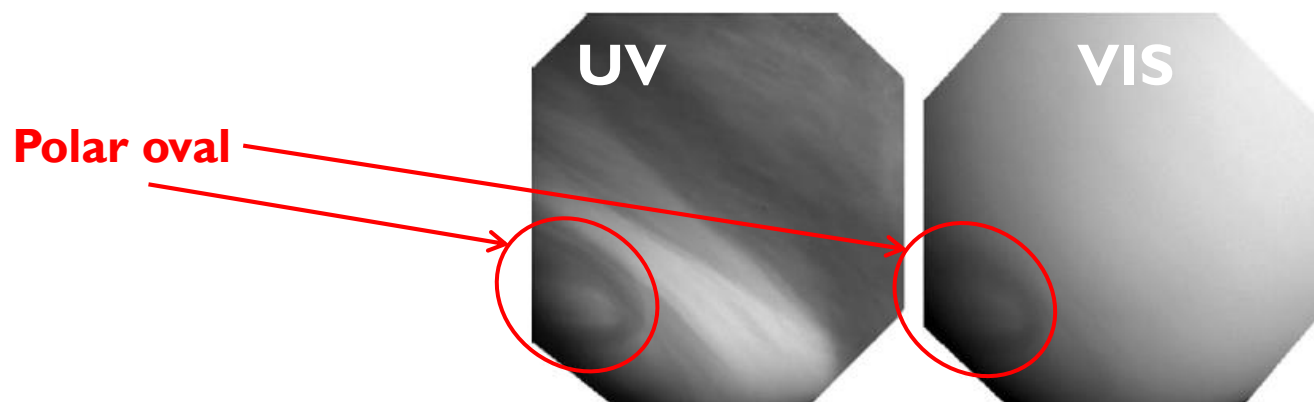


# 金星 polar oval の形状復元と時間変動

武藤圭史朗（東京大）、今村剛（ISAS/JAXA）、  
Javier Peralta Calvillo（ISAS/JAXA）

# Polar oval

- ▶ Polar ovalは可視、紫外の両波長帯で南極域で観測されている環状構造である。
- ▶ Ovalは昼面でしか確認されていないため全体形状や生成メカニズムなどはよくわかっていない。
- ▶ 形状の時間変化を調べた。

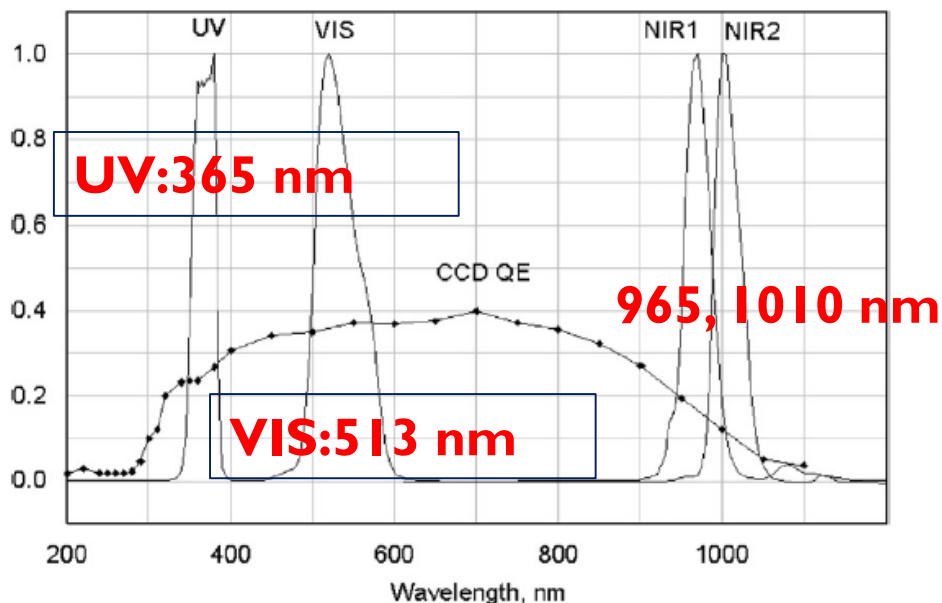


(Titov et al. 2012)

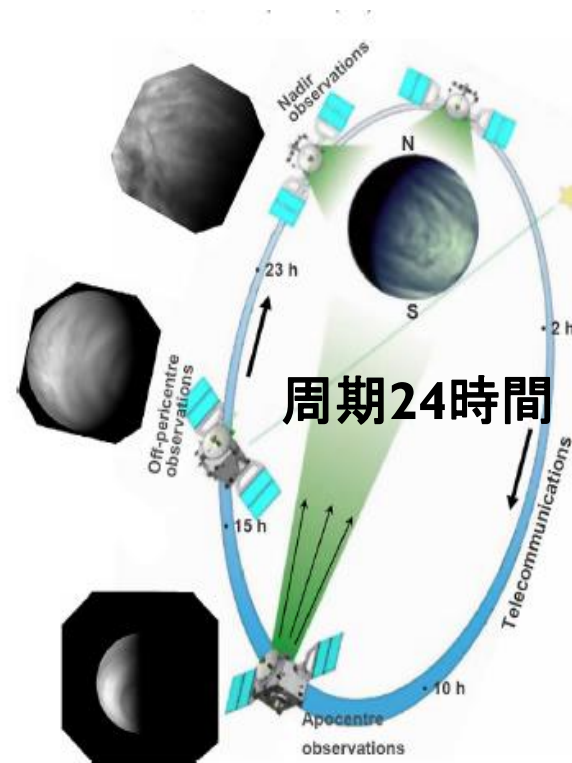
# データセット

- ▶ 解析にはVenus Expressに搭載されているVMCおよびVIRTISの画像をあかつきのデータ処理システムを利用し緯度経度座標にマッピングし、ランバート面を仮定し輝度を補正したものを使用した。(遠金点での解像度は45 km/pxである。)
- ▶ 解析期間: 2007/09/02～2013/09/09

**Spectral responses of VMC channels**

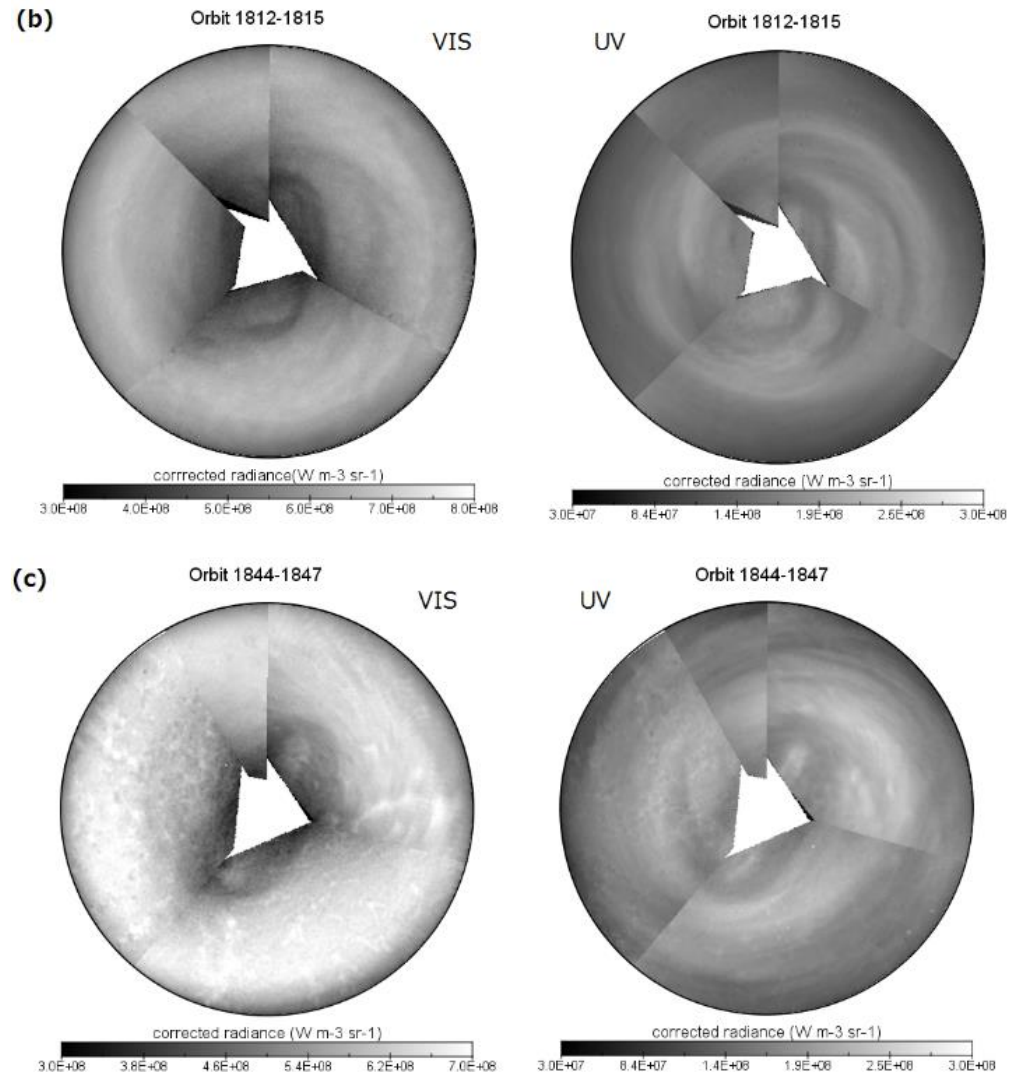


(Markiewicz et al. 2007)



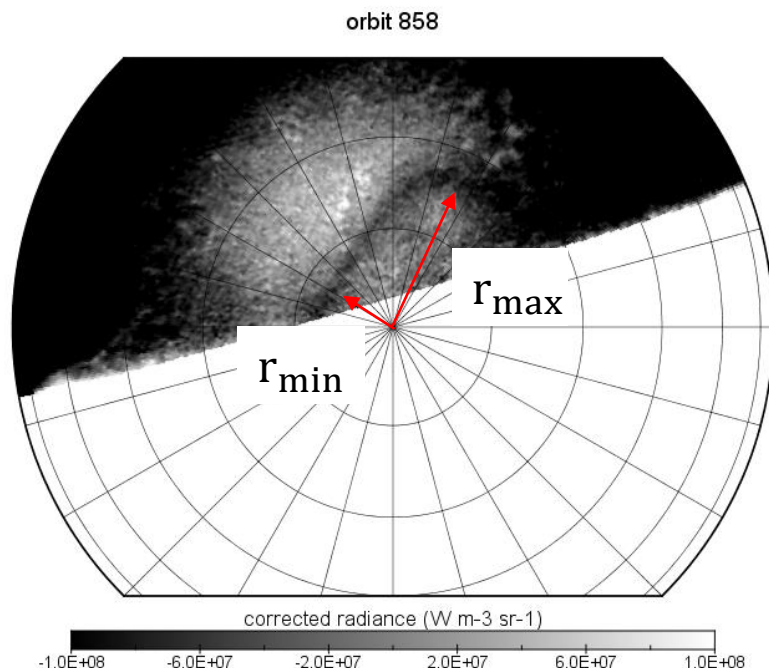
(Titov et al. 2012)

# Polar Ovalの全体形状の復元



東西移流を考慮することで  
可視、紫外ともにPolar Oval  
の全体形状を復元することが  
できた。

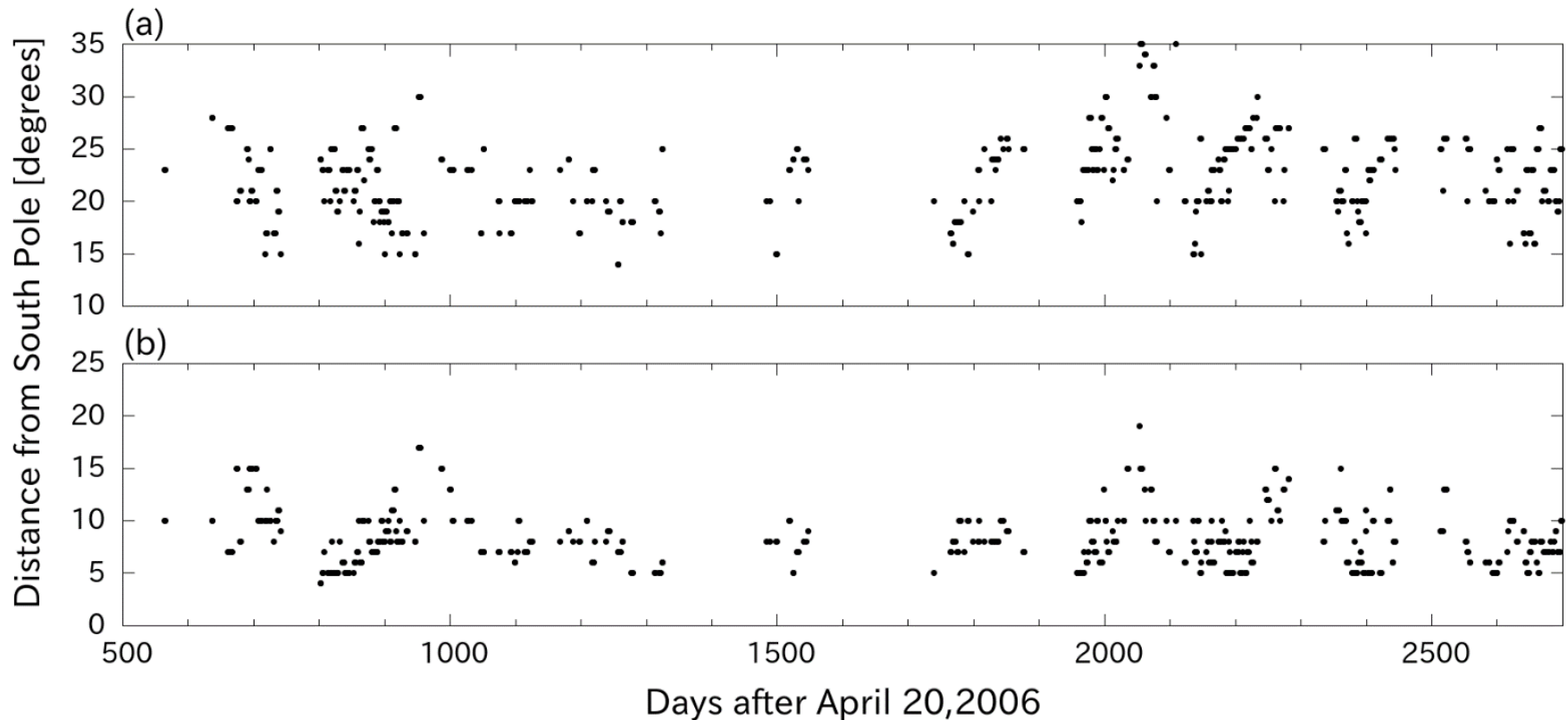
# Ovalの時間変化抽出のための形状パラメータ



3.5日周期の東西移流を考慮すると、4日連続した画像を見ることが大気全体を確認できるので、実際に解析を行う前に $r_{\max}$ 、 $r_{\min}$ をそれぞれ4日間の最大値、最小値にそろえて解析を行った。

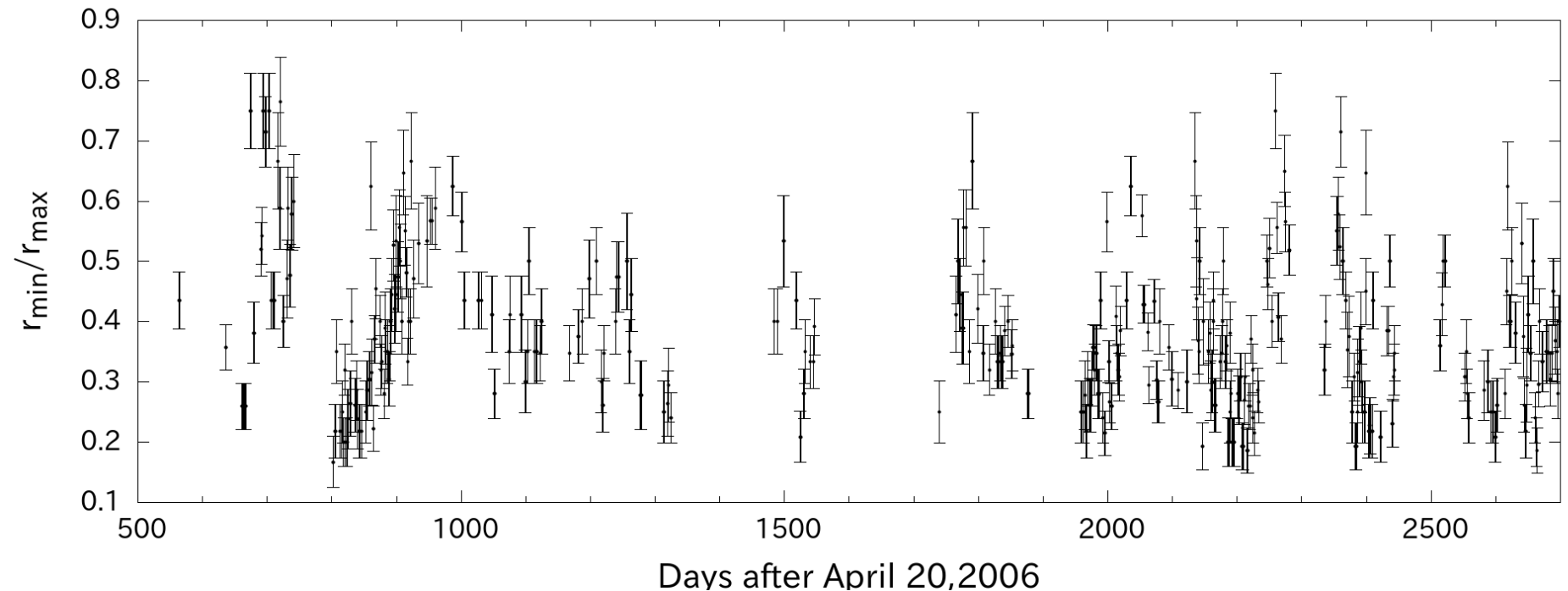
- ▶ Ovalの形状を記述するパラメータとして各画像における極からOvalの距離の最大値( $r_{\max}$ )と最小値( $r_{\min}$ )を抽出した。
- ▶ ノイズが比較的大きく、わかりにくいため値は目視で確認。
- ▶  $r_{\max}/r_{\min}$ をovalの扁平さの指標として使用する。

# $r_{\max}$ と $r_{\min}$ の時間変化



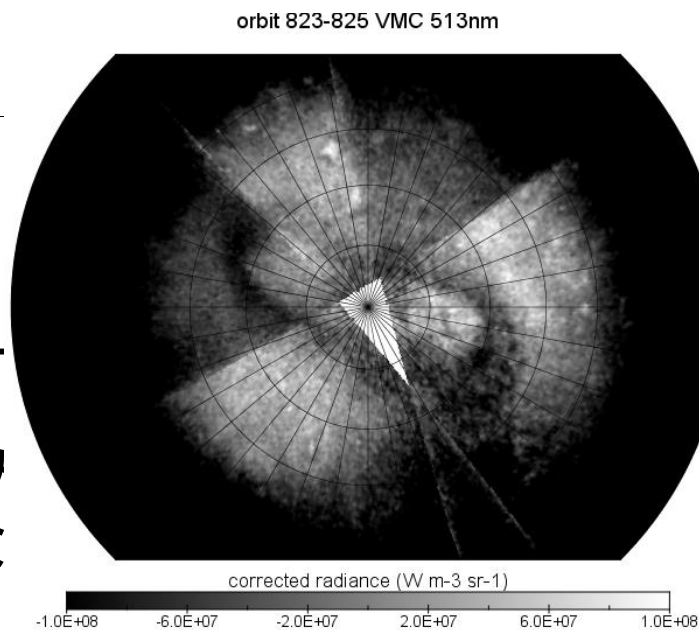
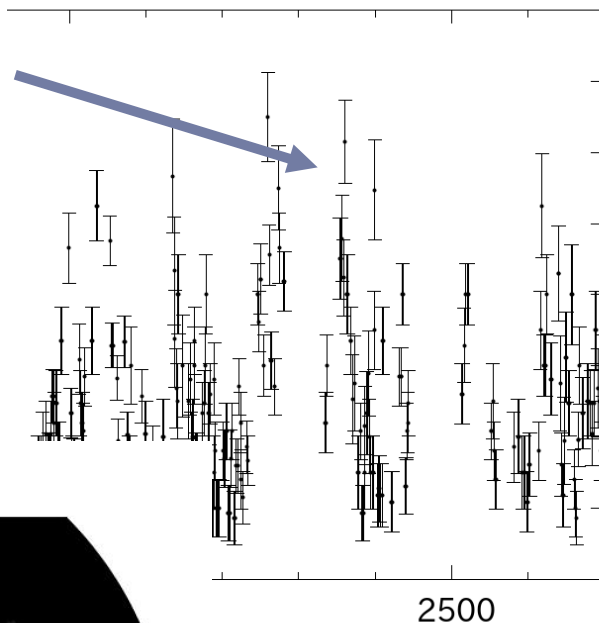
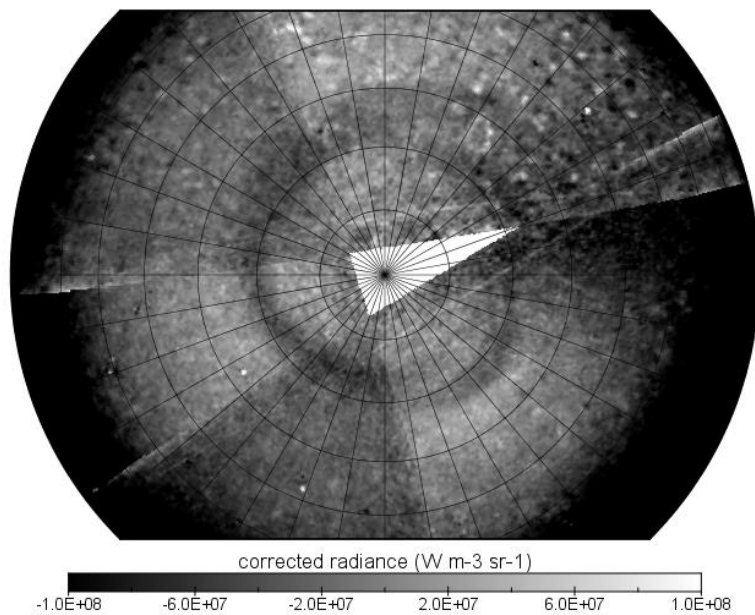
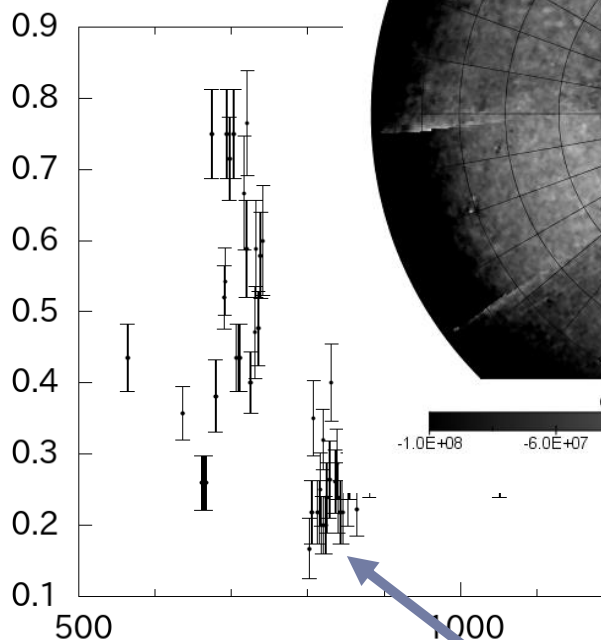
- ▶ 2007/09/02～2013/09/09におけるovalの変化
- ▶  $r_{\max}$  (a)、 $r_{\min}$  (b)ともに数百日スケールで時間変化していることがわかる。

# $r_{\min}/r_{\max}$ の時間変化



- ▶ 比も数百日のスケールで変動していることがわかる。
- ▶ エラーバーは読み取り誤差を $\pm 1^\circ$ としてつけてある。これを見ても有意な変化があることがわかる。

$$r_{\min}/r_m$$



- ▶ 比も数百日のスケールで変動している。
- ▶ エラーバーは読み取れなくても有意な値を示している。

わかる。  
けてある。こ



# Ovalの変化の周波数解析

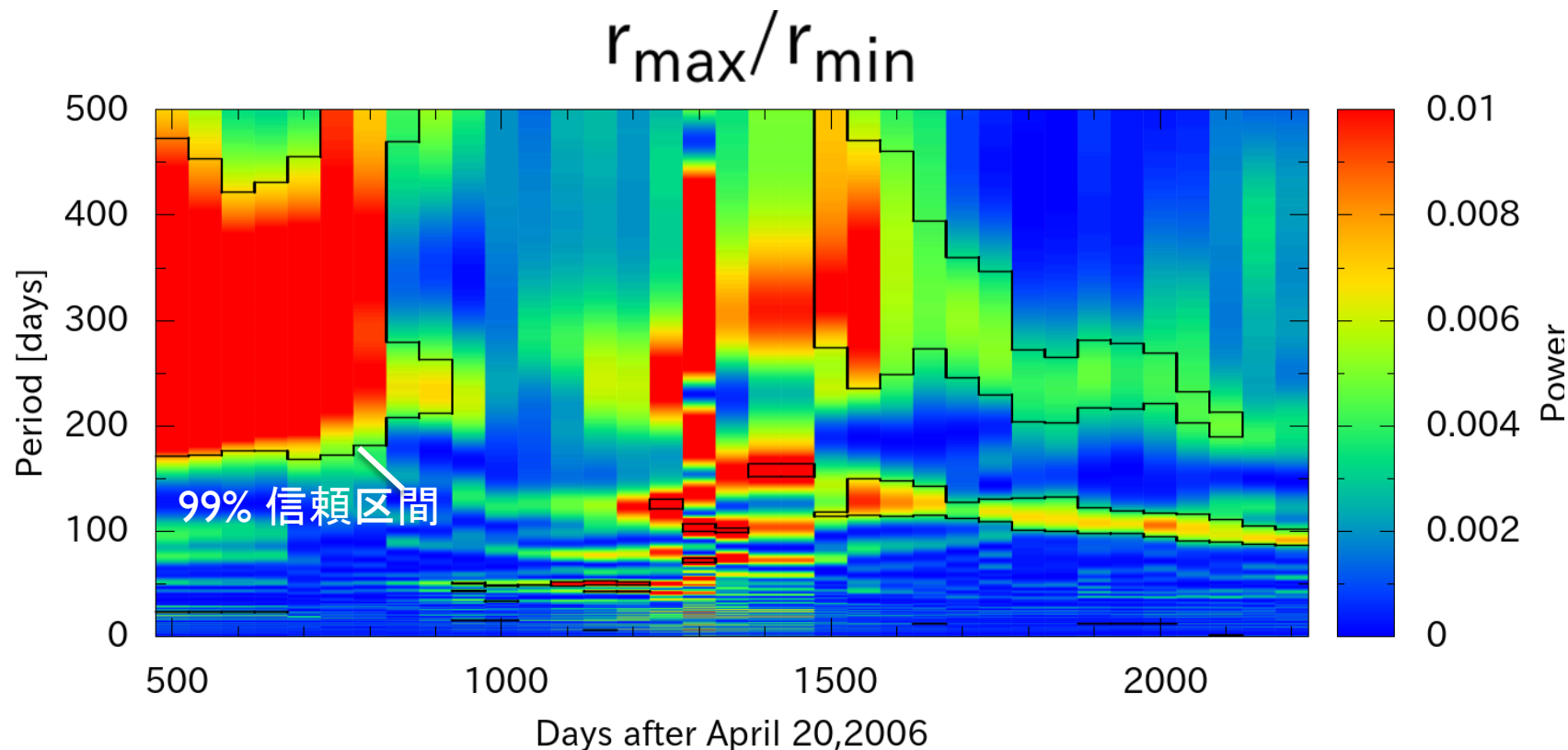
- ▶ データギャップを持つデータセットでも適応できるスペクトル解析手法であるLomb-Scargle法を使用して解析を行った。
- ▶ Lomb-Scargle法は正弦波を最小二乗法を用いてフィッティングする手法であり、任意の周期、周波数での振幅を求めることができる。
- ▶ ランダムなデータから算出される振幅の99%が含まれる区間を99%信頼区間として計算している。

$$P(\omega) = \frac{2}{N} \left\{ \frac{\left[ \sum_j (h_j - \bar{h}) \cos \omega(t_j - \tau) \right]^2}{\sum_j \cos^2 \omega(t_j - \tau)} + \frac{\left[ \sum_j (h_j - \bar{h}) \sin \omega(t_j - \tau) \right]^2}{\sum_j \sin^2 \omega(t_j - \tau)} \right\}$$

$$\tan(2\omega\tau) = \frac{\sum_j \sin 2\omega t_j}{\sum_j \cos 2\omega t_j}$$

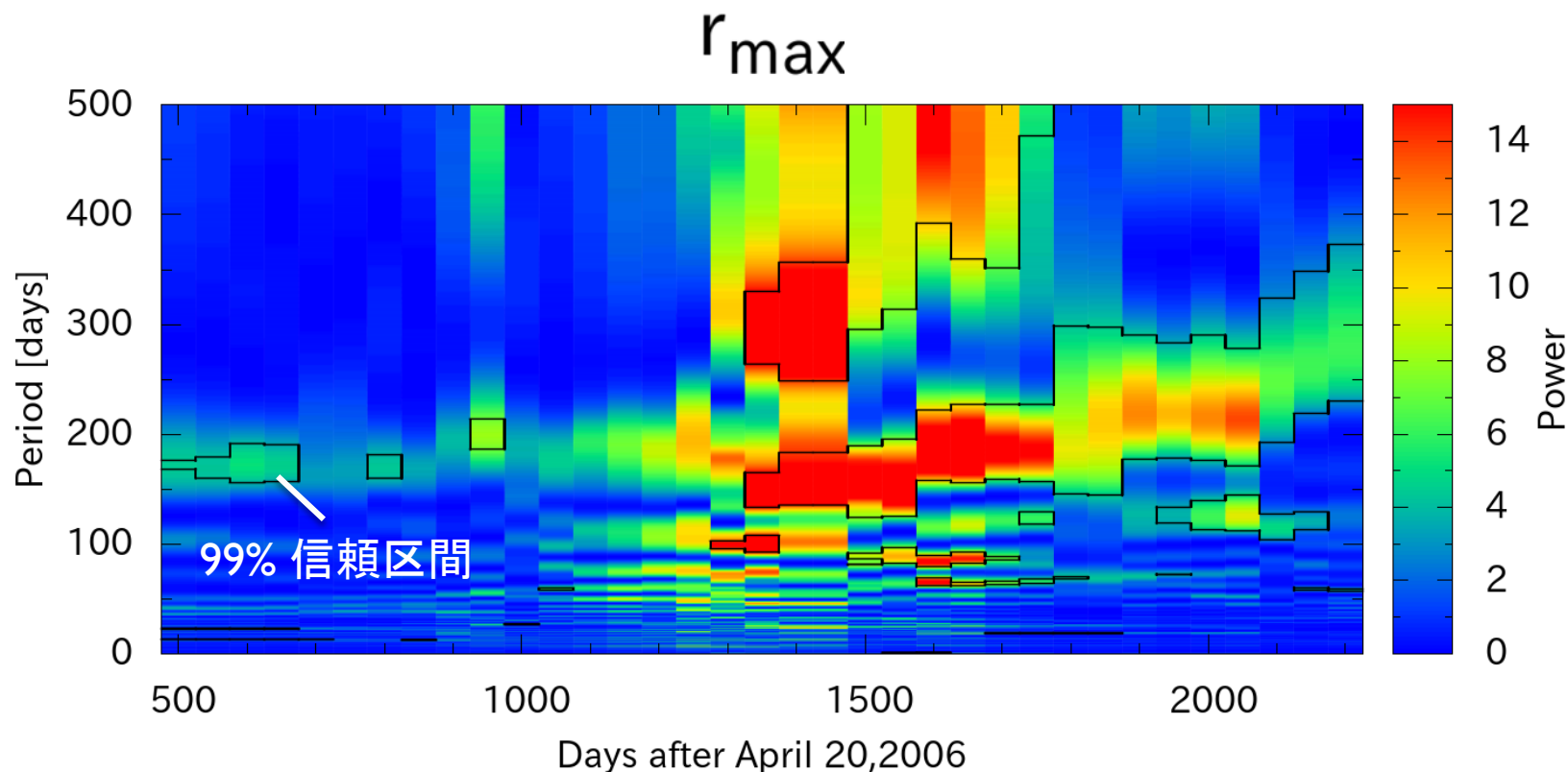
上の式を各 $\omega$ の関数として求める。  
今回は数百日程度の変動を見るため周期が0日～500日の範囲で周波数スペクトルを求めた。

# 周波数スペクトルの時間変化



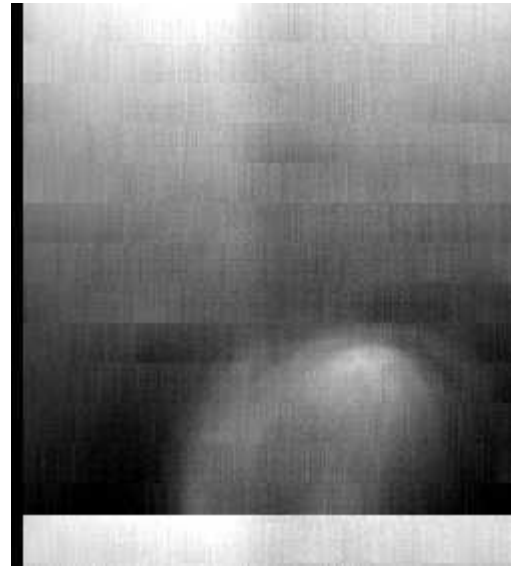
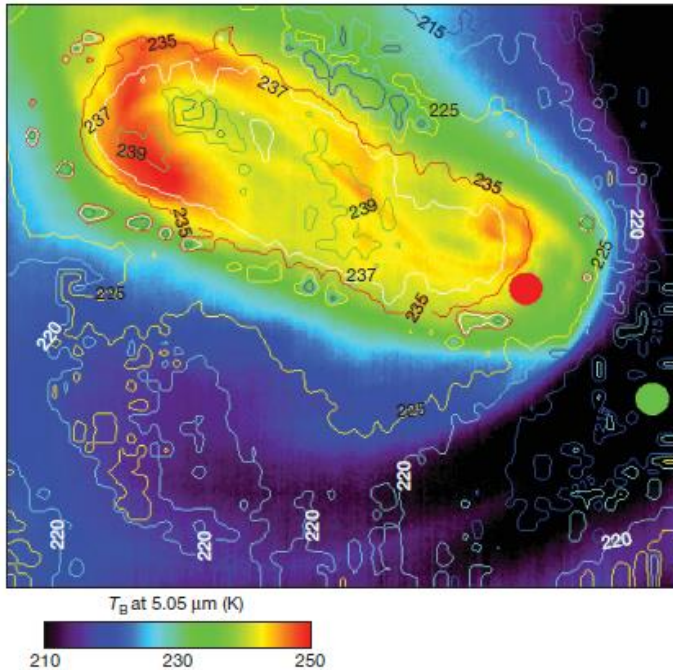
- ▶ 数百日スケールの変動が存在することがわかる。
- ▶ 金星大気固有の自励的な現象である可能性もある。

# 周波数スペクトルの時間変化



- ▶ 上の図は $r_{\max}$ のみの周波数スペクトルの時間変化をプロットしたものである。
- ▶ これを見ると1000日程度で変動の周期が変化していった様子が見える。

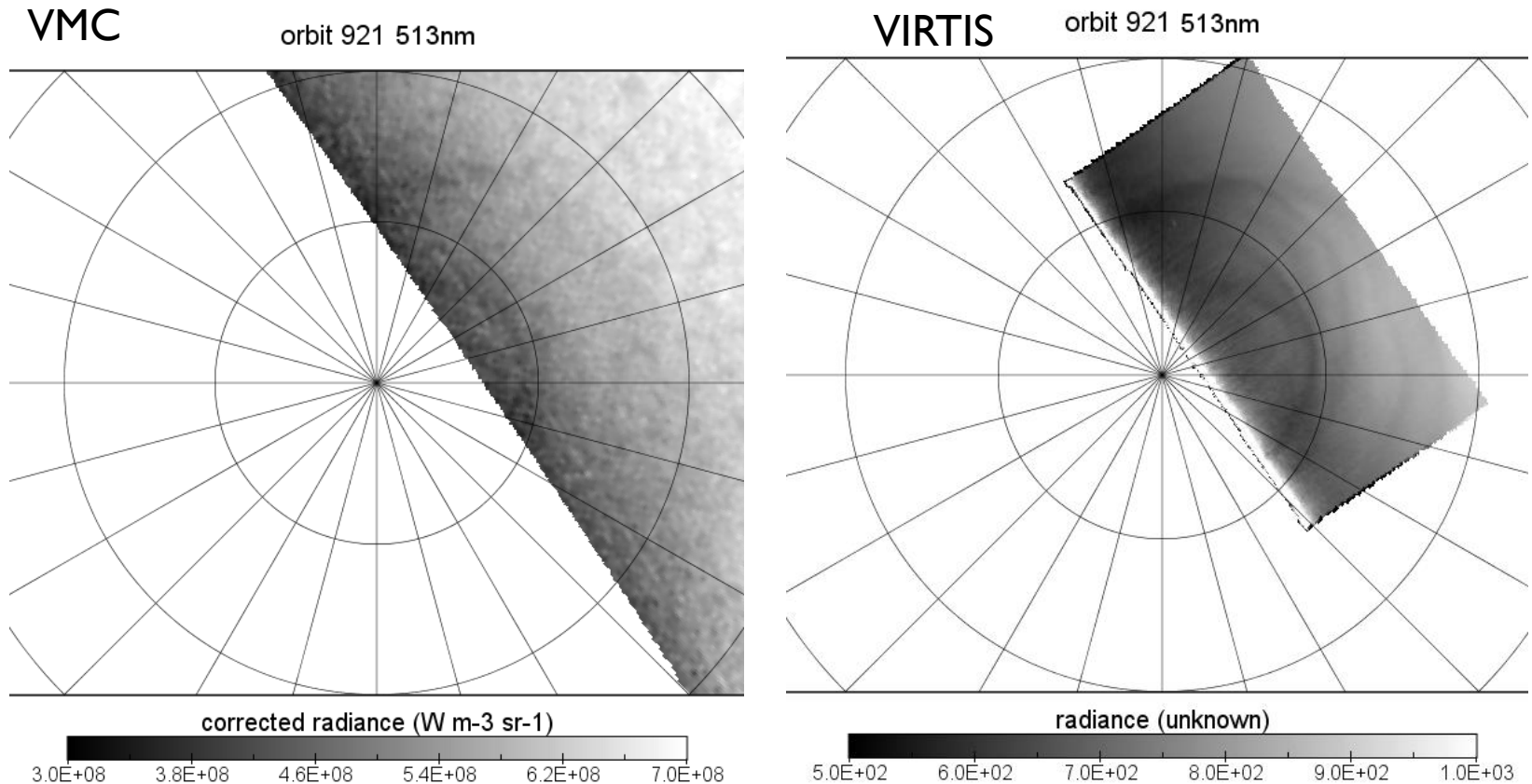
# 赤外画像との対応



VIRTISにより撮影  
された5 $\mu\text{m}$ での  
画像  
解像度は  
16km/px, 視野は  
256 × 256px

- ▶ Piccioni et al. 2007などで同じくVenus Expressに搭載されているVIRTISのデータを使用して極域に温度の高いダイポール構造が確認されている。
- ▶ しかし、今までの研究では赤外のみでの使用が主であり他の波長との比較などは行われてこなかった。
- ▶ 今回同じくVIRTISで撮影された可視、紫外の画像との比較を行い金星極域のダイナミクスについて調べる。

# VIRTISの画像とVMCの画像の比較



- ▶ 同じ軌道番号のVMCとVIRTISの可視領域の画像を比べるとどちらにもPolar Ovalが写っているのがわかる。
- ▶ VIRTISのほうが撮影範囲は狭いがノイズが少ない。



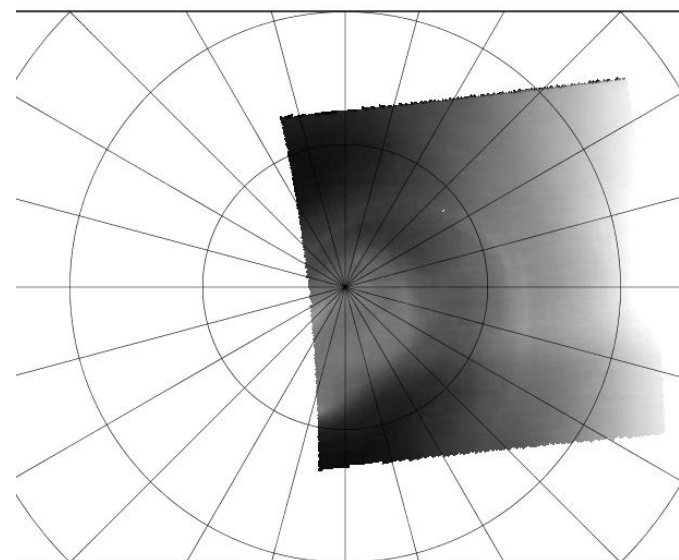
# 赤外と可視の対応

VIRTIS

orbit 463 5 $\mu$ m

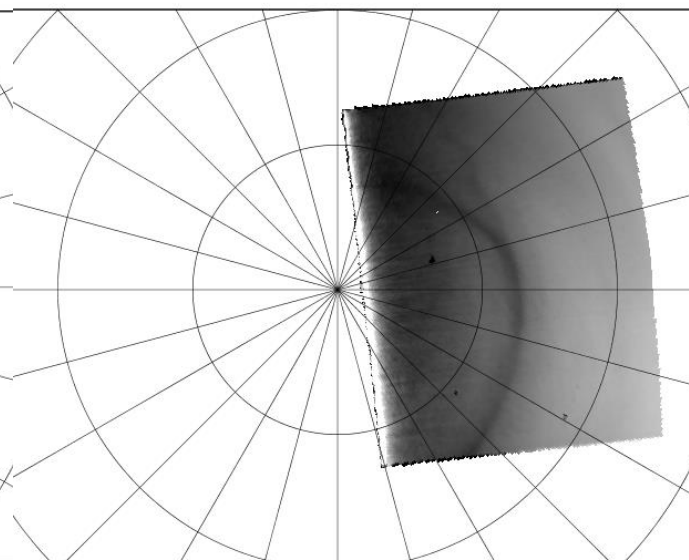
VIRTIS

orbit 463 513nm



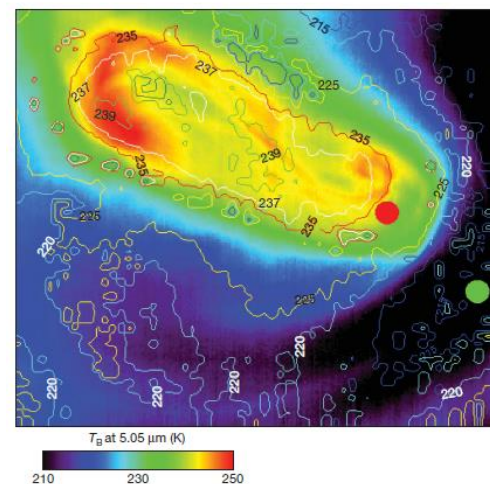
radiance (unknown)

1.0E-01 2.5E-01 4.0E-01 5.5E-01 7.0E-01 8.5E-01



radiance (unknown)

5.0E+02 6.0E+02 7.0E+02 8.0E+02 9.0E+02 1.0E+03



Orbit 38の5 $\mu$ mの輝度温度分布  
緑色の点があるのがコールドカラーと呼ばれる領域

- ▶ Polar Ovalは赤外で白くなっている温度の高い領域に存在してる。
- ▶ Polar Ovalはいままで赤外で見えてきたダイポール構造ではなくその外側に存在するコールドカラーと呼ばれる領域の端に存在しているのかもしれない。

# Summary

---

- ▶ Venus Exprtess/VMCの可視画像を用いて Polar oval の全体形状を復元し、その時間変化を追うことができた。
- ▶ 今後は同じくVenus Expressに搭載されている VIRTISの赤外の画像も使用することでより詳細な現象を解明していきたい。