

理工系



未知の素粒子であるニュートリノの性質の高精度測定と伝搬過程の解明に成功

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教授 井上 邦雄

【研究の背景】

物質を構成する素粒子の中でも桁外れに多く宇宙に存在するニュートリノは、素粒子大統一理論の構築や宇宙の成り立ちの理解に重要な役割を果たします。しかし、ニュートリノは透過性が高く捕まえ難いため、その性質を詳細に調べることは困難でした。

【研究の成果】

地下1,000mにニュートリノを捕まえると光を発する液体シンチレータ1,000tを蓄えた実験装置「カムランド」は、この稀なニュートリノ事象を観測することが可能です。私たちは、この装置を用いて、国内各所の原子力発電所から平均180kmの距離を飛来するニュートリノを観測し、ニュートリノの性質を精密に測定しました。

ニュートリノは、速い周期の重いニュートリノの波と遅い周期の軽いニュートリノの波の重ね合わせによって反応の仕方が変わります。ニュートリノの種類(フレーバー)は、この反応の仕方によって区別されるため、飛行中のニュートリノは、2つの波のうなりに応じてフレーバーの変化を繰り返します。そのため、生成時のニュートリノのフレーバーに着目すると、消滅・復元を繰り返すニュートリノ振動という現象を起こします。カムランドによる原子炉ニュートリノ観測はこのニュートリノ振動の観測に適しており、装置の正確な較正と詳細なバックグラウンドの理解によって、振動の様子を2周期にわたってはっきりと捉えました。

このことから、ニュートリノの質量に関する性質(質量の2乗の差)を桁違いに高精度で測定することに成功するとともに、原子核崩壊や核分裂・核融合に伴い放出される電子型ニュートリノがどのように伝搬するのかを解明しました。

【交付した科研費】

平成15-17年度 若手研究(A)「原子炉を使ったニュートリノ質量および混合角の精密測定」
平成17-18年度 萌芽研究「ニュートリノ実験の地球構造研究への応用」
平成16-20年度 特別推進研究「原子炉起源、地球起源反電子ニュートリノと太陽起源電子ニュートリノの高精度精密測定」(連携研究者) 研究代表者:鈴木厚人

【今後の展望】

ニュートリノの伝搬が理解されると、ニュートリノの透過性の高さによって、通常観測できない天体内部等を見透かすことに利用できます。

身近なはずの地球や太陽内部には未解明な事が山積していますが、カムランドは、地熱生成に関わる地球内部からのニュートリノ観測にも成功しており、さらに太陽内部の詳細研究も目指しています。また、これらニュートリノ地球物理・天体物理の推進とともに、原子炉非破壊診断などの応用研究の可能性も探っているところです。

今後は、ニュートリノ観測で実現した極低放射性環境を、様々な稀な現象探索に展開しようと考えています。



図1 カムランド内部の建設時の写真
研究者が壁一面に光センサーを取り付けました。

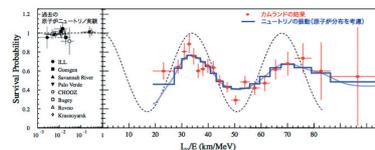


図2 カムランドが観測したニュートリノ振動の様子
観測したエネルギースペクトルを、「距離(180km)÷エネルギー」によって変換し、ニュートリノ振動の2サイクルをはっきり観測しました。破線は原子炉が180kmに集中していた場合の予測です。

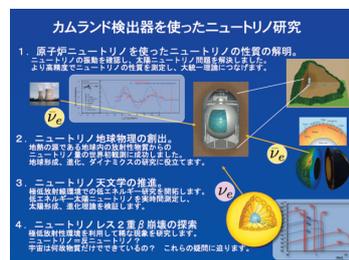


図3 カムランド実験の研究例