

立教大学学術推進特別重点資金（立教SFR）
プロジェクト研究（共同プロジェクト研究）
2013年度研究【経過・成果】報告書

研究代表者	所属・職名		氏名	
	立教大学理学部准教授		亀田真吾 印	
研究課題	太陽系外惑星の物質散逸現象			
研究組織	所属機関・部局・職名		氏名	
	立教大学理学部教授		田口真	
	立教大学理学部助教		鈴木秀彦	
研究期間	2013年度 ~ 2015年度			
研究経費	2013年度	2014年度	2015年度	総計
(上段: 支出金額)	3699千円	千円	千円	千円
(下段: 採択金額)	3700千円	1000千円	1300千円	6000千円

研究の概要 (200~300字で記入、図・グラフ等は使用しないこと。)

我々の住む地球、そして太陽系は特別な存在なのだろうか？この根源的な問いに答えるためには、太陽系と系外惑星の比較が必要である。本研究では、太陽系科学で得られた知見から、観測による情報が限定的となる系外惑星系の環境・状態を推定し、太陽系や系外惑星系の性質を探る。特に、太陽系よりも激しい物質散逸が起きていると予想される系外惑星での物質散逸現象に焦点をあて、大気をもつホットジュピター、固体表面がむき出しになっているスーパーアースからの散逸現象について研究を進める。その結果をもとに、系外惑星の物質散逸現象とその時間変動の検出を目指し、ファブリペロー干渉計を用いた広視野高分散分光装置の設計・開発を行う。

キーワード (研究内容をよく表しているものを3項目以内で記入。)

[系外惑星] [惑星大気] [分光観測]

研究【経過・成果】の概要 (図・グラフ等は使用しないこと。)

2013 年度に実施した研究活動は、系外惑星大気観測用高分散分光装置開発のための基礎実験と、水星近傍の太陽風磁場とナトリウム大気の同時観測の 2 つに分けられる。本報告では 2 つの活動の成果を記す。

・ 系外惑星大気観測用高分散分光装置開発のための基礎実験

初めて発見された系外惑星は、木星と同程度の大きさの惑星が主星から非常に近い軌道(太陽地球間距離の 20 分の 1)を公転しているホットジュピターと呼ばれる惑星であり、太陽系惑星の環境とは大きく異なるものであった。その後にも数多くのホットジュピターが発見されたことに加え、高密度のため大気のない惑星と考えられるスーパーアース(巨大地球型惑星)がホットジュピターと同様に主星から非常に近い軌道上を公転していることも確認された。太陽系惑星の物質散逸現象から類推すれば、これらの惑星では太陽系惑星より激しい物質散逸が起きていると考えられる。しかし、これまでに行われた観測では、主に系外惑星の大きさ、質量、公転周期など限られた情報しか得られていない。太陽系惑星の多様性を考えればこれらの情報だけで惑星の真の性質を知ることは難しい。2013 年度はこの課題を解決するため、ホットジュピター HD209458b のナトリウム大気の観測を想定し、高分散分光観測の検討を進めた。

HD209458b は初めて大気が検出された系外惑星であり、その後も多くの観測が行われてきている。大気はトランジット観測で検出されている。主星の前を惑星が通過する際に、大気種に応じた波長の吸収が起きるため、この時の吸収の深さを測定することで大気の見積もることが可能となる。検出された大気種のうち、ナトリウムは D 線の領域で 0.1% 程度の吸収を生じることが先行研究によって分かっている。本研究ではこの変動の時間変動を捉えるために宇宙望遠鏡に観測装置を搭載することを検討している。D 線の観測のためには、波長分解能 10 万程度の高分散分光が必要であるが、この程度の波長分解能を達成するために回折格子を用いた分光器を使うと、長い焦点距離の大型の装置が必要となり衛星への搭載は困難である。一方で、ファブリペロー干渉計を使用すれば、小型で高い波長分解能を達成する装置を製作することができる。ファブリペロー干渉計の欠点として波長範囲が狭まることがあげられるが、特定の大气種に絞って観測を行う場合には問題にはならない。そこで、本研究ではファブリペロー干渉計を用いた分光装置の開発を進めた。

ファブリペロー干渉計は回折格子のように光を分散するのではなく、入射角に応じて波長を選択的に透過する。惑星系から地球に到達する光はほぼ平行光であるため、直接ファブリペロー干渉計に光を入射させた場合、単一の波長のみ透過することになる。この場合、大気吸収線周辺のスペクトルを得ることができない。そのため、我々は光ファイバを焦点面に設置し、片方の端面に結像した点像がもう一方の端面ではファイバコア径に応じて広がることを利用することにした。実験によって充分広く一様性の高い面光源が得られることは 2013 年度の中頃には確認できた。この時点で、望遠鏡の追尾精度の制約からファイバの入射面上での星像位置が変動し、出射面光源分布が変化してしまうことが懸念された。そこで、2013 年度には追尾精度と出射面光源分布の変動を定量的に評価するために試験装置を製作して実験を行った。結果として、追尾精度を約 3 秒角以下に収めれば、光量分布変動は 0.1% 以下に抑えられるということが示された。系外惑星観測用の地上・宇宙望遠鏡では追尾精度 3 秒以下という値は既に様々な計画で達成されている値である。これらの結果から、望遠鏡とファイバの組み合わせによりファブリペロー干渉計を使った系外惑星大気の観測が可能であることが示されたため、2014 年度はファブリペロー干渉計を組み合わせた装置を完成させる予定である。

研究【経過・成果】の概要 つづき

・水星近傍の太陽風磁場とナトリウム大気の同時観測

2011年3月に水星探査器 MESSENGER が周回軌道投入に成功し、太陽風粒子・磁場観測を現在も行っている。本研究ではこの好機を生かし、水星表面からの物質散逸量の変動と太陽風活動の関係を明らかにすることを目標として、ハワイ・ハレアカラ観測所において地上観測を行った。水星はナトリウムを主成分とする希薄な大気を有している。ナトリウムは地表から光脱離、太陽風衝突、隕石衝突などによって放出され、数時間飛行したのちに太陽紫外線により電離し、惑星間空間に散逸していくと考えられている。この中で、支配的な生成過程は明らかになっていない。過去の観測結果は、ナトリウムが南北の高緯度で濃集していることを示しており、これは太陽風粒子が水星磁気圏のカスプ領域から侵入し、表面の物質をスパッタリング効果で放出させる、あるいは表層物質の拡散により最表面にナトリウム原子を供給することによって引き起こされる現象であるという説が有力である。この説が正しければ、太陽コロナ質量放出現象が起き、大量の太陽風が水星に衝突した際には大気密度が増加するような現象が捉えられるはずである。しかしながら、2013年度に現地で開催した観測や過去の観測データの解析により、太陽風流量が変動しているにもかかわらず、ナトリウム大気密度が安定しているという現象が示された。一方で、太陽風流量が安定している時にもナトリウム大気密度は安定していた。この結果は、太陽風がナトリウム大気生成に与える影響は大きくないということを強く示唆している。

また、2013年度中には MESSENGER のガンマ線分光観測による地表に存在するナトリウム分布が捉えられ、南半球のデータは得られていないが、少なくとも北半球では高緯度でナトリウム密度が高い、という結果が得られた。この結果は、ナトリウム大気が高緯度で濃集している原因は、必ずしも地表と太陽風の衝突によるものではないという我々の結論を裏付けるものである。2014年度以降は、隕石衝突による大気生成への寄与を評価するために、水星の軌道上の位置に応じて集中的に観測を実施し、黄道面に集中していると推定される惑星間空間ダストと水星の衝突による大気生成量に関する研究を進める。この結果から、水星よりさらに主星に近く高温になっていると推定されるスーパーアースでの物質散逸現象を捉えるために、観測時期の最適化を測る。

研究発表 (研究によって得られた研究経過・成果を発表した①～④について、該当するものを記入してください。該当するものが多い場合は主要なものを抜粋してください。)

- ①雑誌論文 (著者名、論文標題、雑誌名、巻号、発行年、ページ)
- ②図書 (著者名、出版社、書名、発行年、総ページ数)
- ③シンポジウム・公開講演会等の開催 (会名、開催日、開催場所)
- ④その他 (学会発表、研究報告書の印刷等)

④
Kameda, s.; Fusegawa, A.; Suzuki, H.; Kagitani, M.; Sugita, s., Sodium exosphere on Mercury, Moon and Asteroids, European Planetary Science Congress 2013, 8th-13th September, 2013. London, UK

*布施川 綾花, 亀田 真吾, 鍵谷 将人, 岡野 章一、水星ナトリウム大気と太陽風、SGEPSS2013秋期講演会、11月5日、高知大学

*亀田 真吾, 布施川 綾花、ひのでSOTによる昼面水星大気分布観測、SGEPSS2013秋期講演会、11月3日、高知大学

*亀田真吾, 布施川綾花, 鈴木秀彦(立教大理), 鍵谷将人(東北大), 杉田精司(東大)、月・水星・小惑星のナトリウム大気、2013年惑星科学会秋期講演会、11月22日、沖縄