

論文審査の結果の要旨

氏名 関谷典央

この論文は、X線観測衛星「すざく」による宇宙のX線背景放射の観測データを用いて、エネルギーがkeV（キロ電子ボルト）領域での宇宙の暗黒物質起源の信号を探索した結果をまとめたものである。

論文は全8章からなり、第1章では、宇宙の暗黒物質について概説し、この研究の動機を述べている。第2章では、X線観測衛星による暗黒物質探索の先行研究について記している。第3章では、X線観測により暗黒物質を探索するために、衛星、検出装置および探索すべき観測領域について、その最適な戦略を考察しており、第4章で、実際に使用したX線観測衛星「すざく」の検出装置とその性能について述べている。第5章では観測データの解析について詳述し、第6章で、その解析したデータを用いた暗黒物質起源の信号の探索の実際が述べられており、第7章でその結果について細部の検討を行い、将来の展望を述べている。最後に第8章で結論を導いている。

宇宙のさまざまな観測からは暗黒物質の存在が必須とされ、その量や分布については明確な制限が得られている。一方で、その候補となる物質としては素粒子標準模型を超えた超対称性粒子やアクシオン、不活性ニュートリノ等が挙げられているが、まだその正体は定まっていない。そのため、暗黒物質の検出は宇宙物理、素粒子物理にまたがる重要な課題である。

暗黒物質候補の中には不活性ニュートリノなど、崩壊等によりX線領域で輝線放射をすると考えられるものがある。これを探索すべく、これまで銀河団等の重力源をターゲットにしてX線天文衛星による観測・解析が行われている。2014年、銀河団や近傍銀河方向の探索によって3.5 keVの輝線を検出したとの報告があったが、それを否定する論文も出ており、状況は混沌としている。

このような探索の確度と精度を上げるため、本研究では統計的な観点から、暗黒物質起源の輝線放射の計数（輝線強度 × 観測時間）が大きくなるようにすること、輝線放射に対するバックグラウンド放射の輝度が小さくなるようにすることの2点について、詳細に最適化をおこない、銀河系の高温星間物質と系外銀河起源の「X線背景放射」のみが観測されている「バックグラウンド観測」を用いて探索を行った。また、系統的精度を上げる観点から、この観測に最も有利な衛星・検出器である「すざく」衛星搭載のX線CCD検出器「XIS」を使用した。

本研究では、「すざく/XIS」のデータアーカイブ（2005–2013年）から、総観測時間は31.5 Msec（約1年間分）のデータを用いて、0.5–7.0 keVのエネルギーバンドでスペクトル解析を行い、X線背景放射を系統的に研究した。その結果、0.5–7.0 keVの領域において、これまで検出報告がある3.5 keVの輝線を含め、暗黒

物質起源の輝線の有意な検出はなかった。それにしたがって、暗黒物質の輝線強度の上限値を与えたが、銀河系に付随する暗黒物質起源の制限としては現在のところ世界で最も厳しいものとなった。

暗黒物質の正体として不活性ニュートリノを仮定すると、本研究で得られた輝線強度の上限値から、その質量や混合角に現時点で世界最高の制限をつけることができた。

以上より、この論文のこの研究分野における学問的意義は充分であり、論文提出者の独創性も認められる。また、この論文は研究グループの他の共同研究者との共同研究に基づくものであるため、論文提出者がどのような主導的な寄与があったのか審査委員会において念入りに審査した。その結果、この論文における解析は論文提出者が中心となり行なったものであることから論文提出者の主導性が充分であると判断した。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。