

§ 6 . 仁科記念財団の活動

—1997年度—

1. 仁科記念賞

本年度は下記3件4氏の研究に対して贈呈しました。

研究題目 超高エネルギーガンマ線天体の研究

受賞者 東京大学宇宙線研究所 木舟 正 教授

東京工業大学理学系研究科 谷森 達 助教授

業績の概要

天体はいろいろな波長の電磁波を発している。波長の短くなる順に、電波、赤外線、可視光、紫外線、X線、ガンマ線と呼ばれている。波長の短いX線やガンマ線を出している天体はそれ自身激しい活動をしている天体である。

ガンマ線は粒子としての性質が卓越しているので、波長の代わりに光子1個あたりのエネルギーで波長の短さを表している。

ガンマ線のエネルギーが高くなるにつれてそれを発している天体の数は急速に少なくなる。人工衛星が観測しているエネルギー領域は数10GeV(100億電子ボルト)以下で、現在までに発見された天体数は約250個である。

1989年、アメリカのT. ウィークスは、かに星雲から1TeV(1兆電子ボルト)という超高エネルギーのガンマ線が飛来しているのを発見した。かに星雲は1054年に爆発した超新星の残骸で、中心に高速で回転する中性子星(パルサー)があり、その回転エネルギーが星雲のエネルギー源になっている。1TeVガンマ線は人工加速器でも作られていないほどの高エネルギーであり、その放射全エネルギーは太陽の全エネルギー発生量よりも大きいほど巨大なものであり、その発生機構には大きな興味がもたらされた。

超高エネルギーガンマ線は地球大気に突入すると電子・陽電子ペアをねずみ算式

に作る。それらの電子・陽電子群は空气中でチエレンコフ光と呼ばれる青白い光を前方に放出する。望遠鏡でチエレンコフ光を集光し、光電子増倍管群で捕えれば、望遠鏡で捕えた像の方向からガンマ線の到来方向を、チエレンコフ光の強度からガンマ線のエネルギーを求めることができる。望遠鏡として10mの反射鏡を使ったのがウィークスであった。

木舟氏は我が国で超高エネルギー宇宙ガンマ線観測に本格的に乗り出したパイオニアである。1987年、大マゼラン星雲に超新星SN1987Aが出現すると、直ちに観測装置をニュージーランドに持ち込んでチエレンコフ光による観測を開始した。残念ながらSN1987Aは超高エネルギーがんま線を出していなかった。その後、3.8m反射望遠鏡を国立天文台から譲り受け、高性能光電子増倍管と組み合わせて超高エネルギーがんま線天体の探索を始めた。

谷森氏はこの計画に参加し、電子回路等重要なパートの建設を行い、観測開始後は大学院生とともにデータ解析に主要な貢献をした。

本研究の特徴は、銀河中心が望める南天に行き、ウィークスのグループよりも多くの超高エネルギーがんま線天体の発見をめざしたこと、及び、多数の高性能光電子増倍管を使用して望遠鏡の角度分解能を0.1度まで向上させノイズの軽減に成功したことである。

観測は順調に推移し、パルサーPSR B1706-44、ヴェラパルサー(PSR B0833-45)が超高エネルギーがんま線天体であることを発見した。さらにオーストラリアからは、観測高度が低いこと（かに星雲が北の空に傾いて見える）が高いがんま線観測エネルギーと高い検出効率を与えることを利用して、数10TeV以上の超高エネルギーがんま線がかに星雲からきていることを新たに発見した。（ウィークスの観測は数TeVまで。）

木舟・谷森グループによるこのような観測結果は、パルサー近傍で作られる超高エネルギーがんま線の起源に関する理論的研究、すなわち標準的な模型である逆コンプトン機構（①パルサーが電子を超高エネルギーに加速、②電子はシンクロトロン光（X線領域）を放射、③電子は自身が出したシンクロトロン光や宇宙背景放射などとコンプトン散乱して超高エネルギーがんま線を放出）を確立するのに大きな

貢献をした。また、かに星雲からの数10TeV ガンマ線の観測成功は、自己逆コンプトン機構で生成するにはエネルギーが高すぎるくらいがあり、それ以外のガンマ線発生機構があることを示唆していて、今後のさらなる観測が待たれている。

このように、木舟・谷森グループは我が國のみならず世界でも超高エネルギーがんま線天体の研究で主要な貢献をしており、さらなる活躍が期待されている。

研究題目 B中間子系でのCP対称性の破れの理論

受賞者 名古屋大学理学部 三田 一郎 教授

業績の概要

素粒子の世界においては、左と右の釣り合いは破れている。例えば、弱い相互作用で作られるニュートリノは常に左向きに回転しながら走っている。このニュートリノを鏡に映したときには、右向きに回転しているように見えるが、このようなニュートリノは存在しない。この現象は、パリティ（鏡映対称性、Pと略記する）の破れと呼ばれる。この現象を予言し、1957年にNobel賞を受賞したのが、LeeとYangの2人の中国人物理学者である。

他方、ニュートリノの反粒子である反ニュートリノは常に逆の右向きに回転しながら走っている。従って、粒子と反粒子を入れ替える変換（これは、Cと略記される）を付け加えた“修正した鏡に映す操作”（これは、CP変換と呼ばれる）をすると、鏡の中の世界は実現されることになる。このCP変換と呼ばれるものは、弱い相互作用でも常に保たれると考えられ、反粒子の定義にも用いられた。

しかし、1964年のFitchとCroninによる実験は、このCP対称性も実は、この世界では破れていることを明らかにした。後にFitchとCroninにNobel賞をもたらすことになるこの実験は、K中間子と呼ばれる粒子を用いて行われ、CPの破れの度合いは小さく、弱い相互作用の0.2%の程度であった。このようにCPの破れは、K中間子の系にのみ見られ、しかも非常に小さいという奇妙なものであった。

他方、1967年に（後にNobel平和賞を受賞した）ソ連の理論物理学者Sakharovは、このCP対称性の破れがあると、ビッグバンで始まった宇宙において、最初は高

温の光のみで世界は満ちあふれていたと仮定しても、現在の宇宙のように大部分は粒子で作られ反粒子の存在しない世界を実現できる可能性を指摘した。このようにして、K 中間子の系で観測された CP の破れは、現在の宇宙のありようを規定する重要な原理を含んでいることが明確になった。

このように基本的な意味をもつ CP 対称性の破れであるが、その起源は不明のままであった。1960年代に多くの理論的な仮説は出されたが、決定打といったものは至らなかった。しかし、1970年代に入って、(これも後に Nobel 賞を受賞することになる) Weinberg と Salam による弱い相互作用と電磁相互作用の統一理論が有力になってきたときに、わが国の中林誠と益川敏英の両氏により、Weinberg-Salam の統一理論と矛盾しない形で、もしクオークが 3 組 (6 個) 存在すれば、CP の破れが自然にクオーク模型に取り入れられることが指摘された。

しかし、CP の破れの起源はどこにあるかを決めるには、K 中間子の系での実験のみでは不可能であった。このような行き詰まり状態において、三田一郎氏は B 中間子と呼ばれる 5 番目のクオークを含む重い粒子の崩壊を調べれば、過去に提案された種々の CP の破れの模型の決定的ともいえるテストが可能であることを示した。これは高エネルギー物理学の実験家にとっては願ってもない朗報であった。

B 中間子は、上記の 6 個のクオークの中の 5 番目に重いクオークを含む粒子であり、寿命は短く (約 10^{-12} 秒)、CP の破れの効果はもし存在しても小さく測定は困難であるというのが大部分の研究者の常識であった。三田一郎氏は非常に注意深い理論的分析の後、この常識に反して、むしろ CP の破れは B 中間子の系では、弱い相互作用そのものの大きさで現れうることを示した。三田一郎氏の分析は、電荷を持たない中性の B 中間子が、真空中において粒子から反粒子へ、さらには粒子へと遷移を繰り返す性質を巧妙に利用したものである。この分析の結果が高エネルギー物理学に与えた影響をきわめて大きい。事実、筑波の高エネルギー加速器研究機構およびアメリカのスタンフォード大学で建設中の B ファクトリーと呼ばれる B 中間子を大量に生成する実験装置の建設を進める大きな要因となった。