



惑星から地球を見る



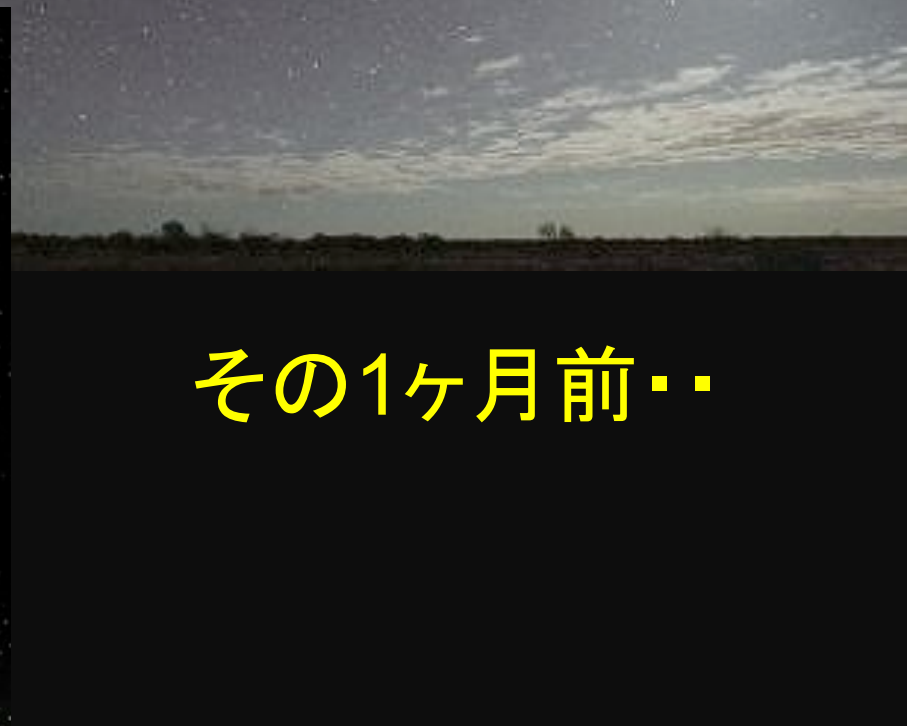
宇宙航空研究開発機構
今村 剛

今日の話

- *「あかつき」の挑戦（自己紹介も兼ねて）
- * 太陽系の成り立ち
- * 水惑星ができるには
- * 太陽系の外の惑星
- * 宇宙の中の地球

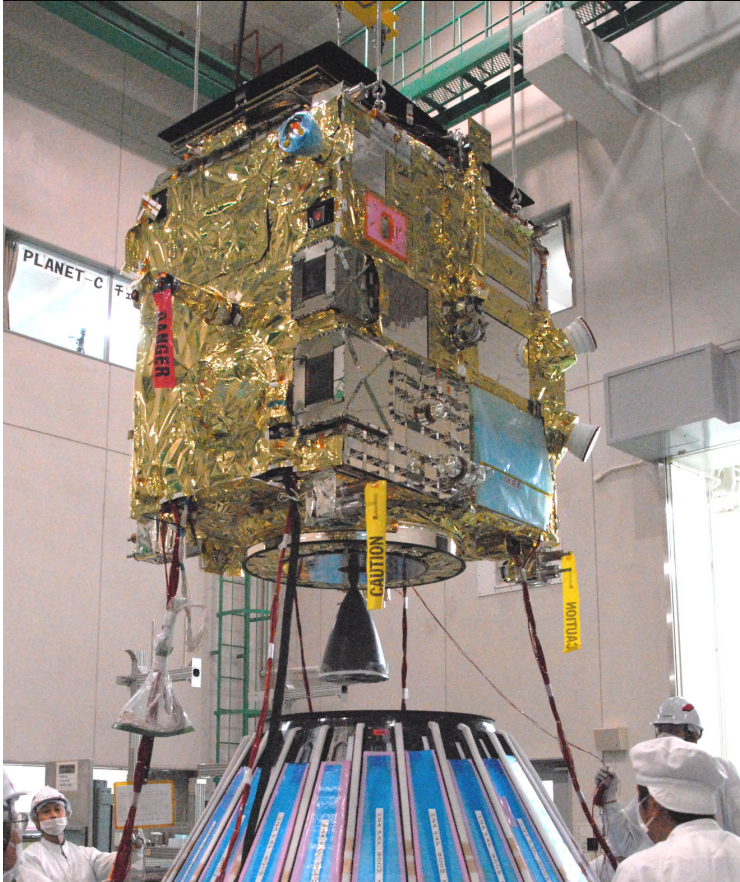
小惑星探査機「はやぶさ」 (2003年打ち上げ)

2010年6月13日に地球にかえってきた



その1ヶ月前..

2010年5月21日 金星探査機「あかつき」 旅立ち



相模原の組み立て室にて

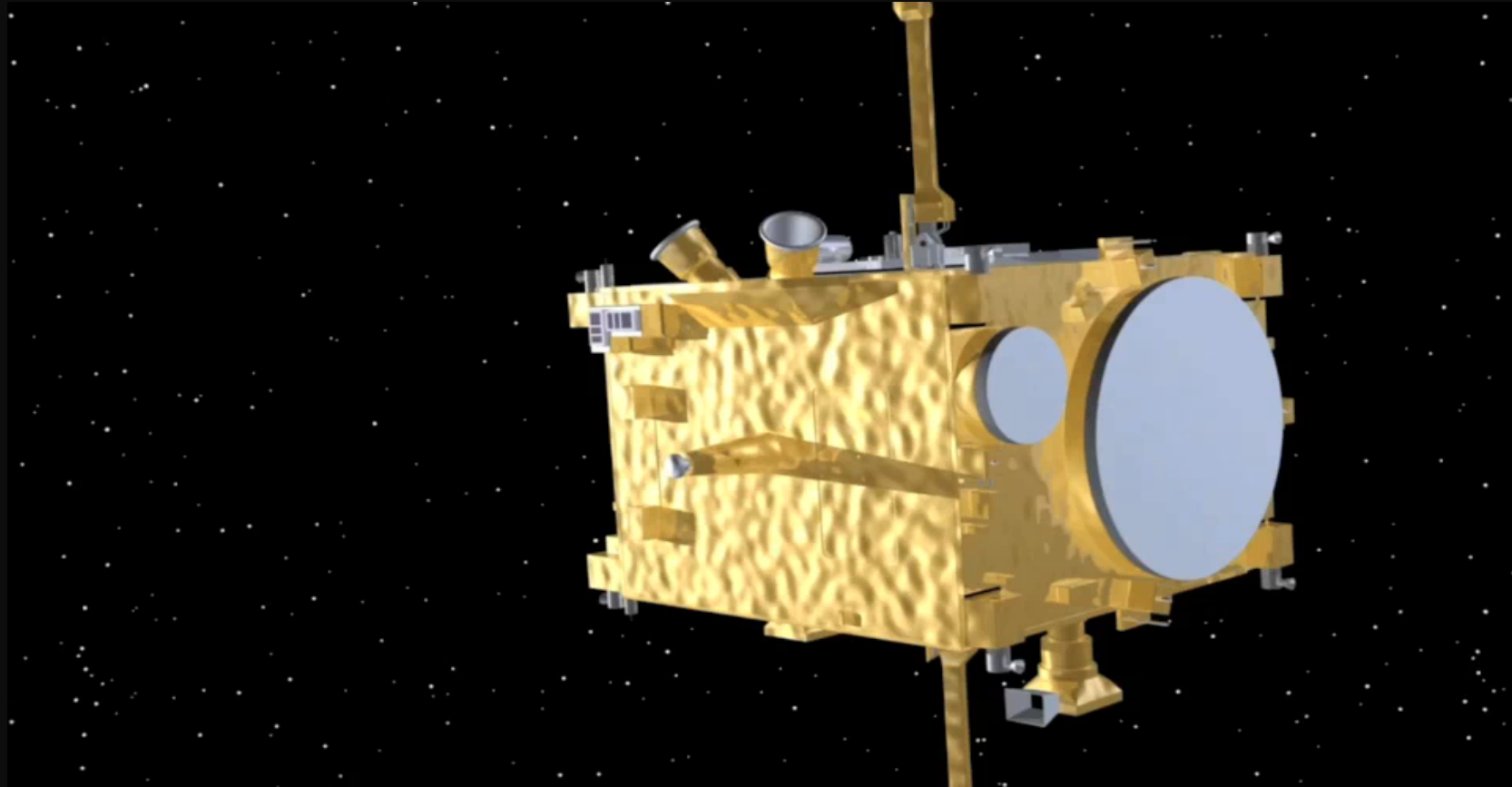


ロケットから
分離



種子島宇宙センターから打ち上げ

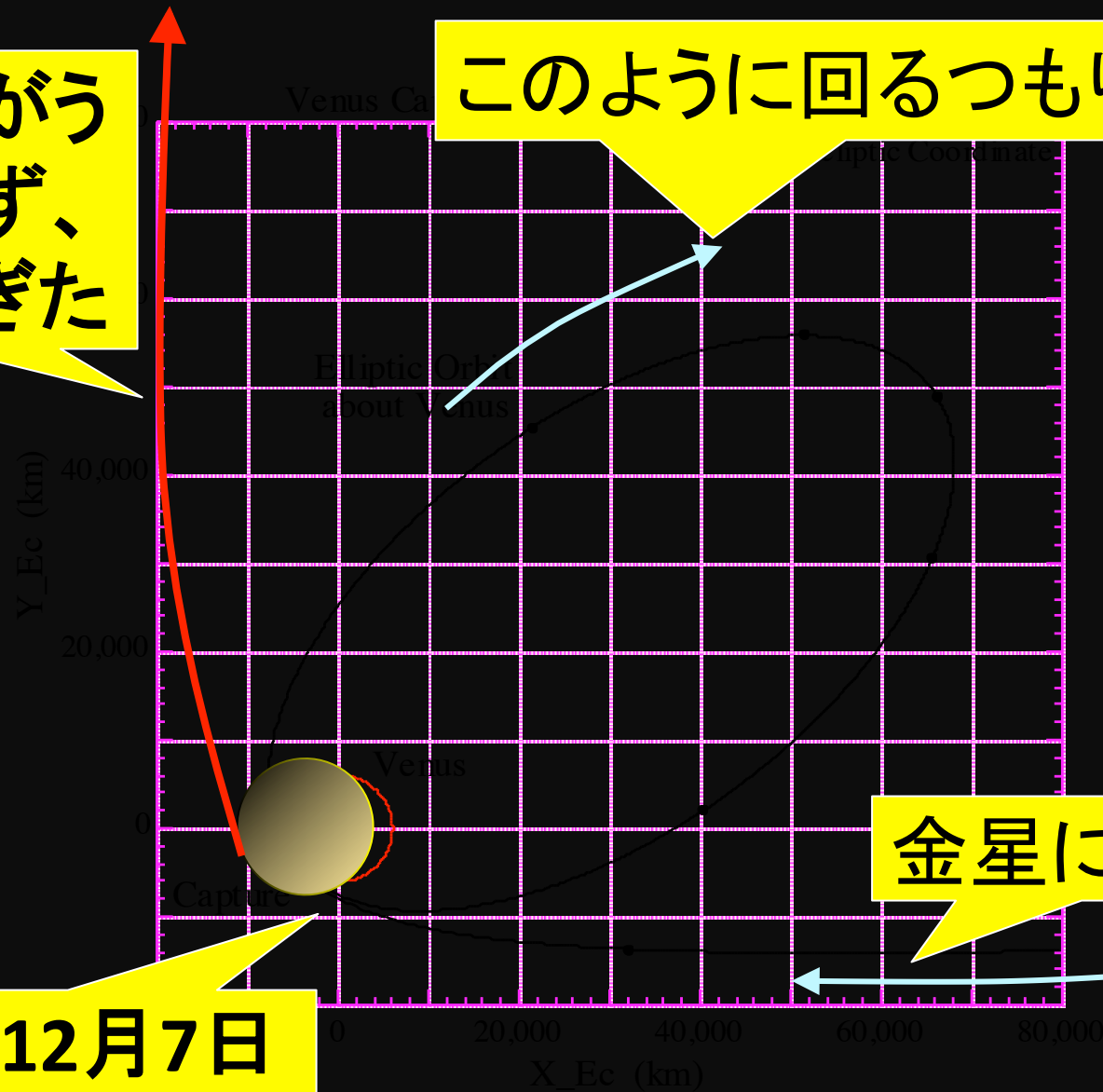
打ち上げから200日 金星到着



逆噴射してブレーキをかける

エンジンがうまく動かず、
とおりすぎた

このように回るつもりだった



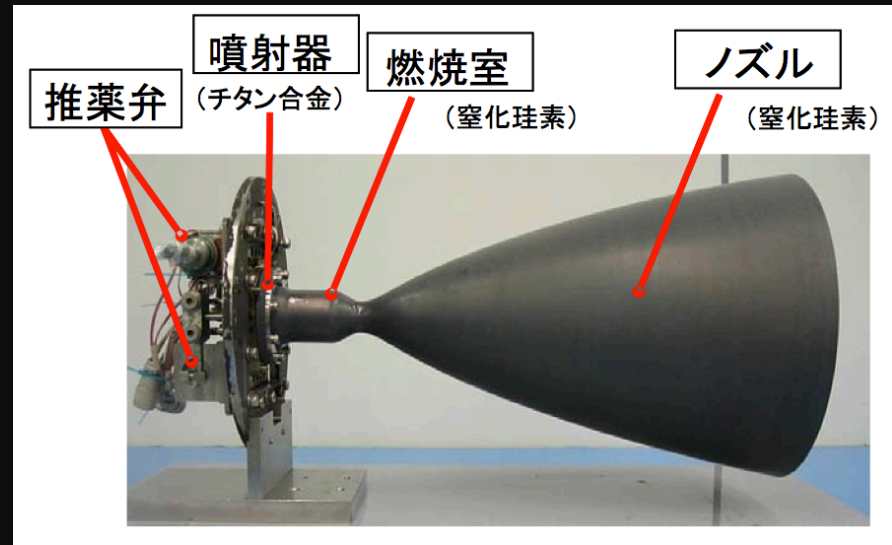
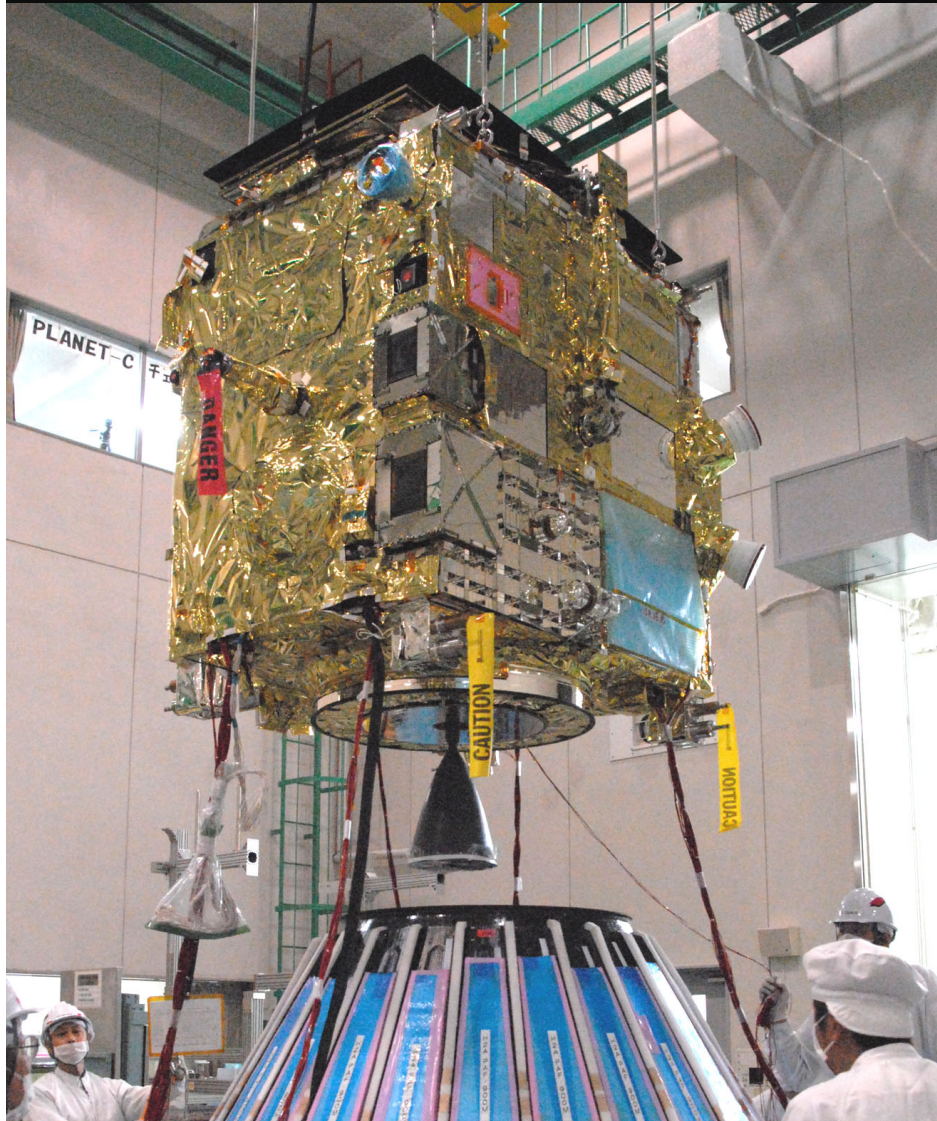
金星に近づく

2010年12月7日
エンジンスタート

2日後、「あかつき」から初めて金星の 写真をとった



軌道投入用エンジンは壊れた



でも姿勢制御用の副エンジンが残っている
燃料もまだ残っている

軌道投入失敗
(2010年12月7日)

地球の軌道

太陽

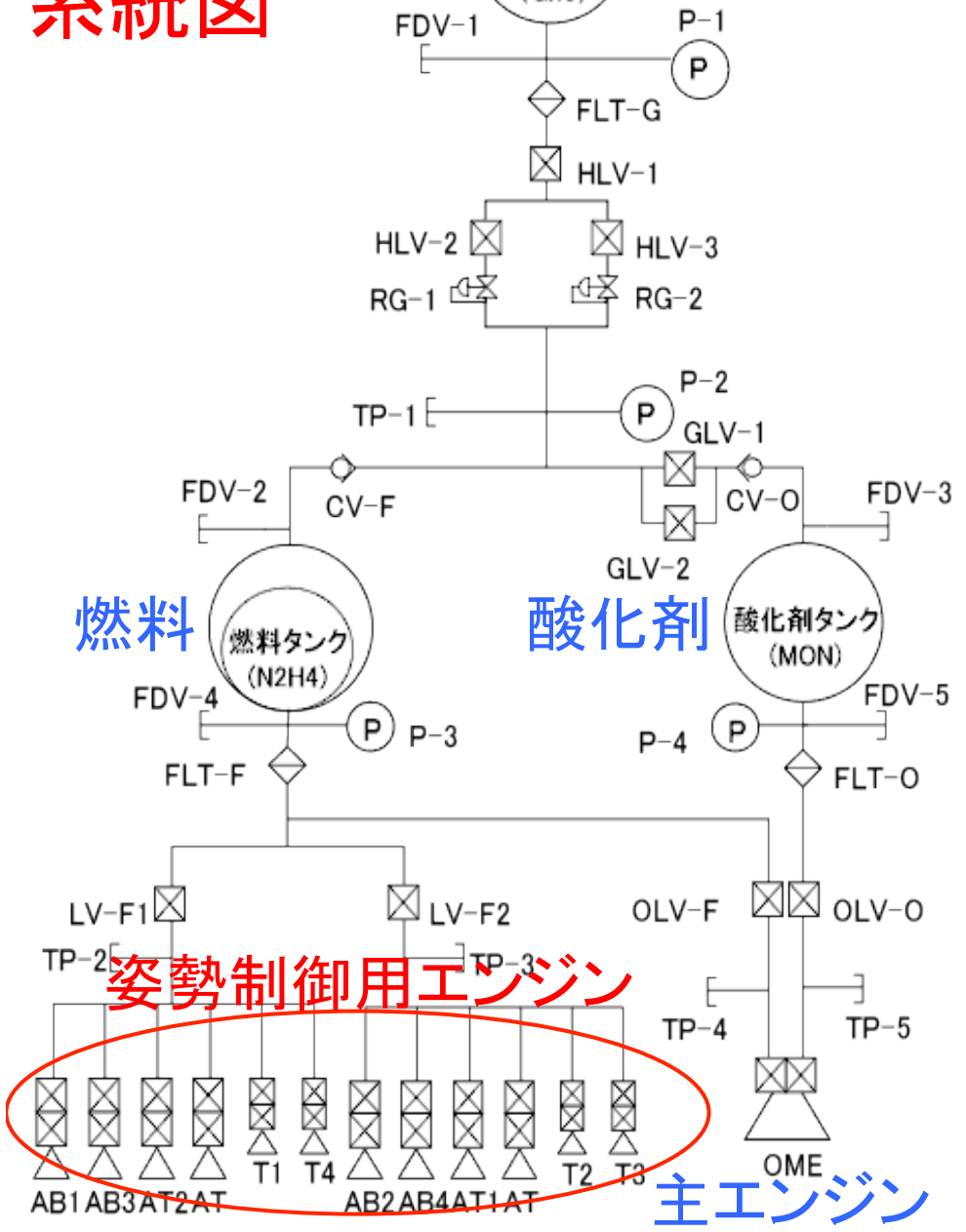
あかつきの軌道
周期 203日

金星の軌道
周期 225日

2015年にもう一度金星に近づく。
このとき改めて金星周回軌道投入に挑戦する。

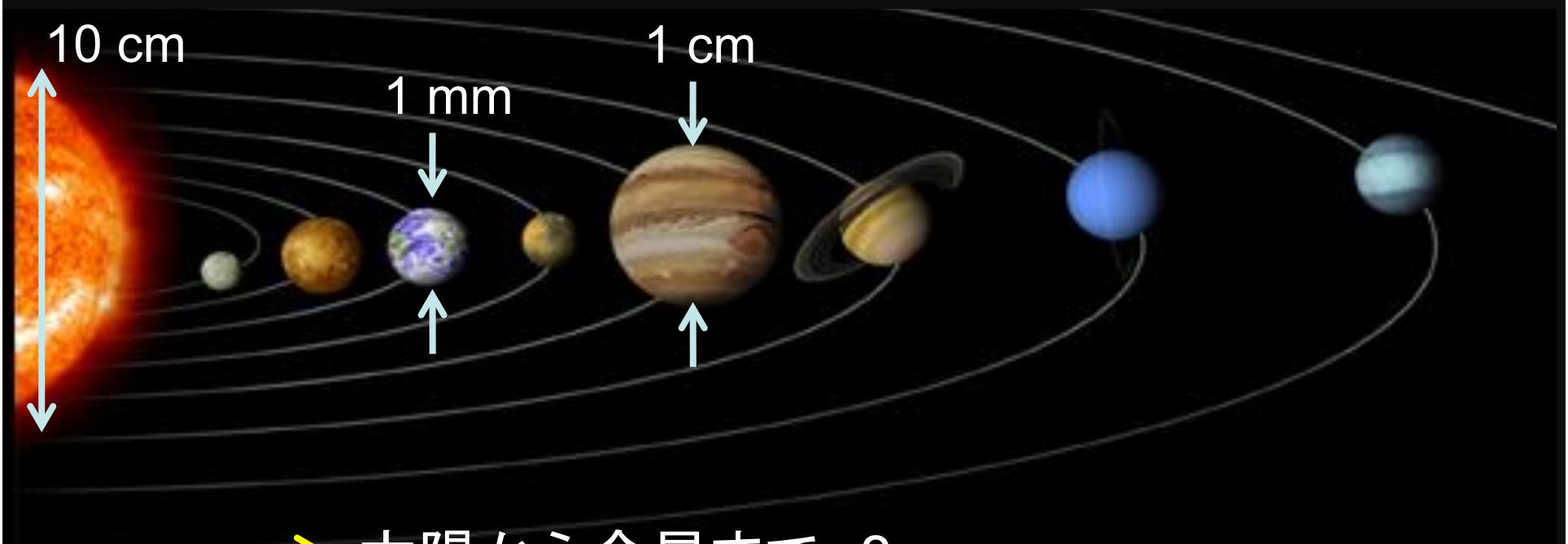
推進システム

高圧ガス
タンク
(Ghe) ヘリウムタンク



- 姿勢制御用のエンジンはあまり力が出ない
- このエンジンは酸化剤を必要としないので、これを捨てて身軽になることにした
- 2011年10月、酸化剤を放出し65kgの軽量化
- 2011年11月、姿勢制御用の小エンジンを使って、2015年に金星に到達する軌道に乗ることに成功

太陽が直径10cmの球だとしたら・・・



→ 太陽から金星まで 8 m

→ 太陽から地球まで 11 m

→ 太陽から火星まで 16 m

→ 太陽から木星まで 56 m

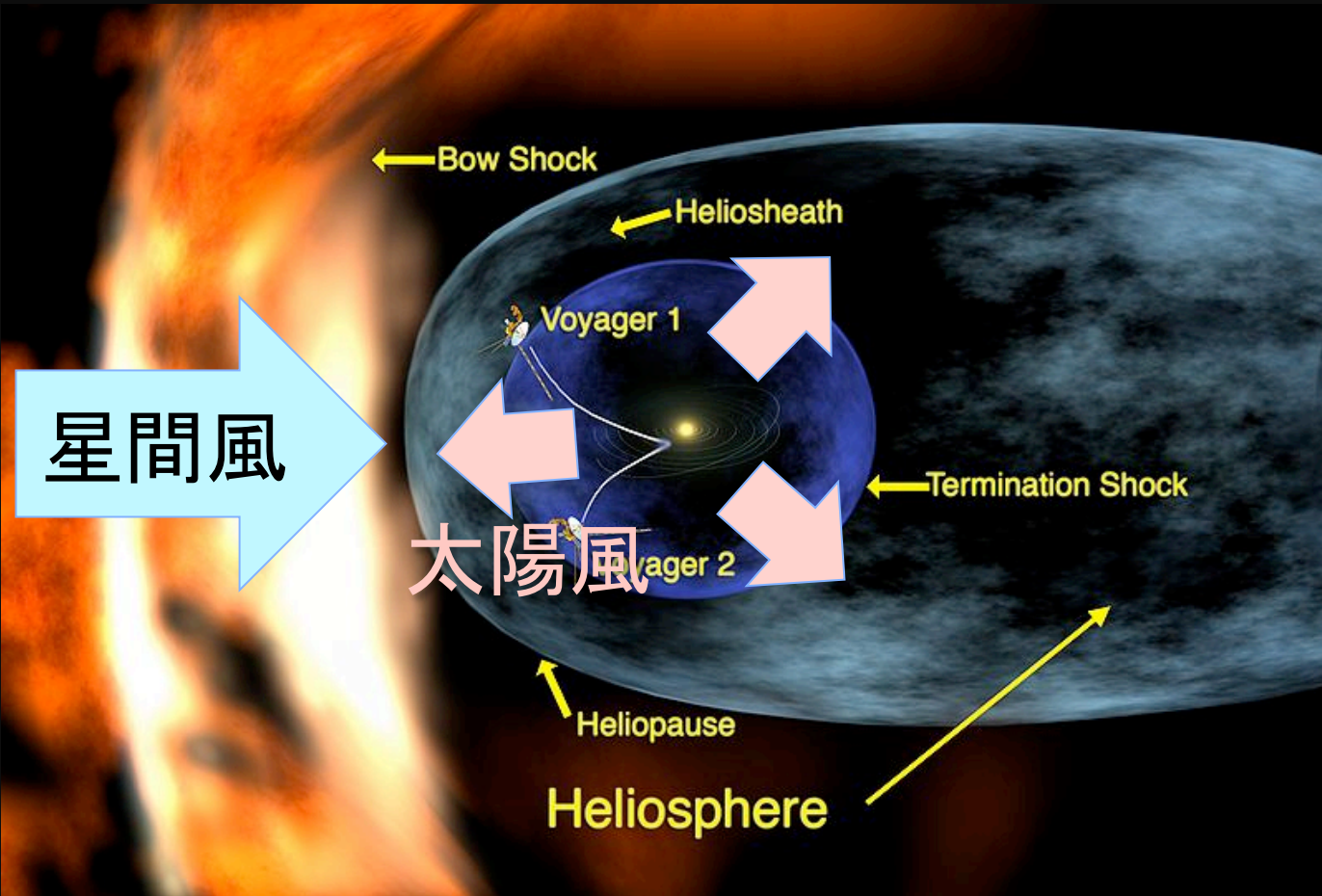




太陽風



星間風



太陽風

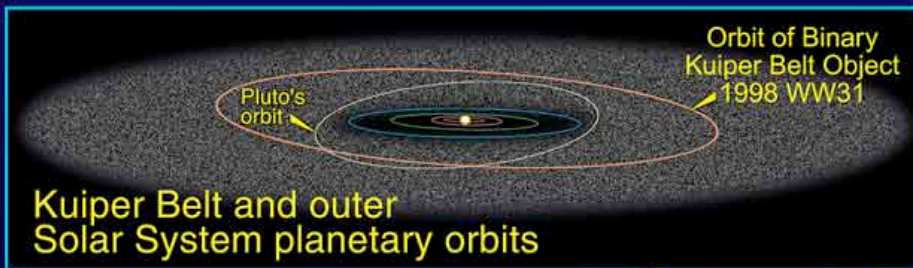
太陽風と星間風が衝突するところ
(ヘリオポーズ)



天王星

海王星

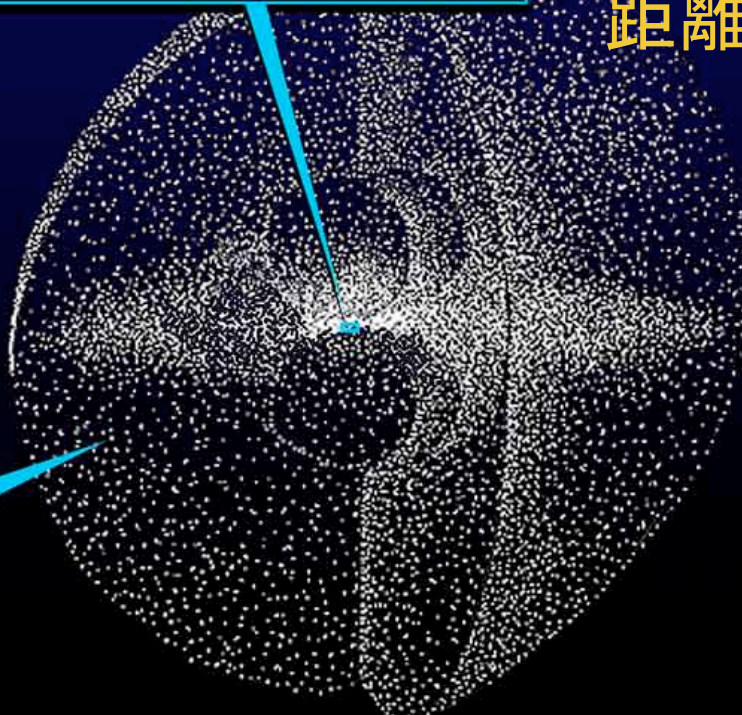
ヘリオポーズ



オールト雲
彗星の故郷
距離 1光年



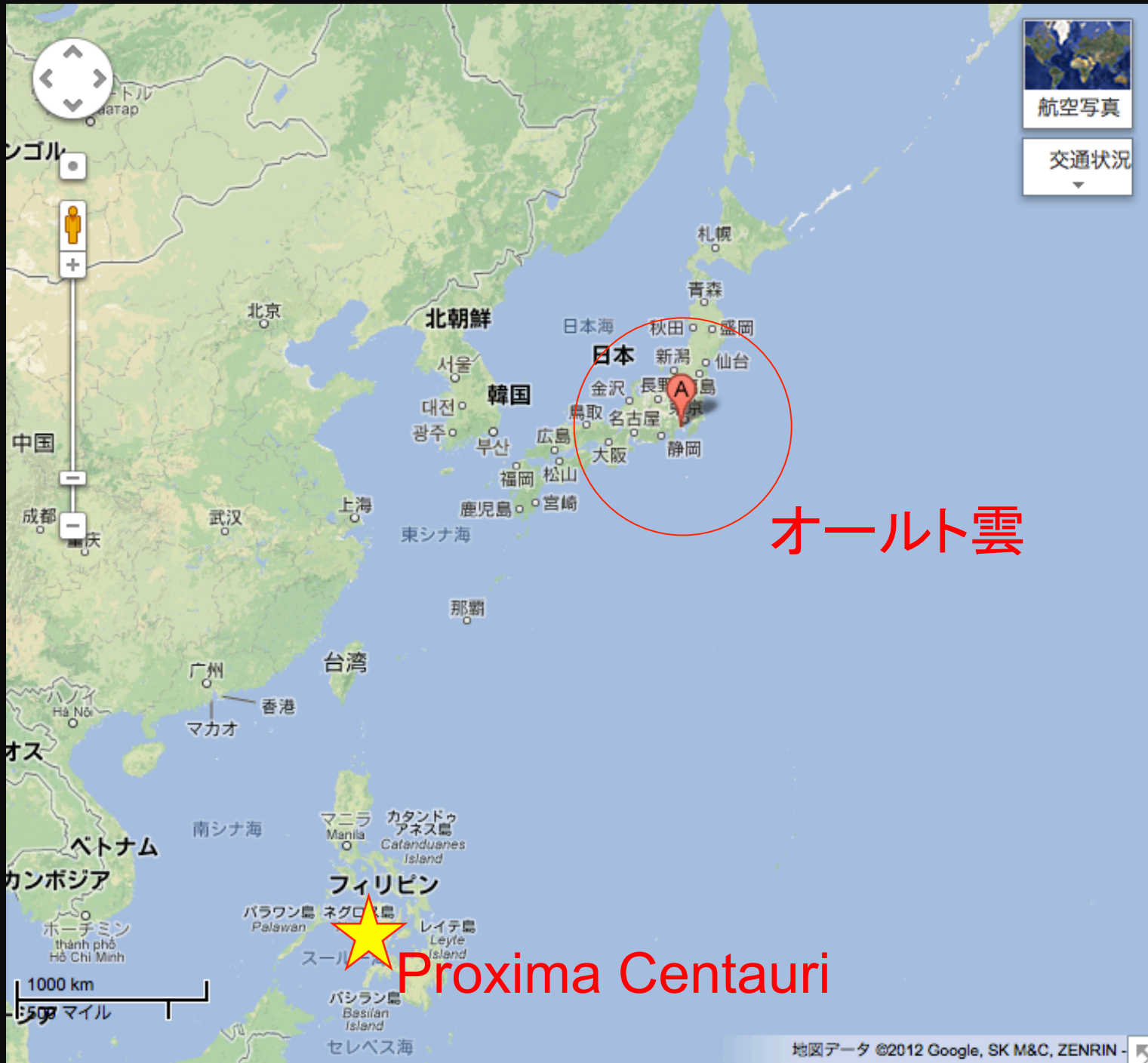
The Oort Cloud
(comprising many billions of comets)



Oort Cloud cutaway
drawing adapted from
Donald K. Yeoman's
illustration (NASA, JPL)

Proxima Centauri
最も近い恒星
距離 4.2光年





航空写真

交通状況

オールト雲

Proxima Centauri

1000 km
500 マイル

オリオン大星雲

Orion Nebula - M42

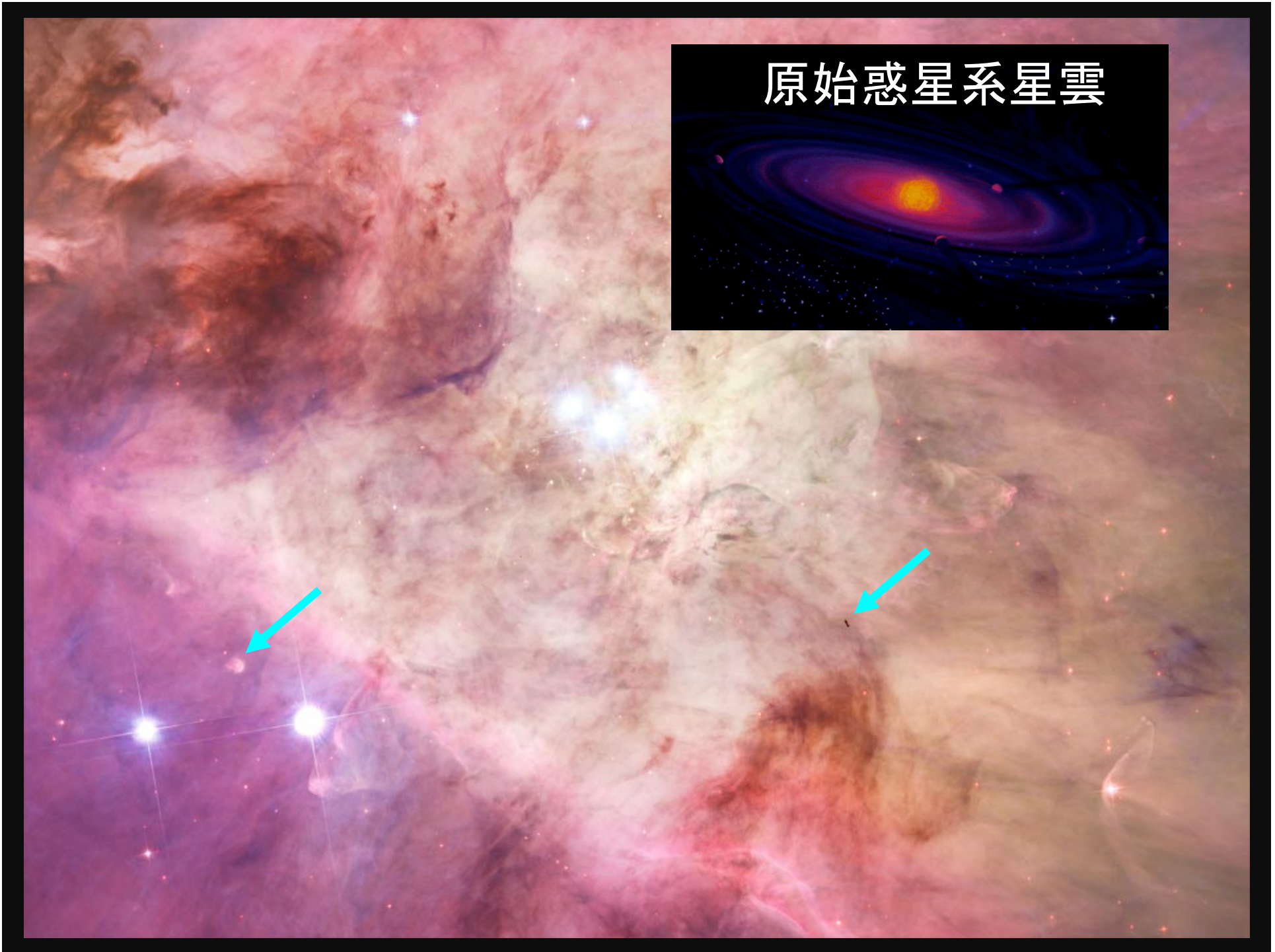
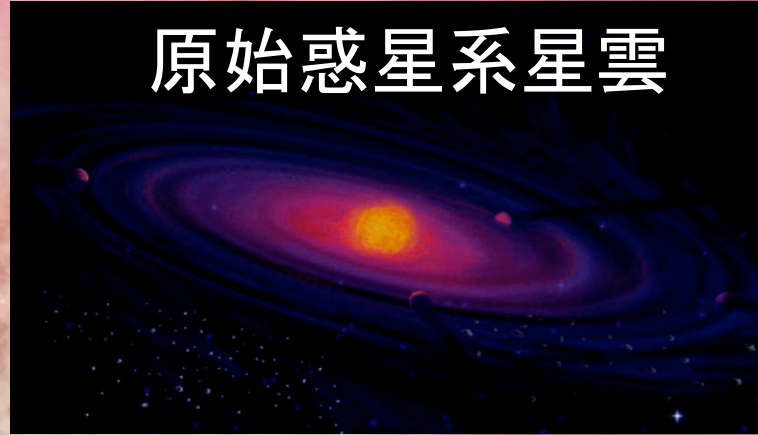
HST - ACS/WFC



NASA, ESA, M. Robberto (STScI), and the HST Orion Nebula Team

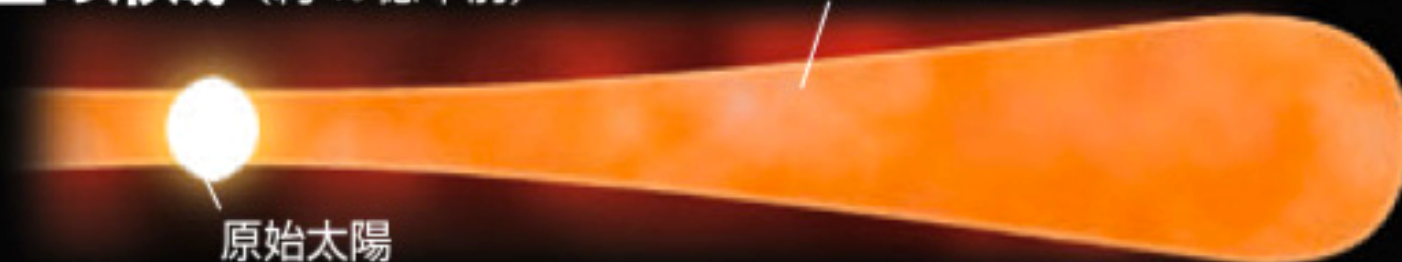
STScI-PRC06-01a

原始惑星系星雲



円盤の形成 (約46億年前)

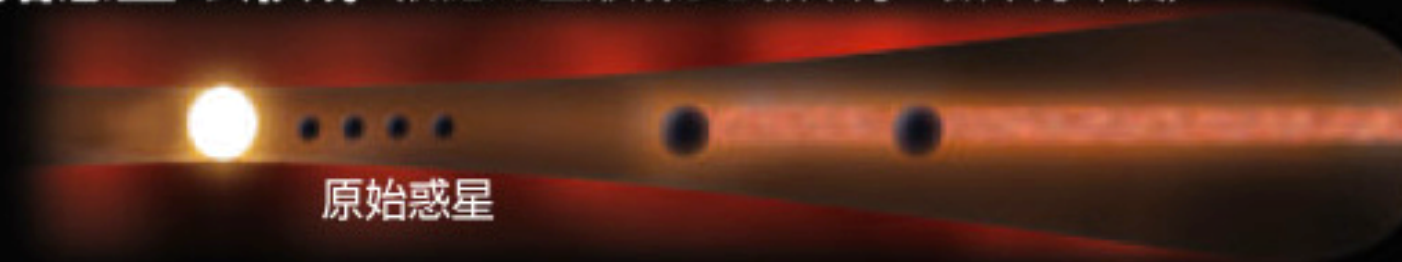
原始太陽系円盤 (ガスとちりの集まり)



微惑星の形成 (円盤の形成から数十万~数百万年後)



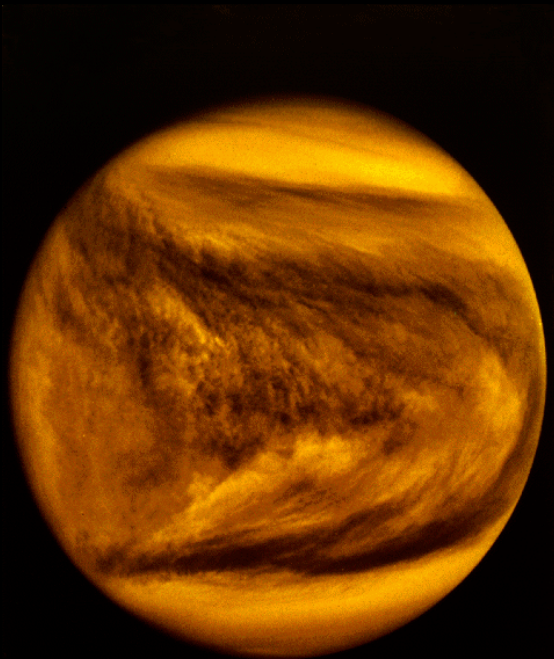
原始惑星の形成 (微惑の星形成から数十万~数千万年後)



太陽系の形成 (現在)



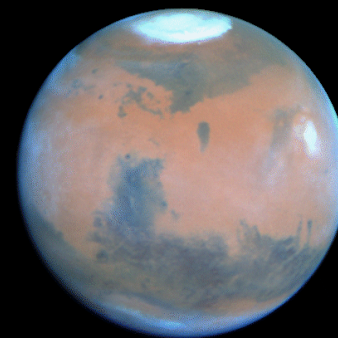
地球型惑星



金星



地球



火星

可視光線



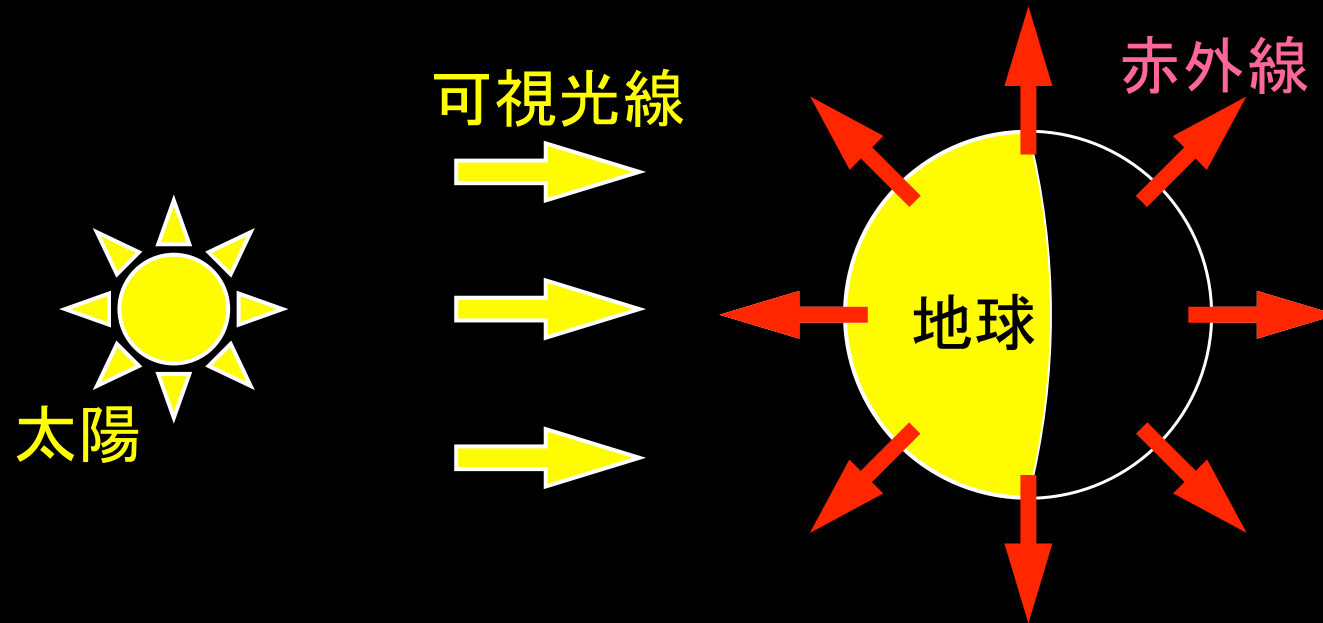
目に見える光。
太陽からやってくる光は
太陽光エネルギーを運ぶ。

赤外線



目に見えない光。
あらゆる物から出る。
温度が高いほど強い赤外線
が出る。
エネルギーを運ぶ。

地球の温度



地球に入る可視光線と出ていく赤外線のバランスから
表面温度を計算してみる

反射率 30%

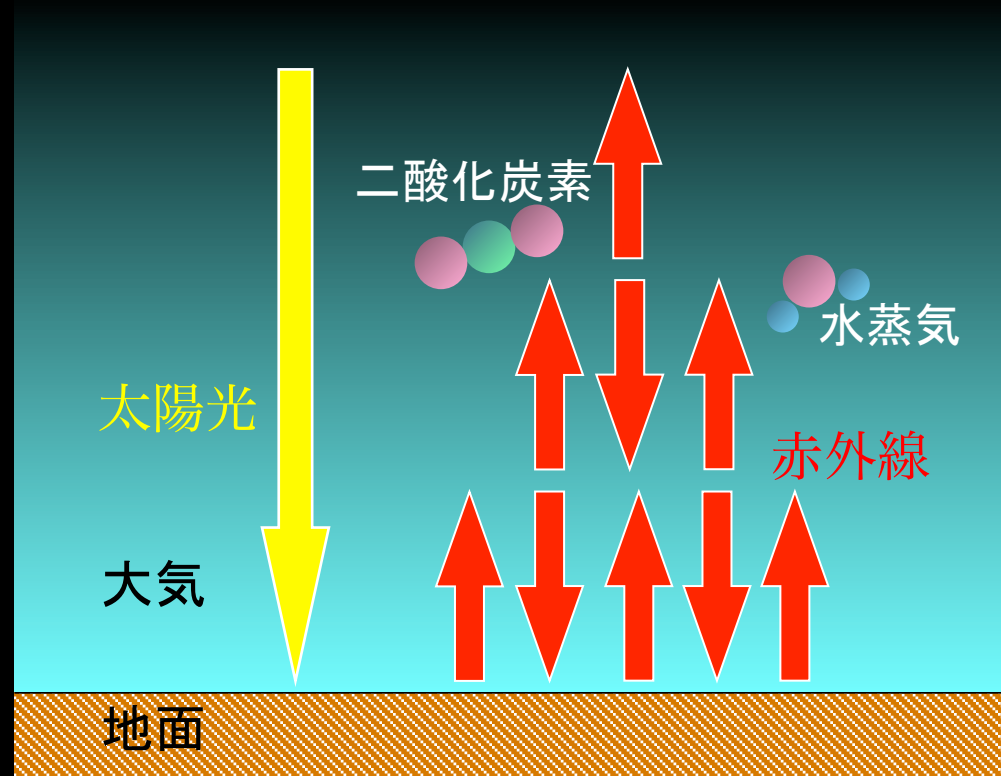
太陽光 1平方メートルに1370ワット

ここから計算すると温度は マイナス18°C **低すぎる**

地球の平均温度は 17°C

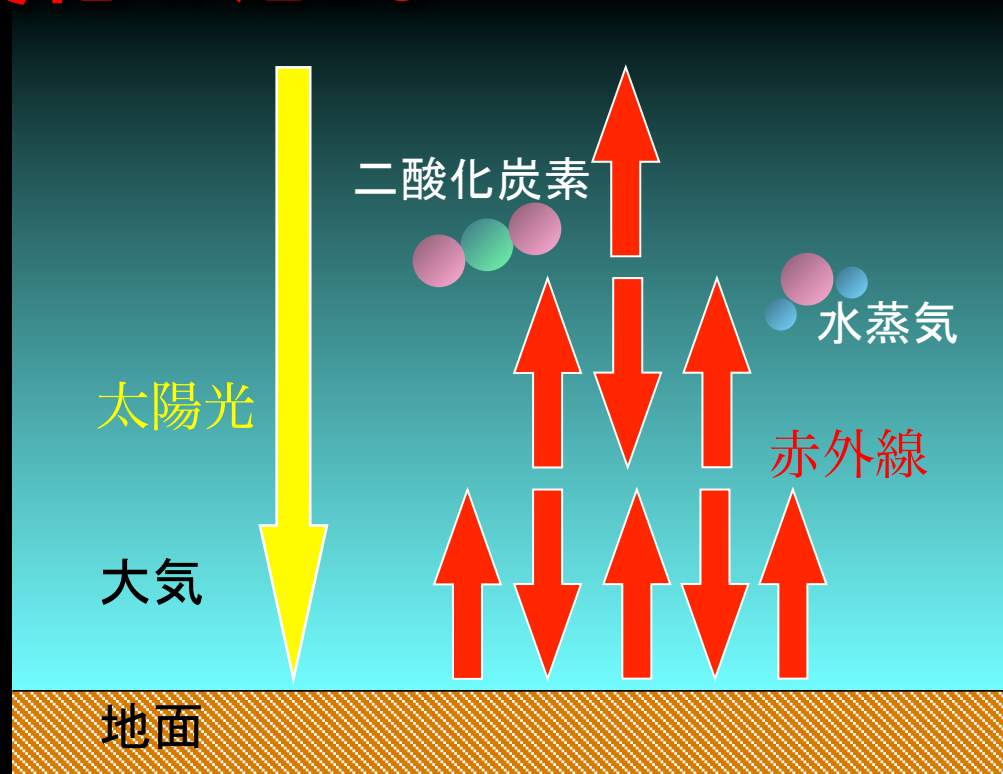
→ 水蒸気や二酸化炭素による **温室効果**

大気は赤外線を吸収する。赤外線が宇宙に逃げにくくなって閉じ込められるために温度が上がる。



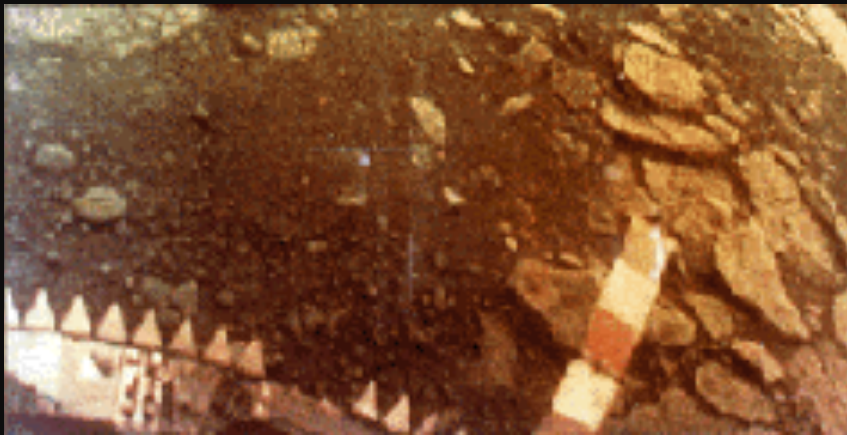


二酸化炭素が増えて温室効果が強くなると
温暖化 が起こる





地球 水惑星 生命の星

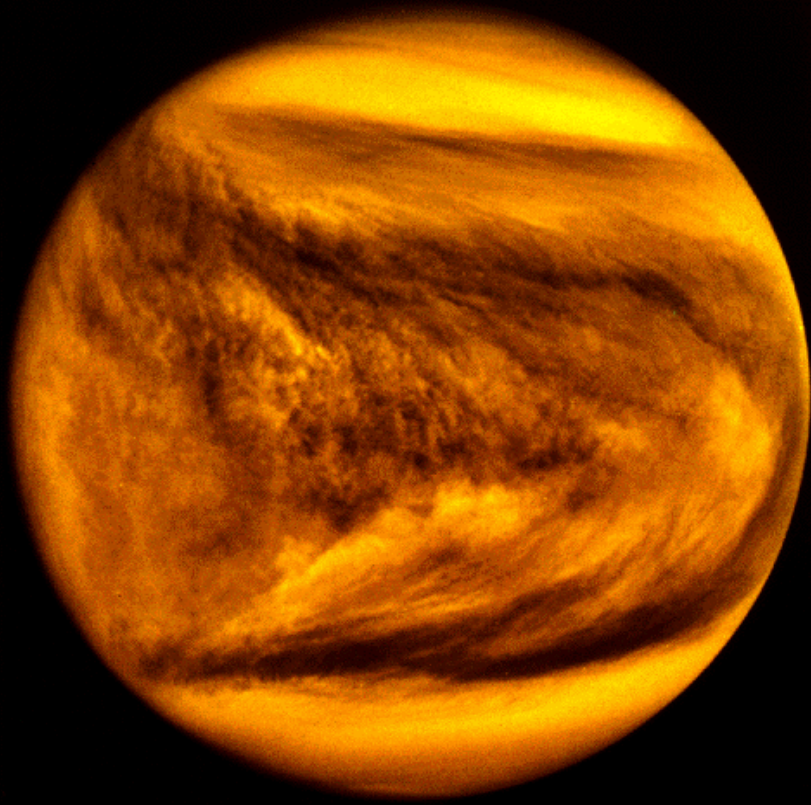


金星 460°Cの灼熱世界

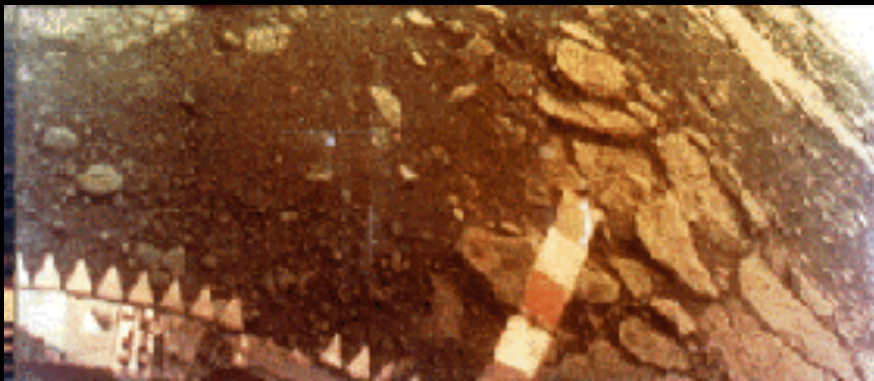


火星 -60°Cの凍りついた世界

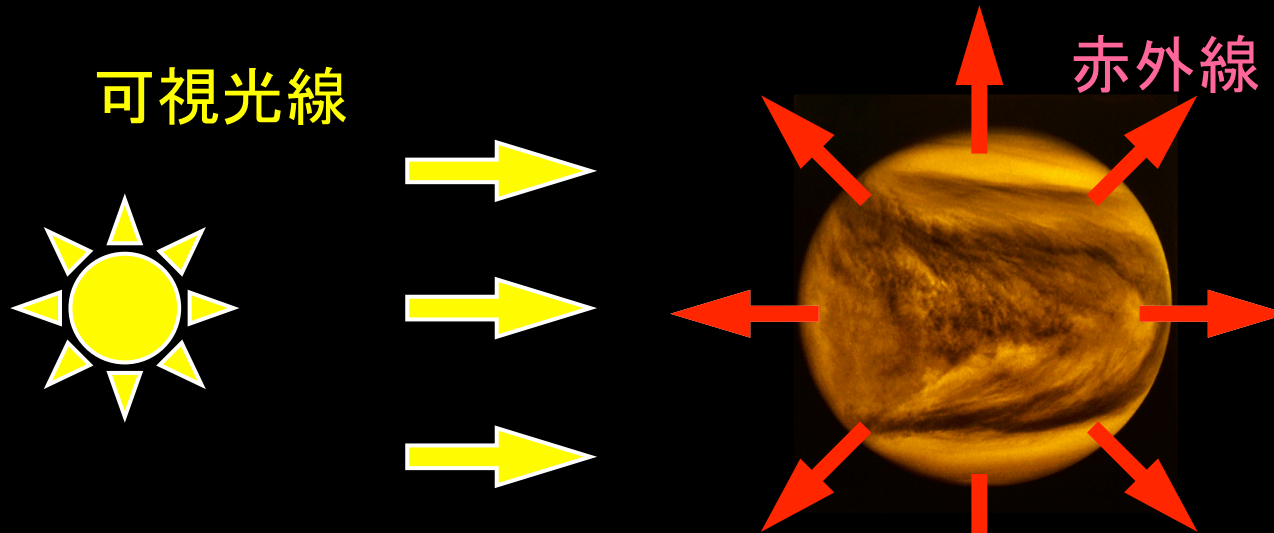
金星



- ・地球より100倍濃い大気
- ・大気の96%が二酸化炭素
- ・海がない
- ・硫酸の雲がおおう
- ・地表温度 460°C



金星の温度



金星に入る可視光線と出ていく赤外線のバランスから
表面温度を計算

反射率 80% (硫酸の雲のせい)

太陽光 地球の2倍

ここから計算すると表面温度は マイナス49°C !

太陽まで近いが、雲が太陽光をよくはねかえすために
低い温度となる・・・はずだけど

金星の温室効果は？

- ・大気の成分

二酸化炭素 96.5%

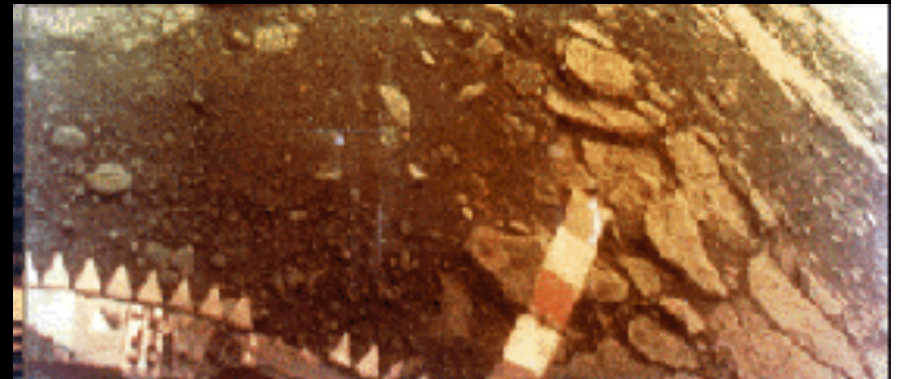
窒素 3.5%

二酸化炭素は温室効果ガス

- ・気圧 92気圧

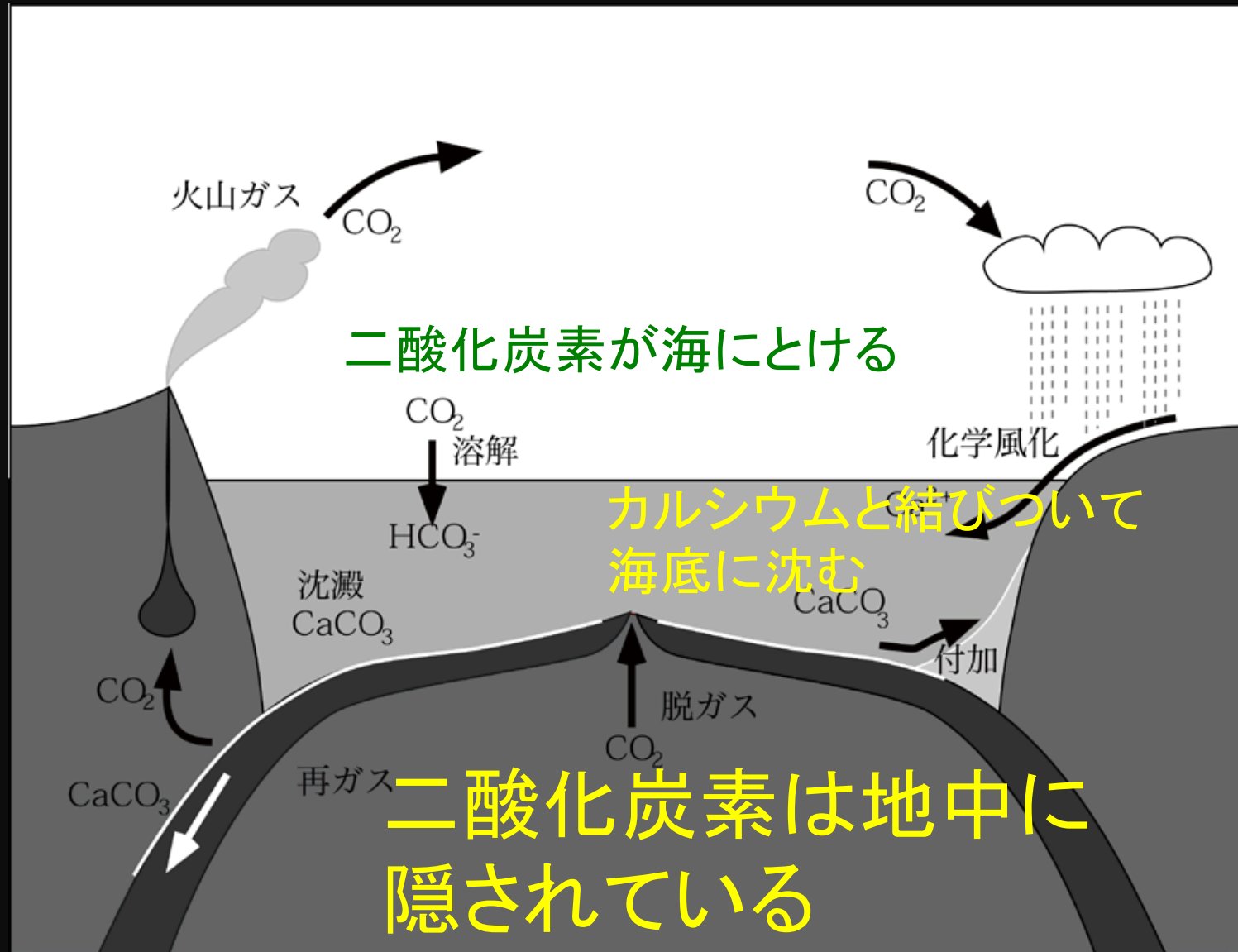
地球の100倍もの濃い大気

二酸化炭素の量は地球の30万倍



二酸化炭素の温室効果で460°Cまで暖まる

二酸化炭素はなぜ金星にはたくさんあって地球には少し(0.03%)しかないのか

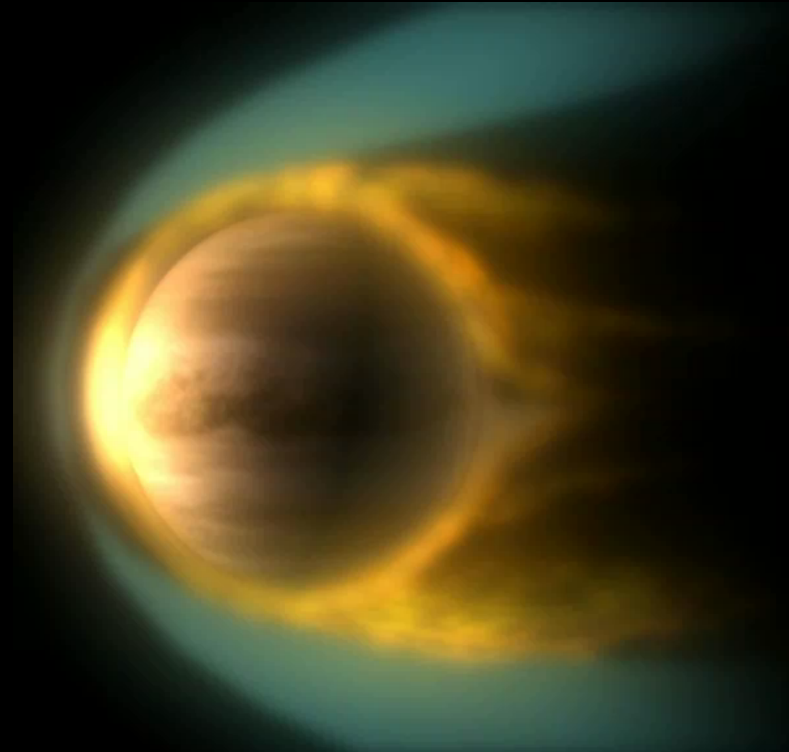


金星の水の行方

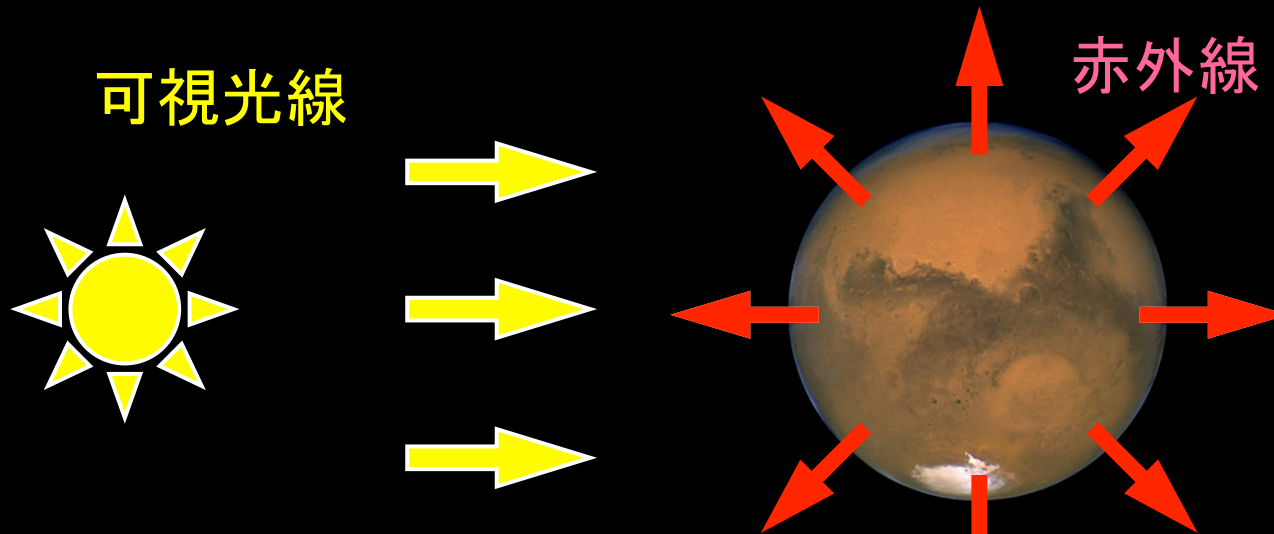
- かつて大量の水(海)があったが、蒸発して紫外線で水素と酸素に分解され、宇宙空間に流出したのかもしれない



太陽風



火星の温度



火星に入る可視光線と出ていく赤外線のバランスから
表面温度を計算

反射率 16%

太陽光 地球の半分

ここから計算すると表面温度は マイナス59°C !

反射率が低く、太陽光を効率よく吸収するが、太陽から
遠いために低い温度となる

火星の温室効果は？

- ・大気の成分

二酸化炭素 95%

窒素 2.7%

アルゴン 1.6%

二酸化炭素は温室効果ガスだが...

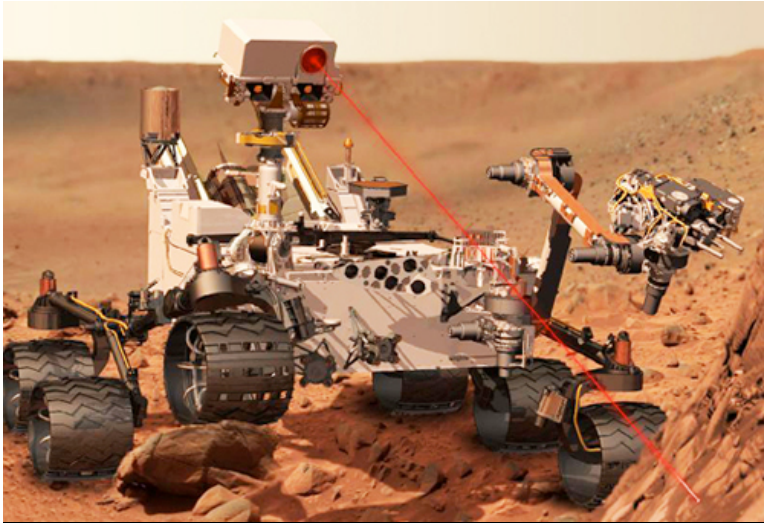
- ・気圧 0.006気圧

地球大気の1/100以下の
とても薄い大気



火星着陸機から見た風景

火星の温室効果は数°C暖まる程度で、結局寒い



火星探査車キュリオシティ

川で作られた丸っこい小石が見つかった。昔の火星はあたたかくて川が流れていた。

30億年以上前には、
液体の水が地表を潤す
温暖な時代があったらしい

火星のたい積岩

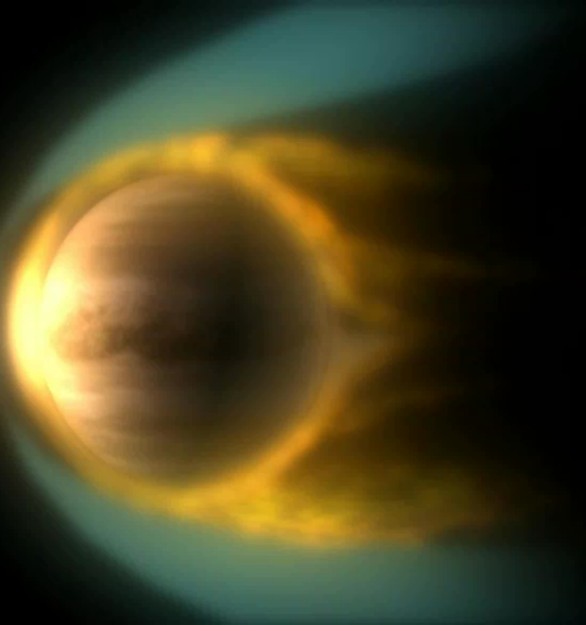


地球のたい積岩



昔の火星はあたたかかった。
今よりも多くの二酸化炭素があっ
たために温室効果が強かった？

火星では重力が弱いために、二
酸化炭素が宇宙に逃げ出して温
室効果が弱まったのかもしれない



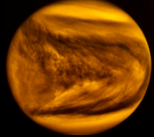
つまり..

地球



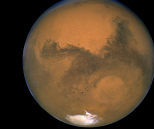
ちょうど良い温室効果のおかげで水惑星

金星



温室効果が強すぎて、しゃく熱地獄

火星

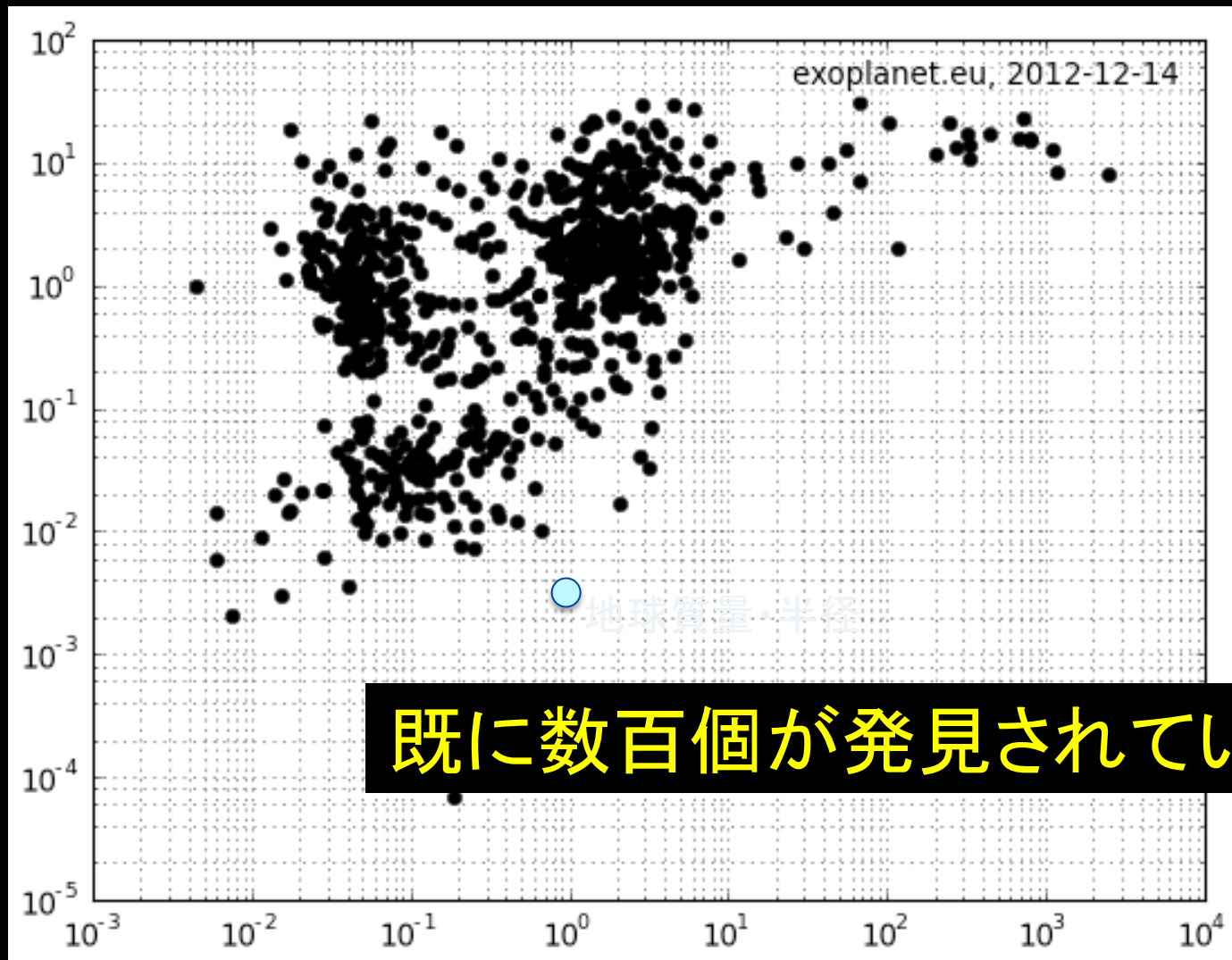


温室効果が弱すぎてこおりついた世界

昔はこれらの惑星は似通っていたかもしれない

系外惑星 (太陽以外の恒星をめぐる惑星)

惑星の質量 (木星質量に対する割合)



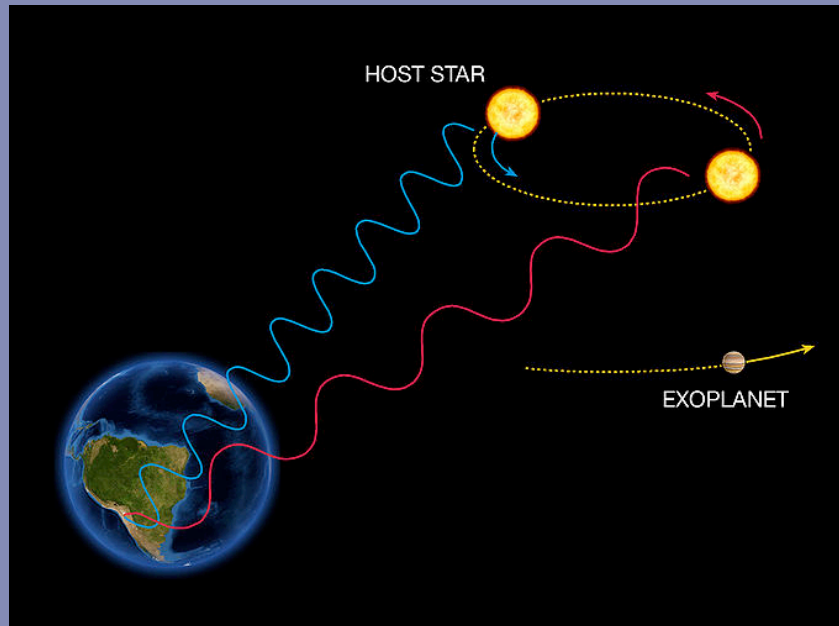
既に数百個が発見されている

公転軌道の半径 (地球太陽間距離に対する割合)

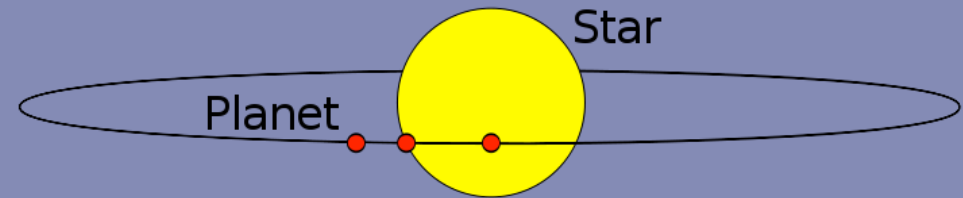


系外惑星の見つけ方

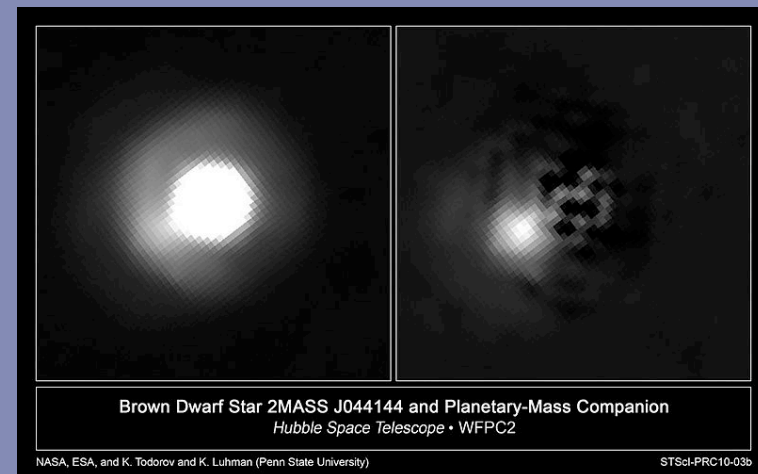
ドップラー法



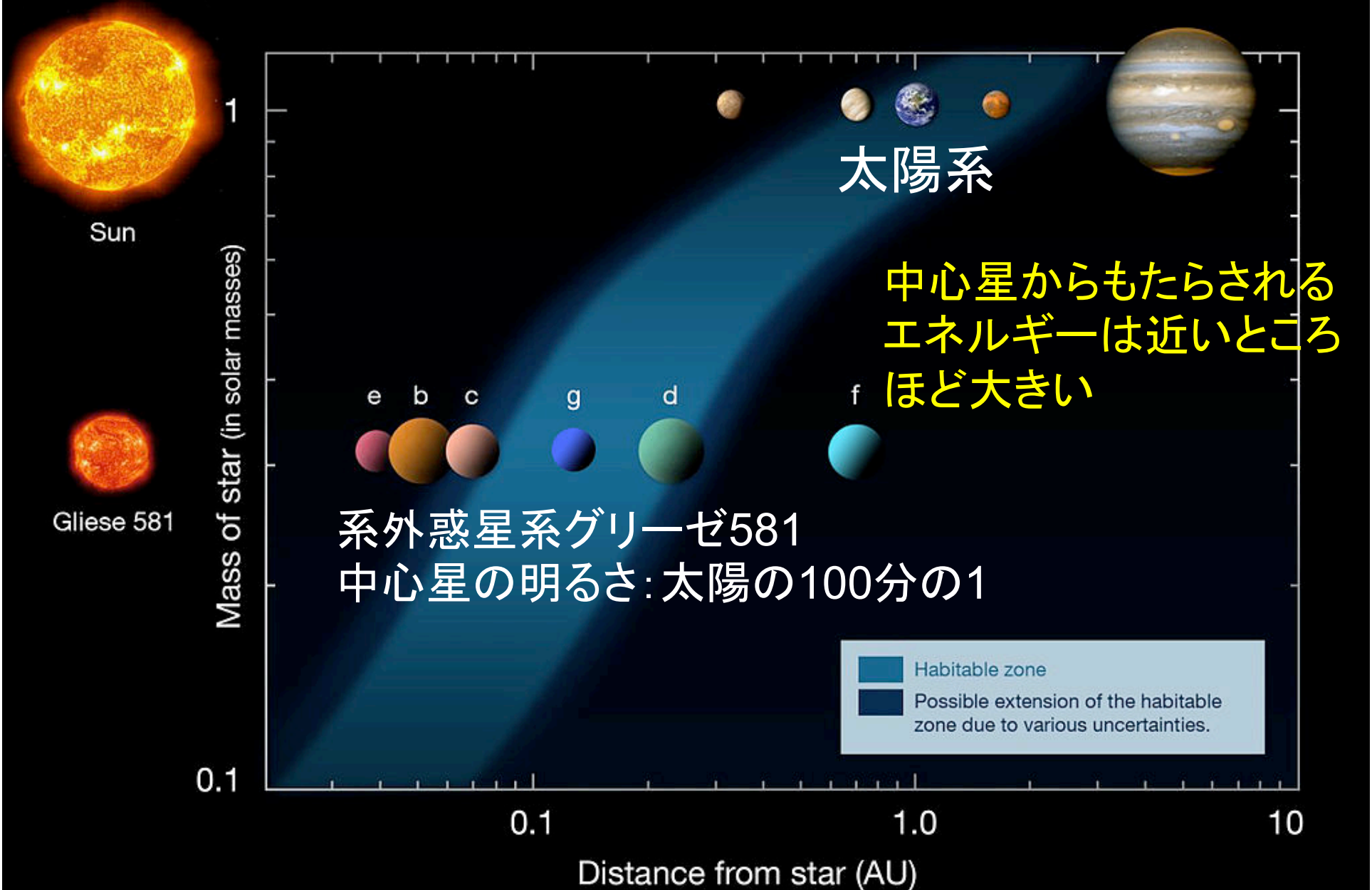
トランジット法

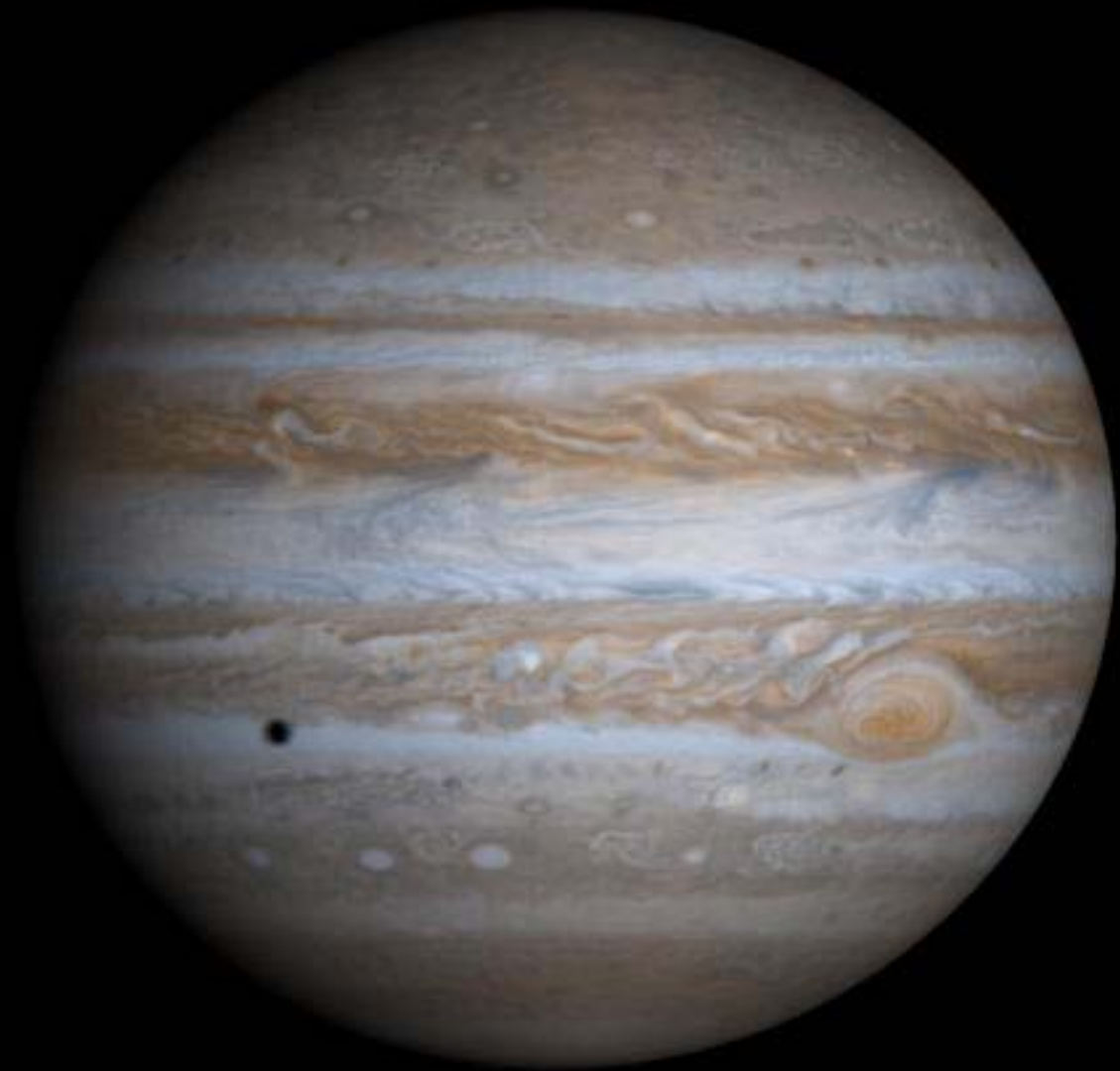


直接撮像



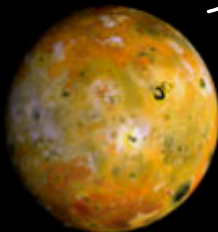
ハビタブルゾーン：液体の水が存在できる領域



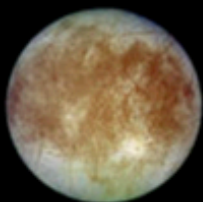


木星の衛星たち

イオ



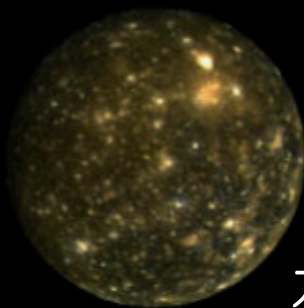
エウロパ



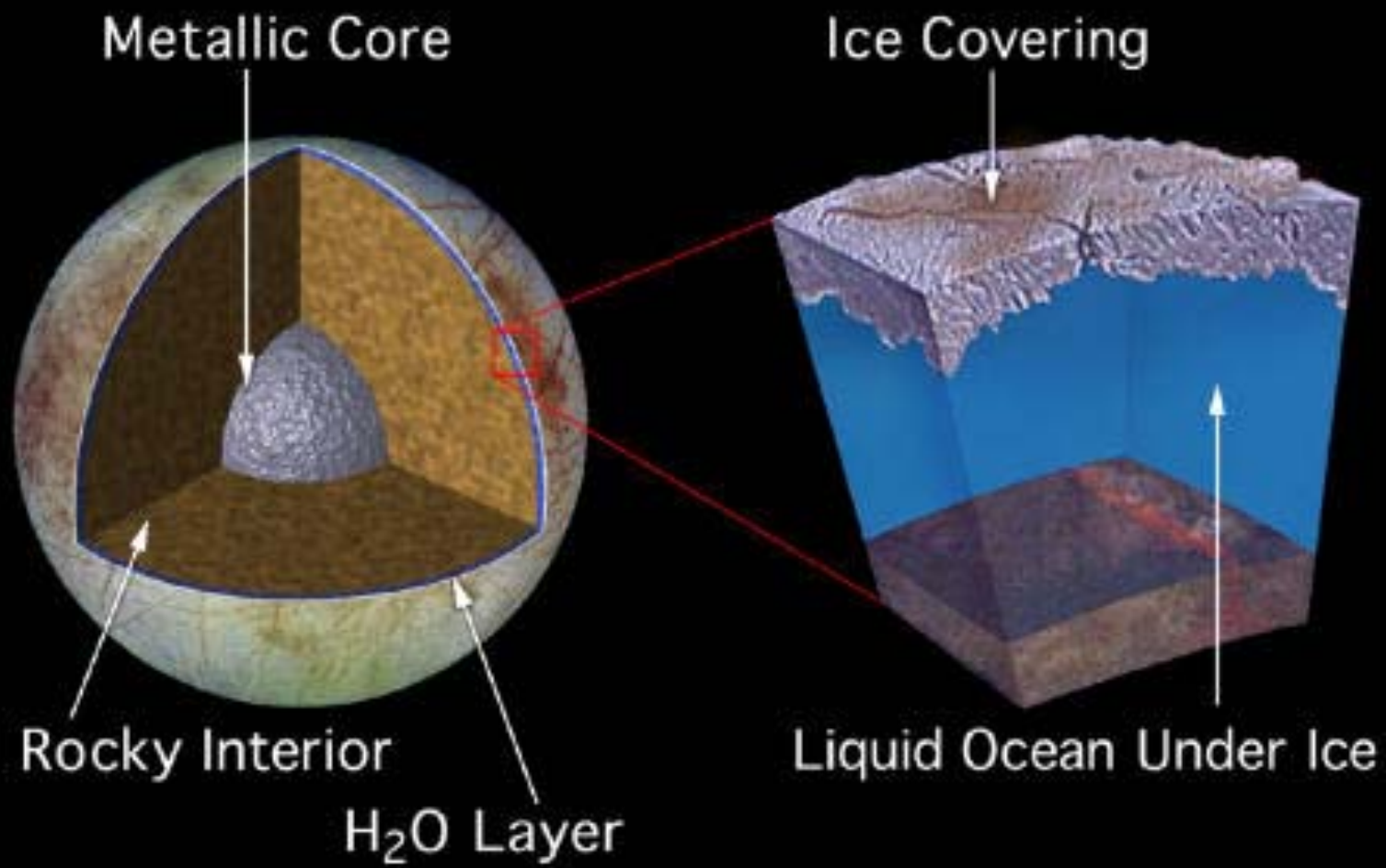
ガニメデ



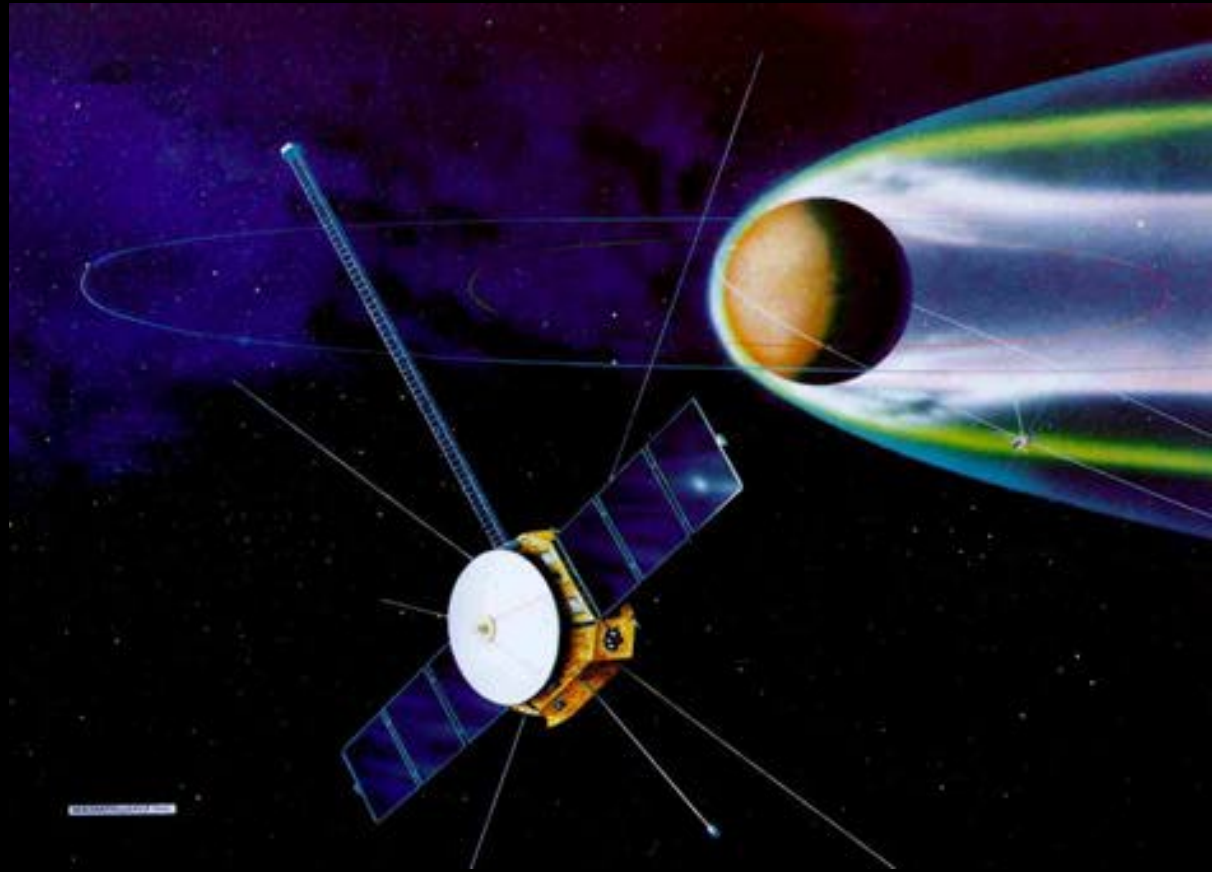
カリスト



氷衛星



火星探査機「のぞみ」 (1998年～2003年)

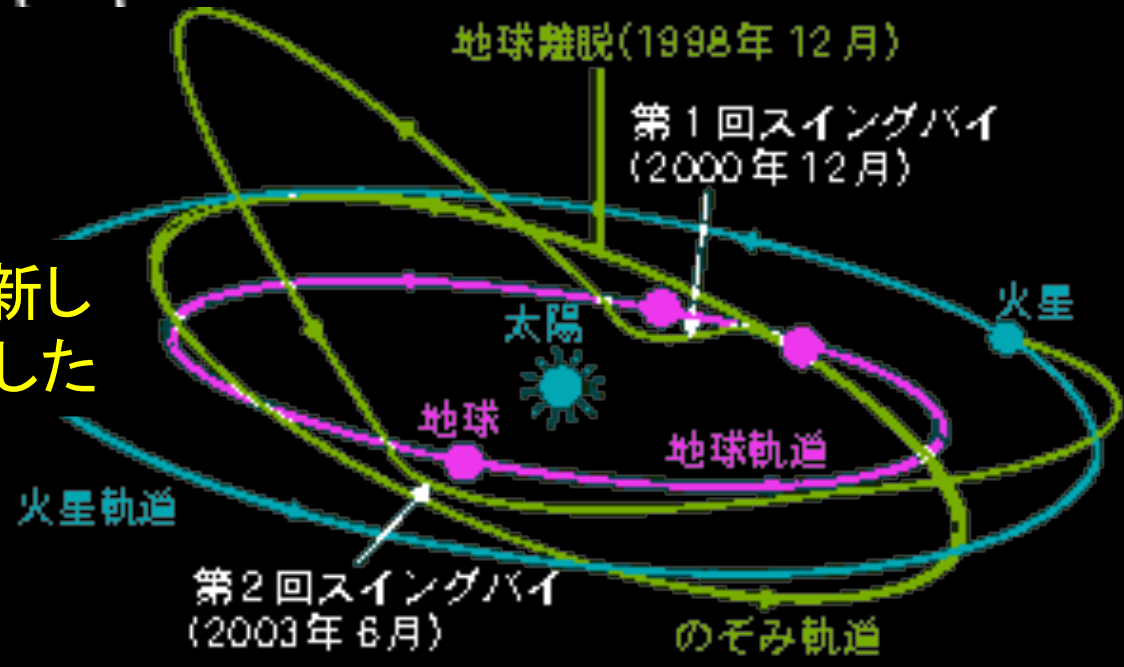


火星の大気や水はどのように
失われたのか



地球スウィングバイの
とき燃料の噴射がうまく
いかなかった
→ 到着までに必要な
燃料が足りなくなった

火星にたどりつける新し
い道すじを見つけ出した



5年にわたる旅の途中で故障が起きて、
火星のすぐそばを通り過ぎてしまった

金星探査機「あかつき」 (2010年～)

- 打上2010年5月、同年12月に金星周回軌道への投入に失敗
- 2015年に金星周回軌道投入に再挑戦

Asahi

金星大気のスーパーローテーション



パイオニア・ビーナス探査機(米)による紫外線連続画像

金星の自転周期は243日 大気は4日で循環
→ 大気が自転をはるかに追い越して流れる

惑星から地球を見る

- * 生命圏たる地球環境はどのような条件がそろったから誕生したのか？ 二酸化炭素の増加や太陽活動の変化は地球環境をどう変えるのか？
- * 地球だけを見ていても、今の地球で起こっていないことはよくわからない。
- * 他の惑星を調べて、バラエティに富んだ惑星のうちの一つとして地球をとらえなおすことによって、地球環境変動のしくみを深く理解できる。

2010年10月

「あかつき」が3000万キロかなたから地球を撮影



赤外線
(波長2ミクロン)