

論文審査の結果の要旨

氏名 大橋 聡史

本論文は、これまであまり研究が進められてこなかった、大質量星形成領域である巨大分子雲における化学進化の様子と、分子雲の化学的性質と物理的性質の関係を観測的に調べたものである。

本論文は5章からなる。第1章は序論であり、小質量星と大質量星の形成過程の違いも含めた星形成の概要、また、本論文の主題である分子雲内の化学進化の理解に欠かせない、分子雲内の化学反応の概要がまとめられている。その上で、本観測的研究の目的とアプローチ、また、本研究の観測対象の簡単な説明を記述している。

第2章は、オリオン座A分子雲内の高密度コアにおける化学進化について述べられている。野辺山宇宙電波観測所の45 m 電波望遠鏡とKVN 21 m 電波望遠鏡を用いて、オリオン座A分子雲内の高密度コアを、CCS、HC₃N、cyclic C₃H₂、N₂H⁺、NH₃分子輝線で観測をした。その結果、柱密度比 $N(\text{NH}_3)/N(\text{CCS})$ 、 $N(\text{NH}_3)/N(\text{HC}_3\text{N})$ 、 $N(\text{N}_2\text{H}^+)/N(\text{CCS})$ 、 $N(\text{c-C}_3\text{H}_2)/N(\text{CCS})$ が、原始星を伴う高密度コアで高く、原始星を伴わない高密度コアでは低いことがわかった。同様の結果は、小質量星形成領域で既に知られていたが、今回、大質量星形成領域である巨大分子雲においてもそうであることが新たにわかった。特に、c-C₃H₂は観測された分子輝線の中でも比較的弱く、本研究における高感度観測の大きな成果のひとつと言える。これに加えて、立松他(2010)で取得されたNH₃とCCS分子輝線データと立松他(1993)で取得されたCS分子輝線データを再解析し、化学進化の指標である柱密度比 $N(\text{NH}_3)/N(\text{CCS})$ と高密度コアの物理状態を示すビリアル・パラメータの間に相関があることも明らかにした。このことは、化学進化の指標は力学的進化の指標としても使えることを示唆している。

第3章では、Vela C巨大分子雲内の高密度コアにおける化学進化について述べられている。Mopra 22 m 電波望遠鏡で、Vela C巨大分子雲内の高密度コアを、HC₃NとN₂H⁺分子輝線で観測した。その結果、Vela C巨大分子雲内の高密度コアでは、柱密度比 $N(\text{N}_2\text{H}^+)/N(\text{HC}_3\text{N})$ が原始星を伴う高密度コアで高く、原始星を伴わない高密度コアで低いという傾向があることがわかった。オリオン座A分子雲内では、同様の傾向が柱密度比 $N(\text{NH}_3)/N(\text{HC}_3\text{N})$ 、 $N(\text{NH}_3)/N(\text{CCS})$ 、 $N(\text{N}_2\text{H}^+)/N(\text{CCS})$ で見られた。オリオン座A分子雲以外の巨大分子雲でも、化学進化の指標である柱密度比が、星形成の有無との間に相関があることから、分子雲の化学進化が巨大分子雲の進化段階を推定するのに強力かつ有用な指標であることが示唆される。

第4章では、オリオン座A分子雲内でもっとも化学的に進化の進んでおり、かつ、原始星を伴わない高密度コア、TUKH122について述べられている。先行

研究から、この高密度コアは、線幅の狭い NH_3 分子高密度ガスと、それを取り巻く線幅の広い CS 分子高密度ガスを伴うことが知られている。45 m 電波望遠鏡を用いて、 NH_3 分子輝線の高感度観測を行ったところ、 NH_3 分子輝線でこれまでに知られている線幅の狭い ($\Delta V = 0.3 \text{ km s}^{-1}$) 静的な高密度ガスに加えて、これまで CS 分子輝線のみで検出されていた、線幅の広い ($\Delta V = 1.4 \text{ km s}^{-1}$) 乱流的な高密度ガスも検出された。線幅の狭い静的な高密度ガスと線幅の広い乱流的な高密度ガスの運動温度はそれぞれ 11 K と 30 K 以下と推定された。また、線幅の狭い静的な高密度ガスの中心速度が 3.7 km s^{-1} であるのに対して、線幅の広い乱流的な高密度ガスの中心速度は、 4.4 km s^{-1} と見積もられた。これらの観測結果は、星形成の母体となる乱流的な分子雲から静的な高密度ガスへの急速な変遷で説明できると考えられる。また、これらの観測結果は、星形成の初期状態と考えられる化学的に進化した原始星を伴わない高密度ガスが、静的でコヒーレントであることも示唆する。

第 5 章で、本論文のまとめを記述している。

以上のように、申請者の研究成果は、これまで小質量星形成領域に研究が限られてきた分子雲中の化学進化の研究を、高感度観測を行うことにより巨大分子雲に拡大し、さらに分子雲コアの物理量等との比較を通じて、巨大分子雲における化学進化の指標が、そこでの星形成の進化段階を示したものであり、巨大分子雲中の星形成を理解する上で重要な観測的知見をもたらしたと考えられ、高く評価できる。

なお、本論文の第 2 章は、立松健一、Minho Choi、Miju Kang、梅本智文、Jeong-Eun Lee、広田朋也、山本智、水野範和との共同研究、第 3 章は、立松健一、藤井浩介、Patricio Sanhueza、Quang Nguyen Luong、Minho Choi、広田朋也、水野範和との共同研究、第 4 章は、立松健一、Patricio Sanhueza、広田朋也、Minho Choi、水野範和との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。