

論文審査結果の要旨

氏名 井上 慶 純

本論文は8章よりなる。イントロダクション（第1章）では、強い相互作用でのCPの破れ、アクシオンのモデル、実験的理論的な制限の概略と、本論文の構成が述べられている。第2章はアクシオンの理論的な詳細説明と、アクシオンの様々なモデル、実験や宇宙論からの制限が論じられており、第3章では太陽でのアクシオンの生成と検出方法が書かれている。第4章は、東京アクシオンヘリオスコープ装置の設計思想と測定の目的が書かれている。第5章は実験装置の個々のコンポーネントの詳細が書かれており、アクシオンがX線に遷移するのに必要な磁場を発生させるための超伝導磁石、太陽を追尾するテレスコープのメカニカルな構造、X線測定器、磁場中に設置したHeガス容器、各装置の幾何的測定が書かれている。第6章は第2期実験でのアクシオン探索とその物理解析とその結果、第7章は第3期実験での探索と物理解析とその結果、8章は考察が述べられている。

アクシオンは、強い相互作用のラグランジアンにCP非保存項の存在が可能であるが、中性子の電気双極子測定などからこの項は非常に厳しく制限されており、この齟齬を埋める粒子として理論的に導入された。このアクシオンは太陽の中心部でも生成される筈である。井上氏達は、この太陽アクシオンを、東京アクシオンヘリオスコープと呼ばれる装置で太陽を追尾して、探索することを試みた。この装置は長さ2.3 m、面積 $20 \times 92 \text{mm}^2$ の有効角柱体積を4 Tの均一な強磁場で満たすために超伝導磁石を用いた。このためガス圧を変えることで様々な質量のアクシオンに敏感となる。これを太陽に正確に向けてアクシオンをX線に変換して、角柱の下部に設置したPIN検出器で検出する。バックグラウンドは厳しく遮蔽しているが、残留の放射能物質からのX線である。太陽の追尾はヘリオスコープが水平から $\pm 28^\circ$ までしか傾けないので、約半日が限度であり追尾以外の期間はバックグラウンドの測定にあてた。

これまで測定した質量領域ではアクシオンの存在を示す信号の増加は観測されなかった。この事実からアクシオン—光子間の結合定数に対して信頼度95%で、第1期、第2期実験それぞれ、 $g_{a\gamma} < 6.5 \sim 10.4 \times 10^{-10} \text{ GeV}^{-1}$ ($0.06 < m_a < 0.27 \text{ eV}$)、 $g_{a\gamma} < 5.6 \sim 13.4 \times 10^{-10} \text{ GeV}^{-1}$ という新たな制限を付けた。特に第2期測定では、この質量領域においては世界で初めて太陽がアクシオン放出で消えてしまわないという条件を十分に満たす有意な制限を得た。第3期の測定はアクシオン暗黒物質の理論が存在を予言する領域に世界で初めて制限を付けた。この実験の測定器の建設から、物理解析まで井上氏の貢献は非常に大きく、測定器のグランドデザイン、ガス容器の設計製作、電磁石のレイアウトと励起機構、アンプの回路設計製作、DAQシステムデザイン製作、各種ソフトウェア、テレスコープ駆動装置デザイン、イベント收拾などの物理解析などの多岐にわたる。

この論文の内容は、審査員全員十分納得する研究結果であり、井上氏の物理学に関する各種の試問に対して的確な回答を行っていたので、物理学の知識も博士（理学）をうけるに十分である。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。