

氏名(本籍)	おぎのみつとし 扇野光俊(香川県)			
学位の種類	博士(理学)			
学位記番号	博甲第6002号			
学位授与年月日	平成24年3月23日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審査研究科	数理物質科学研究科			
学位論文題目	Study of Interstellar Ammonia and Star Formation in the Orion Molecular Clouds (オリオン分子雲のアンモニアと星形成に関する研究)			
主査	筑波大学教授	理学博士	梅村雅之	
副査	筑波大学教授	理学博士	中井直正	
副査	筑波大学准教授	博士(理学)	森正夫	
副査	茨城大学准教授	博士(理学)	米倉覚則	

論文の内容の要旨

本論文ではつくば32m電波望遠鏡を用いて最も近くにある大質量星形成領域オリオン分子雲のアンモニア分子を観測し、励起温度や密度の分布を精密に測定し、過去の温度との比較から当該分子雲の星形成の歴史を調べたものである。

星と星の間(星間空間)には希薄なガスが広がっているが、比較的密度の高いガスは分子状態になっており且つ星間空間では雲のようなかたまりになっているので分子雲と呼ばれる。分子雲は数百万年から一千万年の長い時間をかけて重力収縮を起こして中心部で星が誕生すると言われている。よって星はガスから生まれるが、その形成過程や時間スケールは未だによくわかっておらず、また形成された星が残ったガスにどのように影響を与え、場合によってはさらなる星形成を誘発する可能性の是非も観測的には未解明の状態である。したがって、星形成過程の研究には母体である分子雲の観測が必須である。

本論文では最も近傍にある大質量星形成領域オリオン分子雲の $10' \times 30'$ の領域のアンモニア分子 NH_3 の回転反転遷移 $(J,K) = (1,1) - (6,6)$ の6本の輝線を角分解能 $100'' (=0.2 \text{ pc})$ のビームで同時観測したものである。分子雲の観測には最強のトレーサーである一酸化炭素 CO が使われることが多いが、通常は輝線1本の観測であることや分子雲の光学的厚みが大きいことなどから励起温度や密度などの物理量を求めるのは困難である。それに対してアンモニアは光学的厚みはあまり大きくはなく $(\tau \sim 1)$ 、20 GHz帯で $(J,K) = (1,1) - (6,6)$ の6本の輝線を同時観測できるので、ほぼ同じ角分解能で且つ指向性誤差の影響もなく輝線間の正確な強度比較が可能であり、励起温度や柱密度が精密に求まる。さらにオルソ分子とパラ分子の存在比からダスト上でアンモニアが形成されたときの過去の温度が推定できる。これらの分布を求めた結果、(1) アンモニア分子の励起温度(現在の温度)は分子雲の内部よりも外縁で高く、特に近くに大質量で表面温度の高いOB型星の近くで非常に高いことがわかった。これは分子雲が、形成された大質量星により外部から加熱されていることを意味している。一方、(2) オルソ・パラ比から求めたアンモニア形成時の温度(過去の温度)は分子雲の外縁よりも内部で温度が高かったため、外部からの加熱ではなく重力収縮による内部の熱で温められたと推測される。また分子雲全体において現在の励起温度より低いので、現在のアンモニアの多

くが形成された過去においては星形成は活発ではなかったと考えられる。(3)すでに主系列星となっているOB型星と現在生まれつつある原始星がともにたくさん存在する南部のオリオン分子雲1はガスの柱密度が高く、OB型星がなく原始星だけがあって最近星形成が始まったと考えられる北部のオリオン分子雲2や3の領域ではガスの柱密度は分子雲1に比べて有意に低い。

以上の結果から、当該分子雲では現在のOB型星が誕生したと言われている $\sim 10^6$ 年前頃に初めて星形成が起き、それ以前($\sim 10^7$ 年)は星形成が起きていなかったこと、すなわち現在のOB型星がこの領域で初めて形成された初代星であると考えられる。またすでにOB型星がたくさん存在するオリオン分子雲1はガス密度が高かったので早く重力収縮が起きて星形成も早期に始まったのに対し、原始星しか存在しないオリオン分子雲2や3の領域はガス密度が非常に低かったため重力収縮がゆっくりと進行し、最近になってやっと星形成が始まったと考えられる。

審 査 の 結 果 の 要 旨

オリオン分子雲においてアンモニア分子のように比較的高密度ガスの観測は従来は分子雲コアと呼ばれる小さなスケールに着目して観測と解析がなされていたが、本論文はオリオン分子雲全体の物理量の分布に着目した点が特徴である。また(J,K) = (1,1) - (6,6)の6本の輝線の同時観測から励起温度を正確に求め、またオルソ・パラ比からアンモニアが形成されたときの過去の温度を推定し、両者は空間分布として逆相関であることを非常にきれいな結果として示した。これはオリオン分子雲はもとより他の星形成領域も含めて初めての結果である。それによってこのオリオン領域に存在する現在の星は当該領域で形成された初めての星であり、それ以前には星形成は起きていなかったという星形成史を明らかにすることができた。これらの結果は代表的な星形成領域であるオリオン分子雲での星形成を研究する上で重要であり、またこのような新しい手段を提示しその有用性を実証したことは高く評価される。

平成23年2月14日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(理学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。