第２７回大学女性協会守田科学研究奨励賞受賞者

川口 茜 博士(国立遺伝学研究所ゲノム・進化研究系 助教)

専門分野：発生・再生エピゲノム動態生物学

研究課題：三次元組織の再生能力を可能にするクロマチン制御機構の解明と器官再生研究への応用

研究業績

イモリの腕が失われても再生するように、器官を喪失した生物が、過不足なく元の構造を再構築する際、細胞はどのように自らの位置情報を「記憶」し、正確な再生を開始するのか。これは、発生・再生生物学における根本的かつ未解明のテーマである。この問いに対し、川口博士らはエピゲノム・クロマチン制御機構（DNA とヒストンタンパク質が結合した複合体の修飾による遺伝子発現制御）が細胞の位置記憶の実体であるという仮説を提唱し、その動態を包括的に解析してきた。

秀でた再生能力を持つアホロートル（メキシコサンショウウオ）は、成体でも四肢再生が可能であり、切断部位に応じて正確な構造を再構築する能力を示すことから、細胞レベルでの位置記憶機構の存在が強く示唆されてきた。博士らは、まず解析基盤の構築のため、ヒトゲノムの 10 倍サイズである 32Gb（Giga base pair）にも及ぶアホロートルの巨大ゲノムを、Hi-C (High-throughput chromosome conformation capture)技術により断片から染色体レベルへ構築することに成功した。この解析により、免疫関連遺伝子に重複があることや転移因子の拡散によってゲノムが巨大化したこと、また染色体高次構造やエンハンサー構造に哺乳類と共通性があることを明らかにした。また、この技術はハイギョや頭足類のゲノム解析にも応用され、進化的観点からの構造研究にも貢献した。

さらに博士らは、成体四肢各部位に固有のエピゲノム状態が保持されていること、再生に伴って再生特異的な機能性ゲノム領域（Regeneration Elements: RegEs）が活性化されることを発見した。RegEs の多くは転移因子由来配列であり、その活性化には JUN, FOS, MAF, RUNX など進化的に保存された転写因子群が関与していた。これらの因子群は他の再生生物種でも活性化されることから、再生は保存された制御ネットワークを文脈依存的に再利用する現象であることが示唆された。本研究は、再生生物学・クロマチン生物学・ゲノム進化学を統合する独創的アプローチにより、細胞の位置記憶と再生制御の分子基盤を明らかにするものであり、再生医学や進化発生学に本質的知見を提供する成果となった。

現在、川口博士はこれらの転写因子群ががん悪性化にも関与することに着目し、発生・再生・腫瘍化を連続的に捉えるクロマチン制御解析を進めている。また、鳥類やサメを含む比較解析により、転移因子が宿主の制御機構に組み込まれる進化的過程の解明にも取り組んでいる。

Kawaguchi A., Wang J. et al., *Dev Cell* (2024)より改変

第２７回大学女性協会守田科学研究奨励賞受賞者

小山翔子 博士(新潟大学大学院自然科学研究科数理物質科学系列・創生学部 助教)
専門分野：宇宙物理学
研究課題：国際ミリ波観測網で切り拓く巨大ブラックホール撮影の本質的貢献

研究業績

小山博士は、銀河の中心に存在する巨大ブラックホールと周辺から噴出するジェットの研究を進めてきた。1915 年にアインシュタインが一般相対性理論により強い重力場における時空の歪みを記述し、シュバルツシルトが方程式を解いたことでその存在は理論的に予言された。以降、電磁波の変動観測や重力波の検出など、約 100 年にわたりブラックホールが存在する証拠は集められてきた。ブラックホールは、その強い重力によって光さえ脱出できないため、本体を見ることはできない。しかし、周囲の光を背景とすれば、ブラックホールの影(シャドウ)が見えるはずだということは 40 年近く前から提案されてきた。ただし、これまでの観測装置では視力が不十分であり、このシャドウを視覚的に直接撮影するのは困難であった。

小山博士は、国際プロジェクト「イベント・ホライズン・テレスコープ(EHT: Event Horizon Telescope)」に参加し、地球規模の観測網を構築して、月面上のゴルフボールを見分けられるほどの史上最高の解像度でブラックホールシャドウを撮影する（図１）という歴史的成果に本質的な貢献をした。おとめ座銀河の中心に存在する M87 ブラックホールの初撮影では、観測データの画像化作業班において 4 チームの 1 つを率いて初期画像を作成した[1]。この観測において、CLEAN という標準的な方法でも画像中心部に黒い影を検出できたことで、ブラックホールシャドウの初撮影はさらに確固たるものとなった。また、一般相対論的効果を直接画像として捉えたことでブラックホール質量の推定も可能となった。翌年の観測でも EHT は同天体の撮影に成功し、ブラックホールの存在を裏付けた[2]。同時期に行われた国際ミリ波観測網 GMVA による独立な観測では、ブラックホール直近に存在すると考えられてきた降着円盤の初撮影に成功した[3]。2018 年から観測網にグリーンランド望遠鏡が加わったことにより画質が大幅に向上し、周囲のガスの動きに関する示唆も得られたが、博士はこの望遠鏡に搭載する装置の性能試験や試験観測にも貢献した。

現在は、EHT の高い視力を活かしたガンマ線放射天体の起源解明に取り組んでいる。2030 年代にミリ波望遠鏡を宇宙に打ち上げる BHEX プロジェクトにも参加しており、ブラックホール周辺のより鮮明な画像を得て、一般相対性理論の検証やガンマ線放射機構の解明を目指す国際プロジェクトにおいても、引き続き大きな貢献をすることが期待される。

図１ 国際ミリ波観測網・EHT 波長 1.3mm(左・中央)と GMVA 波長 3mm(右)で撮影されたおとめ座銀河 M87 中心部分のブラックホールシャドウの画像
Credit: EHT Collaboration, Lu *et al.* 2023

[1] Event Horizon Telescope Collaboration *et al.*, ***Astrophysical J.*** **875**, L4 (2019). [2] Event Horizon Telescope Collaboration *et al*. ***Astronomy & Astrophys.*** **681**, A79 (2024). [3] Lu, R-S. *et al.* ***Nature*** **616**, 686 (2023).