

VEX-VMC のデータ解析： 金星のアルベド

～惑星アルベドから気候変動を探る～

はしもとじょーじ（岡山大）
協力：山田 学（MPI）

1. 惑星アルベドと気候
2. 2つのアルベド
3. VEX – Venus Monitoring Camera

1. アルベドと気候 (1)

温度は加熱と冷却がバランスするように決まる

加熱：太陽放射の吸収

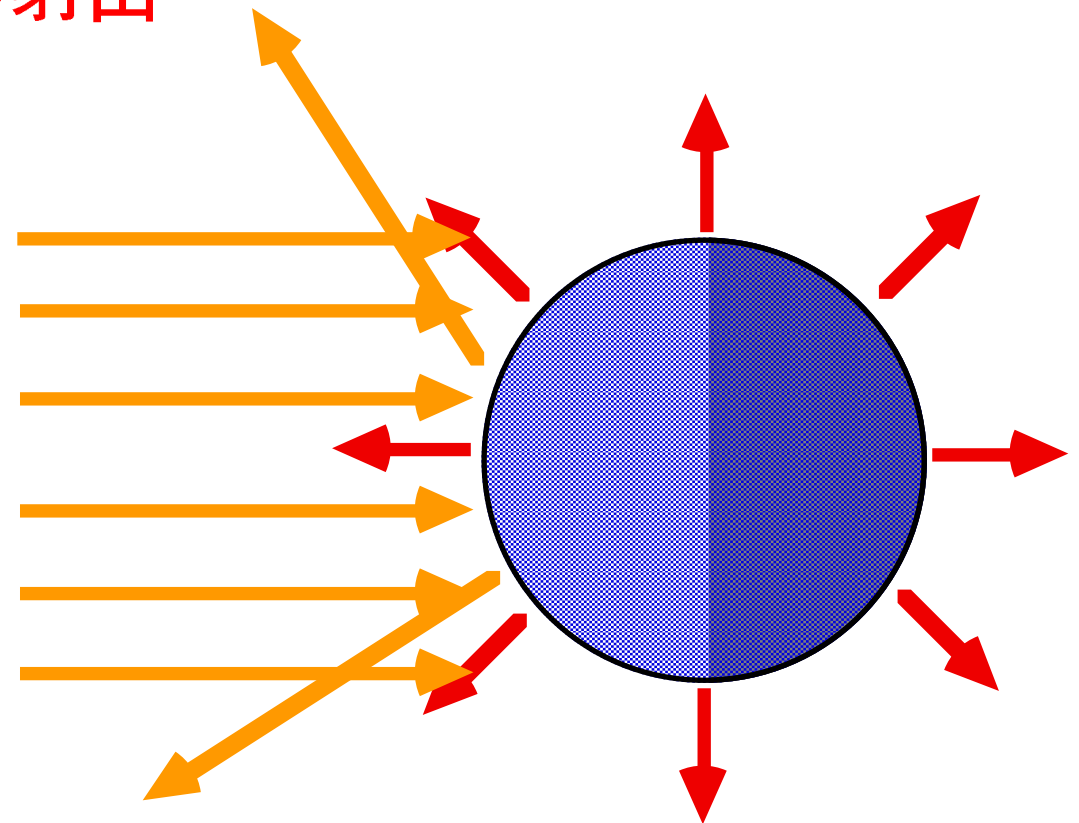
冷却：惑星自身の熱放射の射出

アルベド

惑星が反射した太陽放射

惑星に入射した太陽放射

(全波長・全立体角の積分)



1. アルベドと気候 (2)

まるっと惑星の平均値(0次元モデル)で考えると

$$\text{加熱: } S(1-A) \cdot \pi R^2$$

$$\text{冷却: } F_p \cdot 4\pi R^2$$

$$\text{有効放射温度 } T_e: \quad \sigma T_e^4 \equiv F_p$$

加熱と冷却がバランスしていれば

$$T_e = \left(\frac{S(1-A)}{4\sigma} \right)^{1/4}$$

有効放射温度と地表温度 T_s の関係は $T_s = G \cdot T_e$

S 太陽放射定数 (W/m²)

A アルベド

R 惑星半径 (m)

F_p 惑星放射 (W/m²)

σ Stefan-Boltzmann定数

G Greenhouse factor

2. PVの観測：2つのアルベド(1)

Vortex (Venus orbiter radiometric temperature-sounding experiment)

装置：Pioneer Venus OIR (orbiter infrared radiometer)

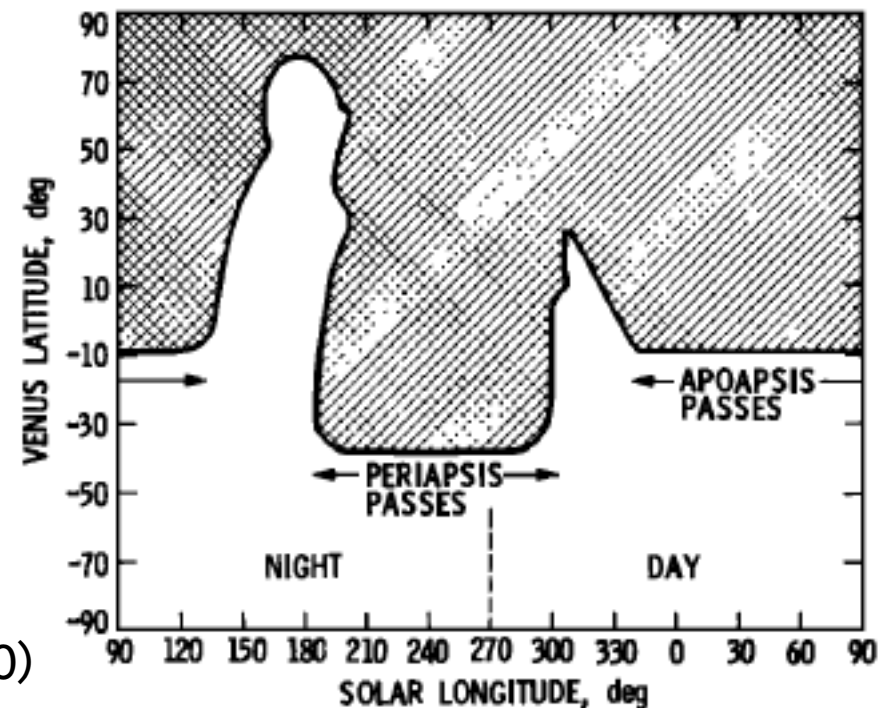
期間：Dec. 4 1978 ~ Feb. 14, 1979 (10 weeks)

範囲：北半球のほぼ全域

波長：10チャンネル

Channel 7 : 0.25–4.0 μm

Channel 5 : 11.5 μm



Taylor et al. (1980)

2. PVの観測：2つのアルベド(2)

(1) 反射した太陽光の測定 (Taylor et al. 1980; Tomasko et al. 1980)

PV OIR Channel 7 : 0.25–4.0 μm

→ アルベド 0.80 ± 0.02

(2) 惑星の熱放射から推定する (Schofield and Taylor, 1982)

惑星が熱平衡にある(加熱と冷却がバランスしている)
と仮定して惑星の熱放射からアルベドを推定する

$$F_p \cdot 4\pi R^2 = S(1 - A) \cdot \pi R^2 \rightarrow A = 1 - (4F_p / S)$$

PV OIR Channel 5 : 11.5 μm + 放射輸送モデル

→ アルベド 0.762 ± 0.011

2. PVの観測：2つのアルベド(3)

2つのアルベドの不一致

(1) 反射した太陽光の測定

$$A = 0.80 \quad F_p \approx 130 \text{ (W/m}^2\text{)} \quad T_e \approx 220 \text{ (K)}$$

(2) 惑星熱放射からの推定

$$A = 0.76 \quad F_p \approx 160 \text{ (W/m}^2\text{)} \quad T_e \approx 230 \text{ (K)}$$

Taylor et al. (1984) の解釈

不一致は太陽光の反射から求めたアルベドの精度が悪いため

- 散乱光の観測は難しい(太陽天頂角、射出の天頂角と方位角)
- その他の熱源? (地殻熱流量 地球では $\sim 100 \text{ mW/m}^2$)

2. PVの観測：2つのアルベド(4)

2つのアルベドの不一致

(1) 反射した太陽光の測定 = 現在のアルベド

$$A = 0.80 \quad F_p \approx 130 \text{ (W/m}^2\text{)} \quad T_e \approx 220 \text{ (K)}$$

(2) 惑星熱放射からの推定 → 約10年間の平均アルベド

$$A = 0.76 \quad F_p \approx 160 \text{ (W/m}^2\text{)} \quad T_e \approx 230 \text{ (K)}$$

はしもと・阿部の解釈 惑星アルベドの時間変化

$$\tau \sim C_p \frac{\Delta T_e}{\Delta F_p} = \frac{c_p P_S}{\mu g} \frac{\Delta T_e}{\Delta F_p} \approx 2.3 \times 10^8 \text{ (sec)} \approx 7.4 \text{ (yr)}$$

2. PVの観測：2つのアルベド (5)

Irvine (1968)

金星アルベドの地上観測

Boyden Observatory in South Africa

波長： 10 narrow bands
(0.315–1.06 μm), UBV

期間： 1963 – 1965

アルベド 0.77 ± 0.07

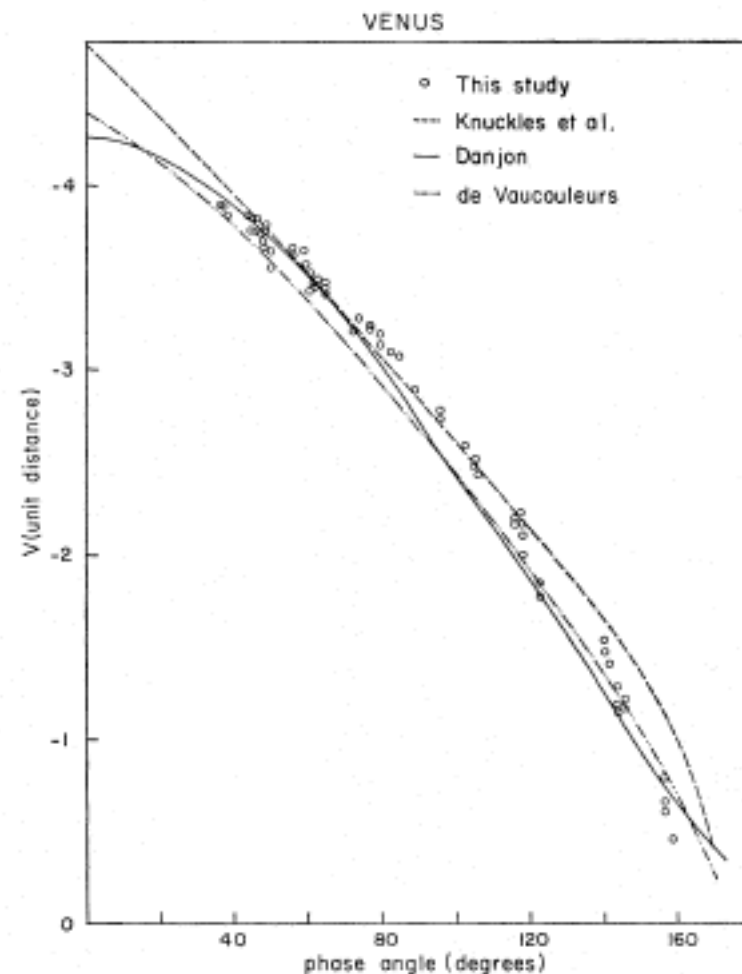
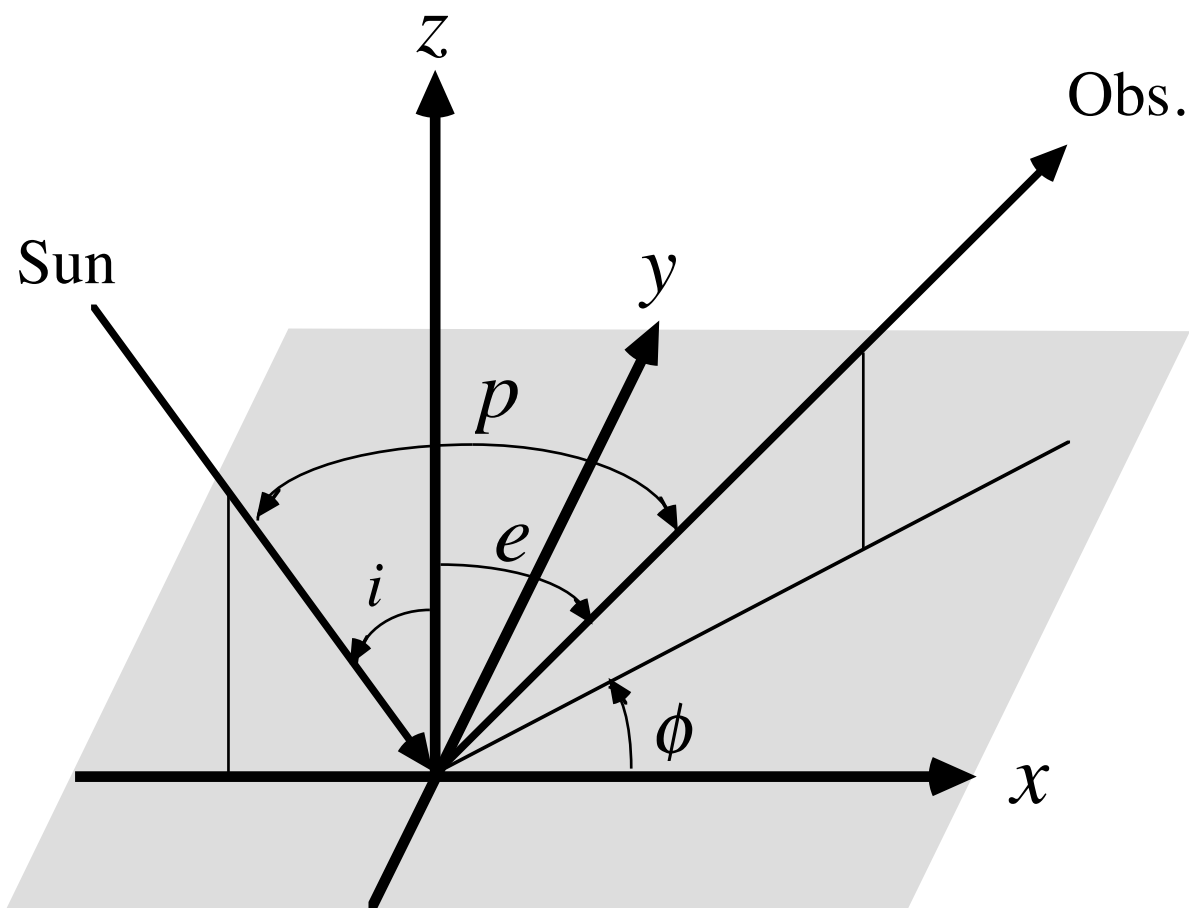


FIG. 3. Visual phase curve of Venus. Mean phase curves derived by Knuckles *et al.* (1961) and Danjon and de Vaucouleurs (1964) also shown. The latter is a straight mean of the former two plus the curve of Müller as reduced by de Vaucouleurs.

3. VEX-VMC

惑星アルベドを決めるにはいろいろな方向からの観測が必要 → 周回機による観測がよい



4つの角度

位相角
入射角
射出角
方位角

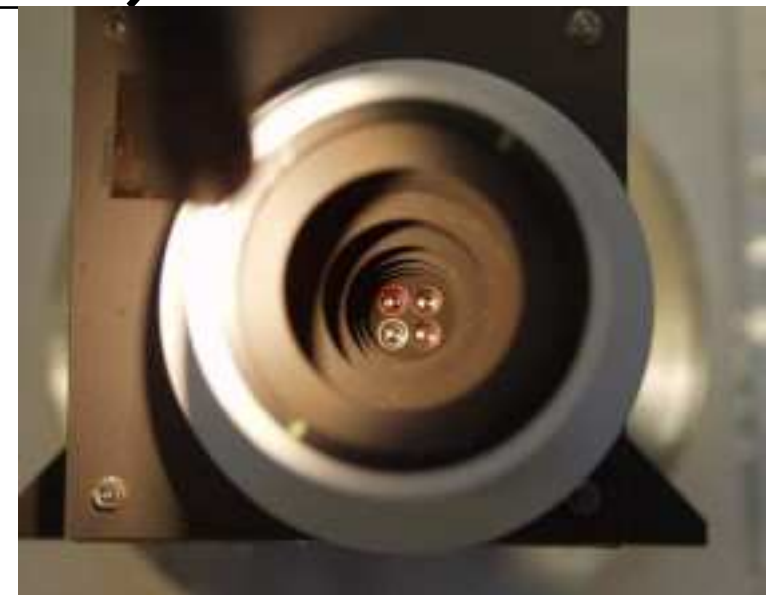
3. VEX-VMC

Venus Express (VEX)

2005年11月9日 打ち上げ
軌道 ほぼ極軌道、24時間

Venus Monitoring Camera (VMC)

UV	365 / 40 nm
VIS	513 / 50 nm
NIR1	965 / 40 nm
NIR2	1000 / 40 nm



3. VEX-VMC

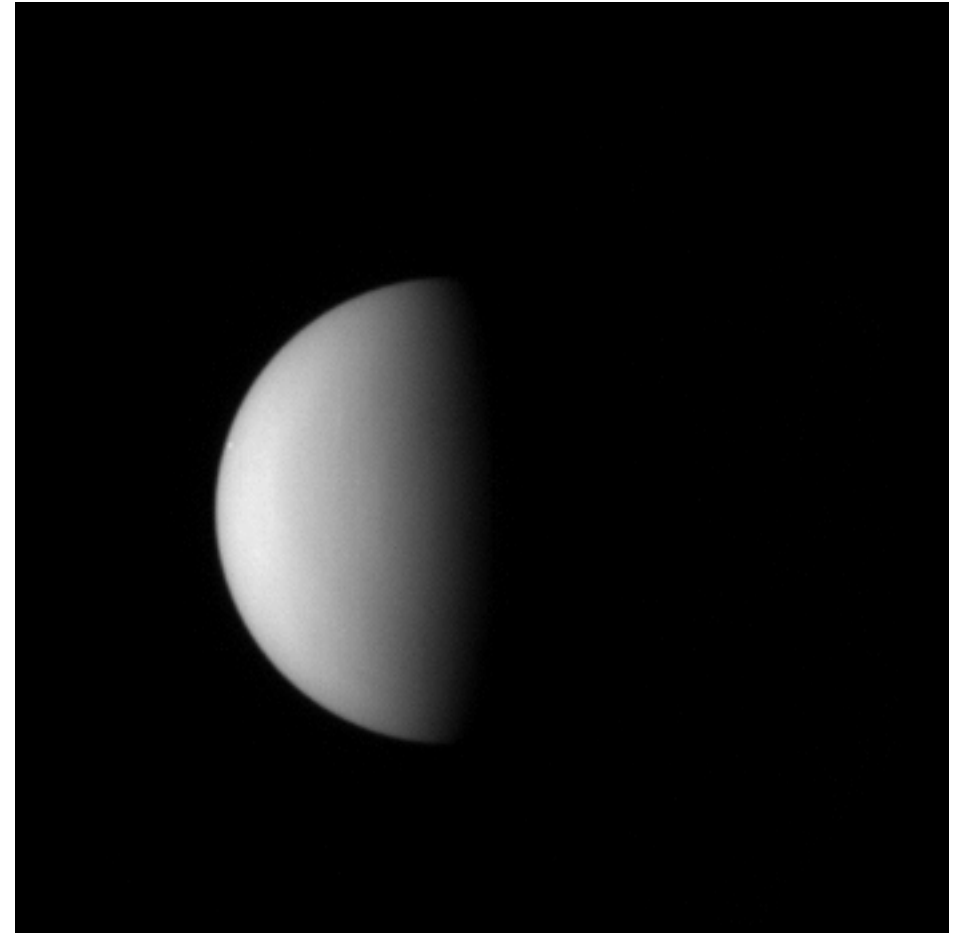
NIR2

1000 / 40 nm

雲で反射された太陽光
大気吸収が小さい

Orbit 0024-0549

2006.5.15~2007.10.21



3. VEX-VMC

Dark Spot and Filament

フィルターの劣化？

模様は時間変化

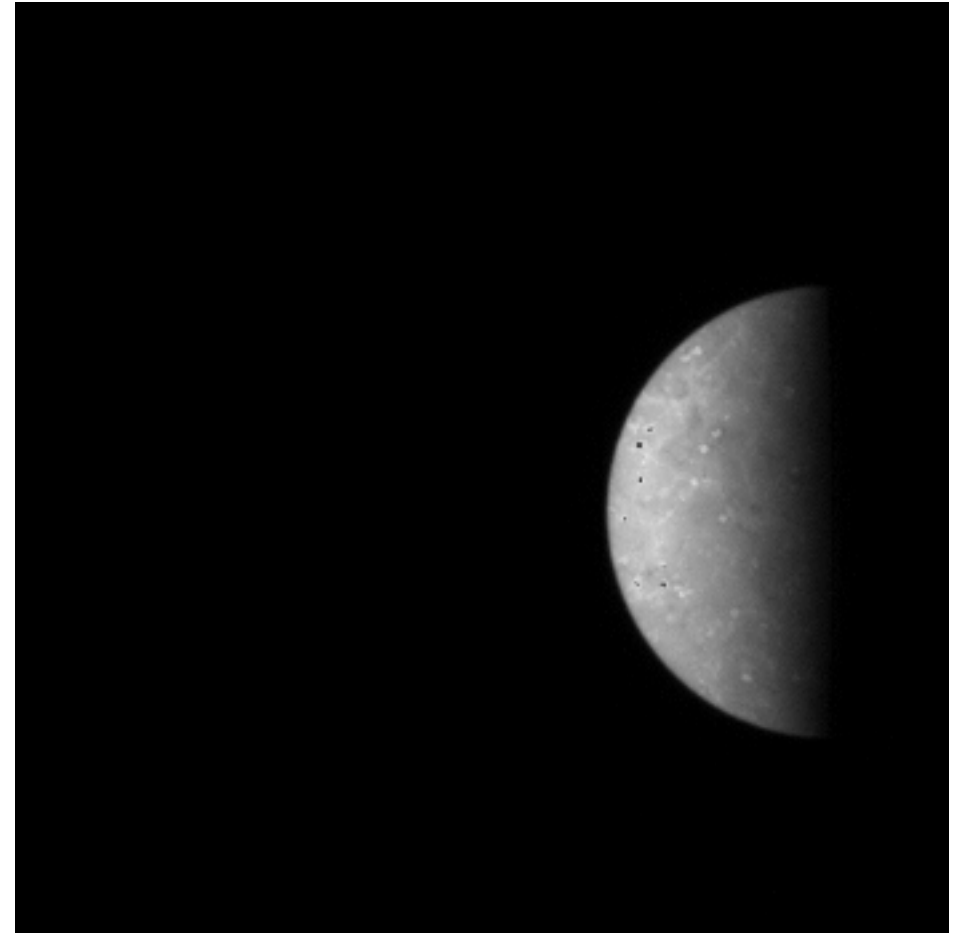
解析する画像の抽出

昼面

ほぼ全球

フラット

13736 枚 → 3208 枚



3. VEX-VMC

