

宇宙総合学研究ユニット NEWS 2022年8月号



宇宙倫理学教育プログラムの受講生を紹介します！

先月号に引き続き受講生紹介の第二弾です！今回は一般コースとして参加されてる福岡浩二さんに自己紹介文を寄稿していただきました！

福岡浩二 さん（一般コース）

私はこの春から、宇宙倫理学教育プログラムの一般コースとして参加しています。幼いころから宇宙が好きで、修士まで天文学を研究し、現在は企業向けソフトウェアを提供する欧州企業で事業開発の役割を担っています。開発のなかには、日本の宇宙関連事業との協業も含まれており、例えばあるプラント内での活動計画とその周辺の天災リスクを衛星データから解析し、有事におけるリスク管理を行います。こういったケースは増えており、特に衛星データ解析を使った既存産業の改善（または改革）はこれからも進んでいくことが予想されます。また、個人としての生活環境も変わりました。宇宙港として認定された大分県に今年より移り住み、一般社団法人のなかで「宇宙を通じた地方創生活動」をスタートしました。単に県民への宇宙の関心を高めるだけでなく、産業・社会における課題への解決も目指した地方における新しいロールモデルになれることを目指しています。今までは、幼いころからの夢の延長で純粋に宇宙に関する活動に関わり、今でもそれが原動力です。ただ、今は産業や軍事とも連関した宇宙への国家間競争が過熱していくなかで、一抹の不安を感じはじめています。それは、「宇宙活動における人類共通の規範が曖昧であること」です。そのような背景で本プログラムに共鳴し参加を決め、今は社会課題としても認知されている「宇宙デブリへの倫理規範」を研究テーマにしています。あくまで実社会を意識しながら、今後起こりうる未来を思い浮かべつつ、多彩なバックグラウンドを持つ方々との議論を楽しんでいます。



今後の宇宙学セミナー・関連イベントなど

日時	内容	開催方法
秋ごろ（詳細は決まり次第 HP に掲載いたします）	第 6 回宇宙学セミナー 講師：寺園淳也 氏（ムーン・アンド・プラネッツ） 題名：決まり次第 HP に掲載いたします	Zoom によるオンライン開催です。準備ができ次第、HP に掲載いたします。

※宇宙学セミナーの詳細は随時 Web ページ (<http://www.uss.s.kyoto-u.ac.jp/seminar/>) で公開いたします。

大気生物学者として宇宙生物学に挑戦する

三木 健司

京都大学大学院総合生存学館

私たちは現在、花粉や孢子、微生物などの生物由来の粒子である生物粒子について研究する学問分野である大気生物学（aerobiology）に取り組んでおります。中でも特に、エアロゾル物理学の理論を生物粒子へ適用することで、生物粒子の飛散動態を解析することを専門としています。

今回はこれらの研究の中でも、現在研究代表者として重点的に取り組んでいる、成層圏生物粒子の研究についてご紹介いたします。

大気生物学と宇宙生物学が交錯する成層圏

宇宙生物学の分野で最も重要な仮説の一つに、Panspermia 説というものが 있습니다。この説は、地球の生物の元（例えば原始的な DNA など）は宇宙のどこかで生まれて、その後この生物の繁栄にとって都合の良い地球にたどり着くことで現在の地球上での繁栄を見せているのではないかとする説です。この Panspermia 説は一見すると“とんでも理論”に見え、今のところあまり広くは認められていません。しかし、その反対の現象、つまり、地球ですでに十分繁栄を見せている微生物などが宇宙の別の星に移動し、その星で独自の生態系を築いているという可能性は十分に議論する必要があります。このいわば『逆 Panspermia』が引き起こされるにはいくつかの条件が必要です。一つは微生物粒子を宇宙空間まで放出させるような十分な運動量を与えうる現象が起きることです。今のところ、例えば恐竜の絶滅を引き起こした隕石の衝突などがこれに当たるのではないかとされています。もう一つは、宇宙空間や他の惑星

の環境でも活性を保つか、繁殖が可能であることです。例え宇宙空間を漂い他の惑星に到着しても、死んでしまっているのは逆 Panspermia は起こりません。以上 2 つの条件を満たしたとき、地球で生まれた生命は他の惑星においても繁殖している可能性が出てくるわけですが、このような条件が重なることは非常に稀であるように思われます。しかし、最近の研究により、この逆 Panspermia が引き起こされる確率は、想定されているよりもずっと高いかもしれない可能性が出てきています。その理由は、微生物の存在範囲の広がりにあります。1930 年代に微生物は上空数十キロメートルまで存在範囲を広げているのではないかとする議論が始まります^[1]。その後、1978 年には当時のソ連の研究者が最高高度約 80km において微生物と思える痕跡を発見しました^[2]。これらの報告は微生物のコンタミネーション（混入）なく純粹に成層圏に存在した微生物を捉えたものであるかは今となっては確認することはできませんが、その後の世界各国の調査により、確かに上空約 15km から約 80km ほどの中層大気には微生物がいることが確定されつつあります。もし微生物が宇宙空間近傍の中層大気にまで存在しているのであれば、隕石衝突のような天文的イベントが起きなくとも、微生物が地球を脱出している可能性が高まります。また、成層圏はおおよそ-50℃、1/100 気圧であり、有害な UV-C（高エネルギー紫外線）に曝露されるとい、生物にとっては過酷な環境ですが、最近の研究により、黒カビの一部などはこの成層圏の数時間の曝露を生き抜くことが分かってきています^[3]。この成層圏環境は実は火星の環境に似ているため、成層圏で生き抜けることは火星において繁殖可能である可能性をも示しており、地球の微生物の一部は他の惑星でも生き抜けるのではないかと考えられています。

以上のように、地球大気である成層圏に存在する生物粒子を見ることは、宇宙生物学的発展につながることに注目し、私たちの研究グループは大気生物学的観点から宇宙への生物の広がりを解明する研究に取り組んでいます。

理論と実験の独自発展を目指して

上述のように、宇宙空間に地球の生き物が進出しているのかを解明するため、成層圏における微生物の動態を調べる研究がこれまで為されてきています。しかし、これらの研究結果にはいくつかの大きな疑問点が残ります。まず一つは、どのようにして成層圏にまで微生物が運搬されているのかという点です。成層圏では上空に行くにしたがって保温効果を持つオゾンが増えるため気温が上がります。このことから、上に行くほど空気密度が低くなるため、成層圏では強い対流が存在せず、鉛直方向の空気の動きは非常に弱いのです。このため、微生物粒子のような数 μm もある粒子が上空数十キロまで上昇するにはなにか特別な力がかかっている必要があります。現在でもこの力は一体何なのかはわかっていませんが、この力が何かを解明することで、微生物が成層圏にまで運搬される現象がどの程度稀であるのかを解明することに繋がると考えられます。次に、成層圏環境に耐える生物の特徴とは何かという点です。先行研究でも成層圏環境に耐えた微生物と耐えられなかった微生物が存在することが示されていますが、DNA を破壊する紫外線や宇宙線が激しく降り注ぐ宇宙空間では、どのような特徴を持った生物であれば生き残ることが出来るのでしょうか。これを明らかにすることで、地球から他の惑星に移住している可能性がある微生物の特定に繋がると同時に、他の惑星で生まれた微生物の生物学的特徴の特定にも繋がる可能性があります。私たちの研究グループは、東京工業大学地球生命研究所の極限環境ウイルスの専門家、徳島大学の成層圏実験の専門家、岐阜県のものづくりメーカー（株）GOCCO。

(<https://gocco.co.jp/>) と共同チームを作り、これら 2 つの問題を理論的アプローチと実験的アプローチに取り組むことで解明しようとしています (図 1)。

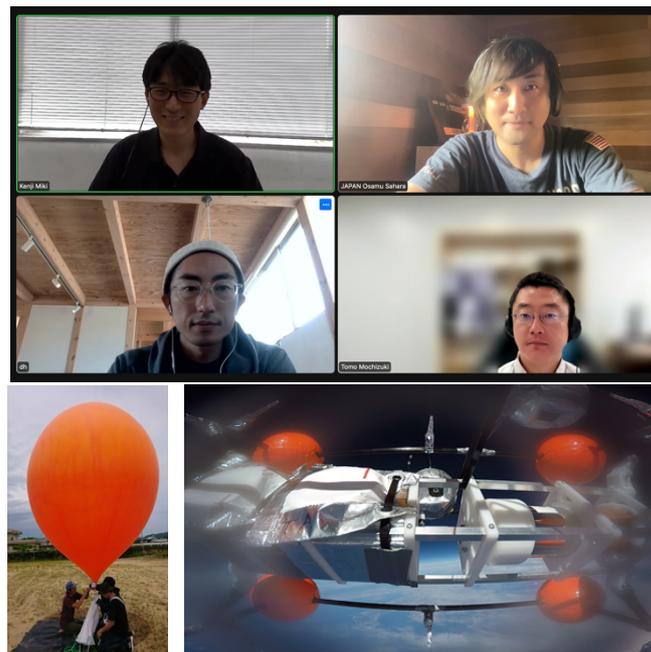


図 1 実験メンバー (上)
バルーン打ち上げ時 (左下) 成層圏に打ちあがった装置の様子 (右下)

理論的アプローチとしては、先行研究で議論されてきている成層圏において粒子にかかり得る力 (例えば太陽光泳動や雷雲による電気的力など) を各高度ごと、各環境ごとに計算し、どのような条件下で粒子を成層圏上部にまで運搬する力が生じ得るのかをシミュレーションから計算しています。また、中層大気上部にまで粒子が運搬された場合、宇宙線の影響はどの程度生物の活性維持にとって重大な影響を及ぼすのかを日本原子力研究開発機構が開発した PHITS コードなどを用いた計算で解明しようとしています。

実験的アプローチとしては、私たちは独自にゴムバルーンによる成層圏への微生物曝露実験のセットアップを構築し、様々な特徴の微生物を成層圏に打ち上げることで微生物の成層圏環境への耐性を調べています。特に、私たちのグループは極限環境の古細菌に着目した実験を行っています。地球上の生物は、主に 3 つのドメインに分けられます。もっとも原初的な生物である真性細菌、私たち人類を含め細胞核を持つ真核生物、そして原初的でありながら真性細菌に比べて真核生物に近い、私たちが注目している古細菌の 3 つです。古細菌はあらゆる極限環境に住んでいることが特徴的で、熱水や強酸環境の中から見つかることもしばしばあります。なぜ古細菌はこのような極限環境で生きられるのかはまだ分かっていません。私たちはこの極限環境を生き抜く古細菌などを成層圏に打ち上げ、その活性や形態を詳しく調べることで、DNA レベルで地球生物の成層圏環境での耐性の有無を決定する要素を特定しようとしています。また、私たちの本研究は、JAXA の大気球プロジェクトの実験としても採択されており、JAXA が所有する成層圏まで上昇する気球を用いた実験 (ExVISTA プロジェクト) の実施を今年度より行っています (図 2)。この JAXA の気球と私たちの研究チームが所有するゴムバルーンでは成層圏滞在時間や飛行経路が異なるため、成層圏環境への曝露条件の物理的違いが生む生物的影響の

違いを解明することに繋がることが期待されます。本プロジェクトは本格的に立ち上がってまだ3年目ですが、世界で初めてウイルスの成層圏環境曝露実験の結果を公表するなど、大きな進展を見せています。今後とも、本研究グループへの温かいご支援を賜れますと幸いです。

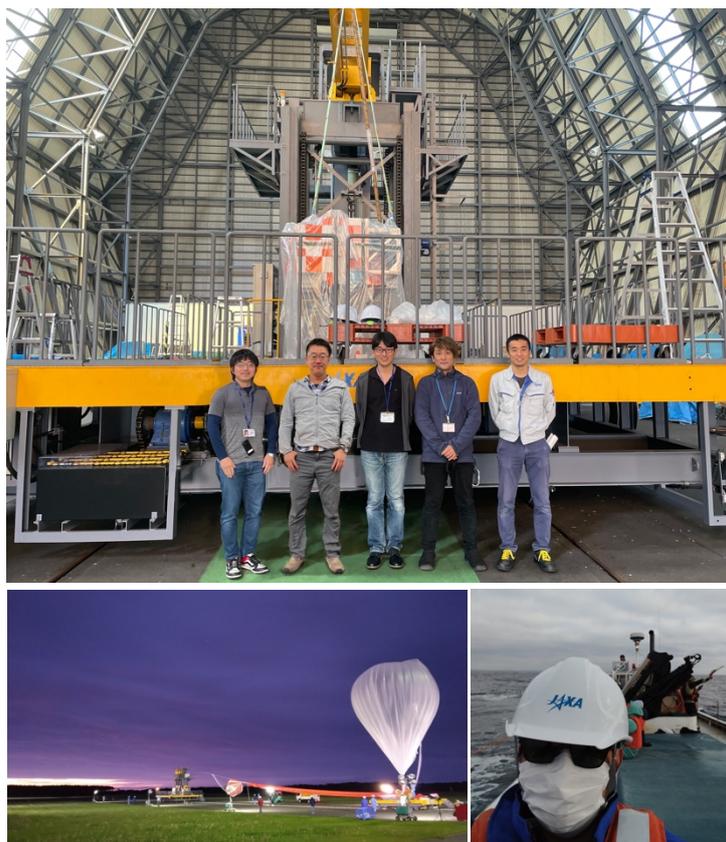


図2 JAXA 大気球を用いた ExVISTA プロジェクトメンバーと実験ゴンドラ (上)
JAXA 大気球による打上げの様子 (左下)
サンプル着水後早朝の極寒の海へ回収へ向かう顔 (右下)

参照文献

- [1] Rogers, L.A. and Meier F.C., National Geographic Society, Technical Papers. 146-151 (1936)
- [2] Imshenetsky, A.A., Lysenko, S.V., and Kazakov, G.A., Upper boundary of the biosphere, Appl. Environ. Microbiol., 35, 1-5 (1978)
- [3] Cortesão, M., Siems, K., Koch, S., Beblo-Vranesevic, K., Rabbow, E., Berger, T., Lane, M., James, L., Johnson, P., Waters, S.M., Verma, S.D., Smith, D.J., Moeller, R., MARSBOx: Fungal and bacterial endurance from a balloon-flown analog mission in the stratosphere, Front. Microbiol., 22 (2022)

宇宙ユニットの活動やイベントについては、下記サイトをご覧ください。また、宇宙ユニットや本 NEWS に関する皆様のご意見等も気軽に下記メールアドレスまでお送りください。

京都大学 宇宙総合学研究ユニット

<https://www.usss.kyoto-u.ac.jp/>

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 吉田キャンパス北部構内 北部総合教育研究棟 507 号室

編集人：名越俊平（宇宙ユニット RA）

Tel&Fax: 075-753-9665 Email: usss@kwasan.kyoto-u.ac.jp