

コア・マントル境界D"層サイレント地震の発見

A search for CMB D" Layer Silent Earthquakes

布野 健太郎[1], 川崎 一郎[2], 今西 祐一[3], 舟崎 淳[4], 上垣内 修[5]

Kentaro Funo[1], Ichiro Kawasaki[2], Yuichi Imanishi[3], Jun Funasaki[4], Osamu Kamigaichi[5]

[1] 富大・理工・地球科学, [2] 富大・理・地球, [3] 東大・海洋研, [4] 気象庁地震火山部地震津波監視課, [5] 気象研

[1] Earth Sci., Toyama Univ, [2] Earth Sci, Toyama Univ., [3] ORI, Univ. of Tokyo, [4] JMA, [5] MRI

1998年3月6日から1999年12月31日までの気象庁精密観測室の100m石英管伸縮計記録と東大海洋研の超伝導重力計記録を解析した。スタートを1日づつずらした約1.9日長の時系列を約630組作り、3000秒のハイパス・フィルターを通して潮汐を除去し、大気圧補正をしたのち、FFTスペクトルを計算した。その結果、1998年11月2日-3日の記録のスペクトルにD"サイレント・アースクエイクが起こった時に励起されると予想されるOS5, OS6, 2S4, 2S7, 4S4, OT5, OT6, OT7, 1T4, 1T5, 1T6, 1T7, 1T8などの固有モードが同定できた。このことは、同日、マントル最下部でMw 8クラスに匹敵する規模のサイレント地震が起こったと解釈することができる。

[動機] チャンドラー振動、ジャーク(局所的地球磁場変動)などの励起源を説明するためには、我々が認識していない未知の大規模自然現象が存在するように思われる。その一つの可能性としてD"層でのサイレント地震の検出を試みた。

[D"SEモード] D"層サイレント・アースクエイクが起こったときに励起されるであろうモード(D"SEモード)を次のように推定した。(1) 過去20年間の5大地震 Macquarie(1998, Mw8.0), Northern Bolivia(1994, Mw8.2), Kuril(1994, Mw8.3), Irian(1996, Mw8.2), Balleny(1998, Mw8.1)を選ぶ。(2) 震源をCMBの直上10km、震源時間間数を300秒と仮定する。(3) それ以外の震源パラメータはハーバードCMT解と同じとする。(4) (1)の5つの地震それぞれ(2)と(3)によって固有モードの振幅を計算し、5つの地震の平均をとり、それを各モードの期待振幅と呼ぶ。(5) 期待振幅が最大の5つの基本モードの平均を基準振幅とし、振幅が基準振幅20%以上のモードをD"SEモードと呼ぶ。

この結果、3mHzより低周波では、歪のEW-NSの場合はOT2(1706s)-OT8(737s), 1T3(695s) - 1T9(410s), OS4(1545s)-OS12(502s), 1S8(556s), 2S4(725s)-2S8(488s), 3S8(392s), 4S4(439s)-4S5(415s), 上下加速度の場合はOS4(1545s)-OS14(448s), 1S4(852s)-1S14(336s), 2S3(805s)-2S4(725s), 2S10(416s)-2S13(345s), 3S2(904s), 3S6(392s)-3S7(372s), 4S2(580s)-4S5(414s), 5S2(487s)-5S5(369s)がD"SEモードと見なせる。

興味深いのは、EW-NSの場合は2S4(725s)-2S8(488s)が目立つのに、上下加速度の場合は1S4(852s)-1S14(336s)の振幅が大きいことである。

上部マントル内の浅いサイレント地震のばあい、EW-NSではOT3(1706s)-OT21(346s)の振幅が圧倒的に大きくなり、OS9(634s)-OS20(347s)と2S5(660s)-2S9(449s)がそれに続く。したがって、浅いサイレント地震か深いサイレント地震かを識別する判断基準は、(1) OT3(1706s)-OT21(346s)が卓越してれば浅いサイレント地震、(2) 観測される基本モードが主として600秒より短周期であれば浅いサイレント地震、主として500秒より長周期であれば深いサイレント地震、(3) 1T3(695s) - 1T9(410s)が多く観測されれば震源は深い、(4) 2S4(725s)-2S8(488s)は浅くても深くても観測されるので参考にならない、とすることができる。

[解析記録] 1998年3月6日から1999年12月31日までの気象庁精密観測室の100m石英管伸縮計記録と、同じく東大海洋研の超伝導重力計(SCG)の記録を解析した。1998年3月から伸縮計の21bitA/D変換での収録が開始され、1カウントが~10(-11)から~10(-12)にまで小さくなった。ノイズレベルなども総合すれば、世界で最も検知能力の高い観測記録と言えるであろう。

[解析手順] 伸縮計記録の場合、サンプリング間隔1秒のオリジナルデータを10秒にリサンプリングし、EW-NS成分に変換し、スタートを1日づつずらした約1.9日長の時系列を約630本作成した。次に移動平均による3000秒のハイパス・フィルターを掛け潮汐成分を取り除き、線形最小自乗法で大気圧変動の影響を取り除き、ハニング・ウィンドウを掛けFFTでパワースペクトルを計算した。

[同定されたD"SEモード] 地球内でMwが6.5を超える地震が発生していない日のスペクトルのスタッキングをノイズレベルと見なした。このノイズレベル以上で、スペクトルのピークが多くのD"SEモードと一致する日を探したところ、1998年11月2日-3日の記録のスペクトルの2mHzより低周波部分に、数多くのD"SEモードOS4, OS5, OS6, 2S4, 2S7, 4S4, OT5, OT6, OT7, 1T4, 1T5, 1T6, 1T7, 1T8などが同定できた。逆に、比較的大きなピークの過半がD"SEモードのいずれかに対応した。このような日は、解析期間1年半のうち、この1例しかない。松代のSCGデータからはOS4, OS6, OS14, 1S4, 1S8, 3S2, 4S4, 4S5などが同定できた。この日とその前後に、Mw5.5以上の地震は起きていない。

そのほか，IRIS の SUR では 0S4, 0S7, 0S11, 1S5, 1S15, 2S10, 2S11, 2S14, 3S7, 5S2, 5S3 , ESK では 0S8, 0S12, 1S9, 1S13, 2S12, 5S3 , PF0 では 0S5, 0S9, 1S14, 2S3, 3S2, 4S4, 5S5 , KMI では 0S10, 0S11, 0S14, 1S15, 2S13, 5S3 などのモードが認められた．ただし，ノイズレベルなどを考えると，IRIS の記録での固有モードは，100m 石英管伸縮計記録のそれに比べて信頼性は低い．

[結論] 上記の基準に照らして，今回発見されたサイレント地震の震源は上部マントルではなく，下部マントル深部であると推定出来る．この点において重要なのは，1T4, 1T5, 1T6, 1T7, 1T8 が同定できたことであろう．モーメントは， M_w 8 の地震に匹敵する．