

PRESS RELEASE (2023/02/15)

星のゆりかごを揺さぶる若い星からの産声を捉える

～一般的な星形成の形態である星団形成の理解を紐解く鍵に～

ポイント

- ① 密集して分布する原始星は比較的遠方にあるため、領域内を詳細に観測することが困難だった。
- ② 今回、若い星から噴き出す巨大分子流が同じ星団形成領域内の若い星周辺の高密度ガスと激しく衝突している様子を高解像度で捉えることに世界で初めて成功。
- ③ 鮮明に観測されてこなかった星団形成の理解を紐解く重要な一歩に。

概要

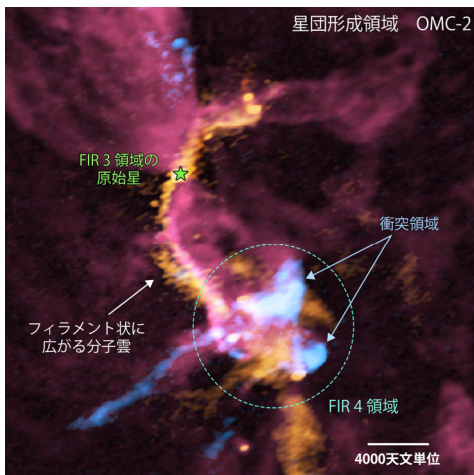
赤ちゃん星（原始星）は、宇宙空間のガスと塵が豊富にある領域である分子雲コアの中で生まれます。原始星の周りには分子ガスが噴き出している様子（分子流）が観測されます。この分子流は、原始星のサイズの100万倍以上の大きさにも広がることもあり、原始星よりも観測しやすいために原始星誕生を捉える指標となります。また多くの原始星は、集団で生まれることが知られています。しかしこの原始星の集団（星団形成領域）は、太陽から比較的遠くに位置しているため、密集して分布する原始星を区別して調査する為には非常に高い視力の望遠鏡で観測する必要がありました。

本研究では、若い星から噴き出す巨大分子流が同じ星団形成領域内の若い星周辺の高密度ガスと激しく衝突している様子を捉えることに成功しました。衝突によって星団形成領域のガスや塵は激しく揺さぶられ、そこでの星の形成に影響を与えている可能性があります。

九州大学理学府博士課程2年の佐藤亜紗子大学院生、九州大学大学院理学研究院の町田正博准教授、国立天文台アルマプロジェクトの高橋智子准教授、石井峻特任准教授らの研究グループは、アルマ望遠鏡を使って最も若い星団形成領域の一つである OMC-2 内の FIR 3 および FIR 4 領域を観測しました。この天体はオリオン座の方向にあり、地球から 1400 光年の位置にあります。同グループは、分子雲や分子雲コアを観測する塵、分子流を観測する一酸化炭素 (CO)、ガス同士の激しい衝突を観測する一酸化ケイ素 (SiO) の分布を調べました。先行研究よりも3倍高い視力の観測によって、2倍の数の分子流を発見し、複雑な星団形成環境の様子を捉えることに成功しました。さらに塵と CO と SiO の分布関係から若い星団形成領域 OMC-2 内で、FIR 3 領域中の原始星から噴き出した巨大分子流が若い星が密集する FIR 4 領域に激しく衝突していることを示す決定的な証拠を得ました（下図参照）。

今回の発見は、一般的な星形成過程であるにもかかわらず鮮明に観測されてこなかった星団形成の理解を紐解く重要な一歩と言えます。

本研究の成果は米国雑誌「Astrophysical Journal」に2023年2月15日に掲載されました。



アルマ望遠鏡観測から得られた OMC-2/ FIR 3 および FIR 4 領域の電波画像

一酸化炭素ガスに赤色、一酸化ケイ素ガスに青色、塵からの放射にオレンジ色を割り当てた。画像上部に FIR 3 領域、下部に FIR 4 領域がある。FIR 3 の原始星から噴き出した分子流（赤色）が周辺の高密度物質（オレンジ色）と衝突している様子が分かる（白みを帯びた赤色）。特に分子流の下流にある高密度ガスとの衝突で一酸化ケイ素ガス（青色）が鮮明に検出された。

Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), A. Sato et al. 2023

【研究の背景と経緯】

赤ちゃん星（原始星）は、宇宙空間のガスと塵が豊富にある領域である分子雲コアの中で生まれます。また原始星周囲からは、分子ガスが噴き出している様子（双極分子流）が観測されます。この双極分子流は原始星のサイズの 100 万倍以上の大きさにも広がることもあり、原始星よりも観測しやすいため、分子雲コア内での原始星の誕生を捉える非常に強力なツールとなります。また宇宙に存在するほとんどの星は孤立して生まれるのではなく複数の原始星として集団で誕生します。これを星団形成と言います。星のゆりかごである星団形成領域での双極分子流の役割は、周辺の分子雲コアに衝突することで局所的に星の形成を誘発したり、逆に星のゆりかご内の環境をかき乱すことで、周辺の星の成長を邪魔したりするものである可能性がこれまでも予測されていました。星団形成領域は原始星が誕生する一般的な環境であり重要な研究対象であるにもかかわらず、比較的遠方にあるため、領域内を詳細に観測することが困難でした。さらに、星団形成領域は複数の原始星や双極分子流が混在した複雑な構造を持っています。これらを十分に見分けられる鮮明な画像を得る為には高い空間分解能をもつ望遠鏡を用いることが必須となります。

【研究の内容と成果】

九州大学理学府博士課程 2 年の佐藤亜紗子大学院生と九州大学大学院理学研究院の町田正博准教授らの研究グループは、アルマ望遠鏡を使って最も若い星団形成領域のひとつである OMC-2 内の FIR 3 および FIR 4 領域を観測しました。この天体はオリオン座の方向にあり、太陽系から最も近い巨大分子雲であるオリオン A 分子雲（地球からの距離 1400 光年）の中にあります。研究チームは、この星団形成領域をカバーするような広視野観測を行い、塵、一酸化炭素 (CO)、一酸化ケイ素 (SiO) の 3 つの物質の分布を調べました。塵は、星を育むゆりかごである分子雲コアの基本構成物質の一つです。一酸化炭素は、双極分子流や分子雲コアの主な構成要素である水素分子ガスに次いで多く存在します。強い電波を出すため、星が成長する様子を観測的に捉えるために重要な分子の一つです。一酸化ケイ素は激しい衝突現象がある時に観測されます。分子雲を構成する塵の表面に付着しているケイ素 (Si) が分子流と周辺物質の激しい衝突などの場面で宇宙空間に叩き出され、宇宙空間に浮遊する酸素 (O) と結びつくことで、一酸化ケイ素ガス (SiO) からの放射が観測されるようになります。今回の高感度観測により、FIR 3 および FIR 4 領域でこれまでに報告されていた 2 倍の数の双極分子流、つまり原始星が形成されている直接的な証拠を見つけることができました。その結果、複雑な星団形成環境の様子を鮮明に描き出すことが出来ました。

今回の一番の成果は、星のゆりかごである若い星団形成領域 OMC-2 内で、FIR 3 領域中の原始星から噴き出した巨大双極分子流が複数の若い星が密集している FIR 4 領域に激しく衝突していることを示す決定的な証拠を捉えたことです。この巨大双極分子流が FIR 4 領域と激しく衝突することで、その境界面で発生したと考えられる、SiO ガスの観測に成功しました。図の左上から進んできた巨大双極分子流が FIR 4 領域にある原始星の材料となる高密度ガスや塵と 2 箇所衝突した様子を、U 字状の衝突面としてはっきりと捉えることに成功しました（図: FIR 4 領域で青白く光っている構造）。このように非常に若い星団で形成された原始星の双極分子流が星団形成領域内の他のメンバーに衝突している証拠をはっきりと撮像したのは、本研究が初めてです。また、巨大双極分子流が FIR 4 に向かって進む途中、フィラメント状に広がる分子雲（図: 分子流の左側と密着する塵の分布、オレンジ色で表現されている土手のような構造）とも激しく衝突し、分子流内のガスが激しく圧縮されている様子が分かります（図: 分子流の端で白みを帯びた赤色で表されている場所）。双極分子流と激しく衝突したことで分子雲内の塵が加熱されている証拠も捉えました。さらにこの圧縮された分子雲内で星のゆりかご（分子雲コア）の起源となりうる分裂片が多数発見されました。

【今後の展開】

本研究では、星団形成領域内での巨大双極分子流と若い星たちの衝突をきっかけとして星団内の星形成が誘発されたのか、あるいは衝突前に星が誕生していたのかについては明確に区別できませんでした。しかし今回の結果から、双極分子流が衝突した星団形成領域内のガスや塵を揺さぶり、星が生まれる環境がかき乱されている可能性が示されました。今後、アルマ望遠鏡を用いたさらなる観測によって、双極分子流によって圧縮されたガスの運動を調べ、星団形成領域内への物質の流入、もしくは分子雲コアの破壊を捉えることができれば、FIR 4 がどのような進化をたどり最終的にどれくらい重たい星を形成するのかを予測することができます。今回の観測では、これまでに理論研究で予測されていた分子流が星団形成領域内の星形成に与える影響を直接捉えることに成功しました。本研究のさらなる発展は、一般的な星形成の形態である星団形成の理解を紐解く鍵となるでしょう。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 (JP17H06360、JP17K05387、JP17KK0096、JP21H00046、JP21K03617: MNM、20K04034: SI)、NAOJ ALMA Scientific Research Grant (2022-22B)、CONACyT-280775 and UNAM-PAPIIT IN110618 grants、the European Union's Horizon 2020 research and innovation program (Grant Agreement No. 851435) の助成を受けたものです。

【論文情報】

掲載誌：The Astrophysical Journal

タイトル：ALMA Fragmented Source Catalogue in Orion (FraSCO)I. Outflow interaction within an embedded cluster in OMC-2/FIR3, FIR4, and FIR5

著者名：Asako Sato, Satoko Takahashi, Shun Ishii, Paul T.P. Ho, Masahiro N. Machida, John Carpenter, Luis A. Zapata, Paula Stella Teixeira, Sumeyye Suri

D O I : 10.48550/arXiv.2211.12140

【お問合せ先】

<研究に関すること>

九州大学大学院理学研究院 准教授 町田 正博 (マチダ マサヒロ)

TEL : 092-802-4198 FAX : 092-802-4198

Mail : machida.masahiro.018@m.kyushu-u.ac.jp

<報道に関すること>

九州大学 広報室

TEL : 092-802-2130 FAX : 092-802-2139

Mail : koho@jimu.kyushu-u.ac.jp

<アルマ望遠鏡に関すること>

国立天文台 アルマプロジェクト広報担当

TEL: 0422-34-3630

Mail: alma-info@nao.ac.jp