

福岡県高等学校物理クラブ研究発表会

クレオパトラを追え!!

SS天文研究会

3年 木村 祐太  
山崎 蓮



# I 謎の小惑星 クレオパトラ

# クレオパトラの来歴

形状がよく分かっていない

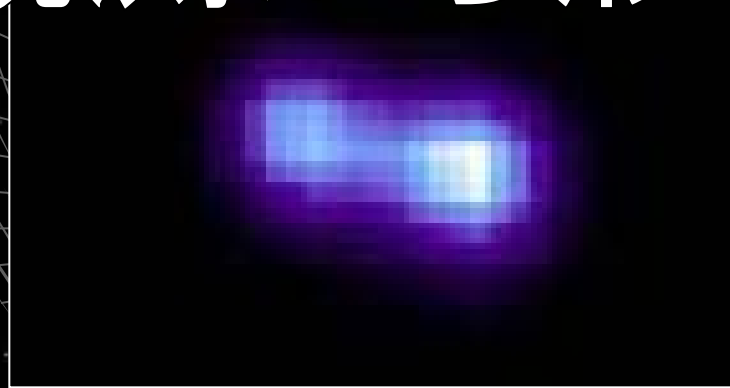
1999年

ヨーロッパ南天天文台の観測  
(光学観測)

1999年

アレスボ天文台の観測  
(レーダー観測)

観測から形状を特定したい



↓  
離れている

↓  
繋がっている

# Ⅱ 構造の調査





仮説1

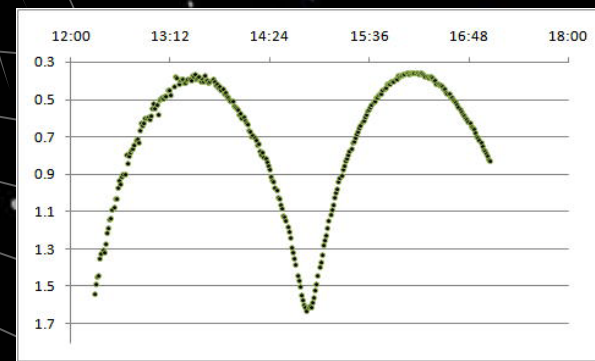
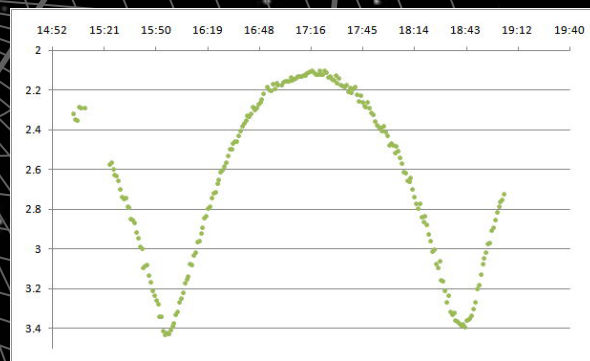
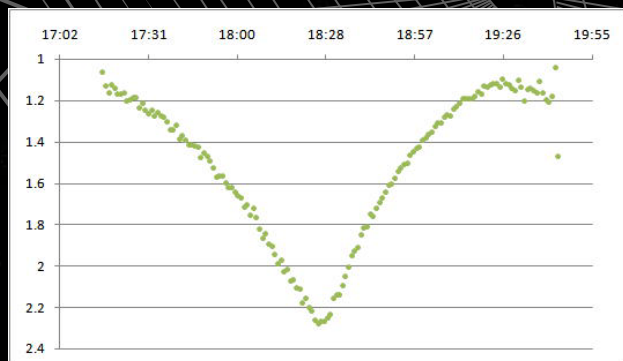
クレオパトラは繋がっている

# 繋・クレオパトラ

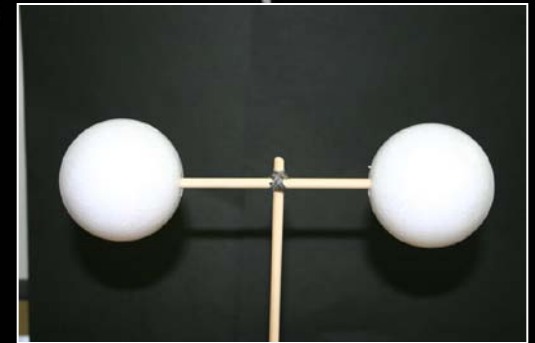
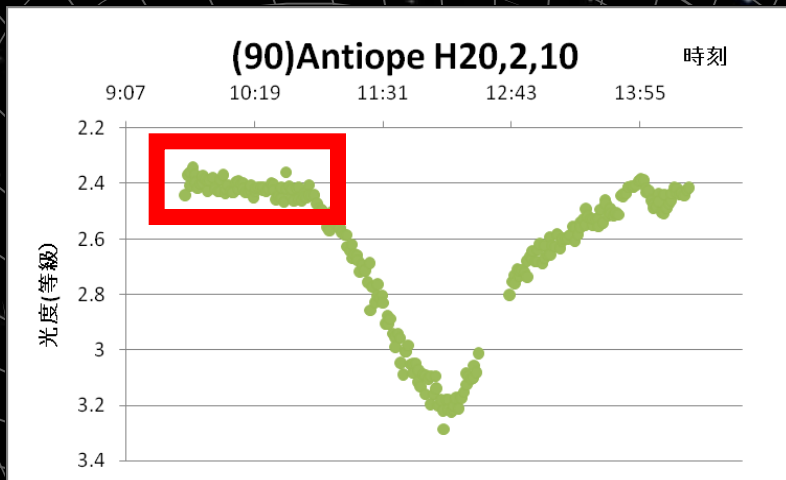
仮説:クレオパトラは繋がっている



観測によって得たライトカーブより実証する



# ライトカーブ(二重小惑星)



反射する面積が同じ  
→光度が同じ

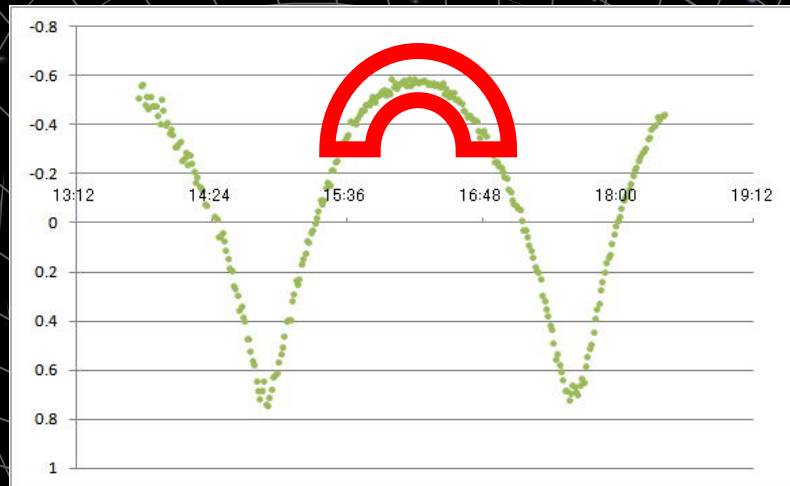


アンティオペ(二重小惑星)

平らな部分が見られる



# ライトカーブ(クレオパトラ)



反射する面積が変わる  
→光度も変わる



クレオパトラ  
平らな部分が見られない



繋がっている

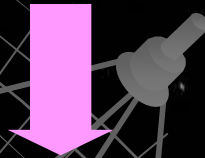


A star map with a grid overlay and a starry background. The grid consists of concentric circles and radial lines, with a central black circle. The background is dark with many small white stars and several larger, bright blue stars. The text is overlaid on the map.

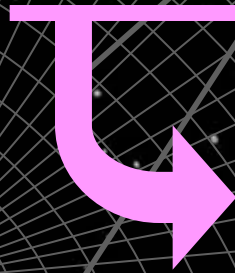
仮説2  
クレオパトラは離れている

# 離・クレオパトラ

仮説:クレオパトラは離れている

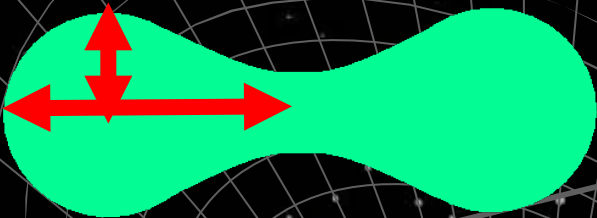


クレオパトラを二重小惑星であると仮定する



密度についての考察より実証する

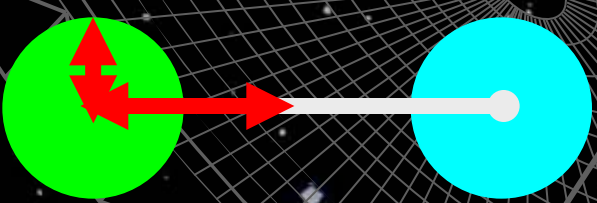
# 数値の設定



短軸の半径 43km

長軸の半径 108.5km

自転周期  $1.94 \times 10^4 \text{s}$



小惑星の半径 ( $r$ ) 43km

相互回転の半径 ( $R$ ) 65.5km

相互回転の周期 ( $T$ )  $1.94 \times 10^4 \text{s}$

# 密度(1・速度)

$$\text{小惑星の回転の速さ}(v) = \frac{\text{距離(相互回転の円周)} 2\pi R}{\text{時間(相互回転の周期)} T}$$

$$\therefore v = 21.4 \text{ m/s}$$

周期:  $T$  (s)

$v$  (m/s)

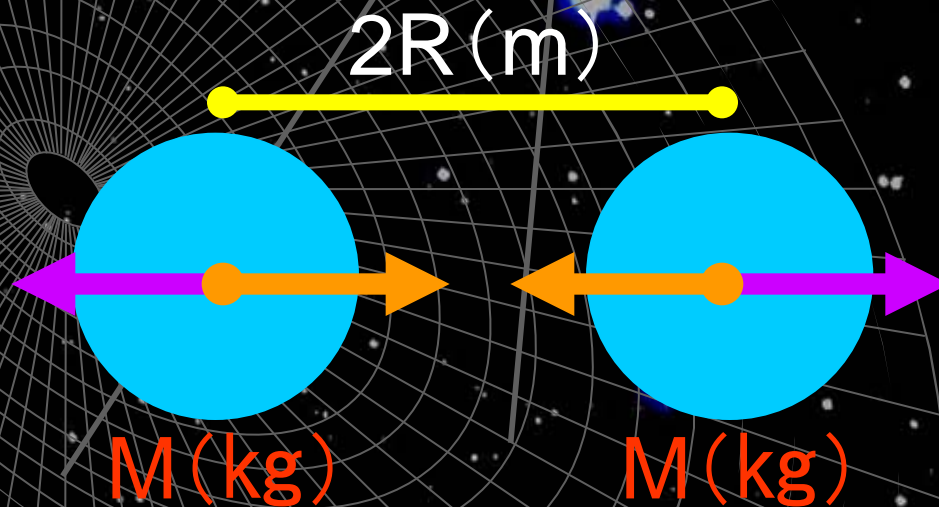
$R$  (m)



# 密度 (2・質量)

二重小惑星間の万有引力と遠心力は釣り合っているので

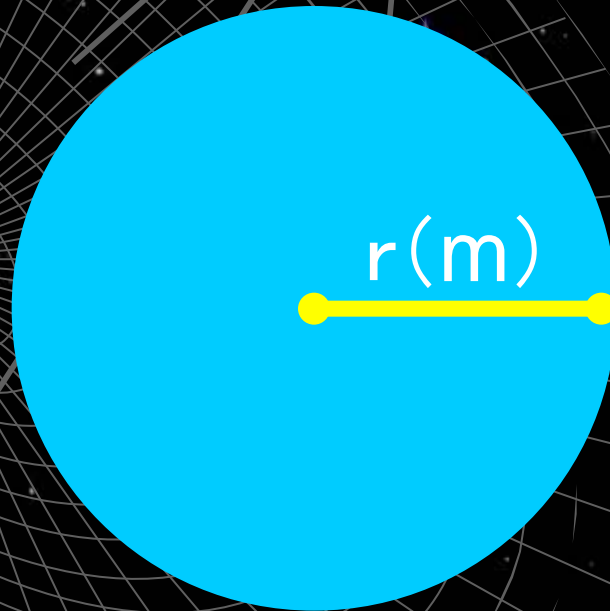
$$\frac{GM^2}{(2R)^2} = \frac{Mv^2}{R} \quad \therefore M = 1.8 \times 10^{18} \text{kg}$$



# 密度 (3・体積)

$$\text{小惑星の体積} = \frac{4}{3}\pi r^2$$

$$\therefore 3.33 \times 10^{14} \text{m}^3$$



# 密度

$$\text{密度}(\rho) = \frac{\text{質量}(M)}{\text{体積}(V)}$$

$$\therefore \rho = 5.4 \text{g/cm}^3$$

# 密度から見えた姿

求めた密度  $5.4\text{g/cm}^3$

鉄とニッケルを豊富に含む小惑星としては  
妥当な値

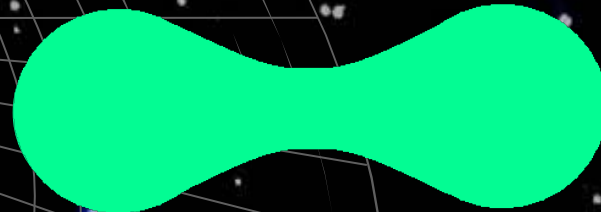
二重小惑星

# クレオパトラの構造

- ・構造的には二重小惑星
- ・見た目は繋がっている



中央の部分がなくても  
同じ回転を続ける

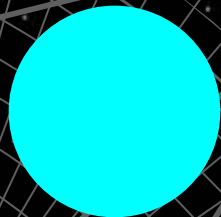
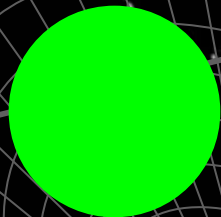


# Ⅲ クレオパトラの誕生

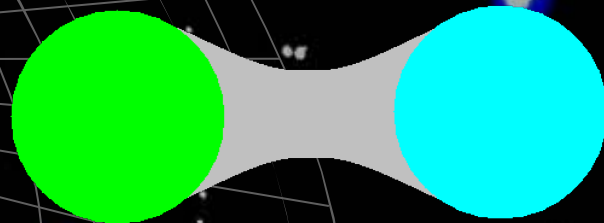


# クレオパトラの形成

塵

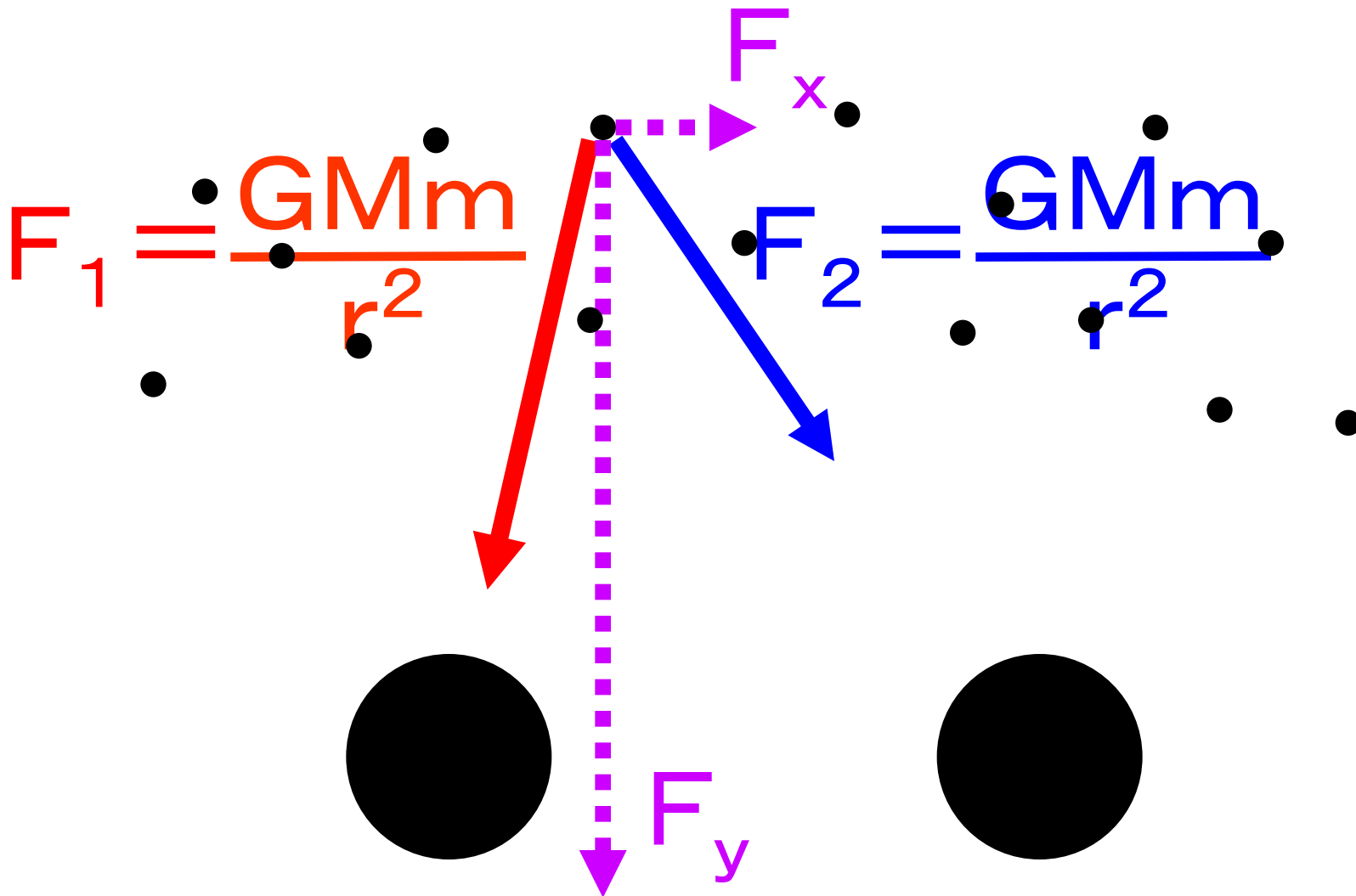


二重小惑星



繋がる?

# コンピュータシミュレーション



# コンピュータシミュレーション

塵の運動のx, y成分の加速度は、運動方程式より

$$a_x = F_x/m \quad a_y = F_y/m$$

塵の運動の初速度をvとすると、 $\Delta t$ 秒後の速度は

$$v_x' = v_x + a_x \Delta t$$

$$v_y' = v_y + a_y \Delta t$$

# コンピュータシミュレーション

$\Delta t$ 秒後の塵の変位は

$$X' = X + v'_x \Delta t$$

$$Y' = Y + v'_y \Delta t$$

$\Delta t$ は600(s)、つまり10分おきに計算した

以上の式をプログラムに代入した

# コンピュータシミュレーション

時間



内側に積もりやすい

# 潮汐力

遠心力

$$MR\omega^2$$

=

万有引力

$$\frac{GM^2}{(2R)^2}$$

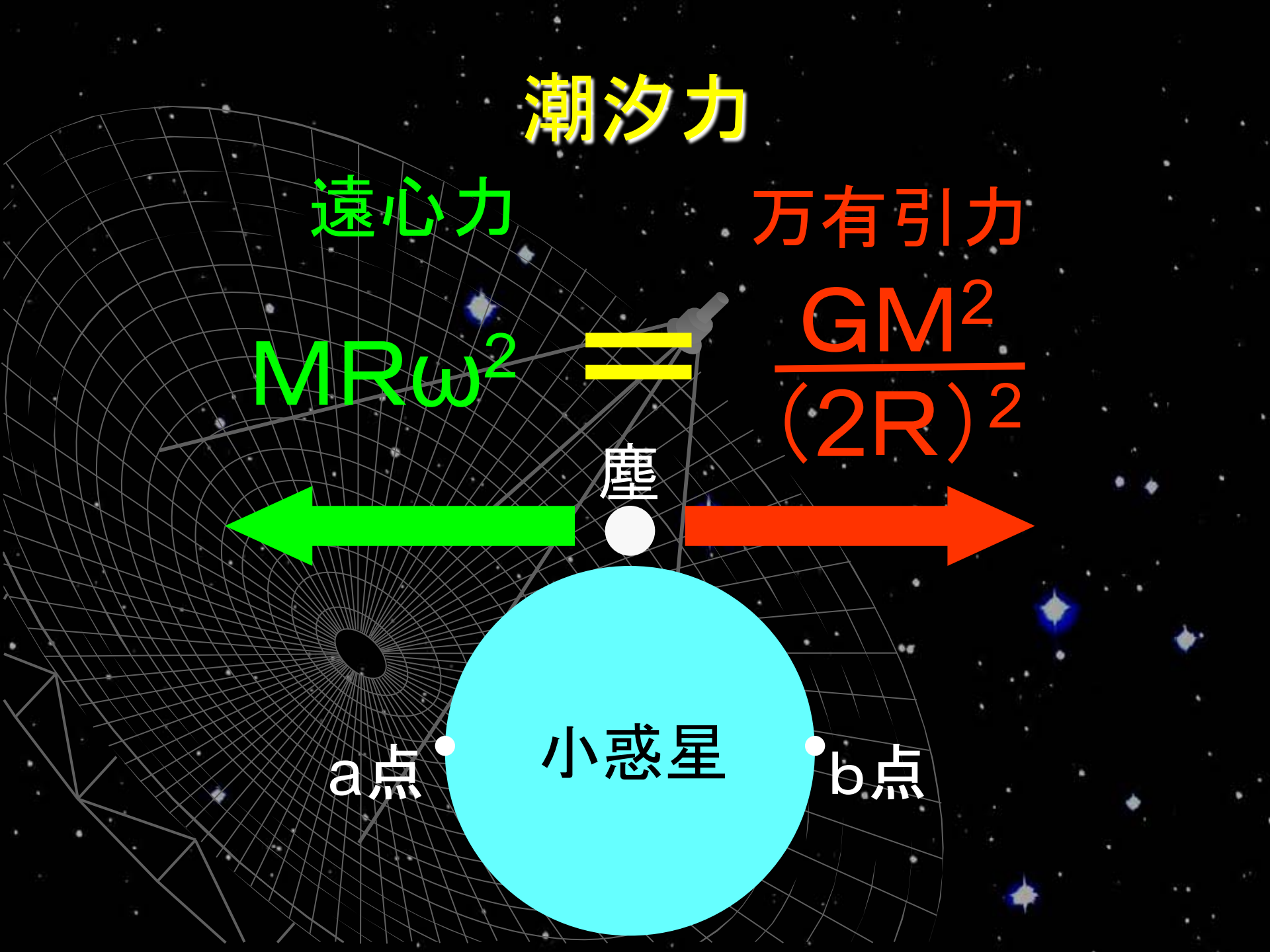
塵



a点

小惑星

b点



# 潮汐力

遠心力

$$MR\omega^2$$

万有引力

$$\frac{GM^2}{(2R)^2}$$



a点

小惑星

b点

# 潮汐力

遠心力

$$MR\omega^2$$

万有引力

$$\frac{GM^2}{(2R)^2}$$

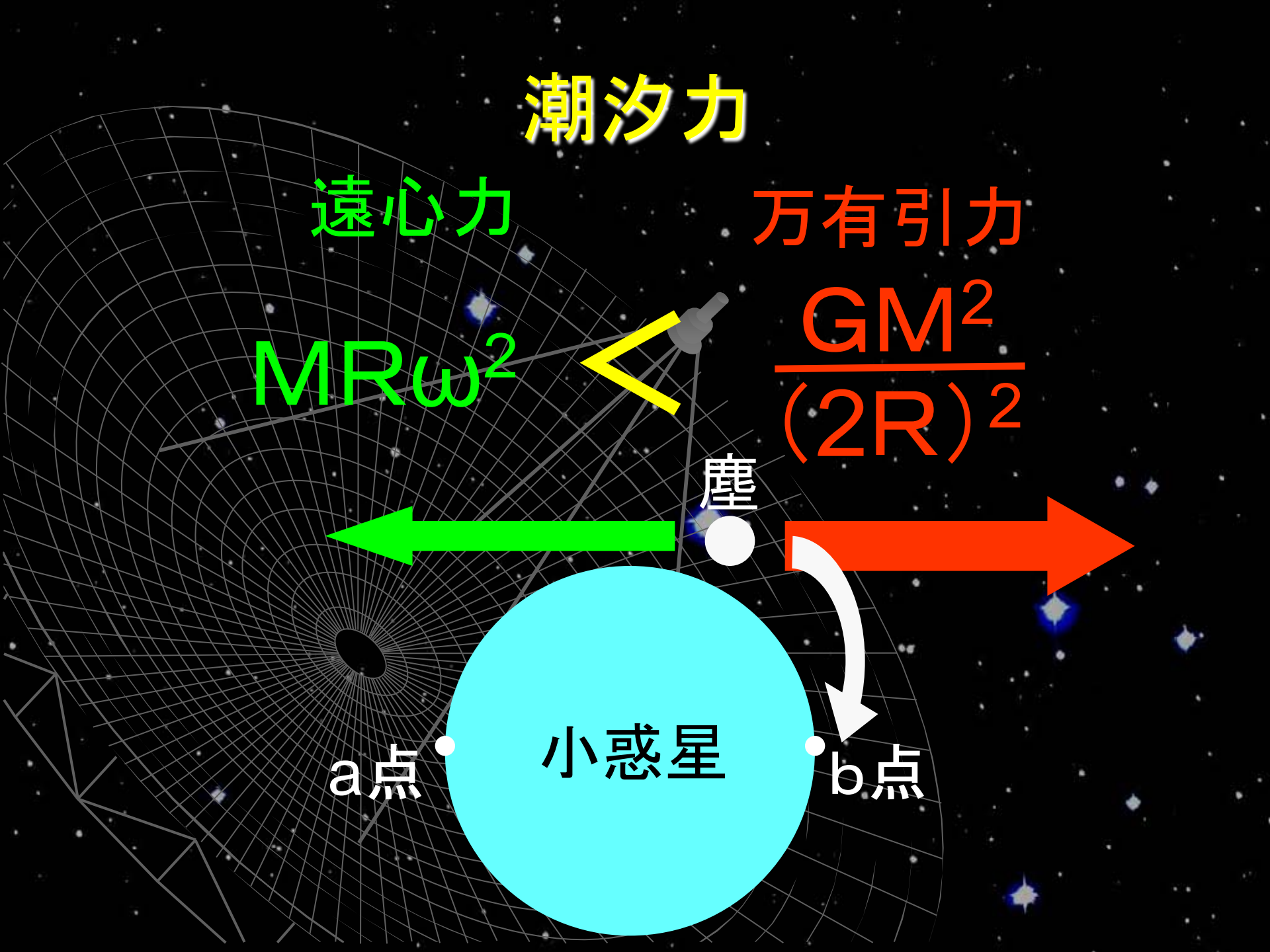
塵



a点

小惑星

b点



# 潮汐力

塵

小惑星

内側と外側に集まる

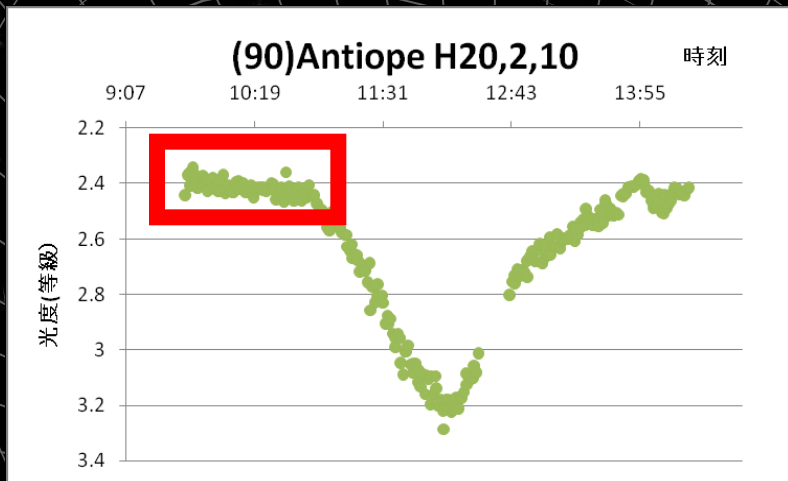


楕円形になる

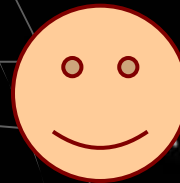
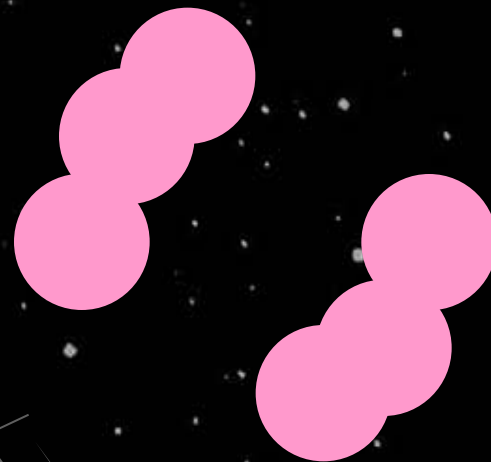


# 潮汐力

## 円の場合

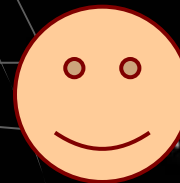
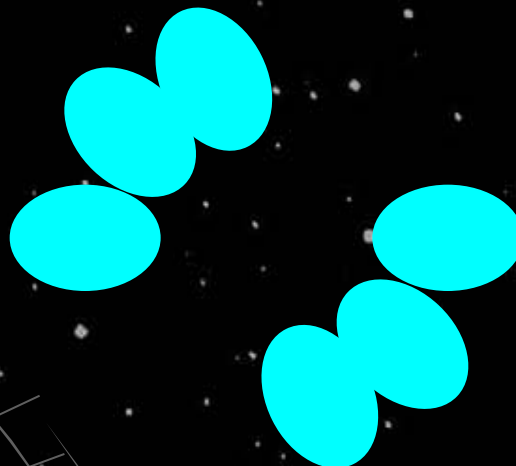
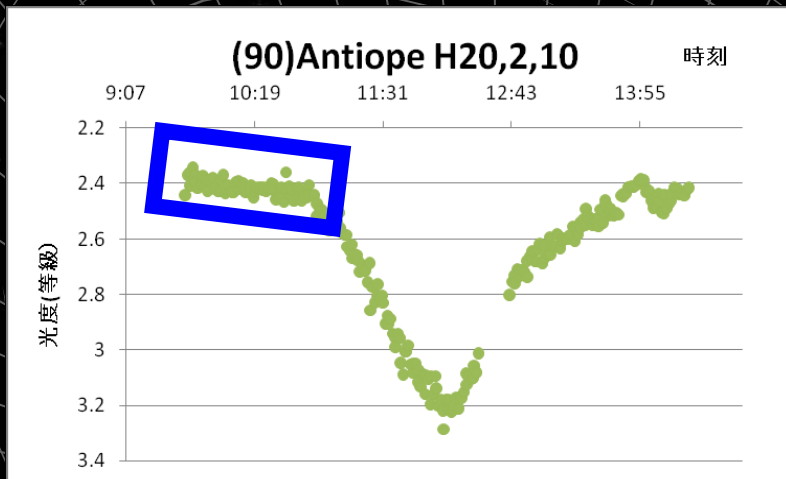


変化しない



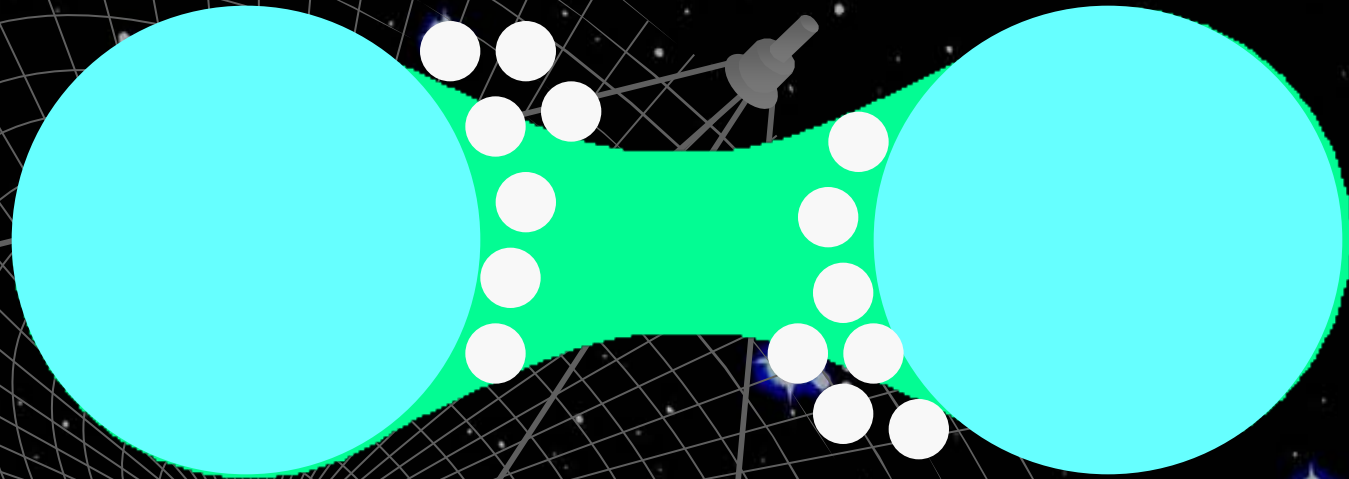
# 潮汐力

## 楕円の場合



わずかに変化している

# 形成の過程



相互回転の内側に積もりやすい  
潮汐力で内側に向かう



繋がる

ご静聴ありがとうございました