

## 2025 年度日本天文学会林忠四郎賞

氏 名： 大向 一行 (おおむかい かずゆき)

現 職： 東北大学 教授

受賞対象題目： 初代天体形成過程の理論的研究

Theoretical Study of the Formation of First Cosmic Objects

大向一行氏は、初代星の形成論および超低金属環境下での星形成論において、世界をリードする卓越した成果を挙げてきた。大向氏は、基礎物理学に基づく理論的な研究により、初代星が典型的に数十から数百太陽質量に達する大質量星として形成されること、また、ガス雲の金属量が太陽組成の約十万分の一を超えると、形成される星が低質量星へと遷移することを明らかにした。さらに、強い紫外線を受ける始原組成ガス雲においては、太陽質量の十万倍に達する超大質量星が形成され、その崩壊によって超巨大ブラックホールの種となりうるブラックホールが誕生することを示唆した。このように大向氏は、現代の初代天体形成論の標準的枠組みを築き上げ、初期宇宙における天体形成史の解明に多大な貢献をなしている。

星が形成される過程は、ガス雲の重力崩壊によって原始星が形成される前期段階と、原始星がガス降着により質量を獲得する後期段階に分けられる。大向氏は、初代星形成の前期段階において、1次元球対称のもとでガス雲の動的崩壊を計算し、密度が20桁近く増加する過程を通じて約百分の一太陽質量の原始星が誕生することを明らかにした (Omukai & Nishi 1998 2026年1月13日NASA/ADSで引用307回)。重要となる化学反応と加熱冷却過程を、余すことなく取り入れた計算を初めて実現したことで得られた成果である。さらに大向氏は、後期段階についても星の内部構造を解く進化計算を行い、原始星が主系列星へと至る過程を明らかにした (Omukai & Palla 2001 引用145回; 2003 引用331回)。ここで得られた原始星の光度と放射温度に関する知見は、その後の初代星形成の多次元シミュレーション (例えばHosokawa et al. 2011; Sugimura et al. 2020) や宇宙論的シミュレーション (Hirano et al. 2014, 2015) に反映され、初代星が典型的に数十から数百太陽質量に及ぶ大質量星として形成されるという結果の確立に寄与した。こうして大向氏は、現在も広く受け入れられている初代星形成の標準的な描像の形成に大きく貢献した。

さらに大向氏は、星間ガスの金属量が星形成過程に重要な影響を及ぼすことにいち早く着目し、星の初期質量関数 (IMF) の宇宙論的進化の理論的基盤を開拓した。詳細な化学反応ネットワークと加熱冷却過程を同時に解くことで、崩壊するガス雲の中心部の温度と密度の関係を求めた。その結果、金属量が太陽組成の $10^{-5}$ 程度を上回るとダスト冷却に起因する分裂が促進され、太陽質量以下の低質量星が形成可能になることを示した (Omukai 2000 引用300回; Omukai et al. 2005 引用477回)。大向氏は、金属量の増加にともなって、IMFが大質量星主体のものから低質量星が多数を占めるものへと緩やかに移行するという新たな描像を提案するなど、自身の理論をさらに発展させている (例えば、Chon, Omukai & Schneider 2021)。

大向氏は、初代星形成の枠組みを拡張することで、銀河中心の超巨大ブラックホールの起源についても重要な成果を挙げている。紫外線にさらされたガス雲から太陽質量の約10万倍に達する超大質量星が形成され、最終的にはほぼ同質量のブラックホールが誕生し得ることを示唆した。水素分子が破壊されて中性水素の放射冷却が主たる冷却機構となり、その結果として数千度の高温状態を維持したままガス雲の崩壊が進み、極めて急速な質量降着によって星質量が増大するという超大質量星の形成機構を明らかにしている (Omukai 2001 引用283回; Inayoshi, Omukai, & Tasker 2014)。超大質量星形成に伴って生じるブラック

ホールは、合体や降着を経て超巨大ブラックホールへと成長する可能性があり、大向氏の理論は初期宇宙における超巨大ブラックホール形成問題の解明に重要な寄与を果たしている。

以上のように大向氏は、初代星形成から超低金属星形成、さらには超巨大ブラックホールの起源に至るまで一貫した理論体系を築き、いずれの分野においても研究の方向性を決定づける重要な役割を果たしてきた。ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の稼働により初期宇宙の観測が本格化した現在、大向氏の理論は初期宇宙の天体形成史を理解する上で不可欠なものとなっており、その重要性は一段と高まっている。また大向氏は、世界の初代天体形成研究コミュニティを長年牽引し、多くの優れた研究者を育成するとともに、日本人研究者の国際的プレゼンス向上にも大きく貢献してきた。

以上の理由から、大向氏に対して、2025年度林忠四郎賞を授与することとした。