

記者説明会 2017年8月29日16時- 於JAXA 金星大気に未知のジェット気流を発見

説明担当者:

堀之内 武(北海道大学・地球環境科学研究所／
JAXA(客員))

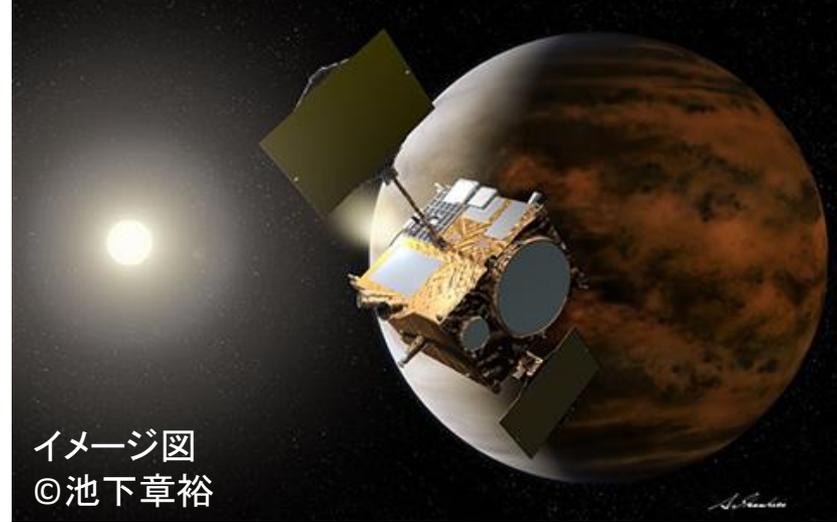
あかつきでは雲追跡による風速導出とそれを用いた研究を担当。
専門分野は気象学・地球流体力学です。

中村正人・佐藤毅彦(JAXA・宇宙科学研究所)

(あかつき
プロジェクト
マネージャ)

(あかつき
IR2カメラ 主任研究者)

「あかつき」とは



- 日本の金星探査機(金星周回人工衛星)
 - 2010年5月打ち上げ, 2010年12月軌道投入失敗, 2015年12月7日軌道投入成功・観測開始
- 金星の「気象衛星」
 - 5つのカメラを搭載。紫外～赤外線で大気・雲・地面を観測。
 - これまでに2つのカメラ(1 μ mカメラと2 μ mカメラ)が観測を休止。
 - 他のカメラの状態は良好。
 - 今回の成果はおもに2 μ mカメラによる。
- 金星大気が観測できる周回衛星としては, パイオニア・ビーナス(1978-1992), ビーナス・エクスプレス(2006-2014)に続く三機目

金星について(基礎的事項)

公転周期	224日	太陽からの距離は地球の約70%
自転周期	243日	自転は西向き
赤道半径	6,052 km	地球は6,378km
地表気圧	約90気圧	地球は1気圧
大気主成分	CO ₂	
地表面温度	約460°C	

金星の雲

- 高度45-70 km に分布。主成分は硫酸。
 - 夜面では、一部の赤外線が雲を抜けて宇宙へ（「近赤外の窓」）
- 2 μ mカメラでは雲の影絵を撮影。

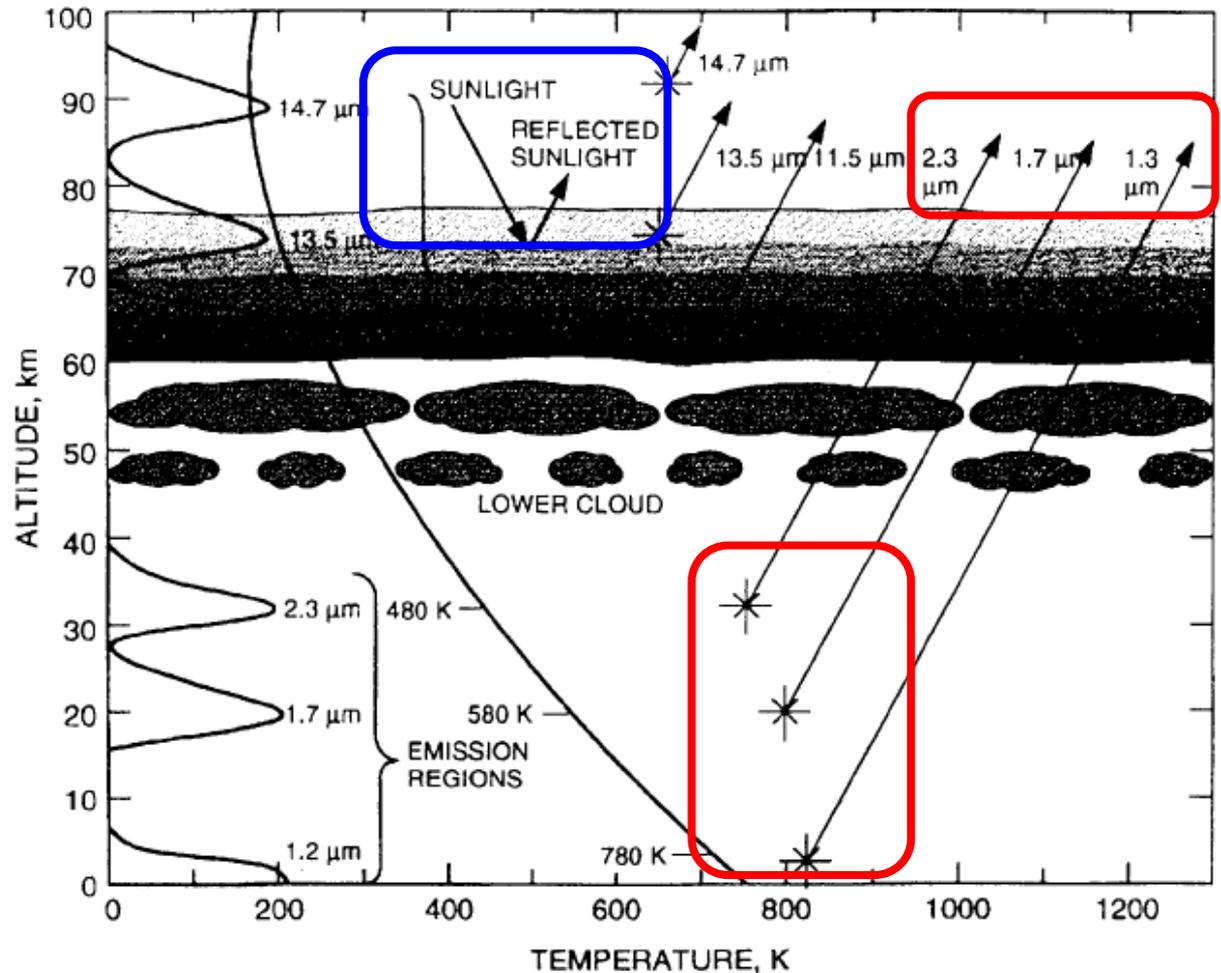
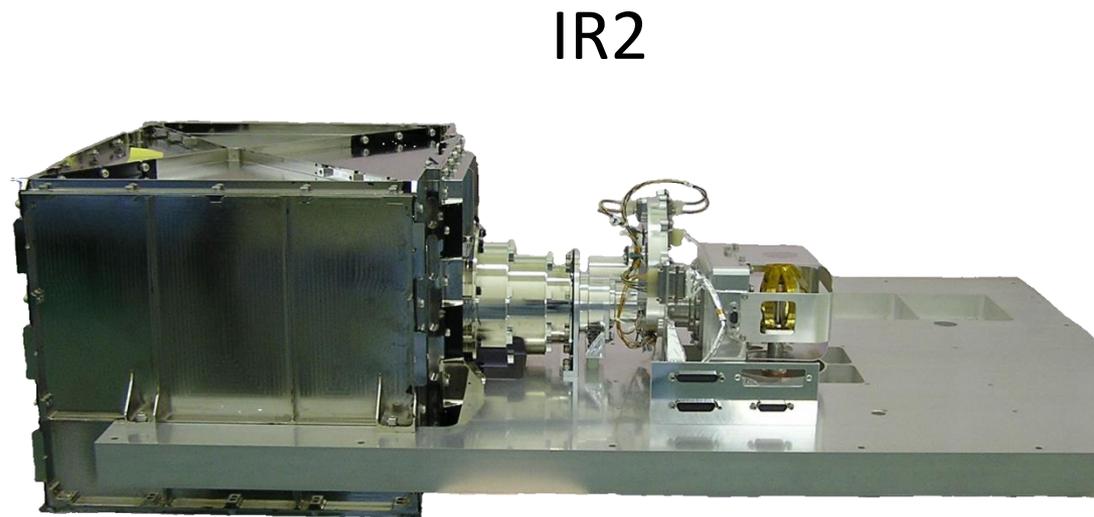
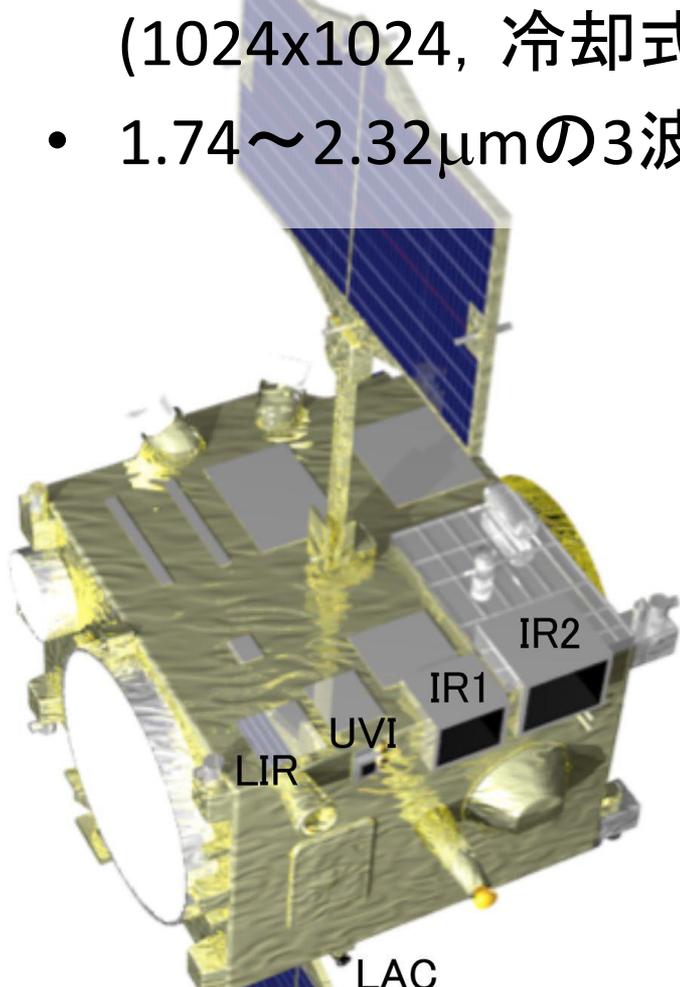


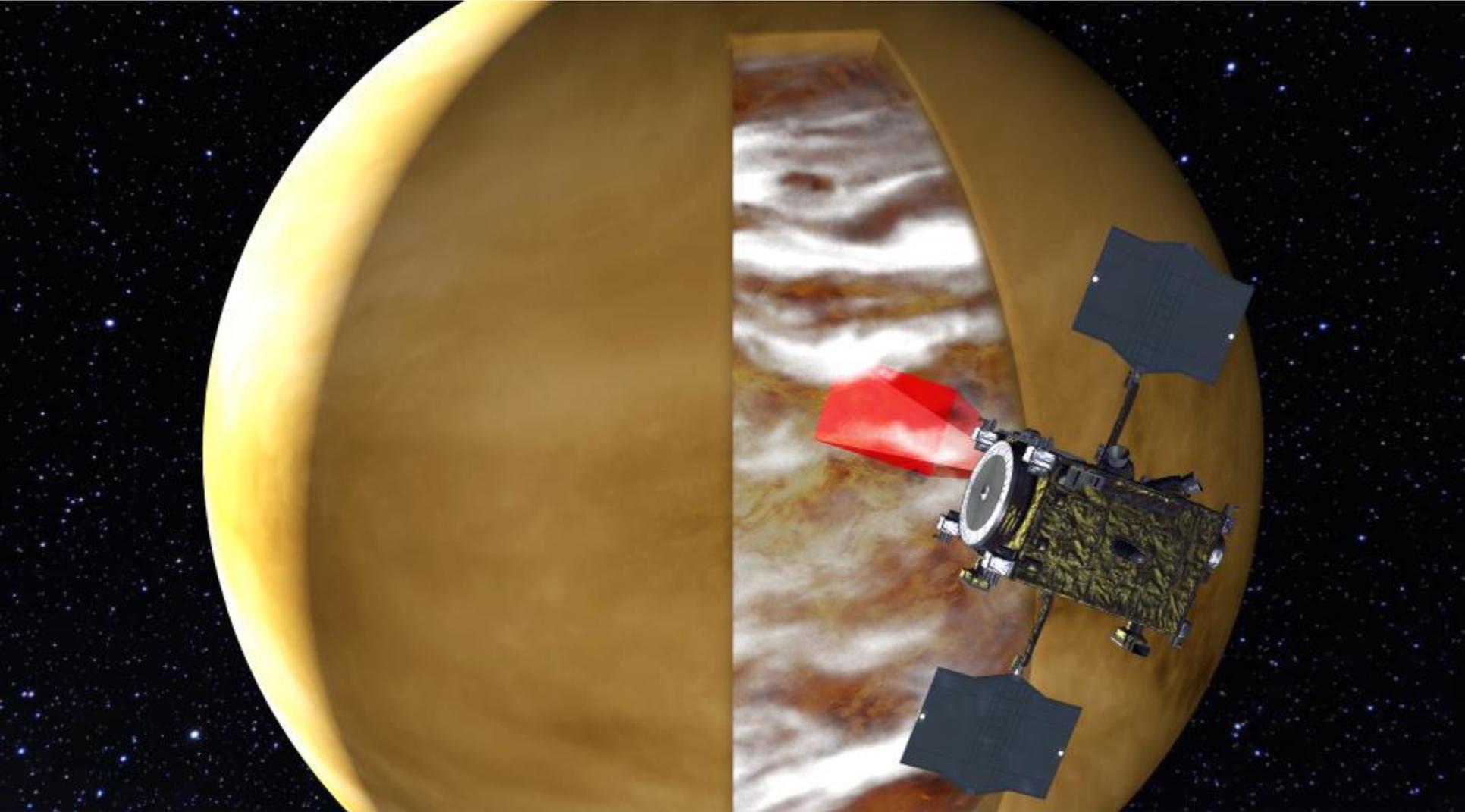
図1.3-4 様々な波長域で観測される金星大気の高度領域(Taylor, 1998)。図中の“EMISSION REGIONS”は、各波長域において大気上端からの光学的深さが1に近くなる場所で、大気圏外に漏れ出す放射はこれらの高度領域を発するものが多くを占める。「金星探査計画書」(2001)によるTaylor (1998)の引用に加筆

あかつきの2 μ mカメラ「IR2」

- PI (主任研究者): 佐藤毅彦
- 波長2 μ m前後の赤外線を撮像する「デジカメ」
(1024x1024, 冷却式)
- 1.74~2.32 μ mの3波長で夜面観測, 2.02 μ mで昼面観測

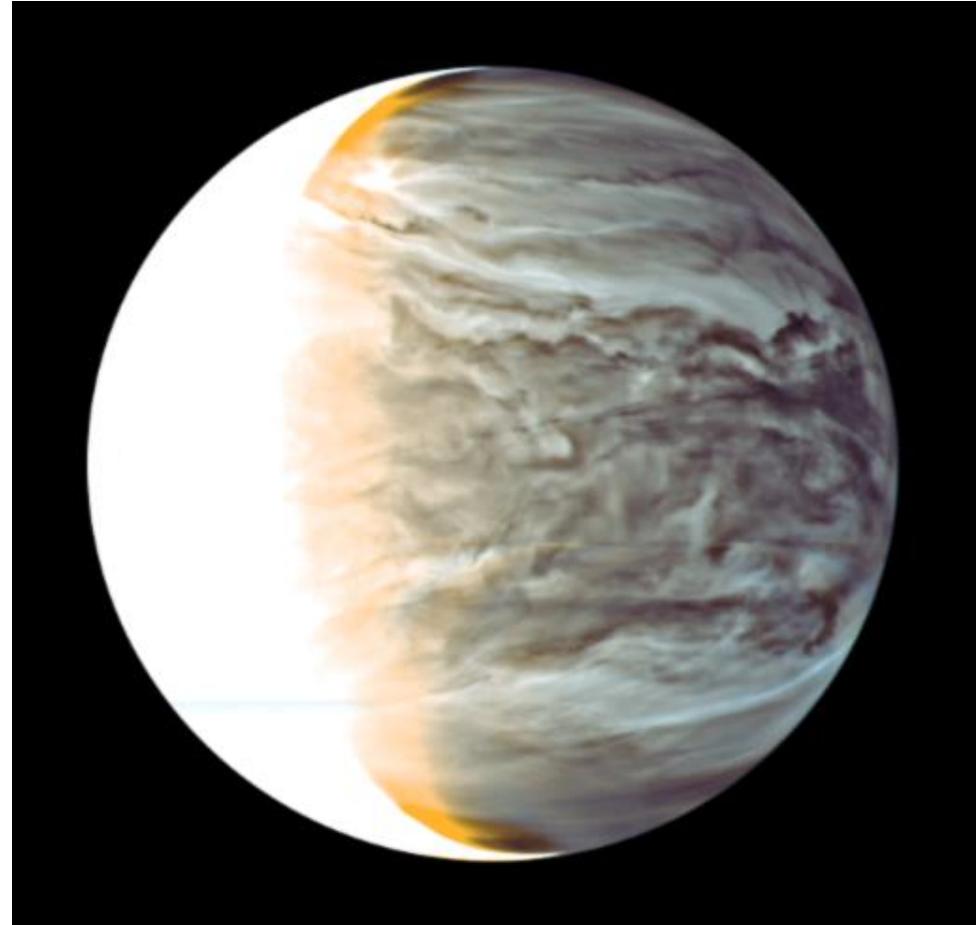
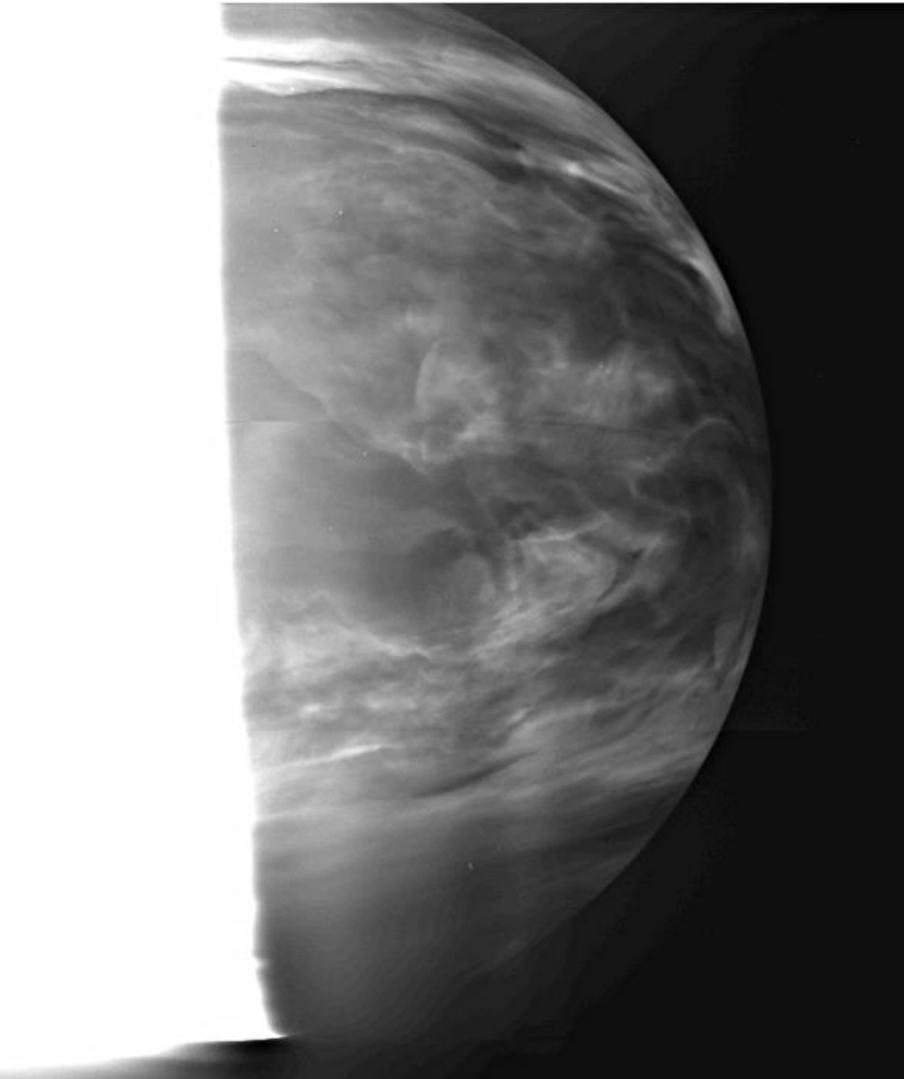


IR2による夜面観測のイメージ図



IR2の夜面観測例

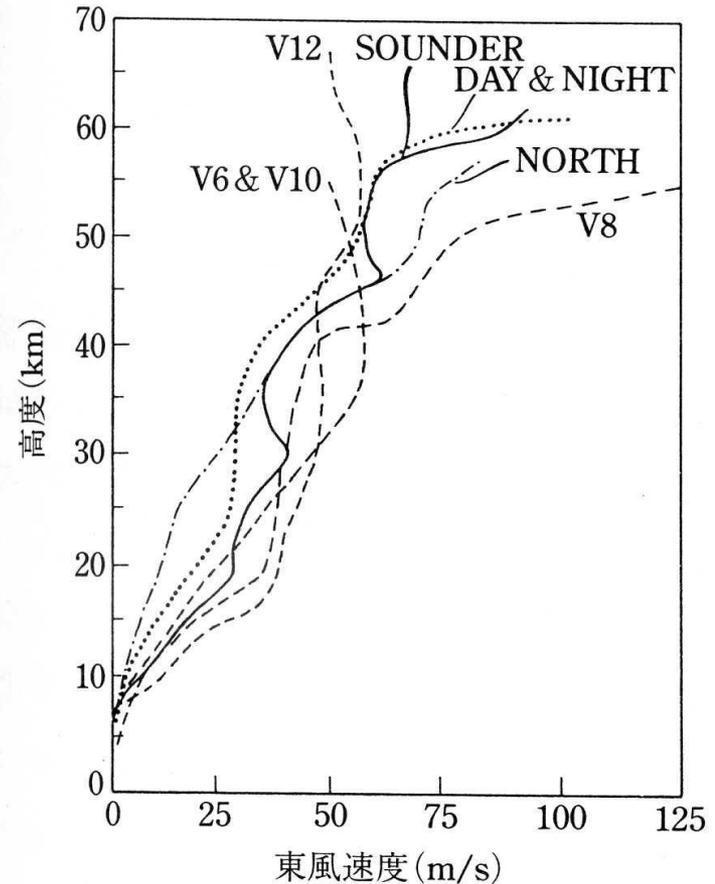
<http://akatsuki.isas.jaxa.jp/gallery/> (あかつきイメージギャラリー)より



©PLANET-C Project Team

金星大気の「スーパーローテーション」(超回転)

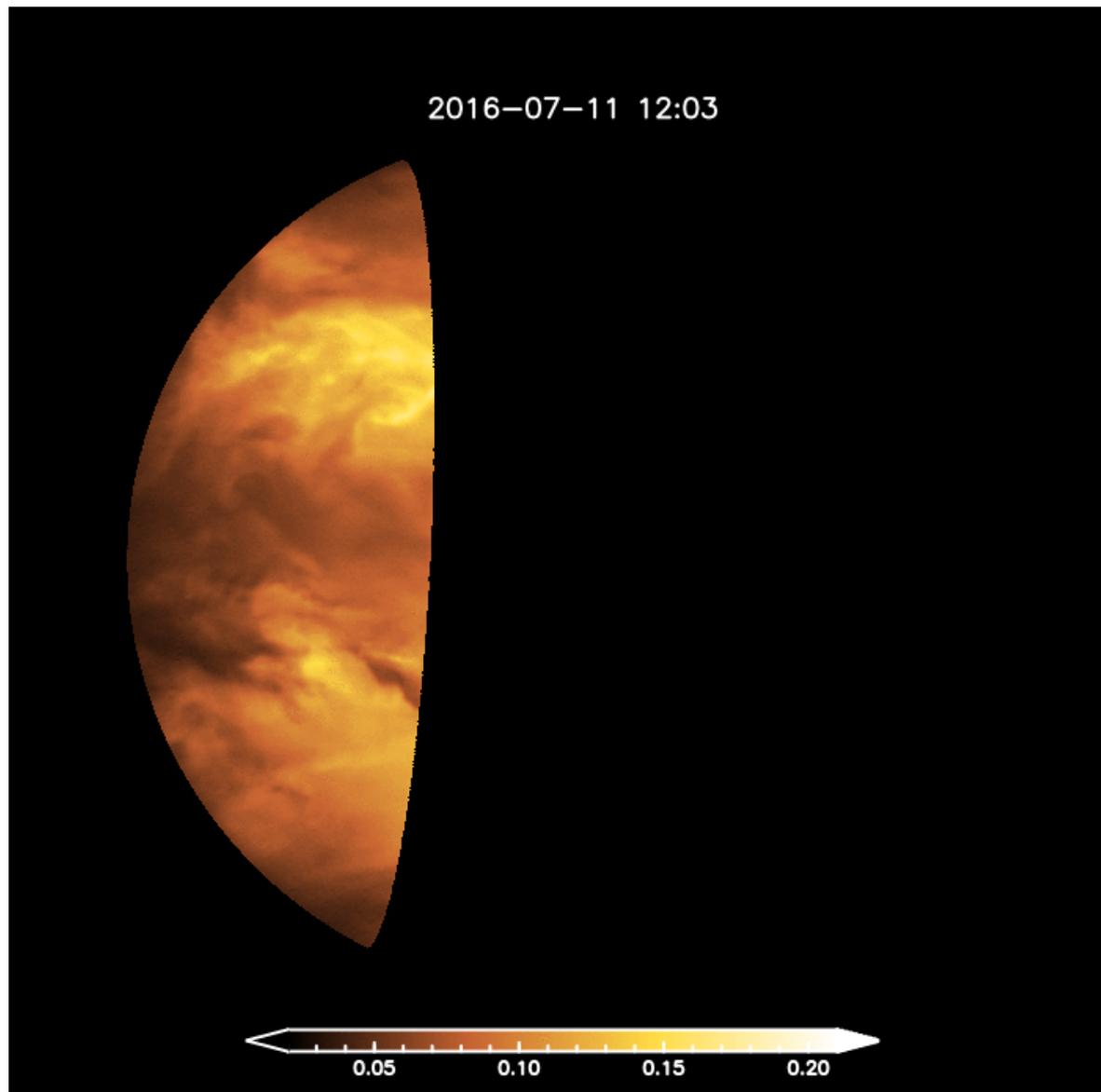
- “super” = 「超える」。∴惑星そのものの自転よりも速く(同じ向きに)惑星をめぐる流れのこと。
- 高度約70kmの雲頂付近で最大: 地表面の動きの数10倍の速さ。
- 理論はいくつかあり, 最近は数値シミュレーションである程度再現もできてるが, 観測が足りない。



直接探査(突入観測)により測定された風速の鉛直分布(松田「惑星気象学」による Schubert, 1983の引用: 座標軸和訳)。なお, 自転速度は赤道で1.8 m/s。

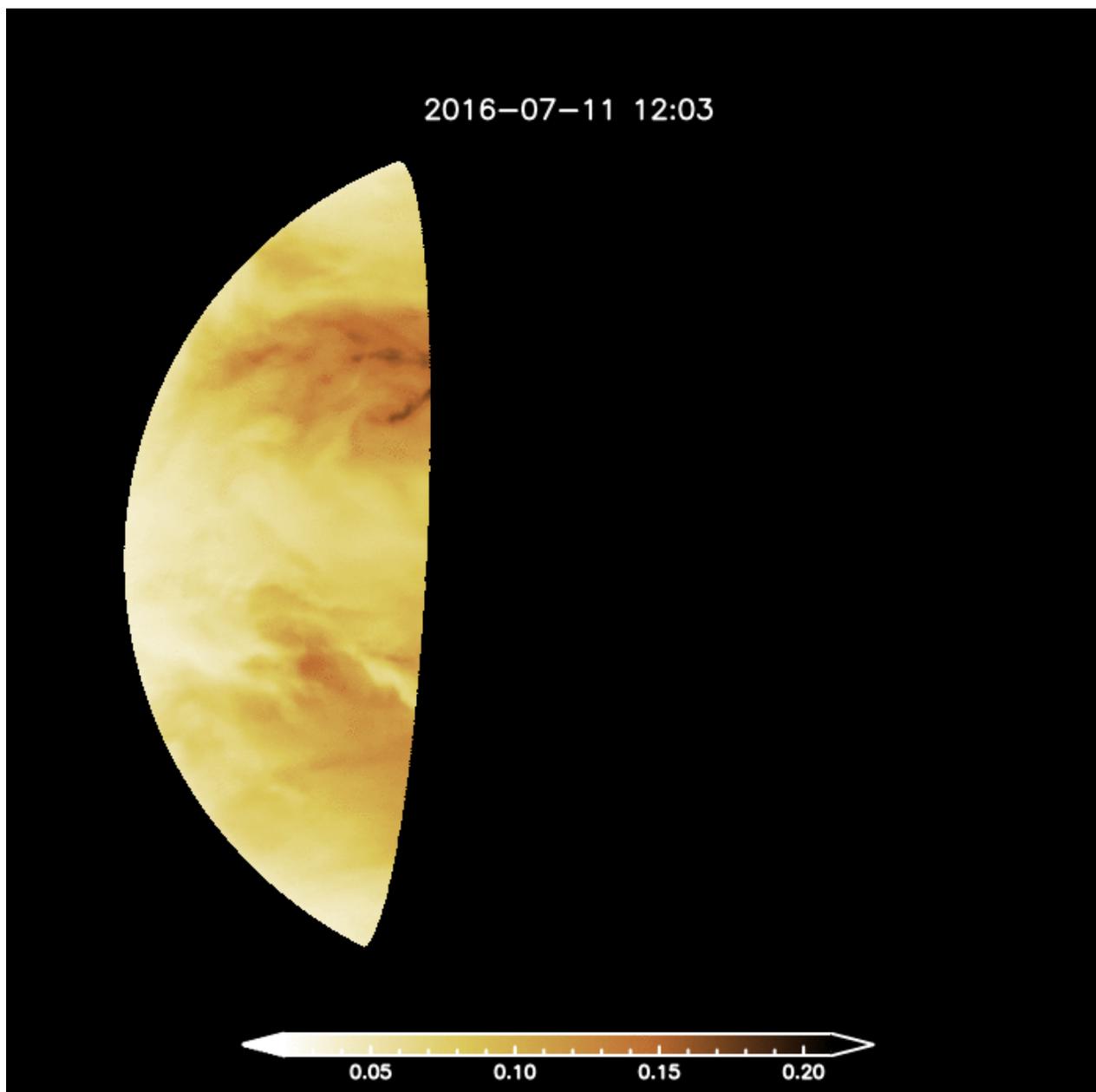
本題：赤道ジェットの見

2016年7月11日-12日のIR2による2.26 μm 赤外輝度分布



発表論文
Horinouchi, T.
et al. Nat.
Geosci.
<http://dx.doi.org/10.1038/ngeo3016>
(2017).
のオンライン
版の付録とし
て公開した
ムービー。

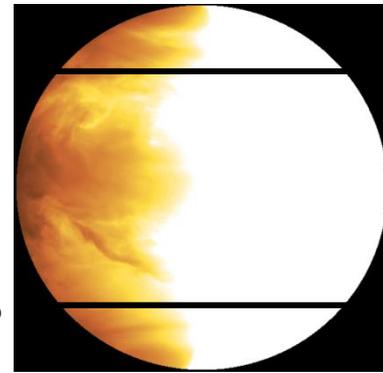
(暗いほうが雲が厚いので)明暗を反転させたら



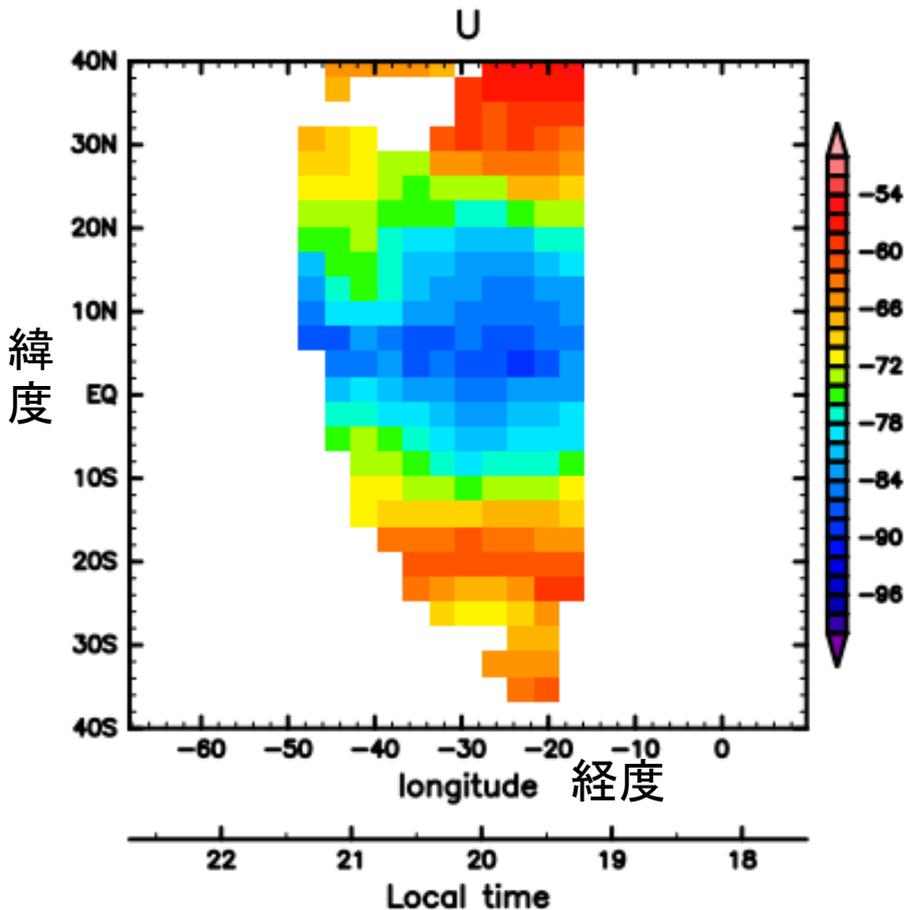
©PLANET-C
Project Team

雲追跡による夜面の風速導出結果の例 (2016年7月11日-12日のIR2による観測より)

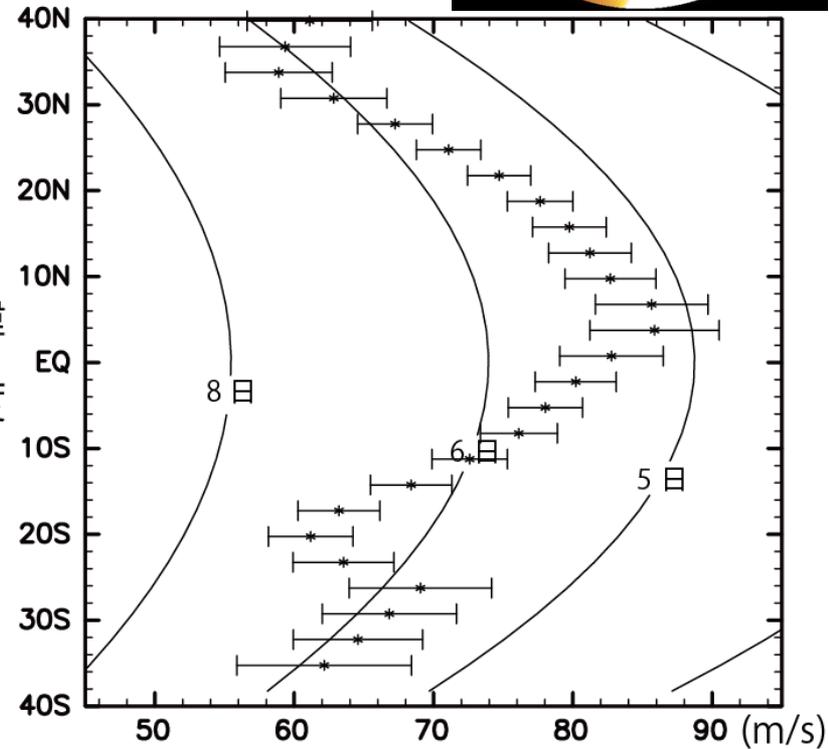
40°N



40°S



東西に
平均



東西風: 青っぽい色ほど西向きに
速い流れ

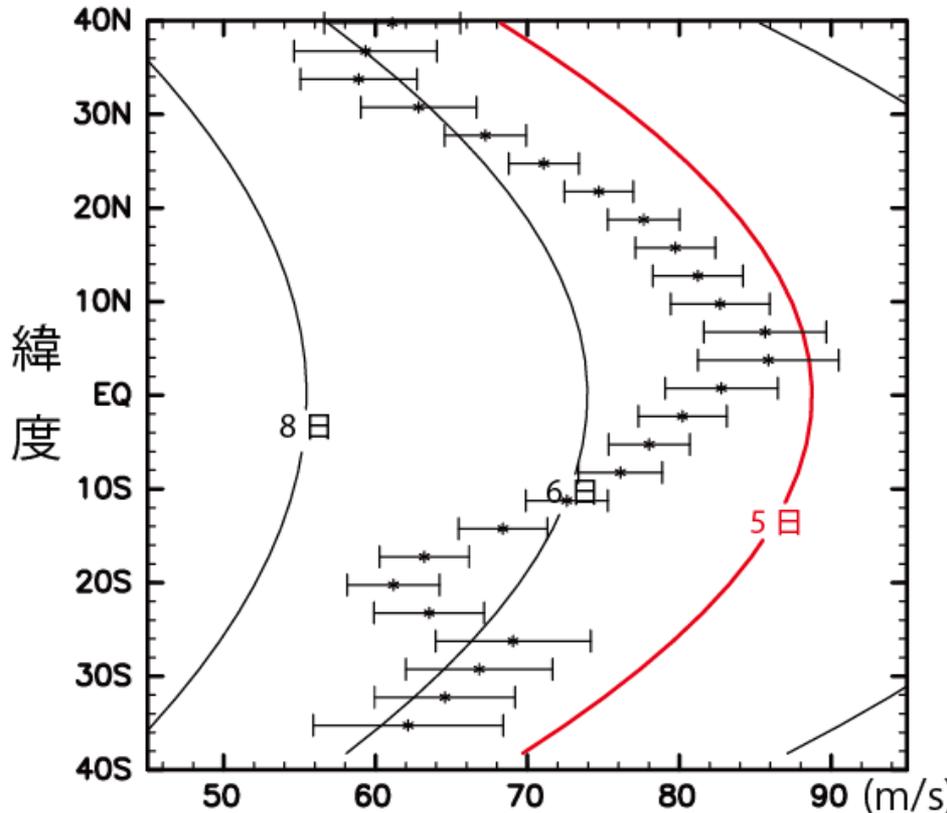
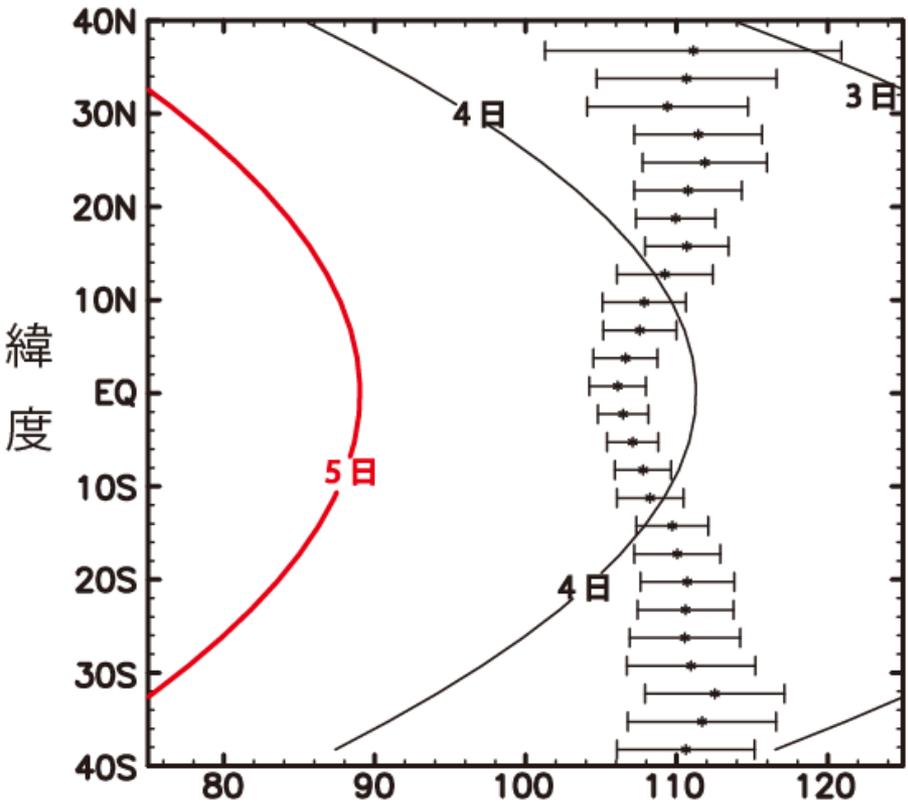
- ✓ 全般にスーパーローテーション(既知)
- ✓ 低緯度に特に速い流れ(今回の発見)
→「赤道ジェット」と命名

同じときの雲頂(約70km)での東西風

紫外カメラUVIによる観測をもとに雲追跡。

中・下層雲領域(約45-60 km)の

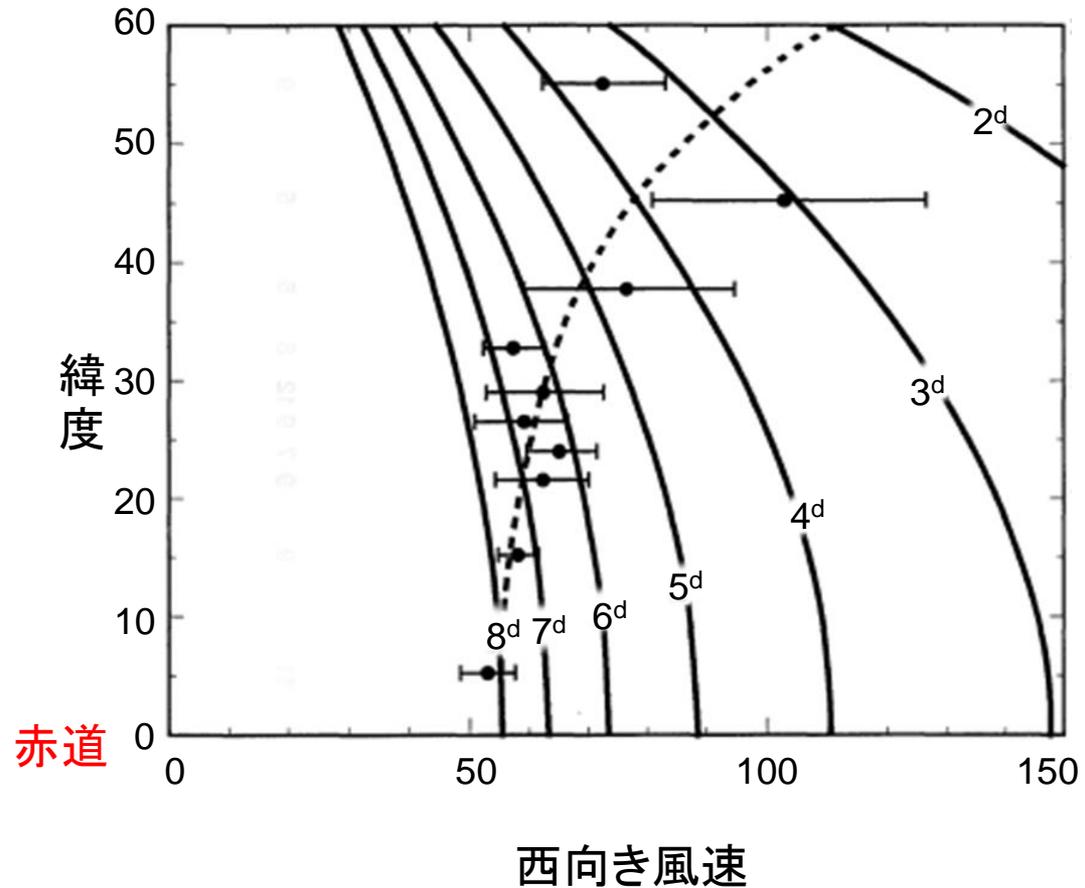
東西風 (前頁の図を再掲)



- ✓ より速い。
- ✓ 低緯度にジェット気流は無い。

過去の $2\mu\text{m}$ 帯の撮像による東西風速推定結果 (先行研究)

- 「ガリレオ」(木星探査機)が金星を通過した際(1990)の雲追跡結果 (Carlson et al. 1991)



(注: 表示を向きをあわせるため論文の図を改変しています。)

過去の2 μm 帯の撮像による東西風速推定結果 (先行研究)

R. Hueso et al./Icarus 217 (2012) 585–598

ビーナス・エクスプレスの2007-2008年の観測結果のまとめ — 期間中の平均(折れ線)と、個別のケース(Hueso et al. 2002)

(注:これまでの図と左右が逆。西向きの風を負の値であらわしているため。)

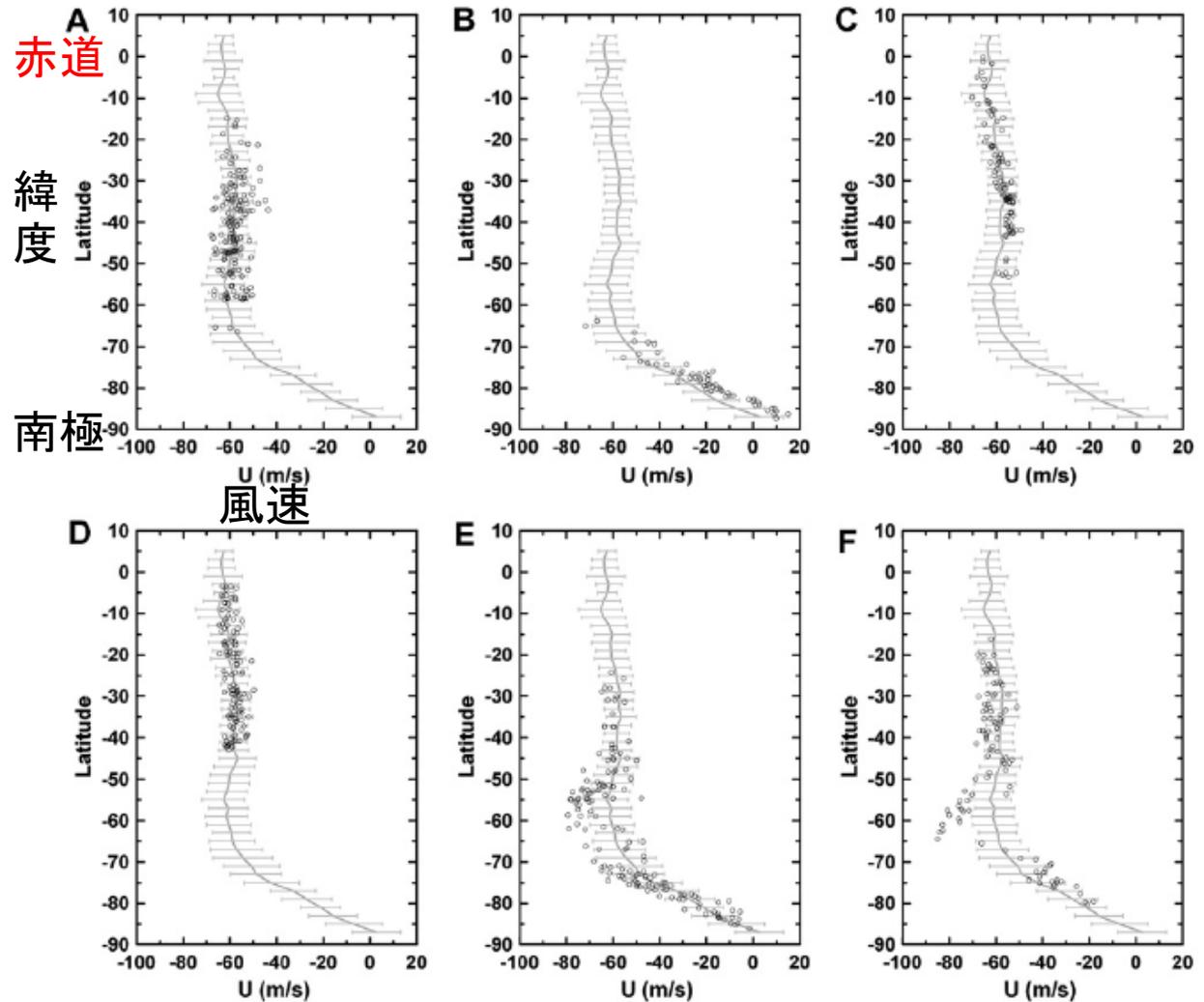


Fig. 7. Examples of zonal wind profiles in the lower cloud at specific orbits. From A to F data is from orbits 302, 310, 324, 611, 620 and 740.

あかつきの観測による赤道ジェットの時間的推移

2016年3月	ジェットは検出されず。
2016年4～6月	あかつきの軌道の関係で、夜面観測が限定的で不明(今のところ) → この間にジェット形成と推定。
2016年7～8月	継続的に赤道ジェットが存在。 ジェット軸(最も風速が速いところ)の緯度や最大風速は変動。

推測:

過去にも赤道ジェットの形成はあったのではないか。

共同研究者(E.F. Young)の過去の地上観測(NASA赤外望遠鏡IRTF使用)からその可能性が伺える(ただし、精度・信頼度が十分に確保できてない)。

なお、どの時期も雲頂には赤道ジェットはみられなかった。

本研究の成功要因

- あかつきの周回軌道：低緯度の観測に適
- 2 μ mカメラが高性能・広視野
- 高度な雲追跡技術：
 - 従来法は画像2枚使用 → 多数を有機的に組み合わせることで高精度化，誤推定抑制
(Ikegawa&Horinouchi, 2016)
 - 新開発の誤差推定による高度な品質管理（同上）
 - 高度な誤り修正手法 (Horinouchi et al., 2017)
- 他にもチームの協力による地道な努力多数
(観測実現はもちろん，後処理，探査機の姿勢誤差補正など)

赤道ジェットの原因

- 未解明。
- 但し、それを可能にする過程の考察から現時点でも有用な知見が得られる。
 - ポイント: 赤道での「角速度極大(一周する時間がその南北近傍より短くなってること)」は力学的に作りにくい。
 - 候補1: 何らかの大气波動(潮汐など)による運動量輸送
 - 候補2: 何らかの力学的不安定現象に伴う運動量再分配
(1,2とも具体的な証拠はまだ得られていない。)

赤道ジェット発見の意義

- 過去に得られた風速分布と異なる**質的新しさ**。
 - より多くの(より長期に渡る)雲追跡風が得られている雲頂においても見られていない**新しい形態**。
 - これまで中・下層雲領域の風速は変化に乏しいと考えられてきたが、**ダイナミックに変動すること**が初めてわかった新しさ。
- **スーパーローテーションのメカニズムについての示唆が得られる。**
 - 中・下層雲領域に赤道ジェットの形成とその時間変動を許す条件が成り立つ必要がある。
 - 数値シミュレーションと合わせて研究していくことで展開が期待される。
 - 例えば、ある数値シミュレーションでは赤道にジェットがみられた:**これまでは非現実的と考えられていた**。→ 見直しへ

今後の展望

- 赤道ジェットについて
 - 全期間＋他高度のデータからより詳細を明らかに。
 - 成因の研究：観測＋数値シミュレーションで
- スーパーローテーション研究の発展
 - 観測＋数値シミュレーションで
- 将来的には、金星大気研究を通じて、地球から太陽系外の惑星までの幅広い理解に貢献できることを期待。

最後に

「あかつき」による科学研究は、成果の収穫期に入りました。これから続々と論文が発表される見込みです。どうぞよろしく願いたします。

例えば、現在、Earth Planets Space誌の「あかつき」特集号の編集が進行中です。

(堀之内自身はそこに、紫外カメラUVI観測に基づく雲頂での流れの長期統計の研究を投稿中です。)

謝辞

- 「あかつき」の計画，実現，運用，データ処理に貢献してくださったすべての皆さんに。
- 「あかつき」に興味をもって（応援して）いただいている皆さんに。