

SIT040-14

会場:104

時間:5月23日 17:45-18:00

IceCube ニュートリノ検出器を用いたニュートリノ・トモグラフィーによる地球内部構造の研究 Neutrino absorption tomography with IceCube detector

保科 琴代^{1*}, 田中 宏幸¹

Kotoyo Hoshina^{1*}, Hiroyuki Tanaka¹

¹ 東京大学地震研究所

¹ Earthquake Research Institute

ニュートリノの吸収を用いて地球の内部密度を調べるニュートリノ・トモグラフィーは、地震波測定などの他の測定方法と完全に独立して地球の密度を測定出来る計測法として、長い間実現が待たれてきた。

ニュートリノは電氣的に中性であり、物質とは弱い相互作用でのみ反応する素粒子である。このため、地球本体も殆どが無反応で透過するが、ごくまれに、物質内部の陽子や中性子と反応し、ニュートリノの持つ「香り」と呼ばれる特性に従ってミュオン粒子や電子、タウ粒子などを生成した結果、地球内部で吸収される現象が起こる。

この反応断面積は、ニュートリノのエネルギーが高くなるにつれて大きくなる。また、吸収確率は、ニュートリノが通ってきた経路に沿った物質質量（陽子及び中性子の数）とこの反応断面積により、厳密に求めることが出来る。

このことから、あらかじめ地表での強度が分かっているニュートリノ源があれば、地球を通して飛来するエネルギーの高いニュートリノの数を経路ごとに調べることで、それぞれの経路での地球の平均密度を求める事ができる。

ニュートリノ・トモグラフィーの強みは、地球内部の温度や物質組成などに依らず密度が独立に求まる点にある。

一方で、その実現には主に次のような問題があった。

1) 10TeV 以上のエネルギーを持つニュートリノが数多く必要になる点

2) ほとんど物質と反応しないニュートリノを大量に検出するための、大容量のニュートリノ望遠鏡が必要である点

1) については、現状では大気ニュートリノが殆ど唯一の選択肢である。しかし、大気ニュートリノは数十 TeV 以上の地表での強度がまだ正確に測定されておらず、この領域の強度を推定するモデルも数多く存在する。また、大気ニュートリノは大量に地表に降り注いでいるとはいえ、10TeV 以上のエネルギーをもつものの数は少ない。このため、長期の観測が必要になる。

3) については、少なくとも 1 立方キロメートルの検出領域を持つニュートリノ望遠鏡が必要である。現在、この条件を満たすものは、2011 年 1 月に完成した IceCube のみである。

IceCube ニュートリノ望遠鏡は、南極点の氷河面下 1500 メートルから 2500 メートルにかけて設置された、チェレンコフ光検出器である。

1 本のストリングと呼ばれるケーブルに、60 個の光電子増倍管をベースに開発された検出器が設置されている。2005 年に 1 ストリングから運用を開始し、以降毎年 15 本から 20 本のストリングを設置しつつ、データの取得も行っている。北半球に送られたデータは、大気ミュオンなどのバックグラウンドイベント除去の後、純粋に地球内部を通過して到達したニュートリノ起源のイベントのみ抽出され、地球外ニュートリノの探索や大気ニュートリノスペクトラムの測定に用いられる。2007 年（ストリング 22 本）及び 2008 年（ストリング 40 本）で、合計約 20000 のニュートリノイベントが観測された。

今回、この 20000 イベントを用いて、それぞれのニュートリノの到達角度ごとの頻度を得た。更に、このデータを、いくつかの地球内部モデルを組み込んだモンテ・カルロ・シミュレーションの結果と比較した。

結果は、Preliminary Reference Earth Model を組み込んだシミュレーションが、統計誤差の範囲内でデータと良く一致した。これは、地球のコアによるニュートリノの吸収を示唆する、ニュートリノ・トモグラフィーにおける最初のデータであると言える。

講演では、本年初頭に完成した IceCube（ストリング 88 本）で 10 年間データを取得した場合に得られると予想される地球の密度分布についても議論する。

また、大気ニュートリノスペクトラム、解析手法、検出器キャリブレーション及び icecube 直下の岩盤の密度の系統誤差が解析に与える影響を考察し、更にこれらの系統誤差を減らすための計画についても議論する。

[研究協力] 米ウィスコンシン大学 IceCube グループ

キーワード: ニュートリノ トモグラフィ, アイスキューブ
Keywords: Neutrino absorption tomography, IceCube