

平成 21 年度共同利用実施報告書(研究実績報告書)

1. 共同利用種目 (該当種目にチェック)

- 特定共同研究(A) 特定共同研究(B) 特定共同研究(C) 一般共同研究
 地震・火山噴火予知研究 施設・実験装置・観測機器等の利用
 データ・資料等の利用 研究集会

2. 課題番号または共同利用コード 2009-G-15

3. プロジェクト名、研究課題、集會名、または利用施設・装置・機器・データ等の名称

和文: 神岡レーザー伸縮計で得られるひずみ地震動記録を用いた地球の深部構造

英文: Earth structure inferred from records of Kamioka laser strainmeter

4. 研究代表者所属・氏名 (財)地震予知総合研究振興会 大久保 慎人

(地震研究所担当教員名) 新谷 昌人

5. 利用者・参加者の詳細 (研究代表者を含む。必要に応じ行を追加すること)

氏名	所属・職名	利用・参加内容または 施設,装置,機器,データ	利用・参加期間	日 数	旅費 支給
大久保 慎人	(財)地震予知総合研究振興会・東濃 地震科学研究所・副主任研究員	神岡レーザー伸縮計での ひずみ地震動記録	平成 21 年 4 月 1 日～平 成 22 年 3 月 31 日	10	無
大久保 慎人	(財)地震予知総合研究振興会・東濃 地震科学研究所・副主任研究員	地震研究所での, 担当教官 との研究打ち合わせ	平成 22 年 3 月 16 日～3 月 19 日	4	有

6. 研究内容 (コンマ区切りで 3 つ以上のキーワードおよび 400 字程度の成果概要を記入)

キーワード: ひずみ地震動, 地下深部, 神岡レーザー伸縮計, 高感度・高精度記録

地球深部で発生する現象はマントル層や地殻といった障害物を通して地殻活動として観測される。そのため地球深部で発生した現象を精度よく解析するためには地下深部に設置した高感度の記録を用いることが望ましい。神岡にあるレーザー伸縮計は地殻の微小な変動現象を高感度に記録でき、地球物理学的研究を行うために有効な観測機器のひとつである。本共同利用において、レーザー伸縮計によって得られたひずみ地震動記録と深部ボアホール観測によって得られたひずみ地震動記録とを比較することで、レーザー伸縮計の有効性を検証した。検証の結果、レーザー伸縮計は $10^{-8} \sim 10^{-10}$ Strain@1Hz の微小・速い現象に対しても十分な応答性を持っており、東濃地震科学研究所屏風山観測点のボアホールひずみ計に比べ、より高い分解能を有していることがわかった。今後、地震によって励起される地球自由振動やコアモードの解析に有効な観測機器であることが検証できた。

7. 研究実績報告 (公表された成果のリスト*1または 2000～3000 字の報告書)

(*1論文タイトル、雑誌・学会・セミナー等の名称、謝辞への記載の有無、ポイント数、電子ファイル添付のこと)

研究実績報告書

(財)地震予知総合研究振興会

東濃地震科学研究所

主任研究員 大久保慎人

地球深部で発生する現象はマントル層や地殻といった「障害物」を通して地表の地殻活動として観測される。そのため地球深部で発生した現象を精度よく解析するためには地下深部に設置した高感度の記録を用いることが望ましい。神岡にあるレーザー伸縮計は地殻の微小な変動現象を高感度に記録でき、地球物理学的研究を行うために有効な観測機器のひとつである。本共同利用において、レーザー伸縮計によって得られたひずみ地震動記録と深部ボアホール観測によって得られたひずみ地震動記録とを比較することで、レーザー伸縮計の有効性を検証した。

一般に地殻変動観測に用いられる伸縮計は基準尺に対して岩盤の長さ変化、つまりひずみを計測する。基準尺には温度変化の影響を避けるため石英管やスーパーインバーといった温度膨張係数の小さな材料が用いられ、その長さは 30m 程度にもなる。その長大な基準尺が微小な変動に対しても応答するように空中に釣り、動摩擦を小さくしている。そのため、基準尺の釣り方など、設置方法によっては基準尺がねじれたり、振動したりすることによって計測が乱されることもある。一方レーザー伸縮計はレーザー光の波長を基準として、発振した光と計測する光を干渉させることにより、ひずみを干渉光の位相ずれとして計測する。レーザー光は伝播する媒質 - 空気の状態変化（温度、圧力）によって影響を受けるが、神岡レーザー伸縮計では全長 100m のレーザー光路およびレーザー干渉計を納める容器の真空度を 10^{-5} Pa に保ち、計測の安定を図っている。加えて、ひずみ計の基準尺に相当するレーザー光に、発振周波数と波長を高度に安定化した（波長安定度： 10^{-13} ）ヨウ素安定化レーザー光源が利用し、高精度かつ高安定な計測が行われている。研究打ち合わせにおいて新谷氏より頂いた資料からは 10^{-10} 程度の微小なひずみステップが十分に分離できる観測が行われていることがうかがえる。

しかしながらこれらの伸縮計の設置には広大な地下空間が必要であり、地下空間を形成したことによる広域的なひずみ場と乖離した局所的なひずみ場の発生が考えられる。また、地下空間を作るには膨大な資金が必要となるため観測点を増やすことが容易ではない。地下に形成する空間を極力小さくし、観測点設置の費用を抑えるために Ishii et al. (2002) に代表される石井式ひずみ計のようなボアホールを利用した深部ボアホール観測も行われている。ボアホール観測では計器設置による局所的なひずみ場の影響範囲が小さく、20Hz 程度のより短周期の変動まで計測可能であることが知られている (Okubo et al., 2005)。

本報告では、2003 年十勝沖地震の際に得られたひずみ地震動記録波形に対して大久保・他 (2004) が行ったひずみ地震動波形とひずみ地震動スペクトルの比較する手法を用い、神岡レーザー伸縮計（以下、KMI と書く）と機器設置深度 1020m の深部ボアホール観測をおこなっている屏風山地殻活動観測点（以下、BYB と書く）を 2006 年 11 月 15 日 11:14:16 (UTC) に発生した、Kuril Island 地震 ($M_w=8.3$) の記録を用いて比較した (USGS, 2006)。この地震は震央距離 16° と離れており、観測点から見た震源方位が $N44E^\circ$ (KMI) $\sim N42E^\circ$ (BYB) と変化が少ない。つまり、KMI と BYB には一様な同様のひずみ地震動が入力されていると考えることができる。また、震源方位が $N44E^\circ$ であることは、観測成分が NS と EW の 2 成分しかなく任意の方位でのひずみ変動量を計算することはできない KMI の機器にとって各成分に同等の入力振幅があるため、比較解析する上でも有用であった。比較に用いたひずみ地震動記録の仕様は、KMI では分解能 10^{-13} ひずみ、サンプリング周波数 1Hz、BYB では分解能 10^{-11} ひずみ、サンプリング周波数 20Hz である。

ひずみ地震動波形とひずみ地震動スペクトルの比較の結果を図 1 および図 2 に示す。KMI と BYB で

100km 程度の距離が離れているが、震央距離も 15° と大きい Kuril Island 地震では観測されるひずみ地震動波形に大きな変化は見られない。ひずみ地震動スペクトルには表面波に対応する周期数 10 秒の帯域においてスペクトルに差異が見られるが、比較する観測成分の違いの影響もあり大きな違いであるとはいえない。ただし、分解能の差異による影響は顕著であり、観測分解能の違いによる機器ノイズの大きさが初動到達以前のノイズレベルの差に現れている。

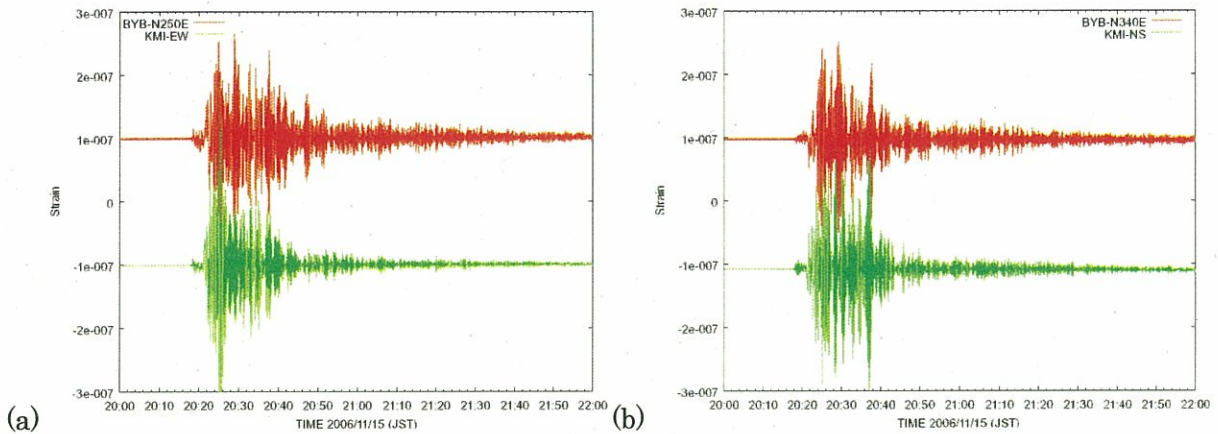


図1 2006Kuril Is. 地震による KMI と BYB におけるひずみ地震動波形の比較

BYB における観測ひずみ地震動波形 (赤) と KMI における観測ひずみ地震動波形 (緑)。横軸は時間で波形全体では 2 時間分。縦軸はひずみ地震動振幅。(a)は EW 成分の比較、ただし、BYB は $N250^\circ$ E 成分。(b) は NS 成分の比較、ただし、BYB は $N340^\circ$ E 成分。

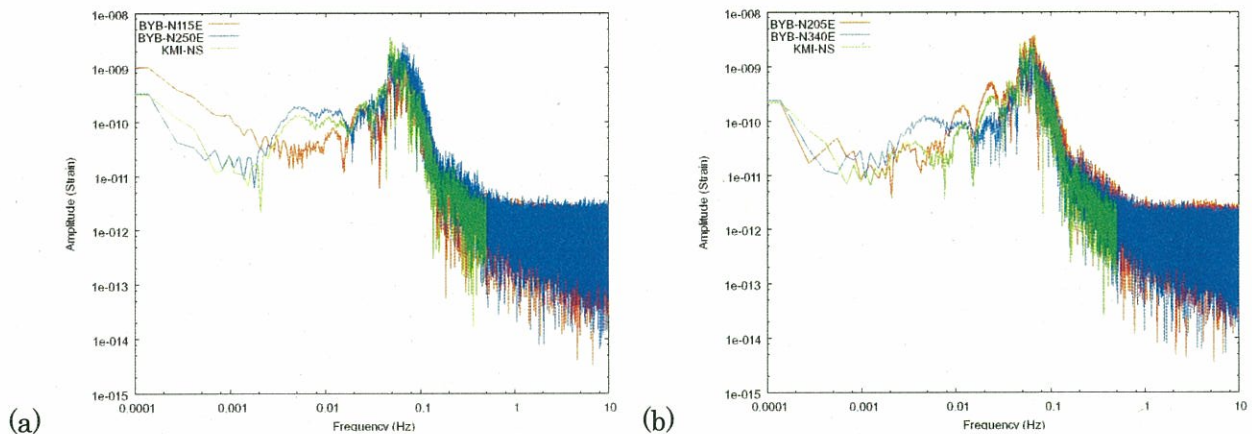


図1 2006Kuril Is. 地震による KMI と BYB におけるひずみ地震動スペクトルの比較

BYB における観測ひずみ地震動スペクトル (赤、青) と KMI における観測ひずみ地震動スペクトル (緑)。横軸は周波数。縦軸はひずみ地震動振幅。(a)は EW 成分の比較、ただし、BYB は $N115^\circ$ E 成分と $N250^\circ$ E 成分。(b) は NS 成分の比較、ただし、BYB は $N205^\circ$ E 成分 $N340^\circ$ E 成分。

検証の結果、 $10^{-8} \sim 10^{-10}$ Strain@1Hz の微小・速い現象に対しても十分な応答性をレーザー伸縮計は持っていることがわかった。また、東濃地震科学研究所 屏風山観測点のボアホールひずみ計より高い分解能と低い機器ノイズレベルを有していることがわかった。今後、地震によって励起される地球自由振動やコアモードの解析に有効な観測機器であることが検証できた。神岡での高分解能な記録が定期的に得られるようになり、今後の地球内部構造の推定や地球物理学的研究を進めためにその記録を恒常的に利用できることを期待する。

