

論文審査の結果の要旨

氏名 水本 哲矢

本論文は 9 章からなる。第 1 章は本実験の目標と重要性を説明するイントロダクションであり、第 2 章では実験的探索を行う対象となる hidden sector photon の紹介を行い、第 3 章では太陽から飛来する可能性のある hidden sector photon の特性について述べるとともに検出器デザインに必要なパラメータの決定を行い、第 4 章では太陽を追尾するための追尾装置として用いた装置についての紹介を行い、第 5 章では検出器の構造及びその構成物についての詳しい記述がなされ、第 6 章では検出器の幾何学的諸条件を確認するとともに太陽追尾の精度について議論し、第 7 章では探索実験で取得したデータの提示および解析方法の詳細が述べられ、第 8 章では系統誤差の評価及びそれを用いた探索結果の解析および hidden sector photon と光子の混合角度に対する上限値を求めた。第 9 章は全体のまとめである。

素粒子の標準理論には様々な問題が残されているが、それらを解決する理論や、弦理論等において新たなゲージ対称性の存在が示唆されている。もしそれらの中に新たな U(1)対称性があれば、新たなゲージボゾンである“hidden sector photon”が存在する。この実験では小さな質量を持つ hidden sector photon の存在を実験的に検証するのが目的である。

Hidden sector photon は物質と直接相互作用しないため検出は困難であるが、hidden sector photon が小さい質量を持ち、通常の photon と mixing を持つとすれば真空中で通常の photon へ転換する可能性がある。Hidden sector photon の源として太陽を考えた場合、数 eV のエネルギーを持つ hidden sector photon が最もフラックスが大きいことが期待される。この hidden sector photon を検出するために、論文提出者は真空容器、放物面鏡、光検出器等で校正される hidden sector photon 検出器を設計、製作した。さらにその検出器を太陽に向かって追尾できるように、論文提出者の研究室が保有する太陽アクション探索

用の実験装置に設置することにより **hidden sector photon** の実験的探索を行うことが出来た。

太陽追尾装置の上下角が限られているため、測定は日の出と日の入りの前後に行われた。また、太陽追尾を行っている際の信号にはバックグラウンドが含まれるが、それを実験的に見積もるために太陽を追尾せずに測定することによってバックグラウンドを差し引く方法を取った。バックグラウンドは光検出器として採用した光電子増倍管のダークノイズと呼ばれる現象が主たるものであるが、そのノイズは光電子増倍管の温度に依存しているため測定に用いたデータのうち温度変動が少ない時期を選び、さらに太陽追尾データとバックグラウンドデータを 0.1 度刻みに分類し、同じ温度範囲のデータ同士を差し引くことによりこの影響を最小化した。その解析には宇宙線由来のバックグラウンドの影響や、長期間にわたるダークノイズの変動、光電子増倍管のゲインの変動等による影響を考慮した。その結果残念ながら **hidden sector photon** 由来の信号を有意に発見することはできなかった。実験結果から、**photon** と meV 程度の質量を持つ **hidden sector photon** の間の混合角 χ に対して新たな上限値をつけることができた。例えば、将来宇宙背景輻射の観測によりニュートリノの有効種類数が標準理論からずれていることが分かった場合、**photon** がこのパラメータ領域の **hidden sector photon** へ転換したためと解釈することが可能である。そのような場合この論文によって与えられた **hidden sector photon** への制限は学術的価値が高い。

なお、本論文は蓑輪真他 3 名による共同研究によるものであるが、検出器のデザインから各部品の選定、製作、組み立て、設置、観測、解析の全てに渡って論文提出者がほぼ一人で主体的に進めてきたものである。規模は小さいものの全てのコンポーネントに対し精通している必要がある。今回 **hidden sector photon** は発見できなかったものの、一部のパラメータ領域では世界初の感度を持って探索を行った結果を出した。将来の宇宙論的観測への有用性もある。このように宇宙素粒子分野に対する寄与は大きいと判断される。

従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。