

# 論文審査の結果の要旨

氏名 小池 正史

本論文は8章からなる。

第1章は序文であり、ニュートリノ振動に関するこれまでの観測の結果、および今後行なわれうるニュートリノ・ファクトリー ( $\mu$ 粒子蓄積リングを使った実験) の簡単な説明がある。CPの破れや時間反転の破れは素粒子模型の構築にとっても、宇宙論的にも大問題だが、ニュートリノ振動の観測によって、その知見が大きく進むと期待されている。

第2章ではまず、ニュートリノ振動の基本的な公式の説明を行なう。質量行列の効果と、ニュートリノが通過する物質による効果が解説される。

第3章は、現在すでに行なわれている実験・観測からの、ニュートリノ振動に対する知見をまとめる。太陽からのニュートリノ、加速器および原子炉での実験結果がまとめられる。また、今後行なわれうる実験、特に、レプトンのCPの破れに関する計画が要約される。

第4章は、長さ100km程度の長基線実験で、CPの破れの効果を観測する方法を検討する。これは加速器で発生したビームを遠方で観測し、発生したはずの各ニュートリノが途中で入れ替わっているか(振動と呼ぶ)否かを観測する実験である。各ニュートリノでの振動の様子の違いを見ることにより、CPの破れや時間反転の破れを調べることができる(CPT不変性を考えれば、この2つは同等)。

まずこの章では、 $\mu$ ニュートリノと反 $\mu$ ニュートリノのビームが存在すると仮定する。CPの破れは、両ビームでの振動確率の差として観測される。その場合、物質効果もあるのでそれを分離しなければならない。エネルギー依存性が違うことに注目して、その分離方法を議論する。エネルギー依存性は振動するが、その包絡線を使うことが提案される。CPの破れがある程度大きい、しあし現在のデータで許される範囲のパラメータを仮定すると、CPの破れの効果は5%近くになりうることを示す。

第5章は第4章と同じ設定だが、電子ニュートリノおよびその反粒子のビームが存在すると仮定する。この場合には、CPの破れが物質効果とは無関係に観測することが

できる。CPの破れが大きければ、10%以上の効果が観測されることがわかる。また、統計的誤差から考えて、最適なニュートリノ・エネルギーと基線の長さについて検討する。

第6章は、基線がさらに長く、1万km程度になったとしたときのニュートリノ振動の実験の可能性について検討する。物質効果との干渉により共鳴ピークが存在するために、一般には不利な、ニュートリノ間の混合角がかなり小さい場合でも、かなりのCPの破れの効果が存在し、20~30%にまでなりうることを示す。

第7章は、ニュートリノ・ファクトリーでの現実の実験における観測可能性の議論である。時間反転の破れを観測するために必要な $\mu$ の数、および実験時間（および標的の量）を評価する。ただし、ビーム中のニュートリノのエネルギーは、散乱後の状態から再構成可能である、などの理想的な仮定をおく。

また異なるニュートリノのビーム内でのエネルギー・スペクトラムは異なるが、それは理論計算によって補正できるとする。

時間反転の破れの効果が90%以上の信頼度で観測できるための条件は、親の $\mu$ 粒子の個数が $2 \times 10^{20}$ /年以上、時間と標的の量の積は100kt・年以上であることがわかる。これは実現不可能ではない。

第8章は要約である。

なお本論文は、荒船次郎および佐藤丈との共同研究であるが、論文提出者が主体となつて分析及び検証を行なったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できるものと認める。