

# 暗黒物質が潮汐力に与える影響

○中村共喜<sup>1</sup>, 長尾桂子<sup>1</sup>

<sup>1</sup>岡山理科大学

## 概要

宇宙には、暗黒物質と呼ばれる未知の物質が存在している。また、地球は月や太陽などの天体から引力を受けており、この引力によって地球には潮汐力が働く。暗黒物質は質量を持つ物質なので、潮汐力に影響を与えると考えられる。

本研究では、地球周辺の暗黒物質が地球の潮汐力に与える影響を評価した。地球周辺の暗黒物質密度が  $5.0 \times 10^9 \text{ GeV/cm}^3$  以上の場合、潮汐力の計測値にその影響が見えることが分かった。

## 1. イントロダクション

### 1.1 暗黒物質

暗黒物質は質量を持った未知の物質である。銀河回転運動や重力レンズなどの観測から存在が示唆されている。太陽系近傍の暗黒物質密度は  $0.4 \sim 0.6 \text{ GeV/cm}^3$  と推定されている[1]。

### 2.2 潮汐力

一般的な潮汐力の式は

潮汐力 = 天体に働く引力 - 正味の遠心力

$$F_A = G \frac{m_L \rho_E}{(R-r)^2} - G \frac{m_L \rho_E}{R^2} = -2G \frac{m_L \rho_E}{R^3} r$$

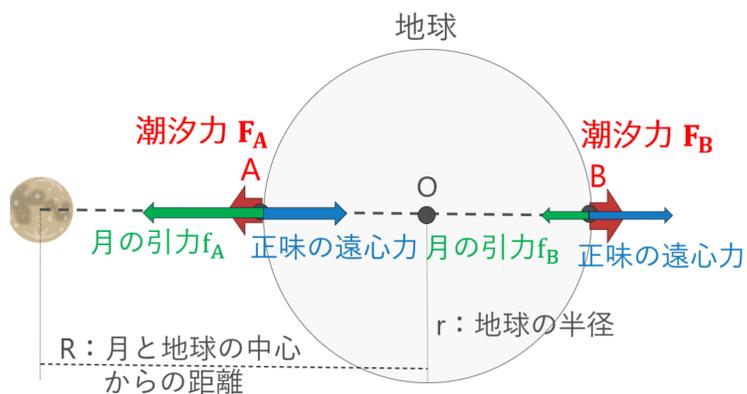
$$F_B = G \frac{m_L \rho_E}{(R+r)^2} - G \frac{m_L \rho_E}{R^2} = 2G \frac{m_L \rho_E}{R^3} r$$

$F_A$  : 月に最も近い地球上の点には働く潮汐力

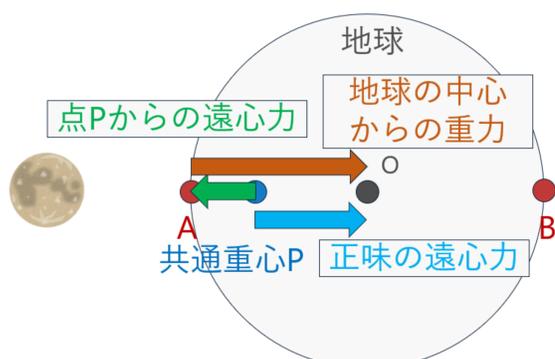
$F_B$  : 月から最も遠い地球上の点に働く潮汐力

$G$  : 万有引力定数

$\rho_E$  : 地球の地殻密度



## 補足：正味の遠心力



正味の遠心力は、月と地球の共通重心から点Aに向けた遠心力、点Aから中心点Oに向けた地球の中心からの重力が働き、その合力が正味の遠心力となる。

また、正味の遠心力は地球上のどの点でも同じ向きで等しくなる。

## 2. 暗黒物質がある場合の引力の計算

暗黒物質が一様に分布するのではなく、場所に依存する場合、密度が高い天体の周辺に多く集まるので太陽を基準として考える。このとき、先行研究より

$$\rho_0(r_s) = \rho_{DM} e^{-cr_s} \quad (1)$$

をモデルとして用いた[2]。  $r_s$  は太陽からの距離、  $\rho_{DM}$  は太陽での暗黒物質密度、  $c = 0.3 \text{ AU}^{-1}$  である。

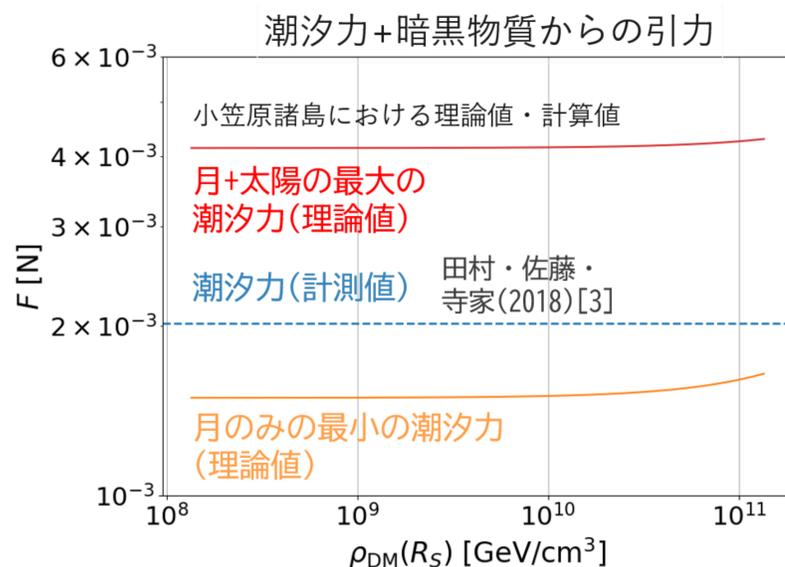
(1)式で表される暗黒物質密度を全空間で積分し、地球上の点Aにおける暗黒物質からの引力  $F'_A$  を求めた。

$$F'_A = G \rho_E \rho_{DM} \int_0^L \int_0^\pi \int_0^{2\pi} \frac{e^{-cr_s}}{r_{DM}^2} r_s^2 \sin \theta dr_s d\theta d\phi \quad (2)$$

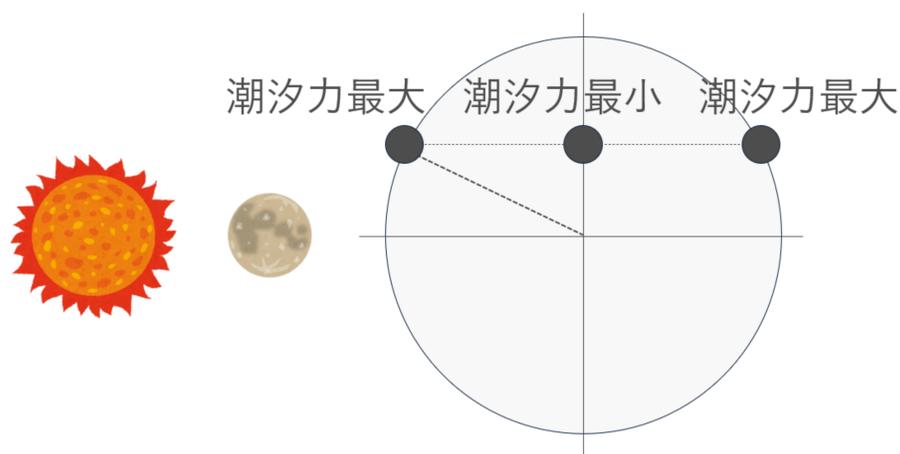
$r_{DM}^2$  は地球上の点Aからの暗黒物質までの距離である。

## 3. 結論

(2)式より、潮汐力の計測値に対する暗黒物質の影響を評価した。暗黒物質密度が  $\rho_{DM} = 5.0 \times 10^9 \text{ GeV/cm}^3$  以上のとき、潮汐力の計測値に暗黒物質が影響し始める。



※潮汐力が最大となるのは、月と太陽と地球が一直線に並び、月と地球の距離が最も近くまたは遠くなる時



## 参考文献

[1] Pablo F. de Salas and Axel Widmark. Rep. Prog. Phys. 84 104901(2021)

[2] N. P. Pitjev, E. V. Pitjeva. Astron.Lett, 39. 141-149(2013)

[3] 田村良明, 佐藤忠弘, 寺家孝明. Journal of the Geodetic Society of Japan, 63.139-156(2018)