

R009-20

B会場：11/7 AM2 (10:45-12:30)

10:45~11:00

## 大気波動と太陽風が火星熱圏電離圏擾乱に与える影響の同定

#中川 広務<sup>1)</sup>, イングランド スコット<sup>2)</sup>, 吉田 奈央<sup>1)</sup>, 原田 裕己<sup>3)</sup>, 堺 正太朗<sup>1)</sup>, 寺田 直樹<sup>1)</sup>, 関 華奈子<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> 東北大・理・地球物理, <sup>2)</sup> 米ヴァージニア大学, <sup>3)</sup> 京大・理, <sup>4)</sup> 東大理・地球惑星科学専攻

## Identifying atmospheric waves and solar wind impacts in the Martian atmosphere and ionosphere

#Hiromu Nakagawa<sup>1)</sup>, Scott England<sup>2)</sup>, Nao Yoshida<sup>1)</sup>, Yuki Harada<sup>3)</sup>, Shotaro Sakai<sup>1)</sup>, Naoki Terada<sup>1)</sup>, Kanako Seki<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Dep. Geophysics, Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ., <sup>2)</sup> Virginia Polytechnic Institute and State University, <sup>3)</sup> Kyoto University, <sup>4)</sup> Dept. Earth & Planetary Sci., Science, Univ. Tokyo,

Atmospheric gravity waves (GW) are ubiquitous features of planetary atmospheres. They act as “conduits” to transport energy and momentum between different regions, and they affect a variety of atmospheric processes from mixing of minor species to momentum balance, thermal balance, and dynamic circulation. These waves achieve far larger amplitudes in the Martian thermosphere than are typically observed at Earth. Thus, at Mars such waves may play an even more important role than they do at Earth. Without a strong magnetic field, observations of ions at Mars also commonly reveal features of GW that frequently track those in the neutral atmosphere. However, the solar wind (SW) is also capable of producing fluctuations or irregularities in the ions that may have wavelengths similar to GW and can confuse such an analysis unless data from both ions and neutrals are used simultaneously.

Here we identify characteristics of both atmospheric waves and SW induced fluctuations seen in MAVEN observations of the Martian thermosphere and ionosphere. We applied the Neutral Gas and Ion Mass Spectrometer (NGIMS) aboard MAVEN measures both neutral and ion densities during the period from 2015 to 2020 for five years. The wavelike fluctuations of neutrals, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O, and ions, O<sub>2</sub><sup>+</sup>, CO<sub>2</sub><sup>+</sup>, O<sup>+</sup>, are identified by the polynomial fit to the individual profile altitudes from 160 and 240 km. The two-fluid model has been used to identify properties of GW and acoustic waves (AW). For each set of NGIMS observations orbit by orbit to both the neutrals and ions, we search through the range of possible GW/AW frequencies, wavelengths and see if they can fit the observed density fluctuation amplitudes and phases.

Based on the analysis of 68 characteristic cases, we demonstrate that atmospheric waves do not explain the fluctuations attributed to impacts of the SW. In at least some cases, this transition is consistent with the increasing gyro/collision frequency ratio along the height. We then present the occurrence rates of these SW impacts, their relationship to the solar wind itself, and spatial distribution across the planet. In a wide survey, we see currently unexplained behavior both at night, and especially near dusk over the stronger crustal magnetic field features. Although the basic process might be understood by analogy in the Earth with a stronger intrinsic magnetic field, we would like to deepen our consideration from a comparative planetary perspective.

大気重力波は、惑星大気中に普遍的に存在しており、エネルギーや運動量を異なる高度領域間で輸送する“導管”として働く。微量成分の混合、運動量・熱バランス、大気の循環まで様々な大気プロセスに影響を及ぼす。これら大気波動擾乱は火星熱圏では地球で一般的に観測されるよりも遥かに大きな振幅が観測されている。従って、火星では地球よりもさらに重要な役割を担っている可能性がある。強い磁場が存在しない火星では、電離大気中にも中性大気とよく似た特徴を示すことが多い。一方で、磁場がないことにより、宇宙からの太陽風や高エネルギー粒子が直接大気に降り注ぐことによって電離大気の揺らぎや不規則構造を生成しうる。そのため、火星電離圏では下層からと宇宙からの両方からの影響が複雑に絡み合っており、その相対的な重要性や切り分けが変動理解のためには重要である。

本研究では、米火星探査衛星 MAVEN による火星熱圏電離圏観測データを用いて下層からの大気波動と宇宙からの太陽風による揺らぎ両方の特徴を明らかにする。MAVEN に搭載された中性・イオン質量分析器 NGIMS を用いて 2015 年から 2020 年の 5 年間に観測された中性 CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O と、イオン O<sub>2</sub><sup>+</sup>, CO<sub>2</sub><sup>+</sup>, O<sup>+</sup> の密度擾乱成分を解析する。それぞれの擾乱成分は、高度 160~240 km の個々の軌道で得られた高度分布に対して多項式フィットにより抽出する。観測で得られた擾乱成分に対して、二流体数値モデルを比較することで、大気重力波・音波の特性を同定する。観測された密度変動の振幅と位相を説明可能な大気波動の特性が現実的な範囲で再現できるかを評価する。

特徴的な 68 例のデータを解析した結果から、太陽風に起因する擾乱成分は多流体モデルを用いた大気波動では説明がつかないことを実証することができた。その際、中性・イオンとの衝突周波数が磁場によるジャイロ周波数よりも卓越する場合、衝突による強い中性イオンカップリングにより、電離大気中にみられる擾乱は中性大気と類似した大気波動で説明することができ、一方でジャイロ周波数が卓越する場合は、電離大気特有の擾乱がみられることが、少なくともいくつかのケースで確認することができた。次により多くのデータを用いて、太陽風条件との関係、空間分布や SZA 依存性など統計的な特徴を明らかにした。その結果、夜間、特に強い地殻磁場構造や夕暮れ時に、大気波動では説明のつかない振る舞いがみられることがわかった。より強い固有磁場を持つ地球におけるアナログで基本的なプロセスは理解できると考えているが、比較惑星学的に考察を深めていきたい。