

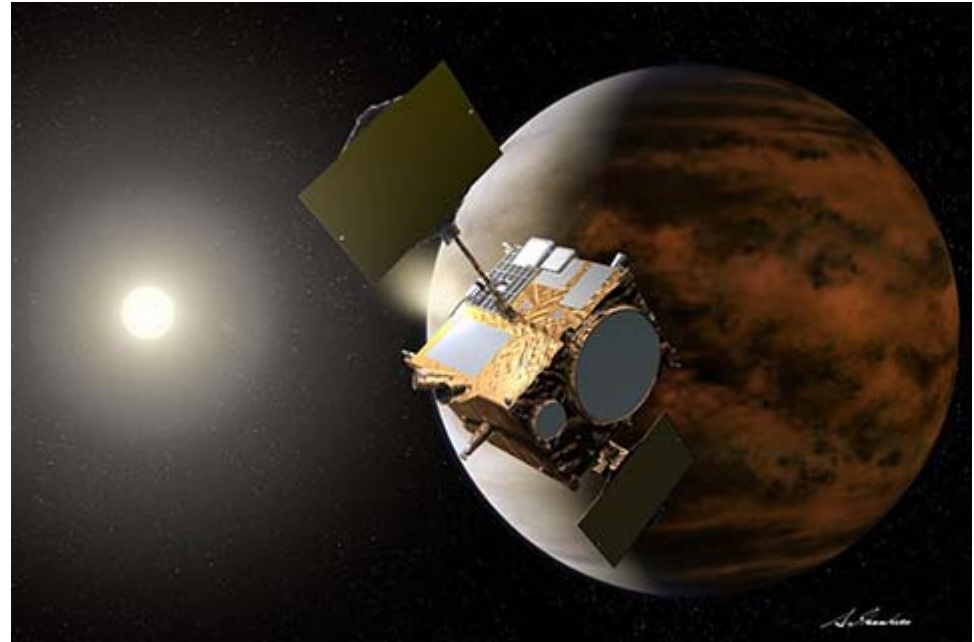
金星探査機「あかつき」 今後の金星周回軌道再投入 および観測計画

中村正人

JAXA宇宙科学研究所

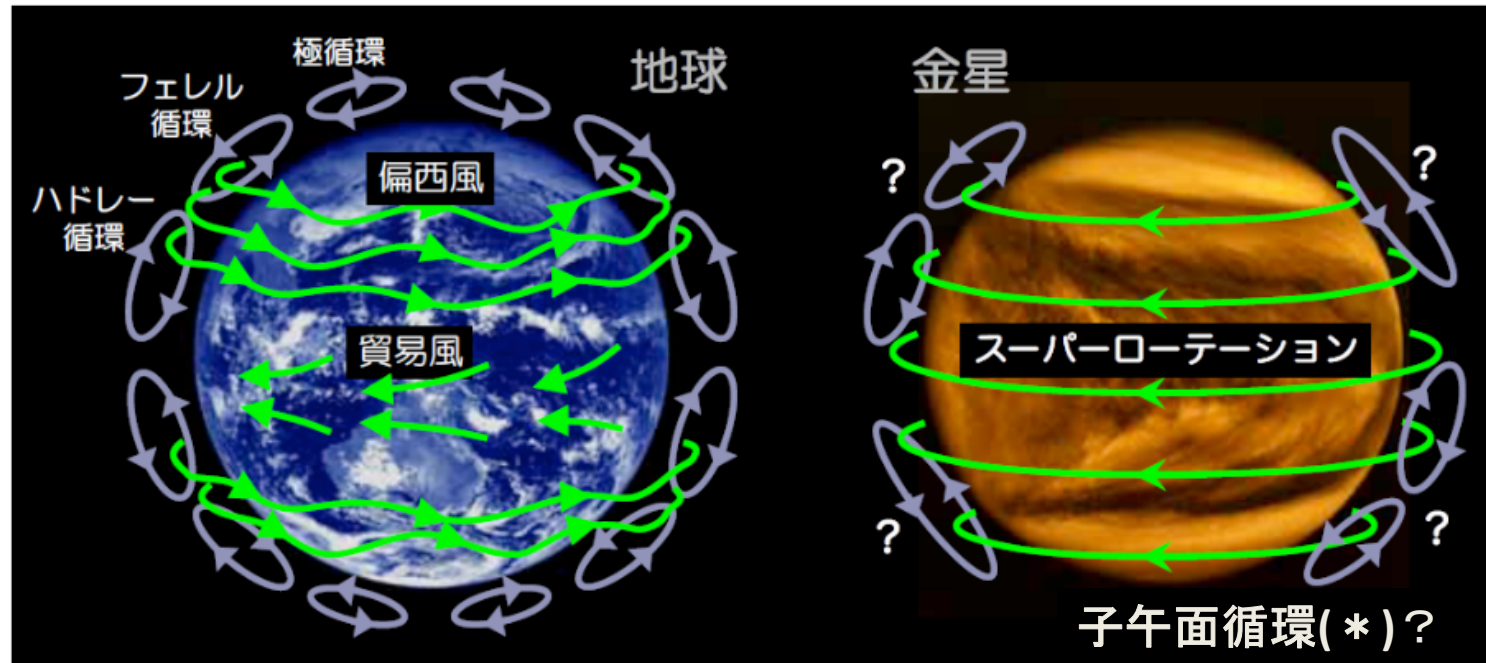
「あかつき」プロジェクトマネージャ

発表概要



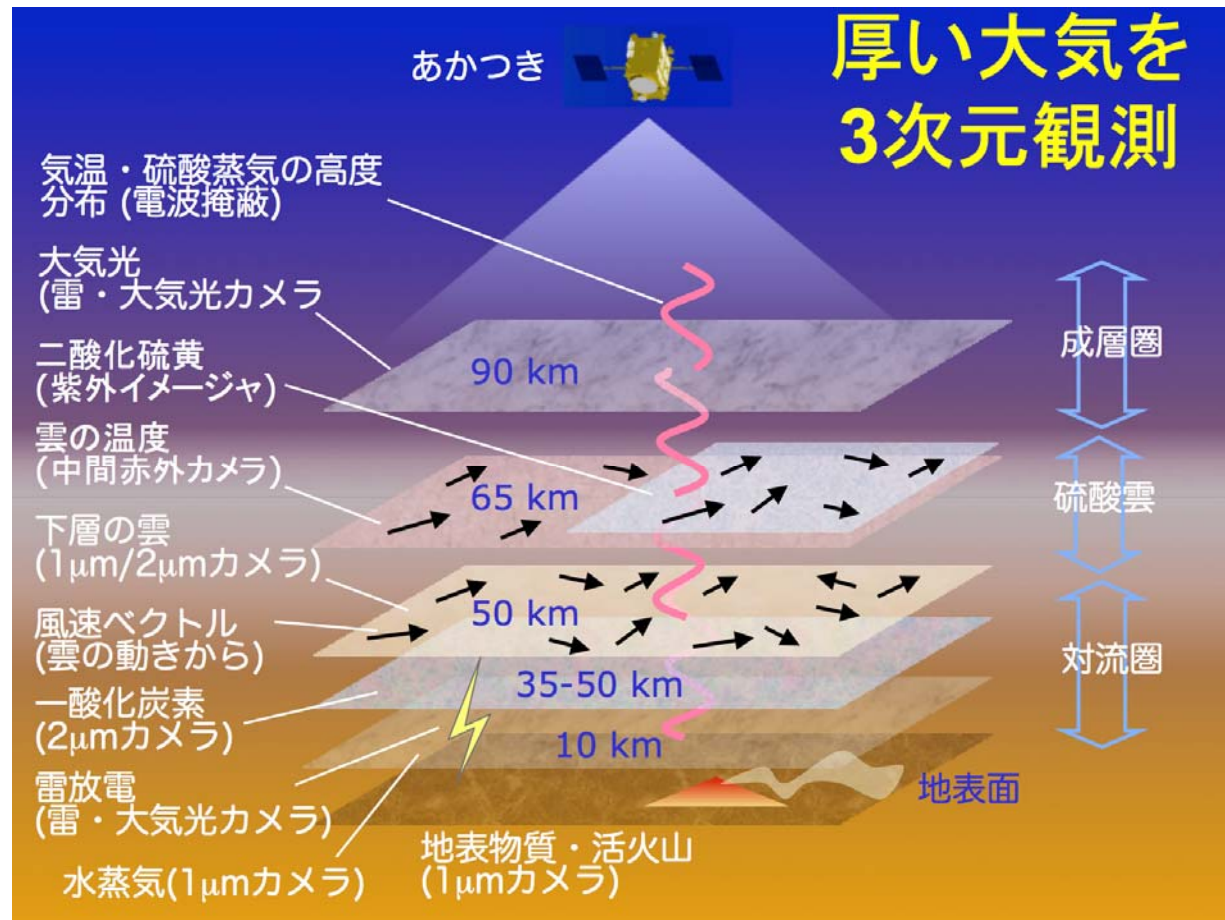
- ミッションの目的：金星の大気の運動をグローバルに観測し、大気循環メカニズムを解明する
- そのために金星赤道面に近い周回軌道上からの観測が必須
- 2010年12月7日に、金星周回軌道投入を試みたが失敗
- 2015年12月7日（日本標準時）に再度金星周回軌道へ投入を試みる
- 投入時は不具合のある主推進エンジンは使用せず、代わりに姿勢制御用エンジン4本を使用して当初予定より遠金点の遠い楕円軌道へ投入する

科学目的：なぜ金星を探査機で観測するのか？



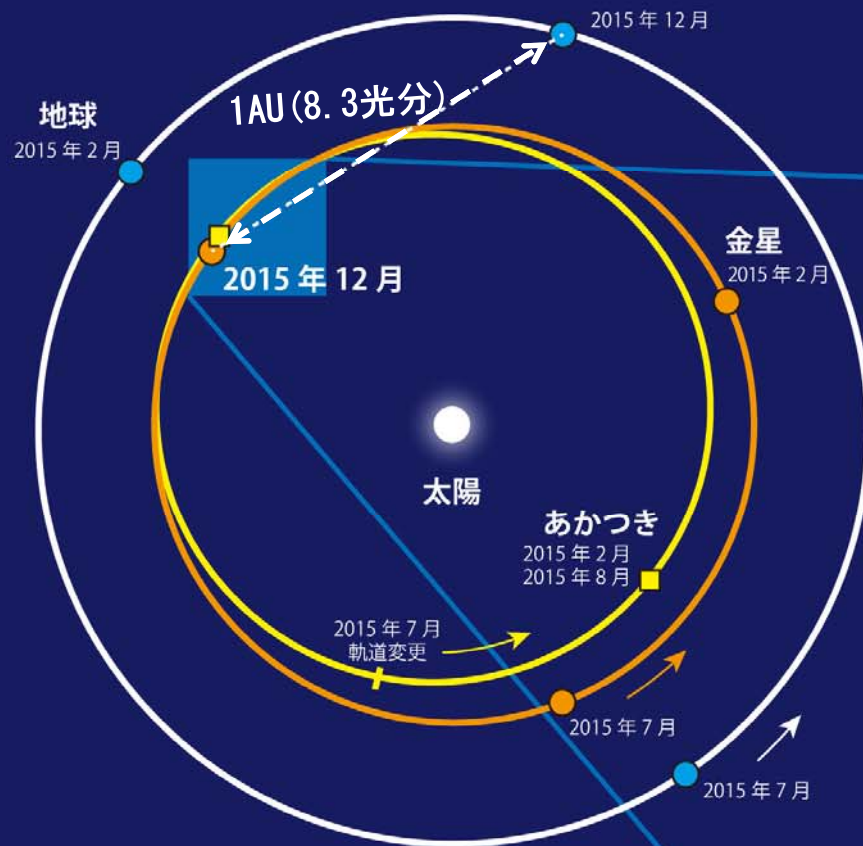
- ・ 大きさがほぼ等しく、太陽からの熱入力も大差ない地球と金星
- ・ しかし気候は大きく異なる。例えば、「スーパーローテーション」と呼ばれる金星大気上層の高速風（秒速約100m）。自転周期約243日の金星を4地球日で一周する強風（自転速度の60倍速）が吹いている
- ・ 2つの惑星での気候の違いが何故生じるのか？これを知りたい
(*) 子午面循環：南北方向の大きな大気の循環

厚い金星大気の運動を3次元的に調べることで、金星気候を支配するメカニズムを明らかにし、地球の気候と比較する



- 高速大気大循環「スーパーローテーション」はなぜ起こるのか？
- 子午面循環は金星気候にどのような影響を与えているか？
- 全球を隙間無くおおう雲はどのようなメカニズムで作られるのか？
- 氷晶の生じない大気にも雷は起こるか？

金星周回軌道投入への道のり



太陽－金星の平均距離＝約0.7AU
近日点で太陽－あかつきの距離＝約0.6AU
探査機は厳しい熱環境に晒される

1AUは、太陽－地球間の平均距離で、
1億4959万7871キロメートル＝8.3光分

投入の拡大図

あかつきは金星の外側から
金星に接近

外側から接近

あかつき
金星

地球との距離は1AUあり、
地上から投入動作を制御
できない

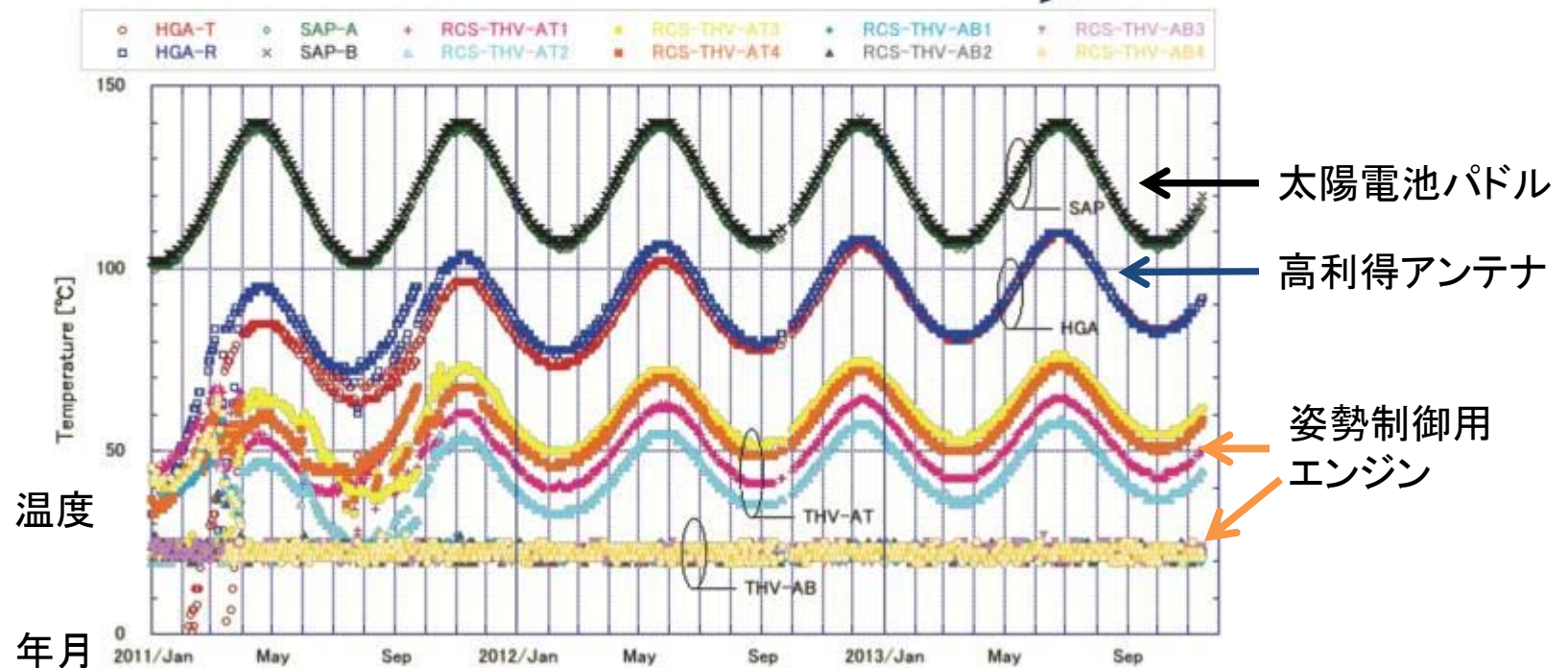
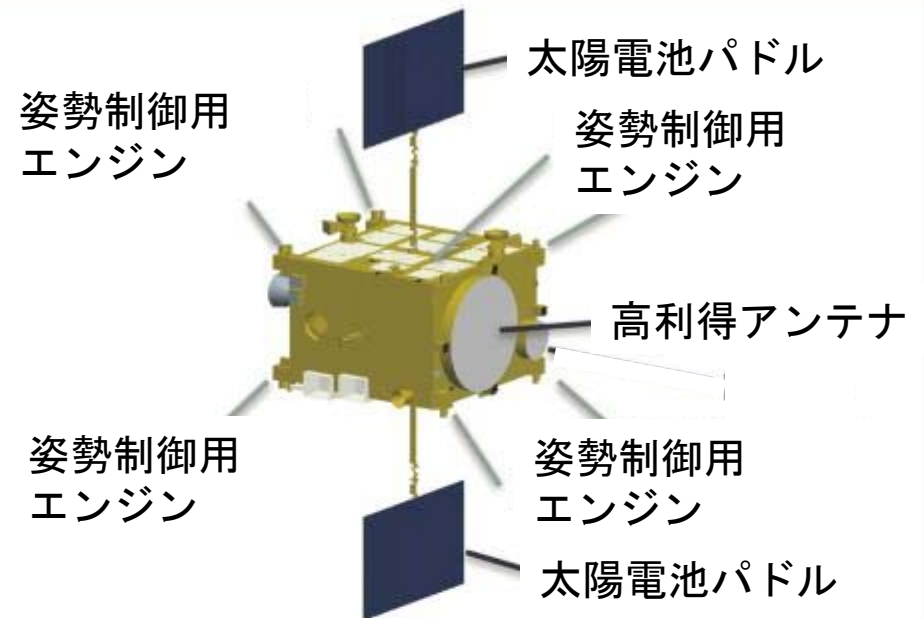
自動プログラムによる
コントロール

2015年12月

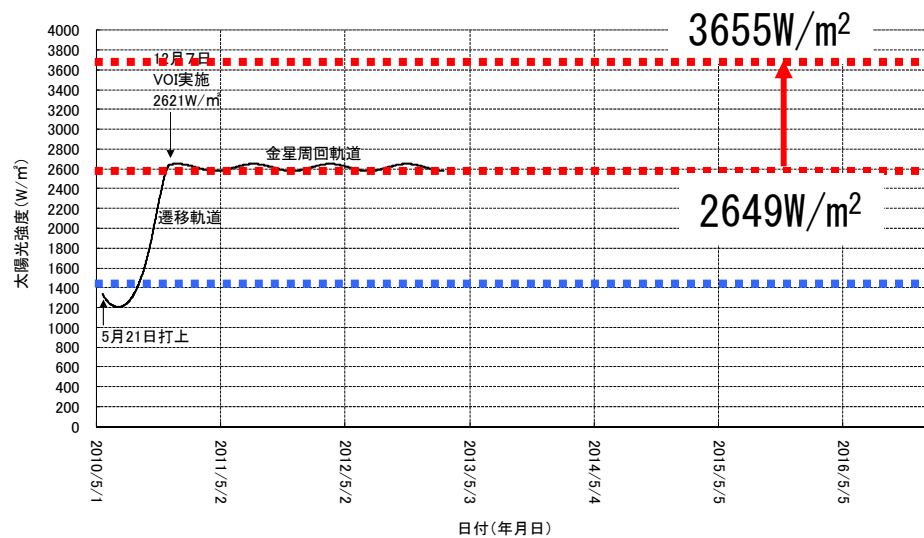
厳しい熱環境

探査機各部の温度履歴

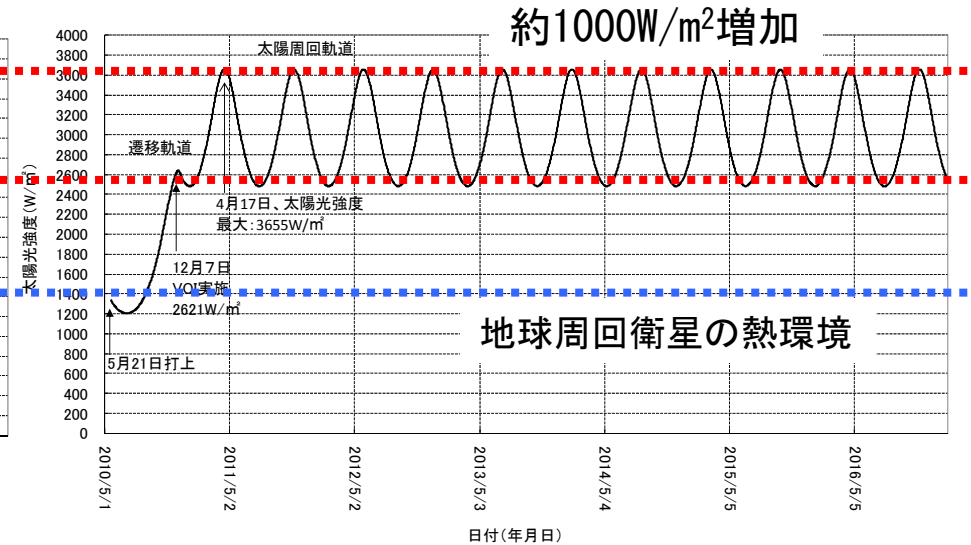
- 右図の探査機の各機器の熱環境をモニター中
- 一部機器は設計マージンを超える熱入力にさらされており、油断できない状況



探査機への熱入力



予定されていた金星周回軌道上の熱環境



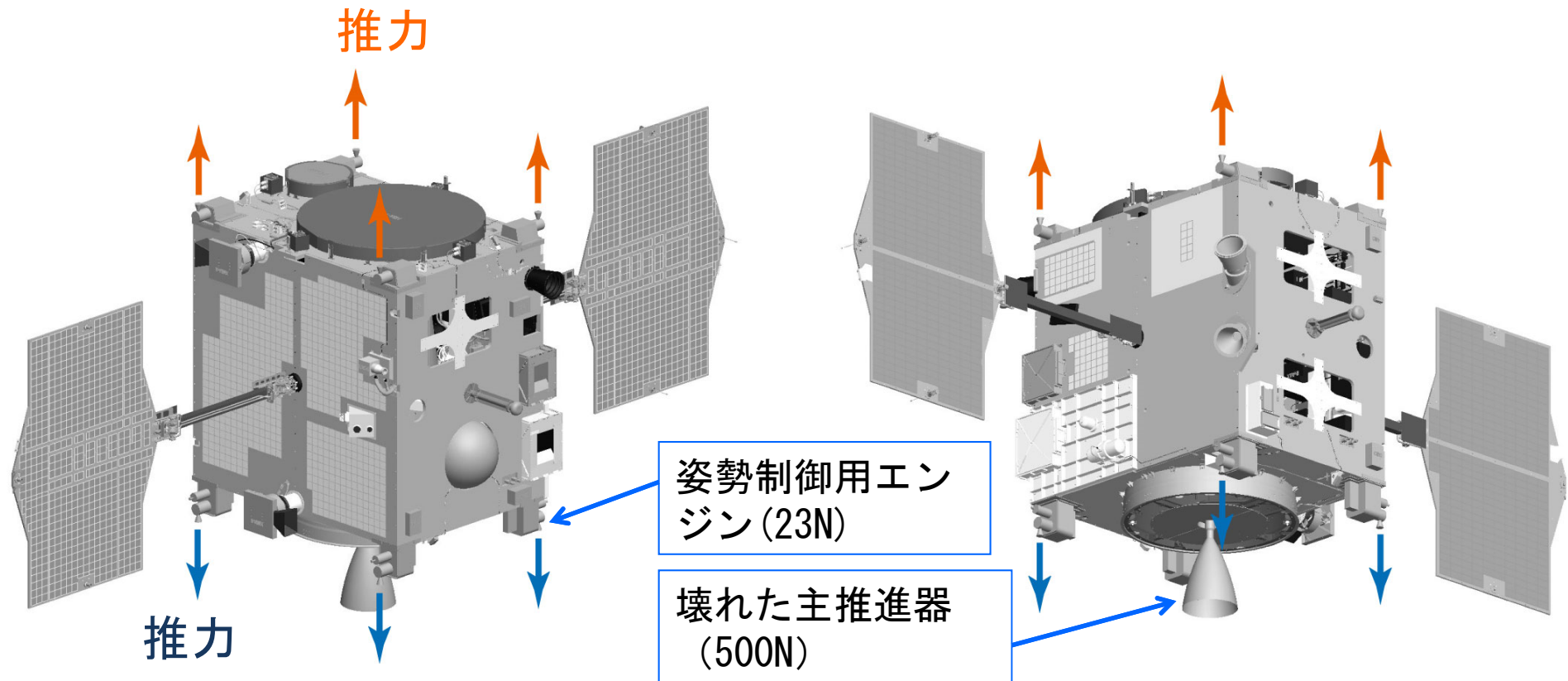
実際の熱環境（近日点0.6AU）

- 太陽からの距離が0.7AUを想定して設計。実際は0.6AU
- 金星周回軌道上（当初予定）での熱入力は、2,649W/m²
（設計 < 2,800W/m²）
- 太陽周回軌道上近日点で受ける最大熱入力3,655W/m²で、金星周回軌道上の熱入力に対し、約1,000W/m²大きい
- このため、近日点通過毎に探査機各部の温度が上昇する傾向にある

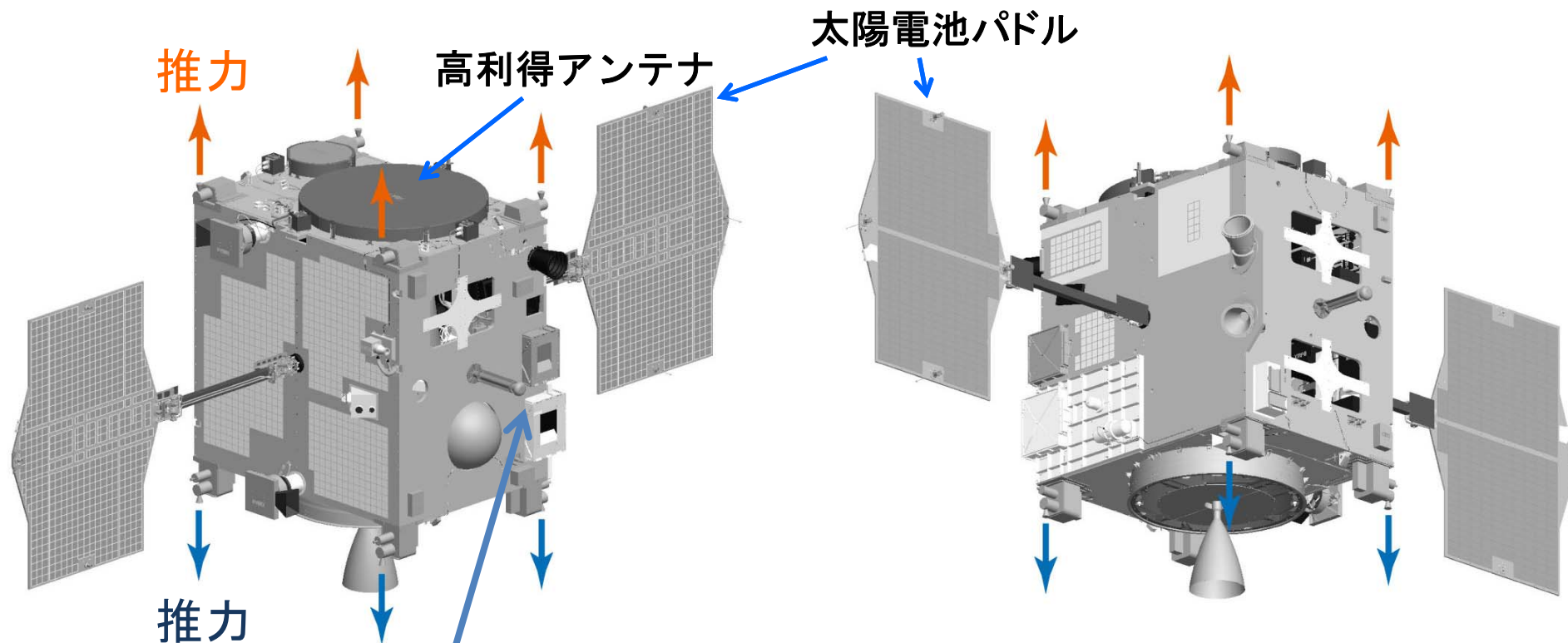
姿勢制御用エンジンを用いた軌道投入

金星探査機「あかつき」の姿勢制御用エンジン

(計 8 本のうち 4 本を金星周回軌道投入時の軌道制御に使用)



噴射時に探査機がとる姿勢から推測される推進系バルブの温度環境と信頼性の観点から、どちらの側の姿勢制御用エンジンの4本を使うか今後速やかに決定する。



カメラ群

1 μ mカメラ

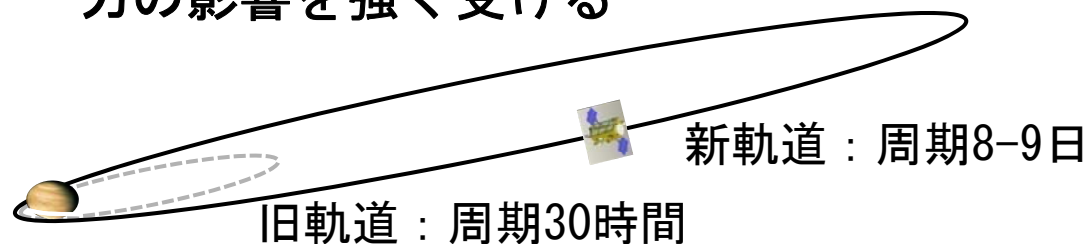
2 μ mカメラ

紫外イメージャー

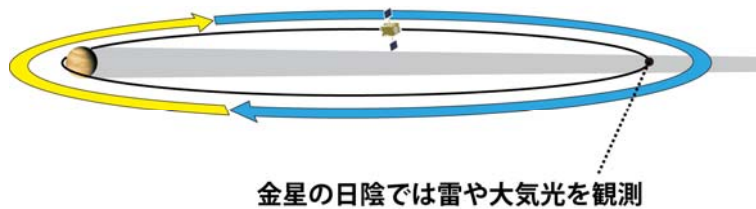
中間赤外カメラ

雷・大気カメラ

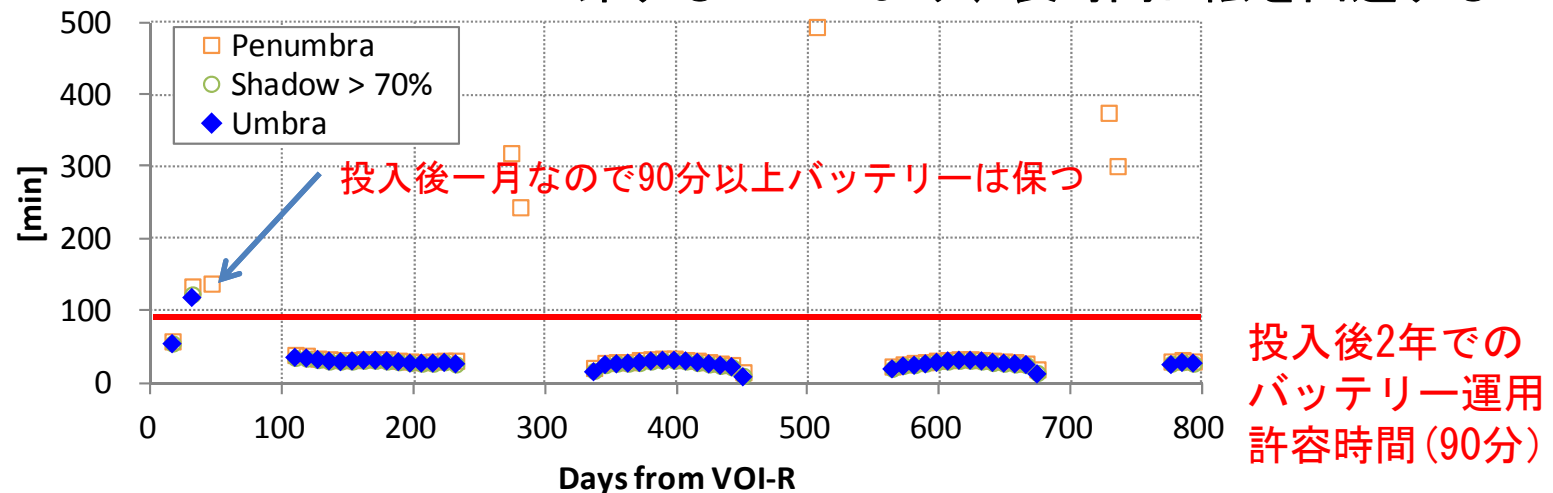
- ・ 姿勢制御エンジン4本で軌道投入
- ・ 推力は主推進器の20%
- ・ 周回軌道が大きな楕円になるため太陽重力の影響を強く受ける



長時間日陰の回避



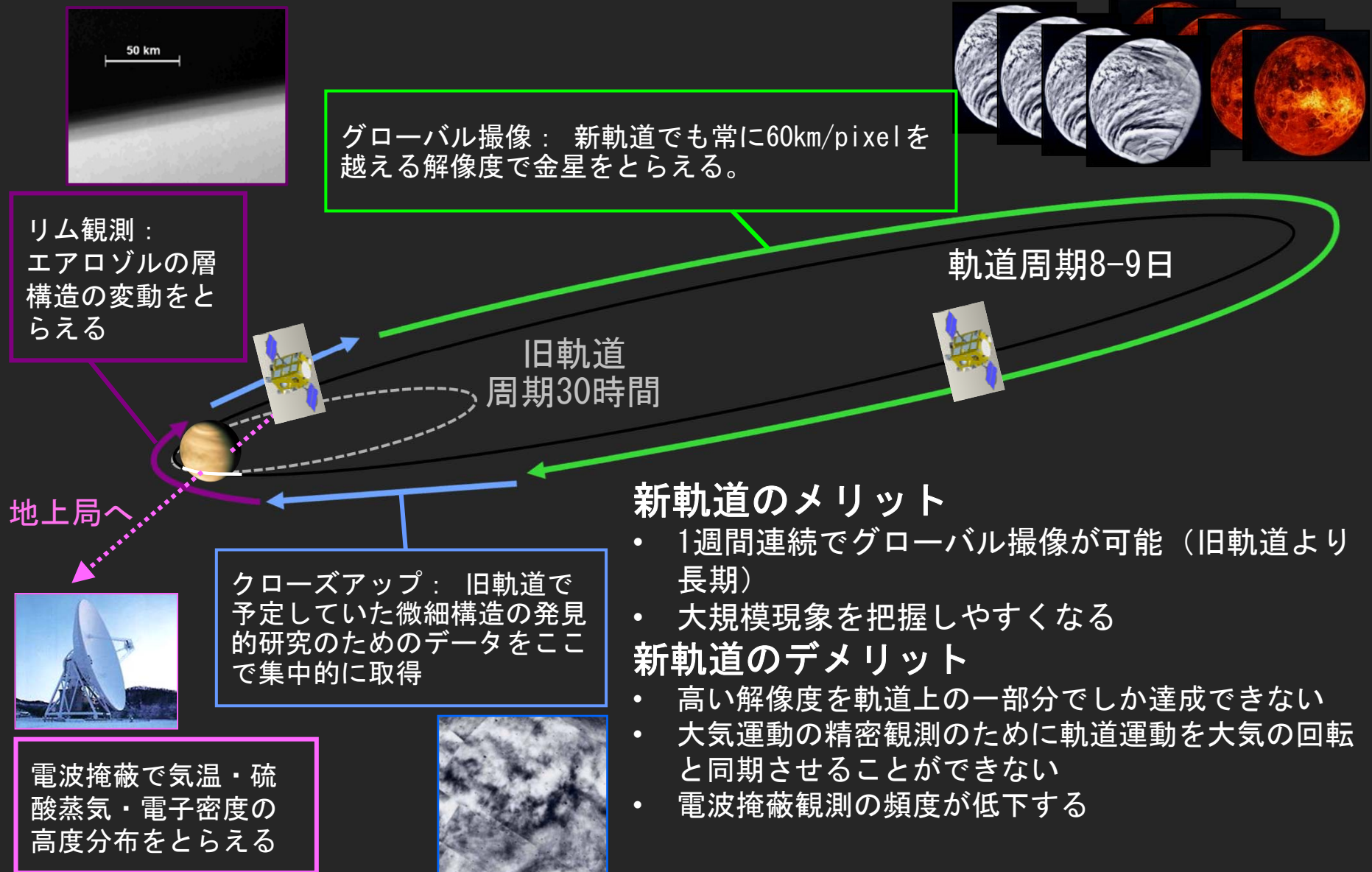
- 当初軌道計画では、金星投入後2年後に最長90分の日陰 (Umbra) を想定し、これに対応したバッテリー容量 (23AH) を設定した
- 新軌道では、軌道周期が長くなる（当初予定の30時間から現状8-9日）ため、長時間の日陰が発生しやすい
- このため、投入後の軌道周期と軌道傾斜角を調節することにより、長時間日陰を回避する



金星周回軌道上の日陰時間の推移（軌道再投入から800日間）

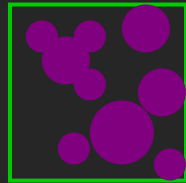
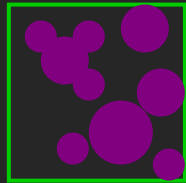
- ・ 軌道周期調整の最適化によって、半影 (Penumbra) の発生時間低減をはかる予定

新軌道での観測計画概要

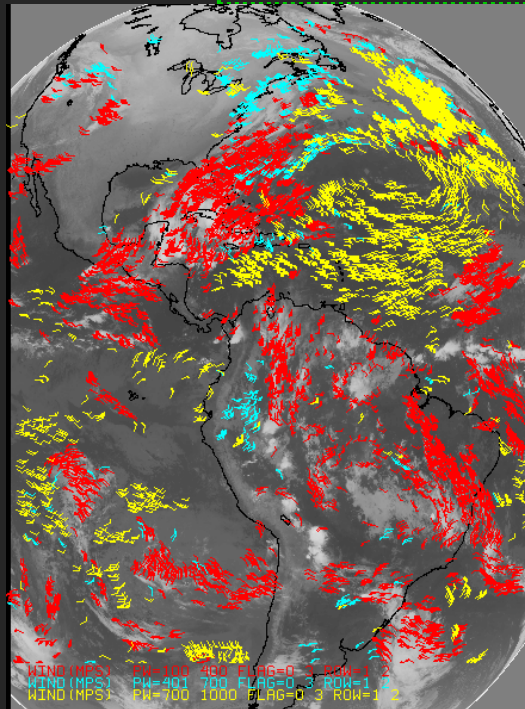


濃淡パターン追跡による風速場導出 ～相関解析の手法～

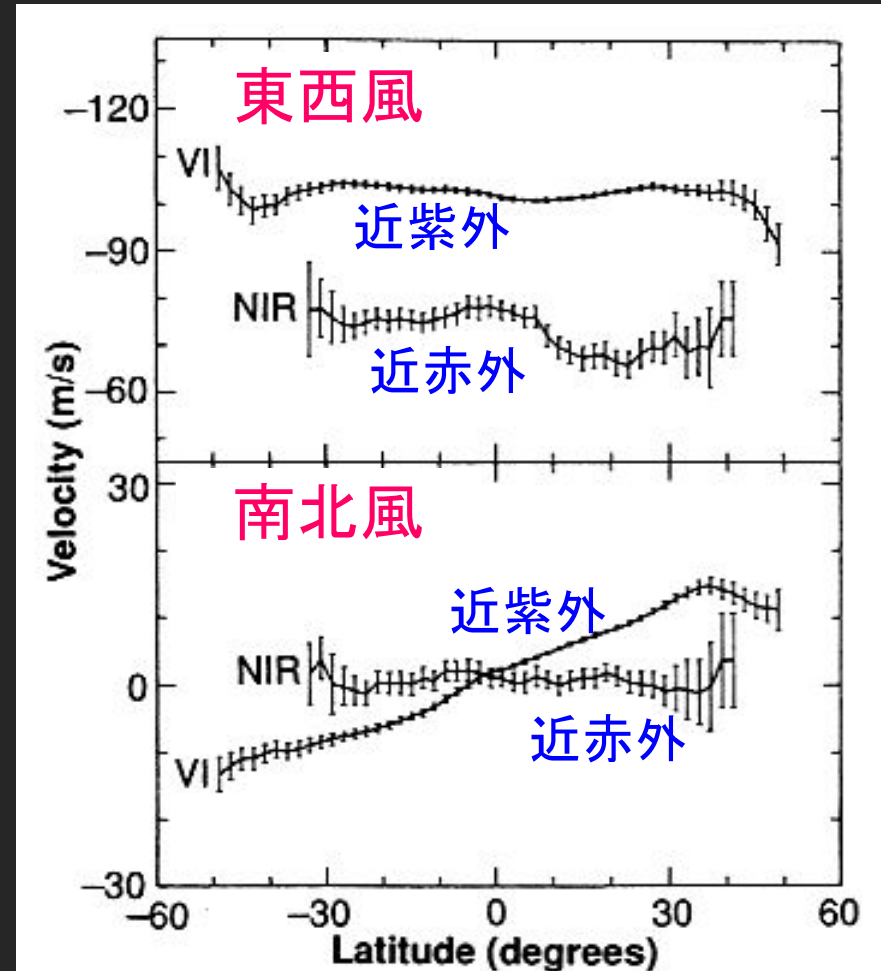
～500 km
↔



次の画像では
模様が移動

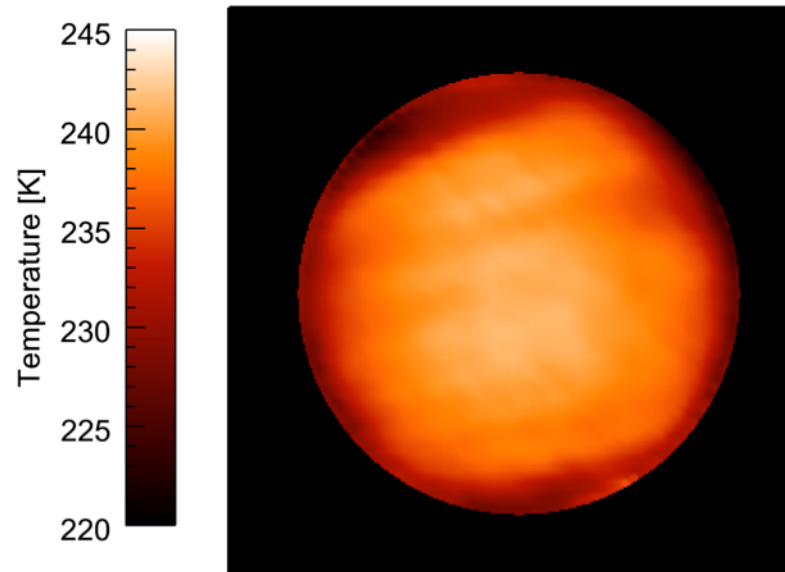


地球での雲トレース（手作業による）



Galileoによる雲移動風（平均値）

観測装置の現状



LIR 10 μm : 雲頂からの熱放射

再接近の2日後に60万kmの距離
から金星を撮影



UVI 283nm

IR1 0.9 μm

- 探査機姿勢の制約から機器立ち上げや画像データ取得に必要な高利得アンテナが使えないため、最後の各観測装置のチェックは4年前。雷・大気光カメラ（LAC）は未確認
- 現状、性能が維持されているかどうかは確認できないが、熱的には安全な環境を保持している
- 金星周回軌道再投入後3ヶ月間を観測機器のチェックアウトに費やす予定

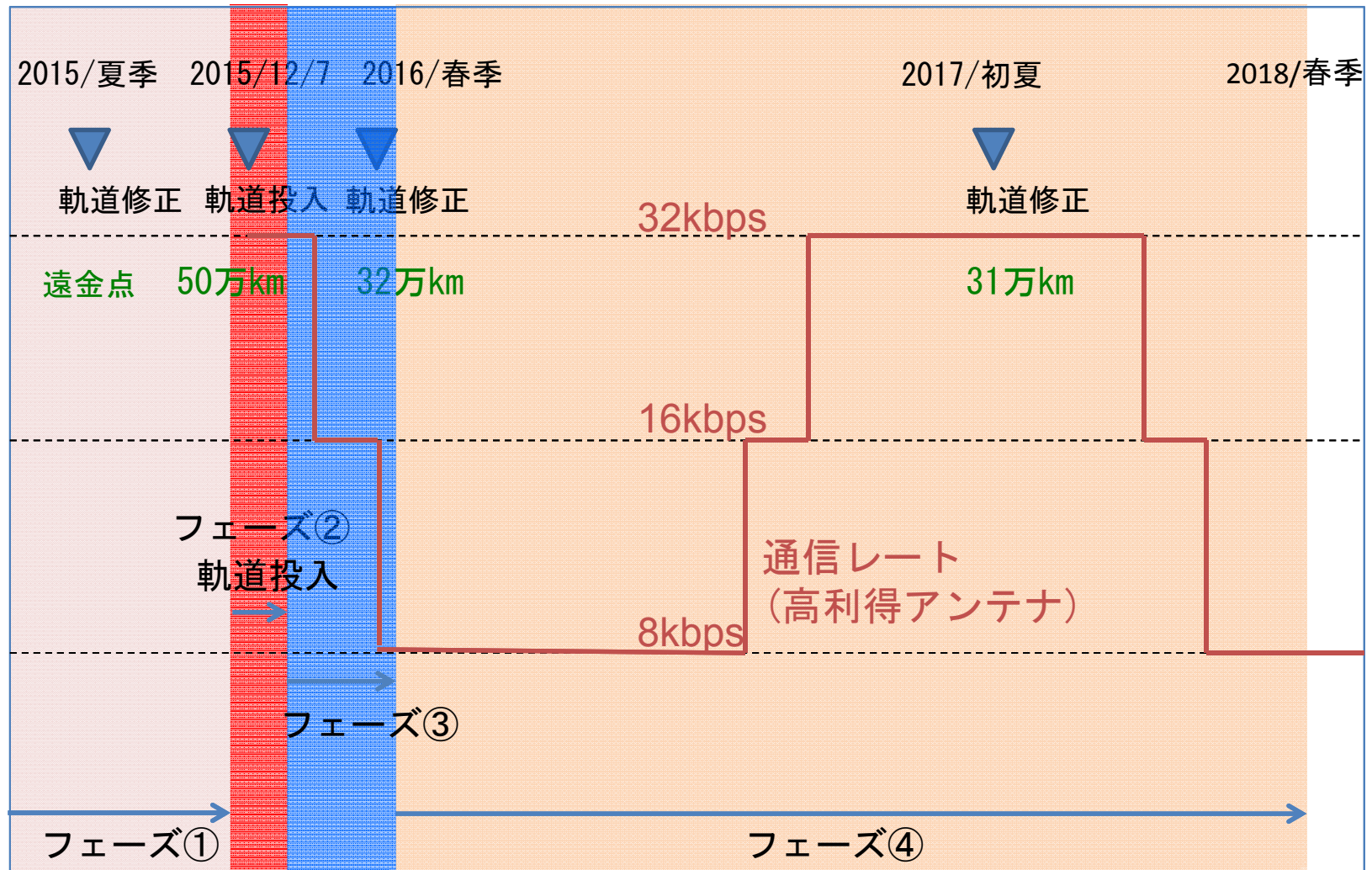
軌道投入に成功した場合のサクセスクライテリア達成予測

			周回軌道投入成功	
			全機器正常	一部機器劣化**
ミニマムサクセス	雲が東西方向に1周する1週間にわたって、金星周回軌道上からいずれかのカメラによって画像を連続的（数時間毎）に取得し、全球的な雲の構造を捉える。		○	○
フルサクセス	雲領域の大気構造が変動する時間スケールである2年間にわたって右の全ての観測を行う	1 μ mカメラ(IR1)、2 μ mカメラ(IR2)、紫外イメージャ(UVI)、中間赤外カメラ(LIR)によって金星の画像を連続的（数時間毎）に取得し、3次元的な大気運動を明らかにする	○ ただし空間分解能1/5*	△
		金星で雷放電が起こっているか否かを把握するために雷・大気光カメラ(LAC)を用いた観測を行う	○ ただし観測頻度1/7	×
		電波科学により金星大気の温度構造を観測する	○ ただし観測頻度1/7	×
エクストラサクセス	右のいずれかを達成する	太陽活動度の変化に伴う大気構造の変化を捉えるために、4地球年を超えて金星周回観測を行う	○	△
		1 μ mカメラ(IR1)により金星の地表面物性あるいは火山活動に関するデータを得る	○	×
		2 μ mカメラ(IR2)により地球軌道より内側での黄道光の分布を観測する	×	×

* 空間分解能の低下した画像に見られる雲の動きは実際の風速と必ずしも同じにならず、データの解釈が複雑になる可能性がある。

** 探査機姿勢の制約から機器の状態チェックは軌道投入後に行う予定

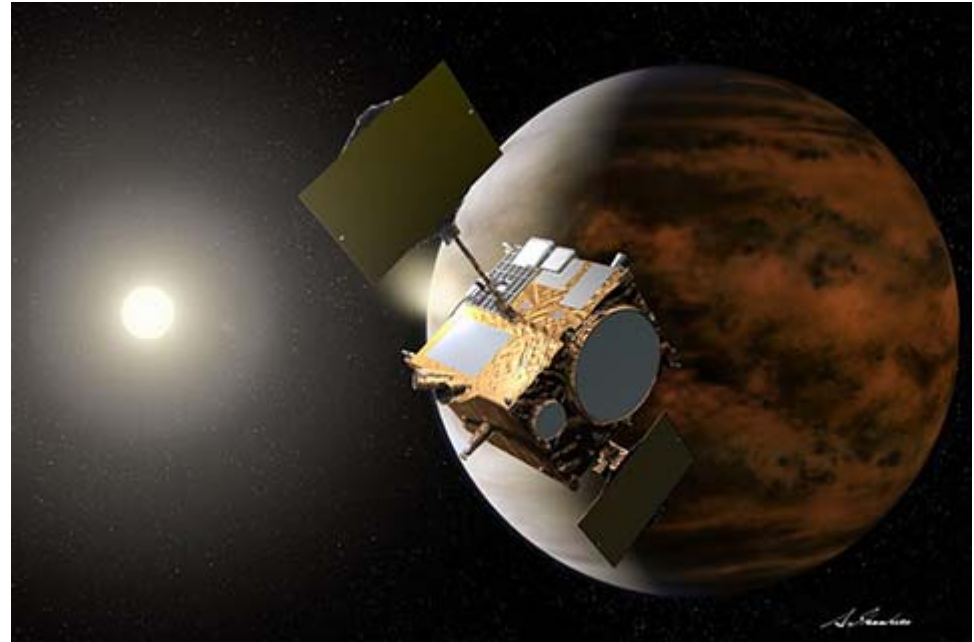
スケジュールサマリー



フェーズ①軌道投入準備
フェーズ③初期チェックアウト

フェーズ②軌道投入
フェーズ④定常観測

まとめ



- ミッションの目的：金星の大気の運動をグローバルに観測し、大気循環メカニズムを解明する
- 2015年12月7日に再度金星周回軌道へ投入を試みる
- 観測装置が期待通りに動き、地球との高速通信回線が機能すれば、金星気象に新たな知見を得る
- これにより、地球を含む汎惑星気象学を構築する礎となる