

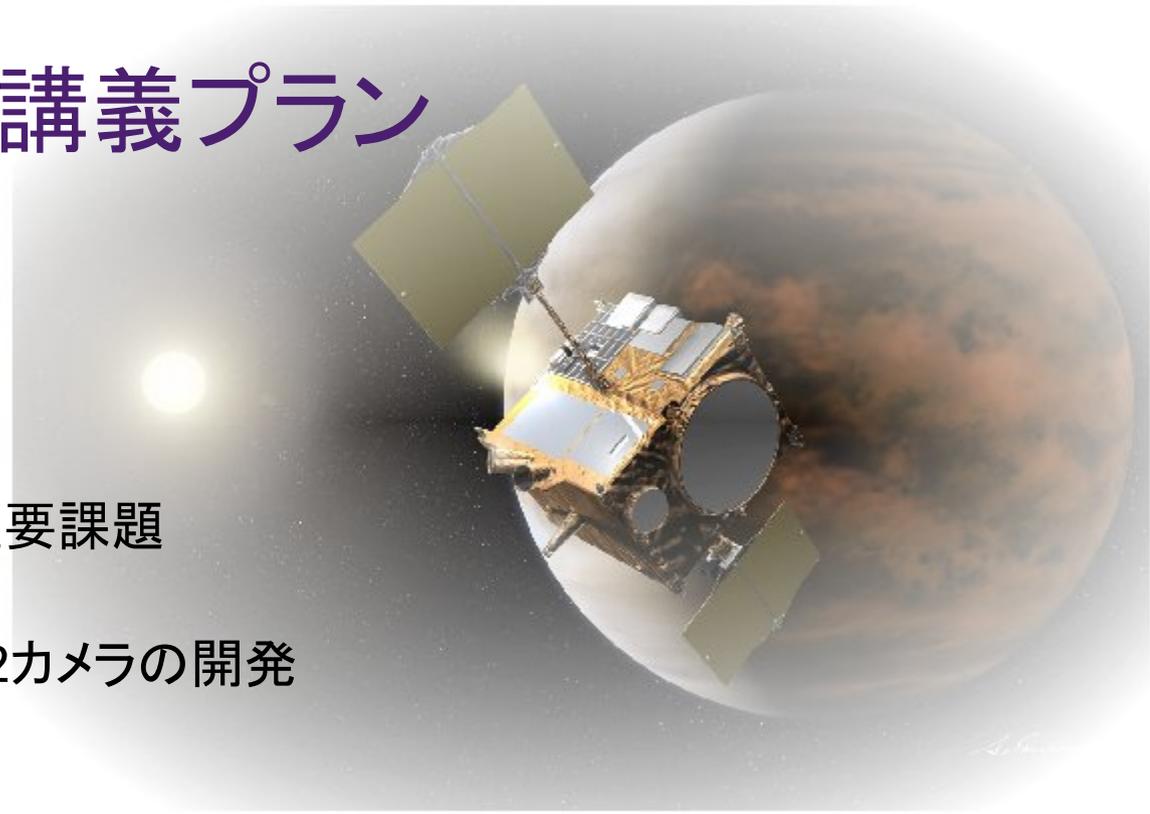
集中講義プラン

• シラバス

- 授業1: 太陽と惑星(基礎)
- 授業2: 金星研究の歴史(1)
- 授業3: 金星研究の歴史(2)
- 授業4: 現代の金星科学の重要課題
- 授業5: 「あかつき」ミッション
- セミナー: 「あかつき」搭載IR2カメラの開発

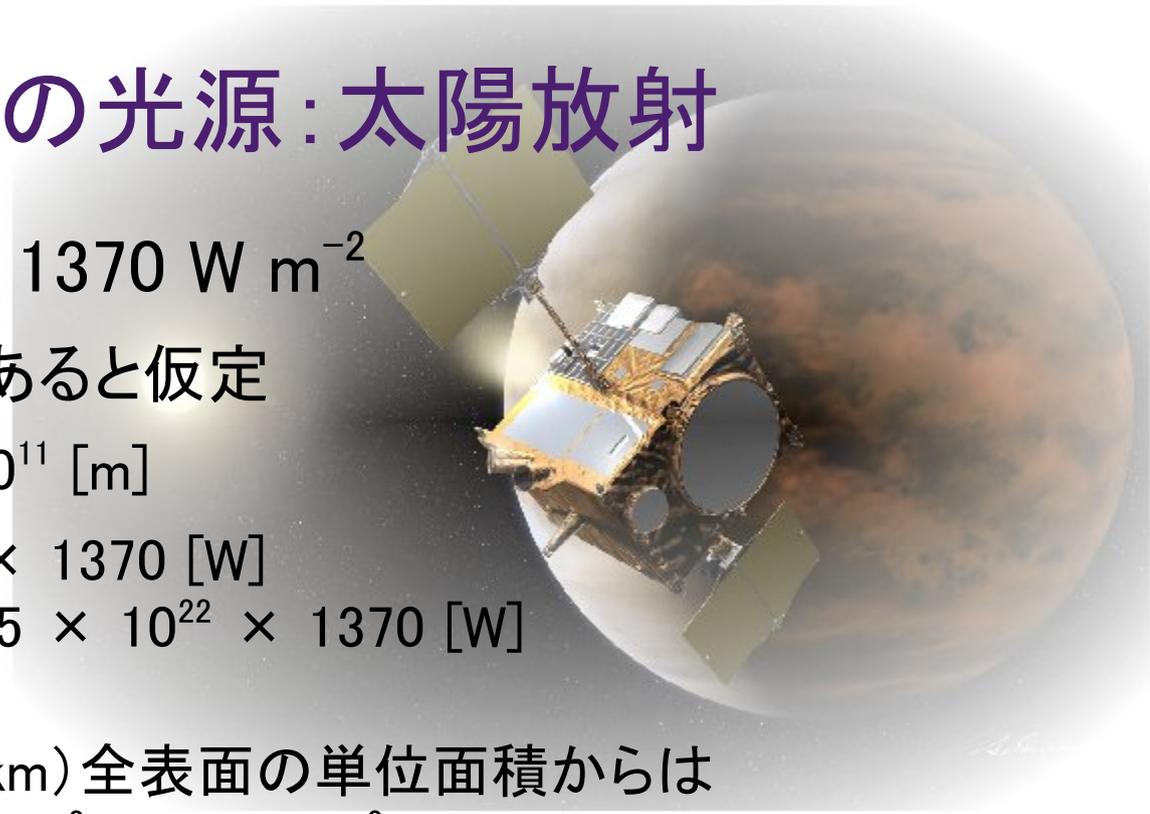
• 実際

- 授業1: 現代の金星科学の重要課題(金星探査計画提案書を題材)
- 授業2: 太陽と惑星(基礎)(板書による通常講義)
- 授業3: 金星研究の歴史
- 授業4: 「あかつき」ミッション(概要)
- 授業5: 「あかつき」ミッション(個別課題)
- セミナー: 「地球型惑星圏環境」研究集会とのTV会議
 - 「あかつき」搭載機器が明かす金星気象の三次元的姿(佐藤 毅彦)
 - 「あかつき」LIRで見る金星大気の新しい描像(神山 徹)
 - 金星探査機「あかつき」と地上望遠鏡によるシナジー(佐藤隆雄)



惑星大気への光源：太陽放射

- 地球軌道での太陽定数 1370 W m^{-2}
 - 太陽放射が等方的であると仮定
 - $a = 1 \text{ AU} = 1.5 \times 10^{11} \text{ [m]}$
 - 全放射量 = $(4\pi a^2) \times 1370 \text{ [W]}$
 $= 4 \times 3.14 \times 2.25 \times 10^{22} \times 1370 \text{ [W]}$
 $= 4 \times 10^{26} \text{ [W]}$
 - 太陽(半径 $r = 70 \text{ 万 km}$) 全表面の単位面積からは
 $4 \times 10^{26} / (4\pi r^2) = a^2 \times 1370 / r^2$
 $= 2.25 \times 10^{22} \times 1370 / (7 \times 10^8)^2$
 $= 6 \times 10^7 \text{ [W m}^{-2}\text{]}$
 - これを温度 $T \text{ [K]}$ に対する黒体放射と見れば、
 $\sigma T^4 = 6 \times 10^7 \text{ [W m}^{-2}\text{]}$
 $T = 6 \times 10^7 / (5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4})$
 $T = 5600 \text{ [K]}$
となつて、太陽の有効温度 T_{eff} を得る。



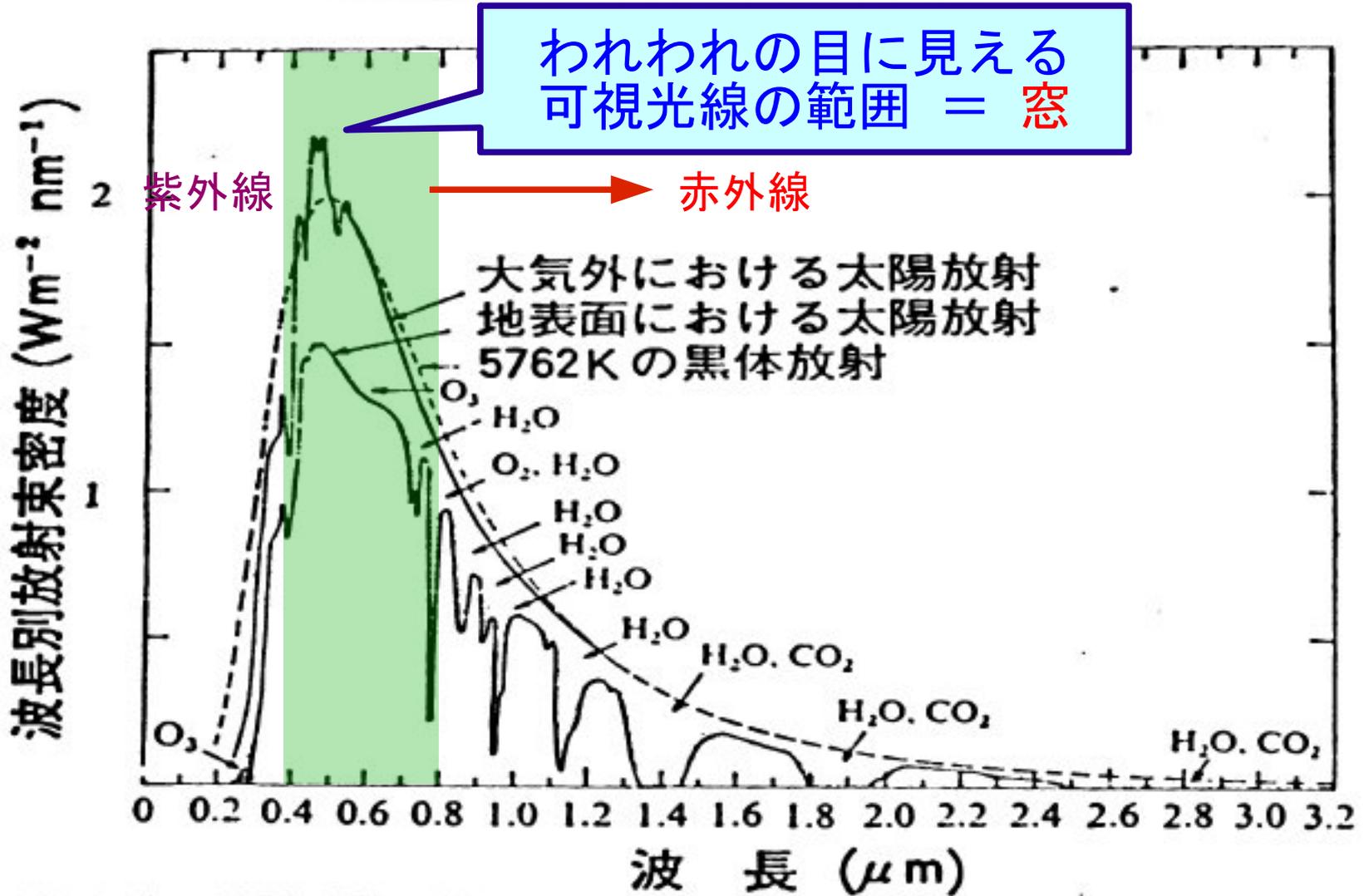
惑星のアルベド → 平衡温度

- 太陽エネルギーの吸収と、惑星からの熱放射(赤外線領域)とのバランス
 - 吸収 + 反射 = 1 であることから
 - 太陽からの距離 d [AU] で球アルベド A の惑星(半径 r [m])が吸収するエネルギーは
$$(1-A) \times \pi r^2 \times S \times (1/d)^2$$
ただし、 S は地球軌道における太陽定数(1370 W m^{-2})である。
 - 惑星は全体が一様温度 T [K] となって宇宙空間へ熱放射すると仮定すると
 - 惑星が放射する全エネルギーは(太陽の場合と同じく)
$$4\pi r^2 \times \sigma T_{\text{eq}}^4$$
 - この二つがバランスする(はず)として、 T_{eq} を求めると
$$T_{\text{eq}} = [(1-A) \times (S / 4\sigma) \times (1/d)^2]^{(1/4)}$$
 - 地球と金星の場合を表の値を用いて計算しなさい

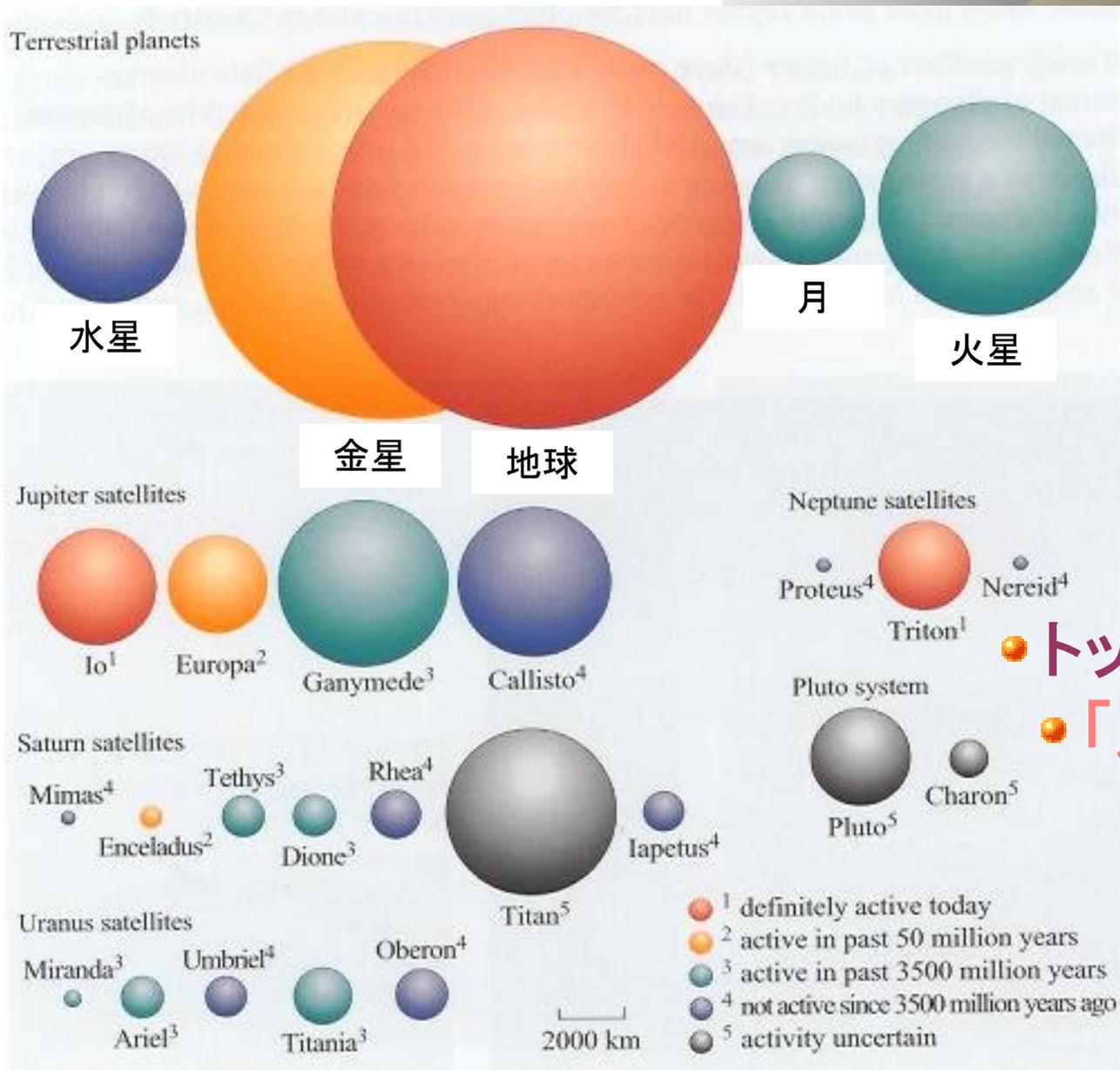
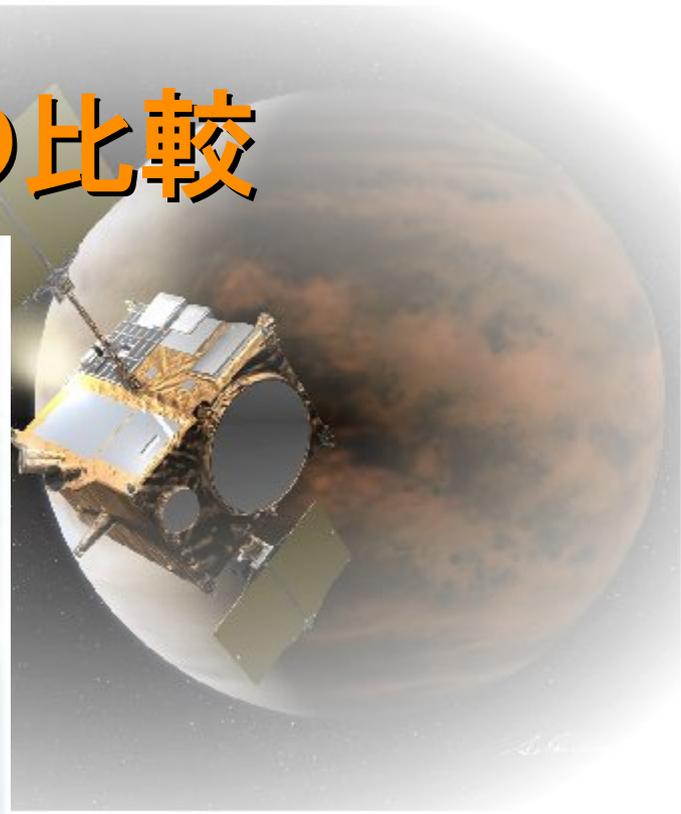


太陽が放射する電磁波スペクトル

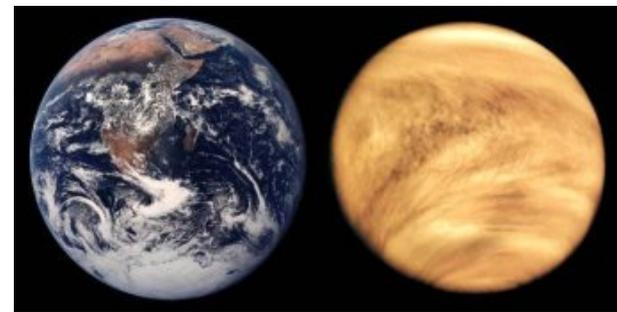
地球が受ける太陽エネルギー



固体惑星・衛星の大きさの比較



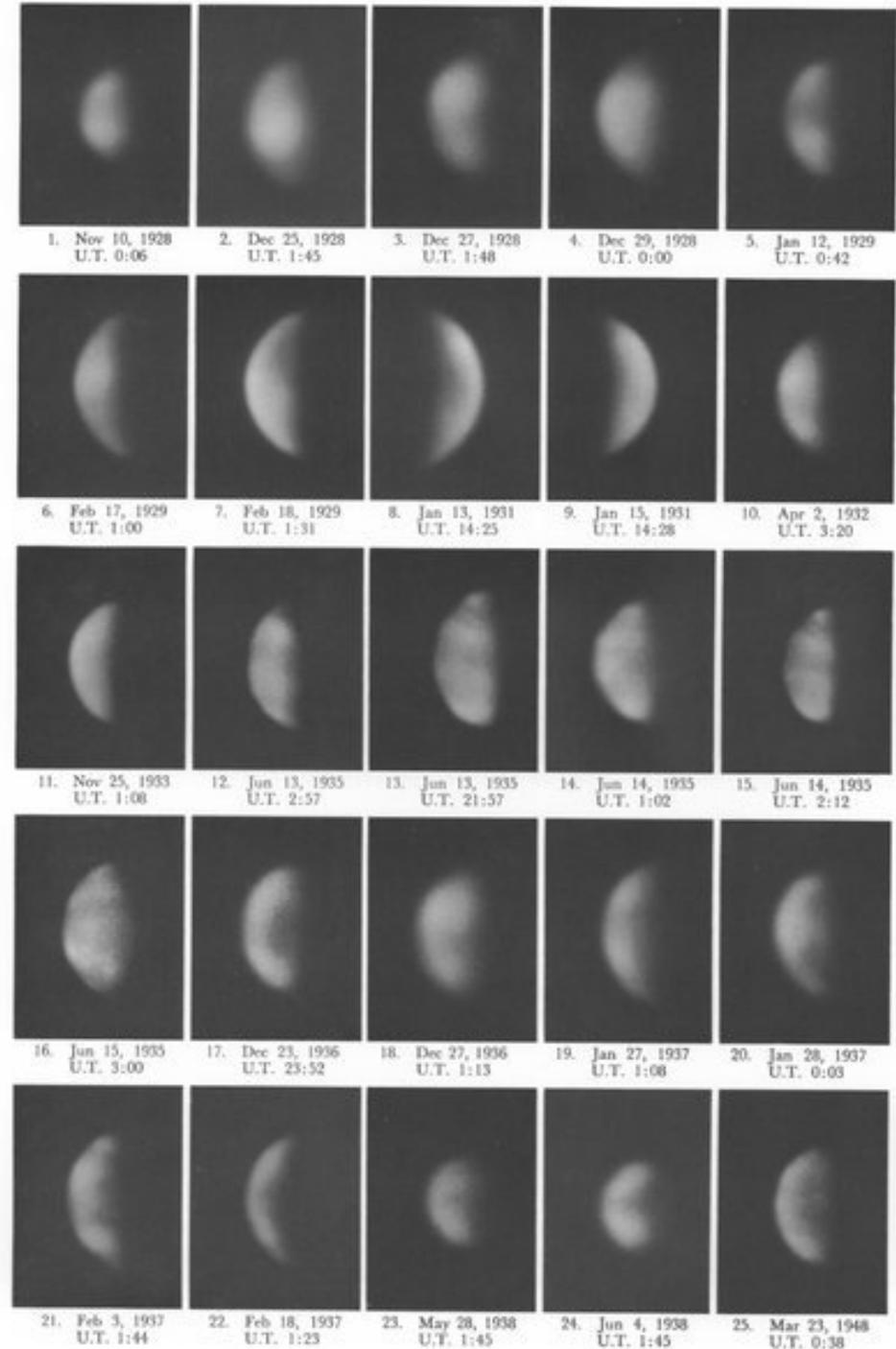
- トップ2:地球・金星
- 「双子惑星」と呼ばれる



金星科学の歴史： 自転論争(1)

地上望遠鏡による観測
紫外線で写真を撮ると、
うっすらと模様が写る
それが西へ移動して行き、
4日経つと似た模様が見える
金星は、
地球とは「逆向き」に
4日の周期で自転している
ところが…

PLATE VII
TYPICAL ULTRAVIOLET PHOTOGRAPHS (λ3650 TO 4000) TAKEN FROM 1927 TO 1948
DISPLAYING VARIATIONS IN THE CLOUD COVER ON VENUS



金星科学の歴史： 自転論争(2)

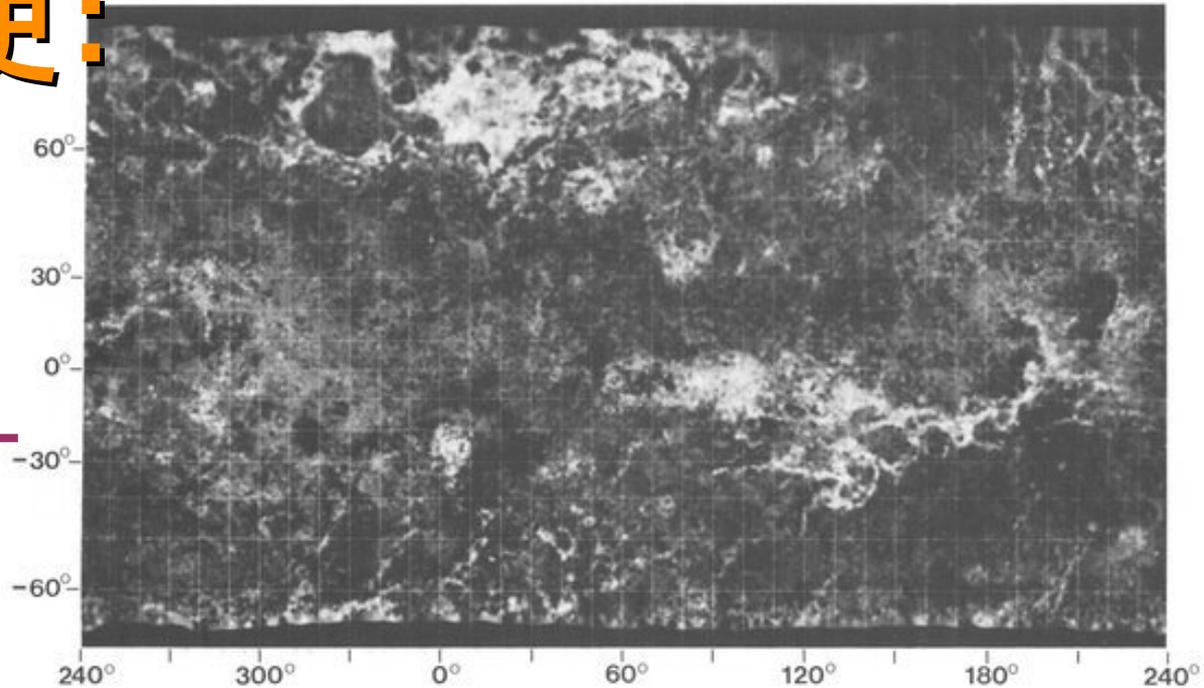
電波望遠鏡の反論

アレシボ300mアンテナ
によるレーダー観測
分厚い雲を通して、
金星地面からの反射電波を
捉えられる。

ドップラー効果

金星地面の反射率マップ

いずれも、金星地面は非常に
ゆっくりと自転していることを
示す(地球と「逆向き」)。





金星探査への挑戦

ヴェネラ1号(1961年2月12日打ち上げ)

マリナー2号(1962年12月14日、金星から3.5万km)

ヴェネラ3号(1966年3月1日、金星表面にクラッシュ)

ヴェネラ4号(1967年10月18日、18気圧@25km)

ヴェネラ5,6号(1969年5月16,17日、高度20km)

ヴェネラ7号(1970年12月15日、金星地表からシグナル)

ヴェネラ8号(1972年7月22日、金星地表からシグナル)

ヴェネラ9号(1975年10月20日、初の金星地表白黒画像)

ヴェネラ10号(1975年10月23日、金星地表白黒画像)

パイオニア・ヴィーナス(1978年12月、金星到着)

ヴェネラ11号(1978年12月25日、金星到着)

ヴェネラ12号(1978年12月21日、金星到着)

ヴェネラ13号(1982年3月1日、初の金星地表カラー画像)

ヴェネラ14号(1982年3月5日、金星地表カラー画像)

金星地表が高温であること
(425°C以上)を発見

大気が濃すぎて、降下に
時間がかかりバッテリー
切れ。地表は500°C以上
大気の90~95%がCO2

地表風速は
3.5 m/s程度

周回機と複数
着陸プローブの
ミッション

母船との交信時間が上限
金星大気中の電気(雷?)
を観測

23分

50分

53分

65分

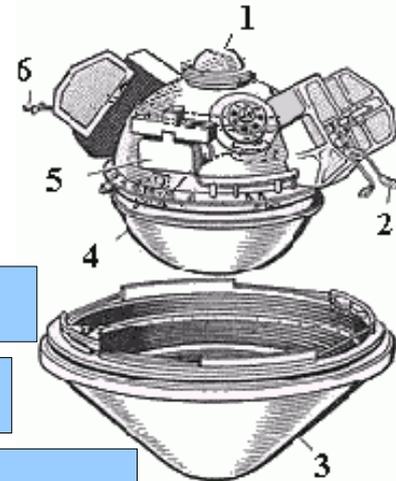
60分以上

90分以上

110分

127分

57分

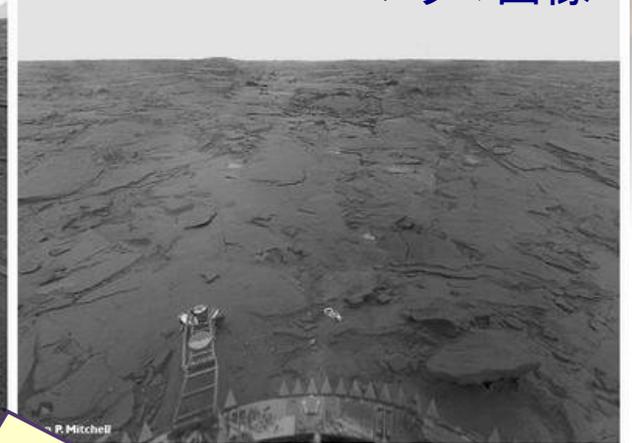
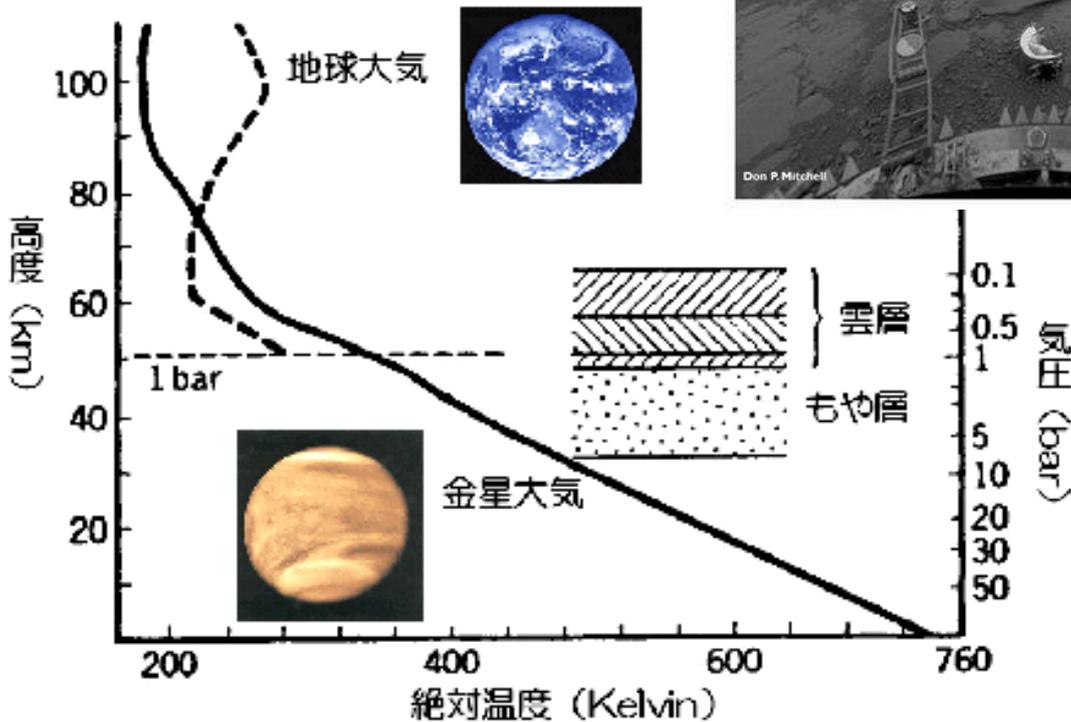


探査が明らかにした金星地表

• 紫外線による観測

- 灼熱の惑星：膨大な炭酸ガス大気・雲による強い温室効果
地表温度 460°C、地表気圧 90気圧

ヴェネラ13号
パノラマ画像

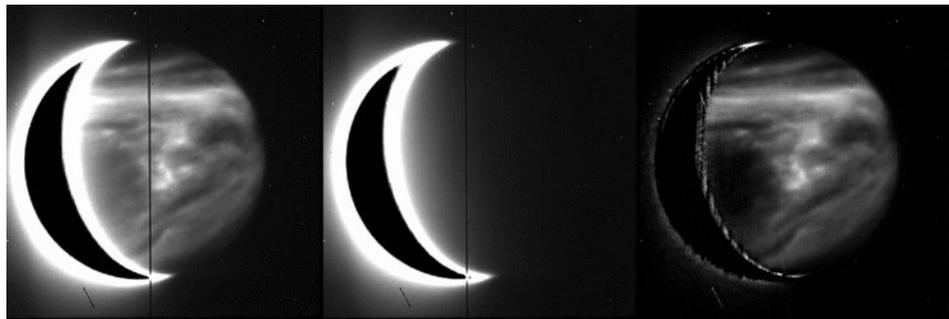


反射能の非常に高い
分厚い雲があるために、地
表に達する日射は地球の
場合よりも弱い

金星の「窓」と「壁」

赤外線「窓」領域

- 温室効果ガスCO₂による吸収をのがれて、雲の下の熱赤外線がもれ出してくる。
- 1980年代に、地上からの観測で発見された。
- Galileo探査機が金星を通過(フライバイ)する際に、詳細な画像を得ている。

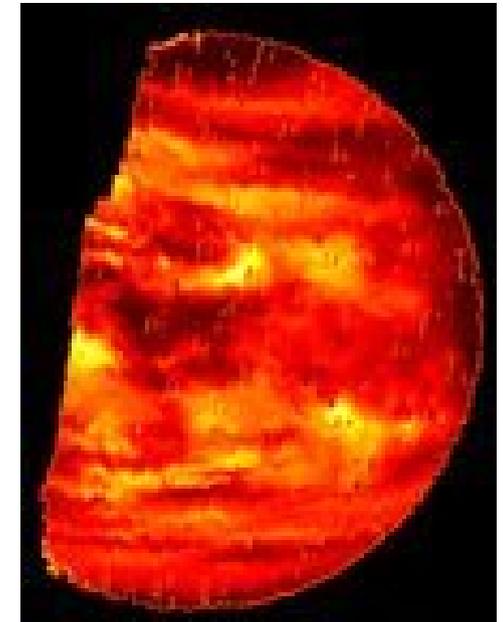
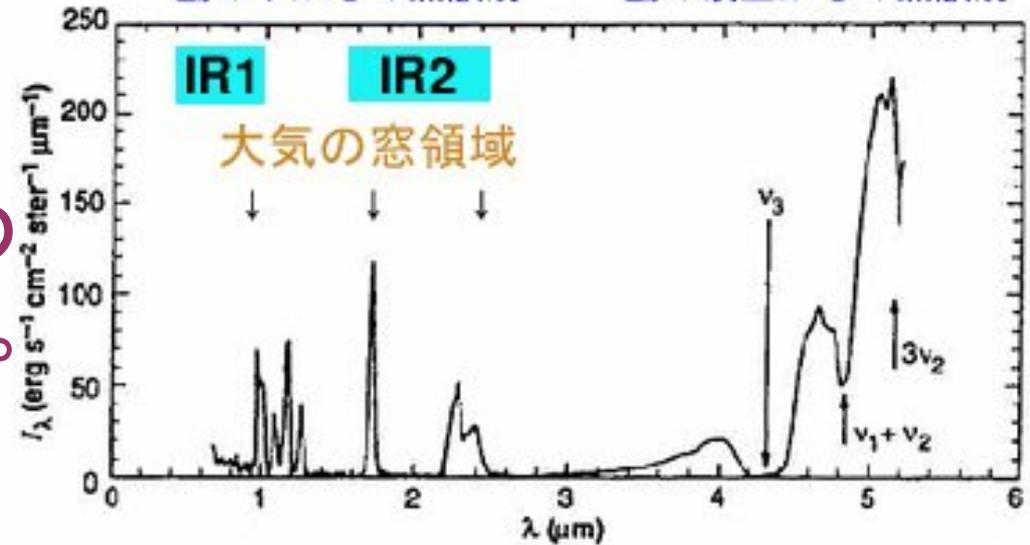


窓

壁

雲の下からの熱放射

雲の頂上からの熱放射



探査機時代の金星科学：地面の凹凸

マゼラン(1989年、米国)

たくさんの火山

100kmサイズのものが

100個以上もある

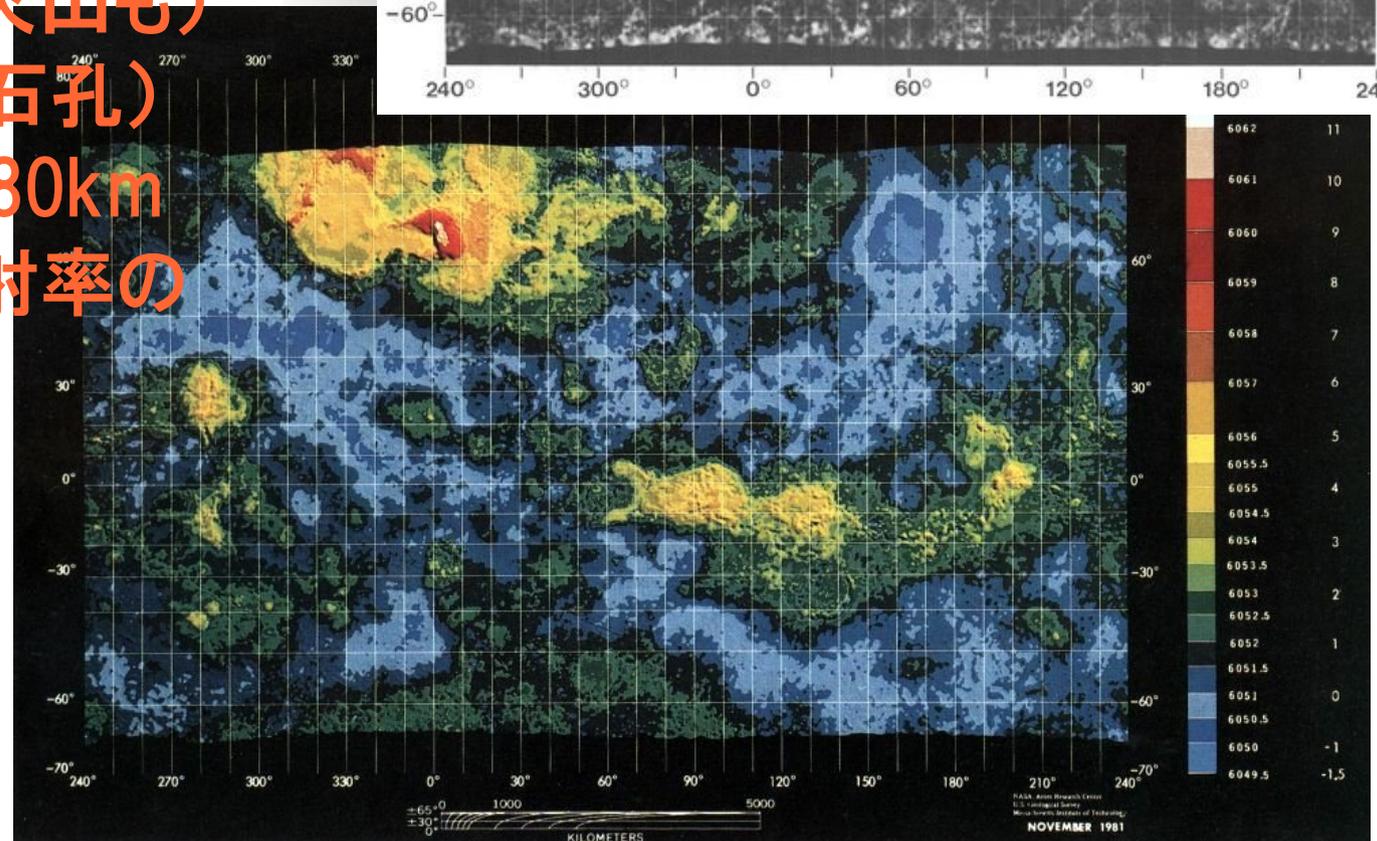
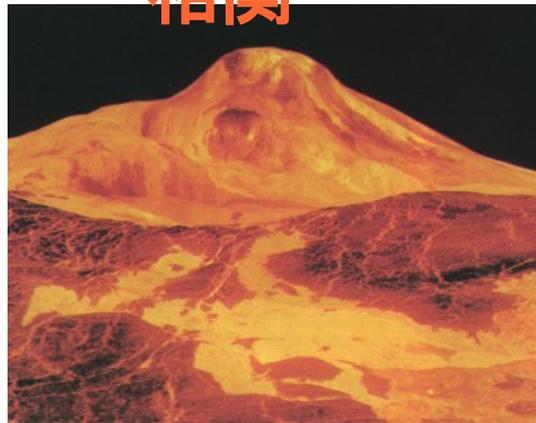
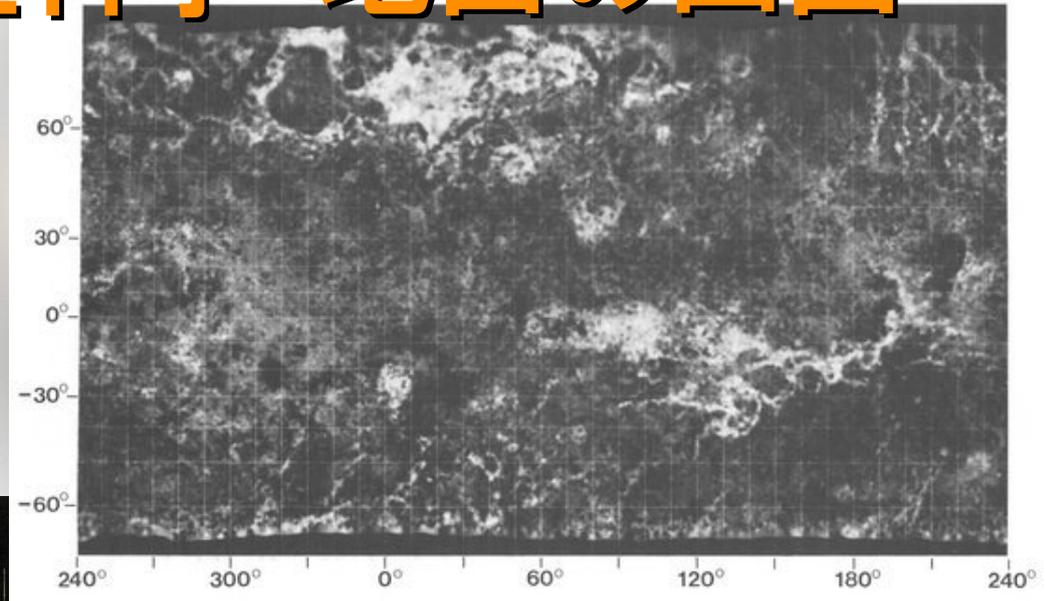
(高さ8kmの火山も)

クレーター(隕石孔)

直径3km~280km

起伏と電波反射率の

相関



Venus Expressの成果(1)

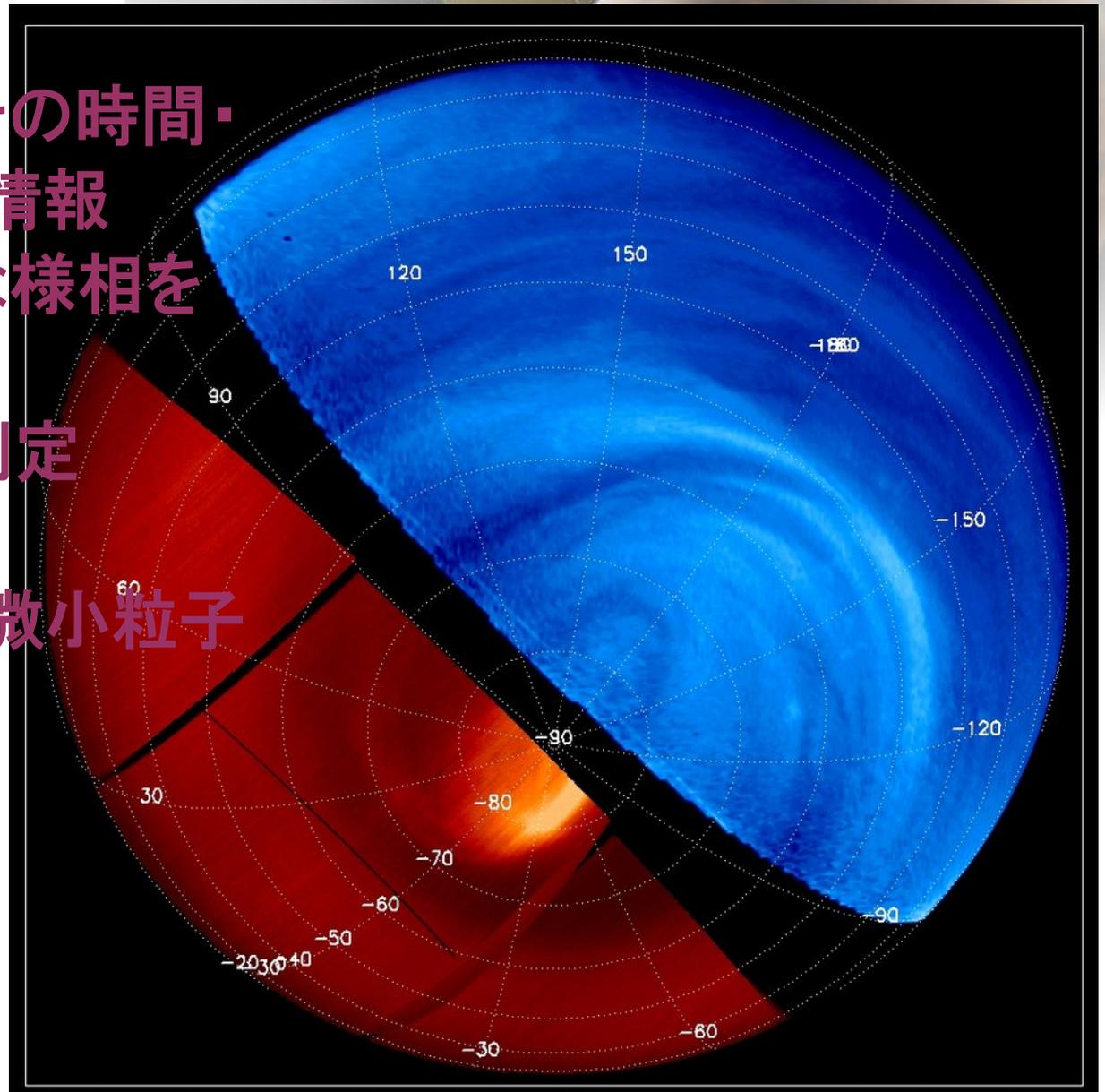
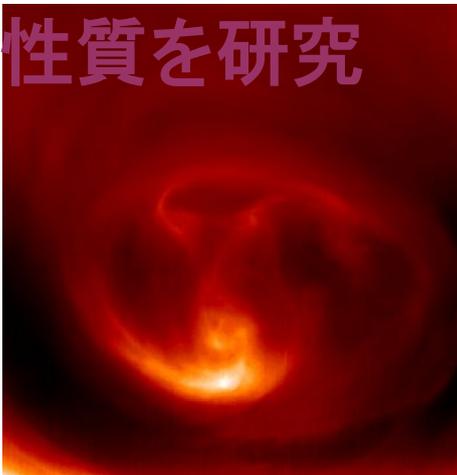
VMC, VIRTIS

金星の雲の性質やその時間・
空間変化に関する情報
南極の「渦」の複雑な様相を
キャッチ

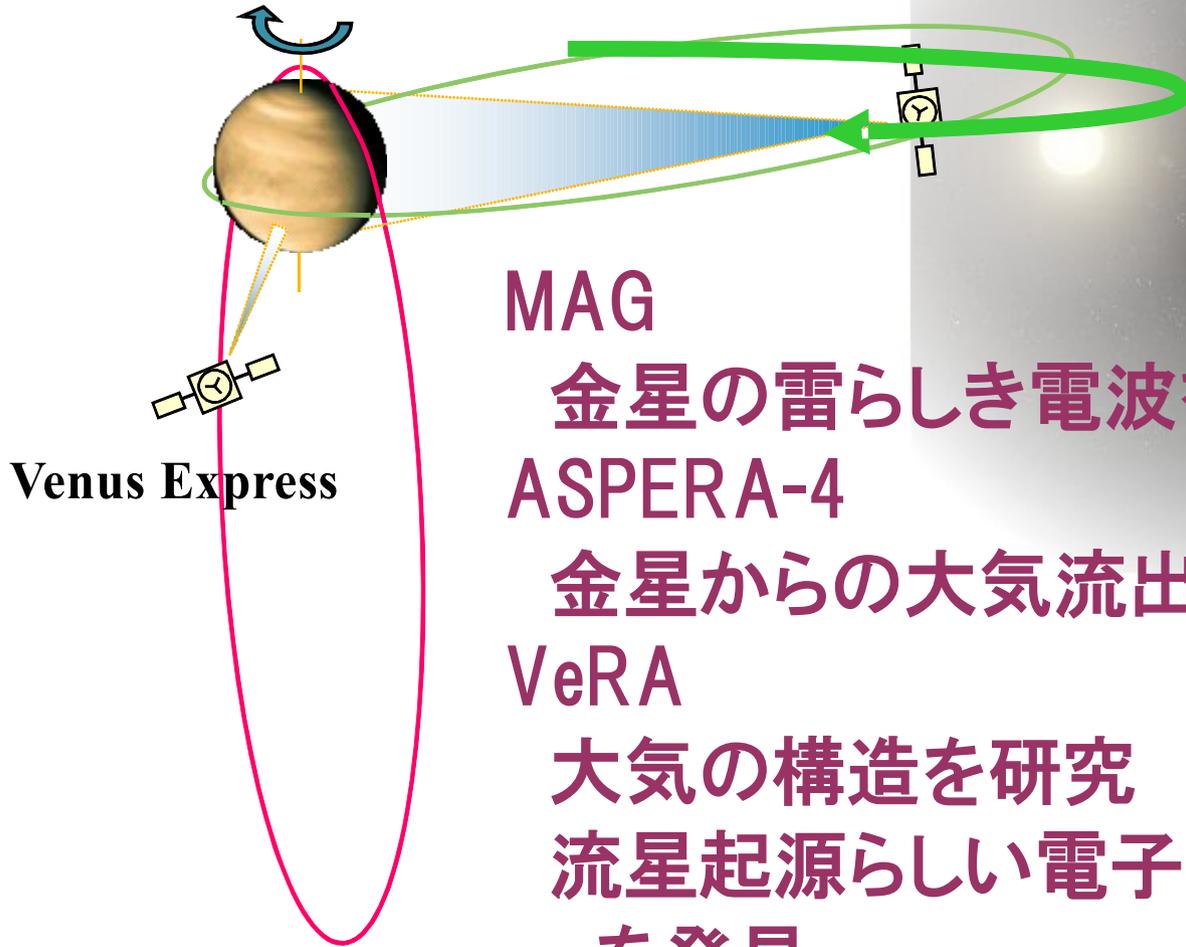
金星の「風」の精密測定

SPICAV/SOIR

大気上層の構造と、微小粒子
の性質を研究



Venus Expressの成果(2)



MAG

金星の雷らしき電波をキャッチ

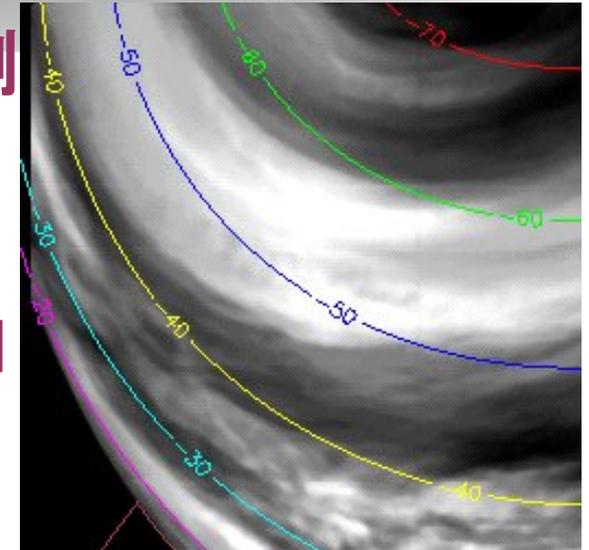
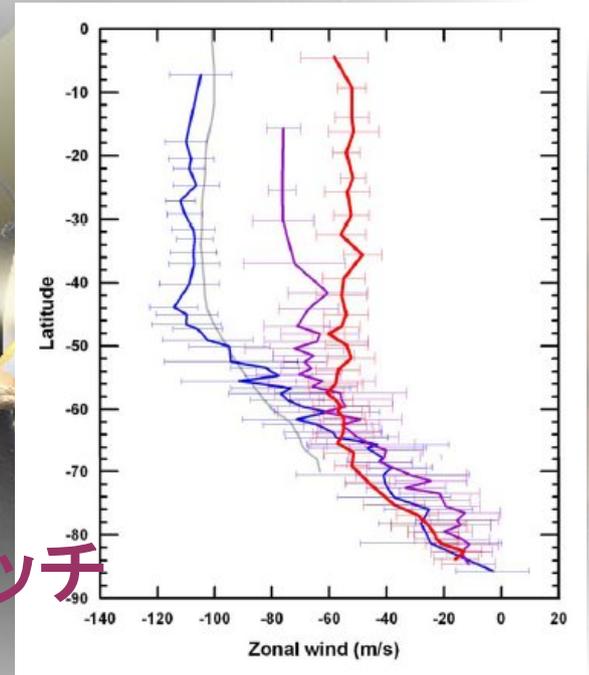
ASPERA-4

金星からの大気流出を観測

VeRA

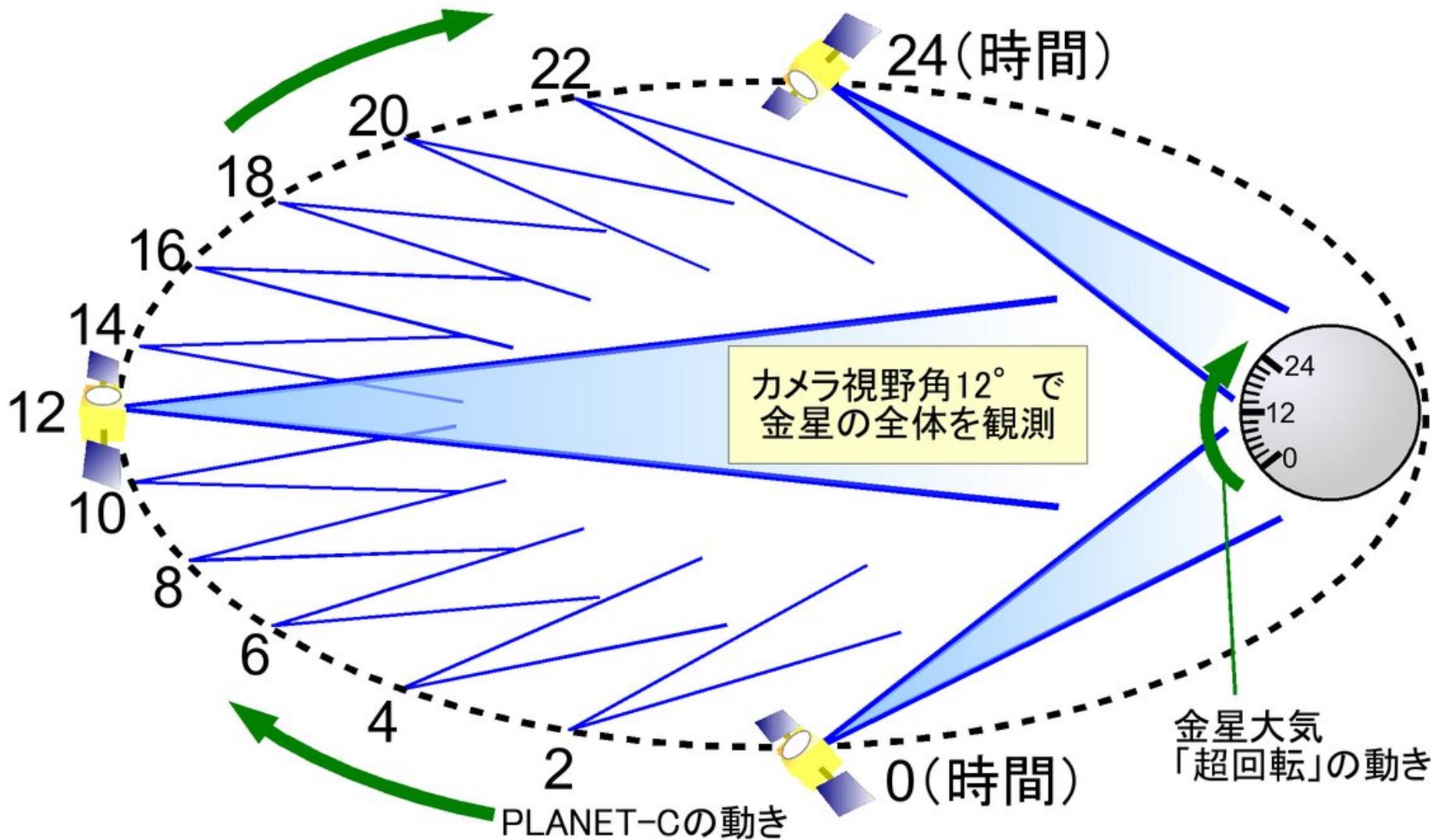
大気の構造を研究

流星起源らしい電子の増加
を発見



残念ながらVenus Expressは、2015年1月に金星大気へ突入しその寿命をまっとう(観測は2014年まで)。

金星気象衛星「あかつき」



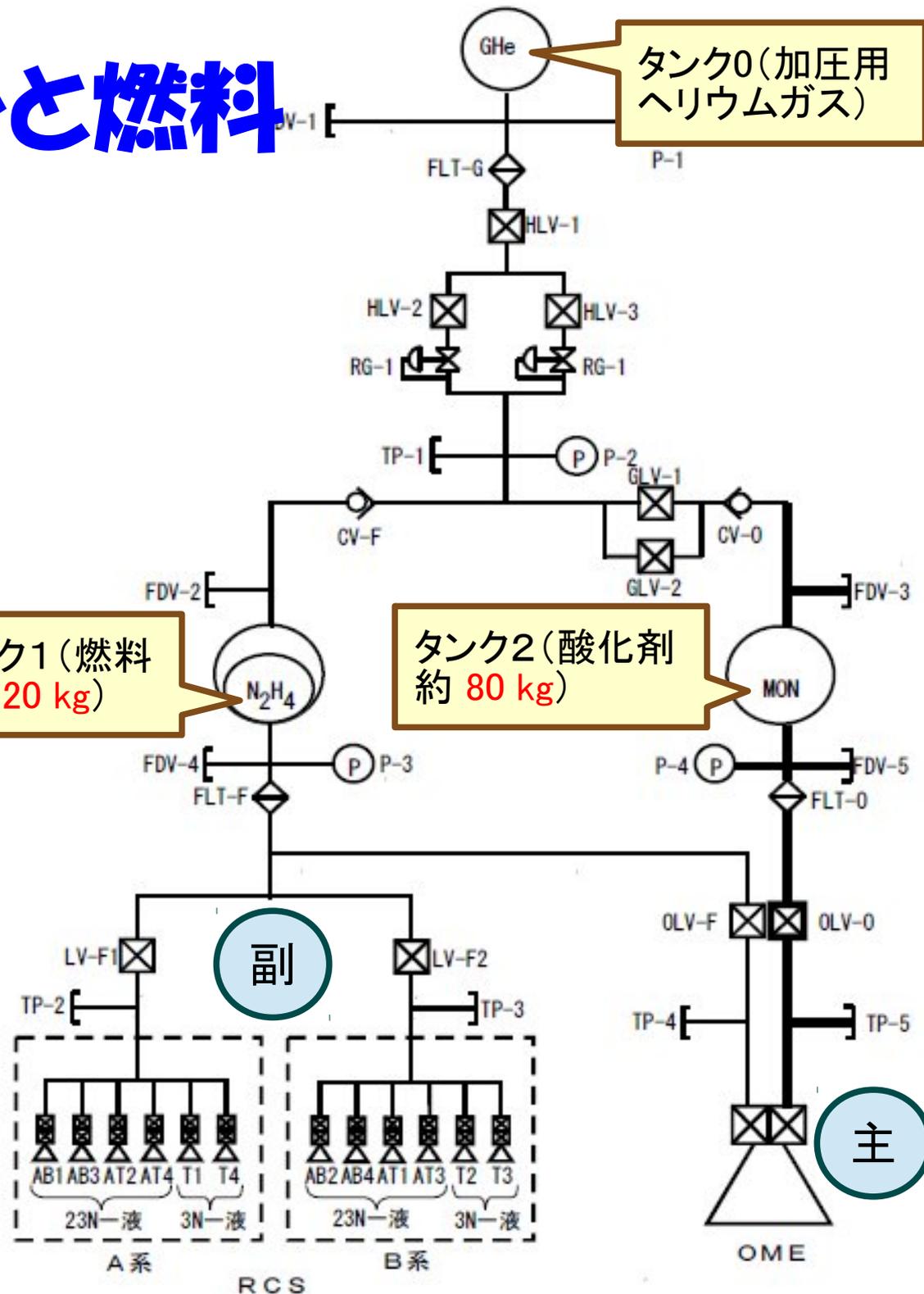
2種類のエンジンと燃料

主エンジン

- 500 Nの力を発生
- 燃料と酸化剤を使う
- 周回軌道投入用

副エンジン

- 23 Nまたは3 Nの力を発生
- 燃料を触媒で燃やす (酸化剤はいらない)
- 姿勢制御用



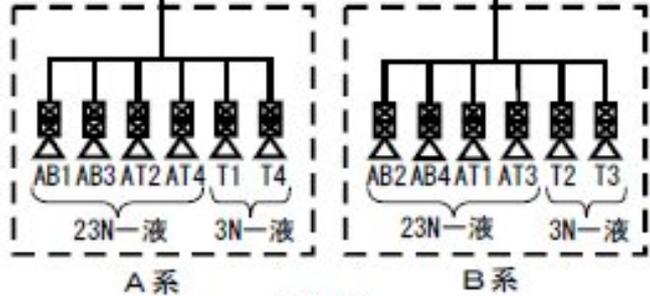
タンク0 (加圧用ヘリウムガス)

タンク1 (燃料 約 120 kg)

タンク2 (酸化剤 約 80 kg)

副

主



主エンジンが壊れたために

- 酸化剤

- 副エンジンではいらなから、それを宇宙へ捨てて身軽になる(2011年9月)

- ブレーキ

- AB1~AB4の4本をまとめて使えば、主エンジンの約4分の1の力(100 N)を発生することができる。
- 姿勢を変えれば、AT1~AT4をまとめて使っても、同じようなことができる。

