

宇宙生命科学研究の国際コンソーシアム設立 ～筑波大学開発の解析技術の世界で活用～

月や火星の有人探査や宇宙での長期滞在に向けた宇宙開発を進める上で、様々な生命科学分野の研究も不可欠です。これらの研究は、宇宙放射線や異なる重力環境に対する宇宙飛行士の順応や、長期滞在に伴う食糧生産などの課題解決に資するものです。また、骨密度の低下や筋の萎縮、代謝の変化など、地上で人体に起きる老化に関連した変化と類似した現象が宇宙で起きることが、宇宙飛行士や生物を対象とした研究で明らかにされており、生命科学研究にとって、宇宙研究は、地球での健康維持にも応用可能な、新しい分野として認識されつつあります。

このような研究には、各国の宇宙機関が主導する様々な実験の結果を集約・共有し、データを総合的に解析することが大切です。そこで、宇宙生命科学実験に携わる研究者が集まり、実験やデータ取得の方法を統一化するための国際的なコンソーシアム「International Standards for Space Omics Processing (宇宙オミックス解析の国際標準、ISSOP)」が結成されました。この組織には、米国、欧州をはじめ、日本も参加します。その中で筑波大学は、これまでゲノミクス解析分野での微量サンプルの解析技術や実験自動化を通してオミックス解析を先導しており、このようなデータを活用する日本国内の研究者の代表としての役割を担うとともに、これまでの宇宙生命科学の進展とISSOPの活動を紹介する総説を発表しました。ISSOPの枠組みを基盤として、国際的な研究者のネットワークによる精度の高いデータ解析が行われることで、深宇宙の有人探査を目指す研究のスピードアップが期待できます。

研究代表者

筑波大学医学医療系

トランスポーター医学研究センター

村谷 匡史 教授

国際コンソーシアム設立の背景

人類の宇宙進出には、ロケットや宇宙基地などのハードウェア開発に加え、宇宙放射線や地球上とは異なる重力環境が人体に及ぼす長期的な影響の理解と対策も重要です。例えば、国際宇宙ステーション (ISS) が周回する高度約 400km の比較的低軌道では、宇宙飛行士は地球磁気圏に守られていますが、月や火星に到達するまでには宇宙放射線への備えがより重要になります (Afshinnekoo E, et al. Cell. 2020)。ISS で宇宙飛行士が経験する無重力に近い環境では、さらに免疫系や代謝系の変化が起き、骨や筋も著しく衰えることが知られています。また、重力を感知する耳石器官をはじめとする神経系の調節にも変化が生じます。しかしながら、長期の宇宙旅行、月や火星での滞在がヒトの体や機能にどのような影響を及ぼすのかは、よく分かっていません。

ISS での実験や関連する地上実験では、宇宙飛行士や実験用生物から採取されるサンプルを詳しく解析することが必要です。その手法として注目されているのが、様々な分子生物学的、生化学的な情報を網羅的に収集し、データ解析を行う「オミックス」^{注1)}です。動植物や微生物に由来するゲノム情報、タンパク質、代謝産物などを生体組織の構造や細胞ごとに計測し、そこで得られた大量のデータをコンピューターや機械学習を用いて解析します。

日本でも、宇宙生命科学に関連する学会や、新学術領域研究「宇宙に生きる」^{注2)}の活動を通してオミックス解析が積極的に導入されてきました。とりわけ、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) と筑波大学が中心となって行ったマウス宇宙研究では、微量なサンプルのゲノム解析手法を開発しています。また筑波大学では、宇宙サンプルの処理を実験ロボット「まほろ」^{注3)}を用いて自動化しており、実験条件がデータ品質に及ぼす影響などを詳しく評価することも可能になっています。同様に、米国、欧州などでも宇宙をテーマにした生命科学研究は活発になっています。このような中で、国際共同研究やデータ統合の機運が高まり、日本・欧州・米国の研究者が共同して国際コンソーシアム「International Standards for Space Omics Processing (宇宙オミックス解析の国際標準、ISSOP)」を結成しました。

コンソーシアムの活動

ISSOP の最初の取り組みとして、これまでに各国宇宙機関が主導して行われてきた過去の研究の詳しい実験条件などのデータベース整備を通して、ロボットや人工知能を用いた実験作業やデータ解析への移行環境を整えます。また、その中から実験手法とデータ品質の関係を調べ、今後のオミックス計測の標準的な手法や、様々なサンプルに対応できる共通した実験手法を確立します。

これまでもデータベースの作成やがん研究などでオミックス解析の世界的な標準は確立されてきました。しかし、地上の研究環境とは異なり、宇宙研究には、装置やサンプルの輸送コストや実験に費やす作業時間など、様々な制約があります。そのため、自動化、単純化した特殊な実験系やサンプリング法が用いられ、生命科学研究における標準的な手法が適用できない場合が多くあります。このような宇宙研究に特有の研究ノウハウを、体系化して国際的に共有する必要があり、本総説ではこれまでの宇宙生命科学の進展についてまとめ、ISSOP の活動方針を紹介しています。

今後の展開

前述の実験ロボット「まほろ」を用いた宇宙サンプルの解析技術は、研究プロジェクトの国際的な共有やデジタル化、さらに将来的には、宇宙での実験作業をロボットが行い、そのデータを地球上の研究者が共同で活用する際にも応用が可能です。宇宙開発は、エンジニアリング、コンピューター科学、生命科学など、多くの研究分野が協力して取り組む場であり、本コンソーシアムもその一部として、新たな知見の創出と人材育成の両面で重要な役割を果たすと期待されます。

参考図

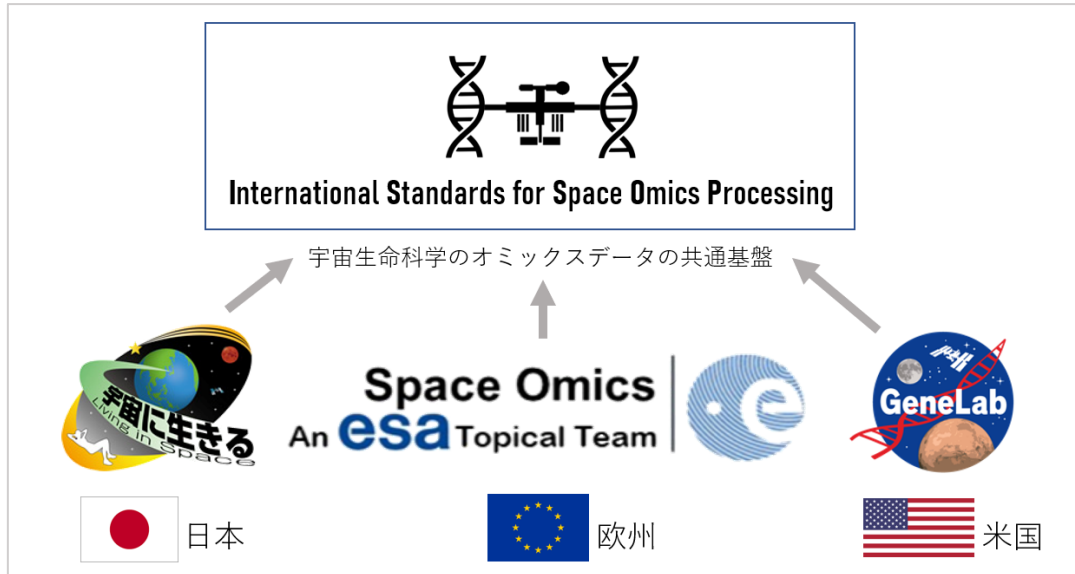


図 ISSOP 設立に関わる国際的な枠組み

日本では、JAXA プロジェクトや関連学会、新学術領域研究「宇宙に生きる」、欧州では欧州宇宙機関(ESA) が支援する宇宙オミックス研究チーム、米国では宇宙生命科学のデータベースを運営する アメリカ航空宇宙局 (NASA) GeneLab などが、それぞれオミックス研究を推進してきました。これらの研究者が集まり ISSOP が設立されました。

用語解説

注1) オミックス

ゲノムや遺伝子を網羅的に解析するゲノミクス、タンパク質やその修飾を解析するプロテオミクス、代謝産物を解析するメタボロームなどを含む統合的な研究の概念。

注2) 「宇宙に生きる」

平成 27 年度に採択された科学研究費・新学術領域研究「宇宙からひも解く新たな生命制御機構の統合的理解」(代表者: JAXA・古川聡) の略称。計画研究と公募研究合わせて 69 件からなり、環境微生物、植物からマウス、ヒトまでの様々な研究分野を含む。

注3) 実験ロボット「まほろ」

国立研究開発法人産業技術総合研究所が株式会社安川電機と共同開発した汎用ヒト型ロボット。実験の自動化・高精度化が可能で、筑波大学とロボティック・バイオロジー・インスティテュート株式会社(RBI) との共同研究施設において宇宙サンプルの解析にも用いられている。

研究資金

本研究は科学研究費、新学術領域研究「宇宙に生きる」の支援を受けています。

利益相反開示

研究代表者は、筑波大学のクロスアポイントメント制度により、株式会社 LSI メディエンス、シニアリサーチフェローを兼任、また、RBI 社のリサーチアドバイザーを兼任しています。

筑波大学は、つくば臨床検査教育・研究センター事業のつくば i-Laboratory LLP と共同でゲノミクス解析を運営しています。また、RBI 社との共同研究により、ロボットへの実験手技の移植と検証を行っています。

掲載論文

【題名】 A New Era for Space Life Science: International Standards for Space Omics Processing
(宇宙生命科学の新しい時代：宇宙オミックス解析国際基準)

【著者名】 Lindsay Rutter¹, Richard Barker², Daniela Bezdán³, Henry Cope⁴, Sylvain V. Costes⁵, Lovorka Degoricija⁶, Kathleen M. Fisch⁷, Mariano I. Gabitto⁸, Samrawit Gebre⁶, Stefania Giacomello⁹, Simon Gilroy², Stefan J. Green¹⁰, Christopher E. Mason^{11,12,13,14}, Sigrid S. Reinsch⁵, Nathaniel J. Szewczyk¹⁵, Deanne M. Taylor^{16,17}, Jonathan M. Galazka^{5,*}, Raul Herranz^{18,*}, Masafumi Muratani^{1,*}

1 Transborder Medical Research Center, and Department of Genome Biology, Faculty of Medicine, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan

2 Department of Botany, University of Wisconsin, Madison, WI 53706, USA

3 Institute of Medical Virology and Epidemiology of Viral Diseases, University Hospital, Tübingen, Germany

4 School of Computer Science, University of Nottingham, NG8 1BB, UK

5 Space Biosciences Division, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA, 94035, USA

6 KBR, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA, 94035, USA

7 Center for Computational Biology & Bioinformatics, Department of Medicine, University of California, San Diego, La Jolla, CA, 92037, USA

8 Flatiron Institute, Center for Computational Biology, Simons Foundation. New York, NY, 10010, USA

9 SciLifeLab, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, 17165, Sweden

10 Genome Research Core, University of Illinois at Chicago, Chicago, IL, 60612, USA

11 Department of Physiology and Biophysics, Weill Cornell Medicine, New York, NY, 10065, USA

12 The HRH Prince Alwaleed Bin Talal Bin Abdulaziz Alsaud Institute for Computational Biomedicine, Weill Cornell Medicine, New York, NY, 10021, USA

13 The WorldQuant Initiative for Quantitative Prediction, Weill Cornell Medicine, New York, NY, 10065, USA

14 The Feil Family Brain and Mind Research Institute, Weill Cornell Medicine, New York, NY, 10065, USA

15 Ohio Musculoskeletal and Neurological Institute (OMNI) and the Department of Biomedical Sciences at Ohio University, Athens, OH, 43147, USA

16 Department of Biomedical and Health Informatics, The Children's Hospital of Philadelphia, Philadelphia, PA 19041, USA

17 Department of Pediatrics, Perelman School of Medicine, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania, 19104, USA

18 Centro de Investigaciones Biológicas "Margarita Salas" (CSIC), Ramiro de Maeztu 9, Madrid, E-28040, Spain

* 責任著者

【掲載誌】 Patterns オンライン版

【掲載日】 2020年11月25日

【DOI】 10.1016/j.patter.2020.100148

Cell Press の宇宙生物学特集の一部として発表されます。

<https://www.cell.com/c/the-biology-of-spaceflight>

問合わせ先

【研究に関すること】

村谷 匡史 (むらたに まさふみ)

筑波大学医学医療系／トランスボーダー医学研究センター 教授

URL: <http://www.md.tsukuba.ac.jp/basic-med/genome>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報室

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp