

## 水星ナトリウム大気と太陽風

# 布施川 綾花 [1]; 亀田 真吾 [2]; 鍵谷 将人 [3]; 岡野 章一 [4]

[1] 立教大・理; [2] 立教大; [3] 東北大・理・惑星プラズマ大気研究センター; [4] 東北大・理・PPARC

### Mercury's sodium exosphere and solar wind

# Ayaka Fusegawa[1]; Shingo Kameda[2]; Masato Kagitani[3]; Shoichi Okano[4]

[1] Science, Rikkyo Univ.; [2] Rikkyo Univ.; [3] PPARC, Tohoku Univ; [4] PPARC, Tohoku Univ.

MESSENGER started its orbital observation on Mar. 2011 and is still in operation. We have observed Mercury's sodium exosphere at Haleakala Observatory in Hawaii since Apr. 2011. We observed Mercury for 154 days in two years, from Apr. 2011 to Mar. 2012. We investigated the temporal variation of solar wind magnetic field detected by MESSENGER/MAG. The increase of solar wind magnetic field was detected only three times, on Nov. 23, 2011, Jan. 2 and Jun. 30, 2012. Our result is the first one in the world in that we can investigate the temporal variation of sodium density in dayside exosphere when the intensity of solar wind magnetic field increased.

Mercury has a thin atmosphere. In the past, Mercury has been observed by Mariner 10 and MESSENGER, and ground-based observations have also been carried out. H, He, O, Na, Mg, K, and Ca were detected in its atmosphere. The NaD emission is well suited for study by ground-based observations because of its high intensity. Past observations have shown that concentration of sodium emission at high latitudes, north-south asymmetry and temporal variations of the exosphere. Potter et al.(1999) suggested that the total amount of sodium on Mercury increased monotonically in several days of observation after CMEs occurred on the same side of the Sun as Mercury. However, it is unclear whether or not CME encounters occurred on Mercury at that time. Solar-photon-stimulated desorption, sputtering by solar particles and meteoroid vaporization are considered to be the source processes of Mercury's exosphere. It has been thought that the solar wind ions arrive at the surface of Mercury in the cusp region of Mercury's magnetosphere and then impact Mercury's surface inducing the sputtering of surface sodium atoms, leading to localized increases of the sodium density at high latitudes. We investigated the relation between the temporal variation of sodium density and the temporal variation of solar wind flux.

Because Mercury is the nearest planet from the Sun, observation times are limited about 30 minutes before sunrise or after sunset. However, continuous long time observation is needed to investigate the relation between the temporal variation of sodium density and solar wind flux. Then, we attached the hood on the telescope to prevent sunlight from illuminating the main mirror to observe Mercury in daytime.

We compared the distribution of sodium density with the solar wind magnetic field detected by MESSENGER/MAG. We cannot compare the temporal variation of sodium density with solar wind flux directly because MESSENGER does not observe solar wind ion. The result of observation by ACE suggested that the solar wind magnetic field and proton flux are highly correlated when the large increase of solar wind magnetic field was detected. Therefore, we compared sodium density with solar wind magnetic field instead of solar wind ion. The increase of solar wind magnetic field was detected only three times, on Nov. 23, 2011, Jan. 2 and Jun. 30, 2012. The increase of solar wind magnetic field was detected from Jan. 2 to 4, 2012. We carried out continuous daytime observation on Jan. 1, 2, and 5. However, no obvious increase of sodium density was detected in our observation. MESSENGER/MAG also detected increase of solar wind magnetic field on Nov. 23, 2011. We compared distribution of sodium density from Nov. 22 to 24, 2011. The distribution was quite stable in these three days. These results are different from Potter et al.(1999). On the other hand, no obvious increase of sodium density was detected when the solar wind magnetic field was stable.

Our result suggested that the solar wind impact makes little effects on the release of sodium. Additionally, our result was different from that of Potter et al.(1999). We will consider the sodium source mechanism which explains concentration of sodium at high latitudes and stability of sodium density while solar wind magnetic field increases.

2011年3月よりNASAの水星探査機MESSENGERが水星周回軌道上での観測を開始し、2013年7月現在も観測を続けている。私たちは2011年4月よりハワイ・ハレアカラ観測所で水星ナトリウム大気光の観測を行い、2013年3月までの2年間で154日の観測に成功した。MESSENGERの磁場計測器により検出された磁場を調べると、観測日のうち水星近傍の太陽風磁場に2倍以上の増加が見られたのは2011年11月23日、2012年1月2日、及び2012年6月30日付近の3回のみであった。同時期の海外の水星研究チームによる観測日の合計は39日であり、太陽風磁場に2倍以上の増加が見られた3日も、他に観測を行っていた研究チームはなかった。そのため、私たちの観測結果は太陽風磁場強度の増加時における水星昼側大気中のナトリウム原子密度の変動を調べることができる世界初の結果である。

水星は非常に希薄な大気を持つ。過去には水星探査機Mariner 10とMESSENGERのフライバイによる観測、及び地上観測が行われ、大気中のH、He、O、Na、Mg、K、Caが検出された。中でもナトリウムは発光強度が高く、地上観測に適しているため多くの観測が行われてきた。これらの観測により、水星ナトリウム大気が高緯度に集中すること、南北非対称であること、数時間から数日単位で変動することがわかっている。また、Potter et al.(1999)は太陽からのコロナ質量放出が水星方向へ到達したとされる日から、約1週間かけてナトリウムの量が3倍に増加したと報告している。しかし、Potter et al.(1999)の観測時には水星周辺の太陽風に関する情報は得られていないため、ナトリウム量が増加した原因がコロナ質量放出によるものとは言い切れない。このような特徴を持つナトリウム大気の生成過程として、光脱離、太陽

風イオンスパッタリング、微小隕石の衝突による気化などが考えられている。最も生成量の大きい過程は光脱離であるとされているが、光脱離では太陽直下点で放出量が最大となるため、高緯度の集中は説明できない。この現象は、太陽風イオンが水星南北のカスプ領域から降り込むことにより、地表下のナトリウム原子が拡散されて地表面に供給され放出することにより起こるという説が有力である。本研究では MESSENGER から得られる太陽風に関する情報と、地上観測から得られたナトリウム大気に関する情報を比較し、太陽風流量の変動とナトリウム原子密度の変動の相関を調べた。

ハレアカラ観測所では、口径 40cm のシュミット・カセグレン式望遠鏡、高分散エシェル分光器、CCD カメラを用いて観測を行っている。水星は太陽に最も近い惑星であるため、通常、観測時間は日の出前もしくは日没後の 30 分程度に限られる。しかし、太陽風流量の変動とナトリウム原子密度の変動の関係を調べるためには長時間の連続した観測が必要であるため、望遠鏡に太陽光を遮るためのフードを取り付けて日中に観測を行った。2011 年 9 月に遮光フードを設計・作成し、1 日 10 時間以上の連続観測を実現した。

観測結果よりナトリウム原子密度の分布を求め、MESSENGER により検出された磁場との比較を行った。MESSENGER は太陽風粒子の観測を行っていないため、太陽風流量の変動とナトリウム原子密度の変動を直接比較することはできない。しかし、地球近傍における太陽風磁場と流量の関係を ACE の観測結果を用いて調べた結果、2012 年の 1 年間で太陽風磁場が定常状態よりも 2 倍以上に増加したときの 87% において、太陽風流量が 2 倍以上増加することを確認した。この結果より、太陽風磁場の変動が特に大きいときには、太陽風磁場と流量には強い相関があると考えられるため、ナトリウム原子密度と太陽風磁場の比較を行った。私たちが観測を行った日のうち、太陽風磁場に 2 倍以上の増加が見られたのは 2011 年 11 月 23 日、2012 年 1 月 2 日、及び 2012 年 6 月 30 日付近の 3 回のみであった。

2012 年 1 月 2 日から 4 日にかけて太陽風磁場は定常状態の 2 倍程度増加していたが、観測を実施した 1 月 1 日、2 日、及び 5 日のナトリウム原子密度には 2 倍以上の増加は見られなかった。また、2011 年 11 月 23 日は 5 時 UT から 22 時 UT にかけて磁場強度が定常状態の 3 倍以上増加していたが、11 月 22 日から 24 日の地上観測結果から大気密度分布には変化が見られなかった。どちらも Potter et al.(1999) の結果とは異なる結果である。また、6 月 30 日も同様の結果が得られた。一方、太陽風磁場に 2 倍以上の増加が見られなかった日も、ナトリウム原子密度に 2 倍以上の増加は見られなかった。

今回の結果は、太陽風がナトリウムの生成に与える影響は少ないということを示唆しており、Potter et al.(1999) の結果とは明らかに異なる。これらの結果を踏まえ、ナトリウム大気の高緯度集中と太陽風磁場強度の増加時にナトリウム原子密度が増加していないことの両方を説明する大気生成過程について議論を進める。