

# みんなでふたたび木星へ、そして氷衛星へ その12 ～地球フライバイによりサブミリ波分光計SWIの 観測性能を実証～

笠井 康子<sup>1,2</sup>, 佐川 英夫<sup>3,2</sup>, 黒田 剛史<sup>4,2</sup>, 山田 崇貴<sup>2</sup>, 関根 康人<sup>1</sup>, Paul Hartogh<sup>5</sup>,  
JUICE SWI Team

(概要) 欧州宇宙機関の木星圏探査機JUICE (Jupiter ICy moons Explorer)に搭載されている科学機器の一つに、サブミリ波分光計Submillimetre Wave Instrument (SWI)がある。深宇宙探査の歴史の中でサブミリ波(テラヘルツ波)の電磁波を用いた惑星観測はこれまでに例がなく、SWIが世界で初めての試みとなる。新たな目(波長)で探査する木星やガニメデ、エウロパ、カリストなどの氷衛星はどのような姿を見せてくれるのだろうか？ 本稿ではSWIが新たに拓くと期待される木星圏の姿(科学目標)、それを達成するためのSWIの測器詳細、そして、2024年8月にJUICEが行ったLEGA(月・地球重力アシスト)におけるSWI測器性能の実証について述べる。

## 1. はじめに

JUICE (Jupiter ICy moons Explorer)は、欧州宇宙機関が主導し、欧州各国をはじめ、日本や米国、イスラエルが参加する木星圏探査ミッションである。ミニ太陽系とも呼ばれる木星圏を詳細探査することで太陽系の起源や氷衛星における生命居住可能性に迫るべく、2023年4月14日に打ち上げられた。木星圏への到着は2031年7月の予定である。打ち上げの様子や木星までの道のりについては、本シリーズの過去記事が詳しい。

JUICE搭載の11<sup>1</sup>の観測装置の中の一つに、サブミリ波分光計SWI (Submillimetre Wave Instrument)がある[1]。SWIはサブミリ波帯(テラヘルツ波)の電磁波を、周波数分解能が $\sim 10^7$ という非常に高い性能で受信する分光計である。この高い周波数分解能によって、木星や氷衛星における様々

な分子やラジカル、そしてそれらの同位体種の検出を実現する。また、サブミリ波帯という可視光・赤外波長より長い観測波長を用いることで、氷衛星の氷表面の内側に少し潜った層からの熱放射(連続波)を観測することができる。このSWIが拓く新たな木星圏の姿はどのようなものであろうか？

JUICE連載シリーズの記事としてSWIを前回取り上げた11年前[1]は打ち上げ前であり、測器仕様など未確定な部分も存在していた。本稿では、JUICEの中でSWIが持つ科学的な役割を改めて紹介し、現在軌道上で木星を目指している装置の詳細を示す。また、深宇宙における観測性能の実証として重要なイベントであった地球フライバイ観測の結果を紹介する。

## 2. SWI (Submillimetre Wave Instrument)

### 2.1 SWIの科学目標

「巨大ガス惑星のまわりにおける生命居住可能性

1. 東京科学大学  
2. 情報通信研究機構  
3. 京都産業大学  
4. 東北大学  
5. マックスプランク太陽系研究所  
kasai.y.aa@m.titech.ac.jp

<sup>1</sup>地上局との通信を利用する電波科学測器も含めた数。

の探査」というJUICEのミッションテーマの中で、SWIは以下の科学目標に挑むことを役割として期待されている。<sup>2</sup>

- 木星上層大気気温場や風速、大気微量成分を観測し、巨大ガス惑星の高層大気力学・化学の詳細理解を得る、
- 水衛星の希薄大気を観測し、その組成や大気の生成・消滅過程を明らかにする、
- 水衛星の水表面下からのプルーム噴出(間欠泉)の分子組成を特定することで、内部海の化学的性質に制約を与える、
- 木星大気および水衛星に存在する主要物質の同位体比や水素のオルト・パラ比を高精度で観測し、同位体の分別過程を切り口に木星系の起源や進化を議論する、
- 水衛星表層に存在する物質の熱物理的・誘電率特性を調査し、地質学的特徴との相関関係を明らかにする、

以降では、それぞれの詳細について最新の研究動向もふまえつつ、SWIによる観測が切り拓く木星大気・水衛星科学を述べる。

## (1) 木星大気科学

木星大気の研究に関する最近の特筆すべき進展は、やはり2016年からのJuno探査機による木星対流圏大気観測であろう。特にマイクロ波放射計 Microwave Radiometer (MWR)は雲層表面から深さ350 km程度までの大気構造を初めて捉え、大赤斑の鉛直構造[2]や雲生成に大きく関わるアンモニアの3次元分布[3]など様々な新しい知見をもたらした。対流圏の雲は大気重力波の生成源として、木星成層圏大気に特有の赤道準4年振動(quasi-quadrennial oscillation, QQO)との関連性が示唆されている[4]。Junoは主に木星大気の上対流圏(雲層)が観測対象であったのに対して、SWIはより高高度の成層圏の3次元温度マッピングに加えて観測スペクトルのドップラーシフトを用いた風速の直接観測を予定している。その長期的な連続観測から、QQOをもたらす木星大気上下結合過程を解明していくことが期待される。

<sup>2</sup>JUICE definition study report (Red book) <https://sci.esa.int/s/wRdzy18>

またSWIでは、木星成層圏の化学組成についての詳細観測も実施される。木星成層圏の組成はCH<sub>4</sub>の光化学反応と宇宙塵や彗星(1994年のシューメーカー・レビー第9彗星が代表的)・小惑星など外来物質の流入の影響を受けており、また強い磁場がもたらすオーロラ活動が大気放射過程において重要なC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>やC<sub>2</sub>H<sub>6</sub>の生成に寄与している[5]。SWIによる炭化水素やH<sub>2</sub>O, CO, CS, HCNの観測、さらにこれらの同位体比(D/H, <sup>16</sup>O/<sup>18</sup>O, <sup>12</sup>C/<sup>13</sup>C, <sup>15</sup>N/<sup>14</sup>Nなど)の測定から、木星に存在する物質の起源を探り、その形成過程に迫る。

我々は木星成層圏の物理化学過程について理論検証が可能な大気放射伝達モデル[6]、大気化学モデル[7]、雲微物理モデル[8]を有しており、ガス惑星大気大循環モデル[9]とも組み合わせてSWIの観測データから科学的解釈を引き出す準備を整えている。

## (2) 水衛星科学

SWIは木星水衛星の希薄大気に関しても、前例のない高精度での観測を実現する。SWIの開発が始まろうとしていた2014年当時は、エウロパから噴出高さ200 km、カラム密度10<sup>16</sup> cm<sup>-2</sup>ものプルームの検出がハッブル宇宙望遠鏡によってなされたタイミングであった[10]。その後、他のいくつかの研究により再度検出が試みられるものの成功には至っていなかったが、2016-2017年のケック天文台での観測により、2095±658トンもの水蒸気の検出が報告された[11]。この地上観測では17回の挑戦のうち1回のみが検出事例となっており、エウロパにおけるプルーム活動の頻度や分布、エネルギー源、局所的な熱源の存在の有無の議論に大きな一石を投じている。SWIではエウロパ希薄大気中の水蒸気の検出のみならず、その時空間変動や温度異常の直接検出も目標とされており、エウロパのプルームに関する議論に決定打を与えることが期待される。

水衛星の内部海に対する研究は、上記のプルーム探索以外にも、2013年に報告されたハッブル宇宙望遠鏡によるガニメデのオーロラ検出[12]や、内部海の電気伝導度の推定[13]に加え、室内実験および熱輸送モデルによる物理的・化学的特性に関する理解が急速に進展している[14]。SWIによる希薄大気スペクトル観測の周波数帯域にはC, H, N, O, P, Sを

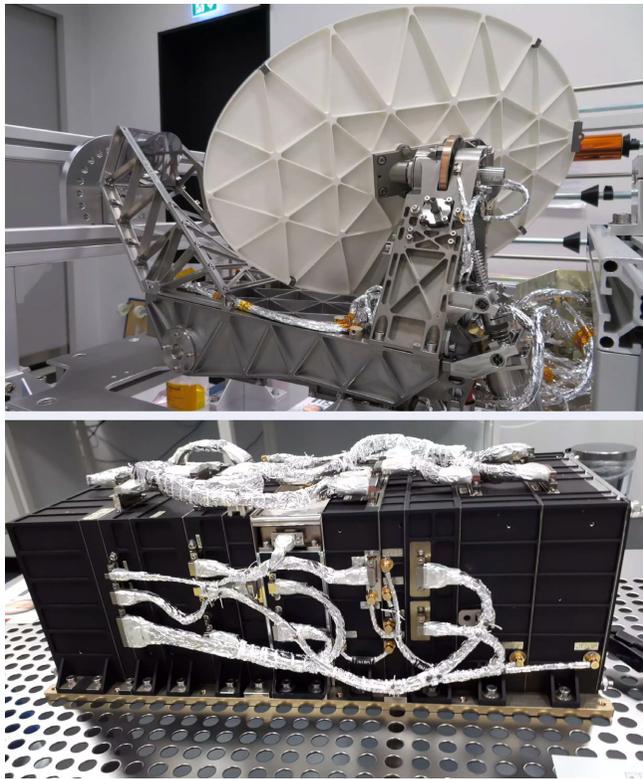


図1: 開発中のSWI画像(画像提供:MPS)。上の画像が望遠鏡・受信機ユニットであり、白塗りの背面を向けているのが口径29 cmの主鏡である。下の画像は信号処理を行う電子機器ユニットであり、JUICEの内側に取り付けられる。望遠鏡・受信機ユニットとはケーブルで接続される。

含む分子や塩化物、それらの同位体など約100種類以上にも及ぶ分子種の遷移が存在している。SWIではこれら揮発性物質の存在量の観測(あるいは上限値の制約)から、より解像度の高い内部海や地表面の化学組成推定を行い、生命居住可能性の議論に資する成果の創出を目指す。日本チーム内でも、来るべきSWIの水衛星観測に向け、放射伝達モデルの開発や分子種の観測感度検討を継続している[15]。

また、水衛星の表面物質の分布や特徴的な地形の成因を調べることも、水衛星の形成過程や進化を理解するうえで不可欠なものである。近年、ALMA望遠鏡やJames Webb宇宙望遠鏡を用いた木星衛星の表面観測が報告されているが[e.g., 16]、やはり空間分解能の面では不十分な状況である。SWIでは、サブミリ波帯という光赤外よりも長い波長帯を用いることで、水表面よりも少し内側から射出される熱放射が観測される。その熱放射輝度は、水衛星表面

の3次元(水平+深さ)温度分布のみならず、表面物質の放射率や誘電率特性にも依存する。観測される放射輝度に含まれるこれら複数のパラメータの縮退を解くにはいくつかの仮定を必要とするものの、SWIの二つの離れた周波数帯での観測データやその時間変化(現地時刻依存性)を用いることで、表層の熱慣性や不純物の含有量、水内部の不規則構造の空間スケールなどといった水表面の物理的性質の推定が期待される。

## 2.2 SWI 測器仕様

SWIは、ドイツ・マックスプランク太陽系研究所(MPS)を中心に、フランス、スイス、スウェーデン、ポーランドおよび日本の研究機関による国際協力のもとで開発された観測装置である。日本からは情報通信研究機構(NICT)が中心となって参加し、後述の装置構成のなかで主鏡・副鏡・アクチュエータの開

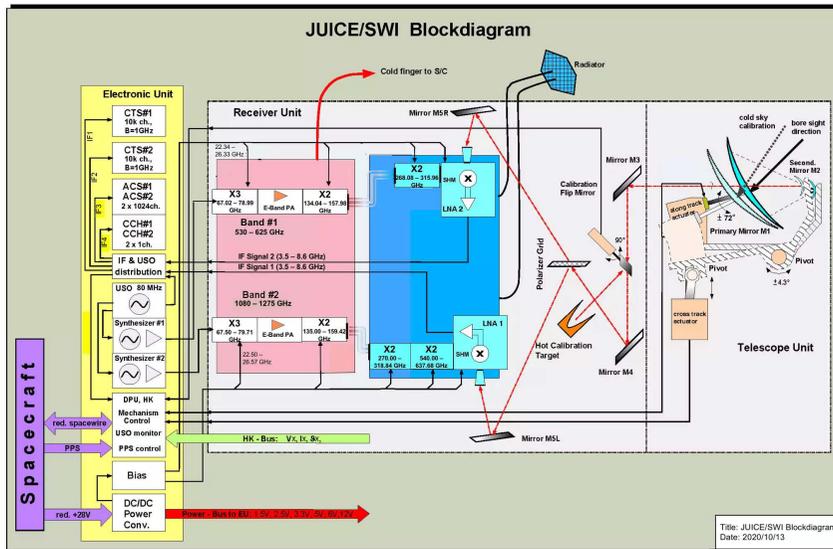


図2: SWIのブロックダイアグラム。2014年の記事[1]中の図と比較すると様々な変更点が見られる。一番大きな変更は600 GHz帯の観測周波数の範囲(図中央の薄赤色部分にBand #1として記載)であり、初期設計では601 GHzが観測周波数の上限であった。それを625 GHzまで広げることで、621 GHzに存在する水蒸気のラインを観測可能にしている。

発を担当した。これらのハードウェア開発以外にも、日本から複数名の研究者が共同研究者Co-Iとして国際SWIチームに参加しており、観測運用モードの議論やデータ解析アルゴリズムの開発といったサイエンス面での貢献を行っている。

SWIは、サブミリ/テラヘルツ波長帯のsingle dish電波望遠鏡の一種である(図1, 2)。木星や水衛星からのサブミリ波放射を望遠鏡の主鏡(アンテナ)で集光し、観測すべき特定の波長域の信号をヘテロダイン受信機で取り出す(局発振器からの基準信号と混合し、より低い周波数である中間周波数の信号に変換する)。そして、その信号を分光計にて分光スペクトルとして記録する。前述の科学目標を達成するため、SWIは波長0.52 mm付近(周波数530-625 GHzの帯域、以下600 GHz帯と呼ぶ)および0.25 mm付近(1080-1275 GHz, 以下1200 GHz帯)の二つの波長域において観測を行う。両周波数帯には水蒸気およびその同位体の強いラインが複数存在し、また1200 GHz帯にはメタンのラインも含まれるのが特徴である。SWIが掲げている科学目標の大半は、その実現に極めて高い波長分解能の観測が必要であり、SWIがヘテロダイン受信機(波長分解能

$\lambda/\Delta\lambda \sim 10^7$ を実現)を利用するのはそのためである。

SWIでは平面ショットキーバリアダイオードを受信機として採用している。

分光計は、より広い観測波長域を一度にカバーしたいという点と、より高い波長分解能を実現したいという二つの要求から、広帯域(4 GHz)用にデジタル分光計(Auto-correlation Spectrometer, ACS)、高波長分解能(100 kHz)用にチャープ変換型分光計(Chirp Transformation Spectrometer, CTS)をそれぞれ採用した。これらは、ハーシェル宇宙望遠鏡のHIFI[17]や彗星探査機Rosetta搭載測器のMIRO[18]などで宇宙利用の実績がある。SWIはACSとCTSの二つの分光計を600 GHz帯と1200 GHz帯の受信機にそれぞれ割り当てており、合計4個の分光計を有する装置である。また、ACSには4 GHzの帯域全体を積分して受信する連続波チャンネルも設置している。

ACSおよびCTSの観測帯域はそれぞれ4 GHzと1 GHzである。600 GHz帯と1200 GHz帯に存在する様々な分子の吸収線をこの帯域幅で可能な限り受信するため、超高安定発振器の基準信号をシンセサ

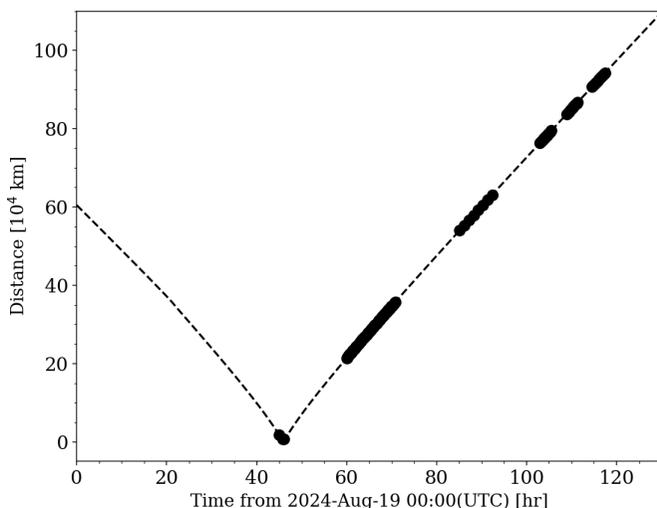


図3: LEGAにおけるJUICEと地球(地表面)との距離(破線). 黒丸はSWIが地球を観測したタイミングを示す.

イザに通し, その周波数を自由に変更した上で受信機に入力するようにしている(tunable LO方式).

SWIは単一ピクセルの検出器であり, 観測対象のサブミリ波放射の空間分布にアンテナビームパターンと呼ばれる主鏡(指向性アンテナ)の信号受信感度の方向依存性を畳み込んだ信号強度を受信する. アンテナビームパターンの広がり(狭さ)が観測の空間分解能に相当し, 大口径のアンテナほど高い空間分解能が実現される. JUICEは木星半径の $\sim 20$ 倍の距離から木星を観測することになる(木星の視直径が $100$  mradとなる)が, そこから木星大気の周縁部分を正確に観測するにはそれ相当の空間分解能の高さが必要となる. しかし, 大口径のアンテナはそれだけ重量が高み, ただでさえ総重量が他の科学測器よりも大きなSWIにとっては開発時の悩みの種であった. 許容された装置重量の範囲内で最大限の空間分解能が得られるように検討した結果, 最終的にSWIのアンテナ口径は $29$  cmとなった. このアンテナで得られる空間分解能(アンテナビームパターンの半値全幅)は,  $600$  GHz帯と $1200$  GHz帯でそれぞれ $2.16$  mrad ( $447$  秒角)および $1.08$  mrad ( $223$  秒角)である. また, SWIはアンテナの向きを探査機の軌道面内方向および軌道面に直交する方向の2方向に独自に駆動させることで, 木星や氷衛星サブミ

リ波放射の空間分布をマッピングする機能を持たせている. 軌道面内方向には $\pm 72$ 度, 直交方向には $\pm 4.3$ 度の範囲でアンテナの向きを変えることができる.

もう一つ, SWIでは観測装置自体の熱による雑音をなるべく抑えるため, 受信機を冷却している. ただし, 重量や消費電力の制限から, 冷凍機を用いた能動的な冷却ではなく, 放熱板を深宇宙に向けて設置するだけの受動的な冷却機構を採用している.

### 3. LEGA(月・地球重力アシスト)におけるSWI観測性能評価

#### 3.1 地球フライバイ

JUICEの昨年の一大会イベントが, 2024年8月の月・地球重力アシスト(Lunar Earth Gravity Assist, LEGA)であった. その軌道計画全般については本連載シリーズの過去記事でも触れられているためにここでは割愛するが, SWIもこのLEGAにおいて合計42時間の月および地球の観測運用を行った. この運用は, 将来JUICEが氷衛星をフライバイ観測する際の模擬練習の意味に加え, SWIの観測性能を実観測で評価するための重要なイベントであった. 結果は極めて満足の行くものとなったが, 本

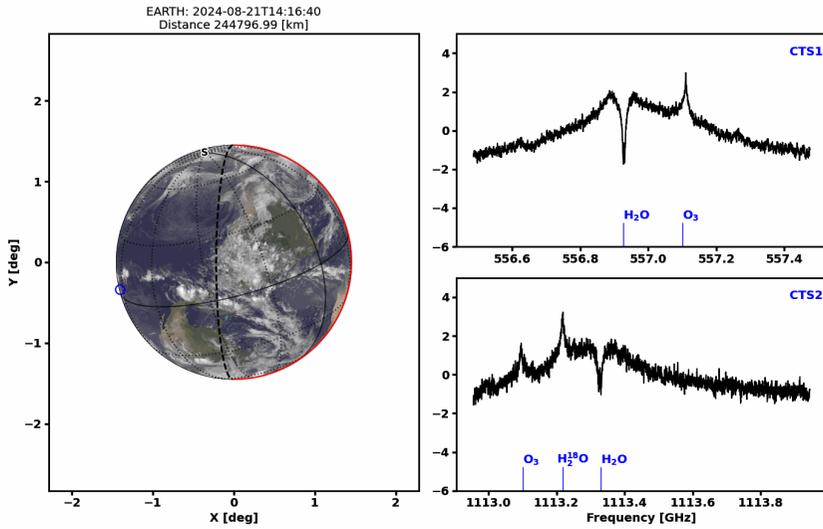


図4: 地球フライバイ時のSWI観測データ. 8月21日14:16(UTC)に地球からおおよそ24万kmの地点から観測. (図提供:MPS)

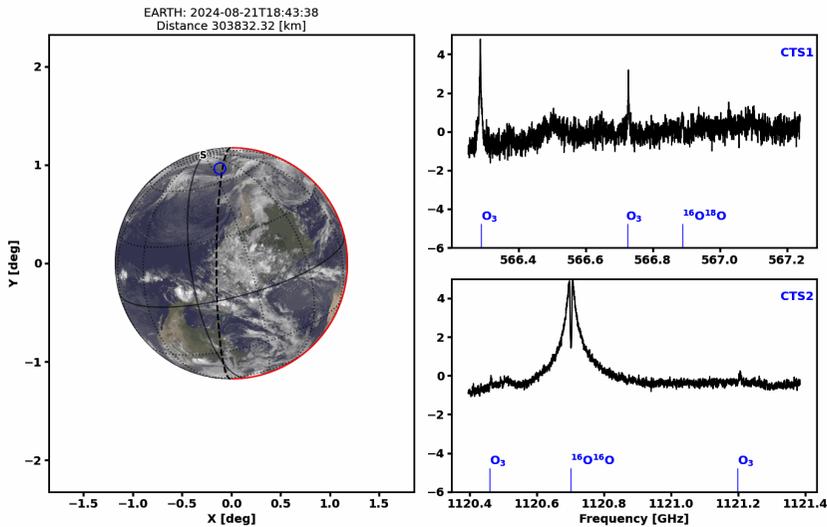


図5: 図4と同様, 但し異なるタイミング(8月21日18:43(UTC), 地球との距離およそ30万km)に異なる観測運用モードで取得した結果. (図提供:MPS)

稿では特に地球フライバイ観測の成果を紹介する.

図3は地球フライバイ時のJUICEと地球との距離の変化を示したものである. JUICEが8月20日(UTC)に地球に最接近したタイミングから23日にかけて, SWIはアンテナを地球方向に向けて観測

を実施した. 観測は, 600 GHz帯と1200 GHz帯の両観測周波数帯でACSとCTSの両分光計で行い, 地球上の一点を凝視観測する運用モードや, アンテナをJUICEの軌道面内および直交方向に細かく駆動しながら地球の二次元マップを合成する運用モー

ド、大気微量成分のラインサーベ이를目的として観測中心周波数を連続的に変化させながらデータを取得するモード、そして、地球の周縁部分(リム)にアンテナを向けて観測を行うリム観測モードなど、将来JUICEが木星圏に到着した際に実際に用いることになる様々な観測手法を一通り実施している。特に、リム観測モードでは、SWIの観測視線が地球大気を鉛直ではなく斜めに横切ることとなり、地球大気中の観測視線長を稼ぐことができる。これにより、観測視線に沿った大気分子の柱密度も大きくなり、その吸収線スペクトルの検出精度を大きく改善することができる。また、大気循環に起因する大気微量成分スペクトルのドップラーシフト(観測視線方向の風速)の検出にも適した観測手法であり、SWIの科学目標達成のために不可欠な観測運用モードの一つである。

### 3.2 結果

図4および図5にSWIが取得した地球フライバイ時の観測スペクトルを示す。各図の左側の地球画像に青丸で示しているのがSWIの観測点である。地球は右半分に太陽光があたっている状況であり、太い破線が地球の昼夜境界を示す。図4の場合は、SWIの観測点(青丸)は地球の夜側に位置している。SWIは大気の熱放射であるサブミリ波放射を観測するため、観測対象の昼夜を問わず観測が可能である。図の右側の二つのスペクトル図は、それぞれ、600 GHz帯と1200 GHz帯のCTS分光計で取得した高周波数分解能のスペクトルである。図4では、地球大気中の水蒸気 $\text{H}_2\text{O}$ のラインのみならず、水蒸気分子の酸素が $^{18}\text{O}$ になっている同位体 $\text{H}_2^{18}\text{O}$ まで明瞭に観測できていることが分かる。また、図5では、オゾン $\text{O}_3$ のラインや酸素分子 $\text{O}_2$ の同位体 $\text{O}^{18}\text{O}$ が観測されている。分子のスペクトルが輝線になっているものと吸収線になっているものがあるのは、それらのラインの光学的厚みの違いによるものである。

今回のフライバイではSWIの波長スキャンモードで観測をしており、600 GHz帯と1200 GHz帯の全域にわたってスペクトルを取得することができた(図4-5で示したのはそれらの中のとある1 GHzの帯域である)。これまで宇宙から地球をサブミリ波帯で観測した事例は、日本のJEM/SMILES[19]や米国のAura/MLS、欧州のOdin/SMRなどいくつかある

が、1200 GHz帯での観測は今回のSWIが世界初となる。初めて目にする1200 GHz帯での地球大気スペクトルにはオゾンや酸素分子のラインが多数検出されており、地球大気組成の特徴が端的に示されている。

MPSのホームページ<sup>3</sup>では、SWIのアンテナが地球上をスキャンするにつれて観測スペクトルの形状が変化していく様子がアニメーションとして公開されている。その動画ではSWIの観測視野が宇宙空間から地球に入る瞬間、つまりSWIが地球のリムを観測している瞬間に、地球大気分子のスペクトル強度が強くなっているのが確認できる。これこそがまさにリム観測の強みであり、木星大気や氷衛星の希薄大気の大気微量成分検出においてSWIがその特徴を発揮する点である。さらに、図5で示した観測データでは南極上空を横切るかたちでSWIが地球をスキャンしており、南極中心部から外れるにつれて、 $\text{O}_3$ のスペクトル強度に観測ジオメトリーの変化に起因するもの以上の変化が見えている。これは $\text{O}_3$ の存在量が場所により異なるためであり、南極上空で発生しつづあったオゾンホールの様子を捉えたものと考えている。

JUICEは、今年8月の金星フライバイ以降も、来年および2029年に地球フライバイを再度実施して木星圏に向かう。今回の地球フライバイ観測で得られた知見をもとに、次回・次々回の地球フライバイ観測では風速導出に特化した観測を試みるなど、地球大気に関する新たな科学成果の創出に挑みたい。

また、余談ではあるが、LEGAの実施中にJUICEは予期せぬガス放出による加速を受けている。その放出されたガスに含まれる水蒸気のシグナルが、月面を観測中のSWIのデータに見事に捉えられていた。他のいくつかの測器にも同ガス放出に関連すると思われるシグナルが見えており、SWIのデータと併せて、この突発事例の多角的な解析に貢献している[20]。

## 4. むすび

JUICEに搭載されたSWIは、サブミリ波帯(テラ

<sup>3</sup><https://www.mps.mpg.de/juice-a-look-at-our-blue-planet>

ヘルツ波)リモートセンシングという新たな「目」を携えた惑星探査の幕を開けるものである。地球フライバイ観測の成功により、SWIの深宇宙環境下での性能が実証され、2031年の木星圏到着に向けた準備は着実に進んでいる。到着後には、木星大気の時速・温度・化学組成の高精度な測定を通して、巨大ガス惑星の大気循環の理解が進むとともに、氷衛星における希薄大気微量成分や表面物性の観測によって、内部海の化学的性質やハビタビリティ評価に資する知見が得られると期待される。これらの成果は、太陽系の起源と進化、そして地球外における生命の在り方の議論に新たなブレイクスルーをもたらすであろう。

SWIに限らず、JUICEという前例のない大規模な外惑星探査において、日本の研究者がハードウェア開発にとどまらず、観測計画の立案やデータ解析にも主体的に関与していることは、木星圏の研究を超えて極めて大きな波及効果をもたらすと感じている。SWIプロジェクトを通じて蓄積された知見と技術は、将来、日本発のサブミリ波惑星探査の実現に向けた確かな礎となるであろう。若い研究者や大学院生の皆さんには、ぜひこの機会にJUICEやSWIの研究に加わり、現場でしか得られない唯一無二の経験を積んでほしい。そうした挑戦の積み重ねが、今後、さまざまな分野において失敗を恐れず粘り強く新たな創造に挑む機運の醸成につながることを願っている。

## 参考文献

- [1] 笠井康子ほか, 2014, 遊星人 23, 140.
- [2] Bolton, S. J. et al., 2021, *Science* 374, 968.
- [3] Li, C. et al., 2017, *Geophys. Res. Lett.* 44, 5317.
- [4] Cosentino, R. G. et al., 2017, *J. Geophys. Res. Planets* 122, 2719.
- [5] Sinclair, J. A. et al., 2018, *Icarus* 300, 305.
- [6] Kuroda, T. et al., 2014, *Icarus* 242, 149.
- [7] Nakamura, Y. et al., 2023, *Earth, Planets & Space* 75, id.140.
- [8] Karyu, H. et al., 2025, *Earth Space Sci.* 12, e2025EA004203.
- [9] Medvedev, A.S. et al., 2013, *Icarus* 225, 228.
- [10] Roth, L. et al., 2014, *Science* 343, 171.
- [11] Paganini, L. et al., 2020, *Nature Astronomy* 4, 266.
- [12] McGrath, A. M. et al., 2013, *J. Geophys. Res. Space Phys.* 118, 2043.
- [13] Saur, J. et al., 2015, *J. Geophys. Res. Space Physics* 120, 1715.
- [14] Vance, S. D. et al., 2018, *J. Geophys. Res. Planets* 123, 180.
- [15] Yamada, T. et al., 2018, *Astron. Astrophys.* 619, A181.
- [16] Bockelée-Morvan, D. et al., 2024, *Astron. Astrophys.* 681, A27.
- [17] de Graauw, Th. et al., 2010, *Astron. Astrophys.* 518, id.L6.
- [18] Gulkis, S. et al., 2007, *Space Science Reviews* 128, 561.
- [19] Kikuchi, K. et al., 2010, *J. Geophys. Res. Atmos.* 115, D23306.
- [20] Cappuccio, P. et al., 2025, *EGU General Assembly 2025*, EGU25-16492.

## 著者紹介

### 笠井 康子



東京科学大学 環境社会理工学院 融合理工学系教授, 国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT) Beyond5G研究開発推進ユニット テラヘルツ研究センター研究統括, 内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 上席科学技術政策フェロー, 東京工業大学理工学研究科化学専攻博士課程修了, 博士(理学), 日本学術振興会特別研究員(PD), 理化学研究所基礎科学特別研究員を経て1999年郵政省入省, 通信総合研究所CRL(NICT前身)研究官, NICT上席研究員・研究統括を経て, 2023年5月より東京工業大学環境社会理工学院融合理工学系教授, 専門分野・研究テーマは地球惑星テラヘルツ波リモートセンシング, 宇宙からの地球観測データのAI解析など, 日本地球惑星科学連合, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 日本惑星科学会, 日本気象学会, 日本大気化学会, 日本分光学会, アメリカ地球物理学連合などに所属, 委員はCommissioner of the International Radiation Commission (IRC)(2020年まで), Member of COSPAR Scientific Commission Associates Expert, Communications Networks, Content and Technology, EUROPEAN COMMISSION (2018年まで), 環境省中央環境審議会総合政策部会 環境研究・技術開発推進戦略専門委員, 日本学術会議環境学委員会・地球惑星科学委員会合同IGBP・WCRP・DIVERSITAS合同分科会IGAC小委員会委員, 環境省環境研究企画委員会委員, 日本学術会議環境学委員会・地球惑星科学委員会 COSPAR小委員会委員,

### 佐川 英夫

京都産業大学 理学部教授, 情報通信研究機構テラヘルツ研究センター協力研究員, 2007年東京大学理学系研究科博士課程修了, 博士(理学), ドイツ・マックスプランク研究所太陽系研究部門ポスドク研

究員, 情報通信研究機構電磁波計測研究所研究員を経て, 2014年より京都産業大学に着任, 2025年度からは同大学の神山天文台長も務める, 研究テーマは, 地球を含む太陽系天体の大気・表層環境を観測的手法により明らかにすること, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 日本惑星科学会, 日本天文学会に所属,

### 黒田 剛史



東北大学 大学院理学研究科 地球物理学専攻助教, 情報通信研究機構(NICT)テラヘルツ研究センター協力研究員, 2006年東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻博士課程修了, 博士(理学), ドイツ・マックスプランク太陽系研究所研究員, 日本学術振興会特別研究員(PD), 東北大学大学院理学研究科助教, NICT主任研究員を経て2019年より現職, 専門分野・研究テーマは大気循環モデリングの手法による惑星気象学, 惑星大気物理学, 日本地球惑星科学連合, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 日本惑星科学会, 日本気象学会, 日本大気化学会, アメリカ地球物理学連合, アメリカ天文学会惑星科学部に所属, 2024年より日本学術会議地球惑星科学委員会 国際連携分科会COSPAR小委員会委員,

### 山田 崇貴



国立研究開発法人 情報通信研究機構(NICT) テラヘルツ研究センター テラヘルツ連携研究室 主任研究員, 東京学芸大学 非常勤講師, 2018年東京工業大学大学院融合理工学研究科化学環境学専攻博士課程修了, 博士(理学), 専門はテラヘルツ波リモートセンシング, 日本大気化学会, 日本天文学会に所属,