

ニュートリノで調べる地球・太陽

Exploring the earth and the sun with neutrinos

井上邦雄

Kunio Inoue

東北大学大学院理学研究科附属ニュートリノ科学研究センター

Research Center for Neutrino Science, Graduate School of Science, Tohoku University

○我々の住む地球はどのように形成されたのだろうか？

○甚大な被害をもたらす地震や火山噴火はどのように駆動されるのだろうか？

○太陽風から生命を守っている地磁気はどうやって作られるのだろうか？

○生命を育む太陽のエネルギーはどのように生成されているのだろうか？

これらの基本的な問いには、科学の進歩によって高い確度で答えられるようになったものもあるし、未だに未解明なものもあります。地球や太陽は最も身近な天体ではありますが、あまり理解されていないことが多く残っています。解明を難しくしている主因として、地球や太陽内部の直接観測ができないということが挙げられます。詳細な震動学的研究によって、内部構造の解明が進んでいるとはいえ、太陽中心の核融合反応の状況や、マントルや核の運動を駆動すると考えられている放射性物質の分布まで観測できるわけではありません。

ニュートリノの発見は、この状況を大きく変えました。物質とほとんど反応しないニュートリノは核融合反応や放射性物質によって生成され、途中で吸収されることなく地上の観測装置に到達すると考えられます。しかし、ほとんど反応しないということは、同時に観測が困難であることも意味します。宇宙線の影響が小さい地下深くでの、巨大で低バックグラウンドの実験装置の開発は、初めて太陽ニュートリノの内の高エネルギー成分の観測を可能にしました。ニュートリノ天文学を創出したカミオカンデ実験がこれにあたります。しかし、問題はまだまだあります。カミオカンデで観測できたニュートリノは分岐比が小さく太陽模型の検証には不十分です。しかも、ニュートリノの伝搬が理解できていなかったため、観測量と発生量の関係づけが困難でした。

液体シンチレータを使いカミオカンデ跡地に建設されたカムランド実験は、原子炉ニュートリノの飛行中の振動パターンを観測し、ニュートリノの伝搬を解明することに成功しました。これで初めて観測量から発生量を計算することが可能となりました。極低バックグラウンドで低エネルギーまで観測可能なカムランドでは、地球内の放射性物質からくるニュートリノも観測することができます。ニュートリノによる地球内部の直接測定は、地球形成理論の検証に有効ですし、さらに発展させれば、最初の疑問も解決するかもしれません。また、さらなるバックグラウンドの低減によって、分岐比の大きい低エネルギー太陽ニュートリノの観測も可能になります。その低減に必要な純化装置の研究開発も順調に進んでおり、大きな成果が期待されています。