

惑星大気中の音波と重力波の伝搬

渡辺 歩佳 (東大・理, ayuka@ac.jaxa.jp) , 今村 剛 (ISAS/JAXA)

1. はじめに

惑星大気中の重力波や音波の観測は一般的に困難である。特に音波は短周期であるため非常に観測されにくい。そのため、理論的にも観測的にもそれらの波に関する研究はあまりなされていない。

しかし、短周期の波は長周期の波に比べて分子拡散による影響が小さいため、より高い高度まで到達することができる。たとえば熱圏でそのような波が消散する際に背景大気にエネルギーを供給し、大気構造に影響を与えることが考えられる。今回は火星大気を仮定した計算を行った。

2. 先行研究

下記は火星大気中を伝播する重力波について計算を行った先行研究である。

図 1a から高度 150km 付近まで伝播しているのがわかる。また、波が減衰する際に加熱と冷却が起こっている。

- ① 水平波長 $\lambda_h = 38.3\text{km}$, 周期 $t = 30.25\text{min}$
- ② 水平波長 $\lambda_h = 150\text{km}$, 周期 $t = 50\text{min}$

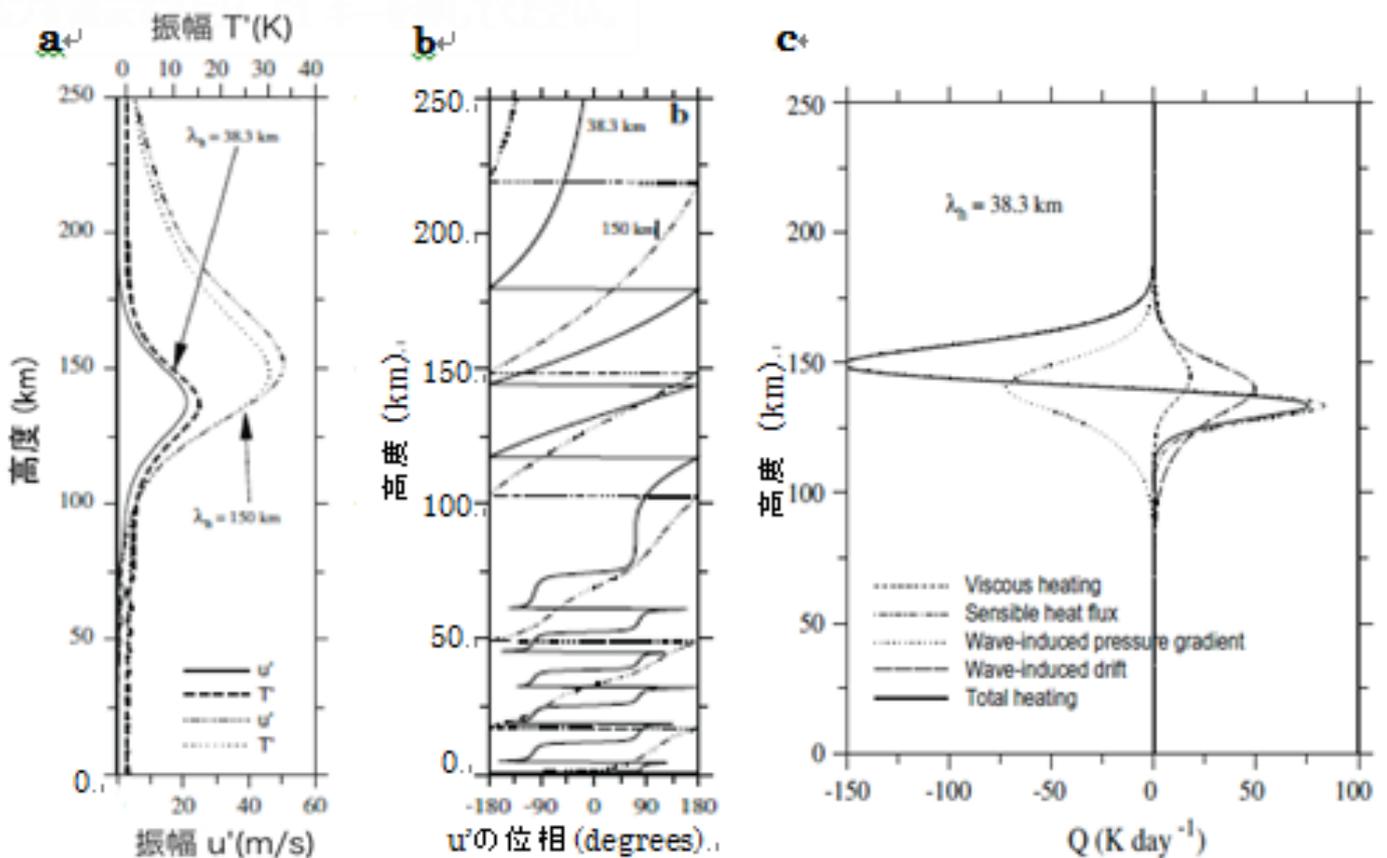


図 1: (a)重力波①と②に対する水平速度の擾乱 u' と温度の擾乱 T' の振幅高度分布
(b)重力波①と②に対する u' の位相高度分布
(c)重力波①の加熱率高度分布

(Parish et al.2009)

また、重力波や音波の発生源として考えられているダストストームについての先行研究をあげる。

図 2 からいくつかのダストストームが実際に観測されていることがわかる。また図 3 では、上昇流によりダストが高度 25km 付近まで上昇する様子を計算により示している。これらのダストが、太陽光を吸収することにより短い時間スケールで大気を加熱し、重力波や音波を発生すると考えている。

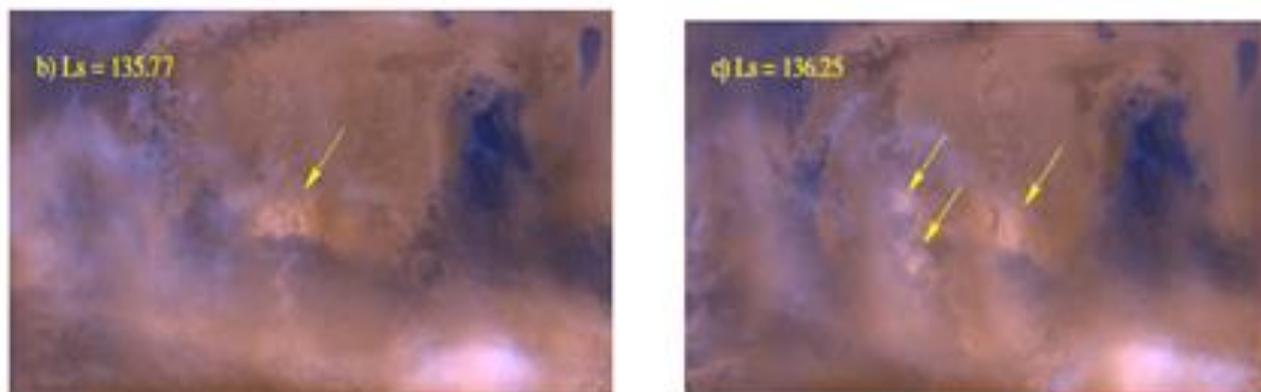


図 2: Mars Global Surveyor MOC によって観測されたメソスケールのダストストーム
(spiga et al. 2013)

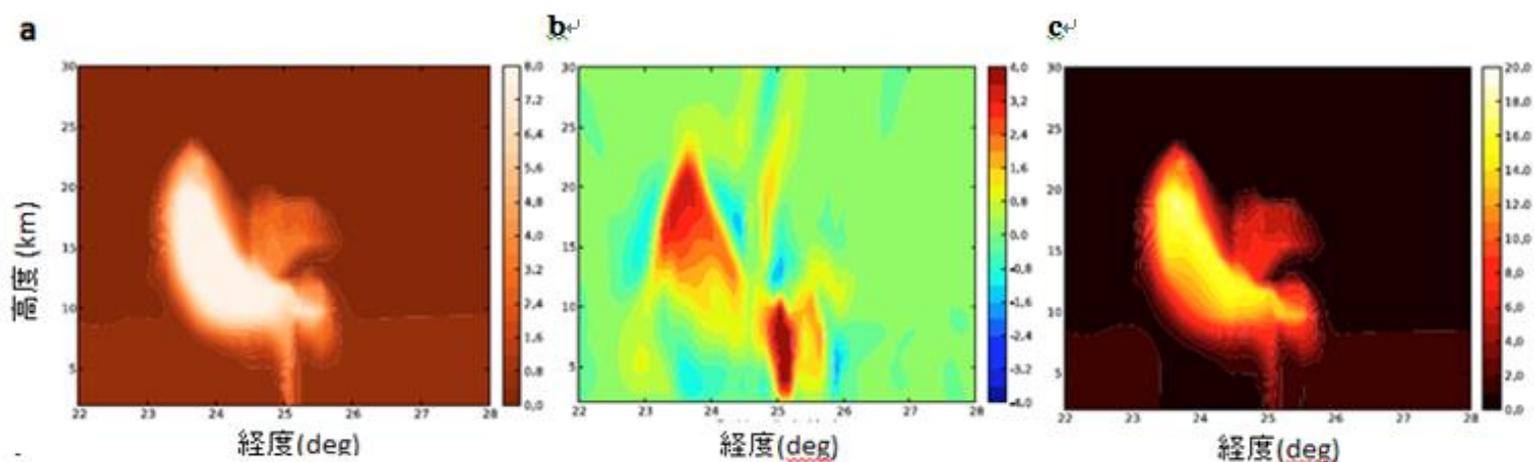


図 3: (a) ダストの高度分布 [$10^{-4} \text{ m}^2 / \text{ kg}$]
(b) 上昇流の高度分布 [m/s]
(c) 加熱率の高度分布 [K / Martian hour] (spiga et al. 2013)

3. 計算設定

今回の計算では Full-wave モデル(線形, 非静力学, non-WKB)を用いたことにより、反射波も考慮されている。また、背景風と渦拡散はゼロとし、大気組成は CO₂ のみとしている。計算設定と分子拡散係数の高度分布を以下に示す。

求める変数	水平速度 u 鉛直速度 w 圧力 p 温度 T
モデル領域	高度 -300~300km (高度 0km で 6hPa)
スポンジ層	高度 -300~250km , 250~300km
境界条件	上端 : 振幅ゼロ, 下端 : 振幅ゼロ
波の励起	高度 0km において加熱強制

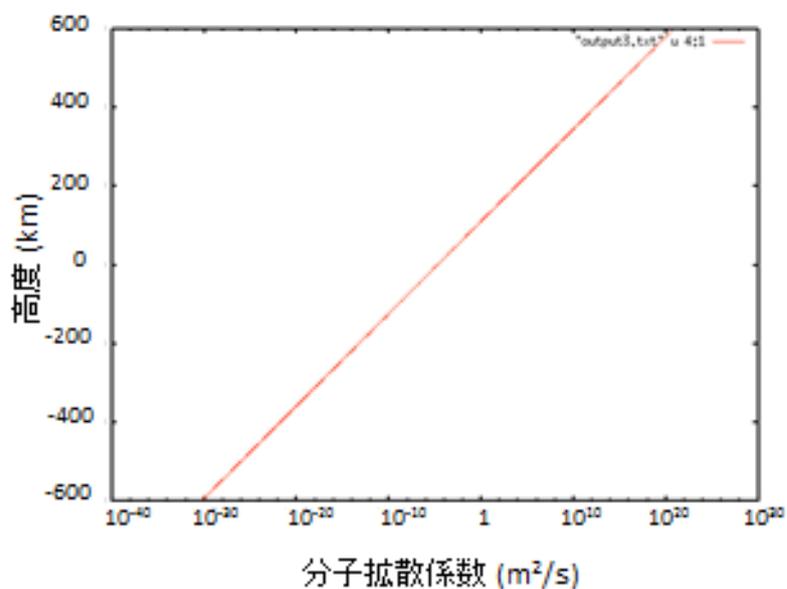


図 4: 分子拡散係数の高度分布

4. 計算結果

計算結果を以下に示す。図 5 から、重力波($\lambda_x = 100\text{km}$, $t = 60\text{min}$)は、高度 180km 付近で減衰し、その際に大気を加熱していることがわかる。音波($\lambda_x = 100\text{km}$, $t = 5\text{min}$)は、図 6 から高度 250km 付近で減衰しその際にやはり加熱していることがわかる。

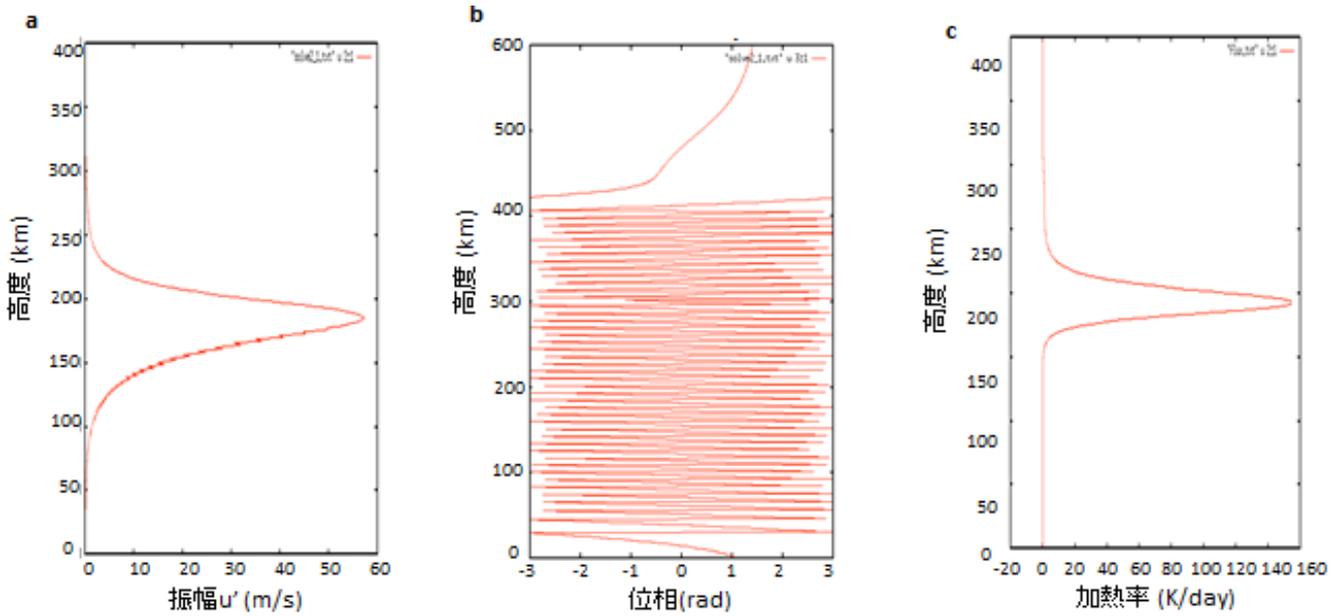


図 5: (a) 水平速度の擾乱 u' の振幅高度分布
(b) 水平速度の擾乱 u' の位相高度分布
(c) 顕熱フラックスによる加熱率の高度分布

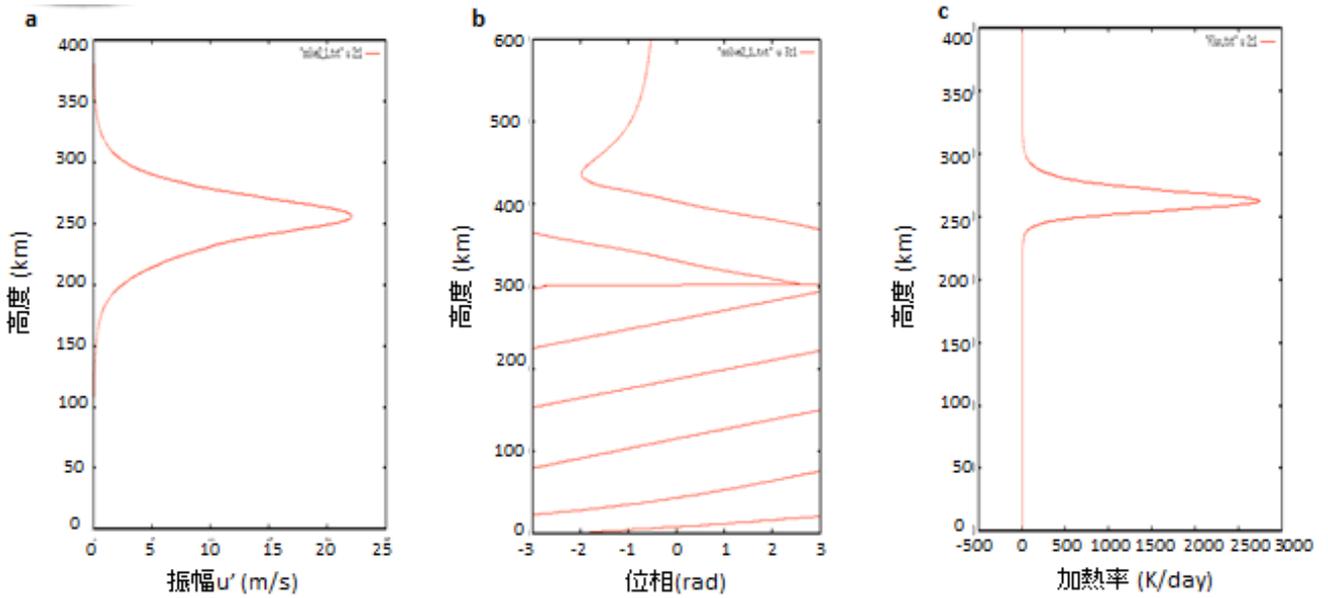


図 8: (a) 水平速度の擾乱 u' の振幅高度分布
(b) 水平速度の擾乱 u' の位相高度分布
(c) 顕熱フラックスによる加熱率高度分布

5. まとめ

- ・短周期重力波と音波についての線形解を求めることができた。
- ・音波の方が重力波よりも高い高度まで伝搬している様子を確認できた。
- ・波が減衰するところで顕熱フラックスによる大気加熱が起こることを確認できた。

6. 今後の展望

- ・音波と重力波の伝搬特性の違いについて考察を深める。
- ・顕熱フラックスのみならず、その他加熱率に寄与する物理プロセスの考察。
- ・異なる波長や周期において同様の解析を行い、依存性を調べる。
- ・大気組成の高度変化や放射減衰を考慮し、より現実的な大気での伝搬特性を調べる。
- ・過去の地球や金星など、様々な条件下へ応用する。