

井上リサーチアワード授賞理由

2024年12月

公益財団法人井上科学振興財団

第17回（2025年度）井上リサーチアワード

研究題目

光学と単一細胞計測の統合技術による細胞運命ダイナミクスの解明

受賞者

神元 健児（かみもと けんじ）大阪大学微生物病研究所・准教授

Dissecting cell fate dynamics by integrating optics and single-cell omics technology

職歴

2017年 東京大学分子細胞生物学研究所・特任助教

2017年 Washington University in St.Louis Postdoctoral Researcher

2018年 日本学術振興会 海外特別研究員

2022年 Washington University in St.Louis Senior Scientist

2024年 大阪大学微生物病研究所・招へい准教授

2024年 大阪大学微生物病研究所・准教授

授賞理由

多細胞生物の体を構成する多様な細胞は、どのように生じ、多細胞体を作り上げるのか。その発生・分化のメカニズムを解明することは生物学の根幹と言える。近年、分子や遺伝子の状態を単一細胞の解像度で網羅的に計測できる技術が発展している。しかし単なる計測に留まらず、得られた様々な計測値から細胞動態をモデル化し、生物現象の背後にあるメカニズムを理解することが重要である。そのような大規模データを統合解析する技術は、細胞の多次元計測データを全体のシステムの制御として理解するために欠かせない。また計算機内での超大規模探索を可能にし、再生医療、疾患治療、創薬研究に革新をもたらす技術として期待されている。

神元健児氏は、異なる種類の単一細胞オミクス技術やデータベースなどを統合して細胞の予測シミュレーターモデルを構築する技術の開発や、その技術を活用した発生研究・生体工学研究において、先導的な研究を展開してきた。

単一細胞オミクス計測は、測定のために細胞を破壊する必要がある、同一細胞の網羅的遺伝子変化を追跡するような計測が行えないという本質的な問題をもつ。スナップショットのデータから時系列情報を推論する情報解析が行われるが、時系列の推論には限界がある。

そこで本研究では、光学・大規模遺伝子計測・情報学を統合する新規技術に

より既存の計測の制約を解決し、「多数の分子の情報の計測」と「同一細胞の連続・時系列計測」を両立させる計測技術を開発する。侵襲性の低いイメージングによる生細胞のデータを入力として、対応する遺伝子パターンを出力する関数を得る。細胞を連続して詳細にリアルタイムでプロファイリングできる技術は、細胞動態のデータ駆動シミュレーションの鍵となり、多くの研究の基盤となる。また、制御工学的なリアルタイムでの細胞の解析と操作を可能にするため、生物と工学の異分野連携を促進させる基盤技術になることも大いに期待される。以上の理由から、神元氏を井上リサーチアワード受賞者として選定する。

第17回（2025年度）井上リサーチアワード

研究題目

胚細胞系列 *BRCA1/2* 変異保有者における乳癌発生メカニズムの解明

Elucidation of the mechanism of breast cancer development in *BRCA1/2* carriers

受賞者

西村 友美（にしむら ともみ）京都大学大学院医学研究科・客員研究員

職歴

2022年4月 京都大学大学院医学研究科・特定助教

2023年4月 社会福祉法人京都社会事業財団京都桂病院

2023年6月 京都大学大学院医学研究科・客員研究員

2024年5月 日本赤十字社福井赤十字病院外科・副部長

授賞理由

乳がんは、日本人女性における最も発生頻度の高いがんであり、罹患数や死亡数は増加傾向にある。また、発症年齢も40～50歳代と他のがんに較べて若年であることから、乳がんの早期発見や予防治療法の開発は社会的にも重要な課題である。西村友美氏は、乳がん組織とその周囲の非がん組織を対象に網羅的なゲノム解析を実施し、乳がん発生の重要なドライバー遺伝子変異とされる *der(1;16)* 転座が思春期前後の若齢期に起きており、正常乳腺組織内で多発的なクローン拡大をする過程で、その中の一部が発がんに至ることを発見した。この研究成果は、正常組織でのクローン拡大に端を発する、乳がんの初期発生機構の理解を大きく広げ、国際的に高く評価された。さらに、乳腺上皮の単一細胞ゲノム解析により、エストロゲン発現量の変化をとまなうライフイベントが、ゲノム変異の蓄積速度と相関することを明らかにし、乳がん発生に影響することを遺伝学的に証明した。

本研究では、乳がん発生のがん抑制遺伝子として知られる *BRCA1/2* に遺伝的に変異を保有する集団を対象に、同様のゲノム解析手法により乳がんの初期発生機構の解明を目指す。*BRCA1/2* はDNA修復酵素であり、その機能不全によるドライバー遺伝子変異の蓄積が乳がん発生の原因と考えられているが、初期発生機構については報告がなく未だ不明である。西村氏らの研究により、遺伝的な *BRCA1/2* 変異保有者に特有の、乳がん発生初期クローン進化が解明されれば、非侵襲的な診断予防戦略に重要な治験となり、社会的にも重要な成果とな

る。さらに、さまざまな遺伝性がん疾患の発がん機構の理解にも貢献し、がん研究を含む医学生物学領域に大きなインパクトを与えることが期待され、井上リサーチアワード受賞者として高く評価された。

第17回（2025年度）井上リサーチアワード

研究題目

効率的な薬剤送達を実現する生体内環境応答性コアセルベートの創製

Development of Bioenvironment-Responsive Coacervates for Efficient Drug Delivery

受賞者

東 小百合（ひがし さゆり）東海国立大学機構岐阜大学高等研究院・特任助教

職歴

2021年4月 岐阜大学大学院連合創薬医療情報研究科・特別協力研究員

2021年6月 ミュンスター大学・博士研究員

2023年4月 岐阜大学高等研究院・特任助教

受賞

2019年 日本化学会秋季事業 CSJ 化学フェスタ優秀ポスター発表賞

2020年 日本化学会秋季事業 CSJ 化学フェスタ優秀ポスター発表賞

2021年 岐阜大学卒業表彰（学長表彰）

2021年 井上研究奨励賞

2022年 日本化学会東海支部奨励賞

2024年 分子ロボティクス年次大会若手研究奨励賞

授賞理由

高度な治療ニーズを満たすため、疾患部位の必要な場所に適切なタイミングで薬剤を放出する薬物送達システム（Drug Delivery System: DDS）の研究開発が進められている。時間・場所を制御し、患部に適切に薬剤を投与することは薬剤の治癒効果を高めるだけでなく、副作用を軽減することが可能となる。DDS システムとして、標的細胞表面に異常発現した基質と高い親和性を示す抗体フラグメントを薬剤に修飾する手法や標的細胞周辺的环境因子をトリガーとして薬剤活性が発現する手法が広く研究されている。

東氏は、がん細胞周りの微小環境が低酸素環境となり還元反応が促進されることに着目し、還元反応で溶解するグルコサミンを原料としたヒドロゲルを開発するとともに、短鎖 DNA の自己集合により構築される還元応答性 DNA マイクロスフェアを見出している。これらの成果は DDS の多様性を広げ、がん治療をはじめとする薬剤治療分野に貢献するものである。

本研究提案においては、イオン性高分子が水溶液中で凝集することで形成される球状構造体（コアセルベート）に注目し、簡便かつ低コストで合成可能なコアセルベート構成分子を設計・構築することで、生体内環境に応じて薬剤放出するコアセルベートを開発する。生分解性ポリマー被覆による血液滞留性の向上の検討およびヒト細胞株における評価を計画しており、薬剤治療において一層の成果が期待される。

以上のように東氏は、生体内の環境に応じて薬剤を放出する独自の DDS システムを開発し、当該分野の発展に貢献している。簡便な合成手法を用いて低コストで作製できる DDS システムに焦点をあて研究を展開していることから、今後の波及効果が期待されるものであり、井上リサーチアワードに相応しいと判断される。

第17回（2025年度）井上リサーチアワード

研究題目

超高強度 7nm 集光 X 線レーザーによる X 線領域の高次非線形光学の開拓
Exploring high-order X-ray nonlinear optics using ultraintense 7nm focused X-ray laser

受賞者

山田 純平（やまだ じゅんぺい）大阪大学大学院工学研究科・助教

職歴

2019年4月 理化学研究所放射光科学研究センター・基礎科学特別研究員
2022年4月 理化学研究所放射光科学研究センター・客員研究員(兼務)
2022年4月 大阪大学大学院工学研究科附属精密工学研究センター・助教

受賞

2021年12月 井上研究奨励賞
2022年6月 Werner Meyer-Ilse Memorial Award 2020
2023年9月 精密工学会技術奨励賞
2024年1月 日本放射光学会奨励賞

授賞理由

自由電子レーザーは加速した電子ビームと電磁場の共鳴的な相互作用によってコヒーレントな電磁波を発生させるものであり、固体やガスを媒質につかうレーザーでは難しい波長である X 線のレーザー光も生成可能である。レーザー光は様々な実験や応用がなされてきた。近年、可視光レーザー技術は非線形光学の基盤となっているが、一方で X 線領域では可視光に比較して十分に高い光(電場)強度が得られていなかった。高強度の X 線を実現すれば、非線形分光・高強度場科学分野に、全く新しい方向からの実験環境が得られる。特に波長の短い硬 X 線では原子の内殻電子と直接的に相互作用するので、内殻電子の関わる現象の測定や、さらには電子の超高速現象の研究への応用期待できる。

山田純平氏は、日本の大型放射光施設(SPring-8)の X 線自由電子レーザー施設 SACLA (SPring-8 Angstrom Compact Free-electron Laser)において、X 線の極限集光を達成し、超高強度の X 線領域での高次非線形光学の開拓を推進した。山田氏らは、 7×7 nm の狭い領域に X 線を集光することに成功し、従来に比べて

2桁も高い、 10^{22} 乗 W/cm^2 という超高光強度を達成した。この X 線集光ミラーは山田氏らのグループの持つ最先端技術であり、実験技術を高く評価する。また上記のように今後の X 線非線形光学を可能ならしめる大きなインパクトのある成果である。さらに、山田氏らは高強度 X 線を用いてクロムや鉄のほぼ全ての K、L 殻電子が励起された「裸の原子核」状態の生成、内殻電子の励起に伴うジルコニウムの 2 光子吸収蛍光スペクトルのシフトの測定などを行った。

山田氏は更なる研究として、3 光子吸収過程の硬 X 線領域での測定や、可視光域でも目覚しい応用がなされているコヒーレントアンチストークスラマン散乱の X 線領域での実現といった高次の非線形光学現象を目指しており、成功すれば X 線領域での非線形光学に新たな展開をもたらすものと期待できる。

このように、X 線の極限集光を達成した技術、それを用いた非線形光学現象の研究は、当該分野の新たな発展をもたらすものであり、山田氏は井上リサーチアワード受賞に相応しいと判断された。