

星のお知らせ

福井教室 申込不要

- 第118回 2016年11月26日(土) 講師：福井 康雄
名古屋大学 理学研究科附属南半球宇宙観測研究センター長
 - 第119回 2017年 1月28日(土)
 - 第120回 2017年 3月25日(土) 場所：名古屋大学 理学部B館5階 B5講義室
- ◎各日 14:00-16:00



クリスマスレクチャーズ2016

< in 東京 > 入場無料 / 事前申込制

日時：2016年12月23日(金・祝)
講演会開始 13:30-17:00終了予定
場所：昭和女子大学・オーロラホール

< in 名古屋 > 入場無料 / 申込不要

日時：2016年12月25日(日)
講演会開始 13:30-17:00終了予定
◎17時より懇親会
場所：名古屋大学理学南館 坂田・平田ホール

南天にひろがれ宇宙ロマン23

名古屋会場 入場無料 / 申込不要

日時：2017年2月11日(土)
講演会開始 13:30-17:00終了予定
◎17時より懇親会
場所：名古屋大学理学南館 坂田・平田ホール

金沢会場 入場無料 / 申込不要

日時：2017年3月4日(土)
講演会開始 17:00-19:00終了予定
場所：三谷産業株式会社(金沢市)

※各詳細は名古屋大学 星の会事務局までお問い合わせください。TEL 052-789-2837(受付時間 月~金 10:00-17:00)

募集中

会員の皆さまから、
写真・記事などを募集します。

様々なイベントでの体験談や星の会に参加したきっかけなど、皆さまのお声を下記星の会事務局までお寄せください。短い文章(コメント)や、天文以外の内容、色々な作品の写真なども歓迎します!

編集後記

今号は例年通り6月に発行の予定でしたが、大幅に時期がずれての発行となってしまいました。会誌の記事は、基本的には会員の高嶋芳章さん、間瀬圭子さん、柚原克朗さんが中心となって作成されていますが、内容によっては名大の側で専門家の立場で筆を加えたりしています。研究の合間を縫っての作業ですが、今回は思うように時間が取れずご迷惑をおかけしました。そこまでして進めている研究のテーマは「星間空間にはどれくらいの量の水素が存在するのか」で、教科書を書き換えるくらいのインパクトがあると自負しております。いずれ星の会誌でも披露できるかと思えます。(名古屋大学 早川貴敬)

表紙説明



オリオン大星雲。有名な三つ星の下辺りにあり、肉眼でも確認することができる。オリオン大星雲は、鳥が羽を広げたような形をしており、中心にはトラペジウムと呼ばれる巨大星が輝いている。さらに大星雲の北には、ちょうど「鳥の頭」のように小さな星雲がある。この星雲が分子雲同士の衝突によって形成されたという仮説を立て、検証した。詳細は巻頭記事を参照されたい。

名古屋大学星の会

(題字：加藤延夫 愛知県芸術文化センター 元総長)

名古屋大学星の会 事務局
〒464-8602 名古屋市千種区不老町
名古屋大学理学部天体物理学研究室内
TEL 052-789-2837
電子メールアドレス hoshikai @ a.phys.nagoya-u.ac.jp

「名古屋大学星の会」は、NANTEN2と、名古屋大学の宇宙研究を応援する一般市民の集まりです。

Les étoiles

36
Oct. 2016

- 02 <特集> オリオン大星雲の誕生… 宇宙の「ジグソーパズル」を解く◎福井康雄
- 05 <新刊情報>「スーパー望遠鏡「アルマ」が見た宇宙」
- 06 <研究紹介>深川美里先生にインタビュー！惑星の誕生に迫る
- 08 <座談会>中学生・高校生のわくわく、ドキドキ、あれこれ、うんぬん！
- 10 <Kdsコーナー>星の大きさと重さと重力の話

オリオン大星雲の誕生： 宇宙の「ジグソーパズル」を解く

福井 康雄 Yasuo Fukui

オリオン大星雲は、冬の空を彩るもっとも有名な星雲の一つである。私達の最新研究によって、オリオン大星雲が分子雲同士の衝突によって形成されたことが分かった。衝突は約10万年前に起こり、トラペジウムなどの巨大星を生み出した。衝突は現在も進行中で、さらに多くの星が生まれるかも知れない。人類の500万年の歴史の中で、オリオン大星雲が見えるようになったのは「ごく最近」の事件なのである。

オリオン大星雲は、太陽系から1200光年の距離にある。銀河系の差しわたし10万光年と比べると、オリオン大星雲は太陽系の「すぐ近く」にある。オリオン大星雲は、鳥が羽を広げたような形をしており、中心にはトラペジウム（ギリシャ語で「台形」と呼ばれる巨大星が輝いている。さらに大星雲の北には、ちょうど「鳥の頭」のように小さな星雲がある。大星雲と小星雲は、フランスの天文学者・メシエによってそれぞれがM42、M43と名付けられた。これまでも多くのオリオン大星雲のモデルが提案されてきたが、解決には遠かった。この魅惑的な星雲の起源が分かれば素晴らしい発見になる。

私達は、2009年以来、巨大星が分子雲同士の衝突で

生まれるのではないかと、という仮説を立て、観測による検証を進めてきた。これまでに10例を超える衝突を発見している。この研究の流れのなかで、オリオン大星雲の衝突起源を明らかにすることは、大きな一歩となる。

星は分子雲から生まれる。1970年代に分子雲の電波観測が始まり、オリオン大星雲もよく観測されてきた。図1に最新のオリオン分子雲の分布図を示す。一見すると、この分子雲は長くたてに伸びたS字型を示し、1個の分子雲に見える。分子雲の速度は、毎秒約10kmで私達から遠ざかっている。しかしここで「考える」必要がある。もし、2個の速度の違う分子雲が重なっており、速度差が見かけ上小さくて2個を区別できないとしたらどうだろうか。

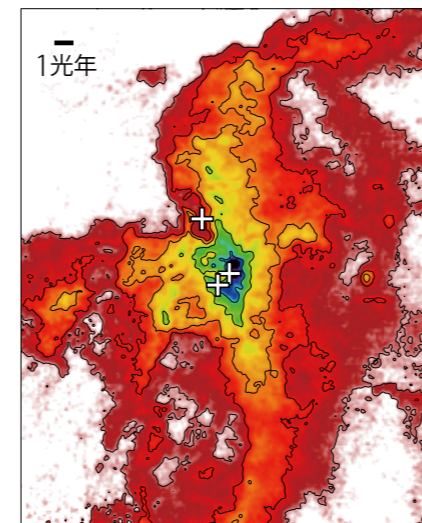


図1 オリオン大星雲の分子雲の分布。十字は分子雲に付随する大質量星 θ^1 Ori C、 θ^2 Ori A、NU Oriの位置を示している。野辺山の45m電波望遠鏡によるCO分子の電波地図（島尻他2011）。

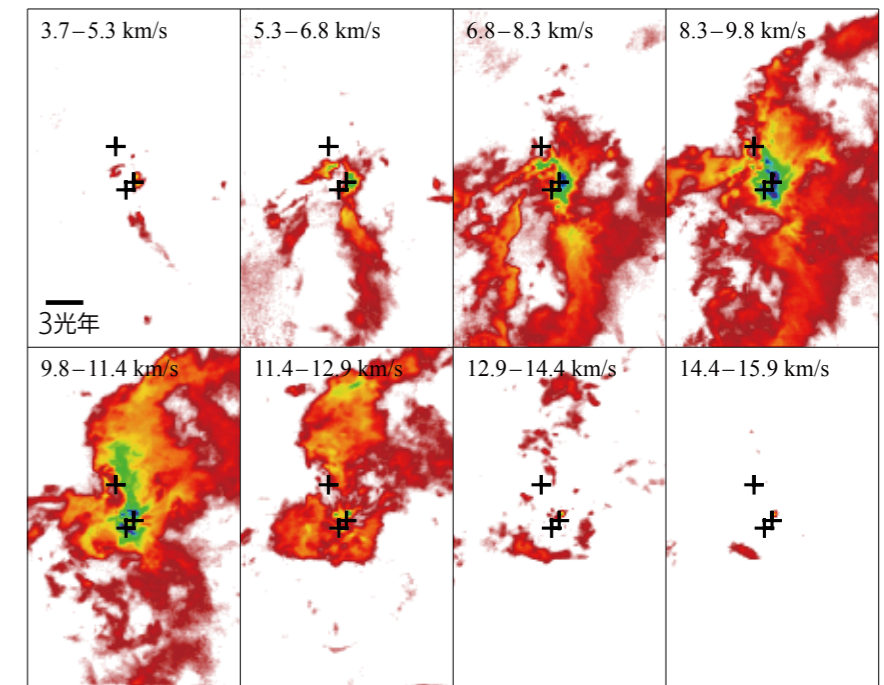


図2 オリオン大星雲の分子雲を視線速度ごとに表示した。4km/sから10km/s（上側）と、11km/sから16km/s（下側）では分子雲の分布が異なっている。

この仮説を確かめるために、分子雲を速度毎に細かく分けてみる（図2）。注意してみると、11km/sあたりで分子雲の形が大きく変化することが分かる。大きな速度側では、南には分子雲が全くない。この結果は、「分子雲は2個の形の違う分子雲が重なっている」という可能性を意味する。ただし2個の速度差は毎秒4kmと、大きくはない。分りにくくしているのは、2個の雲がともに同じ方向に伸びていることである。2個を区別するためには紛らわしい重なりである。2分子雲説を裏付けるために、コンピュータによる数値実験が参考になる。

図3は北海道大学の羽部朝男さんらの分子雲衝突の計

算結果を示す。大小サイズの違う分子雲を衝突させるとどうなるか、計算したのである。小さな雲が大きな雲に突入するために、小さな雲と同じサイズの空洞が大きな雲の中にできる。空洞の奥行きは衝突後の経過時間で定まる。観測された分子雲を見ると、実際、大きな雲に「穴」が空いているのが分かった。この「穴」と、小分子雲は重ねるとぴったり一致する。この一致、「相補的な分布」が衝突を強く裏付ける。ただし、一般にはズレが生じる。雲が動く方向は偶然に支配される。仮に、雲の運動方向が、視線方向に対して45度傾いているとしよう。すると穴と小さな雲とはずれる。またこの場合、真の衝突速度差は観測される速度差の約1.4倍になる。

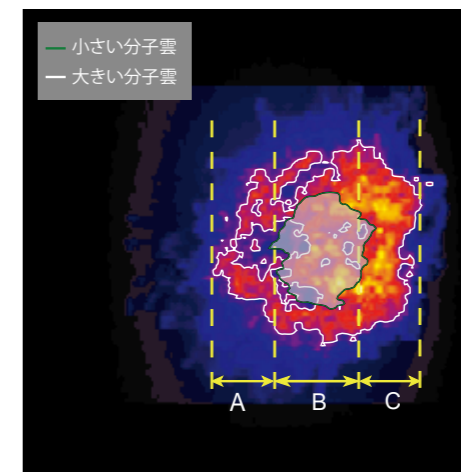
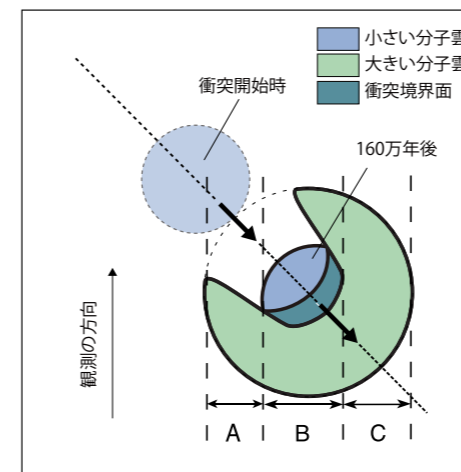


図3 高平謙氏、E. Tasker氏、羽部朝男氏（北海道大学）による計算機シミュレーション。大きい分子雲と小さい分子雲が視線方向に対して45度の角度で衝突し、衝突開始から160万年経過した時の様子の模式図（上）と計算結果（下）。Aの領域は衝突によってできた空洞が、Bの領域は空洞と小さい分子雲が、Cの領域は大きい分子雲が見えている。

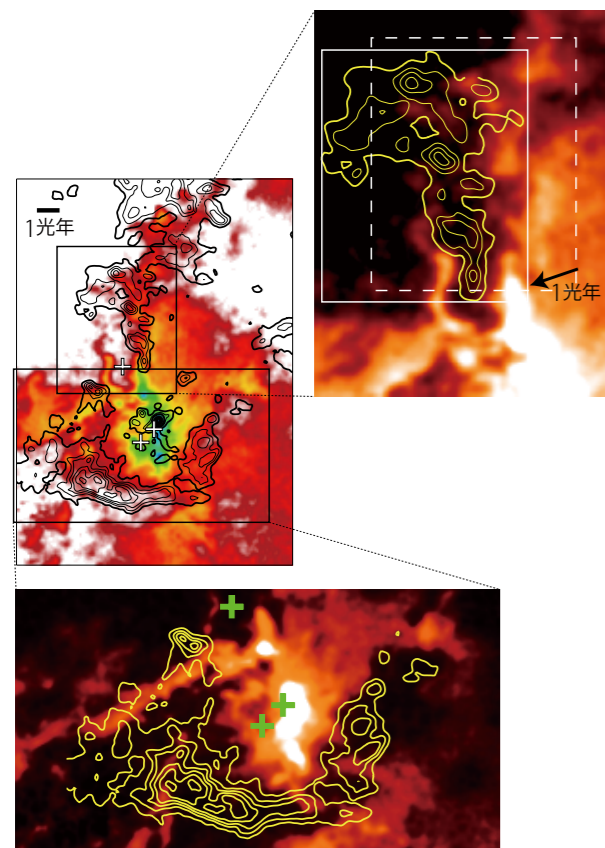


図4 (右上) M43方向の「鍵雲」と「鍵穴雲」。等高線で描かれているのが鍵で、カラースケールイメージで描かれているのが鍵穴である。対応関係をわかりやすくするために、鍵雲の方は実際の位置から1光年ずらして表示してある。(下) 中心部の「M42雲」(カラースケールイメージ)と「U字雲」(等高線)。

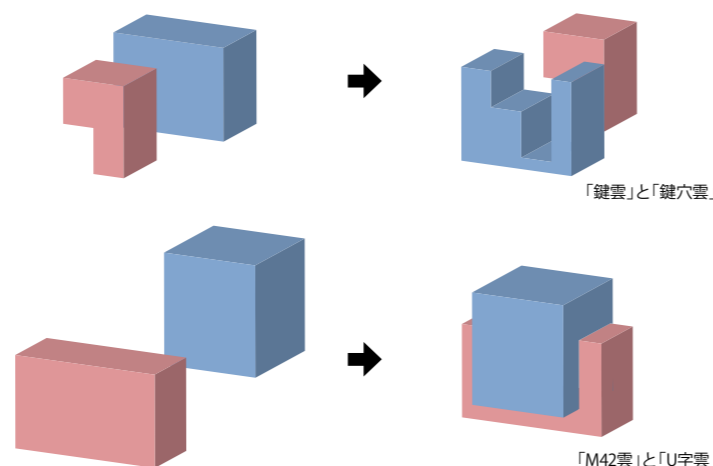
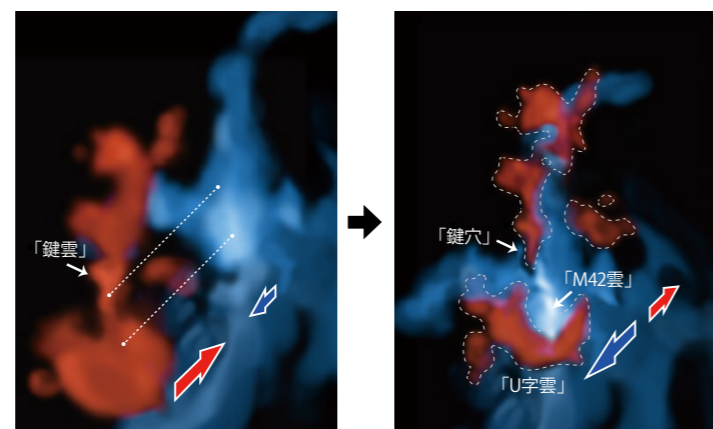


図5 分子雲同士の衝突を模式的に示した。

計算結果を参考にして私達が注目したのは、M43の方向の「鍵雲」と「鍵穴雲」である(図4右上)。鍵雲が、小さな雲に相当する。鍵穴雲の中に1個の巨大星がつくられており、M43を温めている。2個の雲は約1光年はなれており、鍵は1光年ずらして重ねるとぴったりと鍵穴にあう。予想通りである。鍵雲は我々に近づく運動をしており、衝突して星を作ったあと、M43の手前側に来る。実際、鍵穴雲はM43星雲の暗黒部分に一致し、確かに星雲の手前であることを示す。鍵雲の質量は、太陽10個分である。

一方、トラペジウムを含む中心部はどうだろう。ここでも、同じ考え方が当てはまる。図4下に2つの速度の雲を重ねた。中心部がもっとも濃く質量の集中したガスのかたまり「M42雲」であり、ここを大きな薄い雲「U字雲」が取り囲み、見事に相補的な分布を示す。大きな薄い雲と、小さな濃い雲が衝突した結果、トラペジウムが生まれたという解釈が成り立つ。

これらの2カ所の衝突を図5に模式的に示した。まさに宇宙のジグソーパズルである。

実は他にも数カ所で相補的な分布が見られるが、ガスの密度が低いために星形成には至っていない。M42雲は鍵雲に比べて一桁密度が高く、大きさも3光年と大きい。これが10個の巨大星の形成を可能にしたと見られる。

トラペジウムは一見4個の星からなると思われるが、実はそれぞれが二重星である。トラペジウムを構成する計10個の星々はそれぞれ20太陽質量程度の質量を持ち、大量の紫外線を放つ。この紫外線が大星雲のガスを暖め、輝かせている。今回の研究によって、初めてオリオン大星雲の起源が明らかになったことは大きな驚きであった。天文学は、巨大星の起源という長年の課題の解明に、ついに成功しつつあるのである。今後、衝突説はさらに数十個の領域に適用されようとしている。巨大星形成の理論が「雲衝突」に基づいて構築される。

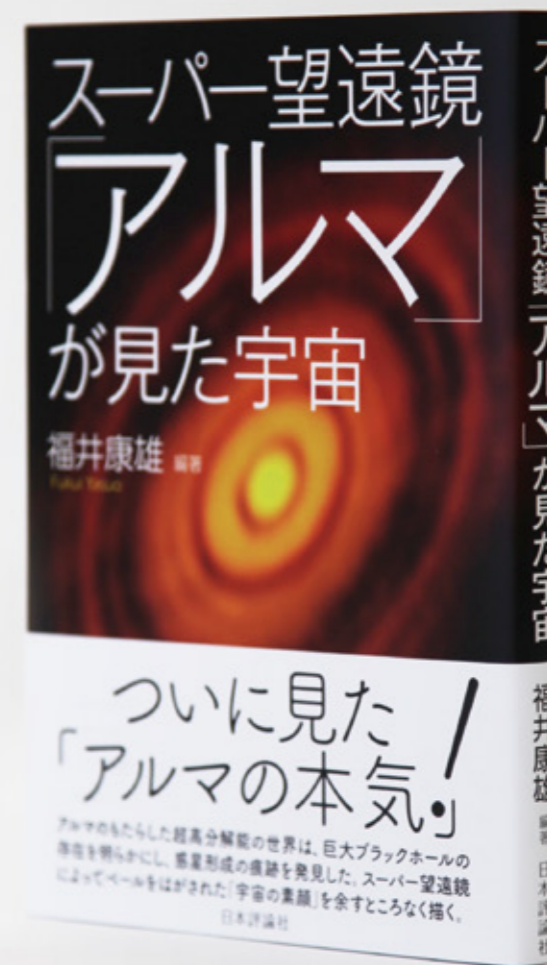
「アルマ」が見た宇宙



編著：福井 康雄
出版社：日本評論社
定価：本体 1800円+税

ついに見た「アルマ」の本気!

アルマのもたらした超高分解能の世界は、巨大ブラックホールの存在を明らかにし、惑星形成の痕跡を発見した。スーパー望遠鏡によってベールをはがされた「宇宙の素顔」を余すところなく描く。



- 序章 スーパー望遠鏡「アルマ」
水野範和 (国立天文台)
- 1章 宇宙と銀河の誕生
谷口義明 (放送大学)
- 2章 巨大星の誕生
福井康雄 (名古屋大学)
- 3章 原始惑星系円盤
立原研悟 (名古屋大学)
- 4章 物質の進化
坂井南美 (理化学研究所)

今、チリ・アンデスの標高5000mの高地に66台のパラボラアンテナが、銀色に輝いています。ついにスーパー望遠鏡アルマが本格的な観測を開始したのです。アルマは、私たちの期待を裏切らない、天文学の歴史に永遠に刻まれる画期的な望遠鏡として活躍しています。これから30年以上にわたって天文学をリードすることになります。アルマ望遠鏡と初期の観測成果を一冊にまとめたのが本書です。装置とその運用についてはチリ現地で活躍している水野範和が担当し、4人の天文学者が専門領域を中心に最新の観測成果を解説しています。

深川美里先生にインタビュー！ 惑星の誕生に迫る

◎聞き手〈星の会会員〉= 高嶋芳章（撮影／文）
◎と き = 2016年4月9日
◎ところ = 名古屋大学理学部にて

すばるやALMAなどの望遠鏡を駆使して行われる系外惑星の研究とはどのようなものなのでしょうか？
今回は、宇宙物理学研究室赤外線グループに4月に着任された深川美里准教授を訪ねて、研究内容をうかがいました。

高嶋：系外惑星というのは、太陽系以外の惑星という意味ですよね。太陽系以外の惑星を研究することで、太陽系の惑星の作られ方、在り方が何か見えてくるのでしょうか？

深川：系外惑星を研究する元々の動機はその通りでした。しかし、中心の恒星にすごく近いけど木星の何倍も重いか、太陽系の惑星と全く違う性質を持った惑星が存在するということがわかってきたんですね。2000年ぐらいまでは、どうやって太陽系ができたか理解するのを最終ゴールと設定していました。それがだんだん変わってきて、宇宙にはどういう惑星があってどう出来たのか知る。その上で、太陽系はどのような位置づけにあるのか、宇宙で稀な存在なのか、大多数と同じなのか相対的に見ましよう、という風に変わってきています。

高嶋：太陽系は他には無い変わった存在なのか、それとも他とそれほど大差は無い存在なのか、どうなのでしょう？

深川：「わからない」というのが答えで、太陽系と同じような惑星系を捕まえるだけの観測技術がまだ無いんです。地球は木星と比べると軽くて小さいのでそれをとらえるには、まだ観測精度が足りない。言い換えると、今後10年、20年は、地球のような軽い惑星を捉える研究が進むはずですよ。

高嶋：TMTのような巨大な望遠鏡が出来ることで研究が進む？

深川：観測装置の技術が一段階進歩すると、今まで見えなかったものが見えてくる。それだけに頼っているのはダメですが、大きなブレイクスルーには技術の進歩が凄く効きます。

高嶋：すばるを使った観測で成果を挙げられてますが、どういうことがわかったのか、紹介してください。

深川：巨大な望遠鏡を使うと、空間的により細かい構造を見ることができるようになります。若い星の周りに漂っている固体の微粒子やガス、こういった物が惑星の材料になると考えられています。専門的には「原始惑星系円盤」と言いますが、それまではCDのようなのっぺりとした円盤を想像していました。すばるで観測すると、銀河のように渦巻きが見えたり、溝があってその部分だけ物が無いように見えたりしている。このような溝と渦状腕が原始惑星系円盤で次々と観測されるようになってきています。

高嶋：そのような模様は、惑星ができつつあることを示しているのでしょうか？

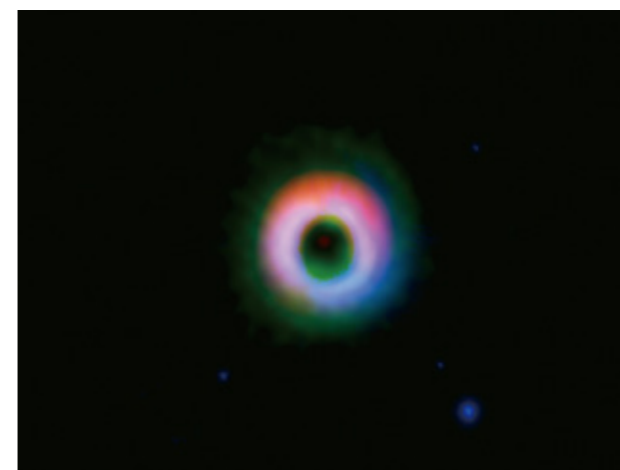
深川：結論はまだ出ていませんが、惑星以外の要因で観測結果を説明するのは難しく、惑星あるいは惑星の卵ができている可能性が高いです。ただし、すばるの観測では星から出た光（近赤外線）を円盤で反射したのを見ており、円盤の表面しか見ていません。惑星が生まれるの



深川 美里 *Misato Fukagawa*
名古屋大学大学院 理学研究科 准教授

東京大学大学院にて赤外線天文学を専攻。大阪大学助教、国立天文台特任准教授などを経て、2016年より現職。すばる、アルマ望遠鏡や赤外線衛星「あかり」を広く用いて、惑星の誕生を観測的に研究している。

は最も濃いところ、円盤の赤道面の奥深いところですから、本当はそこを見なくてははいけません。そこで、近赤外線よりも更に波長の長い電波の観測をALMAで行いました。



HD142527を取り巻くガスと固体微粒子の円盤。アルマ望遠鏡が観測した固体微粒子の分布を赤色、ガスの分布を緑色、すばる望遠鏡が近赤外線観測した円盤を青色で表示している。ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), NAOJ, Fukagawa *et al.*

高嶋：ALMAで何が見えたか、教えてください。

深川：赤がALMAで見た固体微粒子の分布ですが、北側（上部）に非常に明るい場所があります。明るいということは物がたくさん集まっている事を意味していて、ここで惑星が作られていると考えられます。これは、すばるの観測では全く見えていませんでした。実はまだ紹介できない

最新のデータもたくさんあるのですが、1年後か2年後ぐらいにはもっと凄い結果を公開できると思います。

高嶋：今後研究が進んでいくと、どういうことがわかるのでしょうか？また、どういう方向に研究が進むのでしょうか？例えばTMTができると、どういう飛躍が期待されるのでしょうか？

深川：TMTは直径30mですばるは8mですから、空間分解能が上がってより細かく見えます。また、より星の近くが見えるようになります。可視光、赤外線で見ると中心の星が非常に明るいので、原始惑星系円盤の中心星に近い部分の様子は見えません。星の光を如何に取り除くかは、原始惑星系円盤の観測では一つの大きな課題です。TMTでは、分解能が上がることで、観測装置の工夫によって、非常に明るい天体の近くにある暗い構造を見る能力が上がります。現在見ているのは太陽系と比べると星から非常に遠い場所で、今の技術で地球ぐらいの距離を観測するのはとても難しいのです。TMTなどでは、より内側の地球型惑星を観測するのが主流になっていくはずですよ。

高嶋：今日はお忙しい中、どうもありがとうございました。

中学生・高校生の わくわく、ドキドキ、 あれこれ、うんぬん!



参加メンバー

名古屋大学教育学部附属中・高等学校

大羽 徹先生(写真左)
森田 早織さん(左から4人目)
長岡 祐希くん(右から3人目)
隈部 健くん(右から2人目)

愛知県立明和高等学校

日高 正貴先生(写真右)
出町 史夏さん(左から2人目)
森本 滯さん(左から3人目)
竹味 和輝くん(右から4人目)

昨年の夏より、福井先生の研究室で、SSH(文科省指定の理数科教育を重点的に行う学校)の高校生による研究グループが、共同研究を行っています。その内容は、男子グループが「分子雲からのジェットについて」、女子グループが「分子雲による大星団の誕生」。プロジェクトに参加した高校生たちの声をお届けします。

©聞き手〈星の会会員〉= 柚原 克朗、高嶋 芳章(撮影)、間瀬 圭子(文)

—このプロジェクトが始まったいきさつを教えてください。

大羽 学校で福井先生の講演を聴き、生徒から「こんな研究がしたい」という声があったのがきっかけです。生徒が長期的に研究をして、研究成果を天文学会ジュニアセッション等で発表することを福井先生に依頼しました。名大附属中・高校には、「生徒研究員制度」というのがあり、その中でメンバーを募集しました。

日高 昨年7月に4回、生徒たちは、立原先生にデータ解析の仕方をかなり基本的なことから教えてもらいました。そのソフトとデータを学校や自分たちのパソコンにも入れて、色々調べることができる環境を作ったのです。



NANTENのデータを解析している様子。

ついでの研究を発表しました。

森本 でも、最初から、大質量星団の誕生を調べたいと思っていたのではなく、2つの分子雲の質量を計算するだけだったんです。やっていくうちに、分子雲の衝突で大質量星が誕生したと証明できるということを立原先生から教わり、興味を持ちました。

出町 私は物理は苦手だけど、せっかくSSHに入ったんだから、何かやりたい、と思って。やっていくうちに、だんだんもう少し話を進められないかと考えていく、その研究の楽しさに惹かれて何とかここまで進んで良かったと思っています。それで、ポスターをま

—皆さんの研究はどのように発展してきたのでしょうか。

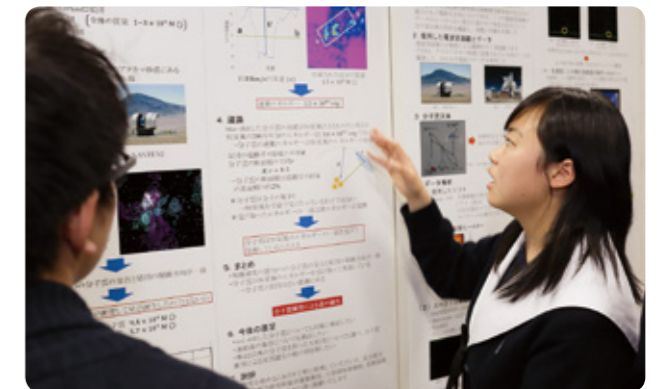
長岡 隈部君が、へびつかい座にあるIRAS16293-2422という天体のデータの解析中に、その近くから、スペクトルの形が特徴的な電波がでてきていることに気がついて、先生に質問をしたところ、原始星のジェットから電波が出ているということを知り、この研究につながりました。

隈部 NANTENのデータでは詳しく見られないので、それが本当にジェットなのか、ジェットならIRAS16293-2422によるものなのかどうか。同じへびつかい座にあるVLA1623という天体は、別の望遠鏡の詳しいデータがあると聞き、調べてみたら、ジェットを

吹いていることがわかったのです。そこから発展させて、「分子ジェットから星の年齢を出す」というテーマに変えて、天文学会のジュニアセッションで発表させていただきました。

長岡 星の年齢は、竹味先輩が誤差も含めて計算してくれました。スペクトル図から分子ジェットの速度がわかるので、星が生まれた直後からジェットが出ているのであれば、速度とジェットの大きさから割り出せるのです。

森田 私は計算とか苦手なのですが、画像をコンピュータで解析してデータを得る、そういうアプローチもあるということにすごく惹かれました。ジュニアセッションでは、ウエスターlund 2という巨大星団の誕生の原因に



成果を天文学会のジュニアセッションでポスター発表中。

とめていた時に、「これ、本当に衝突しているのかな?」って突然言われて。

森本 腑に落ちないところが大きくなって行ったんだよね!

日高 高校の勉強は、教科書が正しいと信じてやっているのですが、研究っていうのは、「そうじゃない」と訴える人がいる中、自分たちができるだけ証拠集めをして「これが正しい」と立証していく作業です。学校の勉強とは別のものが得られたのはすごく大きいですね。

大羽 研究活動をしている中での収穫でした。いろんな候補を集める中で、例えば衝突したことをどう証明するの

か、というのが研究であることが、女子グループにも男子グループにもわかってもらえたと思います。

森本 研究者って普段何をしているのだろう、と思っていたのですが、1個の不思議が出てきたら、そこから無数にいろんなことが出てくるので、一生かかっても足りないな、ということを感じました。

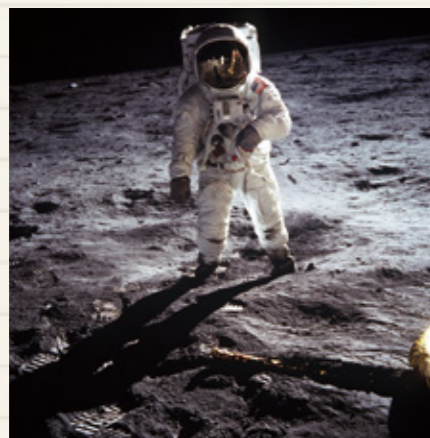
—話は尽きないのですが、もう、紙面がありません。このプロジェクトは、今後も数年に渡って続くそうですから、また新たな成果を期待いたします!

Kidsコーナー

太陽と月と
星と地球

星の大きさと重さと 重力の話

人間がまるい地球の上から宇宙に
落っこちてしまわないのはなぜだろう？
それは地球からの力にひっぱられているから。
今回はその力、「重力」についてのお話だよ。



月の重力は地球の6分の1

アポロの宇宙飛行士が、月面を歩いている映像を見たことはあるかな？ 重そうな宇宙服を着て、ふわふわと跳んでいるように歩いていたよ。地球上では、重そうな服や身体も月へ行くと軽くなるみたいだね。これはどうしてかと言うと、月面では重力が地球の約6分の1しか無いからなんだ。重力が6分の1だと、6倍高く跳べるんだよ。みんなも3メートルぐらい跳べるかな？

じゃあ、どうして月では重力が6分の1なんだろう？

ある星の表面での重力の大きさは

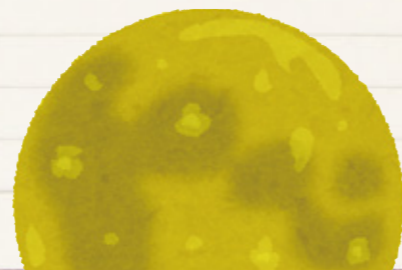
星の重さ ÷ (大きさ × 大きさ) に比例するんだ。

地球と比べると、月の重さは約100分の1 (0.01倍)、

大きさは約4分の1 (0.25倍) だから、

$0.01 \div (0.25 \times 0.25) = 0.16 = \text{約} 6 \text{分の} 1$

というわけだね。



大きな星の重力

「アルデバラン」という星を知っているかな？ おうし座の赤い星で、冬には一晩中上っている一等星だ。昔は太陽と同じような大きさだったんだけど、年老いて太陽の40倍ぐらいの大きさまで膨れあがった大きな星だよ。(そういう星のことを専門的には、赤色巨星っていうんだ。)

このアルデバランは、重さが地球と比べると60万倍もあるんだけど、大きさも5000倍ぐらいある。

つまり、さっきの式で計算してみると

$60 \text{万} \div (5000 \times 5000) = \text{約} 0.02$ 。

重力が50分の1、どこまででも跳んでいけそうだね！ 実際、アルデバランのような赤色巨星では、重力が弱すぎて表面のガスが宇宙空間にどんどん流れ出しているんだよ。



そして、将来はこんな姿になると考えられている。もやもやしているのは昔々に流れ出したガスで、星からの紫外線で照らされて光っているんだ(星は小さいのでこの写真では見えない)。

小さな星の重力

では、反対に小さい星の場合はどうかな？ 星の大きさをずっと小さくしていくと、どんどん重力が強くなる。光も脱出できないほど重力が強くなったのが、「ブラックホール」だよ。

太陽の10倍ぐらいの重さの星ならば、半径30キロメートル、名古屋市の大きさとだいたい同じぐらいまで小さくするとブラックホールになるんだ。

(文/星の会会員 間瀬圭子・名古屋大学 早川貴敬)

写真提供: NASA, NOAO, ESA,
the Hubble Helix Nebula Team,
M. Meixner (STScI), and T.A. Rector (NRAO).

「ブラックホール」っていう
名前は、みんなも
聞いたことがあるかな。

