

2020 年度日本天文学会林忠四郎賞

氏名：本間 希樹（ほんま まれき）：

現職：国立天文台 教授

授賞対象となる研究：超長基線電波干渉計に基づく銀河系構造の研究と巨大ブラックホール・シャドウ
撮像への貢献

Observational studies of the Milky Way structure and contributions to imaging
the shadow of a supermassive black hole with very long baseline interferometry

本間希樹氏は、超長基線電波干渉計（VLBI）によって、(1) 銀河系構造、および、(2) 巨大ブラックホールの観測研究を推進してきた。(1) では VERA を用いた世界最高精度の位置天文観測を主導し、銀河定数の精密決定や暗黒物質存在量への強い制限など、銀河系構造の根源に迫る成果を挙げた。(2) では世界的にもミリ波 VLBI 黎明期から日本でプロジェクトを立ち上げ、新しい電波干渉計超解像イメージング手法の開発・実用化などを通して、Event Horizon Telescope (EHT) による史上初のブラックホール・シャドウ直接撮影を成功させた。

本間氏は、極限精度で銀河系を測量する VERA プロジェクトに建設当初から中心的な役割を果たしてきた。2 ビームシステムの位相較正 (Honma et al. 2008a, 60, 935) や大気位相揺らぎの補正 (Honma et al. 2008b, 60, 951) などの開発により、銀河系外縁部の星形成領域 S269 のアストロメトリ観測において、年周視差による天体距離計測の当時の最遠方記録を達成した (Honma et al. 2007, PASJ, 59, 889)。本成果は長年の問題であった銀河系外縁部における flat rotation curve の存在を証明し、大量のダークマターが存在することを示した。その後も VERA プロジェクトを率い、2012 年には当時得られていた 52 天体のメーザー源の測量結果を統合することで、銀河系構造の最も基本パラメータである銀河定数（銀河系中心距離と銀河系回転角速度）を 5% という当時世界最高精度で制限することに成功した (Honma et al. 2012, PASJ, 64, 136)。これを含む VERA の成果は 3 度にわたる PASJ の VERA 特集号で発表されている。本間氏は VLBI 位置天文の第一人者である米国 M. Reid 氏と連名で ARA&A レビューを執筆するなど (Reid & Honma 2014, ARA&A, 52, 339)、国際的にも認知されている。これらの VERA の成果により、本間氏は平成 29 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰を受賞している。

2019 年 4 月、国際研究グループ EHT Collaboration が M 87 の中心にある巨大ブラックホールの姿を事象の地平面のスケールで初めて撮影することに成功した (EHT Collaboration et al. 2019, ApJL, 875, L1)。本撮影は観測波長 1 mm 帯の短ミリ波を用いた地球サイズの VLBI 観測によって実現されたものである。得られた画像において、その中心に位置する事象の地平面の存在により作り出す影（ブラックホール・シャドウ）が初めて検出され、ブラックホールの存在のさらなる証拠となった。さらに M 87 銀河の中心に巨大ブラックホールが存在し、それが活動銀河の駆動源となっていることが明らかになった。この成果は、ブラックホール時空および降着流やジェットをブラックホールのごく近傍を撮像することで探ることができる新しい方法論を切り開いた。本成果に関して、本間氏は以下に示すように重要かつ本質的な役割を果たしてきた。

本間氏は日本においてブラックホール撮影に挑戦する研究グループを 2008 年に立ち上げた。初期には国立天文台が有する南米チリの電波望遠鏡 ASTE を用いて、S. Doeleman 氏が率いる米国の望遠鏡とともに観測波長 1mm 帯では史上初の大陸間の観測実験を行い、EHT プロジェクト及びその観測網の国際化に

貢献した。以後、現在に至るまで 10 年以上にわたり、日本の代表として国内の関連研究グループ及び EHT の海外研究機関との国際協力を牽引してきた。2010 年代に南米チリの ALMA 望遠鏡の建設が進むと、ALMA を EHT の観測局として用いるための装置開発及び搭載を行う米国主導の ALMA Phasing Project (APP) を国際協力で行った。その際、本間氏は日本が分担した ALMA の信号の光伝送装置の作成を主導し、また自らチームを率いて評価及び設置を行い実用化した。2017 年の EHT の観測網の完成に伴って設立された EHT Collaboration では理事を勤め、引き続き国際プロジェクトを牽引するとともに、画像化作業班などにおいても活発な研究者の一人として主導的な役割を果たしている。

EHT プロジェクトによるブラックホール・シャドウ観測における本間氏の最も大きな貢献は、新しい超解像度画像化技術の開拓にある。従来の電波干渉計の画像化には、長年 CLEAN 法が用いられてきた。しかし、これでは EHT が目指すブラックホール・シャドウの撮像には不十分となる可能性があったため、観測データから最大限に情報を引き出すスパースモデリングの方法を画像化に適用した。本間氏は、池田思朗氏をはじめとしたデータ科学分野の研究者との共同研究を通じてこの方法をいち早く電波干渉計のイメージングに本格的に導入し、その効果をモデリングによって実証した (Honma et al. 2014, PASJ, 66, 95)。この先進的方法は、M87 のブラックホール・シャドウ撮像においても、EHT 向けに開発された画像化技術の 1 つとして国際チームで用いられ、撮像結果の信頼性を高め史上初のブラックホール・シャドウの撮像を成功に導いた (EHT Collaboration et al. 2019, ApJL, 875, L4)。この成果は、本間氏の独創性とリーダーシップが大きく寄与しており、高く評価される。また、このスパースモデリングは、電波干渉計技術の世界的な教科書である“Interferometry and Synthesis in Radio Astronomy” (Springer 社) にも、観測研究の新たな可能性を切り開く技術として取り上げられている。

本間氏は、現在までに査読論文は全 205 編 (総引用数 8961 件、2020 年 11 月 4 日現在、ADS 調べ) の業績を挙げ、個人としてのみならず、国内外の VLBI コミュニティを牽引するリーダーとして活躍している。VERA による銀河系構造の観測的研究とともに、ミリ波 VLBI 黎明期にいち早く日本国内のプロジェクトを立ち上げ、新しい画像化技術を分野間協力で導入し、ブラックホール・シャドウの撮影成功に導いたことは、高く評価される。また、これらを通して、多くの若手研究者を育て、国内外のネットワークの形成にも貢献した。このように、本間氏は VLBI を基本として国際的に評価される研究成果を挙げ、わが国の天文学の発展に大きく貢献してきている。

以上の理由から、本間氏に対して、2020 年度林忠四郎賞を授与することとした。

2020 年度日本天文学会欧文研究報告論文賞

論文題目：Cosmology from cosmic shear power spectra with Subaru Hyper Suprime-Cam first-year data

著者名：Chiaki Hikage (日影千秋), Masamune Oguri, Takashi Hamana, Surhud More, Rachel Mandelbaum, Masahiro Takada, Fabian Köhlinger, Hironao Miyatake, Atsushi J Nishizawa, Hiroaki Aihara, Robert Armstrong, James Bosch, Jean Coupon, Anne Ducout, Paul Ho, Bau-Ching Hsieh, Yutaka Komiyama, François Lanusse, Alexie Leauthaud, Robert H Lupton, Elinor Medezinski, Sogo Mineo, Shoken Miyama, Satoshi Miyazaki, Ryoma Murata, Hitoshi Murayama, Masato Shirasaki, Cristóbal Sifón, Melanie Simet, Joshua Speagle, David N Spergel, Michael A Strauss, Naoshi Sugiyama, Masayuki Tanaka, Yousuke Utsumi, Shiang-Yu Wang, and Yoshihiko Yamada

出版年等：Vol. 71, No. 2, article id. 43 (2019)

超広視野主焦点カメラ Hyper Suprime-Cam (HSC) によるすばる戦略枠観測サーベイ (HSC-SSP) は、日本、プリンストン大学、台湾の国際共同研究で、2014 年から開始し、現在も進行中である。HSC-SSP のデータは、すばる望遠鏡の大口径、広視野、またシャープな画像を提供する高い結像性能を活かし、宇宙の大規模構造による遠方銀河像の弱い重力レンズ効果（以後、コスミックシア）を高精度に測定することを可能とした。本論文は、HSC-SSP のキーププロジェクトの一つであるコスミックシア研究において、HSC-SSP の初期データから得られた約 1000 万個の銀河像の測定と、各々の銀河への測光的赤方偏移を組み合わせ、コスミックシア効果の赤方偏移の依存性（時間進化）を解析したものである。

重力レンズ効果は、電磁波では直接観測できない宇宙構造のダークマターの総量と空間分布を観測する強力な手段である。この論文では、このコスミックシアの統計観測量と宇宙の標準模型である Λ CDM モデルとの比較から宇宙論パラメータを推定し、特に宇宙のダークマターの総量 (Ω_m) および宇宙のゆらぎの振幅 (σ_8) を 3.6% の高精度で推定することに成功した。特にこの研究では、素粒子実験などで用いられているブラインド解析を行い、宇宙論パラメータの推定値が既知の結果によってバイアスされないよう、その客観性を確保し信頼性を向上させた。この論文で得られた結果は、他の欧米の重力レンズサーベイの結果とは良い一致を示す一方で、欧州の宇宙背景放射探査機 Planck が示唆する値とは 2σ 程度のズレを示唆しており、 Λ CDM 模型を超える新しい物理の可能性を含めて、議論を巻き起こしている。

この論文は、https://academic.oup.com/pasj/pages/high_impact_articles_from_pasj に示されるように、近年の PASJ 論文のなかで“MOST DISCUSSED”論文としてリストされている。また、論文の出版から 2 年未満であるにも関わらず、すでに 190 件の引用数（2020 年 12 月 6 日時点）があり、注目度が高いことは明らかである。この論文の成果は、すばる HSC の威力を最大限活用したインパクトの高いものとなっている。

このように本論文は、観測的宇宙論の研究に新たな展開をもたらし、その波及効果が今後も見込まれる研究となっている。

以上の理由により、本論文に 2020 年度日本天文学会欧文研究報告論文賞を授与する。

2020 年度日本天文学会欧文研究報告論文賞

論文題目：Mass constraint for a planet in a protoplanetary disk from the gap width

著者名：Kazuhiro D. Kanagawa (金川和弘), Takayuki Muto, Hidekazu Tanaka, Takayuki Tanigawa, Taku Takeuchi, Takashi Tsukagoshi, Munetake Momose

出版年等：Vol. 68, No. 3, article id. 43 (2016)

本論文は、ALMA 長基線科学試験観測によって発見された HL Tau 周囲の原始惑星系円盤におけるリング・ギャップ構造に対して、同じ主著者によって世界に先駆けて提唱された、惑星重力によって形成されたギャップの深さのモデルを適用し、ギャップに存在する可能性がある惑星の質量を推定したものである。本論文の被引用数は NASA/ADS によると 2020 年 12 月 8 日の時点で 57 件である。

惑星によって原始惑星系円盤にギャップ構造ができる可能性は 1980 年代から指摘されていたが、円盤と惑星の間の角運動量交換の問題は難しく、従来の古典的理論モデルは流体シミュレーションの結果を説明できないことが分かってきた (Kanagawa et al. 2015, MNRAS, 448, 994 など)。一方で、ALMA の観測によって多くの原始惑星系円盤はリング・ギャップ構造を持つことが分かってきて、この問題に世界的に関心が集まっていた。リング・ギャップ構造の成因については可能なメカニズムがいくつも提案されているが、有力な説のひとつは、そこに存在している惑星による重力摂動である。円盤のリング・ギャップ構造の観測は、円盤の中で惑星形成途上にある系外惑星自身の観測に比べて容易であり、系外惑星検出の手段としても期待されている。Kanagawa et al. (2015, ApJL, 806, L15) は、流体シミュレーション結果をもとに、ギャップの深さと惑星質量・円盤温度・円盤粘性の間の関係を定量化した簡潔なモデルを世界に先駆けて提唱した。本論文はこの研究を進展させ、ギャップの幅と惑星質量・円盤温度・円盤粘性をつなぐ関係式を求め、HL Tau 周囲の円盤で実際に観測されている構造のうちの主要な 3 つのギャップ構造が惑星によるものであるとしたら、それぞれ 0.2~1.4 木星質量程度の惑星が存在していることになると推定した。本論文は、高度な理論モデルと観測とをつなぐ関係を容易な公式として示すことで高解像度観測の解釈の一つの手法を示し、ALMA による系外惑星の形成現場の観測の可能性をも示すもので、大変に重要な研究であると考えられる。

以上の理由により、本論文に 2020 年度日本天文学会欧文研究報告論文賞を授与する。