, G., and J. A. Jacobs (1959), Effects of a liquid core on the propagation of seismic waves, *Can. J. Phys.*, 37, 109–128.

Ohtaki, T., S. Kaneshima, H. Ichikawa, and T. Tsuchiya (2018), Seismological evidence for heterogeneous lowermost outer core, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, doi:10.1029/2018JB015857.

Ohtaki, T., and S. Kaneshima (2015), Independent estimate of velocity structure of Earth's lowermost outer core beneath the northeast Pacific from PKiKP–PKPbc differential traveltimes and dispersion in PKPbc, *J. Geophys. Res.*, 120, 11, doi:10.1002/2015JB012140.

Okada, Y., K. Kasahara, S. Hori, K. Obara, S. Sekiguchi, H. Fujiwara, and A. Yamamoto (2004), Recent progress of seismic observation networks in Japan –Hi-net, F-net, K-NET and KiK net–, *Earth Planets Space*, 56, xv–xxviii, doi:10.1186/BF03353076.

Three-dimensional thermal structure and slow earthquake distribution in the Central American subduction zone

*Rui Qu¹, Yingfeng Ji¹

1. Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences

1. Introduction

Slow earthquakes are a predominant phenomenon in the Central American subduction zone (e.g., Costa Rica), which indicates that the heterogeneous megathrusts there are unstable. For example, shallow earthquakes occurred with high frequency throughout Central America, and several large earthquakes ($M_w > 6.5$) took place along the coast (Alvarado et al., 2017). GPS observations show that slow slip events occurred at an average interval of approximately 20 months below the Nicoya Peninsula (e.g., Jiang et al., 2012). However, few slow slip events or low-frequency earthquakes have been detected in the Guatemala-Nicaragua segment of the Central American subduction zone. The reason for the differential distribution of fast and slow earthquakes in Central America remains enigmatic. Therefore, we constructed a 3-D thermomechanical model to estimate the thermal state and water content distribution in Central America. We analyzed the main mechanisms that affected the occurrence of fast-slow earthquakes based on our calculation.

2. Method and Data

In this study, we adopted thermomechanical codes (Stag3d, Tackley and Xie, 2003) and the finite difference method to develop a 3-D thermal model of the Cocos Plate. The model region has dimensions of 1350 km $\times$ 750 km $\times$ 400 km (length $\times$ width $\times$ depth) and 80 $\times$ 80 $\times$ 100 grids. In our model, we applied the equations corresponding to the conservation of mass, momentum, and energy and ensured boundary conditions satisfied in the calculation (e.g., Ji et al., 2016; Yoshioka and Murakami, 2007). During the calculation, the parameters used include plate geometry (Hayes et al., 2018), subduction velocity (DeMets et al., 2010), and plate age (Müller et al., 2008). We prescribe the subduction duration to be at least 20 Myr to ensure that the model reaches a steady thermal state with a temperature variation of $< 10^\circ\text{C}$ over time with a lapse time of 5 Myr.

3. Results and Discussion

Compared with previous thermal structure results (e.g., Peacock et al., 2005; Wada and Wang, 2009), we found that the surface temperature of the Cocos Plate is warmer than previously estimated (Fig. 1). The cold mantle wedge ($< 500^\circ\text{C}$) below the Central American subduction zone is constrained at depths of $< 40\sim 60$ km. In this meaning, as the Cocos Plate subducts, warm plate environment controlled slab dehydration results in the release of more fluids than mature subduction zones. The released fluids can be transported, leading to an increase in pore fluid pressure, thus contributing to the occurrence of slow earthquakes. This is the main driving mechanism promoting the occurrence of fast and slow earthquakes in Central America. Based on our calculation, we predicted that slow earthquakes have the potential to occur in the Guatemala-Nicaragua segment of Central America. However, due to a lack of near-trench geodetic monitoring gauges in Guatemala-Nicaragua, less slow earthquakes have been detected in addition to the observed coseismic slip. The occurrence of slow earthquakes beneath the Nicoya Peninsula, Costa Rica is attributable to the remarkable perturbations in slab geometry and the release of fluids at different depth ranges.

Fig. 1 Calculated thermal state of the subducting Cocos Plate. The isotherm contours ($200\sim 1100^\circ\text{C}$) are

labeled. Colored spheres indicate earthquakes. The white dashed line indicates the potential slow earthquake area in Guatemala-Nicaragua predicted by this study. Red cones indicate active volcanoes.

