

立教大学学術推進特別重点資金 (立教 S F R)
 個人研究費
 2011年度研究成果報告書

研究代表者	所属・職名	氏名
	理学部・准教授	亀田 真吾 印
研究課題	水星大気密度変動と磁気圏活動	
研究期間	平成23年度	
研究経費	600,000円	

研究の概要 (200~300字で記入、図・グラフは使用しないこと)

水星周回衛星メッセンジャーの寿命は設計上1年と予想されており、今年度末頃まで磁気圏観測が行なわれる。本研究ではメッセンジャーの観測期間中に、ハワイ・ハレアカラ観測所でナトリウム大気光の観測を行ない、大気光観測と磁気圏観測の結果を合わせ、水星大気密度変動に対する磁気圏活動の影響を調べる。ハレアカラ観測所では日中に長時間継続した観測を行う。太陽からのコロナ質量放出時やマリナー10号のフライバイ時に観測されたサブストームが起きた時には、降り込み粒子が1桁以上増大する可能性があるため、これらの現象による大気密度変動を捉えることができる。本年度は水星太陽離角が15度以上となる12/27-1/6の期間に現地で観測を行なった

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。)

{ 水星 } { 大気光 } { 太陽風 }

研究成果の概要 (図・グラフ等は使用しないこと。)

太陽系惑星において、水星は非常に希薄な大気を持ちつつ、固有磁場を有する唯一の惑星である。他に固有磁場を持つ惑星である地球・木星・土星においては既に周回衛星による探査が行なわれ、濃い大気を持つ惑星の磁気圏については研究が進められてきた。一方、水星では2011年3月にようやく初の周回衛星観測が開始されたばかりであり、惑星科学分野においては未開の地である。大気と磁場を持つ惑星では磁気圏からの降り込み粒子と大気粒子の衝突によるオーロラ発光現象が観測されているが、大気が非常に希薄な水星においては、降り込み粒子が大気粒子の代わりに固体表面に直接衝突すると考えられる。過去に行われてきた大気光観測結果は、大気が高緯度領域から放出される傾向が高い可能性を示しているが、継続的な磁気圏観測がこれまで行なわれていなかったため結論は出ていない。本研究ではメッセンジャーの観測期間に合わせて大気光観測を行なうことにより、水星磁気圏と固体表面の相互作用の全容の解明を目的とした。

太陽系惑星の第一惑星である水星は、他の惑星と大きく異なる性質を持つ。例えば地表面での大気密度は2番目に大気が薄い火星の100億分の1以下である。これは太陽からの距離が近く、重力が小さいことから大気が惑星上から散逸したことが原因であると考えられる。このような惑星は我々の住む地球とは大きく異なっているため、より地球に近い火星や金星の研究の方がより活発に進められてきた。しかし近年になって500を超える太陽系外惑星が発見されるようになり、その中には水星よりも中心星に近い惑星も数多く見つかっている。これらの惑星で起きている現象を推測するためには中心星風と固体表面の相互作用に関する研究結果を参照することは必須であり、本研究は大きな役割を果たすことが期待される。

2011年3月18日に世界初の水星周回衛星「メッセンジャー」が周回軌道に投入され、観測を開始し、2011年4月の時点でも順調に観測が続けられている。本衛星には磁場・粒子観測器が搭載されており、当初は2011年3月に運用を終了する予定であったが1年間の延長が決定され、さらに磁気圏の観測が行われる予定である。大気光観測器も搭載されているが、高分散分光が必要な昼側大気光の観測はできない。磁気圏活動と大気分布変動を同時に捉えるためにはこの期間に地上観測を行うことが必須である。そこで私は水星観測好機である2011年12月から2012年1月にかけてハワイ・ハレアカラ観測所において地上観測を実施し、メッセンジャーの磁気圏観測結果との比較を行なうこととした。

水星は太陽に近いため、日没後あるいは日の出前に観測を行なう場合、観測時間は30分程度に限られてしまう。一方で、日中にも観測を行なう事が出来れば観測時間は8時間程度以上まで延長する事ができる。私は岡山天体物理観測所で日中に水星観測を実施した実績があるため、2011年度にも岡山で共同利用観測を実施した。しかし、本年度は岡山の天気が非常に悪く、年度前半の時点で1日もデータを取る事ができなかった。そこで、私はハワイ・ハレアカラ観測所の望遠鏡に専用の遮光フードを作成し取り付ける事で、日中に水星観測を実施することにした。現地ではフードに使える素材を購入するのが困難であったため、あらかじめ望遠鏡の大きさ、観測ドームの大きさなどを調査し、材料を日本で購入し現地での加工を行なった。

望遠鏡の口径は40cmであり、太陽離角が10度程度の時に太陽光がシュミット補正板を照らさないようにするためには2m程度の長さのフードが必要となる。しかし、この望遠鏡は夜間にも使用されるため、フードは夜間には外さなければならず、2mほどのフードを取り付けることは非常に困難である。また風により追尾精度が非常に低下してしまうことも懸念された。そこで私は望遠鏡の一部(軸外し・直径12cm)を使う事により必要となるフードの長さを減らす事にした。これにより必要な長さは約70cmとなり、鏡筒の長さ60cmに対して同程度であるため、伸縮により夜間観測に影響がないようなフードを製作する事ができた。これにより、12月から1月にかけて日中に観測を実施し、12月30、31日、1月1、2、5日には1日あたり5-10時間程度という長時間の観測に成功した。

研究成果の概要 (つづき)

メッセンジャーのデータは通常半年後に公開されるため、12月-1月の詳細なデータは得られていないが、メッセンジャーチームと連絡を取ることににより、太陽のコロナ質量放出がメッセンジャー衛星で検出された、すなわち水星に到達した日にちを知る事ができた。これにより私の観測期間のうち、コロナ質量放出が水星表面に到達したのは1月3日のみである事が分かった。残念ながらこの日は曇天により観測を実施する事ができておらず、コロナ質量放出到達時の水星大気密度変動を捉える事は出来ていない。しかし、1月3日の前後である1月2日と1月5日には観測を行なっている。過去の研究結果ではコロナ質量放出の到達により1週間程度に渡って大気密度が増加したと結論づけた研究結果もあり、この結果が正しければ、1月2日に対して1月5日は密度が高くなると考えられる。そこで、1月2日と1月5日に観測された大気密度を比較したところ、両日間で大気密度の変動は10%程度以下であった。コロナ質量放出時には太陽風衝突量が1桁程度は増加すると考えられるのに対し、この変動は非常に小さいと言える。Potter et al. (1999)の研究結果によれば、1週間の間に大気密度は数倍程度まで増加しており、この結果とは大きく食い違うこととなった。

Potter et al. (1999)の観測時には、探査機による水星周辺の太陽風が計測されていないため、大気密度増加の原因がコロナ質量放出によるものとは必ずしも言い切れなかったが、私の観測結果はコロナ質量放出によって大気密度が増加しない事を示しており、Potter et al. (1999)が観測した密度増加現象の原因は明確ではなくなった。密度増加現象を説明する別の要因として考えられるのは、比較的大きい隕石が水星に衝突することにより、自身や水星表面から大気成分を放出するという説である。Kameda et al. (2009)では長期的な変動の解釈として、太陽風量の変動ではなく隕石衝突頻度の変動が原因であるとしており、この説とは矛盾しない。

一方で、水星大気は南北高緯度に濃集する傾向が高いという性質がある。これは、水星磁場の開いた領域(カスプ領域)に太陽風粒子・磁気圏粒子が降り込む事により、水星表面からスパッタリングにより大気成分が放出されたためと考えられている。仮に隕石衝突が主要な大気放出過程であるとする場合、南北高緯度の濃集を説明する事は困難である。以上のことから本年度の観測によって、水星大気放出過程に関してさらなる謎が生まれる事となった。

本年度は製作・取付で試行錯誤があったことや天候が良くなかった事もあり、観測時間が減ってしまい、不運にもコロナ質量放出が水星に到達した時に観測を実施する事ができなかった。しかし、岡山天体物理観測所よりも遙かに晴天率の高いハワイ・ハレアカラ観測所にて日中に水星大気光観測を可能としたことは本年度の大きな成果と言える。メッセンジャー探査機は2012年度も観測を継続するため、2012年度にはハワイ・ハレアカラ観測所にてさらに観測を継続的に実施し、コロナ質量放出到達時の水星大気密度変動の観測を目指す。この観測に成功すれば、水星大気密度変動と磁気圏活動の相関が明らかとなり、水星大気放出過程について長らく続いてきた議論に決着を付ける事が可能となる。

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)

① なし

② なし

③ なし

④ Sodium on Mercury, Comets, and Asteroids, (招待講演), Symposium on Planetary Science 2012, 2012/04, 仙台