



# 12月7日のあかつき金星周回軌道 投入オペレーション結果

中村正人, 石井信明, 今村剛(ISAS)

# 平成廿八年元旦の金星

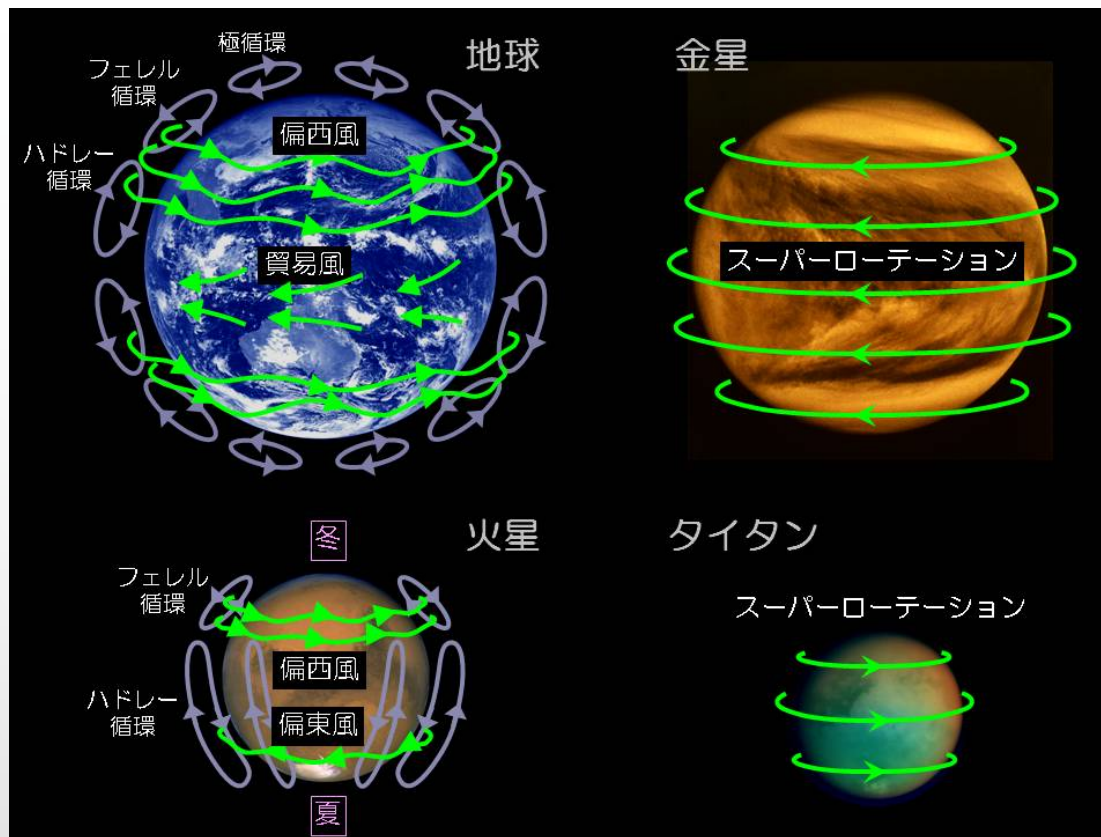
この惑星を今、日本の探査機”あかつき”が周回している



# これまでの金星探査

- ベネラシリーズ（ソ連 1970-80年代）  
16号まで 着陸探査
- パイオニアヴィーナス（米国 1980-1992）
- マジェラン（米国 1990-1994）
  - 金星の表面地形、大気の温度、圧力、成分に対する知見を得た
  - 地表気圧90気圧
  - 二酸化炭素大気による温室効果で地表面温度 460℃
- ヴィーナスエクスプレス（欧州 2006-2014）
- あかつき（日本 2015-）
  - これまでのソ連、米国とは異なるサイエンスを行う

# 地球と金星で全く違う気候に着目



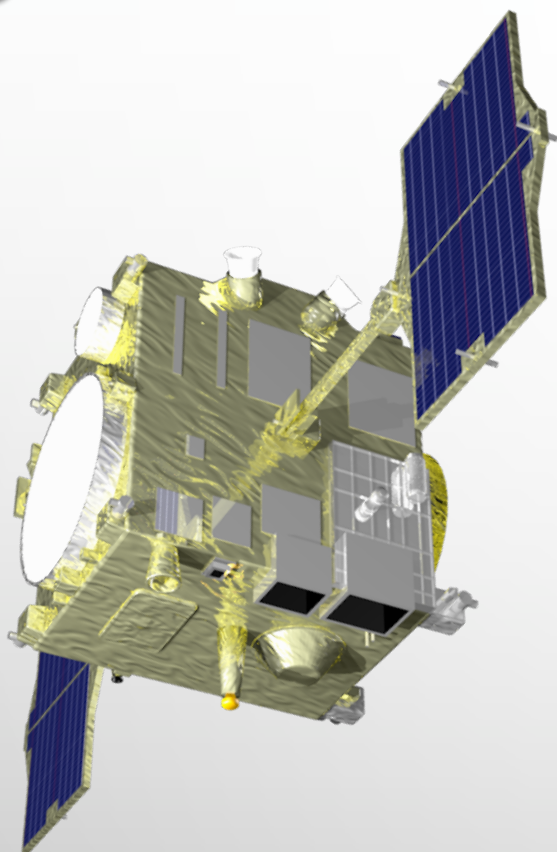
現在の気象学では金星の風がながれるメカニズムを説明出来ない

→ 気象学はまだ不完全

→ 金星を調べることによって新たな気象学を作り出す

→ 地球の気象をより深く理解

# 探査機概観



構体	1.04 [m] x 1.45 [m] x 1.40 [m]
重量	(dry) 321 kg (wet) 518 kg (打上げ時) (wet) 約377 kg (2015/5/1現在推定値)
観測機器	1 $\mu$ mカメラ (IR1) 2 $\mu$ mカメラ (IR2) 中間赤外カメラ (LIR) 紫外線イメージャ (UVI) 雷・大気光カメラ (LAC) 超高安定発振器 (USO)
推進系	軌道制御エンジン (OME): 500N級 姿勢制御エンジン (RCS): 23N級 x 8 3N級 x 4
アンテナ	HGA-T/R (X帯) MGA-A/B (X帯) LGA-A/B (X帯)

# 打ち上げ

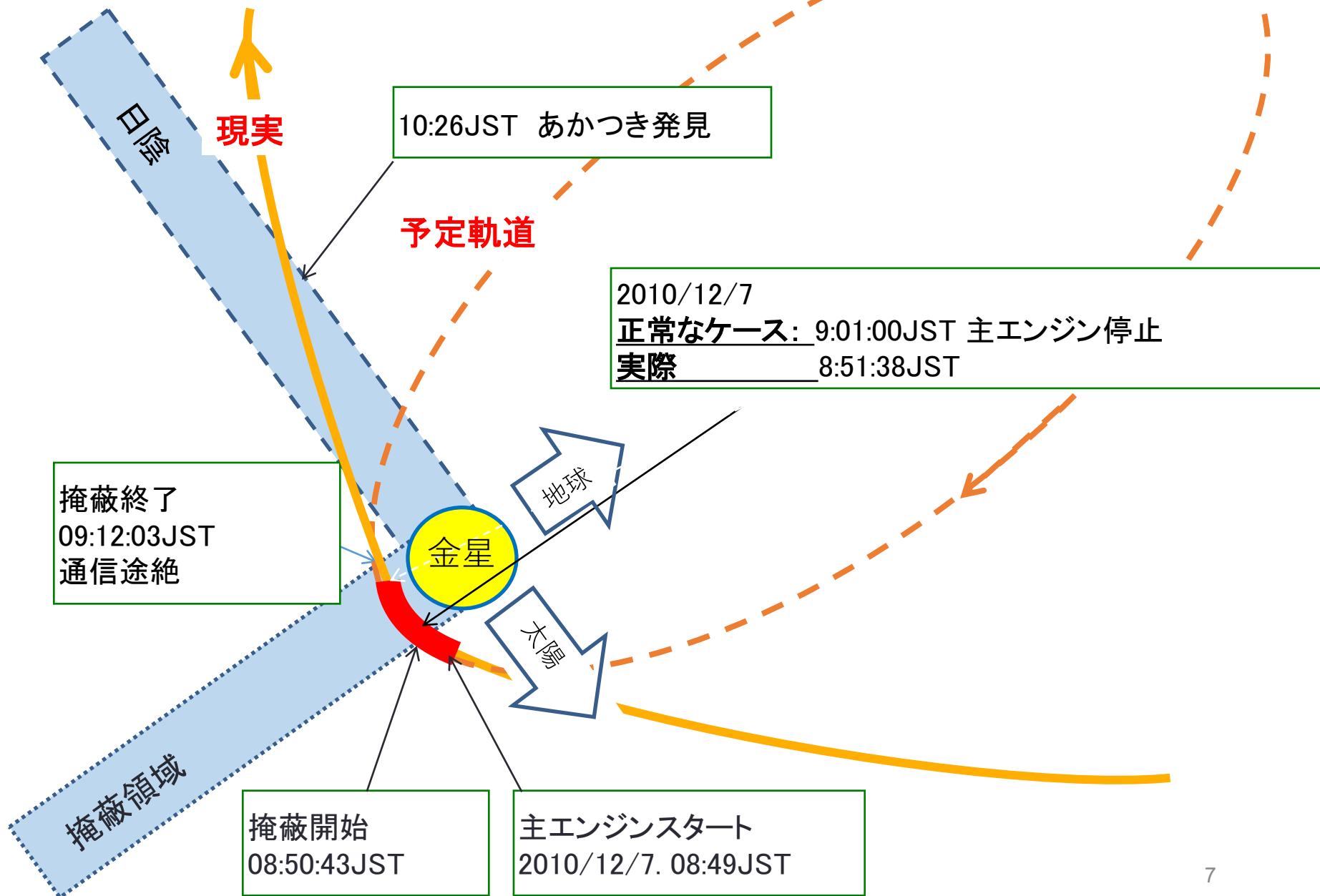
2010年5月21日6時58分22秒



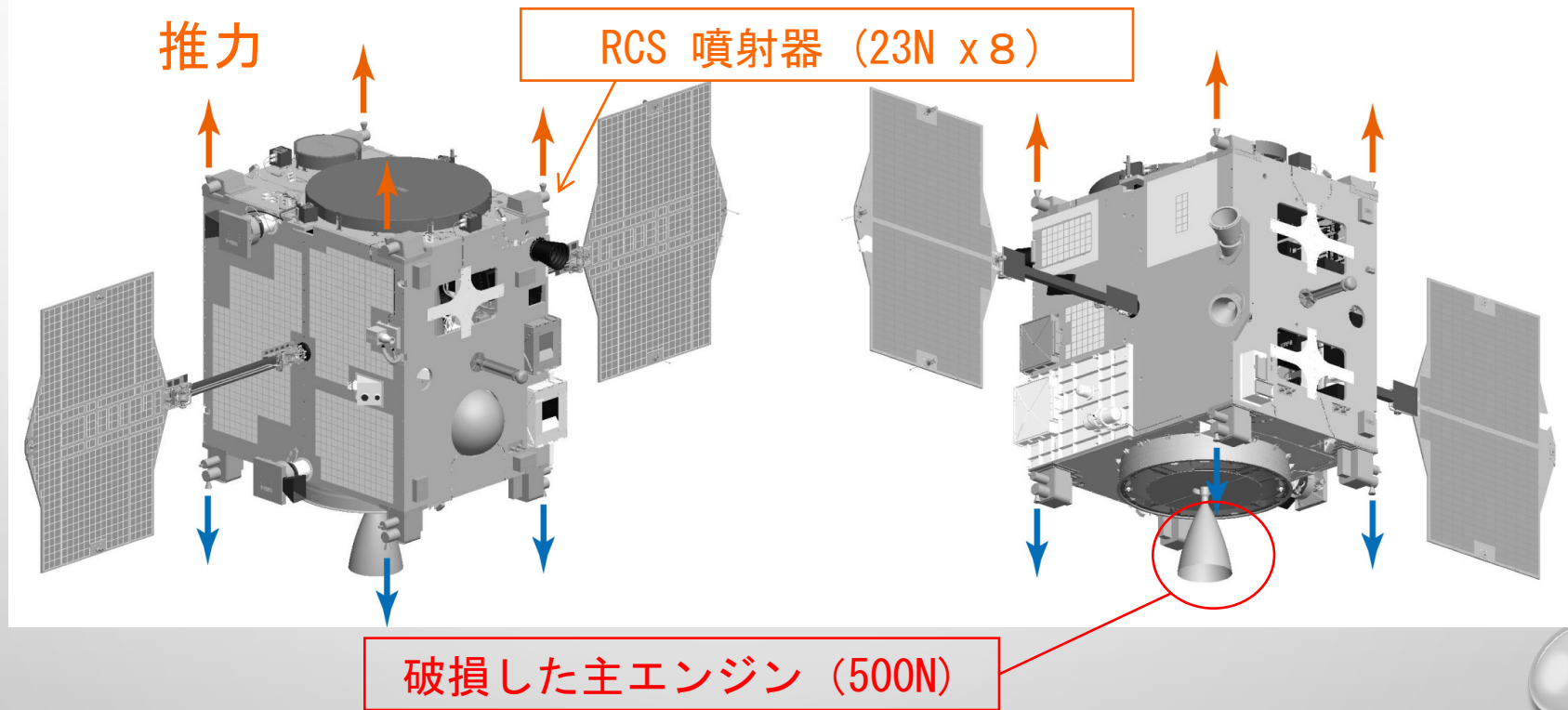
7時25分  
探査機分離



# ところが…2010年12月軌道投入失敗



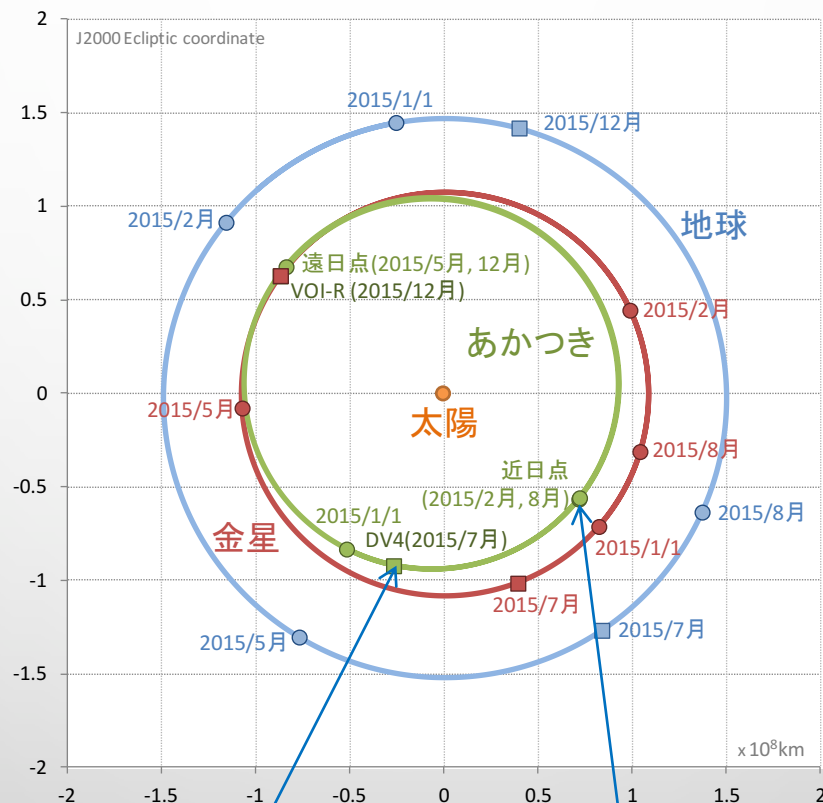
# 破損した軌道制御エンジンの代わりに Reaction Control System を使う事を決定





# 金星周回軌道投入準備 (2011-2015)

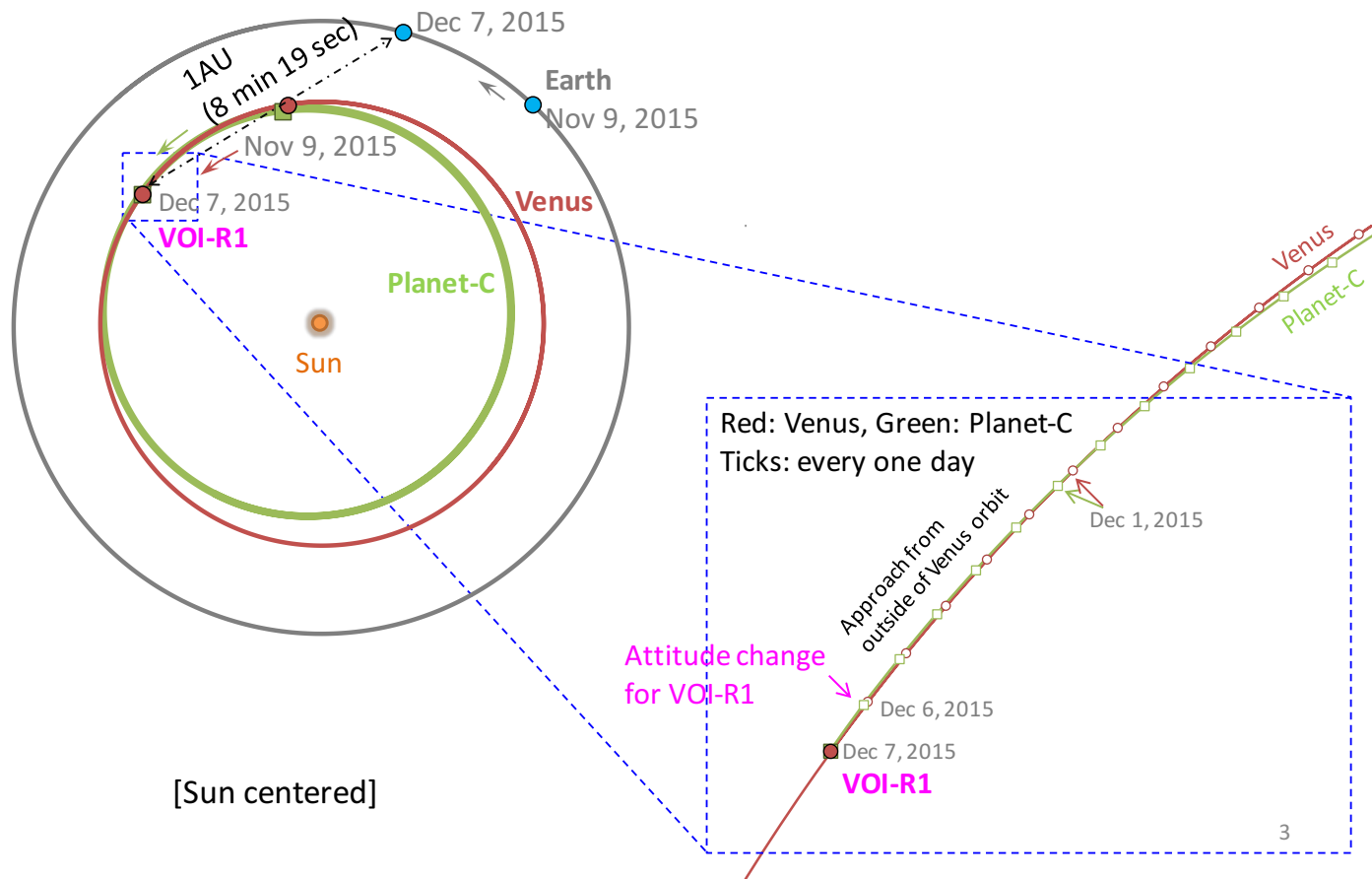
- 2011秋 軌道制御マニューバ(DV1-3)を行い、その結果2015/11/22金星に到着を予定 → その後の解析で、この日に着くとすぐに金星に落下
- 2015 7月 軌道制御マニューバ(DV4)を行い、金星会合を2015/12/7に変更



軌道制御マニューバ(DV4)  
2015/07  $\Delta V$  89m/s

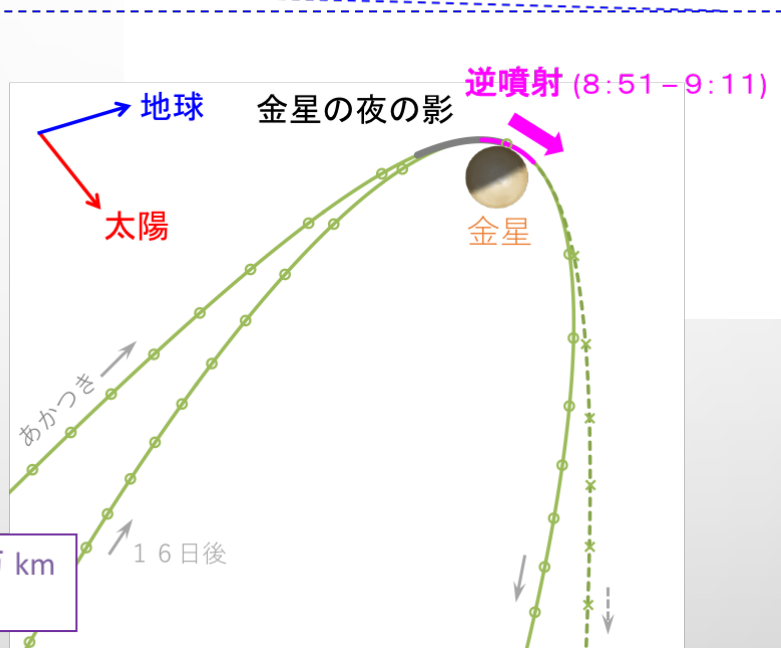
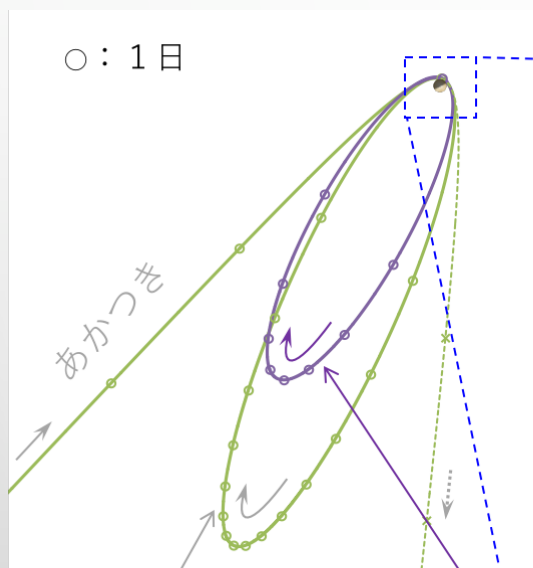
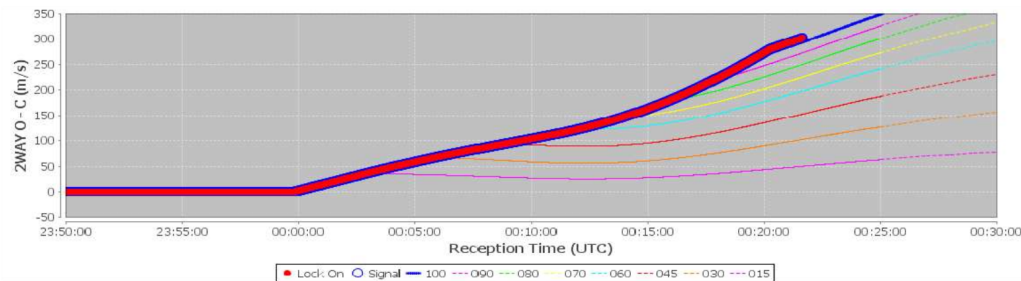
9回目(最後)の近日点  
2015/8/30

# 太陽中心座標でのVOI-R1ジオメトリ



# 2015/12/7 軌道投入VOI-R1

当日のドップラーモニター



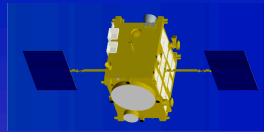
VOI-R1の結果  
遠金点44万km  
(予定は49万km)

12/20 VOI-R2の  
結果現在の遠金  
点は36万km、  
周期10.5日

遠金点高度44万km  
(2015/12/7)

遠金点高度31-34万 km  
(2016/4から)

あかつき



# 複数のカメラによる 3次元観測

二酸化硫黄  
(紫外イメージャ)

雲の温度  
(中間赤外カメラ)

下層の雲  
( $1\mu\text{m}/2\mu\text{m}$ カメラ)

風速ベクトル  
(雲の動きから)

一酸化炭素  
( $2\mu\text{m}$ カメラ)

雷放電  
(雷・大気光カメラ)

水蒸気( $1\mu\text{m}$ カメラ)

地表物質・活火山  
( $1\mu\text{m}$ カメラ)

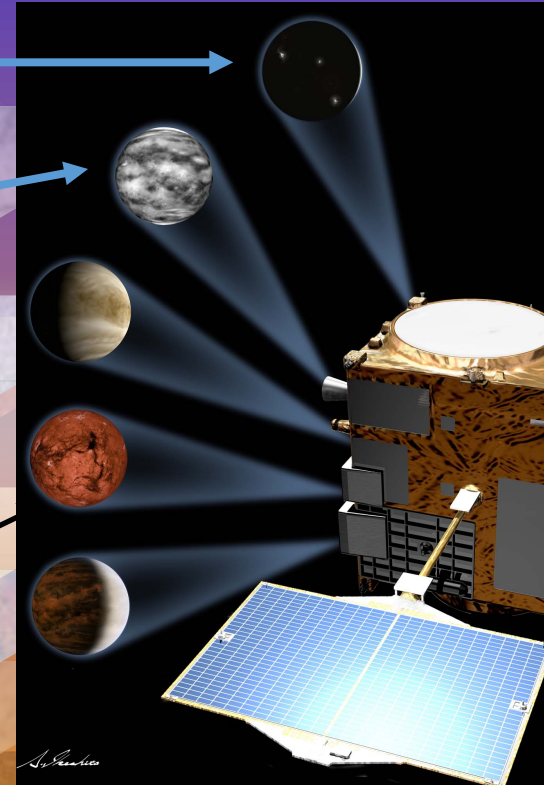
90 km

65 km

50 km

35-50 km

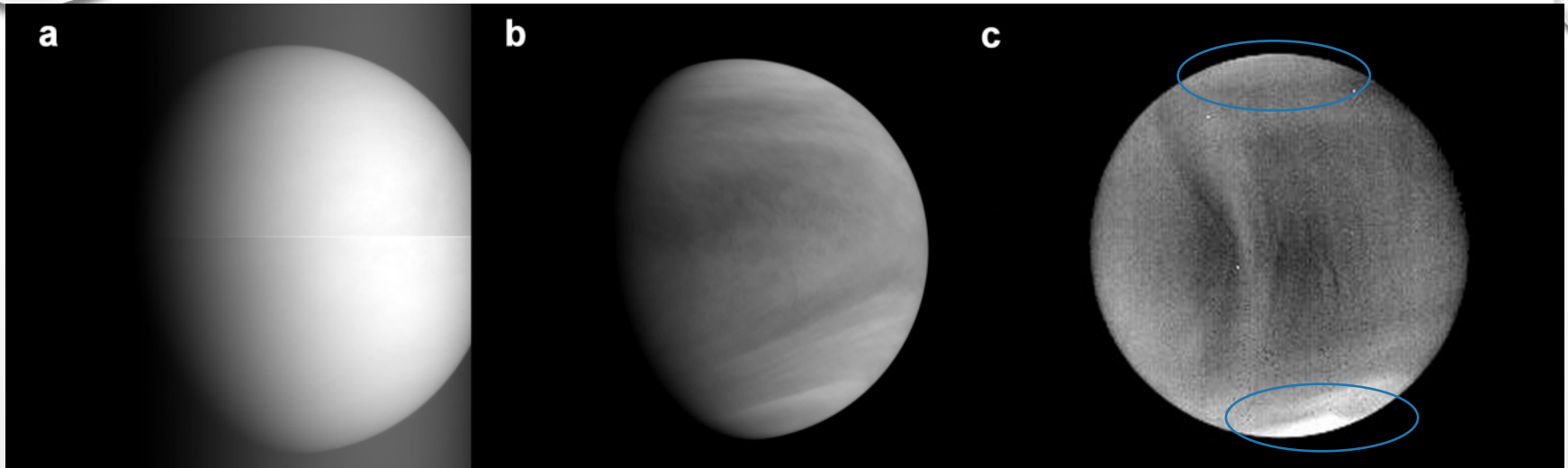
10 km



地表面



# 3つのカメラによる初めての金星撮像



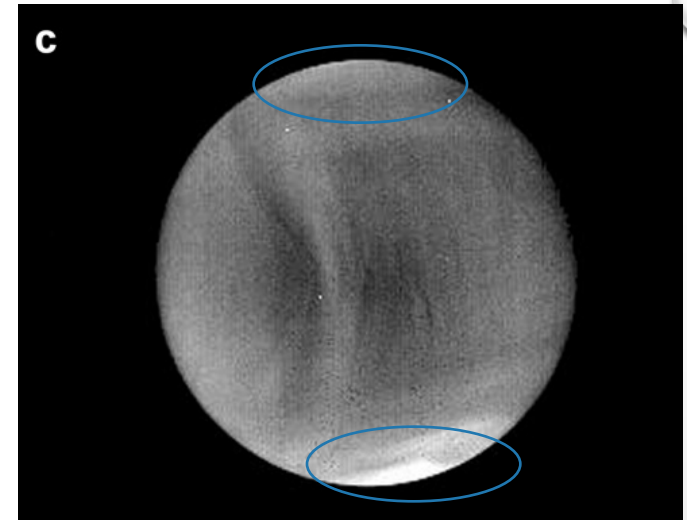
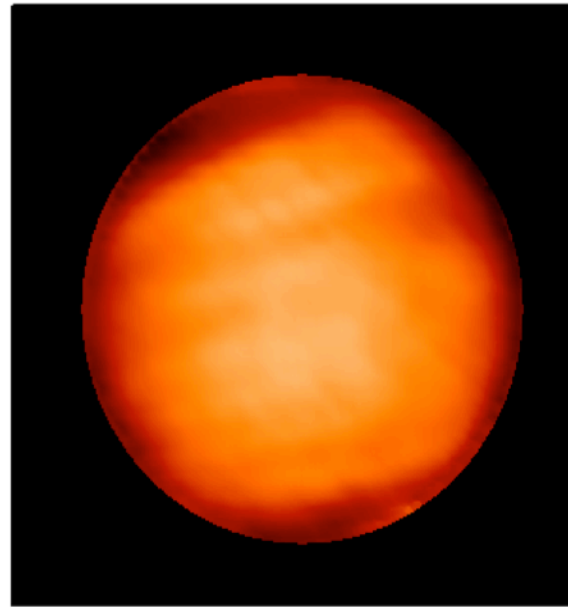
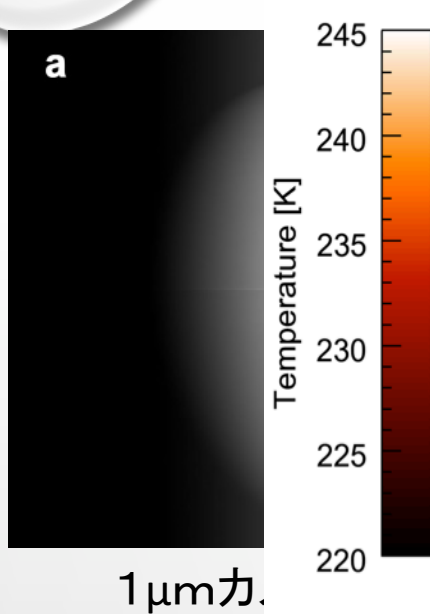
1 $\mu$ mカメラ

紫外イメージャ

中間赤外カメラ

	IR1	UVI	LIR
Observation date [Year/Mon/Day/Time in UT]	2015/12/7 4:51:56	2015/12/7 5:19:53	2015/12/7 5:26:02
Wavelength	0.90 $\mu$ m <sup>a</sup>	283 nm	8-12 $\mu$ m
Exposure time (s)	3.0	0.25	34 <sup>b</sup>
Distance between AKATSUKI and Venus (km)	$6.8 \times 10^4$	$7.2 \times 10^4$	$7.3 \times 10^4$
Spatial resolution (km/pixel) <sup>d</sup>	14.2	15.1	63.9
target	Solar radiation scattered by the upper clouds	solar radiation attenuated by SO2 absorption and of upper haze	thermal radiation emitted from the cloud top
	Base of the upper cloud (58-64km)	the cloud top altitudes (62-70km)	the cloud top altitudes (~65km)

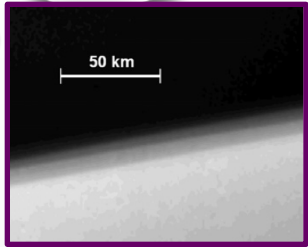
# 3つのカメラによる初めての金星撮像



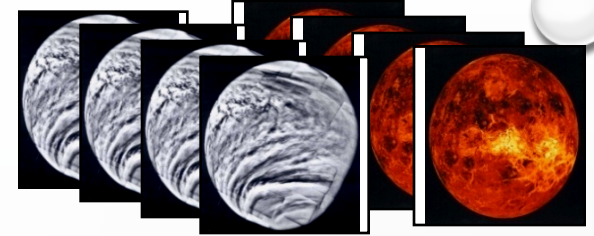
中間赤外カメラ

	IRI	UVI	LIR
Observation date [Year/Mon/Day/Time in UT]	2015/12/7 4:51:56	2015/12/7 5:19:53	2015/12/7 5:26:02
Wavelength	0.90 $\mu\text{m}^{\text{a}}$	283 nm	8-12 $\mu\text{m}$
Exposure time (s)	3.0	0.25	34 <sup>b</sup>
Distance between AKATSUKI and Venus (km)	$6.8 \times 10^4$	$7.2 \times 10^4$	$7.3 \times 10^4$
Spatial resolution (km/pixel) <sup>d</sup>	14.2	15.1	63.9
target	Solar radiation scattered by the upper clouds	solar radiation attenuated by SO <sub>2</sub> absorption and of upper haze	thermal radiation emitted from the cloud top
	Base of the upper cloud (58-64km)	the cloud top altitudes (62-70km)	the cloud top altitudes (~65km)

# 金星観測計画概要



グローバル撮像：新軌道でも常に60km/pixelを越える解像度で金星をとらえる。解析結果によれば、この解像度でも主目標である雲移動ベクトル算出は可能であり、研究計画に大きな変更はない。



リム観測によりエアロゾルの層構造の変動をとらえる



旧軌道  
周期30時間

新軌道  
周期約10日

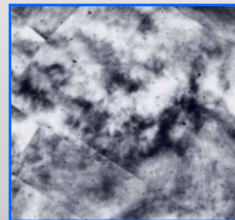


地上局へ



クローズアップ：旧軌道で予定していた微細構造の発見的研究のためのデータをここで集中的に取得

電波掩蔽で気温・硫酸蒸気・電子密度の高度分布をとらえる



## 新軌道のメリット・デメリット

- 1週間連続でグローバル撮像が可能であり、またグローバル撮像が可能な期間が増えるため、大規模現象を把握しやすくなる。
- 大気運動の精密観測のために軌道運動を大気の回転と同期させることができない。
- 電波掩蔽観測・雷観測の頻度が低下する。

# 3月までの試験観測予定

- 1/5
  - ・データレコーダの画像データ領域を広げるためパーティション切り直し
  - ・LAC日照時0V試験
- 1/10
  - ・長時間日陰
- 1/12
  - ・金星観測とHGA通信と南北面への太陽光入射低減を両立する「中間姿勢」に移行
  - ・HGA通信開始
- 1/13
  - ・X面太陽指向(待避姿勢)での温度データ取得
- 1/13-14
  - ・熱的に一番厳しい-Z面(主エンジン面)に正面から30°ずれた方向から太陽光入射する条件で10時間にわたって温度データ取得
    - この確認をもって10h連測観測OKとする
- 1/15～
  - ・非可視で毎日10hにわたって2h間隔で観測、ROI無し
- 1/20
  - ・日陰で LAC 100V試験
- 1/31頃
  - ・金星観測 15h(翌日の可視にかけて実施して温度モニタ)
    - この確認をもって15h連続観測OKとする
- 2/1 頃～
  - ・毎日15hにわたって2h間隔で観測
- 2/15頃～
  - ・毎日15hにわたって1h間隔で観測
- 3/ 3頃～
  - ・ビットレートが16kbpsから8kbpsに



## まとめ

- 2001年第1回宇宙科学シンポジウムで提案された金星探査機あかつきは、15年たって日本で初めて他の惑星を廻る人工衛星となった
- これにより日本が日々変化する惑星のデータを速やかに全世界に向かって発信出来る時代が来た。世界中の研究者が日本の取得したデータを使う事こそが、日本の惑星探査が成熟したことの証であろう

**AKATSUKI returns to Venus, Nakamura et al., submitted to Earth, Planets and Space, 2016**