

# 太陽系惑星大気観測 SPARTプロジェクトとALMA

- 太陽活動(G型星)惑星大気環境に与える影響 -

Solar Planetary Atmosphere Research Telescope

前澤裕之 大阪府立大学、

連携研究機関

名古屋大学、国立天文台、慶應義塾大学、情報通信研究機構、東北大学、北海道大学、東京大学、パリ天文台、Space Science Institute (Boulder)、Max Planck Institute, etc

# Nobeyama Millimeter Array(NMA)を単一鏡へ

- ・口径10mのアンテナを6台を使用し、最大口径600mの電波望遠鏡に相当する高解像度観測を可能にする開口合成型電波望遠鏡。星形成領域や星間分子雲、近傍系外銀河などの観測が行われてきた。
- ・2006年度に一般共同利用観測を終了。
- ・2010年度まで教育実習等に利活用。
- ・2011年度よりSPARTへ。

NMA (野辺山ミリ波干渉計)  
有効口径 : 10m / 最大合成口径 600m  
鏡面材質 : アルミパネル+CFRPコート  
鏡面精度 : 平均0.01mm/10m(補償装置非稼動時)  
追尾精度 : 0.05秒/180度  
観測波長 : 85GHz ~ 230GHz



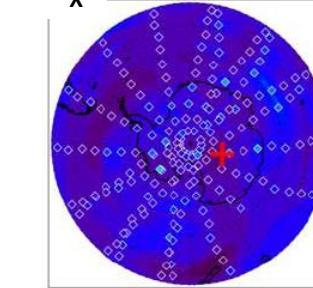
# G型星が大気環境に与える影響の影響/ハビタブルゾーンの理解

系外惑星



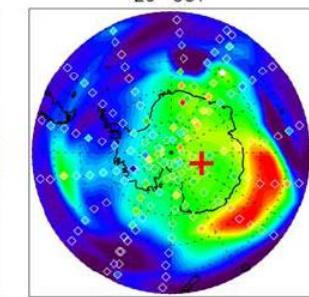
NASA/HST

$\text{NO}_x$   $\theta=2250\text{K}$  (50–55km)  
27-OCT-2003

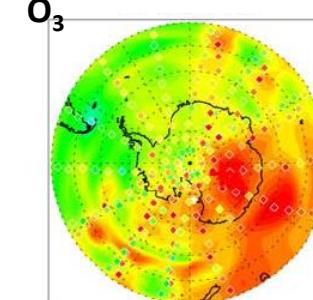


地球の場合

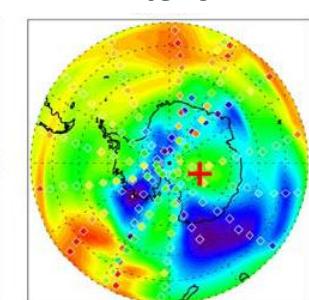
29-OCT



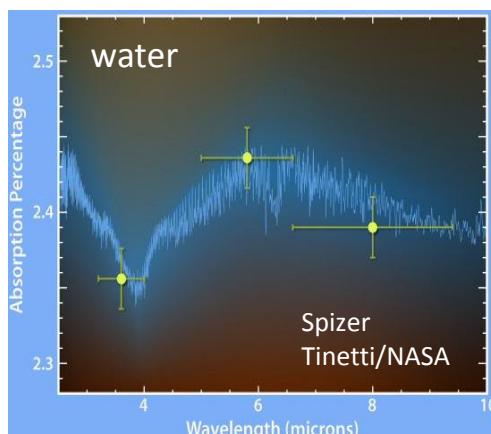
Before SPE



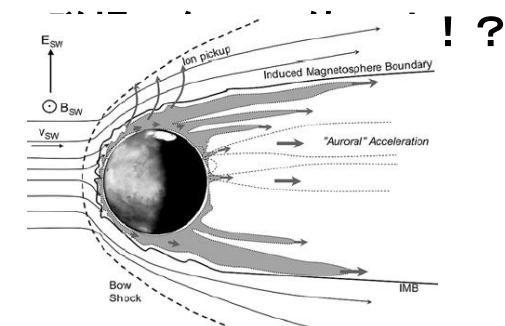
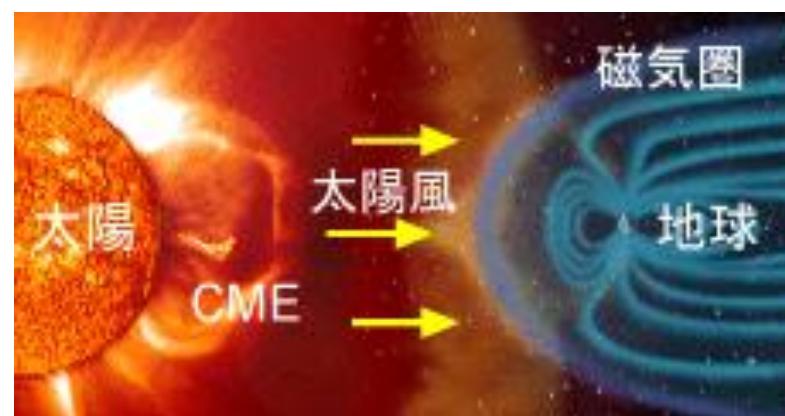
After SPE



Lopez et al., 2005, JGR

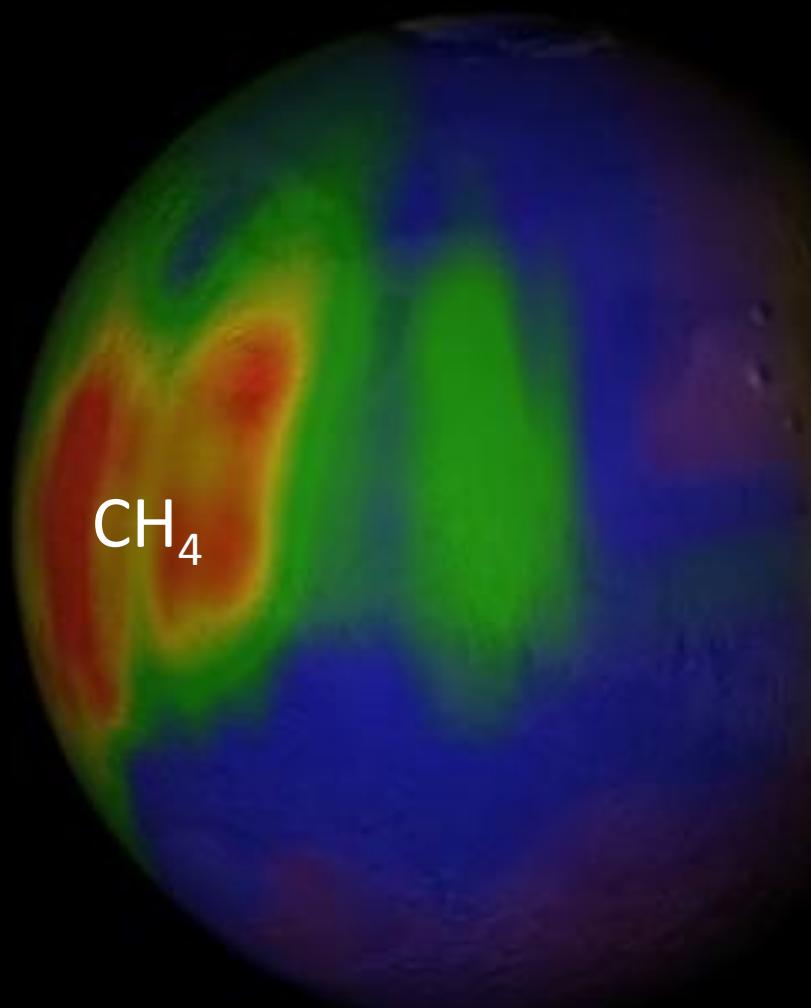


HD189733b



- ・金星、火星では影響が顕著！？素過程を理解しやすい
- ・太陽系は貴重な実験場

# 火星のメタンの起源



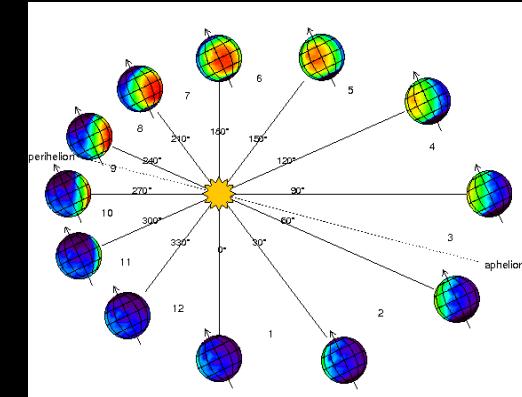
惑星大気の物理状態・化学状態  
のバランスの理解  
・光化学反応素過程  
・太陽活動の作用  
Etc -> OHなどのTHz観測 etc

Methane release:  
Northern summer

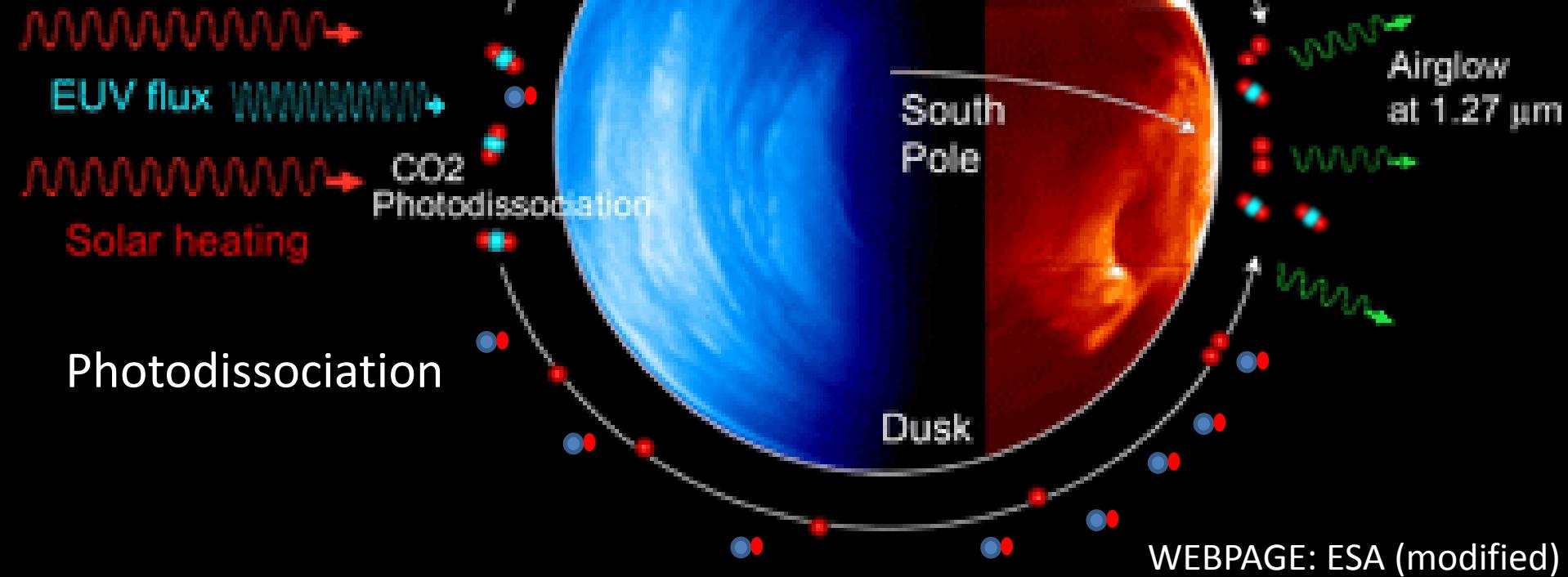


Mumma et al. 2004

# solar/sub-solarでのCOの生成・消滅



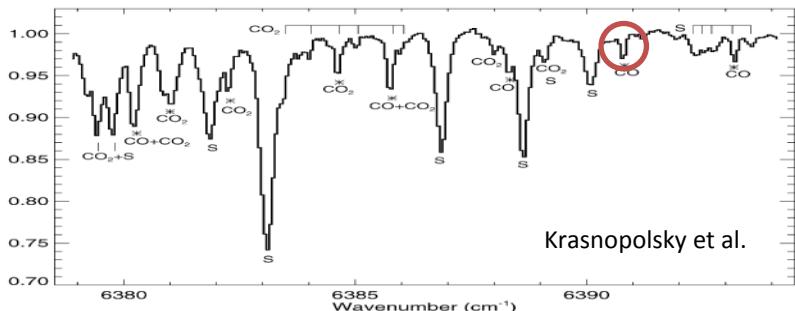
地球から見え方



# ミリ・サブミリ波帯ヘテロダイン分光

## 特徴・強み

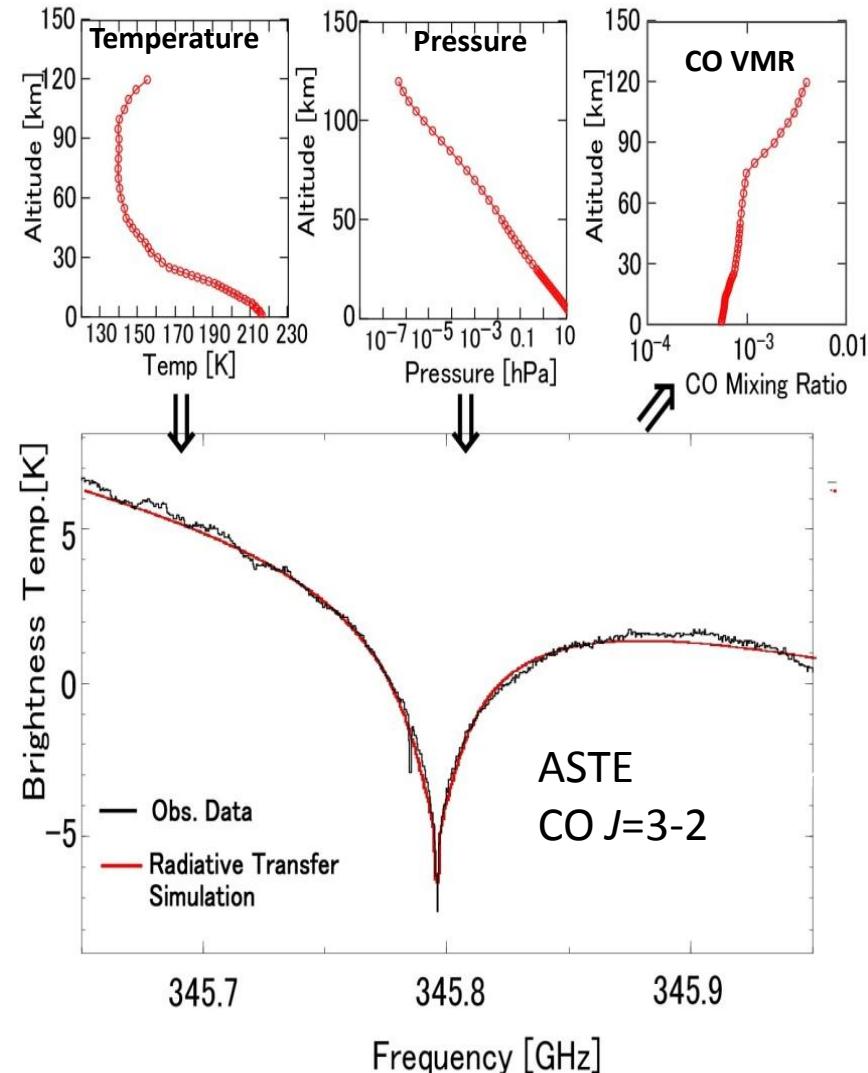
- 高い周波数分解能 ( $f/\Delta f \sim 10^7$ )  
-> 中層大気の 微量分子ガス and/or 温度環境を探ることが可能
- 中層大気は、低層・超高層を繋ぐ重要な領域だが、観測的に未開拓の領域。(地球の大気バランスをつかさどる/温暖化・O<sub>3</sub>層・循環)



- 地上望遠鏡から、長・中・短スケールでの分光モニタリングが可能
- エアロゾルの吸収・散乱を受けにくい

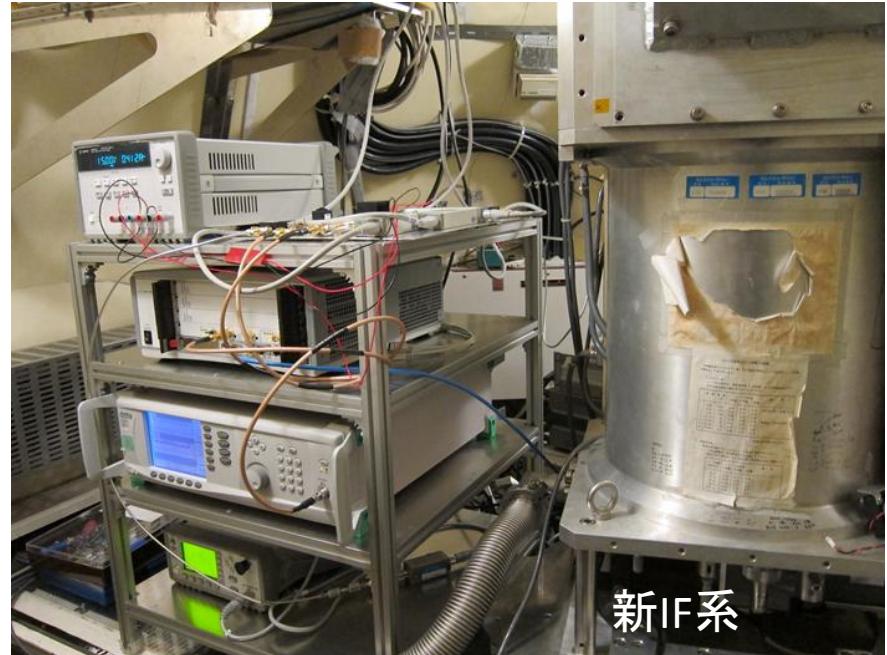


Atacama  
Submillimeter  
Telescope  
Experiment  
(ASTE)  
Alt. 4860m

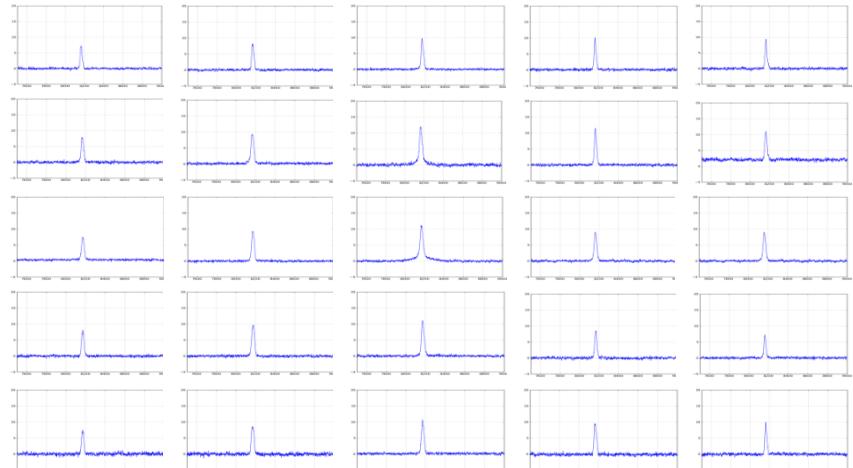


# NMA 10m望遠鏡の単一鏡化

2011年6月に幕を閉じ  
单一鏡化を開始



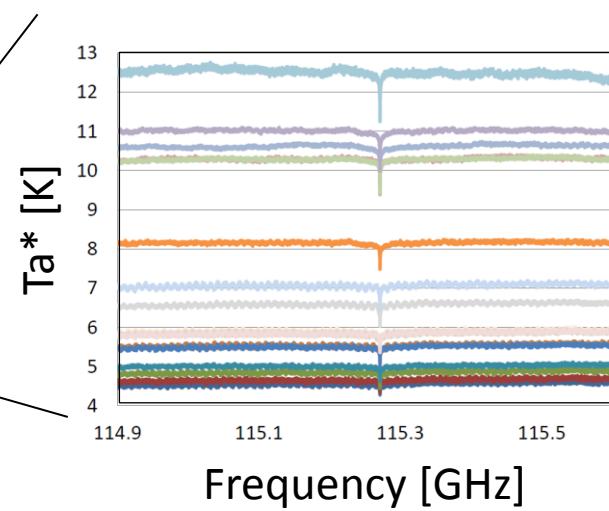
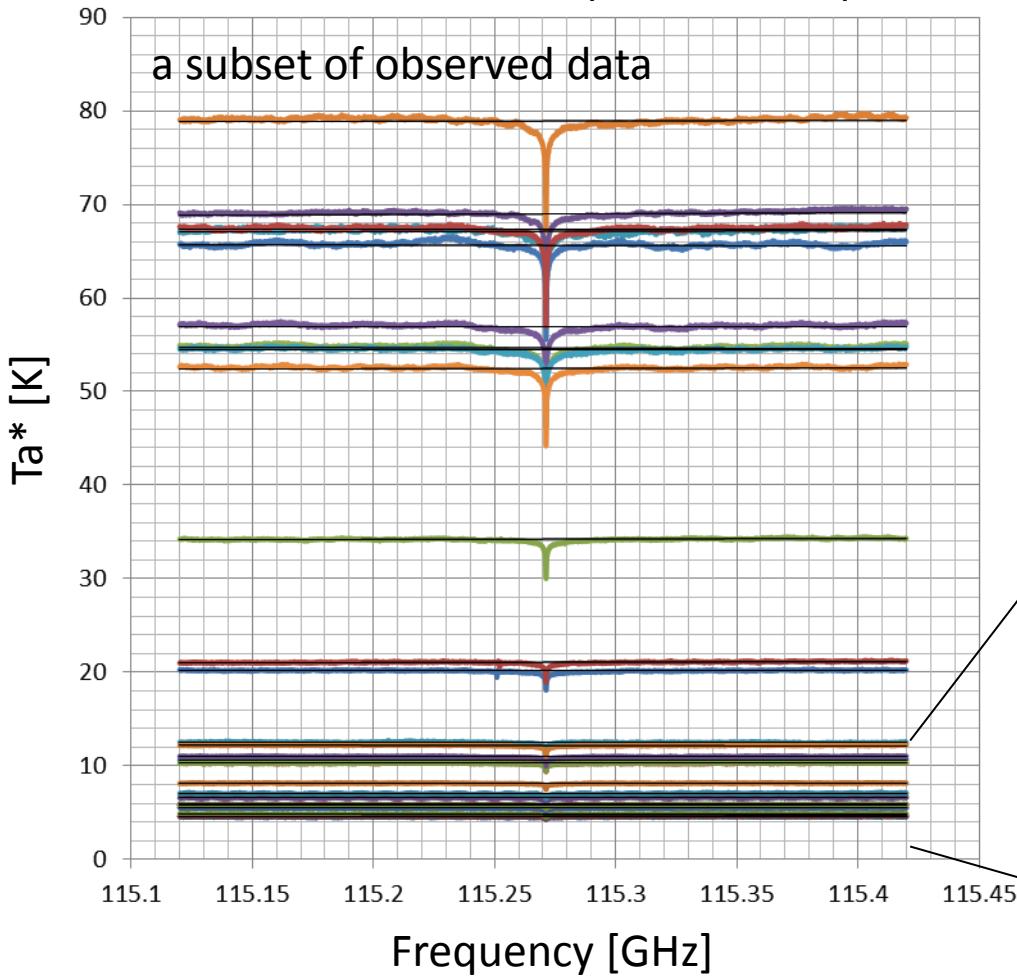
ファーストライト[: Nov. 2011]  
OMC1-IRC2, Line: CO J=1-0



# モニタ一観測(SPART) -Venus-

*Spectral lines of  $^{12}\text{CO}$  J=1-0 115.2712018 GHz*

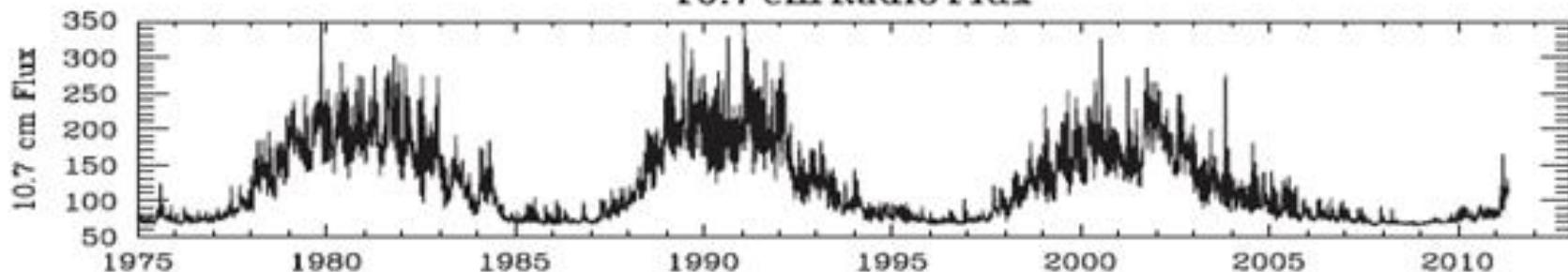
初期運用 2011/12月-2011/7月



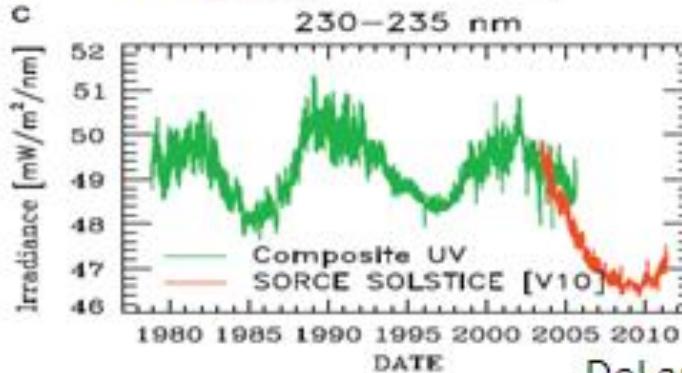
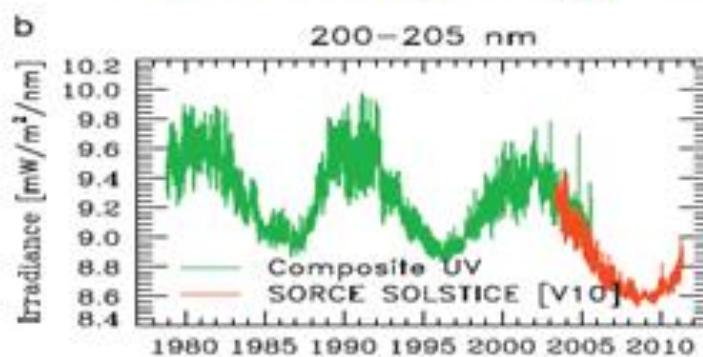
2012/3月-7月 まれにみる曇天続き@野辺山

# 太陽活動(ここ最近)

10.7 cm Radio Flux

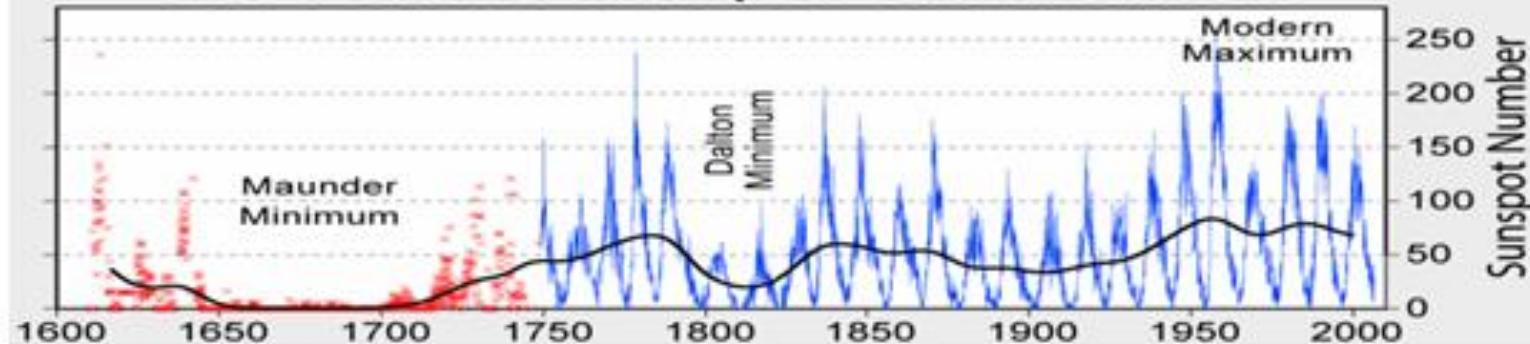


The bonding energy: CO-O 5.52 eV (224.7 nm)

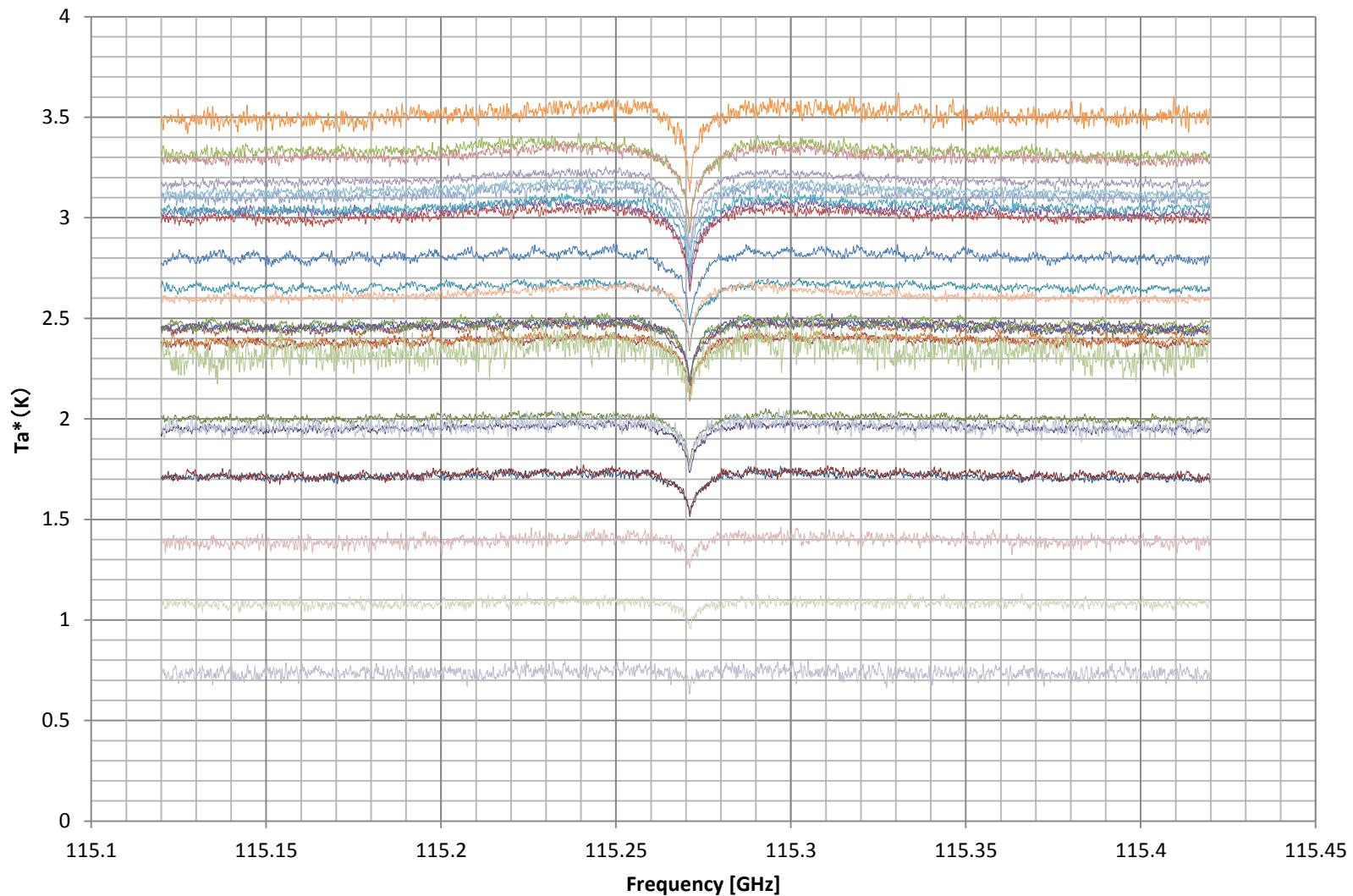


DeLand et al. 2012

## 400 Years of Sunspot Observations



# 火星のCO モニター with SPART

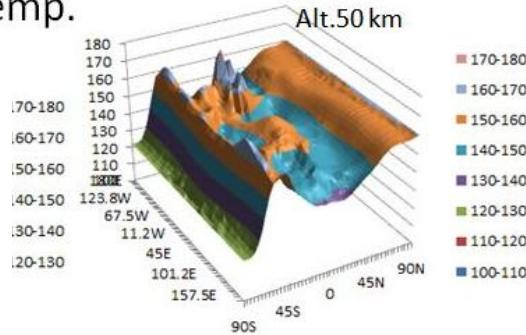


# Monitoring Observations toward Mars with SPART

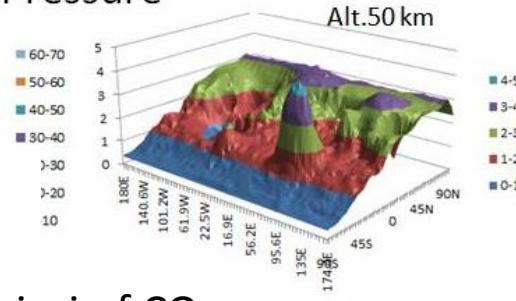
## Utilization of Mars Climate Database

Example

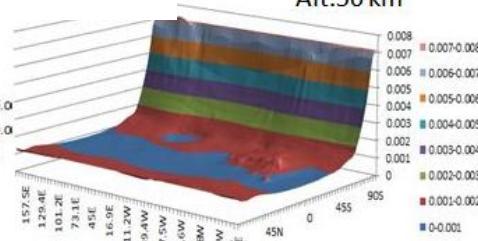
Temp.



Pressure

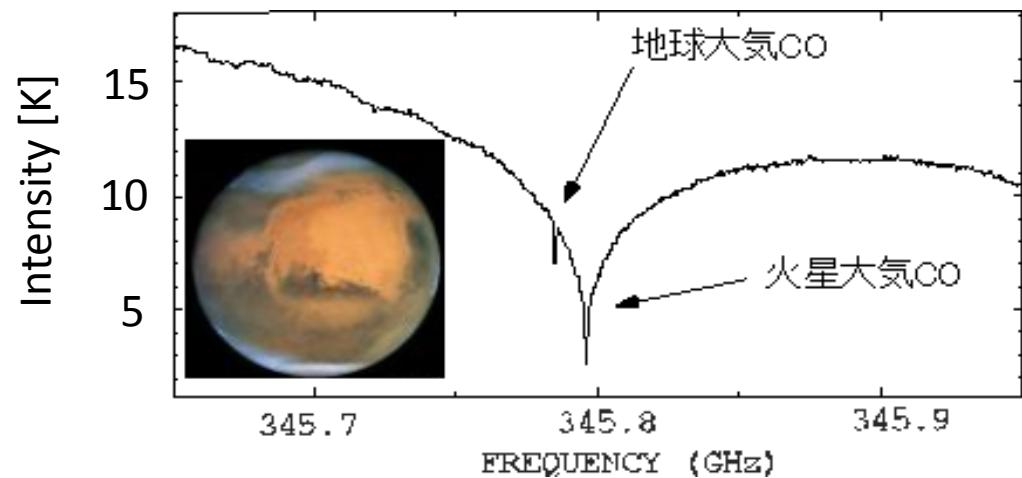
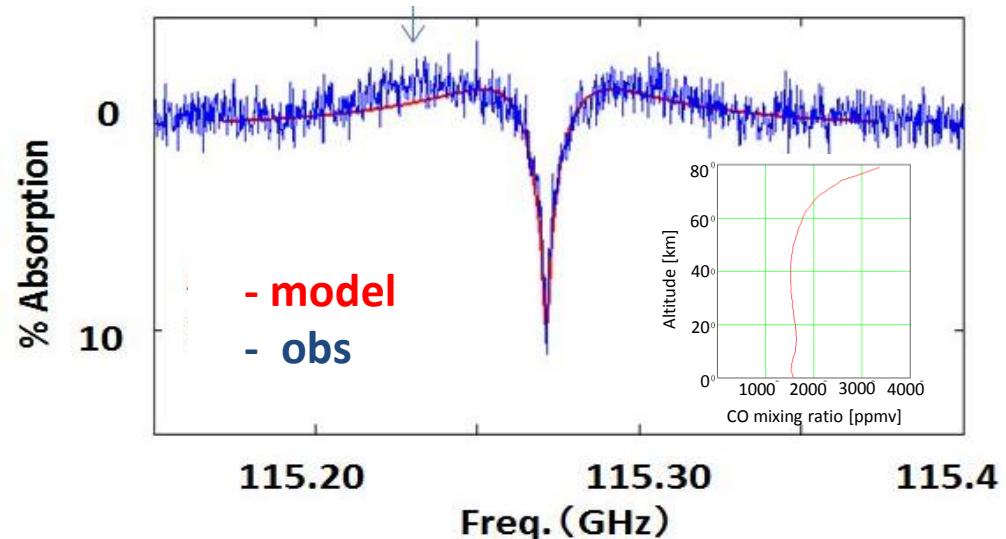


a priori of CO



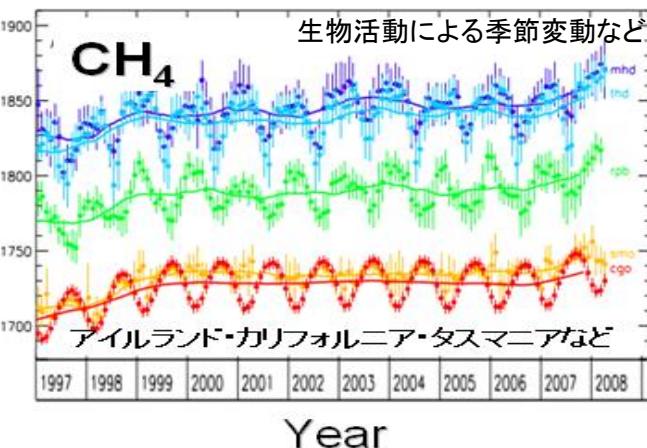
F. Forget et al.

## Preliminary Analysis

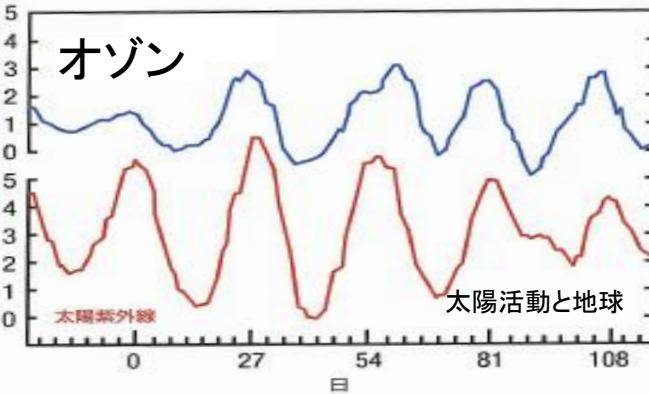


地球型惑星におけるCO ⇒ 海洋の有無などのバロメータ！？

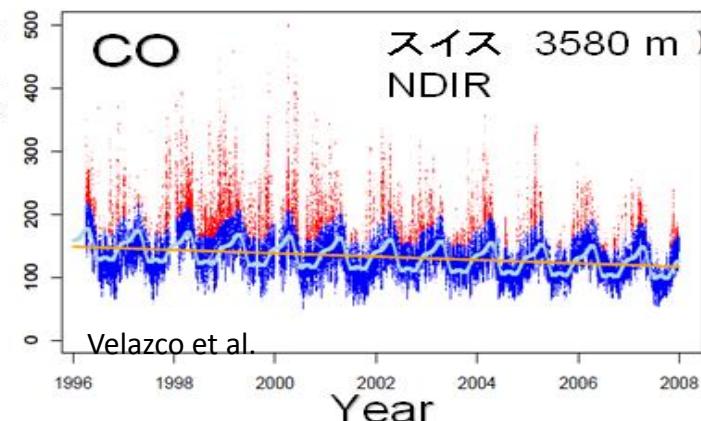
地球  
CH<sub>4</sub>混合比 (ppb)



オゾン  
オゾン層の変動 (%)

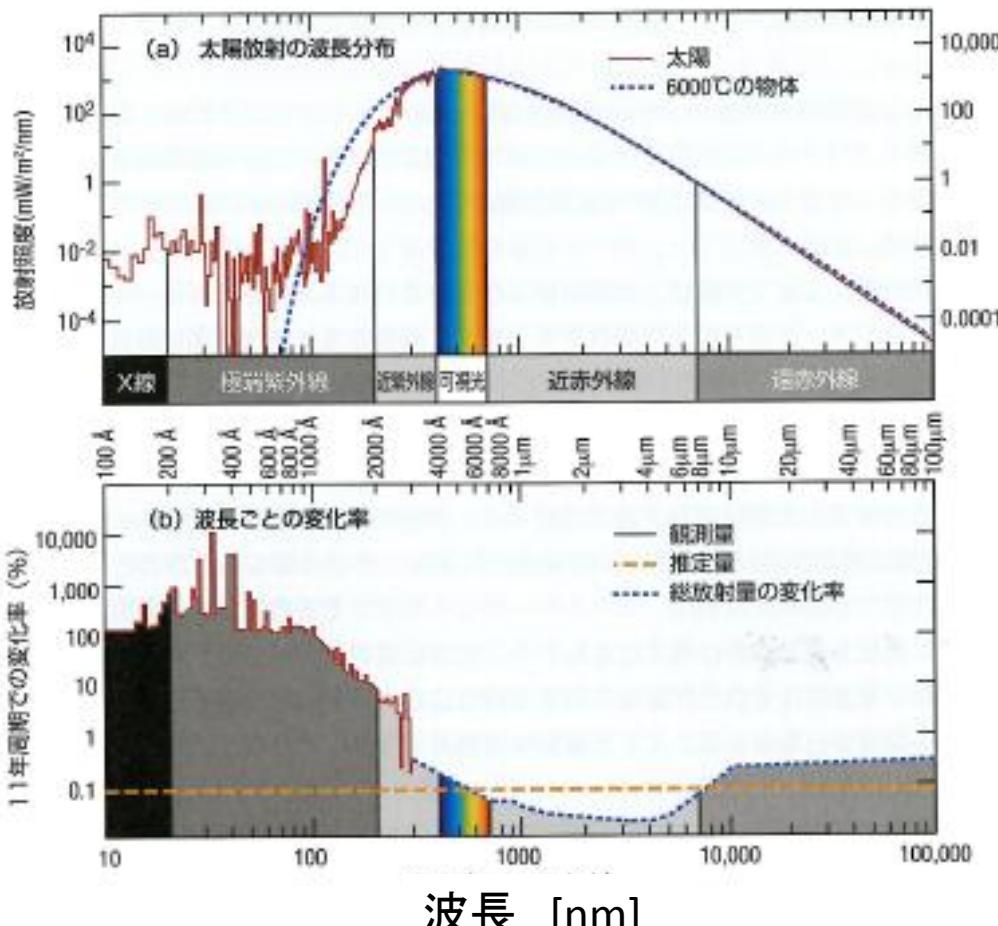


CO混合比 (ppb)



## 太陽活動！？生命活動！？

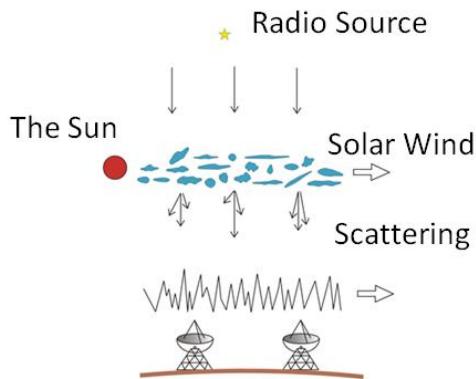
-系外惑星の大気変動のもつ意味-



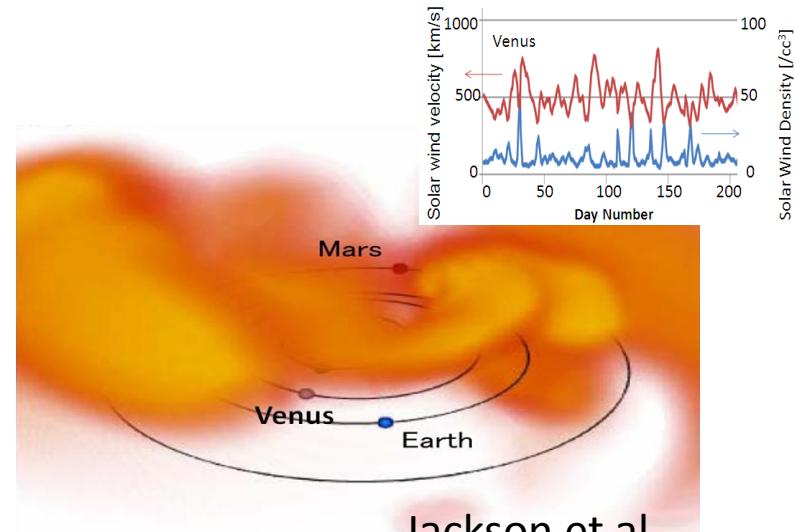
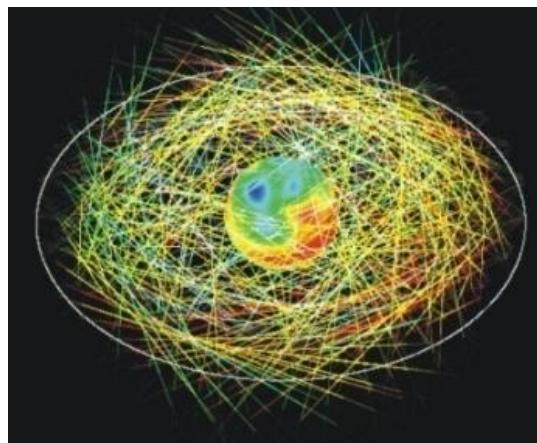
太陽活動と地球

# 太陽風CIRやCME/SPE等との短～長期比較

名大STE研 徳丸グループによる  
Inter Planetary Scintillation (IPS) 観測

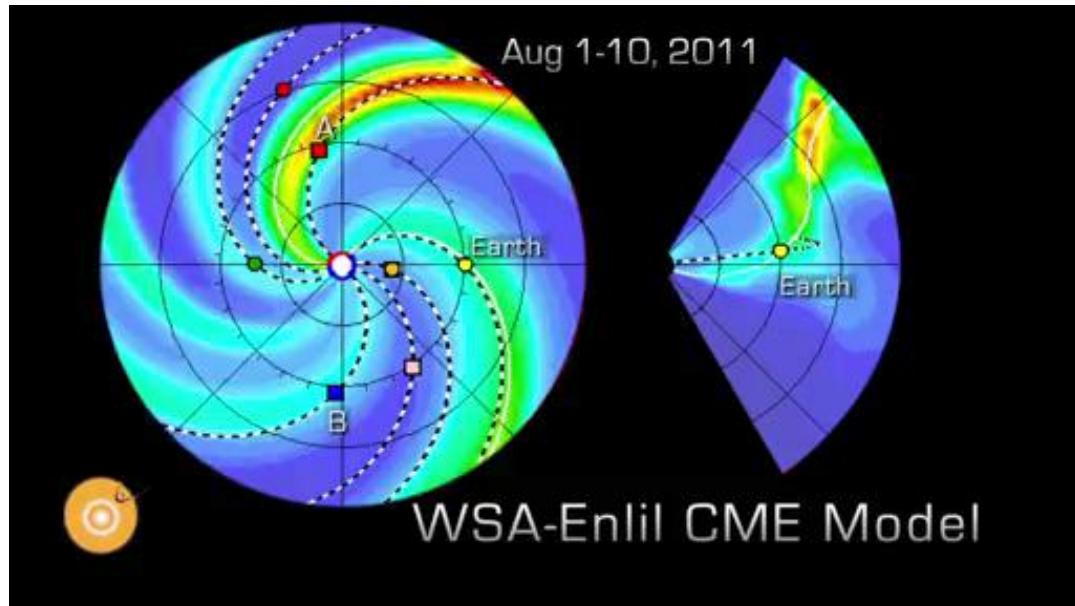


<http://stsw1.stelab.nagoya-u.ac.jp/study/sub4.htm>

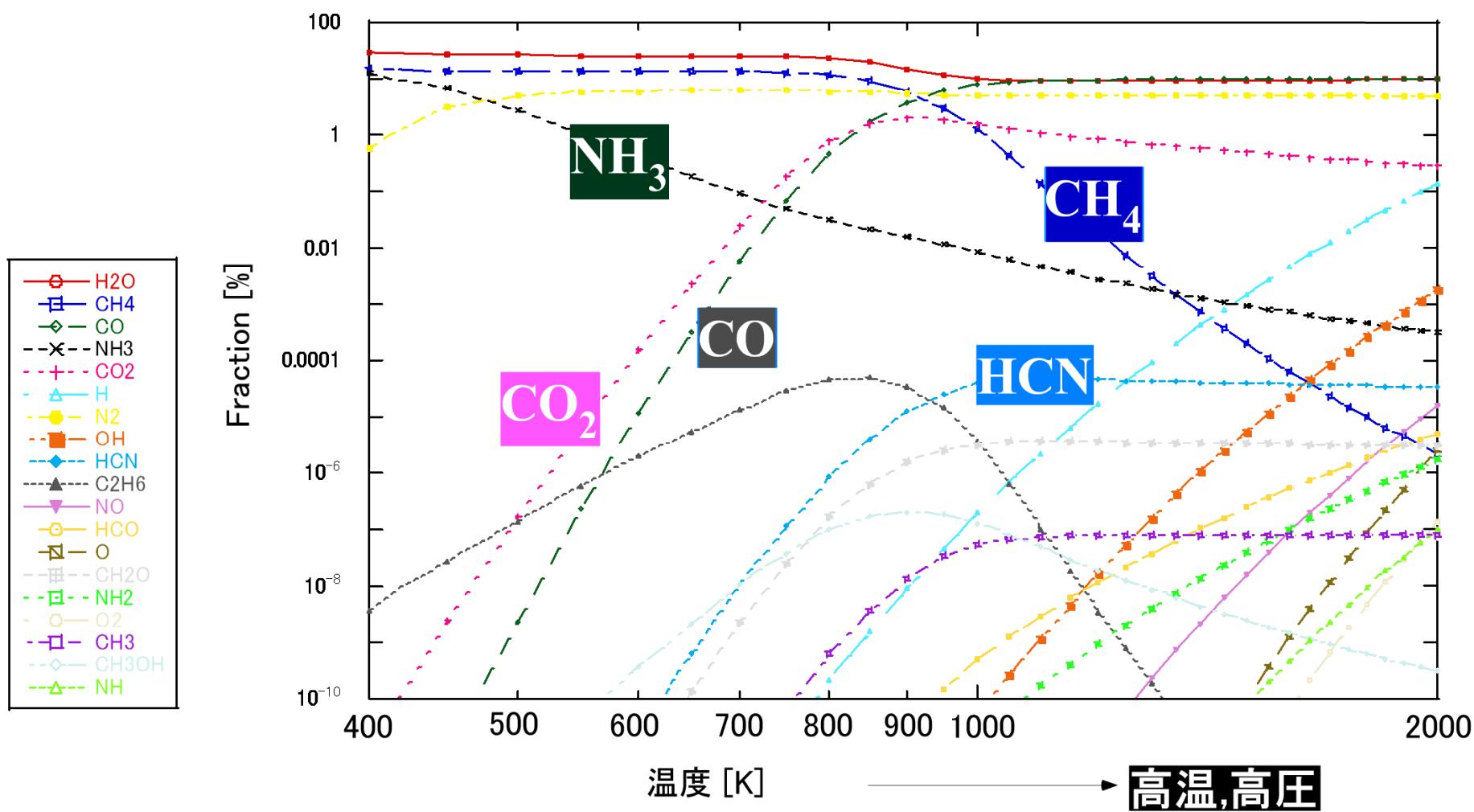


Jackson et al.

NASA 3D磁気流体モデル  
計算ENLILによる予測



# 惑星の大気組成



# 今後の展開

- ・太陽活動が惑星中層大気環境に与える影響調査(地球含め)  
⇒G型星(壮年期!?)が惑星大気/ハビタブルゾーンに与える影響へ理解の拡張
- ・中層大気における反応素過程の理解

-太陽活動の太陽風/CME/紫外放射との短～長期比較

- 反応素過程/GCM+数値化学モデル

- 連携観測

ハレアカラ光赤外望遠鏡(東北大)、名寄望遠鏡(北大)

Venus Express(パリ天文台)

- 次期火星複合探査機MELOS /サブミリ波サウンダー/FIRE計画

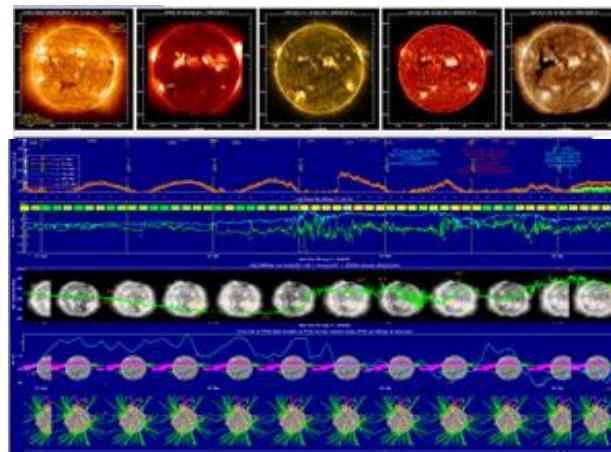
- **Large Millimeter/Submillimeter Telescope**

VEX

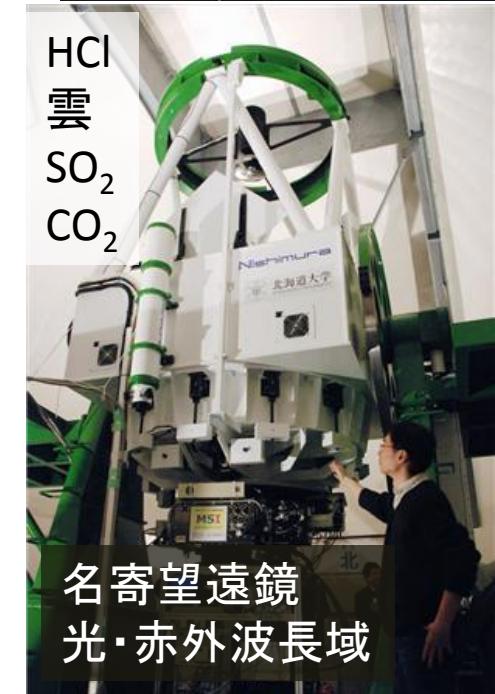
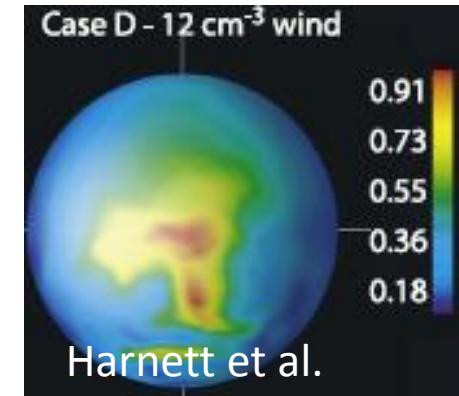
掩蔽観測、光・赤外波長



GOES衛星による太陽X線etc → アラート



WEB:ロッキード・マーチン



# ALMAによる、太陽のイベント時の惑星大気観測

- 太陽の紫外線等と、高エネルギー粒子の侵入・直接作用の影響の切り分け  
2次元分布や高度分布より
- COやその他の分子種の時間変動⇒大気の物理・化学状態のバランスの理解
- 太陽の裏側でのイベントを、惑星大気を通して知ることができる

## 太陽イベントに伴う惑星観測の場合のALMA観測の難しさ

- 配列(周波数、空間分解能、視野)や惑星の視直径とイベントのタイミング
- イベントの方向(惑星の方向へ)
- イベント直後、複数回の観測時間を確保(時間があき過ぎない…)
- EA-ARCを通してリクエスト mainly nighttime

## ALMAによる太陽の突発現象の観測の共通項

- イベントに伴う観測のタイミング・時期は似かよう。場合によってはオーバーラップ。(うまくタイミングを合わせられないか…)
- 太陽観測では、イベント発生時のALMAへのアラートはどうしているでしょうか?  
(太陽のイベントを直接捉えるには、我々よりもスピードが要求されると想像するので、やはりALMAとのネットワークの強化が重要！?)

## 今後/興味

- ・ALMAの検出器のリニアリティ
- ・様々な時間スケールの>紫外線の変動に関する理解
- ・CME/SPEなどのイベントの可能性が高そうなものは予想可能！？