

論文審査の結果の要旨

氏名 川野元 聡

本論文は、銀河系星間空間中の ${}^7\text{Li}$ と ${}^6\text{Li}$ の同位体比の銀河中心からの距離による大局的な分布を観測的に初めて明らかにし、銀河化学進化モデルとの比較から、宇宙初期の元素合成で作られた ${}^7\text{Li}$ の上限値を従来にない新しい方法で求め、宇宙の密度パラメータへの制限を明らかにした研究である。

第1章は、宇宙初期の元素合成で作られた軽元素、特に重水素量、あるいは宇宙背景放射光の揺らぎの観測と ${}^7\text{Li}$ のこれまでの観測結果がまとめられ、これらの量が同じ密度パラメータで説明できないという問題点が示されている。従来、宇宙初期の ${}^7\text{Li}$ の量は、金属量の少ない種族 II の恒星のスペクトル観測から推定されてきた。しかし、恒星内部での対流の影響の評価が難しく、上記の問題を検討するために独立な方法で ${}^7\text{Li}$ の量を求める必要性を指摘し、この論文で用いた銀河系内の星間空間中の ${}^6\text{Li}$ との比から求める方法が簡潔に説明されている。星間空間中の ${}^6\text{Li}$ は大部分が銀河宇宙線により生じている。一方、 ${}^7\text{Li}$ は宇宙初期に作られたものと、宇宙線によるもの、恒星内部で合成されたものがあり、 ${}^6\text{Li}$ との比は、銀河化学進化により変化する。このため、銀河系内の ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$ の大局的な分布を観測的に決めれば、銀河内で生成された ${}^7\text{Li}$ を化学進化モデルと比較することにより推定し、宇宙初期の ${}^7\text{Li}$ の量が見積もれる。同位体比を用いることにより、Li の電離状態あるいはダストへの取り込みなどの不定性を取り除くことができる点、この方法の有利な点である。太陽近傍の ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$ の観測は従来にも行われていたが、局所的な星生成活動の影響等の評価が難しい。本論文では、銀河中心からの同位体比の大局的な分布を初めて観測的に明らかにし、化学進化モデルとの比較を行うことを目的としている。

第2章では、本研究の解析に用いられた観測の説明とそのデータ整約についての詳細な記述がなされている。観測は岡山天文台の 1.8m 望遠鏡のクーデ分光器と、すばる望遠鏡の高分散分光器を用いて行った。対象となった星は、銀河中心からの距離が 6.8kpc, 10kpc, 10.3kpc の3つで、これらの星を背景光として 670nm 付近の Li の吸収線から星間空間中の ${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$ の量を求める。観測された星の分布は、これまでの観測に比べ銀河中心からの距離の範囲は 10 倍以上に広げられた。星間中の Li の量は極めて微量で、吸収量は吸収線の中心でも 1-3% にすぎない。しかも、Li の吸収線には 0.015nm の微細構造があり、また 2 つの同位体の吸収線はわずか 0.016nm しか分離しない。このため、 ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$ の観測には、100000 を超える波長分解能と、1000 を超える信号/雑音比が要求される。

第3章では、得られた吸収スペクトルから ${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$ の量を求める方法が詳細に説明され

ている。上記のように微量の吸収量を決定するため、連続光レベルの決定、視線速度の推定などを精密に行う必要がある。視線速度は、同じ星について観測した KI の 400nm あるいは 770nm の吸収線に基づいて見積もられている。これらのエラーを十分に考慮して、吸収量の評価を慎重に行い、 ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$ 比を上記の 3 つの星の方向の星間ガスについて求めた。銀河中心の距離 6.8kpc から 10.3kpc の間で ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$ はほぼ 8 から 6 の範囲に入り、距離が大きくなるに従い、やや減少傾向であることが本研究で観測的に初めて示された。

第 4 章では、3 章の結果を銀河化学進化のモデルと比較し、宇宙初期の ${}^7\text{Li}$ の量の推定を行う本論文の中心をなす章である。まず、化学進化モデルを用いて、いくつかの ${}^7\text{Li}$ の宇宙初期量に対する銀河系内の ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$ の動径方向の分布の予想が示される。 ${}^7\text{Li}$ の初期値が大きい場合は、銀河中心から離れるに従って ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$ が増加する傾向が予測されるのに対し、小さい場合は減少することが期待される。これは、銀河の外層部では化学進化による ${}^7\text{Li}$ への寄与が小さく、宇宙線により生成された ${}^7\text{Li}$ と ${}^6\text{Li}$ と初期の ${}^7\text{Li}$ の量の影響が強く現れるためである。本論文では、銀河系の年齢、恒星内部で合成された量の寄与の不定性も考慮し、観測値から得られる宇宙初期 ${}^7\text{Li}$ 量の上限を求め、水素に対して 8×10^{-8} という値を得た。これから、宇宙の密度パラメータの上限值として $\Omega_b < 0.03$ が得られた。これまでの密度パラメータを制限している観測との比較を行い、この値が、恒星の吸収線から得られた初期 ${}^7\text{Li}$ の量とは異なり、観測から推定されている重水素の宇宙初期の量、あるいは宇宙背景放射光の揺らぎの測定から推測される密度パラメータと、つじつまの合う範囲に入ることが初めて示された。

第 5 章では、本論の結論がまとめられている。

本論文は、 ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$ の銀河内空間分布から初期 ${}^7\text{Li}$ を求めるという新しい手法を用いて、宇宙の密度パラメータを制限する重要な観測量の 1 つである ${}^7\text{Li}$ の初期量の上限値を初めて求めた、画期的な研究である。これまでの太陽近傍に限られた ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$ の観測では、局所的な星生成活動の影響等の評価を充分に行うことが困難であったが、本論文の手法により初めて銀河系内の大局的な分布を明らかにし、銀河化学進化モデルとの比較を可能とした。本論文は、微量な吸収量を検出するという困難な観測を実現し、十分に詳細かつ慎重な解析を行い、今後より広い銀河内の領域についての観測を行うことにより、さらに精度良く ${}^7\text{Li}$ の初期値を決定する可能性を明確に示した。

なお、本論文は梶野敏貴、鈴木 健氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となり、観測・解析、モデルとの比較を行っており、論文提出者の寄与が充分であると判断する。よって、博士（理学）の学位を授与できるものと認める。