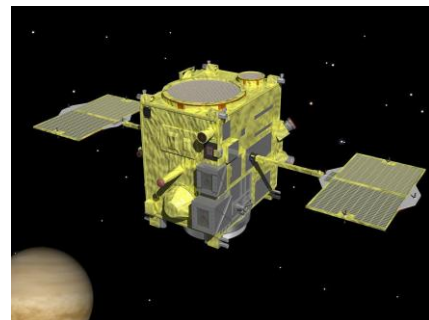


相関係数マッピングによる 金星大気の大波長解析

成田 穂[1], 今村 剛[1], UVIチーム, LIRチーム, IR2チーム

[1] 東京大学新領域創成科学研究科

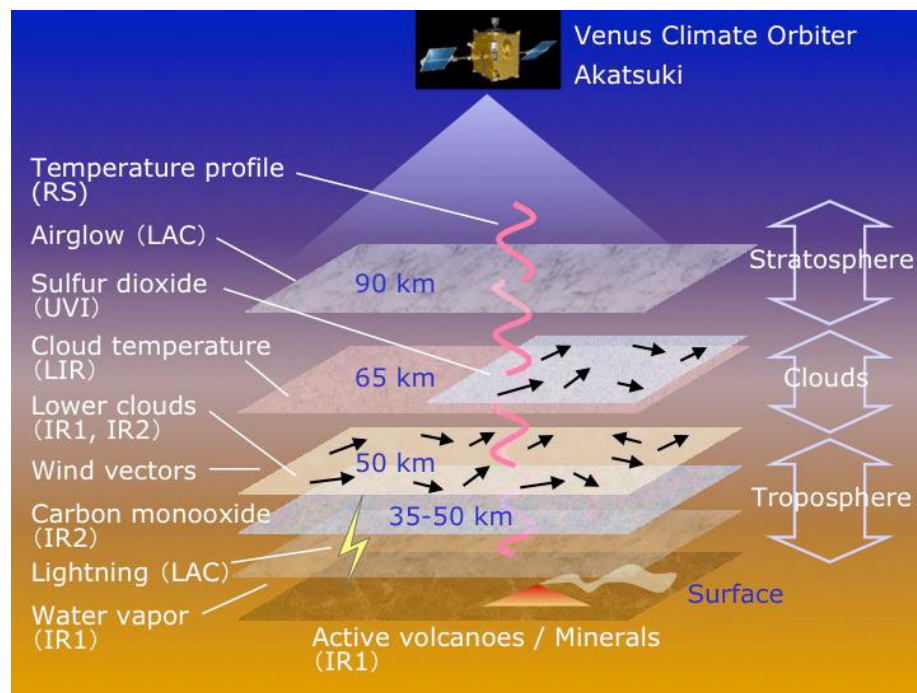
金星気象衛星あかつき



あかつきは2015年12月より金星の観測運用を開始した金星の赤道軌道を周回し、南北両半球を同時に撮像可能である5種類のカメラを用いて様々な波長を同時に観測している

あかつきに搭載されているカメラ

- 2種類の近赤外線カメラ(1 μm , 2 μm)
- 紫外線カメラ(283 nm, 365 nm)
- 中間赤外カメラ(10 μm)
- 雷大気光カメラ(480 nm~777 nm)

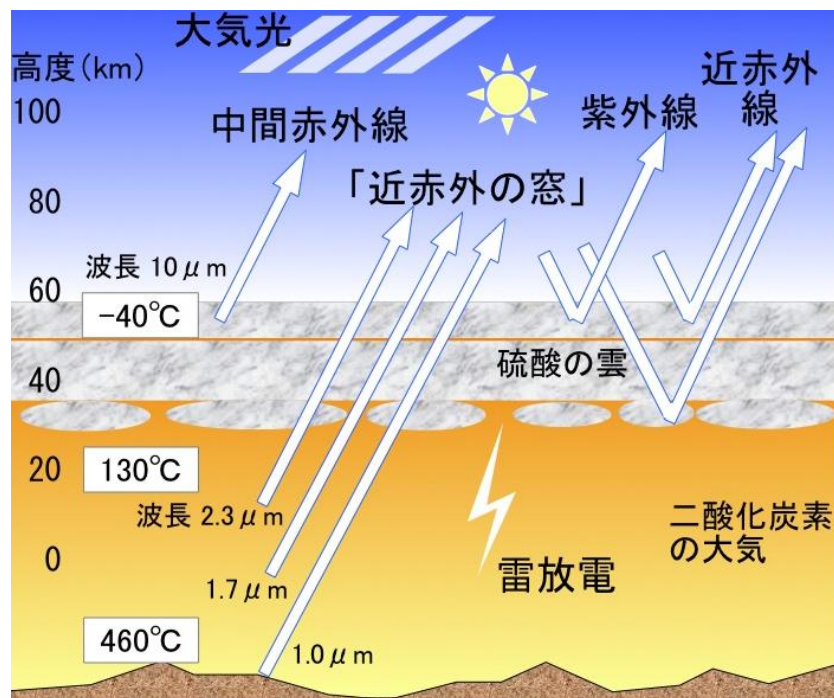


金星における多波長解析の意義

- 金星上空**45 km**～**70 km**に H_2SO_4 を主成分とする雲が存在
- 近赤外**2.02 μm** は金星大気主成分の CO_2 の吸収帯である為金星昼側の**雲高度**を反映する
- 中間赤外**10 μm** は雲頂の熱放射を観測する(雲頂の**温度**を反映)
- 紫外線は雲上層の紫外線吸収物質の分布を反映する
 - 紫外線**短波長側**(<320 nm)・・・ SO_2 の吸収帯
 - 紫外線**長波長側**(>320 nm)・・・**未同定紫外線吸収物質**による吸収

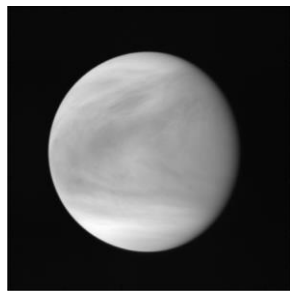
⇒多波長で観測することで雲中の**異なる特徴**を反映した画像が得られる

本研究では**2 μm** , **283 nm**, **365 nm**, **10 μm** の4波長を用いて**多波長解析**を行った

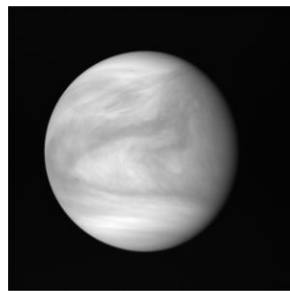


研究目的

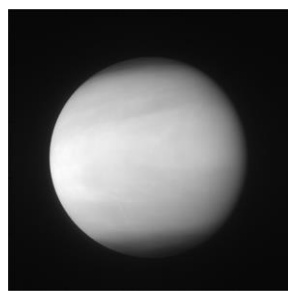
- 金星の雲の構造や雲の中の化学物質の輸送プロセスの手がかりを得るために、異なる波長間の空間パターンの関係性を調べる



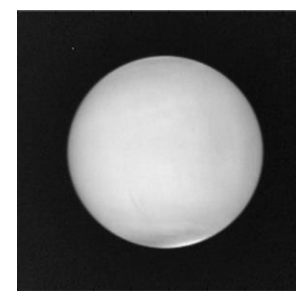
紫外線283 nm



紫外線365 nm



近赤外2 μm



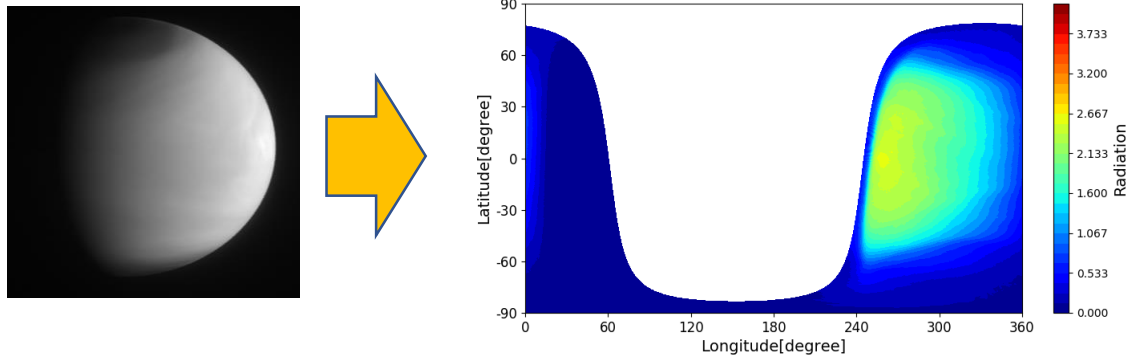
中間赤外10 μm

相関解析

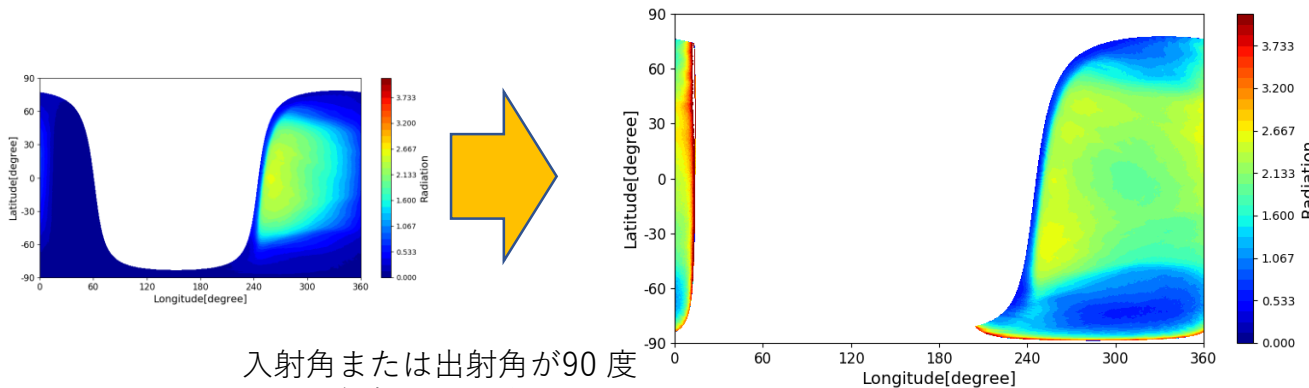
- 雲構造
- 雲中の化学物質の輸送プロセスの手がかりを探る

画像の前処理： 緯度経度に展開し入射角を補正

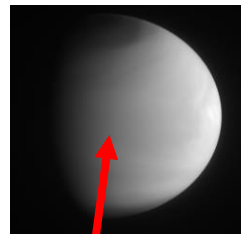
1. 金星の画像を緯度経度のマップに展開



2. そのままでは太陽の入射角・出射角の影響が強くなる
→Minnaert Lawにより補正



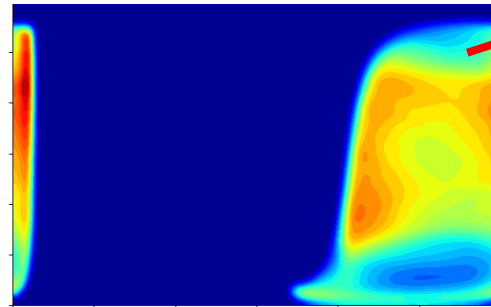
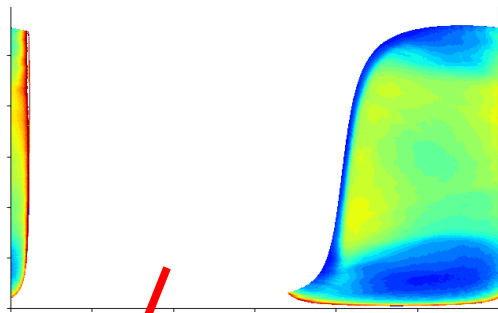
入射角または出射角が90度
以上は解析から除去



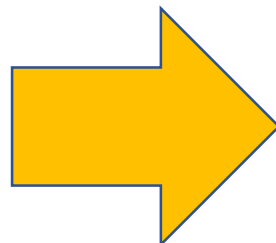
左側が明らかに暗い
= 太陽の入射角の影響

画像の前処理: ハイパス処理により細かい空間構造を抽出

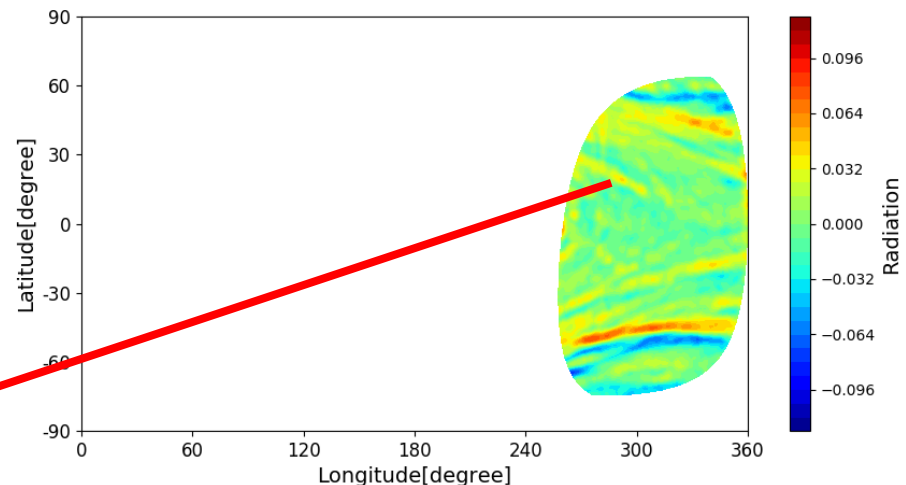
3. 元画像をぼかしたもののとの差分を取り、細かい構造を浮かび上がらせる (ハイパス処理) ⇒ 緯度経度4度, 6度, 8度 以内の3種類のスケールを取り出す (入射角75° or 出射角>75° の領域は排除する)



ガウシアンフィルタでぼかした画像

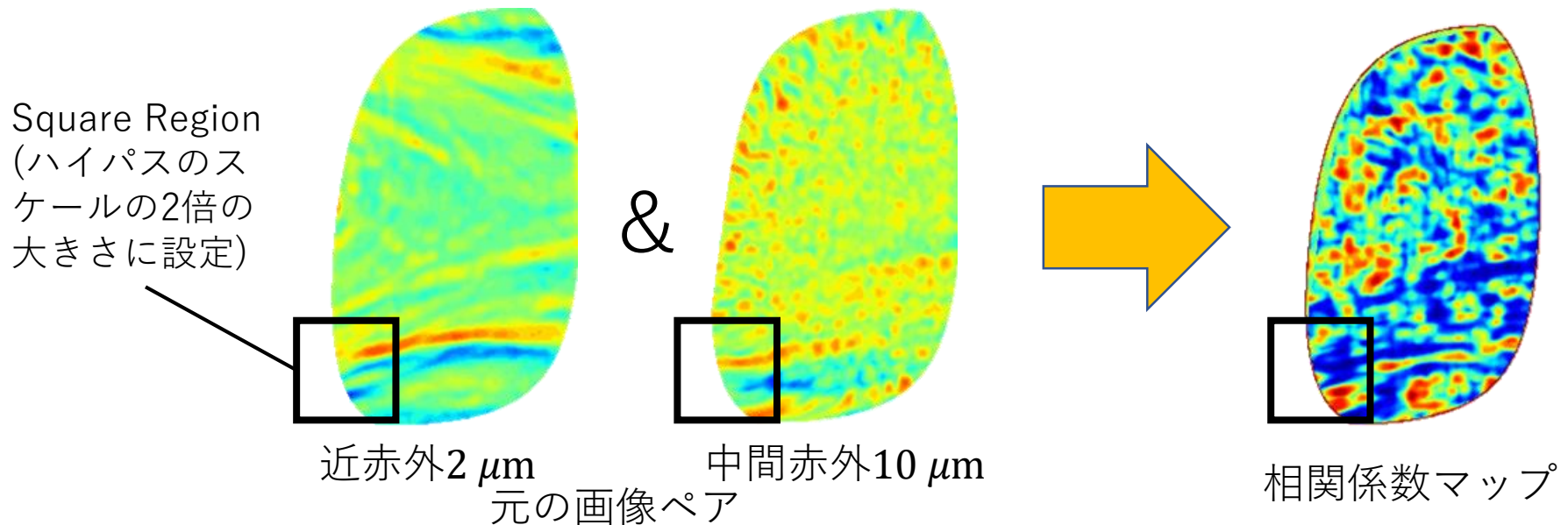


緯度経度6度分の構造を取り出したハイパス画像



相関係数マッピング

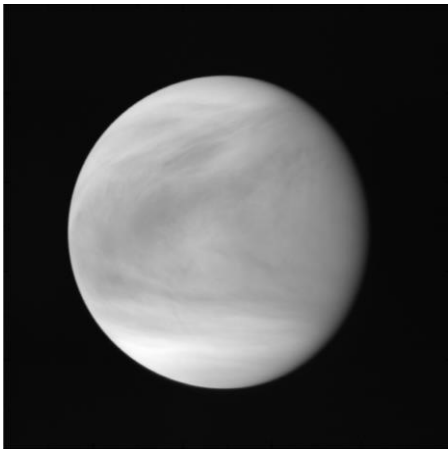
1. 同じ時間に撮った画像ペアから画像の一部(Square Region)をそれぞれ切り出し、その内部の**相関係数**を計算する
2. Square Regionの中心に相関係数の値をプロットする
3. Square Regionを画像全体に走査して計算を繰り返し、**相関係数のマップ**を作成する



紫外線(283 nm)と紫外線(365 nm)の 相関係数マップ

紫外線(283 nm)

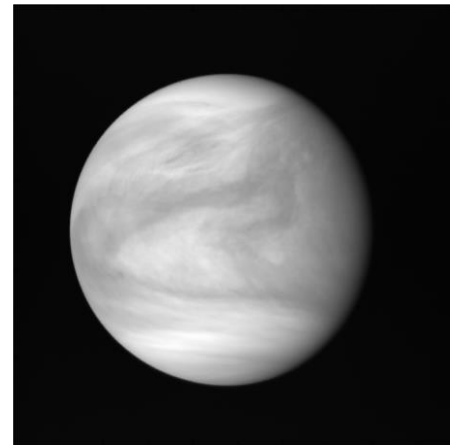
- 雲上層のSO₂の吸収量を反映
- SO₂への吸収多 ⇒ 暗い
SO₂への吸収少 ⇒ 明るい



紫外線283 nm

紫外線(365 nm)

- 雲上層の未同定紫外線吸収物質の
吸収量を反映
- 吸収物質への吸収多 ⇒ 暗い
吸収物質への吸収少 ⇒ 明るい

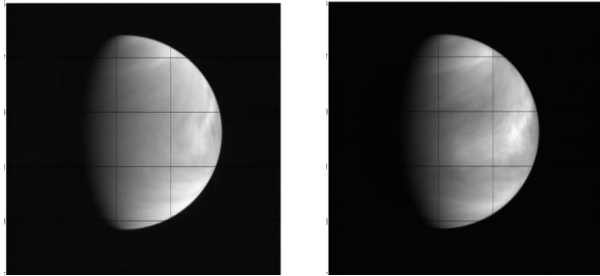


紫外線365 nm

相関係数マップによりSO₂と未同定紫外線吸収物質の間の空間分布の類似性を調べ、金星における化学物質の輸送・生成過程の手がかりを得る

紫外線(283 nm)と紫外線(365 nm)の 相関係数マップ

元画像(2016年5月18日9時)

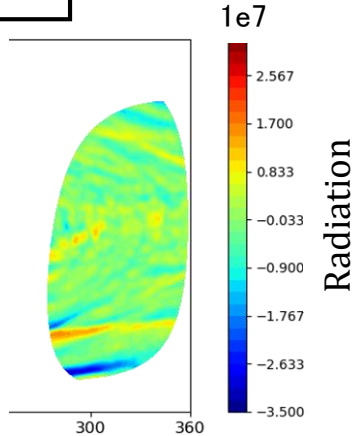


紫外線283 nm

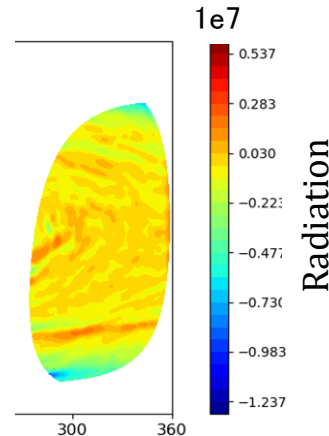
紫外線365 nm

前処理

$\sigma = 24$



紫外線283 nm



紫外線365 nm

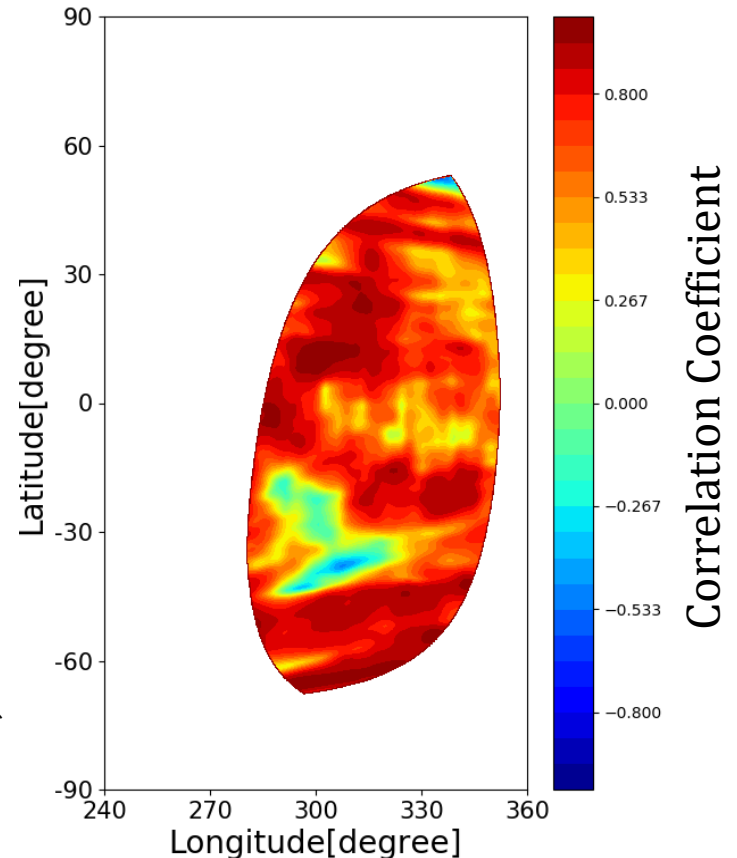
相関係数
マッピング

赤... 正の相関

青... 負の相関

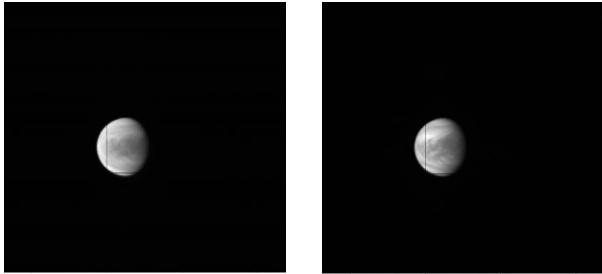
⇒ 全体的に**正相関**が支配的

相関係数の最頻値：+0.8



紫外線(283nm)と紫外線(365nm)の相関係数マップ

元画像(2016年6月24日18時)



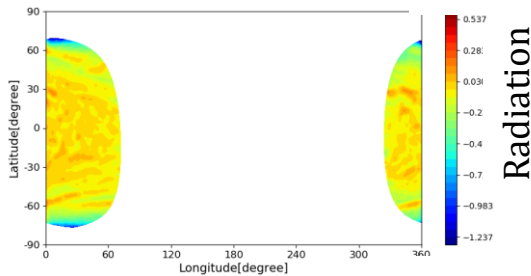
紫外線283 nm 紫外線365 nm

$\sigma = 24$

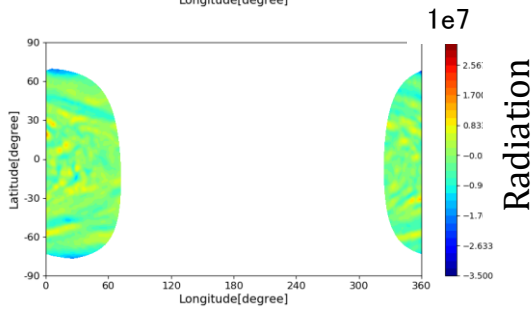


前処理

$1e7$



283 nm



365 nm



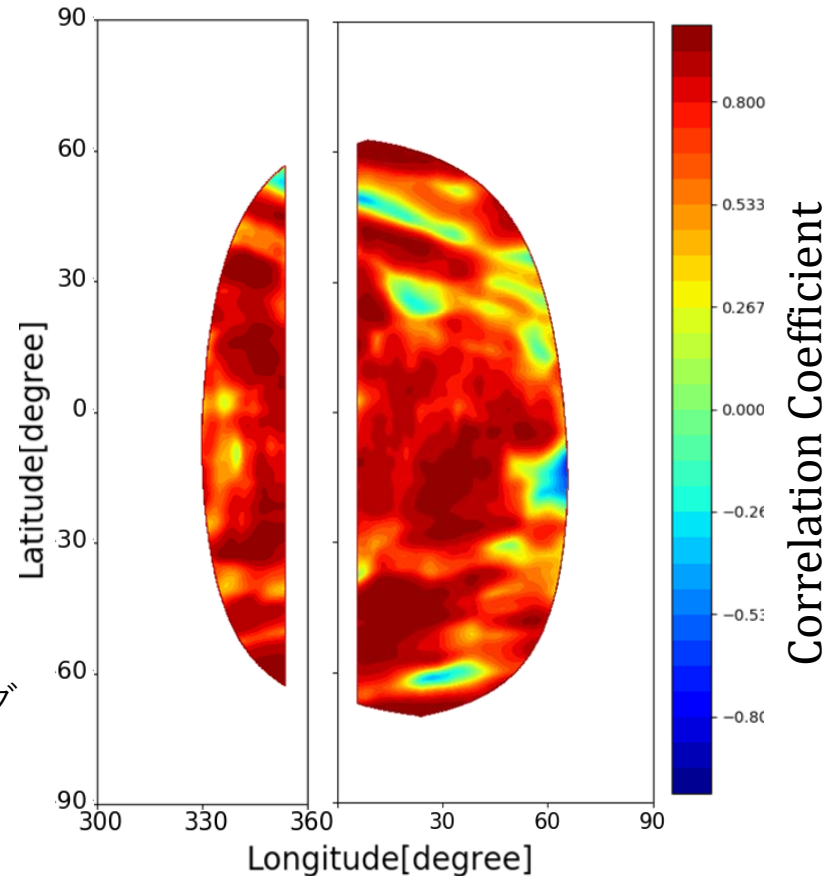
相関係数
マッピング

赤...正の相関

青...負の相関

⇒ 全体的に**正相関**が支配的

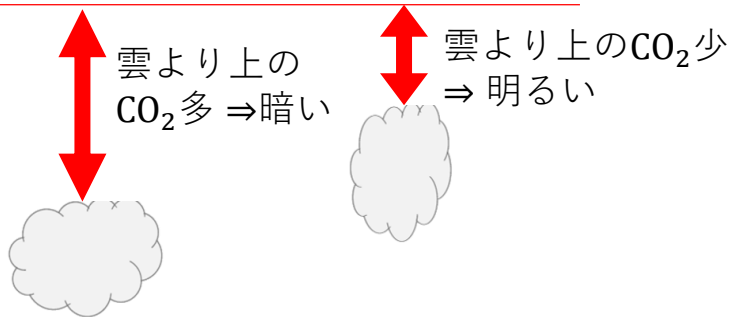
相関係数の最頻値：+0.9



近赤外($2\ \mu\text{m}$)と中間赤外($10\ \mu\text{m}$)の 相関係数マップ

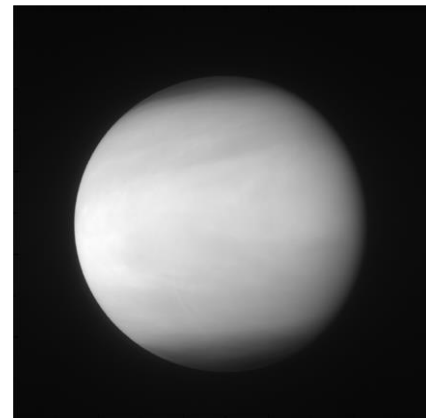
近赤外線($2\ \mu\text{m}$)

- CO_2 の吸収量を反映
 CO_2 への吸収多 \Rightarrow 暗い
 CO_2 への吸収少 \Rightarrow 明るい
- CO_2 は大気主成分
 \Rightarrow 雲の高度を反映する

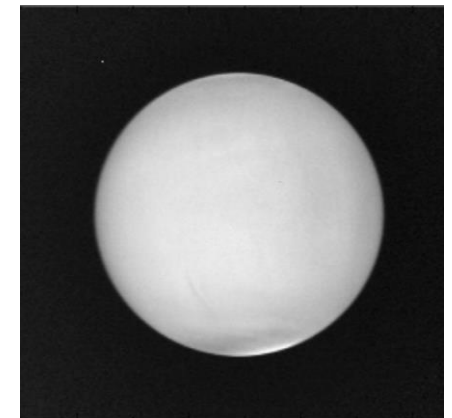


中間赤外線($10\ \mu\text{m}$)

- 雲上層の温度を反映
温度高 \Rightarrow 明るい
温度低 \Rightarrow 暗い



近赤外 $2\ \mu\text{m}$

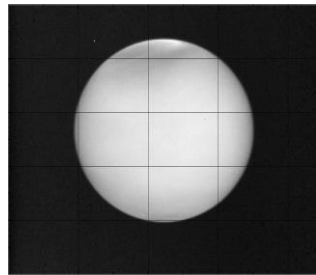
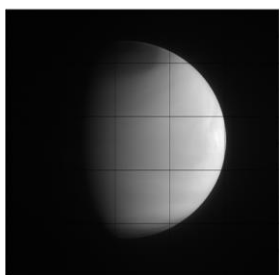


中間赤外 $10\ \mu\text{m}$

相関係数マップにより雲高度と温度の関係性を調べる

近赤外($2\ \mu\text{m}$)と中間赤外($10\ \mu\text{m}$)の 相関係数マップ

元画像(2016年5月18日9時)

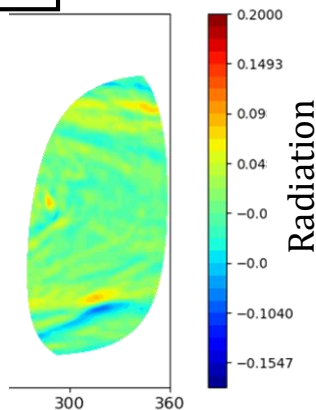


近赤外($2\ \mu\text{m}$)

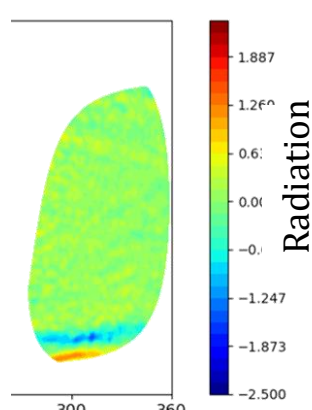
中間赤外($10\ \mu\text{m}$)

前処理

$\sigma = 24$



$2\ \mu\text{m}$



$10\ \mu\text{m}$

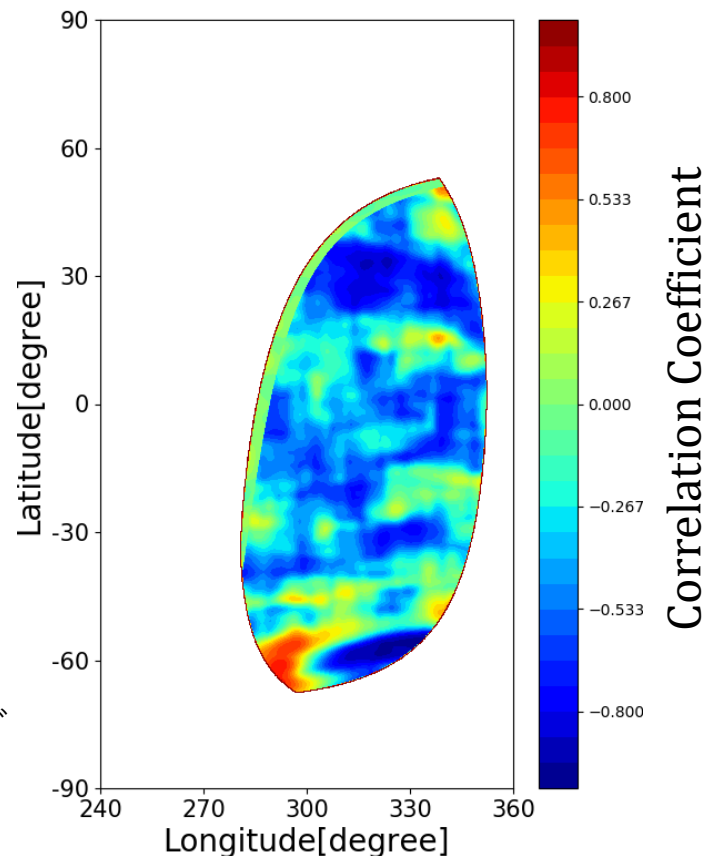
赤...正の相関

青...負の相関

⇒ **負相関**が卓越する傾向がある

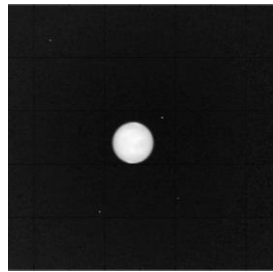
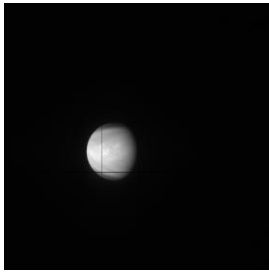
相関係数の最頻値：-0.4

相関係数
マッピング



近赤外($2\ \mu\text{m}$)と中間赤外($10\ \mu\text{m}$)の相関係数マップ

元画像(2016年6月24日18時)



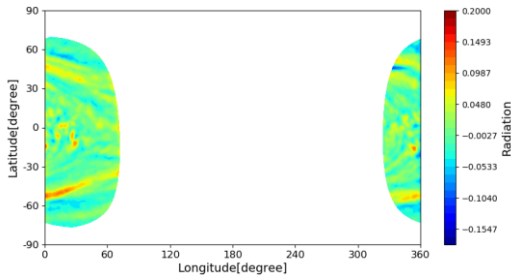
近赤外($2\ \mu\text{m}$)

中間赤外($10\ \mu\text{m}$)

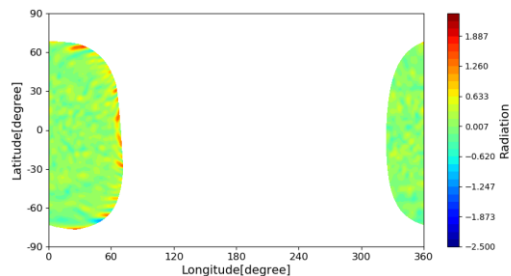
$\sigma = 24$



前処理



$2\ \mu\text{m}$

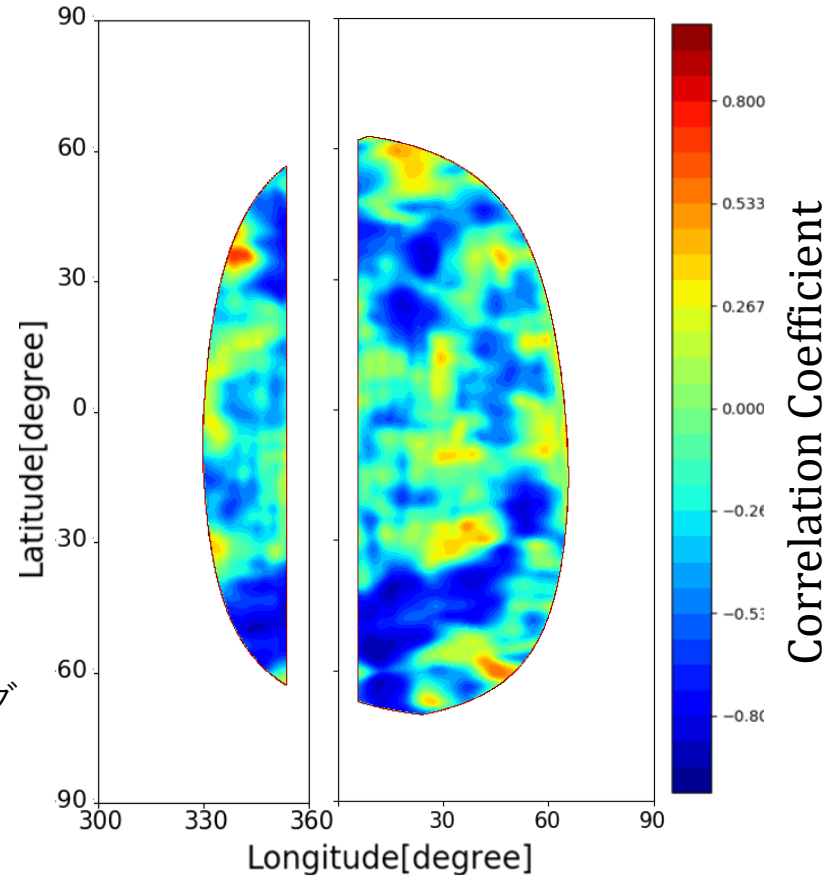


$10\ \mu\text{m}$



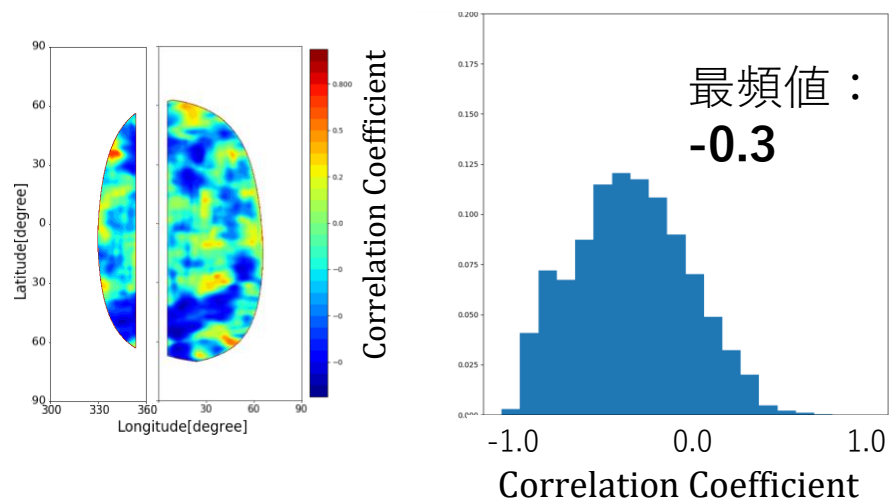
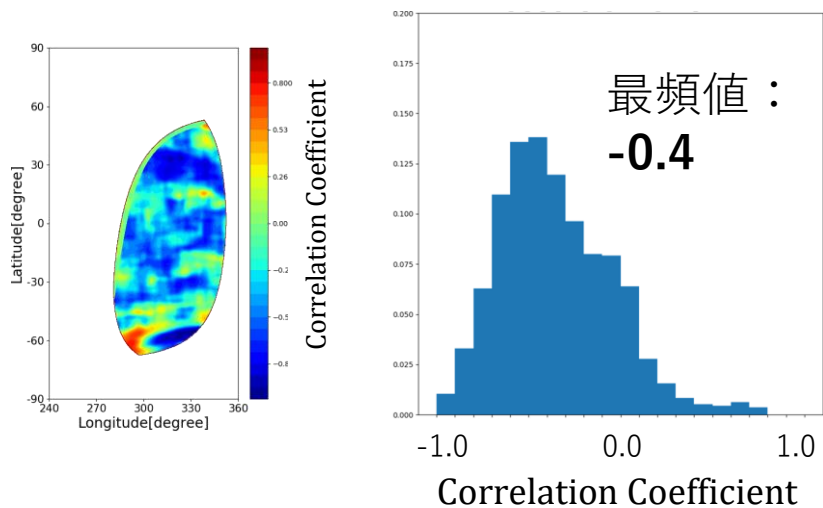
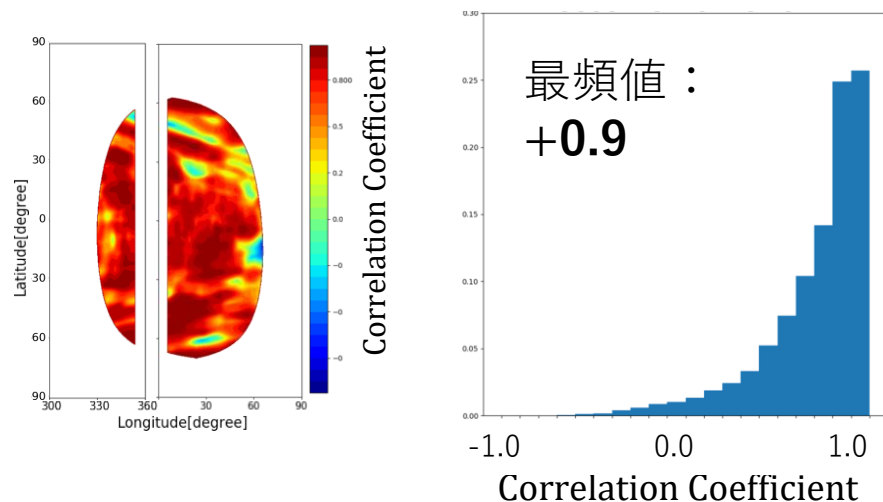
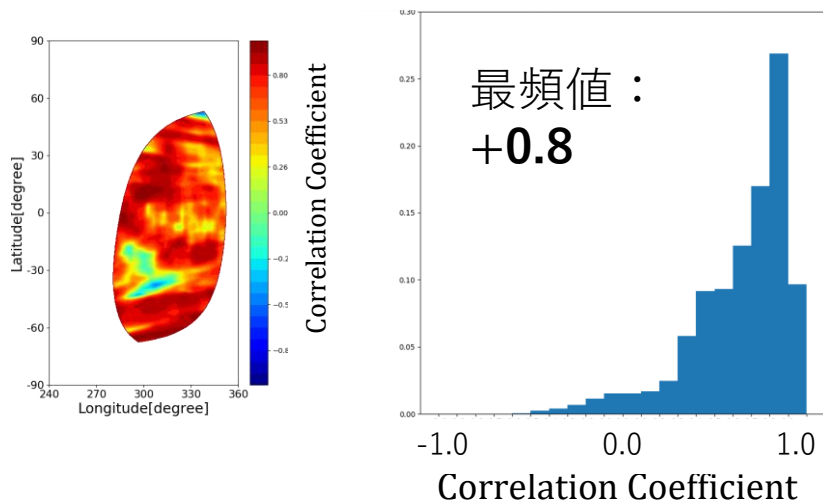
相関係数
マッピング

赤...正の相関
青...負の相関
⇒ **負相関**が卓越する傾向がある
相関係数の最頻値: -0.3



相関係数のヒストグラム

- 南緯60度～北緯60度の中の相関係数の値をヒストグラムでプロットした



まとめ

- 金星気象衛星あかつきにより撮られた紫外線283 nm, 紫外線365 nm, 近赤外2 μm , 中間赤外10 μm の4波長の金星画像を用いて**相関解析**を行い、波長間の空間パターンの相関傾向を調べた。
- その結果紫外線283 nmと紫外線365 nmの相関係数マップからは、緯度経度4度, 6度, 8度のスケールにおいて**SO₂と未同定吸収物質の分布の類似性は高い**ことが分かった。
- また近赤外2 μm と中間赤外10 μm の相関係数マップからは、**雲高度と温度の間は逆相関が卓越する**傾向があることが分かった。