

文部科学省と国立大学附置研究所・センター 個別定例ランチミーティング

第60回 京都大学 生存圏研究所 (2023.10.6)

- 12:05 – 12:10(5分) : 研究所・センターの概要
生存圏研究所 所長：山本 衛
- 12:10 – 12:25(15分) : 若手研究者からのプレゼン
「未来の生存圏としての月面研究：
帯電ダストの計測手法と機器の開発」
宇宙圏電磁環境探査分野 准教授：栗田 怜
- 12:25 – 12:45(20分) : 質疑応答

生存圏科学の共同利用・共同研究拠点 京都大学 生存圏研究所

研究所の沿革



木質科学研究所
(1944~)



宙空電波科学研究
センター (1961~)



生存圏研究所 (2004~)

生存圏研究所は、木質科学研究所と宙空電波科学研究センターの再編統合により2004年度（平成16年度）に発足しました。

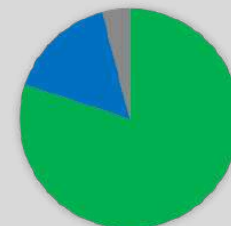


国際学術交流・国際研究拠点

欧米・アジアとの学術交流協定数は25件にのぼります（2023年時点）。赤道大気レーダーと共同ラボ（BRIN内）の2つの国際拠点をインドネシアに有します。



MOU締結数
(R5年度)



アジア 20件
欧州 4件
アメリカ 1件

研究所のミッション

人間の生存に関わる「生存圏」の診断と解決策の開拓に取り組む研究所です。生存圏科学の共同利用・共同研究拠点として、持続発展可能社会の構築に向け、分野横断的な新しい学問領域を開拓して行きます。より具体的には、5つのミッション：「1. 環境診断・循環機能制御」、「2. 太陽エネルギー変換・高度利用」、「3. 宇宙生存環境」、「4. 循環材料・環境共生システム」、「5. 高品位生存圏」を掲げ、人類が生活する生存圏の発展に寄与することを目指しています。

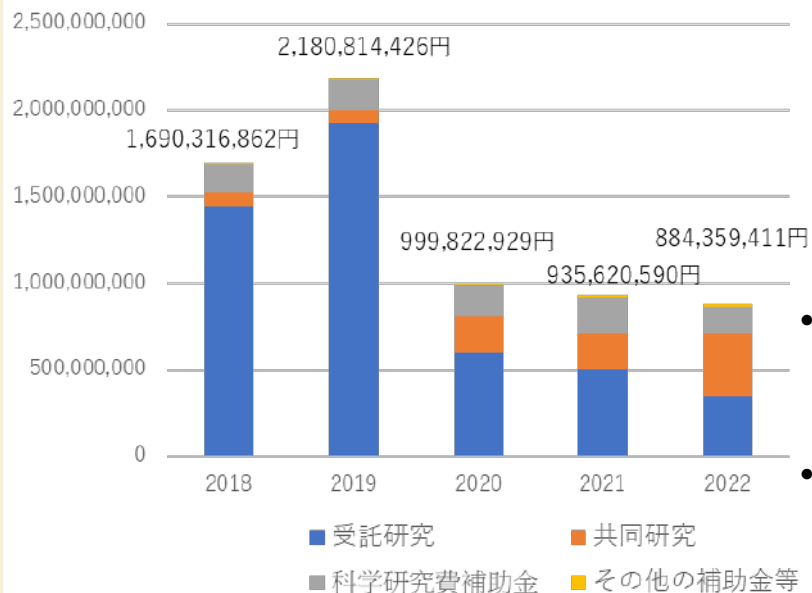


第5回アジアリサーチノード国際シンポジウム(中国・南京で開催)



データから見る研究所の活動状況

研究費獲得状況 (2018~2022)



- 過去5年間の研究費は変動が大きいです。受託研究と共同研究（主に民間）の割合が大きいです。学術論文の大半は国際誌に公表されています。
- 研究領域は極めて広く、科研費の全分野に分布します。
- SDGsへの貢献も大きく広がっています。

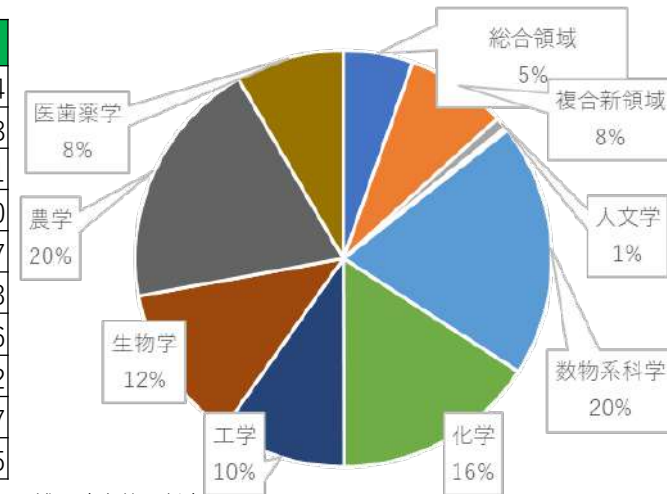
学術論文数 (2018~2022)

	2018	2019	2020	2021	2022
論文数	219(98)	174(84)	272(103)	228(80)	169(52)
内 国際誌	201(96)	150(68)	243(93)	204(69)	160(47)

* ()内は特に重要な役割・高い貢献を果たした論文

広い領域研究 (論文発表分野の分布)

分野	論文数	Q値
総合領域	83	8.4
複合新領域	120	10.8
人文学	14	7.1
社会科学	4	0
数物系科学	302	7
化学	242	8.3
工学	151	6
生物学	189	12.2
農学	298	11.7
医歯薬学	129	8.5



* Q値：論文数に占めるTop10%補正論文数の割合
* 対象期間：H30.4.1~R5.3.31。InCitesを用い2023年5月に調査

持続可能な開発目標 (SDGs) への貢献



* SDGsの階層性に関するWedding Cake概念 (**Source: Azote Images for Stockholm Resilience Centre.) に基づき作図



京都大学 生存圏研究所
Institute for Global Environmental Resilience Research





京都大学 生存圏研究所
Institute of Environmental and Human Studies, Kyoto University



共共拠点活動



数多くの共共拠点活動から多くの研究の芽が得られた



共共拠点の成果のうちミッション5：新分野を選ばし研究センターに展開

生存圏未来開拓研究センター



生存圏未来開拓研究センター

生存圏科学の可能性を探究する研究組織として生存圏未来開拓研究センターを所内改組により設置しました（2022年度）。学際性や萌芽性を重視した新分野開拓を進めています。

初年度には、所外からセンター長を迎えました。センターは新しい視点をもって活動を始めました。

所内の分野（研究室）から派生したグループが複数（現在は4つ）の研究ユニットを構成します。3年毎に見直しを行って、新たなユニットを創設します。

2023年には副センター長として民間企業の研究者をクロスアポイントメントで迎えました。人事についても柔軟な運営を進めています。

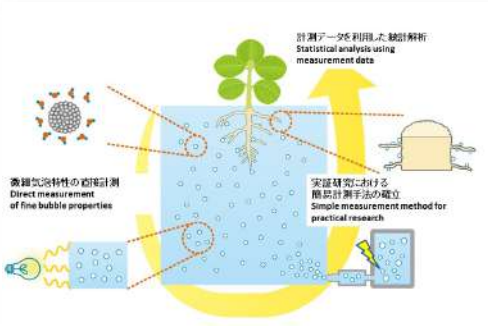
4つの研究ユニット（2022年～2024年）



木材科学文理融合ユニット
(木と時間との相互作用)



大気圏森林圏相互作用ユニット
(圏間相互作用)



先端計測技術開発ユニット
(多分野間相互作用)



バイオマスプロダクトツリー
産学共同研究ユニット
(産と学との相互作用)

生存圏科学の共同利用・共同研究拠点

大型研究設備・施設14件、データベース2種類を共同利用に供し、共同研究プロジェクトを含めて年間300課題以上に発展してきました。生存圏科学を推進し、持続発展可能な社会の構築に貢献しています。



MUレーダー



赤道大気レーダー(EAR)



先端電波科学計算機実験装置(A-KDK)



マイクロ波エネルギー実験装置 (METLAB/SPSLAB/A-METLAB/PEMSEE)



先進素材開発解析システム(ADAM)



木質材料実験棟



令和3年度共同利用開始

バイオナノマテリアル製造評価システム(CAN-DO)



居住圏劣化生物飼育棟(DOL)
生活・森林圏シミュレーションフィールド(LSF)



持続可能生存圏開拓診断(DASH)
森林バイオマス評価分析システム(FBAS)

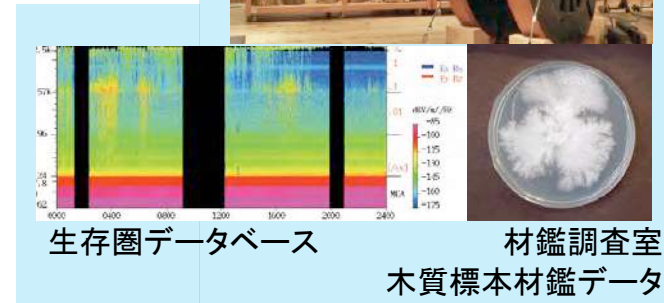


材鑑調査室
木質標本材鑑データ

共同利用・共同研究課題数



研究所設立 全国共同利用附置研究所 (第1期中期目標) 共同利用・共同研究拠点 (第2期中期目標) 共同利用・共同研究拠点 (第3期中期目標) // (第4期)



京都大学生存圏研究所
Institute for Global Environmental Change, Kyoto University





未来の生存圏としての月面研究： 帯電ダストの計測手法と機器の開発

京都大学生存圏研究所
宇宙圏電磁環境探査分野
栗田 怜

©JAXA/NHK

- ・ 栗田 怜 (くりた さとし)

- ・ 経歴

2009年3月 東北大学物理学科 宇宙地球物理学コース 卒

2011年3月 東北大学 理学研究科 地球物理学専攻 修士課程 修了

2014年3月 東北大学 理学研究科 地球物理学専攻 博士課程 修了
博士 (理学) 取得

2014年4月 名古屋大学 日本学術振興会特別研究員 (PD)

2017年4月 名古屋大学 宇宙地球環境研究所 研究員

2019年4月 名古屋大学 宇宙地球環境研究所 特任助教

2020年3月 京都大学 生存圏研究所 准教授(現職)

仙台：9年、名古屋：~6年、京都：4年目

- ・ 研究テーマ

- 地上観測・飛翔体を用いた宇宙空間プラズマの変動現象の理解

- 飛翔体搭載用の観測機器・観測手法の開発



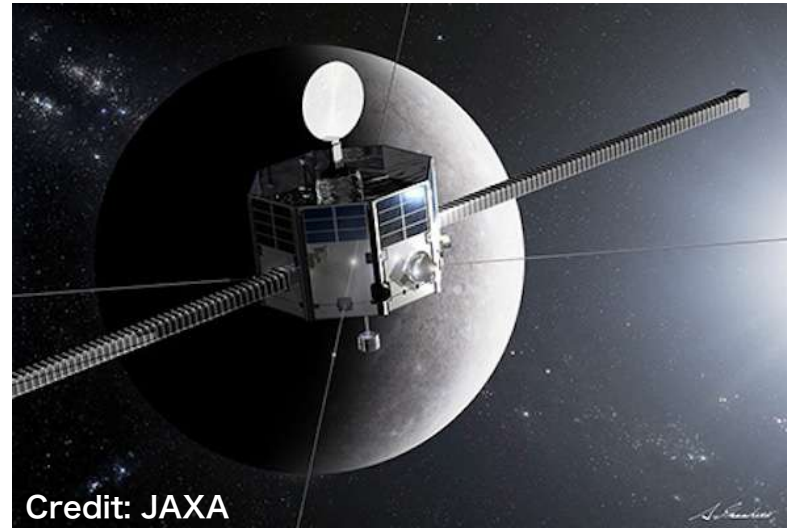
※ オーロラは宇宙と密接な関係があります

宇宙圏電磁環境探査分野の研究活動



Credit: JAXA

地球磁気圏探査衛星あらせ (2016 -)



Credit: JAXA

水星探査衛星みお (2018 -)



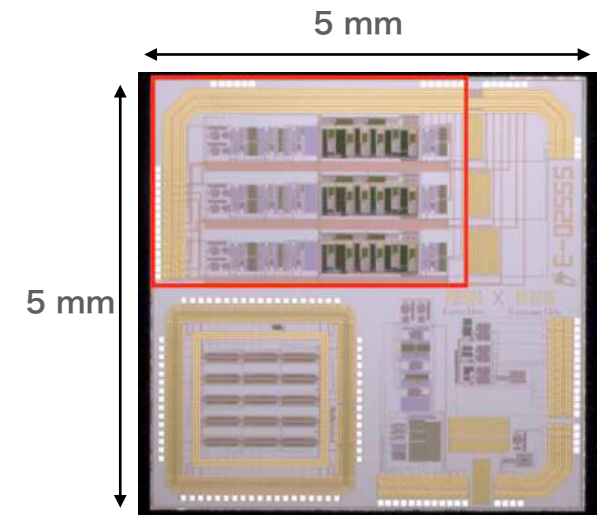
Credit: JAXA

SS-520-3観測ロケット(2022)

- 数々の衛星ミッション・観測ロケット実験に、宇宙空間の電波を計測する機器を搭載・運用
- 取得されたデータを用いて、宇宙環境を理解するために研究活動を推進
→ 「宇宙天気予報」への活用
- さらなる宇宙環境理解に向けて、新しい観測機器開発の開発を推進中
→ 回路の小型 ICチップ化、小型軽量な宇宙環境探査パッケージの提案

キーワード：

宇宙探査、惑星・月探査、宇宙理工学、プラズマ物理、ICチップ開発、大規模シミュレーション…



当研究室で独自に設計した電波を観測するためのICチップ SS-520-3に搭載、正常に動作

「電磁気力」で変化する宇宙環境

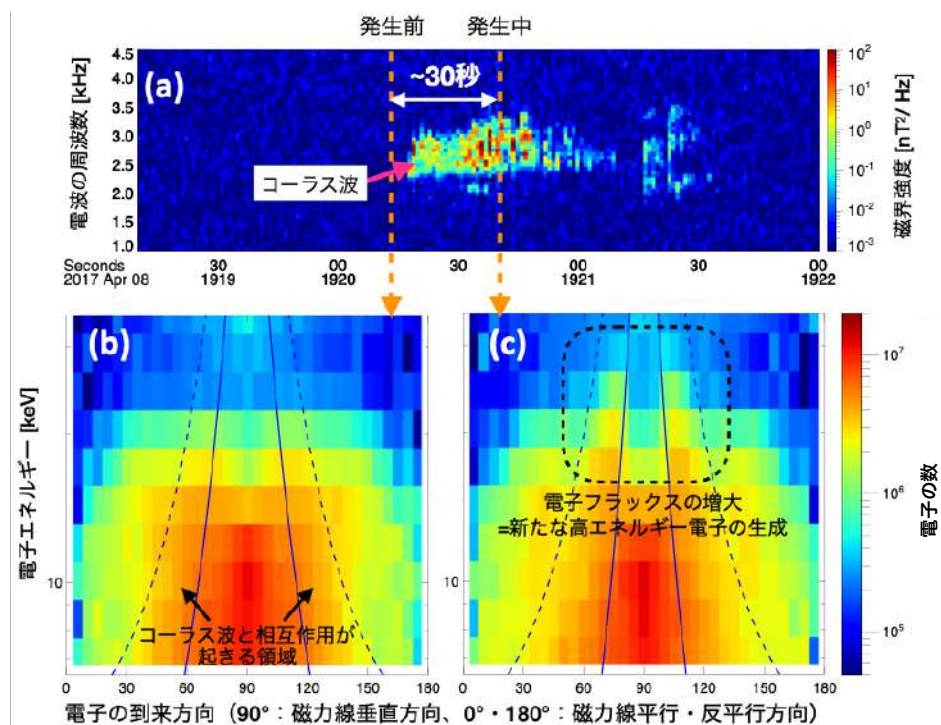
- 地球周辺の宇宙空間は、電気を帯びた気体「プラズマ」で満たされた領域。
- プラズマの粒子は電場・磁場による力の影響を受ける：
 - プラズマ粒子が磁場に巻き付いて旋回する運動
 - 電場による加速
 - 電波のもつ電場・磁場による運動の変化
= プラズマの加速・消失に繋がる
- 科学衛星の観測データにより実証 [Kurita+, GRL, 2018]

- 科学衛星による観測結果を、電磁気力の影響を考慮したプラズマの大規模数値シミュレーションにより再現 [Saito, Kurita+, JGR, 2020]

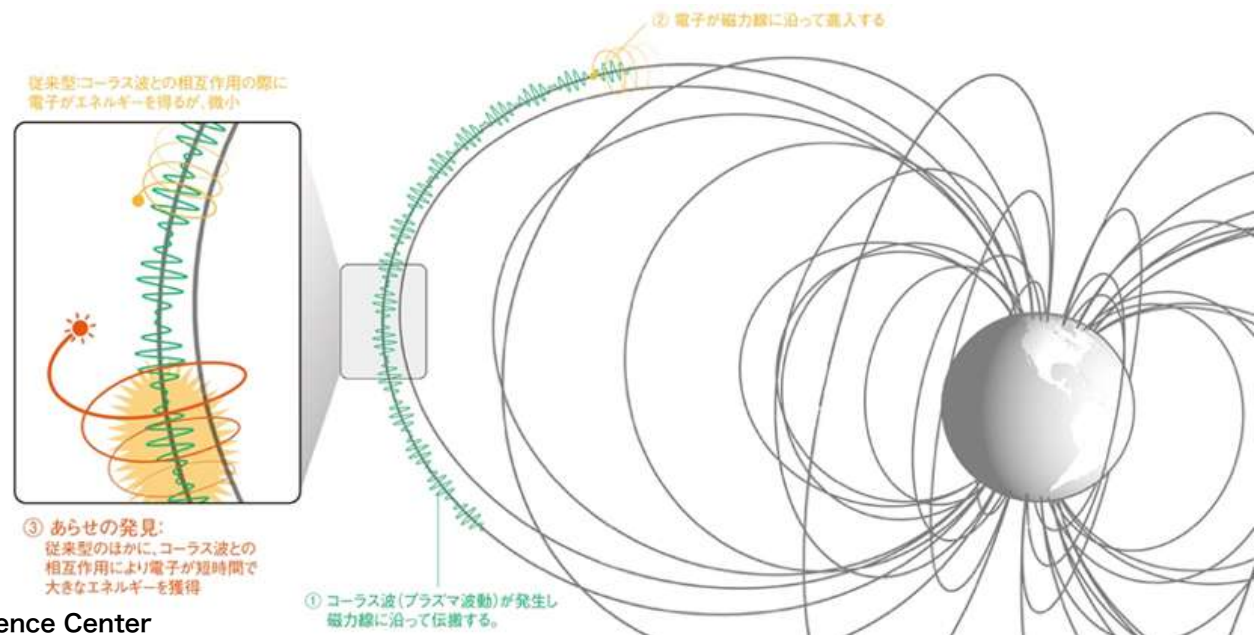
宇宙科学研究所 トピックス

「あらせ」が捉えたコーラス波が電子を急速に加速した瞬間

<https://www.isas.jaxa.jp/topics/002082.html>



Kurita+ GRL, 2018を改変 [Credit: ERG Science Center]





現在取り組んでいる研究課題

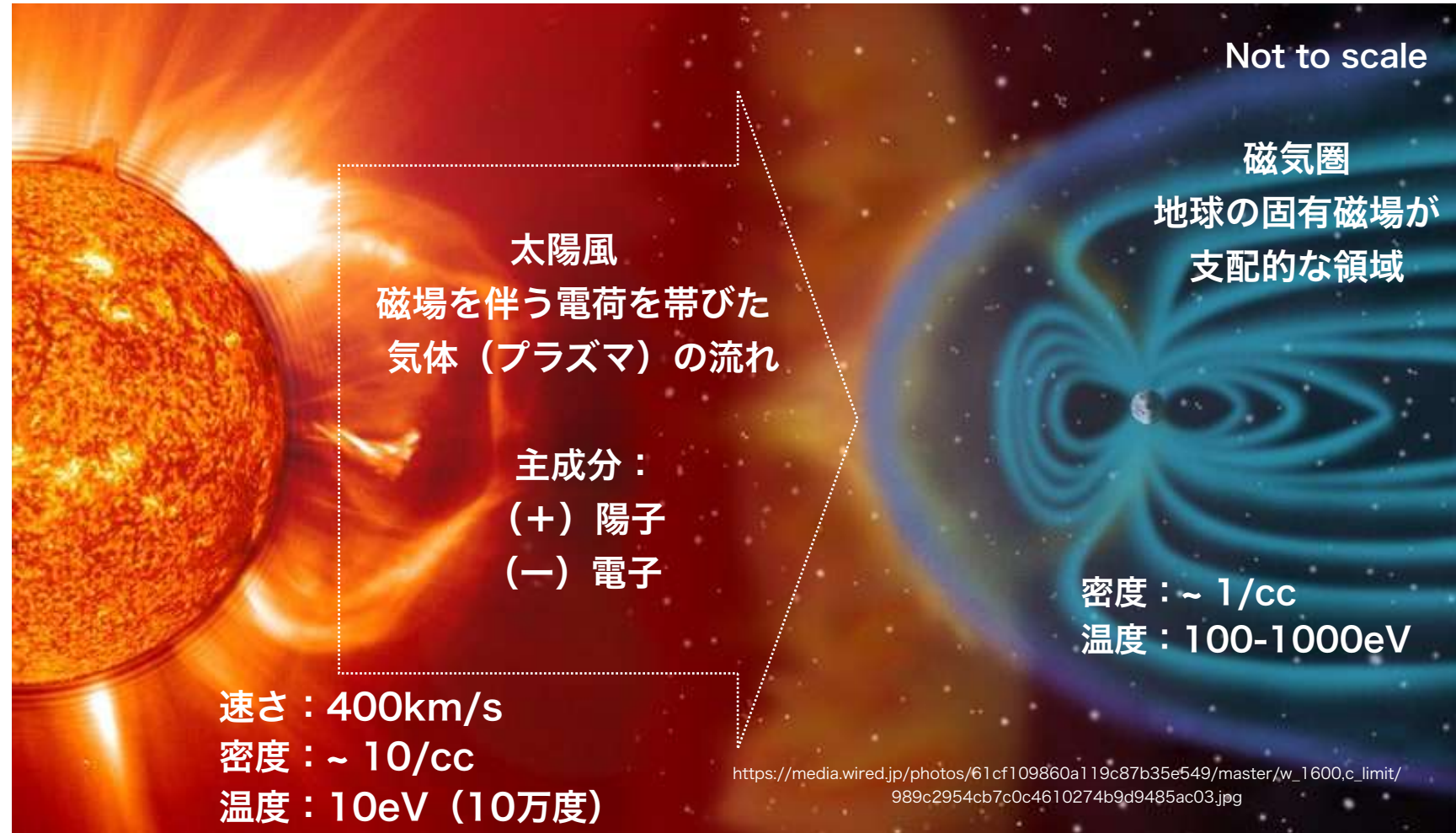
宇宙空間に浮かぶ月周辺の環境はどうなっているか？



月面の基地・有人活動に関わる環境研究は必須である

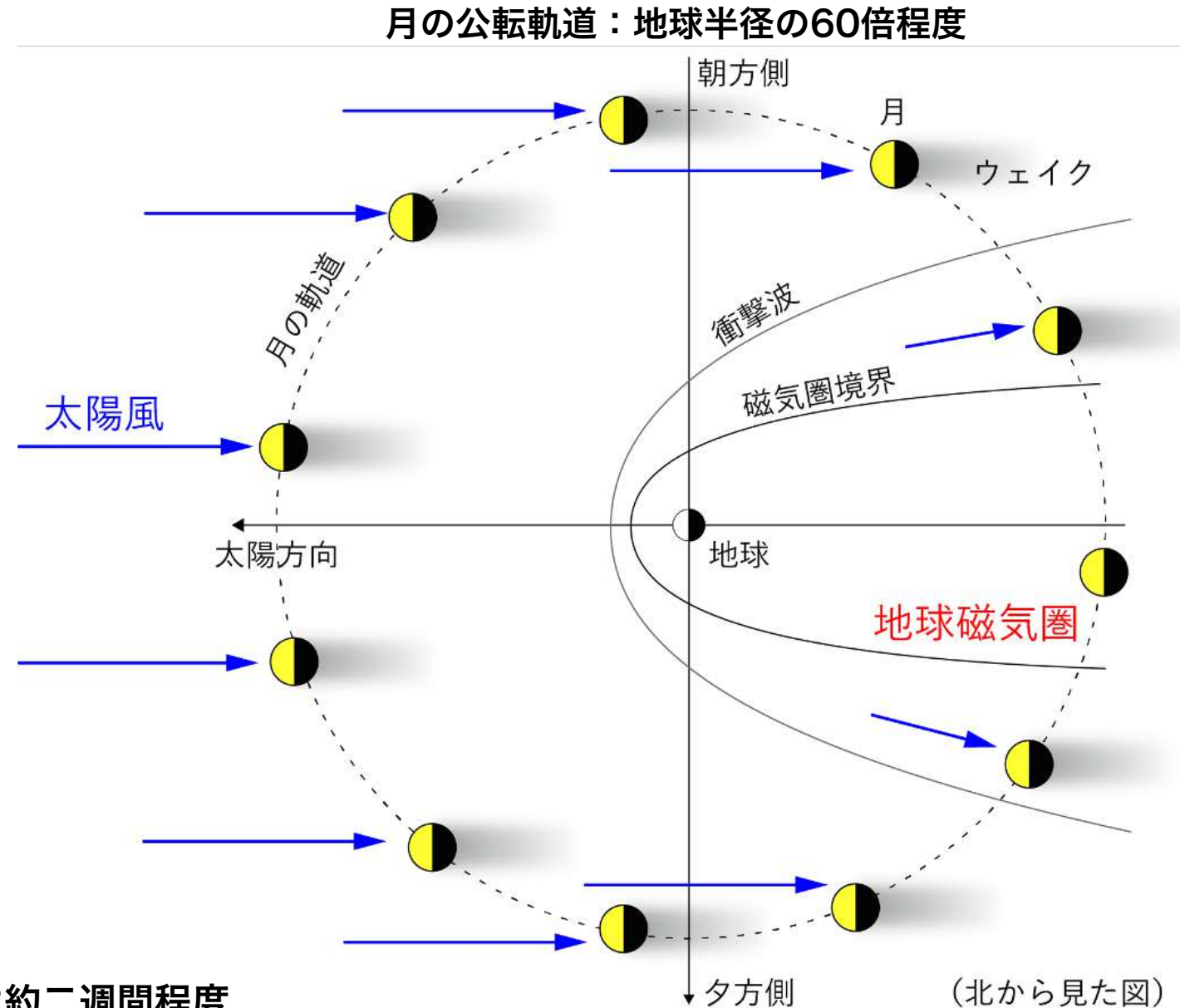
地球周辺の宇宙環境

- 地球の固有磁場のバリアで守られた磁気圏に比べて、太陽風内の環境はより厳しい。多くの人工衛星を含む人類活動は、磁気圏の中に限られている状況。
- 人類が太陽風の領域まで出て活動を行ったのは、アポロ計画に限られている。



月が公転する領域の環境

- 月は公転周期の8割を太陽風、2割程度を磁気圏に位置する
- 太陽風
速さ：400km/s
密度：~ 10/cc
温度：10eV (10万度)
- 磁気圏
密度：~ 1/cc
温度：100-1000eV
- 公転軌道上で、月を取り巻く環境は大きく変化する



※ 月の自転と公転は同期しており、月の昼・夜は約二週間程度

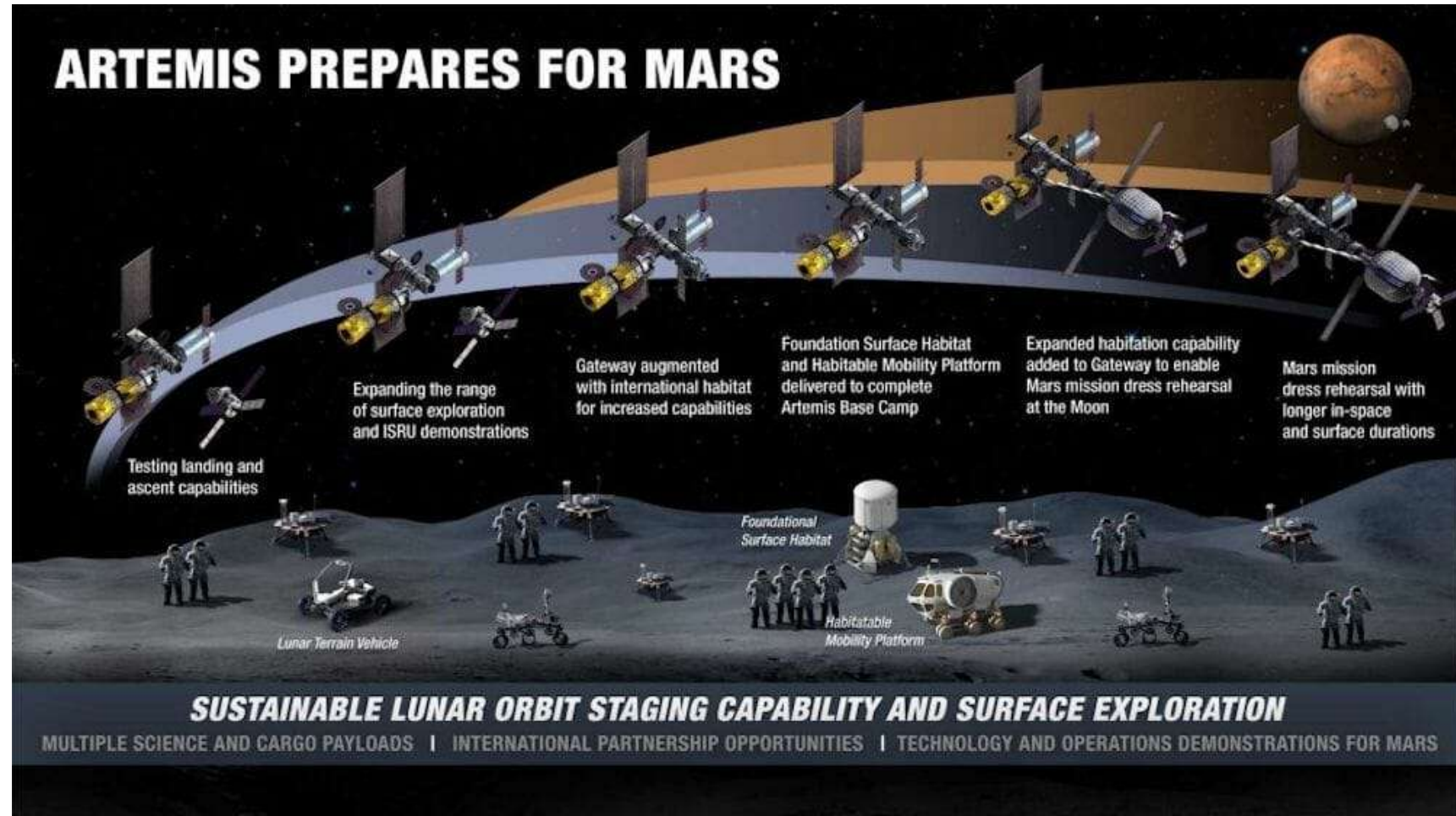
月周辺の環境研究の必要性

- 米国を中心に、月を宇宙探査の拠点とするアルテミス計画が進行中。今後、月面で人類が長期間にわたって活動をする時代が到来。

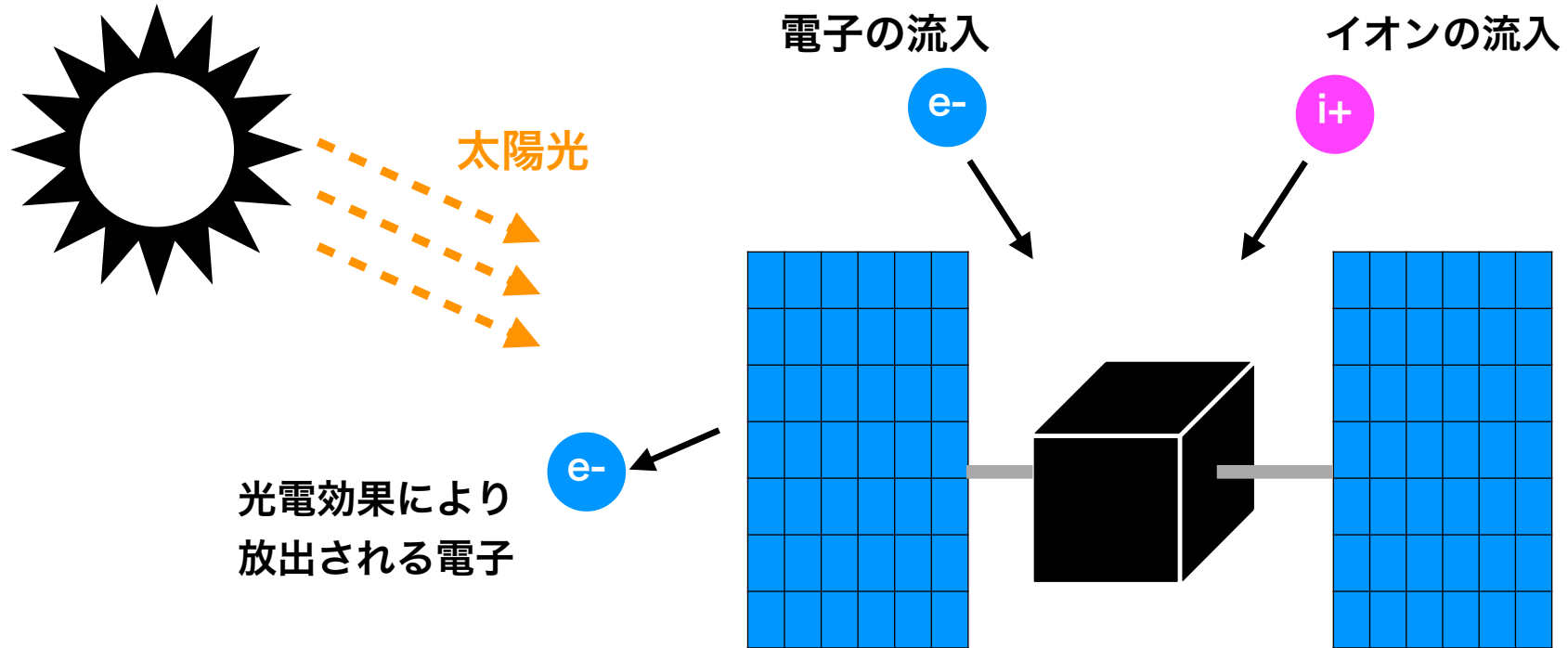


月面を含む月周辺の宇宙環境は、
人類の次なる生存圏

- 磁場のバリア・濃い大気をもたない月は、プラズマと地表面が直接接触し合う環境。どんなことが起きているのか、理解することが必要。



宇宙プラズマ中での帯電現象



- ・ プラズマに晒された物体は、電荷の蓄積や放出によって帯電していく：

正電荷の蓄積・負電荷の放出：物体がプラスに帯電 ⇒ 正電荷が入りにくく、負電荷が入りやすい
負電荷の蓄積・正電荷の放出：物体がマイナスに帯電 ⇒ 負電荷が入りやすく、正電荷が入りにくい

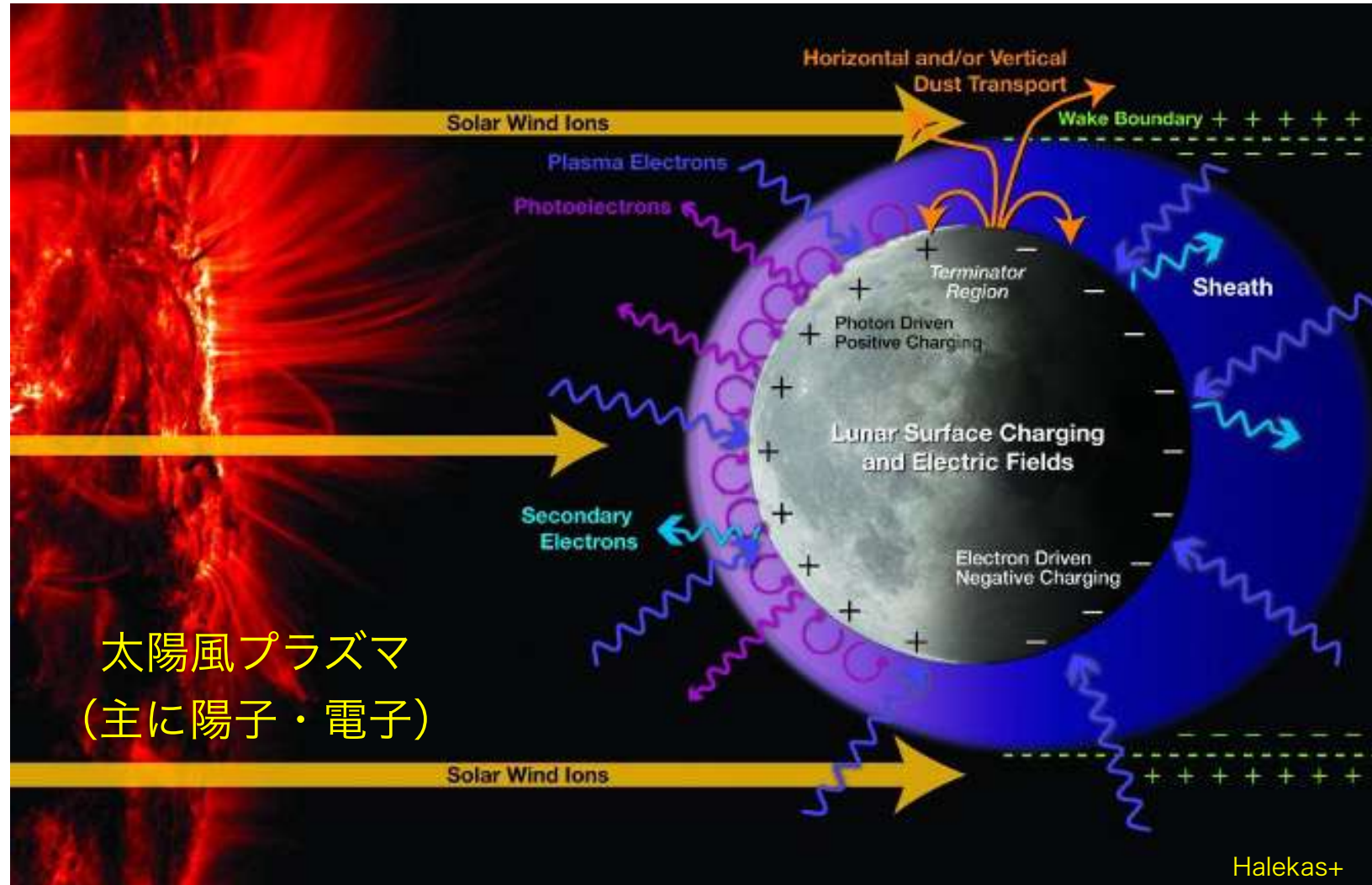
- ・ 電荷の蓄積が見かけ上なくなるまで、物体の帯電は発展していく。

※ 局所的な帯電は放電の原因となるため、宇宙機は導電性がよくなるように設計される

太陽光・プラズマと月面の帯電状態

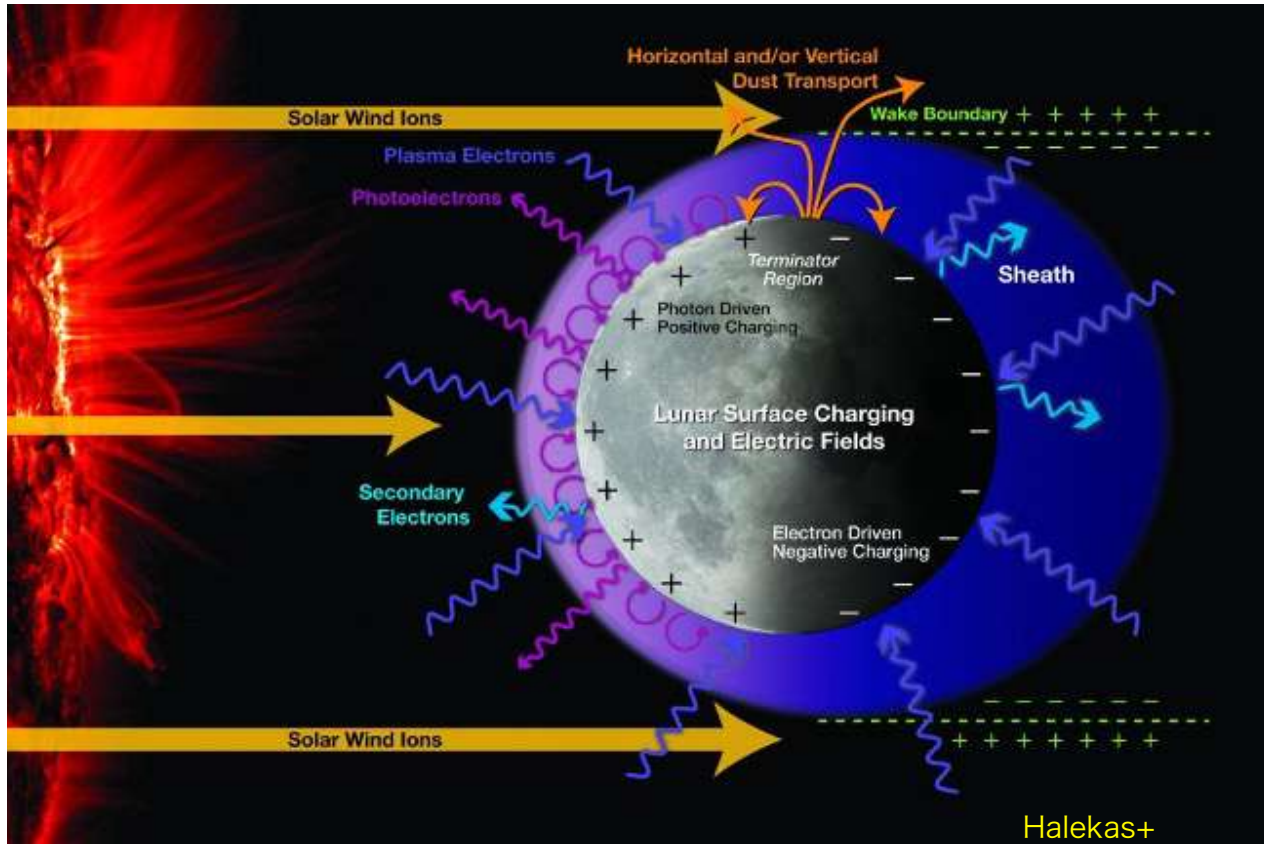
- 月の昼の領域：
太陽光とプラズマに晒され、
プラスに帯電
- 月の夜の領域：
プラズマのみが帯電に寄与、
マイナスに帯電

※ 月は電気を通しにくいため、
一様な帯電状態とはならない

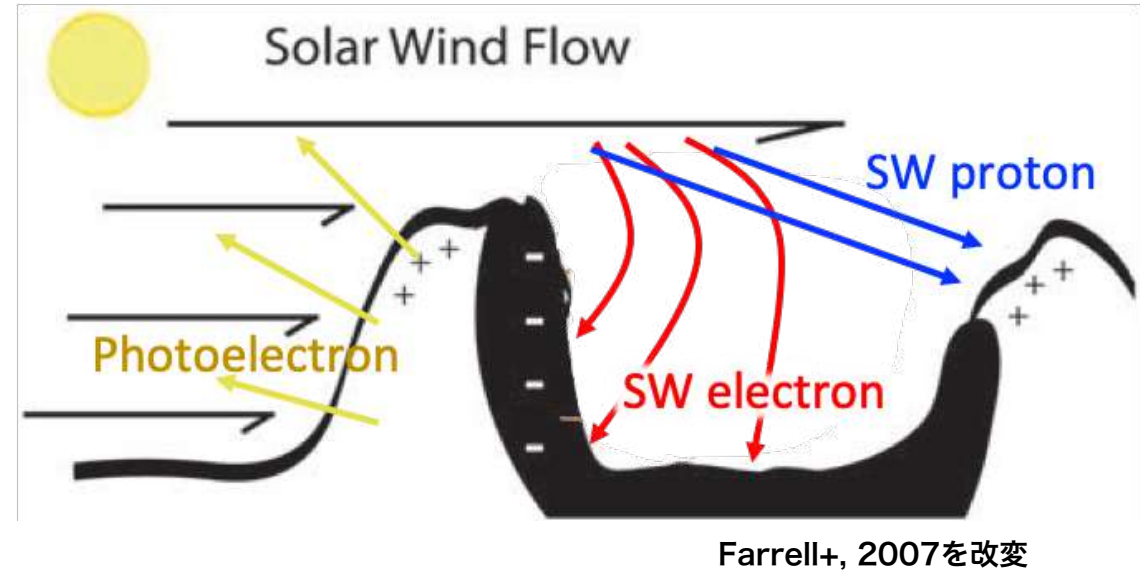


月面の帯電：局所的なスケールでも？

全球スケールでの帯電



クレーターなどでも日陰
は出来る...



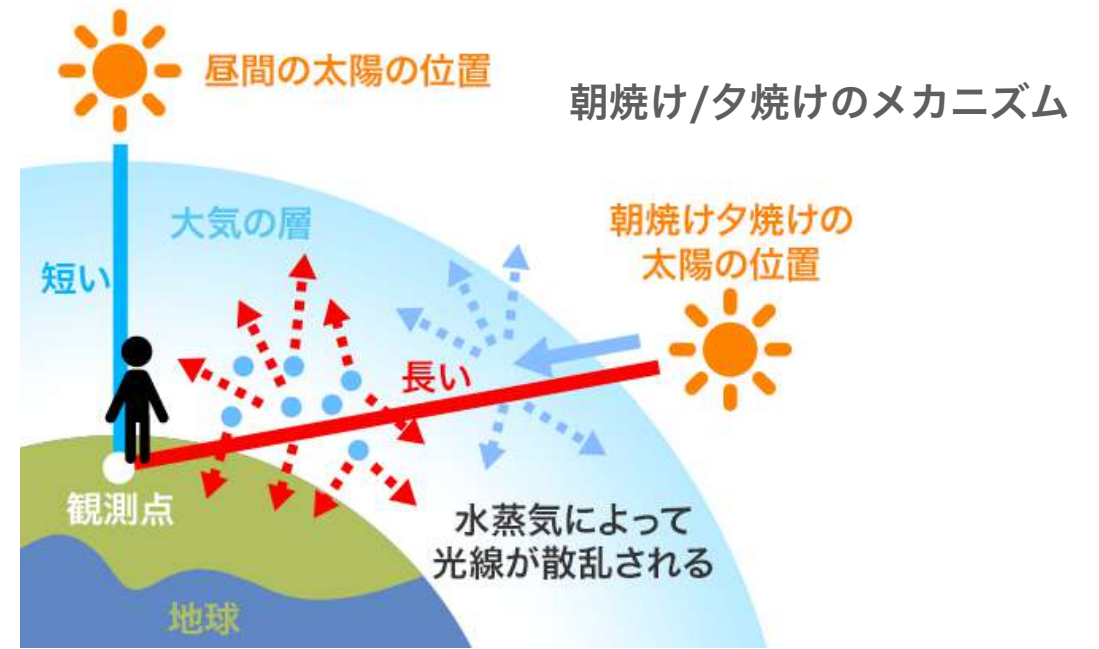
- 月に存在する地形スケール（クレーターなど）でも、日照・日陰は十分にありうる
- 基地や有人活動が始まると、そのスケールでも局所帯電が起こる可能性

月面近傍における帯電ダスト環境

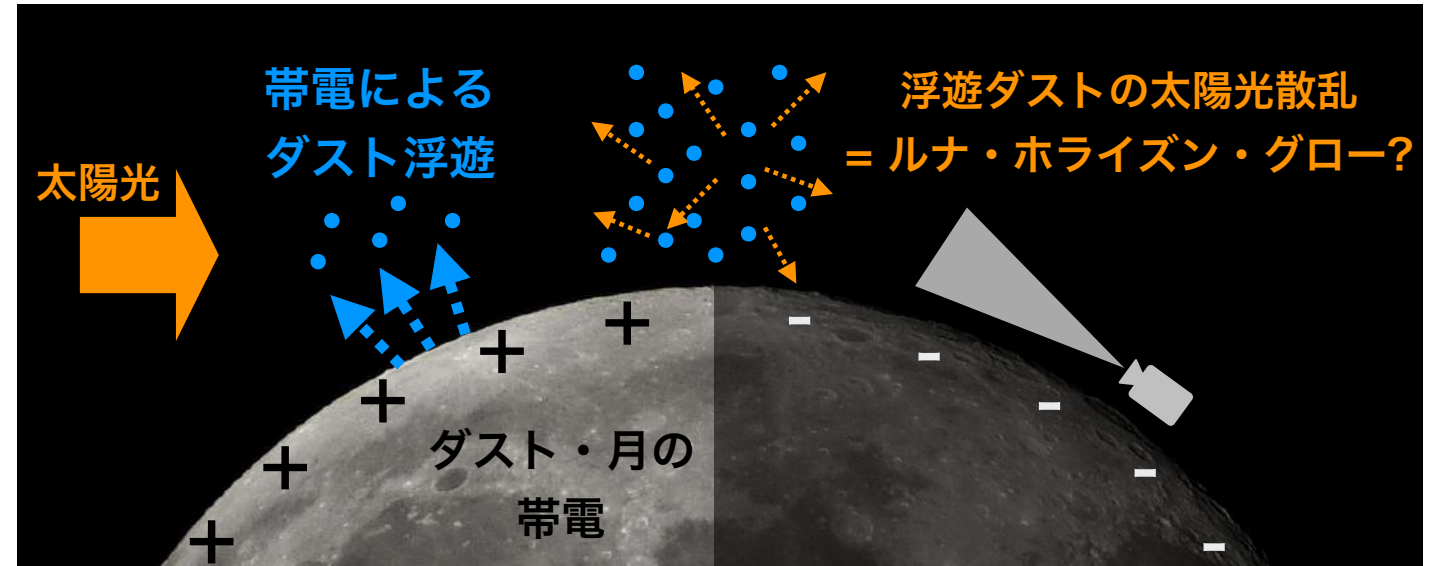
ルナ・ホライズン・グロー：
「朝焼け」の月バージョン



Credit: NASA

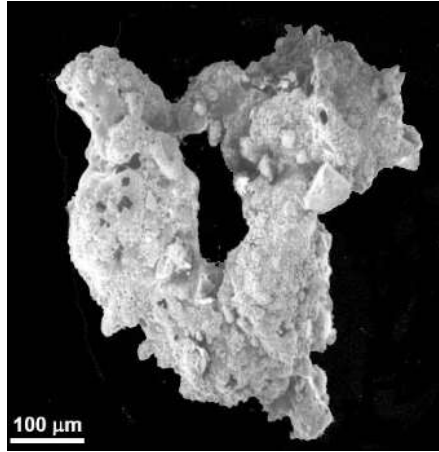


https://weathernews.auone.jp/au/satellite/redsky_topic.html



- ・ 帯電したダストが月面から舞い上がり、太陽光を散乱している？

ダストと月面有人活動： アポロ時代



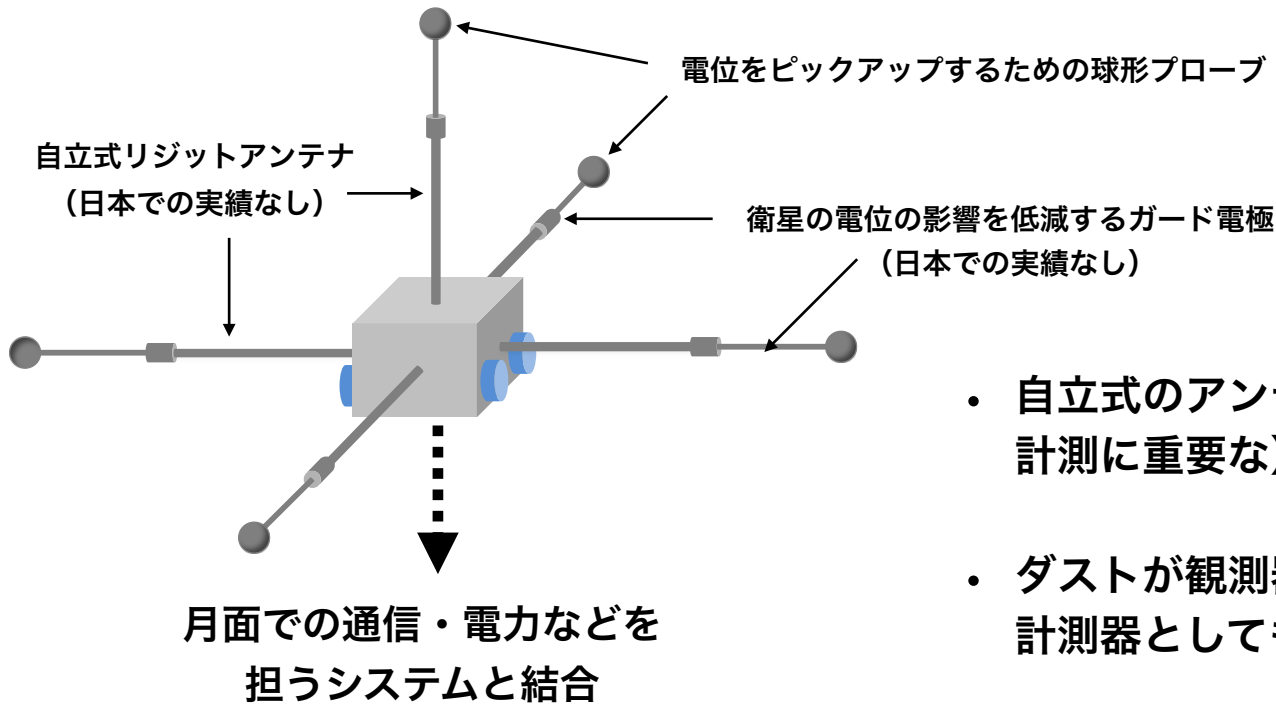
Credit : NASA

- 月面のレゴリスは尖った形状、サイズは最小で10nm程度??
吸着しやすい性質があり、電気的な力の影響があると考えられている。
- 月面の機器・人体に悪影響があることがアポロミッションで報告
 - 機械の目詰まりによる故障、稼働部への堆積による不具合
 - 密閉機能の低下による宇宙服からの空気もれ
 - 表面のすり減らしによる機材・宇宙服の劣化
 - ダストを吸入したことによると考えられる呼吸器障害（月ダスト花粉症）

月面で円滑・安全に持続的な人類活動を行うためには、月ダストによる障害を軽減する必要があり、帯電環境・帯電ダストの理解は重要な意味を持つ。



帯電・ダスト計測パッケージの構想



- 自立式のアンテナやガード電極といった、これまで日本で実績のない（電位計測に重要な）コンポーネントを盛り込み、クリーンな電位計測を目指す。
 - ダストが観測器に衝突すると、特徴的な電気ノイズが発生するため、ダスト計測器としても利用可能。
-
- ICチップによる超小型化・量産化技術と併せて、多数の観測パッケージを月面に展開、月面における環境モニター群を構築することを目指している。
⇒ 地表面におけるアメダスの月面版
 - 月面帯電の数値シミュレーションも駆使して、パッケージによる観測のイメージを掴む研究も実施中。

月面環境探査に関する研究展開

現在：宇宙プラズマの専門家と月面帯電の議論を実施中

(ISAS/JAXA、名古屋大、京大・理学、大阪大、神戸大)

これまでの観測結果の整理とそれに基づく数値シミュレーションを行い、
月面の帯電・ダスト環境を予想している段階

今後：

1. 月面の物性に造詣が深い研究者との共同研究を展開

室内実験におけるプラズマ-月面相互作用の理解と数値シミュレーションへの取り込み、
モデルの詳細化

想定される静電環境・ダストの振る舞いの精細化・予期される観測状況を
加味した機器設計の実施

2. 工学・医学分野と連携した月面環境アセスメント研究の推進

どのような状況が機器・人体にとって悪影響となるか??