

## 2024 年度日本天文学会林忠四郎賞

氏 名： 井岡 邦仁 (いおか くにひと)

現 職： 京都大学 教授

受賞対象題目： 高エネルギー突発天体の理論的研究

Theoretical studies on high-energy transients

井岡邦仁氏は、ガンマ線バースト (GRB) や高速電波バースト (FRB) に代表される宇宙最大の突発天体の研究を中心とした高エネルギー宇宙物理学の分野において、世界をリードする重要な研究成果を数多く挙げてきた。特に、GRB の off-axis モデル、FRB を用いた宇宙論、そして GRB の中心エンジンの長時間活動等について、極めて独創的な研究を行ってきた。井岡氏の理論研究は観測的にも数多く検証されており、高エネルギー宇宙物理学に加えてマルチメッセンジャー天文学の発展に多大な貢献をしている。

井岡氏は、長年に渡って GRB の理論研究を牽引し世界トップの業績を挙げてきた。GRB は宇宙で最も明るい突発的電磁波現象が起こる天体で、ローレンツ因子が 100 を超える相対論的ジェットから強光度のガンマ線が放出される。この四半世紀の間に観測の進展とともに GRB の研究は急速に発展し、今やマルチメッセンジャー天文学ばかりでなく、天文学や物理学の様々なテーマにまたがる大変大きな分野になっている。井岡氏はこの GRB 研究の発展に大きく貢献してきた。その一つに、GRB からのガンマ線が特定方向にジェット状に放射する可能性に関して、最も早い時期にいわゆる off-axis モデルを提唱した。井岡氏らは、地球に届くジェットがその中心から様々な角度を向いて観測される点に注目し、その光度やスペクトル等の観測量が見る角度によってどのような依存性があるかを世界に先駆けて解析し、観測量間の相関をうまく説明することに成功した (Ioka & Nakamura 2001, ApJ, 554, L163)。

井岡氏は、この off-axis モデルに基づいて、GRB の多様性の統一的理解、ならびに重力波の電磁波対応天体の理解に関して重要な貢献をしてきた。前者では、GRB を大きな角度から見ると X 線で輝くバーストになり、X 線フラッシュとよばれる現象が説明できることを示し、代表的モデルのひとつとして世界的に評価されている (Yamazaki, Ioka & Nakamura 2002, ApJ, 571, L31)。後者では、2017 年に連星中性子星合体 (GW170817) に付随して観測された GRB が、井岡氏らが提案した off-axis モデルによって自然に説明できることを示し、この重力波電磁波対応天体の標準的なモデルとして広く受け入れられている (Ioka & Nakamura 2018, PTEP, 043E02; Ioka & Nakamura 2019, MNRAS, 487, 4884)。これらの研究成果は、井岡氏の当該分野におけるこれまでの研究の蓄積が基盤となっており、現在のマルチメッセンジャー天文学の時代において大きく結実したと言える。

井岡氏はさらに、GRB においていわゆる分散量度 (dispersion measure) を用いて、宇宙におけるバリオン密度や再電離の歴史を決定できることを示した (Ioka 2003, ApJ, 598, L79)。分散量度とはプラズマ中にある自由電子の柱密度であり、この中を伝わる電磁波到達の遅延時間測定によって決定できる。これまで銀河系内のパルサーなどから分散量度が測られてきたが、井岡氏はこれを宇宙全体に適用できることを提案した。特に、宇宙におけるバリオンの総量に対する制限に有効な方法であり、その重要性から既にこれまで 236 回の被引用がある (NASA/ADS) (なお、同時期に井上進氏によっても独立に同様の手法が提案され、両者の論文が共に引用されてきた)。その後、この宇宙の分散量度は、電波突発天体の中で最も輝度の高い謎の天体である FRB に対して実際に測定された。最近では、数十個の FRB で母銀河が同定されたものに対して、観測された分散量度と赤方偏移が井岡氏の提案した関係式と整合的であることが

わかってきており、これは宇宙のバリオンにはミッシングなものはないということを示唆している。FRB 自体の放射モデルに関する研究も含めて、井岡氏はこのように当該分野において非常にインパクトの高い研究論文を発表してきた。

井岡氏は、GRB の中心エンジンの長時間活動についても重要な理論予言を行っている。定説モデルでは GRB の残光現象の時間変動がバーストから経過した時間より短いことを示し、もしこれを破る時間変動が観測された場合は、中心エンジンの活動が続いている証拠になることを指摘した (Ioka, Kobayashi & Zhang 2005, ApJ, 631, 429)。これはその後 Swift 衛星による観測で実際に発見され、すなわち井岡氏が発表したように中心エンジンは数秒ではなく数日も活動していることが明らかになった。井岡氏はさらに中心エンジンの長時間活動を説明できるブラックホールモデルの考察 (Kisaka & Ioka 2015, ApJ, 804, L16)、長時間活動からのキロノバにおける放射性崩壊以外のエネルギー源 (Matsumoto, Ioka, Kisaka & Nakar 2018, ApJ, 861, 55)、重力波イベント後の年スケールの X 線超過現象の観測可能性 (Ishizaki, Ioka & Kiuchi 2021, ApJ, 916, L13) 等の研究も行っている。

井岡氏は、GRB からの宇宙線加速と高エネルギーニュートリノ放射に関する先駆的な理論研究も発表しており (Murase, Ioka, Nagataki & Nakamura 2006, ApJ, 651, L5; -- 2008, PRD, 78, 023005; Murase & Ioka 2013, PRL, 111, 121102)、世界的に高く評価されている。

井岡氏は、これらの先駆的な理論研究の展開に加えて、多くの国内・国際会議を主催・共催してコミュニティに貢献している。また、様々な大規模実験、特に CTA (Cherenkov Telescope Array) と呼ばれる国際計画に対して理論家としてホワイトペーパーの準備や多くの研究会を企画してきた。さらに、KAGRA, DECIGO 計画, HiZ-GUNDAM 計画にも理論的な立場から貢献している。

このように、井岡氏は高エネルギー突発天体の理論研究において国際的に高く評価される研究成果を数多く挙げており、圧倒的な存在感をもっている。また、井岡氏の研究業績にはその指導力によって学生や若手研究員との共同研究も含まれており、日本の高エネルギー宇宙物理学を将来に渡って発展させる中心的な力となっている。

以上の理由から、井岡氏に対して、2024 年度林忠四郎賞を授与することとした。