

2019 年度日本天文学会林忠四郎賞

氏名：犬塚 修一郎 (いぬつか しゅういちろう)

現職：名古屋大学大学院 理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻 教授

授賞対象となる研究：「分子雲の形成から原始星、原始惑星系円盤の形成に至るまでの星形成過程に対する理論的研究」

Theoretical Studies on the Star Formation Processes from the Birth of
Molecular Clouds to Formation of Protostars and Protoplanetary Disks

犬塚 修一郎氏は、星が生まれる現場である分子雲やその中の高密度領域である分子雲コアの形成、分子雲コアの重力崩壊による原始星の形成、そして原始惑星系円盤の形成に至るまでの、星形成に関する幅広い領域で多くのすぐれた研究成果をあげてきた。特に、分子雲の重力不安定性に対する解析的研究、磁気流体シミュレーションを用いた分子雲形成に対する研究、分子雲コアの重力崩壊による原始星、原始惑星系円盤の形成過程に関する研究は、世界的によく知られている。

数多い犬塚氏の業績の中から、以下、特に代表的な3つの研究業績について述べる。

(1) 分子雲形成から星形成への連続したシナリオ

銀河において希薄な星間ガスが何らかのプロセスによって濃集されることで分子雲が形成され、その分子雲の中で星が形成される。したがって星形成は分子雲形成からの一連のプロセスの結果である。

分子雲において超音速乱流が観測されていたが、その起源に対しては多くの議論があったものの十分には明らかになっていなかった。他方で、星間ガスの分子雲への分裂過程について、衝撃波圧縮を引き金とした暴走的輝線放射冷却・濃集（熱的不安定性）によって星間ガスの分子雲への分裂を伴う相転移的進化がおこるというアイデアがあったが、シンプルなモデルでの議論にとどまっていた。これらの問題に対して、犬塚氏は高精度な流体シミュレーションを行い、熱的不安定性の非線形進化に伴って超音速乱流が自然に発生することを示した(Koyama & Inutsuka 2002)。この結果により、より現実的な分子雲のシミュレーションを行うことで、分子雲進化、星形成を理解しようとする方向性が当該分野に生まれた。

犬塚氏は上記方向性のもと、磁場や化学反応の効果まで含めた分子雲形成シミュレーションによって分子雲の形成・進化時間が1千万年以上になることも示した(Inoue & Inutsuka 2008; 2012)。それまでは、分子雲の形成・進化時間（寿命と言ってもよい）に関しては、磁場を無視したシミュレーションや解析的議論により百万年程度とされていたが、日本のグループによる観測の結果、寿命は1千万年以上と示され(Fukui et al. 2008; Kawamura et al. 2009)、それまでの理論予測と矛盾した。この矛盾を Inoue & Inutsuka (2008; 2012) は解決した。

さらに犬塚氏は、一千万年程度の長時間をかけて徐々に分子雲が形成・進化するというモデルを使うと、観測されている分子雲の質量関数が見事に説明できることを示した (Inutsuka et al. 2015)。

これらの分子雲形成から星形成への連続的なシナリオは星形成分野において注目され、銀河進化論のような近接の他分野にも今後大きく波及していくことが期待される。

(2) 分子雲「コア」の形成と重力崩壊による原始星形成過程

上記の(1)の研究は分子雲の大域的な性質と星形成との関連に関する研究と言えるが、分子雲の内部での局所的な星形成プロセスに関しては、以前より分子雲にフィラメント構造があることが観測的に示されており、星形成プロセスとの関連が議論されていた。近年、ハーシェル宇宙望遠鏡の観測によって、分子雲フィラメントの重力不安定による分裂で星形成が始まるという極めてシンプルな描像が明らかになってきた (Andre et al. 2014)。この自己重力不安定に関しては、観測的に注目されるはるか以前から犬塚氏による先駆的な研究があった。Inutsuka & Miyama (1992) では分子雲フィラメントの自己重力不安定について線形解析の手法で詳しく調べており、さらに Inutsuka (2001) では分子雲フィラメントの分裂による分子雲コアの質量関数が星の初期質量関数と類似することを指摘した。これらの犬塚氏のシナリオは、ハーシェル宇宙望遠鏡によって明らかにされた星形成の描像と非常に近いことから、先見的な研究として再評価されている。

分子雲コアの重力収縮によりガスが光学的に厚くなると、その収縮がいったん止まり、第一コアと呼ばれる短寿命天体になることは、簡単な1次元モデルによって理論的に予測されていた (Larson 1969)。犬塚氏は、この過程に対して、輻射過程を考慮した詳細な自己重力流体シミュレーションを行い、観測と比較検討できるレベルの定量的な第一コアの物理パラメータの導出をし (Masunaga & Inutsuka 2000)、この理論予測にもとづいて、第一コアの観測サーベイが行われるようになった。

この第一コアが収縮することで原始星形成に至るのだが、原始星形成時にアウトフローやジェットが放出されていることが観測的に明らかになった。磁場を起原とした遠心力アウトフローの理論計算もされていたが、この問題に対して犬塚氏らは一貫した単一の高精度磁気流体シミュレーションにより普遍的に観測されている低速アウトフローと高速ジェットの発生を再現した (Machida, Inutsuka & Matsumoto 2008)。

これらが示すように、それまでばらばらに議論されていた分子雲フィラメントの重力不安定から原始星形成に至るプロセスについて、犬塚氏は一貫したシナリオでつなぐとともに、各段階の天体に対して観測と比較検討可能なレベルの理論予測を行った。

(3) 原始惑星系円盤から惑星形成へ

上記の星形成過程のシミュレーションでは、惑星形成の現場となる原始惑星系円盤が自然に形成される。これまでは、惑星形成は、星形成とは独立に原始惑星系円盤を設定して議論されてきたが、本来的には惑星形成は星形成から一貫した連続的なプロセスとして考えなければならない。

犬塚氏は、星形成初期には中心星が軽いいため円盤が重力不安定になり分裂することが予測されることから、巨大ガス惑星形成に対する林忠四郎らの京都モデルに代表される標準的なコア集積モデルと円盤自己重力不安定モデルのハイブリッドモデル (Inutsuka et al. 2010) を提唱したり、原始惑星系円盤の永年自己重力不安定を起源としたリング形成モデル (Takahashi & Inutsuka 2014) を提唱したりするなど、星形成からの帰結としての惑星形成というアプローチで惑星形成分野にも進出して顕著な成果を挙げはじめている。

犬塚氏は、分子雲形成から星形成までのプロセスをつないだ一貫したシナリオを構築し、幅広く星形成に関する理論研究を世界的に率いてきたリーダーのうちの一人であると考えられる。さらには星形成に引き続く惑星形成まで連続的につなげようとしており、今後にも期待できる。以上の理由によって、犬塚氏に対して、2019年度林忠四郎賞を授与することとした。

文献（本文中引用したもの）

- André, P. Di Francesco, J., Ward-Thompson, D., Inutsuka, S., Pudritz, R. E., Pineda, J. E., 2014, in Protostars and Planets VI, Henrik Beuther, Ralf S. Klessen, Cornelis P. Dullemond, and Thomas Henning eds., Univ. Arizona Press, Tucson, pp. 27-51
- Fukui, Y. et al. 2008, ApJ, 178, 56
- Kawamura, A. et al. 2009, ApJ. Suppl. 184, 1
- Inoue, T., & Inutsuka, S. 2012, ApJ, 759, 35
- Inoue, T., & Inutsuka, S. 2008, ApJ, 687, 303
- Inutsuka, S., & Miyama, S. M. 1992, ApJ, 388, 392
- Inutsuka, S. 2001, ApJ, 559, L149
- Inutsuka, S., Machida, M. N., Matsumoto, T., 2010, ApJ, 718, L518
- Inutsuka, S., Inoue, T., Iwasaki, K., et al. 2015, A&A, 580, A49
- Koyama, H. & Inutsuka, S. 2002, ApJ, 564, L97
- Machida, M. N., Inutsuka, S., & Matsumoto, T. 2008, ApJ, 676, 1088
- Masunaga, H. & Inutsuka, S., 2000, ApJ, 531, 350
- Takahashi, S. Z. & Inutsuka, S., 2014, ApJ, 794, 55

2019 年度欧文研究報告論文賞

論文題目：Kilonova from post-merger ejecta as an optical and near-Infrared counterpart of GW170817
著者名：Masaomi TANAKA, Yousuke UTSUMI, Paolo A. MAZZALI, Nozomu TOMINAGA, Michitoshi YOSHIDA, Yuichiro SEKIGUCHI, Tomoki MOROKUMA, Kentaro MOTOHARA, Kouji OHTA, Koji S. KAWABATA, Fumio ABE, Kentaro AOKI, Yuichiro ASAKURA, Stefan BAAR, Sudhanshu BARWAY, Ian A. BOND, Mamoru DOI, Takuya FUJIYOSHI, Hisanori FURUSAWA, Satoshi HONDA, Yoichi ITOH, Miho KAWABATA, Nobuyuki KAWAI, Ji Hoon KIM, Chien-Hsiu LEE, Shota MIYAZAKI, Kumiko MORIHANA, Hiroki NAGASHIMA, Takahiro NAGAYAMA, Tatsuya NAKAOKA, Fumiaki NAKATA, Ryou OHSAWA, Tomohito OHSHIMA, Hirofumi OKITA, Tomoki SAITO, Takahiro SUMI, Akito TAJITSU, Jun TAKAHASHI, Masaki TAKAYAMA, Yoichi TAMURA, Ichi TANAKA, Tsuyoshi TERAJ, Paul J. TRISTRAM, Naoki YASUDA, and Tetsuya ZENKO
出版年等：Volume 69, Issue 6, id.102 (2017)

本論文は、史上初めて観測された中性子星合体からの重力波イベント GW170817 の電磁波対応天体の可視光・近赤外線の観測データと、数値シミュレーションの結果から、中性子星合体において鉄よりも重い元素が合成されていることを明らかにしたもので、以下に述べるようにその学術的な意義は極めて高い。

宇宙における重元素の起源、特に速い中性子捕獲反応により合成される金やプラチナ、ウランなどの元素(r プロセス元素)の起源は、宇宙物理学における大きな未解決問題の一つである。歴史的には超新星爆発がその主たる起源だと考えられてきたが、近年の研究により、通常の超新星爆発において r プロセス元素を効率よく合成することは難しいことが分かってきた。一方、理論的には中性子星合体では効率よく r プロセス元素が合成されることが予想されていたが、その観測的証拠は得られていなかった。

2017 年 8 月、重力波望遠鏡 Advanced LIGO と Advanced Virgo によって、中性子星合体からの重力波イベントが初めて観測され(GW170817)、すばる望遠鏡や IRSF 望遠鏡を含む世界中の電磁波望遠鏡で電磁波対応天体の可視光・赤外線のデータが取得された。本論文は、中性子星合体における現実的な輻射輸送数値シミュレーションにより、(1) 中性子星合体で r プロセス元素が合成され、放射性崩壊を起こして輝く現象(キロノバ)で観測データが自然に説明できること、(2) GW170817 が r プロセス元素を含む 0.03 太陽質量程度の重元素を合成・放出したこと、(3) このような放出物質は主として中性子星合体直後に起こる質量放出に起因することを示した。

本論文の結果は、中性子星合体が宇宙の r プロセス元素の起源となり得ることを意味しており、宇宙における重元素の起源に関する理解を大きく進めた点で意義が大きい。2017 年 12 月の出版から 2019 年 12 月 30 日までで被引用数は 120 件 (NASA/ADS) となっており、本論文の結果が世界的に注目を集めていることが分かる。

このように本論文は、重力波と電磁波の協調観測と数値シミュレーションから宇宙の元素の起源に迫り、その波及効果が今後も見込まれる研究である。以上の理由により、本論文に 2019 年度日本天文学会欧文研究報告論文賞を授与する。

2019 年度欧文研究報告論文賞

論文題目：Three-dimensional distribution of the ISM in the Milky Way galaxy. III. The total neutral gas disk

著者名： Hiroyuki NAKANISHI and Yoshiaki SOFUE

出版年等：Volume 68, Issue 1, id.5 (2016)

本論文は最新の HI 輝線、CO 輝線のサーベイデータと回転曲線を元に銀河系の全中性ガス成分の 3 次元分布や全質量などを含む銀河系の基本的物理量を明らかにしたものである。この論文は 2003 年の水素原子ガス分布、2006 年の水素分子ガス分布の一連の論文に続き集大成をしたものに相当する。本論文の被引用数は NASA/ADS によると 2019 年 12 月 30 日の時点で 66 件である。

この論文で得られた主要な知見は以下の事柄である。銀河系の半径 30kpc 以内の原子ガスと分子ガスを合わせた質量が 8×10^9 太陽質量であることを明らかにしたこと、水素原子ガスは銀河系全体に分布するが概ね渦状腕に沿っていて外側では銀河面からはずれるワープ構造が顕著であること、一方水素分子ガスは主に太陽円内の銀河面近くに集中しこれも渦状腕に沿って分布するが質量は 1 割に過ぎないこと、そして渦状腕はピッチアングル $11-15^\circ$ の対数螺旋でよくフィットできることなどである。これらの知見は先行研究でも指摘されていたが、この研究で銀河系の内側から外側までの全中性ガスについて総合的に極めて明確に示されたと言える。

もとより銀河系のガス成分の分布と質量を明らかにしようとする試みは 1950 年代のオールトラの研究まで遡りすでに 60 年以上の歴史がある。これは銀河系の恒星の分布と質量の研究とともに銀河系の研究に基本的知識を提供している。また近年、ALMA などの観測によって系外銀河のガスの分布と質量も急速に明らかになりつつあるが、銀河系のガスの分布と質量などの基本的物理量は単なる渦巻銀河のテンプレートとしての意義の他、圧倒的に詳細な研究ができるメリットがある。さらに、この成果は電波天文学のみならず、ダスト分布や陽子分布との強い関連から、赤外線からガンマ線天文学まで、幅広い分野の基礎データとして重要な役割を果たしている。そしてこの試みは観測データの蓄積と手法の改良によって常に更新されるべきものであるが、この研究はまさにそれがなされたものであり、大変に重要な研究であると考えられる。またこれらの成果が視覚的に示された図は各種教科書で使用されていて教育的な効果も評価できる。

以上の理由により、本論文に 2019 年度日本天文学会欧文研究報告論文賞を授与する。

2019 年度日本天文学会研究奨励賞

秋山和徳 (アキヤマ カズノリ)

現職：アメリカ国立電波天文台 ジャンスキーフェロー

受賞対象となる研究：「Event Horizon Telescope による M87 の超巨大ブラックホールシャドウ撮像におけるスパースモデリングを用いた画像化手法に関する研究」

ブラックホールシャドウの撮像は、ブラックホールの存在を直接的に示す強力な証拠となり、さらにブラックホール周辺の強重力場での一般相対論や、ブラックホール近傍でのガス降着・噴出のプロセス等を研究する上でも、極めて重要である。そのため、ブラックホールシャドウを撮像することを目的として、8つの電波望遠鏡を用いた国際プロジェクト Event Horizon Telescope (EHT)が世界中の200人以上の研究者によって進められてきた。

秋山氏は、大学院生時代から EHT プロジェクトの観測・データ解析の中心メンバーとして貢献し、2019 年を象徴する天文学の成果となった M87 の超巨大ブラックホールシャドウの撮像において極めて重要な役割を果たした。秋山氏の具体的な成果は、以下のとおりである。

秋山氏は、3 台の電波望遠鏡を用いて、230 GHz での M87 の VLBI 観測を実施し、EHT による観測データの画像化に必要な不可欠となる位相クロージャーと呼ばれる観測量がこの周波数帯で実際に検出可能であることを世界で初めて示した (Akiyama et al. 2015, ApJ, 807, 150)。この成果により M87 ブラックホールシャドウ観測に必要な位相情報の獲得の見込みがたったことで、VLBI 観測網が拡張され現在の EHT が構築されており、秋山氏の研究によって EHT 成功への重要な足がかりが築かれたといえる。

次に、秋山氏は、観測量からブラックホール画像を復元する画像化手法の開発を行った。スパースモデリングと呼ばれる統計数理の手法を導入し、輝度分布の L1 ノルムと勾配の和を正則化項としてビジビリティ強度と位相クロージャーから画像を得る新しい手法を提案した。この手法によって回折限界の 20-30%に相当する高い空間分解能を実現できることを示した。さらに、いくつかの現実的なモデルに適用することで、EHT によって実際にブラックホールシャドウの有無などブラックホール近傍の構造を画像化することが可能であり、ブラックホールシャドウや放射領域のサイズに強い制限を与えることができることを示した。また、スパースモデリングを取り入れた秋山氏の手法を実装したオープンソフトウェア SMILI の開発も行った。秋山氏はその後も精力的に画像化手法の開発を続けた (Akiyama et al. 2017a, ApJ, 838, 1; Akiyama et al. 2017b, AJ, 153, 159; Kuramochi et al. 2018, ApJ, 858, 56)。このような高い貢献が評価され、2017 年に EHT の科学観測が始まり正式に発足した国際研究グループ EHT Collaboration において、画像化作業班の 2 名の世話人の 1 人として抜擢されている。

さらに秋山氏は、2017 年に初めて行われた EHT による M87 の科学観測のデータ画像化を主導し、秋山氏らが開発した SMILI を用いて M87 の超巨大ブラックホールの画像化を実現させた。この観測によって史上初めてブラックホールが視覚的に捉えられ、非対称なリング構造が検出された (EHT Collaboration et al. 2019, ApJ, 875, L4)。秋山氏はこの論文の責任著者の 1 人となっている。EHT の観測結果とブラックホールの画像化には SMILI の他に従来手法を用いた DIFMAP、ハーバード大学のグループが開発した新手法を用いる eht-imaging の 3 つのソフトウェアが用いられているが、eht-imaging においても秋山氏らが開発したスパースモデリングに基づく手法が大きく取り入れられており、SMILI 以外の画像化手法においても秋山氏の技術的貢献は極めて大きい。

本研究の成功によりブラックホールシャドウを撮像する天文学の新たな分野が開拓された。また、より質の高いブラックホールシャドウの画像の取得を目指した EHT の拡張やさらなる画像化手法の開発が現在進められている。秋山氏は、これらの研究や開発においても引き続き中心的な役割を果たしており、今後も国際的なリーダーとして当該分野を牽引していくことが大いに期待できる。

以上の理由により、秋山和徳氏に 2019 年度日本天文学会研究奨励賞を授与する。

2019 年度日本天文学会研究奨励賞

榎山和己 (カシヤマ カズミ)

現職：東京大学 大学院理学系研究科附属ビッグバン宇宙国際研究センター助教

受賞対象となる研究：「コンパクト星形成に伴う Fast Radio Bursts と突発天体の理論的研究」

宇宙の中では、白色矮星・中性子星やブラックホールといったコンパクト星が中心エンジンとして引き起こす多種多様な突発現象が観測されている。特に、Fast Radio Bursts や超高輝度超新星爆発などの比較的最近発見された突発天体現象は、その発生機構が全く理解されていないものも多く、天文学における大きな謎となっている。

榎山氏の重要な研究成果の 1 つは、Fast Radio Bursts の起源としての連星白色矮星合体に関するもの (Kashiyama, Ioka, & Meszaros 2013, ApJL, 776, L39) である。この研究において榎山氏らは、連星白色矮星合体の結果形成される強磁場高速回転白色矮星が、Fast Radio Bursts を引き起こし得ることを理論的に示した。この成果は Fast Radio Bursts の発生頻度をよく説明する理論モデルであるため、発表直後から大きく注目された。さらに 2019 年に入り星形成率が低い銀河で Fast Radio Bursts が頻発していることが同定されたが、星の誕生から暫く時間が経過した後形成される白色矮星を起源とする榎山氏らの理論モデルは、低星形成率という母銀河の性質を自然に説明できるため、近年ますます注目を浴びている。

この研究で取り扱った連星白色矮星の合体は、強磁場高速回転白色矮星だけでなく強磁場中性子星を形成する可能性も高い。後者の可能性に着目し、榎山氏は 2016 年以降、強磁場中性子星起源の突発天体の統一的な理論的枠組みを構築し、様々な突発天体現象に応用し重要な研究成果を挙げてきた。Kashiyama et al. (2016, ApJ, 818, 94) において、形成直後の原始中性子星からの磁気回転駆動風における動力学と電磁波放射を首尾一貫した手法で計算する理論モデルを構築し、ガンマ線バースト、超高輝度超新星、極超新星、通常の重力崩壊型超新星を統一的に取り扱うことに成功した。そしてこの理論的枠組みを、強磁場中性子星に加えて、超高輝度超新星の起源になり得る高速回転パルサーおよび連星白色矮星合体後に形成される白色矮星パルサーにも応用し、これらの天体からの多波長電磁波を計算した (Murase, Kashiyama, & Meszaros 2016, MNRAS, 461, 1498)。この観測予言を基に、ガンマ線望遠鏡 MAGIC を軸とした多波長突発天体観測戦略が組まれるなど、榎山氏らの理論的枠組みの構築に端を発した一連の研究成果は世界的にも高く評価されている。

さらに榎山氏は上記で構築した理論的枠組みを、初めて母銀河が特定された反復する Fast Radio Burst である FRB 121102 に応用した。そして観測を矛盾なく説明するためには、中心エンジンが 10^{13}G 程度の磁場強度を持ち、約 1ms の周期で高速回転している中性子星であることを示した。さらにこの中性子星は約 100 年前に形成され、その際には超高輝度超新星が起きていたはずであるという結論を得た (Kashiyama & Murase 2017, ApJL, 893, L3)。この研究は、Fast Radio Burst の観測データから、中性子星の物理パラメーターと超新星爆発の具体的なタイプにまで初めて言及したものであり、今後の観測データの理論的解釈と多波長観測戦略に関しての道筋を示した、極めて先駆的な成果である。

このように、榎山氏は理論研究のみならず観測の解釈から予言に至るまで、突発天体現象に関して世界的な研究成果を数多く挙げてきた。榎山氏らにより構築された突発天体の理論的枠組みは今後の発展性も高く、これからの高エネルギー天文学の発展にも大いに貢献するものと期待できる。

以上の理由により、榎山和己氏に 2019 年度日本天文学会研究奨励賞を授与する。

2019 年度日本天文学会研究奨励賞

平野信吾 (ヒラノ シンゴ)

現職：九州大学理学研究院地球惑星科学部門・日本学術振興会特別研究員

受賞対象となる研究：

「大規模数値シミュレーションによる宇宙初期の星およびブラックホール形成過程の研究」

宇宙最初に誕生する初代星は宇宙再電離や重元素の源と考えられており、その形成過程や典型的質量を明らかにすることは現代天文学の重要課題の一つである。初代星の形成過程に関する研究では、これまで第一原理的な理論研究が精力的に進められてきた。しかし、様々な観測の解釈や初期の宇宙進化の理解のために重要となる星の質量分布、すなわち初期質量関数は依然不明であった。従来の研究では、星形成は高々数例ほどのガス雲について主系列星が誕生する迄の進化が追跡されていたに過ぎず、星質量分布を導く系統的な研究は行われていなかった。平野氏は星形成過程の環境依存性に着目し、スーパーコンピューターを用いて多数の始原ガス雲に対する初代星形成シミュレーションを実施することにより、初代星が幅広い質量分布を持つことを初めて示した。現実的な宇宙論的設定に基づく一連の計算により、様々な環境の下で誕生する初代星の特徴が理論的に示された。

平野氏は始めに、大領域を設定した宇宙論的流体シミュレーションを行って 110 個の始原ガス雲サンプルを作り、その中で生まれる初代星について、重力収縮期および前主系列星の段階から主系列に至るまでの進化過程を詳細に追った。その結果、初代星質量が太陽質量の 10-1000 倍と幅広い値をとることを示した (Hirano et al. 2014, *ApJ*, 781, 60)。星の質量は原始星への質量降着率の積分として得られるが、その降着率が始原ガス雲の性質に依存することを見出し、ガス雲の温度や密度、回転速度から星質量を与える相関式を導いた。この相関式により、母体となる始原ガス雲の物理量から最終的に誕生する星質量を見積もることが可能となった。この Hirano et al. (2014)は、これまでに初代銀河シミュレーションや銀河考古学など多くの研究に幅広く引用され、非常に著名な論文となっている。

平野氏はこの研究を発展させて、さらに大規模な宇宙論的シミュレーションから 1540 例にも及ぶ始原ガス雲サンプルを構築した (Hirano et al. 2015, *MNRAS*, 448, 568)。宇宙最初期だけではなく、宇宙再電離が進行し、紫外背景放射がある場合の始原ガス雲の形成と進化、その中で誕生する初代星の特徴を明らかにした。1540 例の計算結果に対し、自身の導いた相関式を適用することで統計的に求められた幅広い質量分布は、近年次々と発見されている極低金属量星の分光観測から推定される親星初代星の質量分布を説明することに使われている。さらに、質量分布そのものに形成過程のさまざまな情報が刻み込まれていることも指摘した。例えば主要な化学反応や放射冷却過程が異なる始原ガス雲のグループが二つ存在し、それに応じて質量分布に二つの山が現れることが示された。このように、一口に初代星といっても、母体となる始原ガス雲の性質によって形成過程や星質量が大きく異なり、初代星に多様性とその物理的起源があることは、平野氏が膨大な数のシミュレーションを詳細に解析することによって初めて得られた知見である。

さらに平野氏は研究の幅を広げ、遠方宇宙に見つかっている超大質量ブラックホール(BH)の起源の問題に取り組んだ。これまで考えられてきた大質量 BH の形成モデルでは、宇宙年齢数億年という早期に太陽の数十

億倍にもなる超大質量 BH が存在することを自然に説明することが出来ず、いずれのモデルも何らかの物理機構の仮定を必要としていた。平野氏は、宇宙の晴れ上がり期に残された超音速ガス流の影響に着目し、ガス流速の大きな領域では星形成が阻害され、数万太陽質量にまでガス雲が成長した後に初代星が形成されることを示した。宇宙論的シミュレーションにより巨大ガス雲中での初代星形成を直接確かめ、最終的には 34,000 太陽質量の初代星が誕生し、直後に重力崩壊を起こして巨大ブラックホールが残されることを示した (Hirano et al. 2017, *Science*, 357, 1375)。これまで何らかの仮定を置かなければ説明できなかった超大質量星およびブラックホールの形成が、初期宇宙の特定の領域で自然に起こるといふ、これまでに考えられていなかった新たな道筋を提供した。

このように平野氏の近年の業績は、宇宙初期の星形成および大質量ブラックホール形成過程についての理解を大きく前進させるものであり、天文学に大きく寄与する。世界的な評価も高く、平野氏がこの分野を牽引する代表的な若手研究者であることは明らかである。

以上の理由により、平野信吾氏に 2019 年度日本天文学会研究奨励賞を授与する。

2019 年度日本天文学会天文教育普及賞

【受賞者】 藤井 旭(ふじい あきら)

【活動名】 天文台創設・著作・天文行事主導等、多岐にわたる天文学の教育普及

藤井旭氏は、1969年に星仲間たちと共同で栃木県と福島県境に広がる那須高原の一角に白河天体観測所、また1995年に南半球のオーストラリアにもチロ天文台をつくり、北半球のみならず南半球の星空の美しさを紹介し、多くの星好きを育てた。

著作には、『天体写真の写し方』(誠文堂新光社・1970年)、『透視版 星座アルバム』(誠文堂新光社・1972年)、『星になったチロ』(ポプラ社・1984年)、『星が光る星座早見』(偕成社・1995年)、『白河天体観測所物語』(誠文堂新光社・2015年)など、天体写真入門書、写真集、図鑑、天体観察入門書・ガイドブック、エッセイなどの多岐にわたる四百冊にも及ぶ著書がある。これから星空を見てみようとする初心者を考慮した構成、天文宇宙への親近感を感じさせる独特のイラストにはファンも多い。さらに、星空観察を通じて自然の美しさや星を通じた交流の大切さを語り、読書感想文コンクール課題図書になるなど、天文宇宙への関心を高めた。

特に天体写真の分野では、星雲や星団などの天体写真の撮影技術の開発や実践を行い、独自の表現方法を用い、恒星の色を引き立たせるためのディフュージョン・フィルターを用いた美しい作風において、天文に興味のない人々も含め多くの人を魅了した。また、星座写真と透明シートを組み合わせることで、星や星座を見つけやすくする工夫なども開発した。このことは、星空で星座を探してみようという意欲にもつながり、星空を見ることの楽しさを伝えてきた。さらに、天体写真撮影に興味を持つ人向けには、その手法に関する記事や書籍を公開し、多くのハイレベルな天文アマチュアを生み出していった。また、天文雑誌への寄稿も半世紀以上におよび、自身の撮影写真を天文普及の目的で提供するなど、天文教育への多くの協力をおこなっている。

さらに日本の星まつりの草分け的存在とも言える「星空への招待」を作り上げた一人であり、ハレー彗星キャラバンなど一般の人々が参加することができる天文行事を主導していった。その後の星祭りブームをつくったとも言え、その活動は国際的に知られている。

以上天文普及に対し長期・多岐にわたる多大な功績があることから、藤井旭氏に2019年度日本天文学会天文教育普及賞を授与する。

2019 年度日本天文学会天文教育普及賞

【受賞団体】 学校法人 駿台学園
駿台学園中学校・高等学校 東京都北区王子

【活動名】 駿台天文講座を中心とした長期にわたる天文学の教育普及

学校法人駿台学園は、1932年、東京都千代田区の神田駿河台で創立され、その後1963年に、東京都北区王子に駿台学園中学校・高等学校を移設開校した。以来、地域に開かれた教育活動を推進してきた。

1966年に開講された「駿台天文講座」は、学園の特色ある教育活動として、一般市民に開かれた無料の講座である。開講以来ほぼ毎月開催され、53年を経た2019年12月には645回を数えた。講師は現職の天文学者を中心としつつも、天文アマチュア、研究者、天文教育者など各界の人々を招き、幅広い話題を提供してきた。100回、200回、…、500回、20周年、40周年、など記念の講座では、村山定男氏（国立科学博物館理化学部長）・マニユエル・バウムバート博士（国際天文学連合副会長）・小田 稔博士（理化学研究所理事長）・小平 桂一博士（国立天文台長）・尾崎 洋二博士（日本天文学会会長）・小柴 昌俊博士（ノーベル物理学賞受賞・東京大学特別荣誉教授）などが登壇され、パネルディスカッションなども開かれた。（括弧内は講演当時の肩書）。

開講当初の時期は、一般の人が第一線の天文学者の講演を聴く機会も非常に少なく、社会と天文学者の貴重なふれあいの場となった。受講者数は、開講以来53年間の累計延べ4万人近くにもなっている。「駿台天文講座」では、1978年から年間12回のうち11回以上を受講した人に精励賞を出しているが、40年間で945名がこの賞を受賞されている。うち、受賞20回を超える人が3名もおり、これらの数字は、この講座がいかに人々に親しまれているかを物語っている。

月に1回の上記月例天文講座（晴天時には天体観望会も実施）のほかに、北軽井沢林間施設と75cm望遠鏡を利用した「夏季天文講座」をはじめとした講座や、講習会、ものづくり講座なども実施されている。さらに2010年からは、子供向けの「ジュニア天文講座」を新たに開講し、天文分野の裾野を広げる活動にも寄与している。

以上駿台学園は半世紀を超える長期にわたり、多くの人を引きつける講座を中心とした多彩な活動で天文学の広報普及を実施してきており、その功績を称え、2019年度日本天文学会天文教育普及賞を授与する。

2019年度 日本天文学会天文功労賞（長期部門）

広沢 憲治（ひろさわ けんじ）氏

件名：「50年にわたる変光星の観測及び観測支援活動」

広沢憲治氏は小中学校の教員を勤めながら、長年にわたりアマチュアとして変光星の観測に取り組んで来た。その開始は1970年まで遡り、日本変光星観測者連盟 VSOLJ のデータベースでは、2019年末までで22万を超える広沢氏のデータが公開されている。観測対象は激変星やミラ型変光星、こと座 RR 型変光星など多岐にわたり、永く日本国内のアマチュア変光星観測をリードしてきた。

他者の観測支援活動も1970年代から取り組んでおり、情報の流通が少なかった当時、自ら収集した情報や寄せられたものを適切に配布・公開する重要な役割を積極的に果たした。例えば、発見された新星の確認観測を行ない、その情報を自ら作成した観測用星図とともに日本変光星研究会の変光星速報としてハガキや封書で会員に送付したり、日本人アマチュアの観測データを IAU CBAT（国際天文学連合天文電報中央局）に送付したりといった活動を続けている。

変光星の動向を広く普及するために、1977年からは月刊天文ガイド誌に変光星の近況報告を掲載し、現在も継続している。この記事では、観測に興味を持った方の質問に答えるために、住所やメールアドレスなどを公開し、丁寧なやり取りを行なっている。各種の会合などで初心者への指導をし、その観測結果をとりまとめて VSOLJ に報告もしている。

時代に合わせて形を変えながら、広沢氏の普及活動はさらに広がってきた。1990年代にはそれまでの日本の変光星観測をデータベース化するプロジェクトが始まり、企画の推進に尽力するとともにデータの入力などの実作業も行ない、現在も古いデータのチェックを行うなど、多大な貢献を果たした。また、アマチュアにも入手しやすいデジタルカメラでの変光星観測に早い段階で取り組んで実績を示し、デジカメの観測への使用にはずみをつけた。

組織的な活動としては、東亜天文学会の変光星課長や日本変光星研究会の事務局も永く務めてきている。特に、毎年600星以上のミラ型変光星や半規則型変光星の極大予報を作成して公開し、観測を奨励していることは特筆に値する。これらの天体は不規則要素が多く極大日の予報が難しいが、その予報の精度維持に努めている。

以上のように、広沢氏による50年にわたる変光星の観測と観測支援の功績は、本会天文功労賞（長期部門）の受賞に十分値するものと考え、ここに表彰する。

参考文献

- (1) 広沢憲治, ミラ型極大予報 http://nhk.mirahouse.jp/mira_prediction/index.html

2019 年度 日本天文学会天文功労賞（短期部門）

早水 勉（はやみず つとむ）氏

件名：「活動的小惑星ファエトンによる掩蔽観測キャンペーンの主導」

早水勉氏は、2019年8月22日(JST)未明に北海道函館周辺で予報された小惑星ファエトン((3200)Phaethon)による掩蔽(恒星食)を観測するため、プロ・アマ総勢31名が16地点に展開して行われた大規模な観測キャンペーンで主導的役割を果たした。ファエトンは、近日点距離0.14au, 離心率0.9, 軌道傾斜角 22° , 軌道周期1.4年の特異な軌道を持つ「ふたご座流星群」の母天体として古くから知られている小惑星であるが、太陽観測衛星により近日点通過付近で彗星活動が検出され、活動的小惑星であることが近年判明した。JAXA・深宇宙探査技術実証機「DESTINY+」のフライバイ・ターゲット天体となったファエトンの直径は、6.2km(アレシボ・レーダー)から5.1km(赤外線天文衛星 NEOWISE)と約1kmもの隔たりがあり、サイズ決定が重要な課題となっていた。メインベルト小惑星に比較して微小な地球接近小惑星による恒星食を観測することはこれまで困難であったが、ファエトンの軌道決定精度の向上と天文衛星 GAIA による恒星の位置精度向上により、国内外での観測が立案された。

早水氏は、国内の掩蔽観測経験を持つアマチュア観測チームの結成から、国際掩蔽観測者協会(IOTA), JPL/NASA, サウスウエスト研究所(SwRI)などの国際チームからの情報を元にした国内予報のアップデート, 現地での人員布陣, 観測データ集約まで中心的役割を果たした。8月22日の函館での観測は曇天に阻まれたが、この時に結成されたチームで再挑戦した10月16日の山形・宮城での観測では、11.5等級の恒星が0.2秒間減光するという掩蔽観測では大変難しい観測を成功に導いた。日本からの問いかけで実施された北米でも観測が成功し、これらの観測結果から精度の高い推定直径が発表される予定である。

早水氏による活動的小惑星ファエトン観測キャンペーンの主導に対する功績は、本会天文功労賞(短期部門)の受賞に十分値するものと考え、ここに表彰する。

参考文献

- (1) 早水勉, “あと一歩! 雲にさえぎられたファエトン”, アストロアーツ (2019年8月27日). https://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/10808_phaethon
- (2) 早水勉, “再挑戦で雪辱, ファエトンによる恒星食の観測に成功”, アストロアーツ (2019年10月23日). https://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/10905_phaethon
- (3) 早水勉, “小惑星ファエトンを追え! JAXA DESTINY+ミッションの挑戦”, 月刊星ナビ 2019年11月号.
- (4) 千葉工業大学惑星探査研究センター・ブログ (2019年9月17日) <http://www.perc.it-chiba.ac.jp/blogs/4403>