



(報道提供資料)

大阪科学・大学記者クラブ

問い合わせ先

公立大学 大阪府立大学

理学系研究科 宇宙物理学研究室

担 当 前澤裕之 准教授

連絡先 072-254-7674

e-mail maezawa@p.s.osakafu-u.ac.jp

大阪府立大学・理学部発

地上ミリ波電波望遠鏡で太陽系惑星大気環境の謎に挑む

-世界初の惑星大気観測専用地上ミリ波望遠鏡の誕生-

大阪府立大学を中心とするグループ(代表：前澤裕之准教授)は、国立天文台野辺山宇宙電波観測所の口径 10m の電波望遠鏡を改良し、ミリ波帯では世界初となる太陽系の惑星中層大気環境(注1)を監視する SPART(Solar Planetary Atmosphere Research Telescope)プロジェクトを開始しました。

これまでも電波望遠鏡を用いて、太陽系惑星の様々な分子種のスペクトル線観測が行われてきました。しかし電波望遠鏡を惑星観測に当てられる時間は極めて限られており、データも離散的なため、惑星中層大気の詳細理解には至っていませんでした。惑星大気環境の理解は、私達の地球大気の過去・将来を理解することでもあります。

SPART は、惑星観測に占有できる世界唯一の地上ミリ波電波望遠鏡(注2)であり、惑星大気に含まれる一酸化炭素(注3)などの微量分子が放出するスペクトル線(注4)を常時リモートセンシングできるのが特徴です。精度の高い観測を短～長期スケールで集中的に行うことにより、惑星大気の物理状態や光化学反応素過程を解き明かすとともに、私達の銀河において典型的な G 型星(注5)である太陽の活動が、惑星中層大気環境のバランスに与える影響や、宇宙天気と惑星大気環境との関係について探っていきます。

昨年 12 月より開始した初期運用試験では、金星や火星の一酸化炭素(CO)スペクトル線のかつてない高頻度観測が実現し、刻々と変化する惑星大気環境を高信頼に捉えることに成功しました。その観測結果から現在の金星の高度 80 km 付近の一酸化炭素は減少傾向にあることが判明しました。これにより、金星の大気環境・気候に何らかの変化が生じた可能性もあり、また、ここ 20 年の太陽活動(注6)の低下傾向と関連性があることも考えられます。

これらの成果は、平成 24 年 9 月 19 日より開催される日本天文学会で報告されます(項目 7 参照)。



図 1：国立天文台・野辺山宇宙電波観測所に設置されている、SPART(手前)。

周囲は、野辺山ミリ波干渉計として一緒に稼働していたアンテナ群。

【1. 世界初の惑星観測専用ミリ波地上電波望遠鏡について】

国立天文台・野辺山宇宙電波観測所(NRO)では、これまで6台の口径10mのアンテナで構成される野辺山ミリ波干渉計(NMA)により、星形成領域、星間分子雲、系外銀河などの観測が行われてきました。平成23年6月、NMAの運用は幕を閉じ、大阪府立大学を中心としたグループは、そのうちの1台をNMAシステムから独立させ、惑星観測専用の望遠鏡へと改良しました。同年11月には初期試験を実施し、オリオン座巨大分子雲の大質量星形成領域のスペクトルの検出に成功し、翌月には100GHz帯の初期運用を開始しました。望遠鏡は、最新鋭の高感度超伝導検出器や分光計を搭載しており、ヘテロダイン受信(注7)により天体を超高感度かつ高い周波数分解能で観測することが可能です。今後は、他波長の望遠鏡や衛星測器、ALMA(注8)などとのシナジー効果が期待されるとともに、本プロジェクトは、大学生・大学院生、国立天文台の技術スタッフを中心に進めているため、大学教育への効果も期待されます。本年度にはさらに高い周波数帯の超伝導検出器を定常稼働させ、さらなる高精度観測を展開します。



図 2: 大学院生が望遠鏡制御コンソールの前でオペレーション/観測する風景。

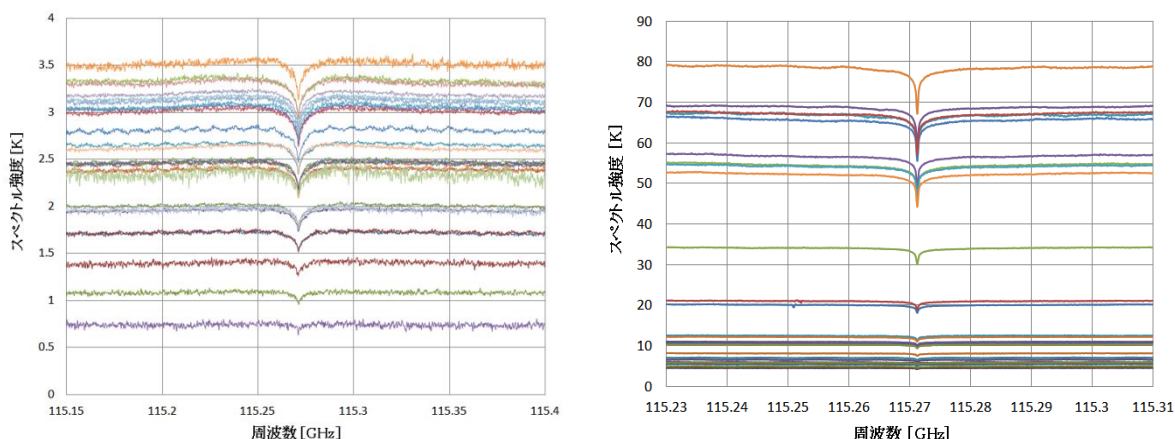
【2. 観測結果について】

平成23年12月-24年6月にかけて初期運用試験を実施しました。惑星大気のスペクトルの強度レベルが上下方向に変化しているのは、惑星と地球の距離の変化に伴う見かけ上の惑星の大きさの変化を反映しています。そのスペクトルの中央付近に見えるのが惑星大気中のCO分子の吸収スペクトル線です。

火星や金星の大気主成分である二酸化炭素(CO₂)は、太陽光によりCOへと壊され、大気循環により輸送されていきます。SPARTでは、このCOの存在量の変動を高精度に捉えることに成功しました。また得られたデータを、過去30年程度の先行研究と詳しく比較すると、金星の高度80km付近のCOの存在量は現在低い値に留まっており、30年程度をかけて徐々に減少している可能性があることも分かってきました。ここ20年程度、太陽活動は大局的に低下傾向にあり、このこととの関連も考えられます。

平成24年には太陽活動はピークを迎えると予想されています。今後惑星大気にどのような影響がみられるのか、より本格的な観測を展開する計画です。

図 3: 初期運用で得られた火星(左)と金星(右)の一酸化炭素の吸収スペクトル線。



【3. 背景 -これまでの惑星大気観測 -】

惑星大気は様々な波長域・測器により観測が行われています。最近、赤外線望遠鏡によって、火星の低層でメタンが検出され、生物起源の可能性などが議論され、惑星大気科学の最も厚いトピックスの一つとなっています。また探査機によって火星地表面の水の存在なども明らかになってきました。また、惑星大気の進化過程を理解するため、超高層における大気散逸過程の観測研究も活発に行われています。

一方、中層大気は、これら低層と超高層をリンクする非常に重要な領域ですが、観測が難しく、そこでの大気化学反応素過程や大気の循環メカニズムはまだほとんど理解にいたっていません。そもそも金星・火星において、主成分であるCO₂がなぜ太陽光によって全部COへと壊されて枯渇しないのか、といった基本的な問題もまだ完全には理解が進んでいません。最近、地球では太陽の高エネルギーイベントに伴って中層大気にオゾンホールが形成されました。地球は磁場によって守られていますが、磁場の無い現在の火星や金星は太陽活動に暴露されています。太陽活動が惑星中層大気にどのような物理的・化学的なバランスをもたらしているのか、という研究もこれまでほとんど未開拓のままでした。

ミリ・サブミリ波電波望遠鏡は、宇宙空間に漂う星間分子雲だけでなく、惑星大気中の微量分子のスペクトル線の観測にも威力を発揮します。惑星大気環境の理解は、私達の地球大気の過去・将来を理解することでもあります。近年、系外惑星探査(注9)やハビタブルゾーン(注10)などの研究も活発に展開されています。本SPARTプロジェクトにより、G型星が惑星大気環境やハビタブルゾーンに及ぼす影響や、惑星大気環境と宇宙天気(注11)の関連について新しい知見が得られ、理解の突破口が開かれるものと期待されます。

【4. 本資料・本研究に関するホームページ】

<http://www.astro.s.osakafu-u.ac.jp/research/spart.html>

より、本資料の電子版にアクセスすることができます。また惑星観測の一般的な説明や、本研究に関連する観測結果や写真なども掲載しています。

【5. 連携研究者の機関】

大阪府立大学、国立天文台、名古屋大学、情報通信研究機構、東北大学、慶応大学、東京大学

【6. 国立天文台の連携教員】

久野成夫 国立天文台・野辺山宇宙電波観測所・所長

川辺良平 国立天文台・野辺山宇宙電波観測所・前所長

【7. 関連する発表】

日本天文学会 2012年秋季年会 (大分大学)

9月21日 前澤 裕之 (大阪府立大学)

V154a 太陽系惑星大気監視プロジェクト SPARTの進捗/金星の一酸化炭素の変動

【8. 用語説明】

注1 中層大気

中層大気は、地球では対流圏と超高層の間にあり、成層圏・中間圏を含む高度 10-120 km 程度の領域を指します。温暖化やオゾン層、大気大循環などもこの領域と深く関わっています。惑星は必ずしも地球と大気の構造が同じではないため、明確な定義は無いものの、金星では下層と上層を繋ぐ高度 65-120 km 付近、火星では 40-100km 付近が中層大気に相当します。

注2 ミリ波・サブミリ波電波望遠鏡

天体からの波長 0.1mm-10mm の電磁波を観測する望遠鏡。一般にこの望遠鏡では、高感度な超伝導検出器を搭載したテロダイン受信の手法がとられ、星間ガスや惑星大気の微弱なスペクトルを検出し、高い周波数分解能でスペクトルを分光できる強みを持ちます。アンテナの口径は大きいほど、また周波数は高いほど、望遠鏡の空間分解能は高くなります。口径 10m の SPART は中口径の望遠鏡で、空間分解能は約 68 秒角です。中口径の望遠鏡は風や日照の影響を受けにくい他、太陽系惑星を観測するのに必要な空間分解能を備えており、惑星の追尾モニタリングに適しています。

注3 一酸化炭素

火星や金星の大気主成分は二酸化炭素(CO₂)です。この CO₂に太陽の紫外線が照射されると、CO₂は一酸化炭素(CO)と酸素(O)に壊れていきます。しかし現在、火星や金星では CO₂は枯渇しておらず、これは CO₂の光化学的安定性問題と呼ばれています。光解離によって水蒸気(H₂O)から生成された OH などが CO を CO₂へ戻す(酸化する)反応等が考えられますが、詳細理解は今後の観測研究に委ねられています。

注4 回転遷移スペクトル/吸収スペクトル線

分子の回転量子数(回転のエネルギー)が変化(遷移)する時に放出されるスペクトルのこと。分子の回転のエネルギーはとびとびの値しか持つ事が出来ないため、放出される電磁波の波長はそのエネルギー差に対応した特定の周波数の電磁波が放出されます。CO の場合、周波数約 115GHz、230 GHz・・・と離散的にスペクトル線を持ちます。下層の温度が暖かく、上層の温度が冷たい惑星大気を地球から観測すると、手前にある冷たい CO の上層が、下層の温かい背景放射を吸収して、吸収スペクトル線として観測されます。このため、スペクトルの形から、分子の存在量だけでなく、惑星大気の温度構造の情報も得られます。

注5 G型星

恒星は吸収線とその強度によって O, B, A, F, G, K, M といったスペクトル型に分類されます。O 型に向かうほど質量が大きく高温になります。太陽は G 型星に分類され、主系列星として輝く(核融合反応が続く)寿命は 100 億年程度です。これに対し O 型星は、質量が太陽の 60-100 倍程度と大きく、強烈な紫外線などを放射し、寿命は 1000 万年程度です。このことから、惑星において生命を育むためには、中心星の型が重要であることがわかります。

注6 太陽活動

太陽は 11 年周期で活動しています。活動期には太陽フレアなどの爆発現象が増加し、コロナ質量放出

などに伴って高エネルギー粒子が地球に達すると、磁気嵐などを誘発し、衛星や無線、送電線の電子系統などにも被害を及ぼすこともあります。17 世紀のマウンダー極小期のように、太陽活動が低下すると太陽系に降り込む宇宙線量が増え、雲が増えるという指摘もあります。太陽は 2013 年にはサイクル 24 の極大期に達すると考えられますが、黒点数等をここ 20 年のスケールで見ると、太陽活動は大局的に低下傾向にあります。

注 7 ヘテロダイン受信

天体からの 100GHz 以上の高周波は、直接高感度に増幅することが難しいため、局部発振器からの基準信号と混合し、扱い易い差周波(中間周波)帯へと周波数をダウンコンバートします。これをヘテロダイン受信と呼びます。最終的に中間周波は高速フーリエ変換分光計などで分光処理されます。このため、星間分子雲や惑星大気の細いスペクトル線成分を、高感度かつ高い周波数分解能で観測することができる特徴をもちます。

注 8 ALMA

Atacama Large Millimeter/submillimeter Array の略。日米欧 3 極が中心となって、南米チリに建設しているミリ波サブミリ波干渉計。日本は、この望遠鏡に搭載される 150GHz 帯、500GHz 帯、800GHz 帯受信機の開発などを行っており、大阪府立大学宇宙物理学研究室は 150GHz 帯、800GHz 帯受信機の開発に参加しています。本年秋から 16 台の望遠鏡で初期観測を開始する予定です。

注 9 系外惑星

太陽系外の惑星。多くは恒星のまわりを公転しています。1995 年以降、視線速度法、トランジット法、重力レンズ法、光学直接撮像などの技術革新により、系外惑星が飛躍的に検出され始めました。スーパーアースやホットジュピターなど、太陽系惑星とは異なる性質・形成過程の惑星も多く観測されています。

注 10 ハビタブルゾーン

中心星からの輻射などによるエネルギー量や惑星系形成過程などを考慮したときに、原理的に生物の存在が可能な領域(中心星からの距離)のこと。生物生存圏と呼ぶこともあります。水が液体で存在できる環境かといったことも指標の一つとされます。

注 11 宇宙天気

太陽風や突発的なコロナ質量放出や高エネルギー粒子などの太陽の活動が、惑星空間や地球大気にもたらす変動や擾乱のこと。衛星や、国際宇宙ステーションに居住する人間、地上の通信や送電線などのインフラシステムに与える影響などを予測・予報し、被害を最小限に抑えるため、世界中の衛星測器による観測ネットワークが敷かれ、宇宙天気予報などの取り組みが進んでいます。