

南極下の内核境界付近の地震学的構造

大滝壽樹¹、金嶋聡²、神定健二³

¹産総研地質調査総合センター

²九州大学

³気象研究所 (現 高見沢サイバネティックス)

Seismic structure near the inner core boundary in the south polar region

Toshiki Ohtaki¹, Satoshi Kaneshima² and Kenji Kanjo³

¹Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

²Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu Univ.

³Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency (now at Takamisawa Cybernetics Co., Ltd.)

Fine seismic structure near the inner core boundary (ICB) has been examined using body waves by many researchers. Despite those studies, the models presented were mainly applicable to the seismic structure in the low- and/or mid-latitudes regions. The core structure of the polar region, especially the south polar region, still has been poorly resolved. Investigating the seismic structure in the polar region has a geophysical importance associated with the nature of the tangent cylinder, which is an imaginary circumscribed cylinder of the inner core parallel to the Earth's spin axis. The tangent cylinder acts as a barrier to the convective mixing and can create a reservoir of compositional anomalies. The polar region of the Earth's outer core can then be characterized by high temperature. Investigating the polar regions also has relevance for increasing constrains on the hemispherical variation in characteristics of the inner core observed in seismological studies. Based on such seismic models anisotropic growth possibly associated with the outer core convection has been suggested. It however remains under discussion whether lower velocities would reflect either a low growth rate or a fast growth rate. The preferential equatorial solidification in the Earth's core leads to slower inner-core growth in the polar region. Thus the comparison of the structure near the ICB between in the polar region and in the rest can provide a test for solidification scenarios.

Seismic rays from South America to Indonesia pass beneath Antarctica. We analyzed core-sensitive seismic phases on vertical-component broadband seismograms of JISNET, OHP and IRIS stations in and near Indonesia for earthquakes in South America from January 1998 to September 2002. The model we obtained (SPR) is described relative to PREM as follows: a 0.05 km/s lower V_p value at the top of the inner core, a 1.5 times steeper V_p gradient in the upper 300 km of the inner core, a smaller Q_p (300) in the upper 300 km of the inner core, and a 0.04 km/s lower V_p at the bottom of the outer core.

Our velocity structure in the lowermost outer core lies in between the two global reference models PREM and AK135. Models for the western hemisphere are close to SPR for the base of the outer core. The V_p value of SPR at the base of the outer core is larger than that of AK135 by 0.2%. These similarities suggest that the outer core inside the tangent cylinder is not distinctive from the rest of the outer core. In the upper inner core, SPR has smaller V_p values compared to PREM and AK135, and is close to that of previous models for the western hemisphere, although most of our data sample the eastern hemisphere of the inner core. Our results thus indicate that the inner core does not have a simple hemispherical variation as usually supposed. An eyeball-shaped high- V_p anomaly, such that higher V_p than PREM is rather concentrated to smaller region beneath eastern Asia, could be consistent with our results.

See Ohtaki et al. (JGR, 2012) for details.

内核と外核の境界 (ICB) 付近, つまり内核上部と外核底部の地震学的構造はいままで多くの研究によって明らかにされてきた。しかし, これらの研究によって探査された領域は主に低~中緯度に限られており, 極域, 特に南極域の構造はほとんど知られていない。これは, 地震と観測点分布の偏りのため, 地震波線によって探査できる場所が限られているためである。極域の核の構造は次の点で重要である。まず, 極域の外核は赤道域で内核に接する自転軸方向に延びた仮想的円筒 (tangent cylinder) によりその外側とは区別される。この tangent cylinder によって, 外核の極域は赤道域より暖かく, 内核は赤道域で固化・成長していると考えられている。その tangent cylinder の内側の地震学的構造の研究はいくつかあるが, その中で外核の底, つまり内核境界(ICB) 近傍にフォーカスした研究はない。一方, 内核には高速度な“東半球”と低速度の“西半球”とからなる半球状不均質速度構造があるとされる。しかし, 極域の構造が不明のため全球構造は求まっておらず, この“東半球”と“西半球”とがそれぞれ半球状をなしているのか, それともどちらかが優勢であるのかはかならずしも明確ではない。この内核の不均質構造の成因として, マントルの底の温度不均質の影響が考えられている。これはマントル底の温度の不均質によ

って外核内に温度不均質が生じ、それが内核表面付近に温度の不均質を与えて内核の成長速度に地域性を与えるというものである。しかし、内核の地震波の速い領域が成長の早いまたは遅い、どちらの領域に対応するのかは議論のあるところである。もし成長速度が速度構造に影響しているのであれば、暖かい極域の内核表層の構造は内核がどこで成長しているかに制約を与えうるだろう。

その南極下の内核を通るのがインドネシアと南米を結ぶ波線である。今回、我々はインドネシアに設置した広帯域地震観測網 JISNET およびその周辺の観測点でえた 1998 年から 2002 年の南米の地震の地震波形を使って、南極下の内核境界 (ICB) 近傍の構造を解析した (Ohtaki et al., JGR 2012)。この研究では、外核を通る地震波線のうち、内核も通る PKIKP と外核深部まで到達する PKPbc および ICB で反射する PKiKP を使い、南極の下の外核底の V_p 、内核上部の V_p 、 Q_p の 3 つを求めた。得られた南極域のモデル (SPR) を代表的な 2 つの地球モデル、PREM と AK135 と比べると、外核底の V_p は PREM と AK135 の間 (AK135 により近い) で、内核最上部での速度は PREM & AK135 より 0.05 km/s ほど小さく、その速度勾配は PREM & AK135 の 1.5 倍ほどである。このため、内核上部 300km ほどは PREM & AK135 より遅い。また、内核上部の Q_p は 300 程度と PREM (440) より小さく、AK135f (330) に近い値に求まった。

この内核の構造は“西半球”型の低速度構造とよく一致する。つまり、内核は極域が“東半球”と“西半球”の遷移域となる「半球型」速度異常ではなく、“東半球”型が狭い範囲におさまる「目玉型」異常を持つモデルと調和的である。一方、南極下の外核の構造も AK135 より 0.02 km/s ほど高速度で、“西半球”地域のモデルと調和的である。このことは極域の外核も“西半球”型であることを意味するのかもしれない。ただし、外核底の“東半球”のモデルはあまりないこと、AK135 からのずれもあまり大きくないことを考慮する必要がある。いずれにせよ、“西半球”でのモデルと調和的であることは、tangent cylinder 内は外と大きな速度の違いはないことを意味し、今までの tangent cylinder 内の浅部あるいは平均的構造を扱った研究結果と矛盾しない。

References

Ohtaki, T., S. Kaneshima, and K. Kanjo, Seismic structure near the inner core boundary in the south polar region, *J. Geophys. Res.*, 117, B03312, doi:10.1029/2011JB008717, 2012.