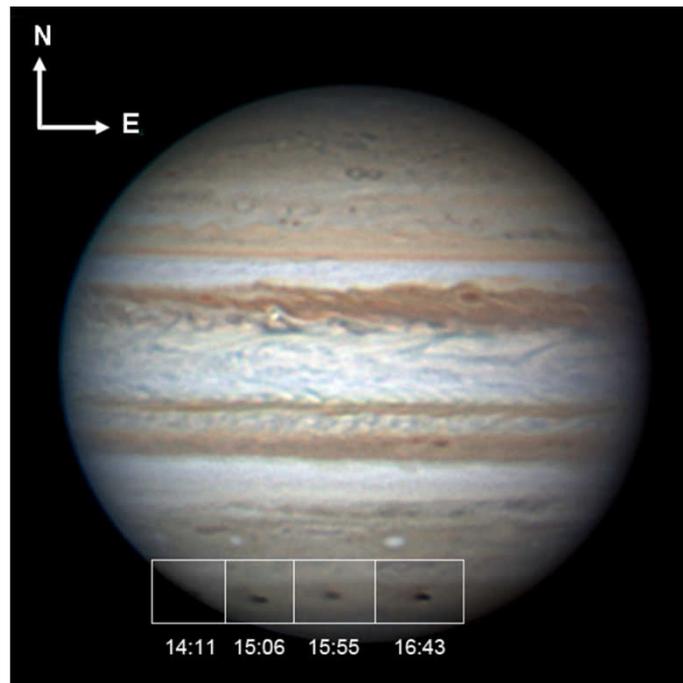


第20回 論文紹介セミナー

2011.01.13.Thu. 16:45~

A multi-wavelength study of the 2009 impact on Jupiter:
Comparison of high resolution images
from Gemini, Keck and HST



Imke de Pater *et al.*, 2010, *Icarus*

東大新領域 M2
羽村 太雅

Sanchez-Lavega *et al.*, 2010, *ApJL*

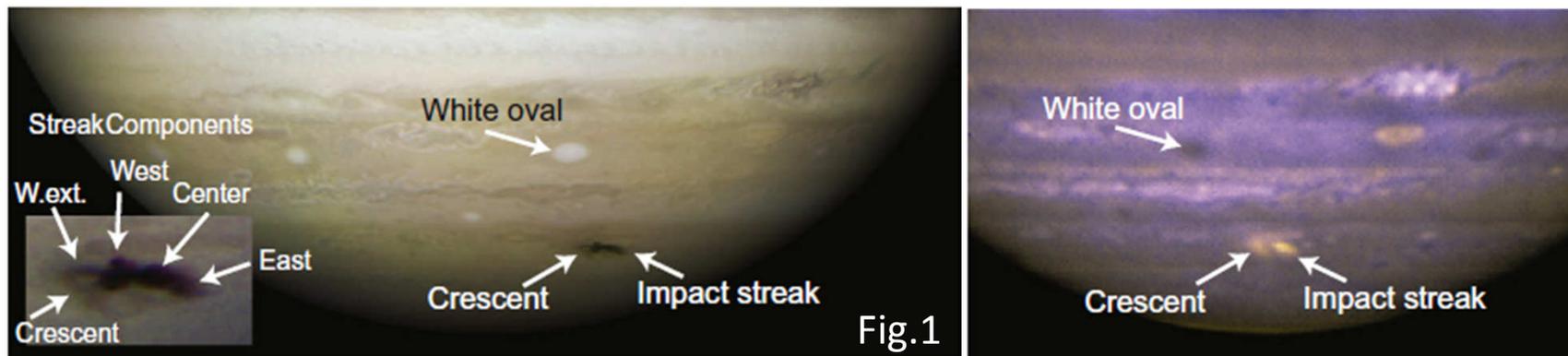
要旨

木星の衝突痕を発見(2009年7月)

→ 大望遠鏡観測キャンペーン

- ✓ 衝突速度
- ✓ 衝突天体の来た方向
- ✓ 貫入深さ
- ✓ 衝突天体のタイプ

衝突時の観測例のあるSL9と比較



HSTで撮影。右図は8.8 μm (青)と9.7 μm (黄)の合成

命名法はHarrington *et al.*, 2004

観測キャンペーンの結果

初期の画像から衝突環境を解明 (Amateur & IRTF)

- 2009年7月19日西端に衝突痕(衝突自体は木星裏面のため観測なし)
- 衝突天体は単体(6月~9月に同緯度に~200km以上の類似形状なし)
- 衝突天体サイズ = 0.5~1 km (model dependent)

cf. 木星の自転周期: 0.414 day~10 hr (理科年表)

Sanchez-Lavega *et al.*, 2010, ApJL

feature size : 4800 × 2500 km (衝突直後)

6000 × 2800 km (4日後)

長期高空間分解で衝突点の時間進化観測 (HST)

- 衝突天体は小惑星様天体 (UV haloはcoma由来かも)
- 黒い物質は高温を経験した木星の物質 (SL9と土星雷雲からの類推)
- 衝突天体サイズ = 0.5~0.7km (衝突時Light Curveからサイズ推定した
SL9の衝突痕サイズとの類似: SL9と同じ終点速度を仮定)
- デブリと周囲のコントラストで高度推定 (速度計測も同じ結果)

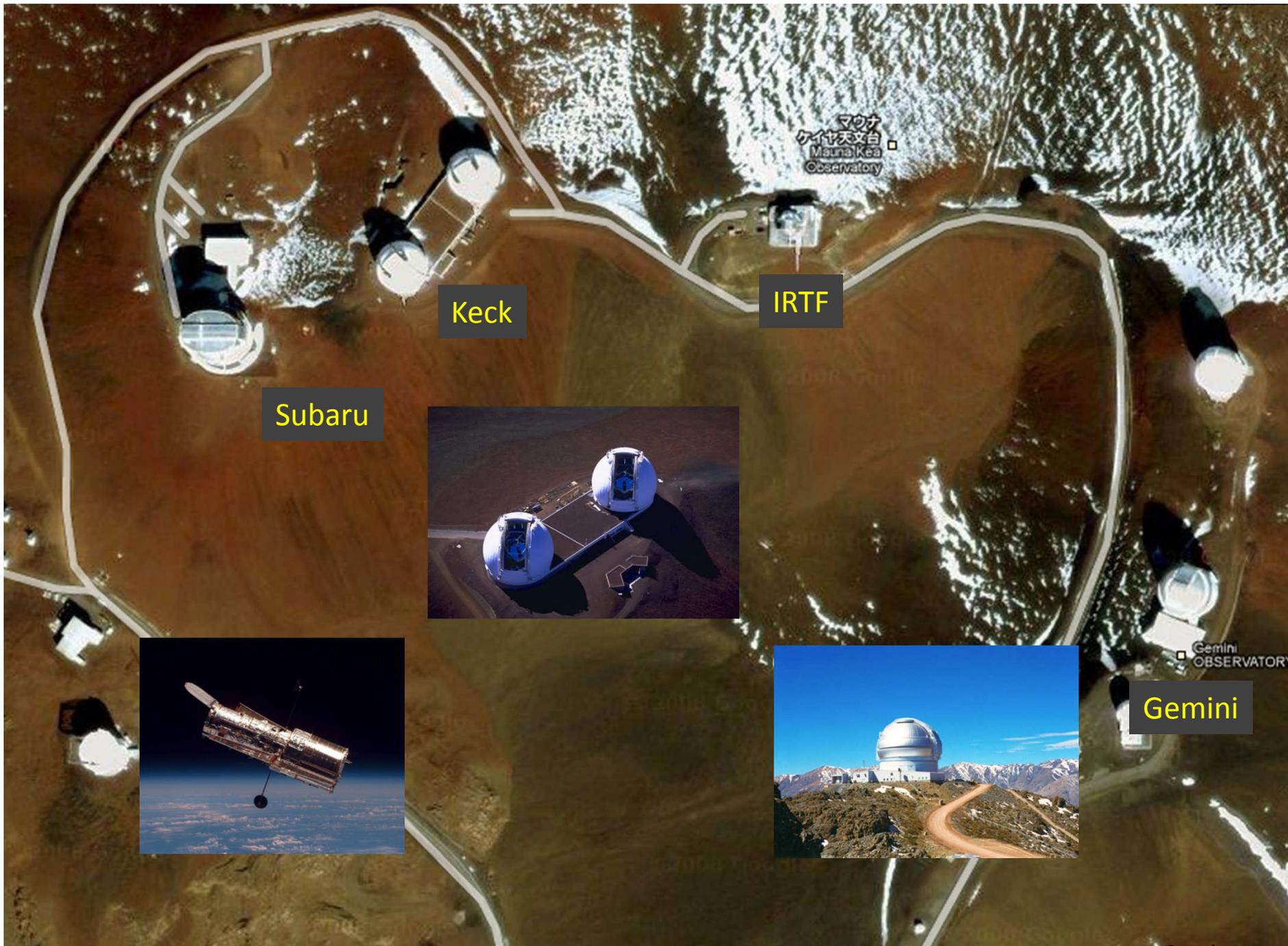
Hammel *et al.*, 2010, ApJL

本論文の狙い

- 衝突由来の物質の垂直分布
- 大気擾乱の様子(温度・エアロゾル・ガスなど)
の解明

観測

- Gemini-North
(7.7~18 μm : 1 mbar~1 barからの熱放射)
- Keck
(1~5 μm : 5 μm は2~5 barからの熱放射)
- Hubble Space Telescope (HST)
(200~900 nm: 反射太陽光, 1~700 mbar(~5 μm))



マウナ
ケイサ天文台
Mauna Kea
Observatory

Keck

IRTF

Subaru

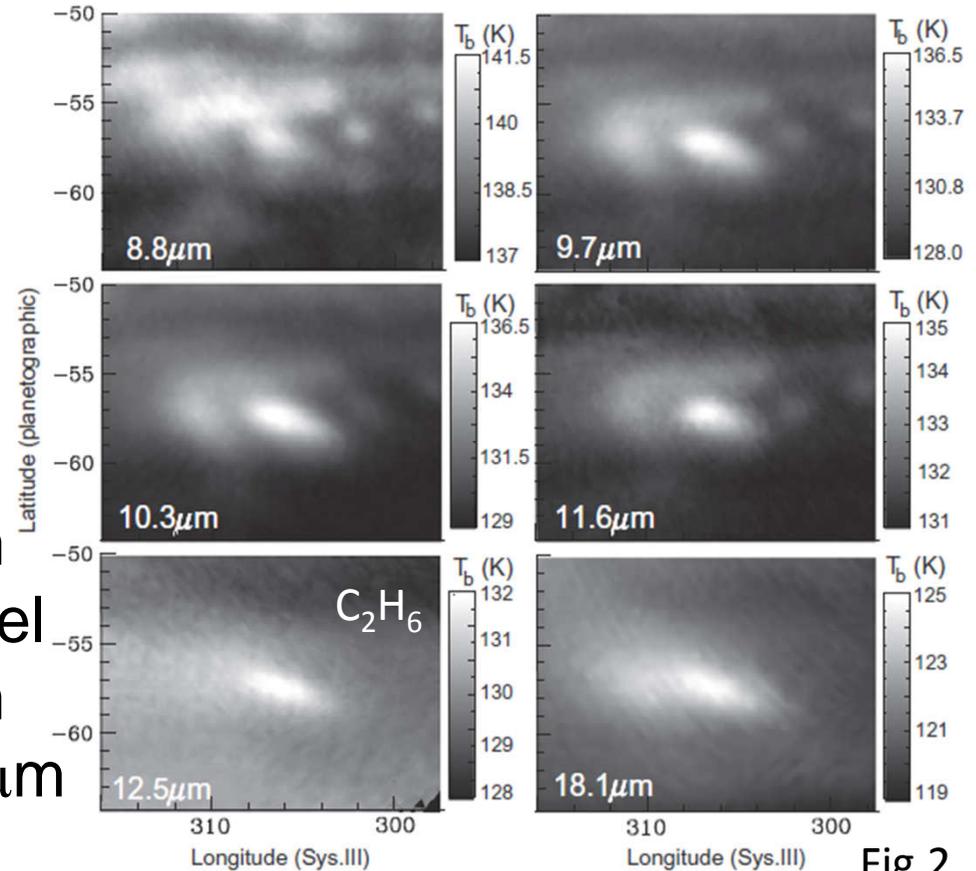
Gemini
OBSERVATORY

Gemini

観測結果

～Gemini-1～

- 中間赤外バンドパス撮像
- 7~13 μm は
成層圏(1-100 mbar) CH_4 : 7.7 μm
対流圏(0.15-0.8 bar) NH_3 & aerogel
及び NH_3 雲(0.7 bar): 8-11 μm
成層圏 C_2H_6 & C_2H_2 : 12-13.5 μm
- 17~25 μm は衝突で誘起
された H_2 と He の分布
- 非擾乱部分はエアロゾル量に依存
観測強度は
 - 温度構造
 - ガス種とエアロゾルの高度分布
で決まる。



輝度温度プロファイル。最も明るい点を中心に描画

cf. 12.5 μm (エタン)ではcrescent
観察不能

→ C_2H_6 が衝突点で~30%増加
の報告と調和的

(Fast et al., 2010): IRTF MIR分光

観測結果

～Gemini-2～

Flecher *et al.*, 2009, Icarusの手法で算出

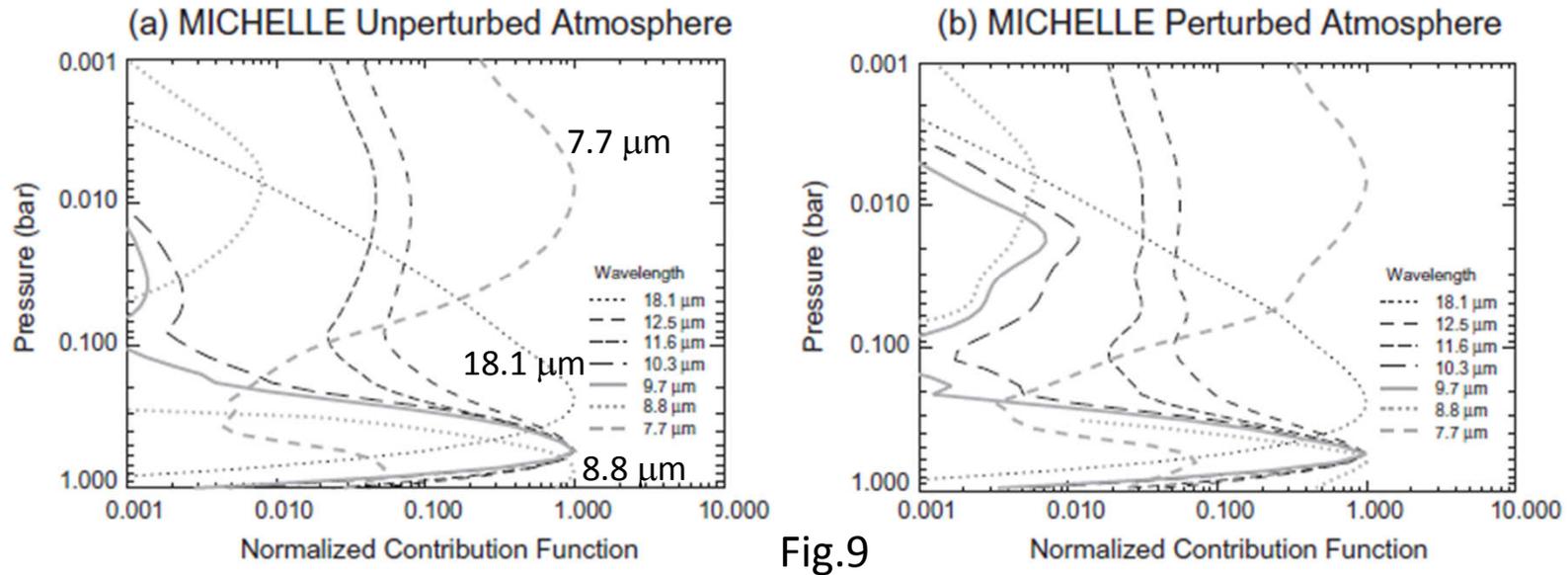


Fig.9

各観測波長に対応する深さ

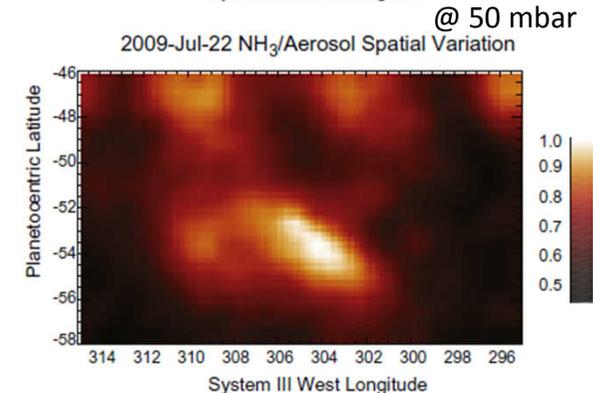
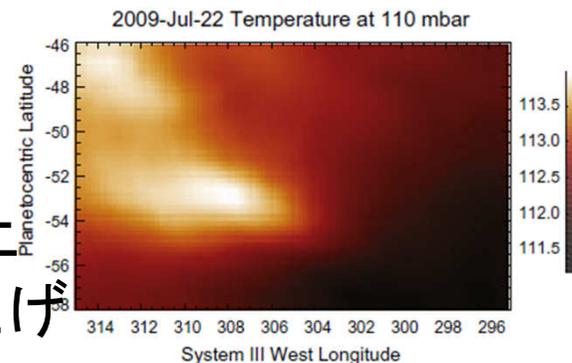
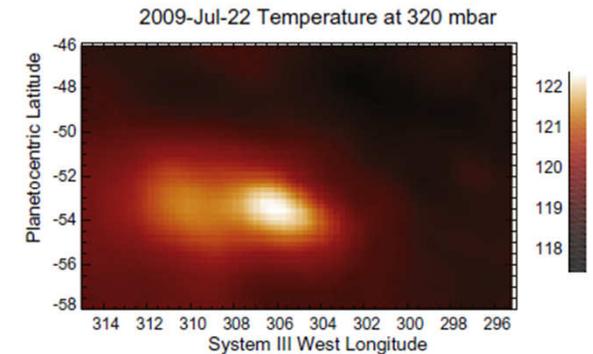
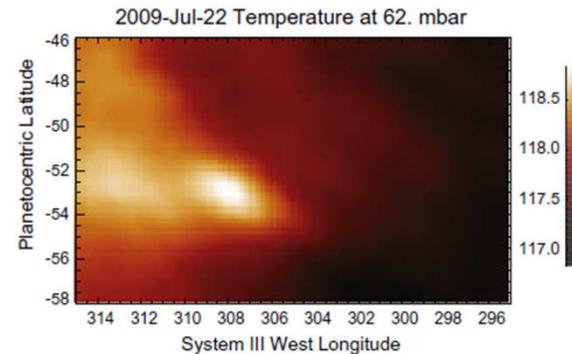
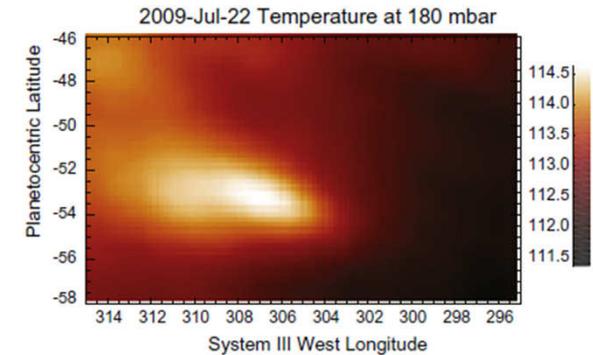
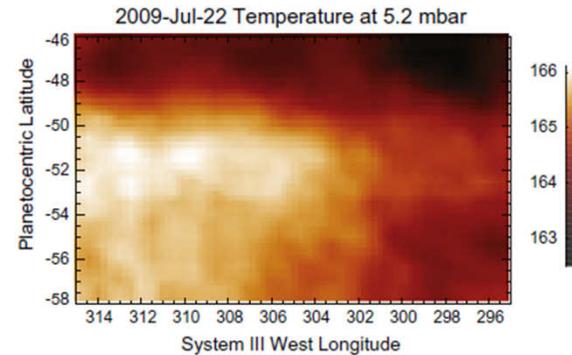
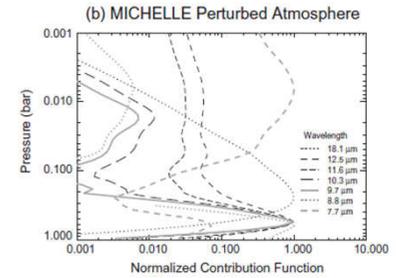
温度, 組成・エアロゾルの透明度
のリトリバルを行う!

観測結果

～Gemini-3～

- 7.7 μm (成層圏)
見えず
→ 加熱は10-20 mbar以深
- 18.1 μm (上部対流圏)
streakとcrescentが強い
- 8.8 μm (上部対流圏)
背景に対して暗い
(アンモニア雲直上)
⇒ 10～400 mbarの間
のみ温度構造変化
(1～4 K)

8.8～12.5 μm の輝度温度
上昇は上記温度上昇以上
⇒ NH_3 を対流圏から巻上げ



観測結果

～Keck-1～

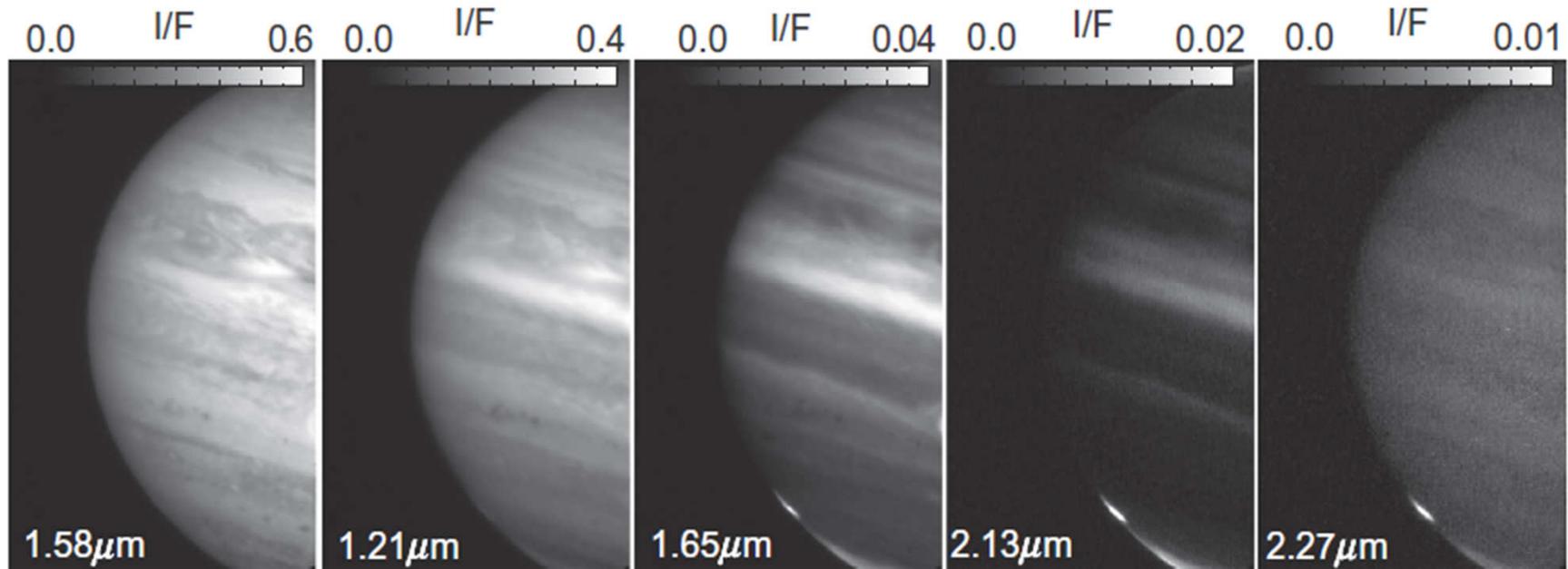
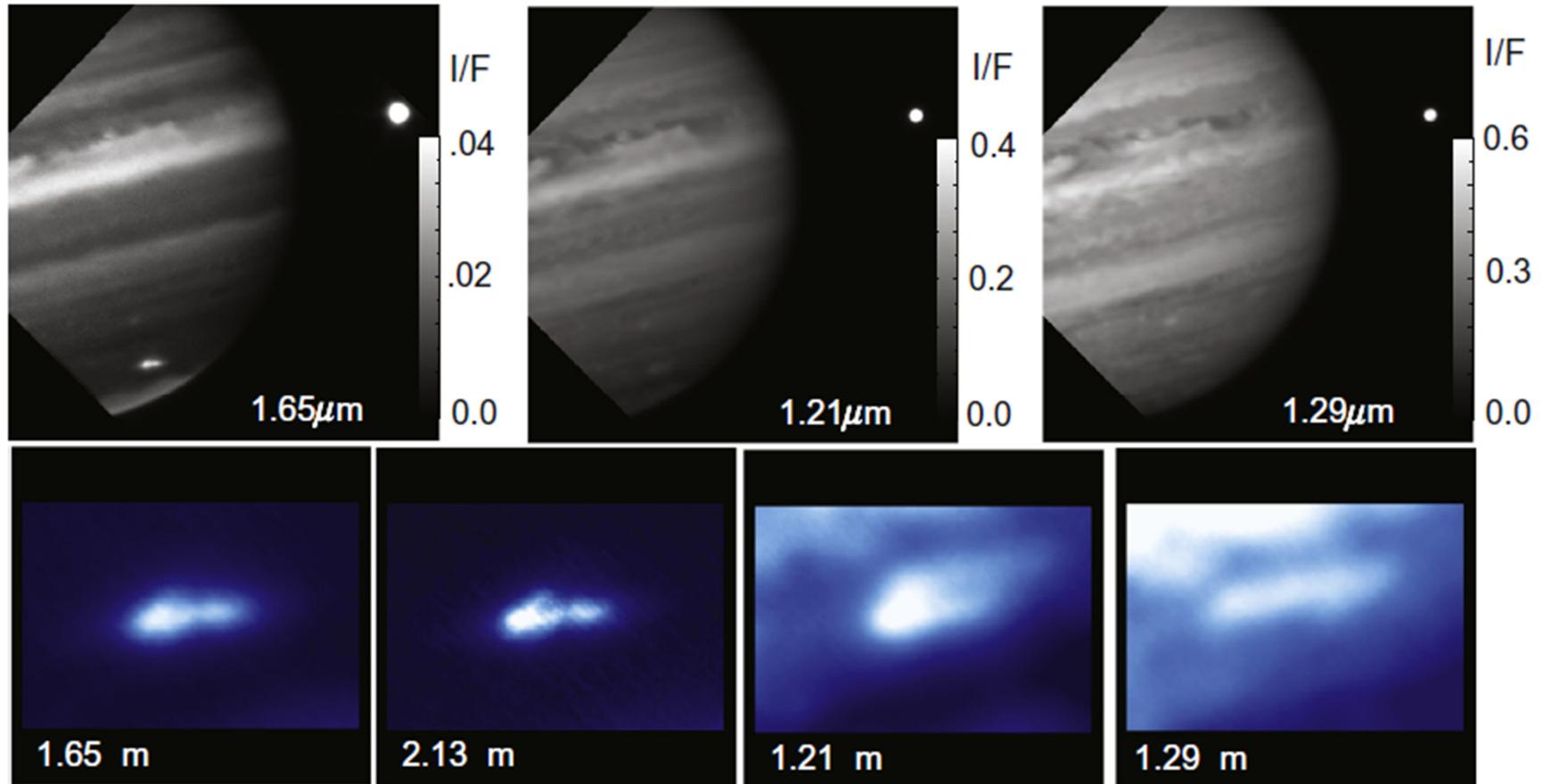


Fig.3

メタンの吸収波長域では明るい
主に上部対流圏～下部成層圏の観測に対応

観測結果

～Keck-2～



1.23 μm、1.29 μmでは衝突とは無関係と思われるストリーク確認 Fig.6
1.65 μm、2.13 μmはHSTの画像と類似

観測結果

～Keck-3～

Radiative Transferで粒子・エアロゾルの垂直構造と高度を制約

de Pater *et al.*, 2010のコードを使用

⇒ 粒子のサイズ・高度の分布を算出

⇒ contribution function算出 (Adamkovics *et al.*, 2006の手法を採用)

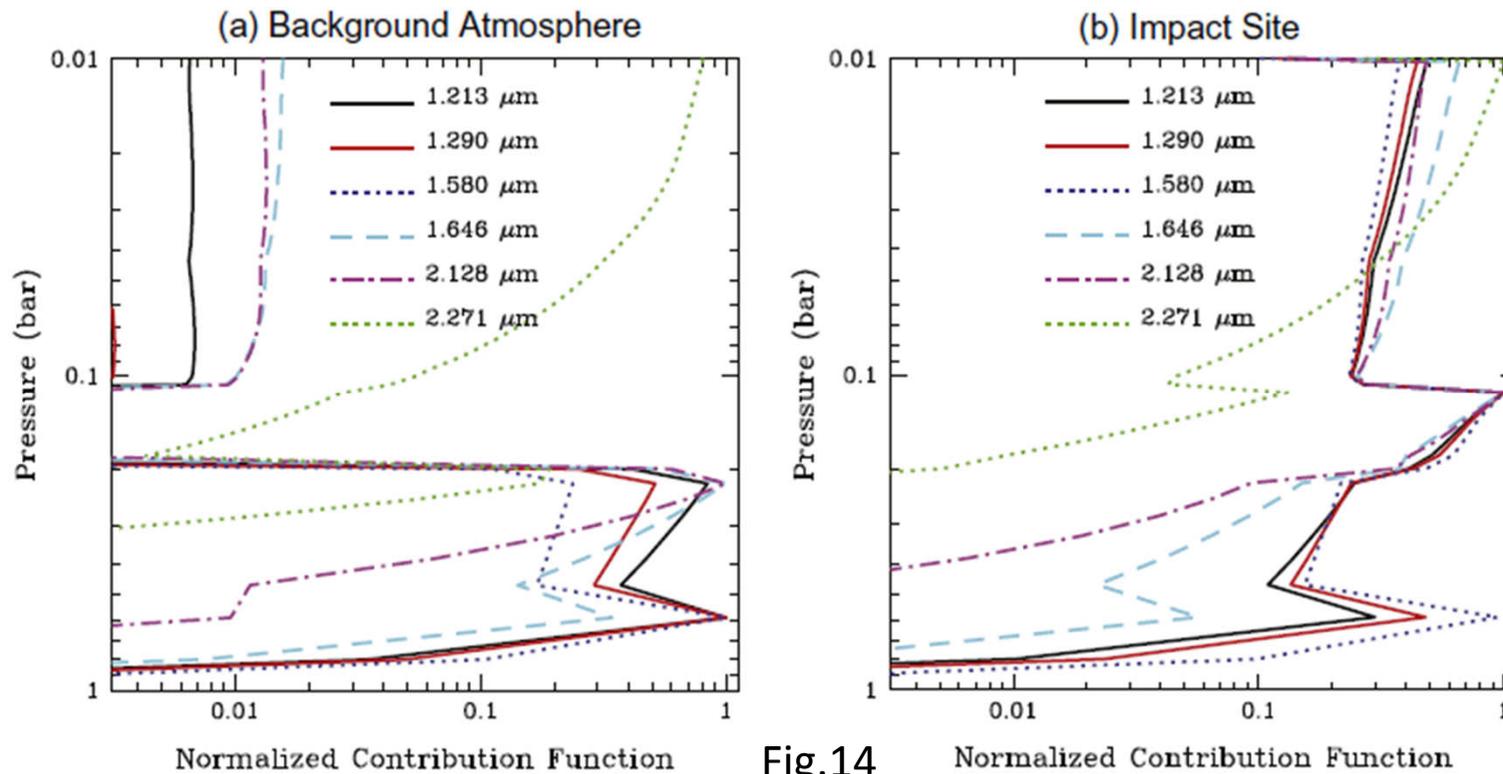
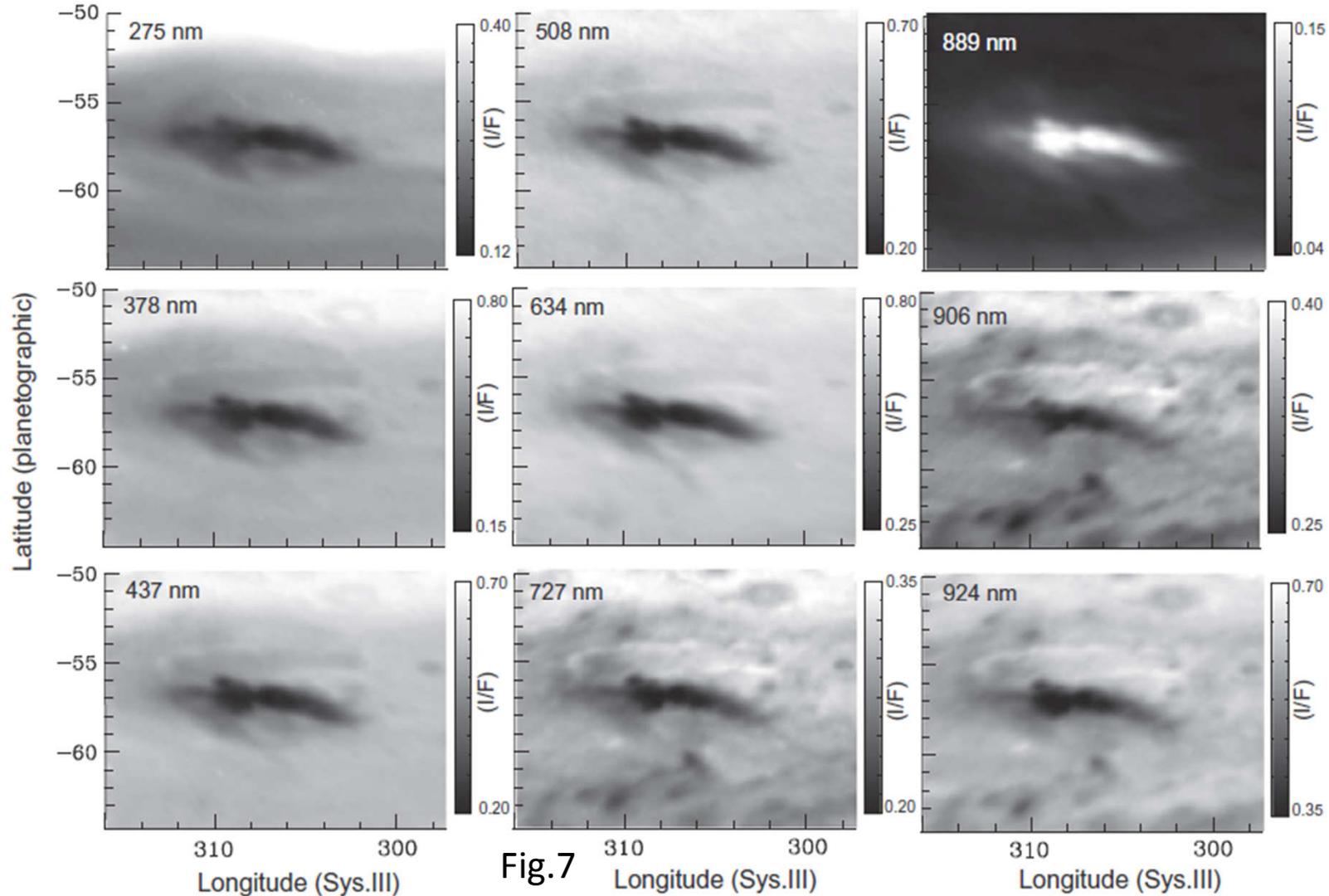


Fig.14

観測結果

反射光。波長・時刻による形状変化なし
but UVほど早く減衰 (Hammel et al., 2010)

～HST-1～



観測結果

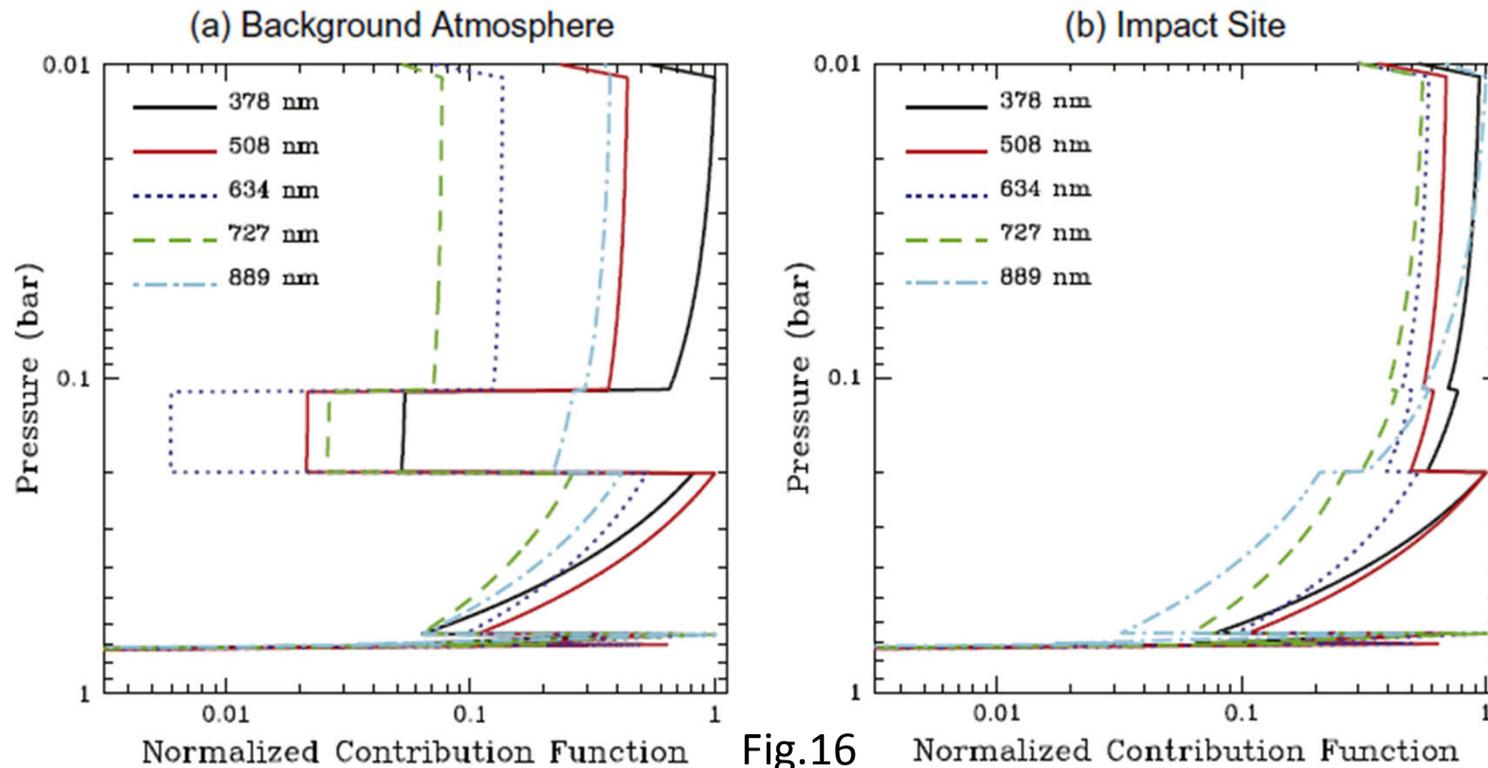
～HST-2～

Radiative Transferで粒子の高度とサイズ分布を制約

Barrado-Izagirre *et al.*, 2008のモデル使用

粒子の分布はKeckの結果を利用し、contribution function算出

⇒大きくて暗い粒子がbest fit (Hammel *et al.*, 2010と調和的)



観測結果の比較1

Gemini(MIR)+HST(vis)

=centerが熱い!

(crescentも似た傾向)

⇒ 対流圏からのNH₃の
上昇が原因

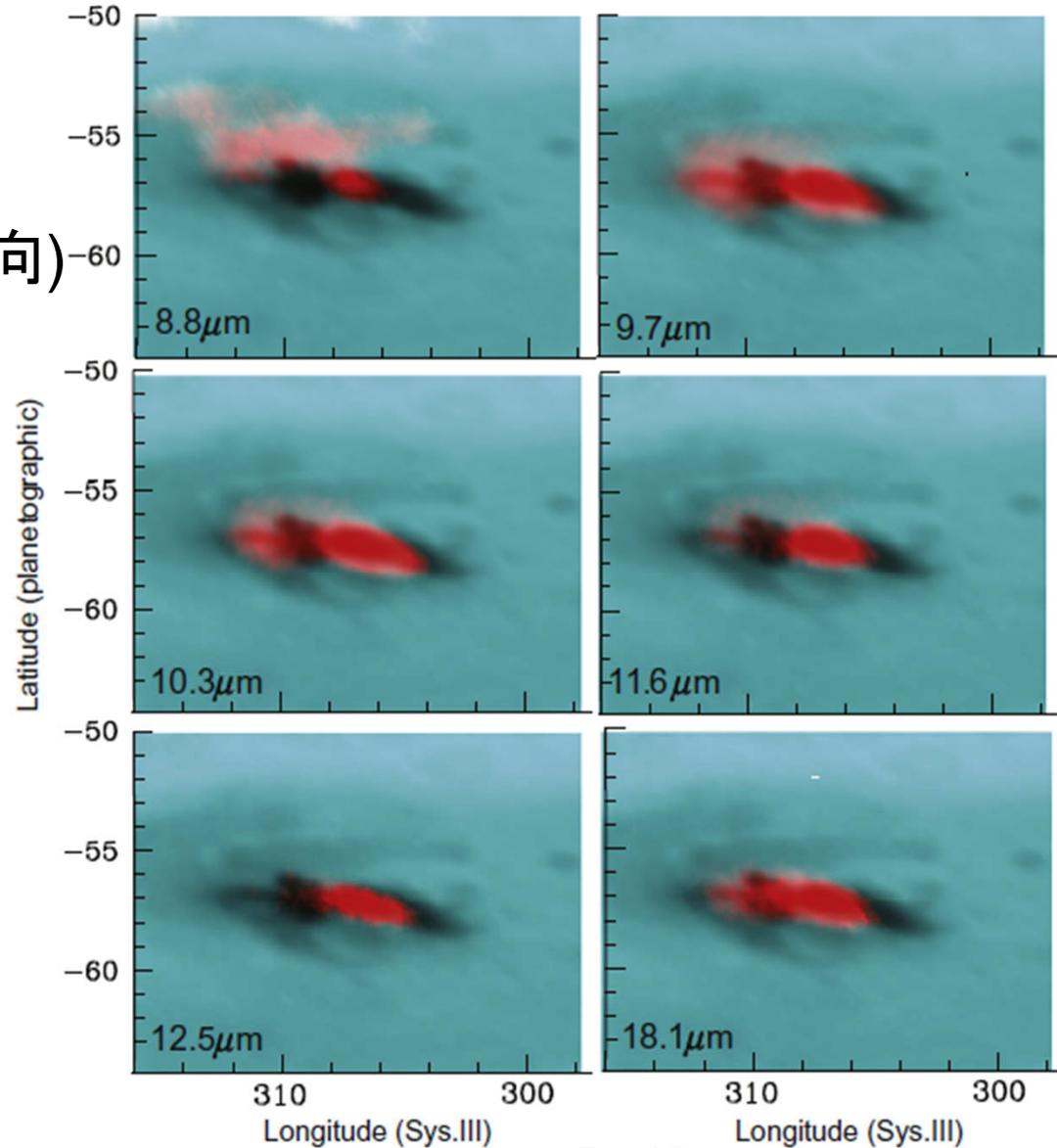


Fig.19

観測結果の比較2

Keck(NIR)+HST(vis)

=形状良く一致

* 波長で明るい場所が異なる

⇒ 粒子サイズの違い
(西の方が大きい)

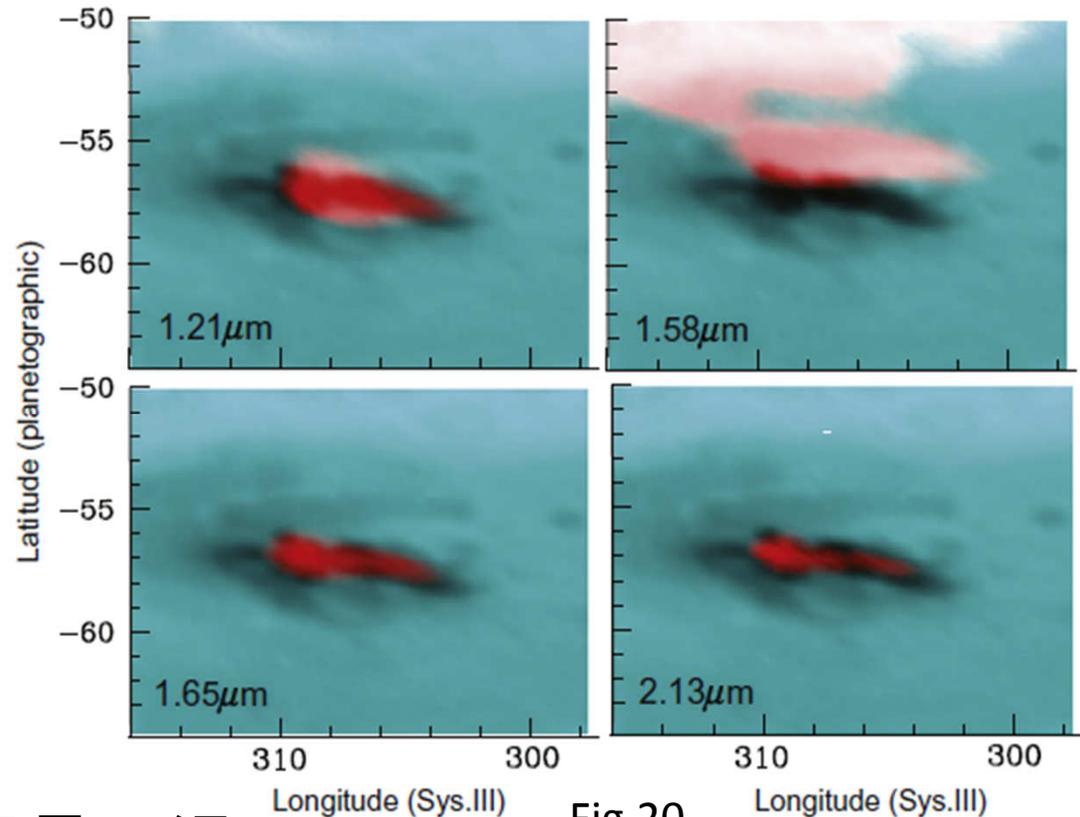


Fig.20

UVで、衝突点北側に細長い渦

⇒ 以前から存在(アマチュア)

⇒ 5 μmでも明るい

⇒ 沈降による断熱圧縮で加熱

SL9, Tunguskaとの 比較

衝突天体も衝突の瞬間も
観測なし

⇒ 観測結果をSL9の観測や
Tunguskaの数値計算と
比較

- 衝突天体の最深貫入点から
jetが噴出、対流圏NH₃抽出
- 貫入経路が崩壊し、
“crescent of ejecta”形成
- Plumeの膨張、凝縮、再突入
により暗いcrescent形成

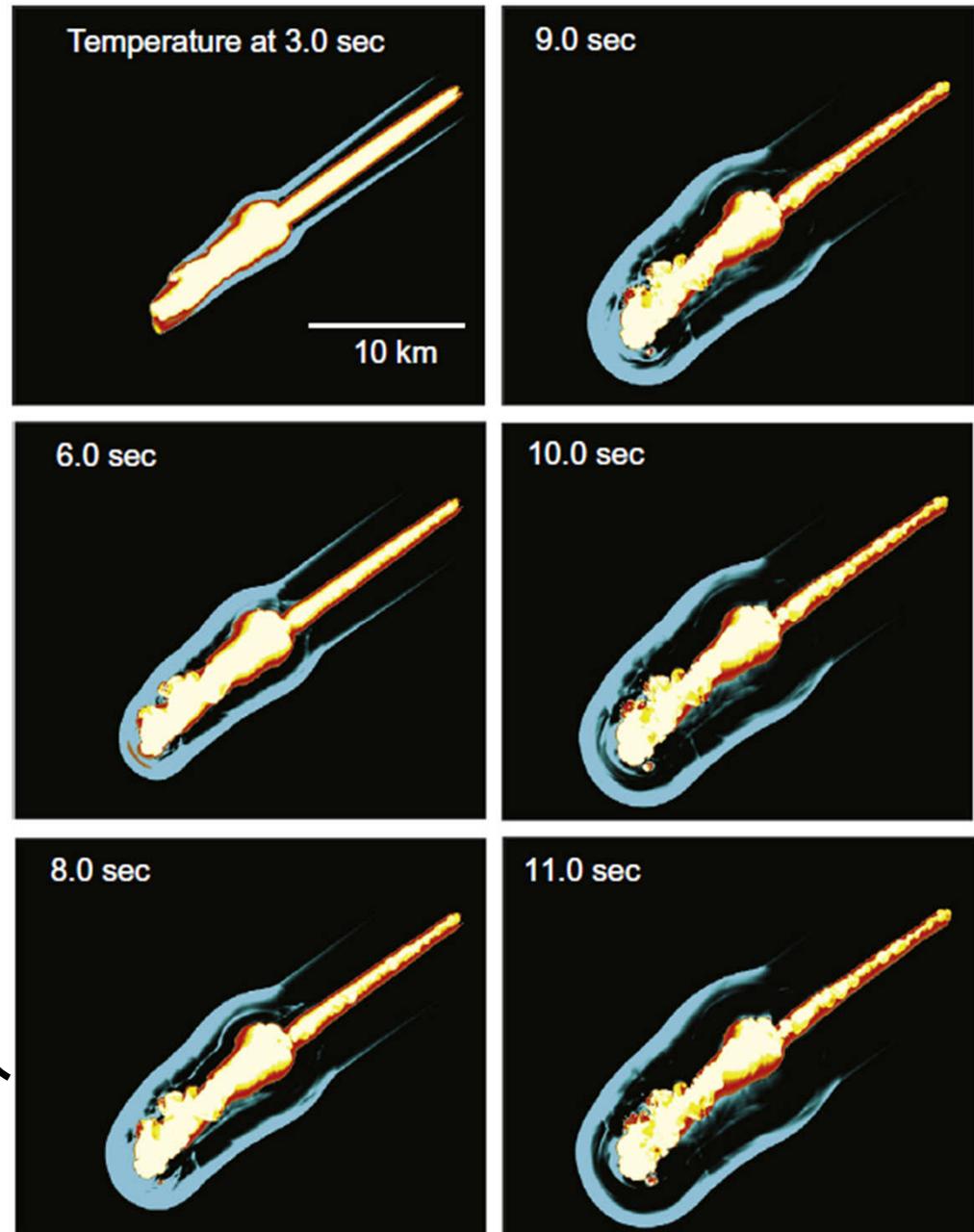


Fig.21

まとめ

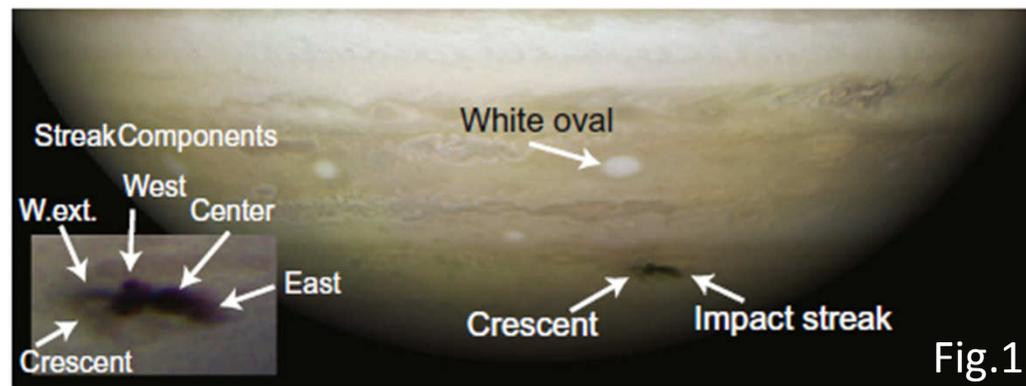
2009年7月 アマチュア天文家が木星に衝突痕発見

Gemini, Keck, HSTで集中観測

- 温度構造
- NH₃の上昇
- 大きく暗い粒子確認

SL9やTunguskaの観測・数値計算と比較

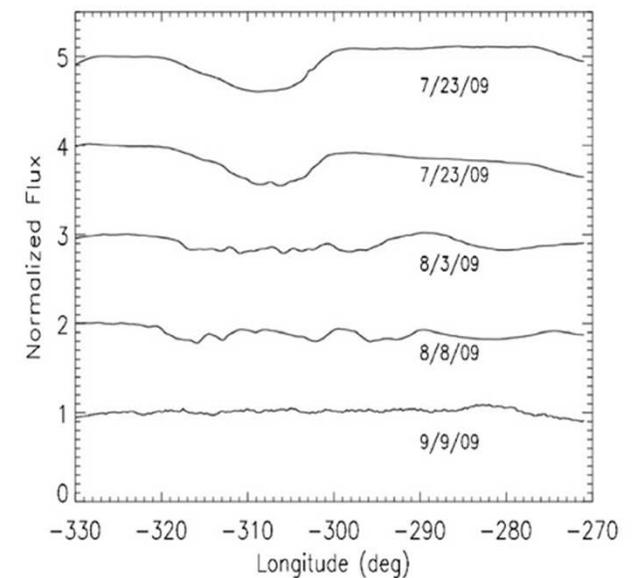
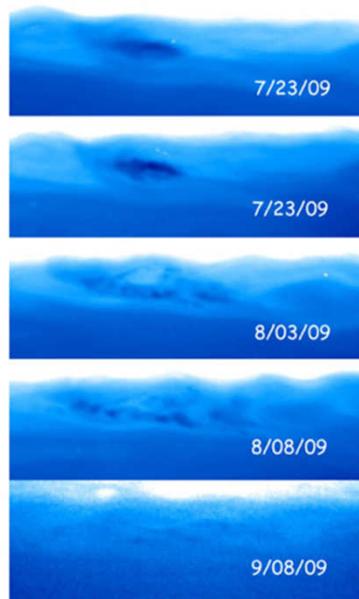
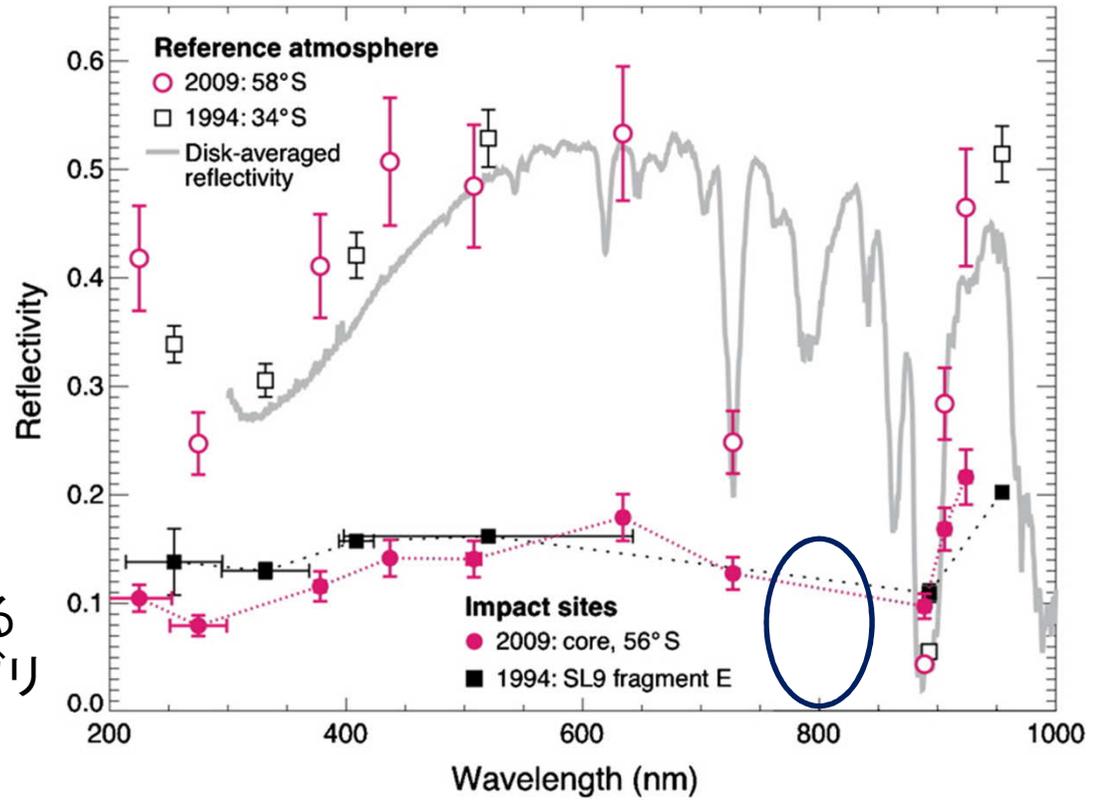
- 衝突痕(特にNH₃と大きく暗い粒子)形成過程推定



補足説明資料

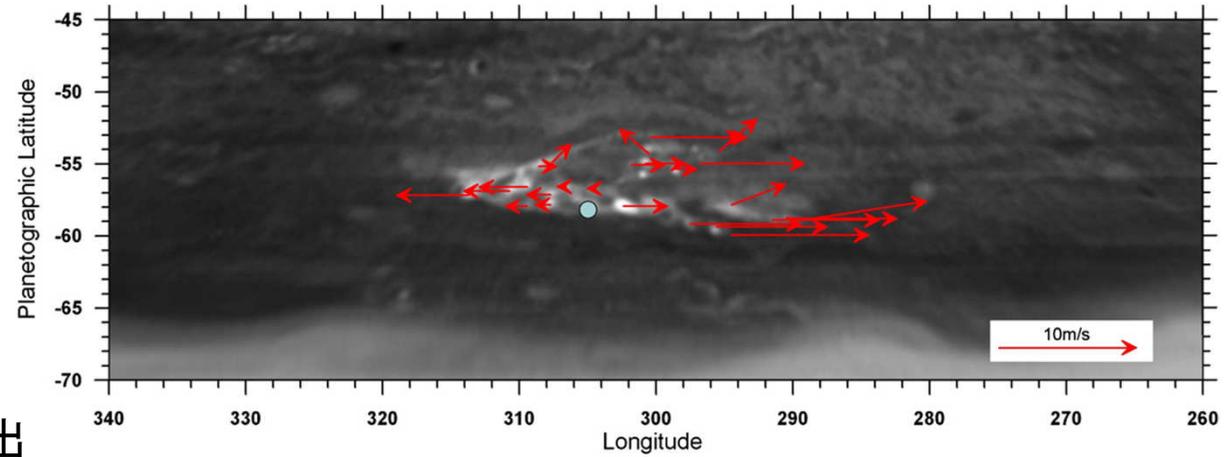
高度測定

1. 896nmのバンドパスで見た時だけ、衝突痕が周囲より明るい
2. 866nmにはメタンの強い吸収がある
3. 太陽光が、吸収されるより先にデブリで反射されてしまえば明るく見える
4. つまり、デブリが高いところにある



Hammel et al., 2010, ApJL, Fig.2

高度測定



- (a) HSTの画像から、風速を算出
- (b) 各緯度での雲直上の風速(観測値: 実線)を大気上層まで外装
- (c) その中で、今回観測された風速を満たす高度をプロット

