

対蹠点における理論地震波形計算と内核/外核境界の構造

Structure of the Earth's liquid outer core and seismic waveform modeling of antipodal station

坪井 誠司 [1]; 東野 陽子 [2]; Butler Rhett[3]
Seiji Tsuboi[1]; Yoko Tono[2]; Rhett Butler[3]

[1] 地球内部変動研究センター; [2] JAMSTEC; [3] IRIS
[1] IFREE; [2] JAMSTEC; [3] IRIS

序 震源の対蹠点では、PKIKP や PKIIPK など、地球の内核を通過した地震波が観測され、内核の構造に対して制約条件を与えることが出来る。Butler(1998) はチリで起きた地震に対して震央距離が 179.4 度となる CDSN の観測点の記録から、内核表面を伝わる波が存在すると主張した。ここでは、この観測記録について、スペクトル要素法による理論地震波形記録と比較し、PKIIPK 波の観測から外核最下部の地震波速度構造について議論する。

方法 Butler (1998) は 1997 年 11 月 3 日にチリで起きた地震 ($M_w=6.2$) に対して CDSN の観測点 ENH (Enshi) が、震央距離 179.4 度と極めて対蹠点に近いことを示し、その記録に表れている特徴的な地震波について議論した。この地震は、マグニチュード 6.2 という規模であるために、PKIKP や PKIIPK などが明瞭に観測されているので、この波形を現実的な 3 次元地球モデルでどこまで再現できるかを理論波形計算により試みることにした。スペクトル要素法による理論波形計算では、地球を細かいブロックに分けて、さらに格子点に分割する。その際に地球の中心には小さなブロックを配置するので、地球の中心が特異点になることがない。そのために、対蹠点における地震波形のように地球の中心を通過する波も正確に計算することが出来る。ここでは、これまで地球シミュレータを用いて理論地震波形記録を計算してきたものと同じモデルパラメータにより、周期 5 秒の精度で ENH における理論地震波形記録を計算した。その結果、PKIKP、PKP(AB) などは観測波形と良い一致が見られた。それに対し PKIIPK は走時、振幅ともに理論波形と一致しなかった。用いた地球モデルは、マントルに 3 次元速度構造、地殻構造を取り入れているため、PKIIPK の観測波形との不一致は、CMB における不均質構造や内核の異方性、内核の速度構造不均質などに起因するのではないかと予測される。一方、Butler が報告した内核表面を伝わりとされる波は理論波形には現れなかった。さらに、PKIIPK 及び pPKIIPK の振幅が観測波形よりも顕著に小さくなることが分かった。これらの波は、内核側の内核/外核境界で反射することから、そこでのインピーダンス比に変更が必要であることが分かった。

内核/外核境界への示唆 PKIIPK 波の振幅を大きくするには外核の最下部の P 波速度を遅くするか、内核最上部の S 波速度を遅くする等が考えられる。しかし、振幅に影響を及ぼすほどの地震波速度変化は走時にも影響を及ぼすので、このような低速度層を入れる場合その厚さは極めて薄くする必要がある。ここでは、外核の最下部に厚さ約 20km で P 波速度が約 10% 遅い層を入れたところ、例えば PKP(AB) 等の走時に影響を及ぼすことなく、観測された PKIIPK の振幅を再現できることが分かった。速度の減少を 5% とした計算も実施してみたが、PKIIPK の振幅を再現することは出来なかった。また、内核最上部の S 波速度構造に変更を加えたモデルでも計算を実施したが、PKIIPK の振幅を再現できなかった。外核最下部に低速度層を導入した場合、PKIIPK の振幅が増大するのは震央距離が 179 度をこえて、極めて 180 度に近い場合のみに限定されることも分かった。PKIIPK 波の内核境界での反射点は環状の領域になることから、もしこのような低速度層が存在するならば、必ずしも外核最下部に全球的に存在する必要はない。今後、別の地震-観測点の組み合わせで、同様の振幅異常が見つければ、このような低速度層の分布を拘束できる可能性がある。