

HOPS 装置による金星上層ヘイズの観測

榎本孝之（総研大）、佐藤毅彦(ISAS/JAXA)、仲谷善一（京大）、中串孝志（和歌山大）、
佐藤隆雄(NICT)、大月祥子（専修大）、細内麻悠（東大）

1. 金星上層ヘイズ

金星からやってくる光の偏光を観測することで、その散乱体である金星上層大気に存在する微粒子の物理パラメータを抽出することが出来る。Kawabata et al. [1980] は Pioneer Venus Orbiter (PVO) 搭載の Orbiter Cloud Photopolarimeter (OCP) データを用いて金星面の偏光度マップを取得し、極域に多量のヘイズ粒子が分布していることを突き止めた。その後の観測によって、川端[1987] や C. J. Braak et al. [2002] はヘイズの光学的厚さが時間に伴って急減していたことも報告している。ヘイズや雲の変動は、太陽光吸収の緯度バランス、大気運動を変える可能性もつ重要なファクターである。

2. 偏光撮像装置 HOPS

OCP で得られる 2 次元偏光度マップは、それ以前の地上観測では行えなかったローカルな特徴を選択的に抽出することを可能にした。我々は OCP と同様に 2 次元偏光度マップを取得出来る惑星専用の撮像装置 HOPS (Hida Optical Polarimetry System)を開発し、金星上層ヘイズのモニターを目的とした観測を行っている。

HOPS は Wollaston プリズムと半波長板を組み合わせた光学系からなり、近赤外から可視域で 4 つの観測波長を用いている（表 1）。観測は半波長板の位置角を 0° , 22.5° , 45° , 67.5° と変化させ、計 4 回の撮影で 1 セットとしている。これらのデータの演算により「装置の感度」「大気透明度」の影響を取り除き、直線偏光度を精度良く求めることが出来る（図 1）。

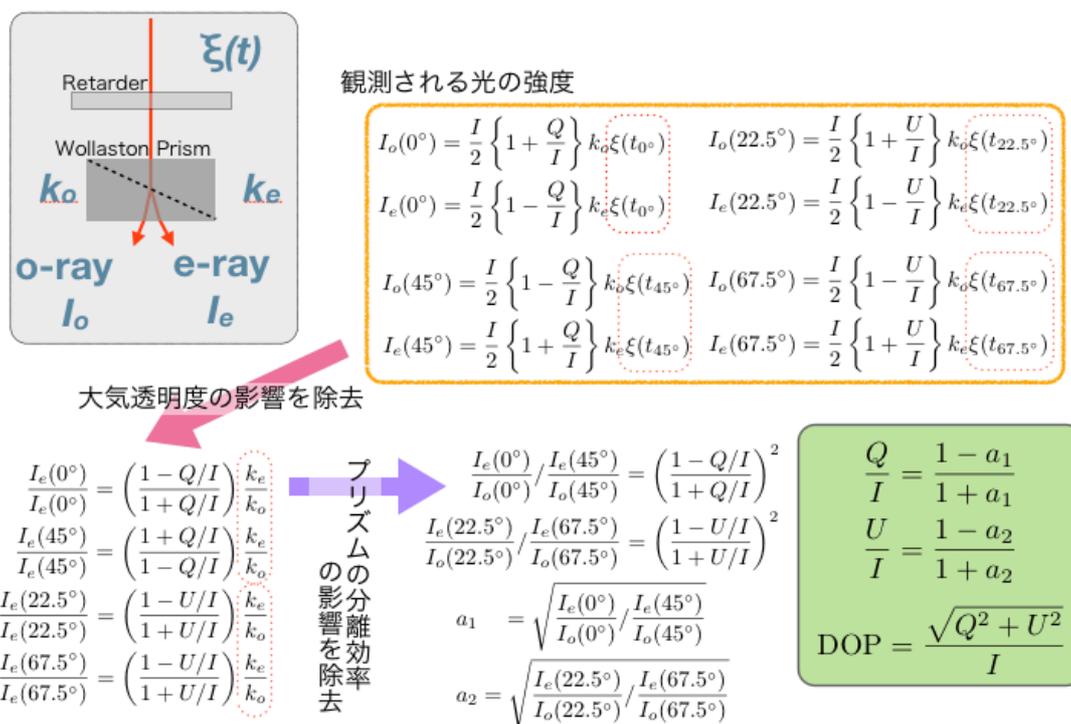


図 1 偏光度の演算過程。装置の感度(k)と大気透明度(ξ)の影響は取り除かれる。

3. 観測

表 1 観測の概要

観測日	位相角	視直径	観測波長(nm)
5月9日	~128°	~42"	647, 548, 435
8月21-23日	~85°	~21"	930, 647, 548, 438
10月16日	~58°	~14"	930, 650, 546, 438

2012年5, 8, 10月に京都大学飛騨天文台にて観測を行った。観測時の概要は表1に示した。65cm屈折望遠鏡を通してCCD面上に投影される像は1pixあたり0.3秒角程度となり、8月の金星視直径約21秒角を観測した際には、直径は約70pixになった。このスケールで偏光度マップを得られれば、

PVOと同様にローカルな特徴を十分に抽出できる。(図2)

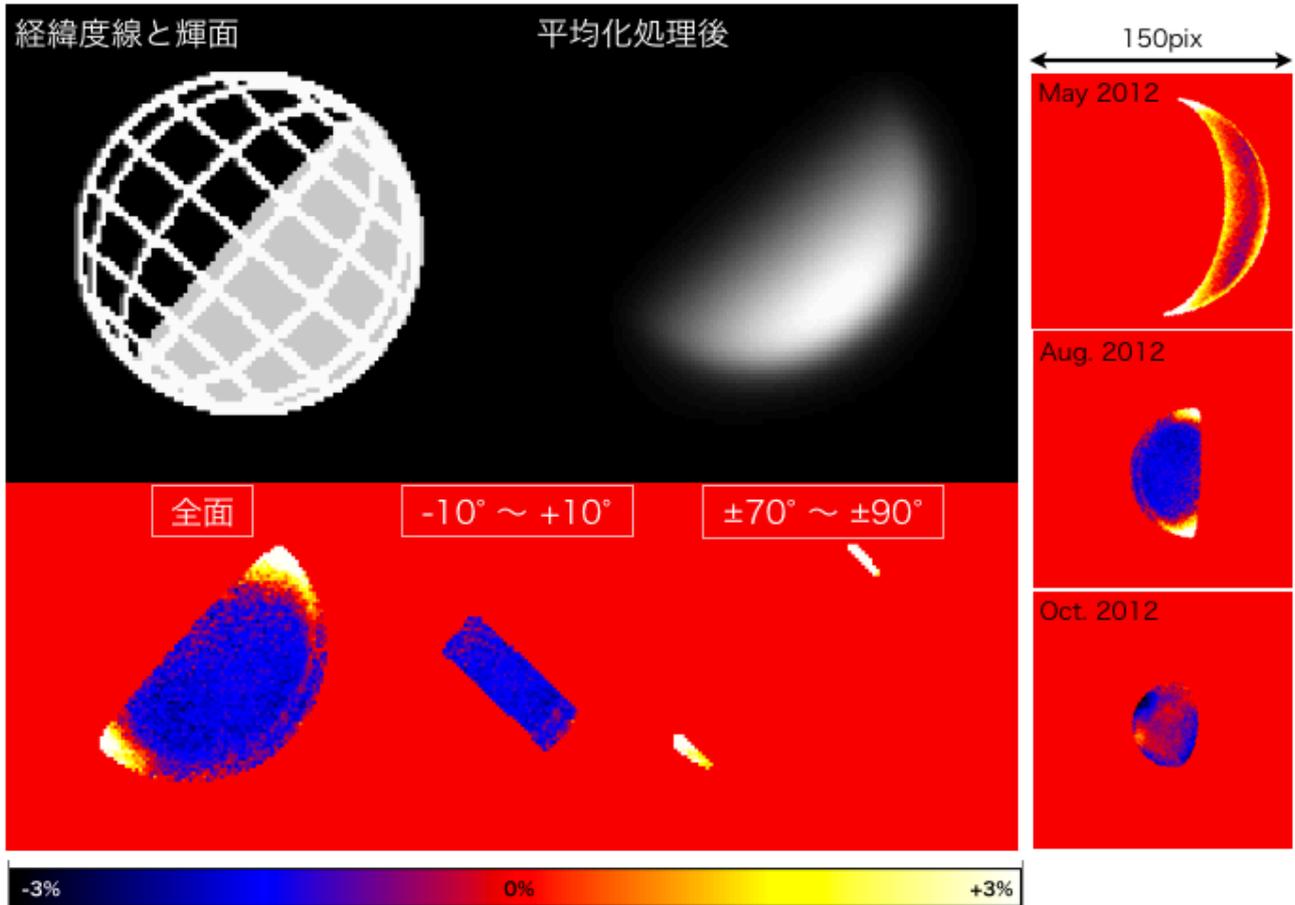


図 2 観測結果の例.

4. 観測結果

観測結果のクイックルックとして、Kawabata et al. [1980] に示された偏光度との比較を観測波長の近い548nmと930nmのデータに関して行った(図3)。548nmでの全面偏光度は過去の観測と整合的であるが、930nmでのPVOデータが-2~-1%であるのに対し、-3~-2%と負の偏光度がやや強い傾向であった。赤道域と極域のそれぞれについて偏光度を比較すると、極域の偏光度はPVOデータよりも負の偏光度が強いことが分かり、このことが全面偏光度を相対的に低くしたと考えられる。これらの値は1960年代の地上観測データよりも負の偏光が弱く、PVO金星到達時の状況に近いヘイズ分布の可能性を示唆するものであると言える。

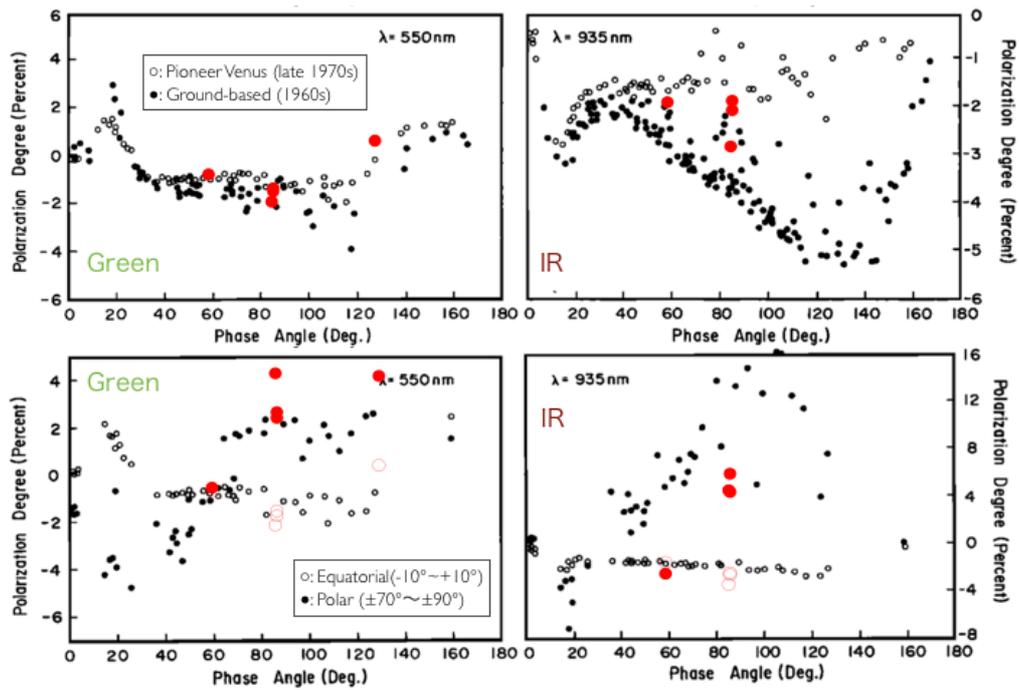


図 3 Kawabata et al. [1980] との比較. 上段が全面偏光度で白抜きの丸が PVO、塗りつぶしの丸が地上観測による偏光度を示している. 下段は赤道域と極域で分離して求めた偏光度で、白抜きの丸が赤道域、塗りつぶしの丸が極域である.

5. 観測精度の見積もり

各撮影時間中の大気透明度の変化は図 1 に示した演算によりキャンセル出来るものの、大気の揺らぎによる影響は、位置合わせや偏光度の演算に誤差を生じさせることが考えられる。実験的に、観測データの 1 セットすべてが理想的なデータであると仮定し、その中の 1 つまたはすべてをガウシアンフィルタにかけることで擬似的にシーイングの影響を作り出し (図 4)、 σ の値に対する偏光度の変化を定量的に見積もった。1 つのみあるいはすべての場合のいずれも、全面・赤道域での偏光度の変化は比較的小さいものの、極域のそれは無視できないほど大きくなってしまいう可能性があることが分かる (図 5)。特にすべてのフレームでシーイングの影響を大きく受ける場合は大きい。このような誤差を低減し評価する方法は今後の検討課題の一つである。

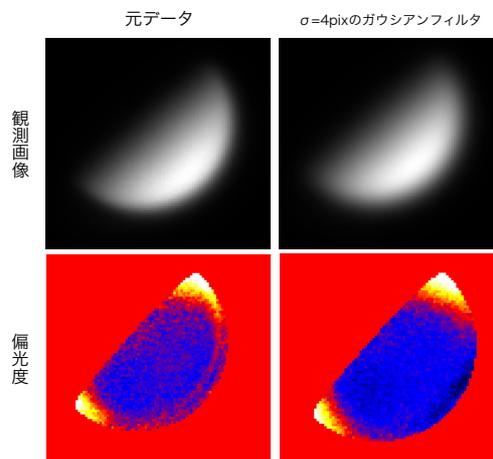


図 4 ガウシアンフィルタ無し (左) と、1 つに $\sigma=4$ のガウシアンフィルタをかけて演算したもの (右) .

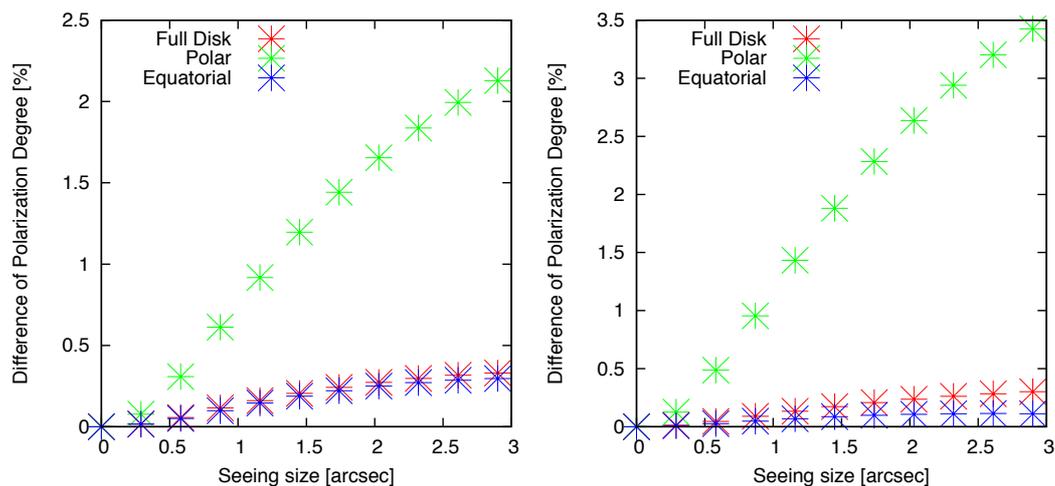


図 5 シーイングサイズに対する理想的な偏光度からの差の絶対値の関係。左が1枚のみ gaussian フィルタをかけた場合、右がすべて gaussian フィルタをかけた場合である。またシーイングサイズはピクセル分解能を $A[\text{arcsec}/\text{pix}]$ としたときの $A\sigma$ で定義している。

6. まとめ

金星上層ヘイズの光学的厚さには時間的変動があり、エネルギーバランス・大気運動などに影響を与える可能性があるため、モニターすることが重要である。我々は2次元偏光撮像装置HOPSを用い、2012年5, 8, 10月に飛騨天文台で観測を行った。偏光度のクイックルックと1960年代地上観測・1970年代終盤のPVOデータと比較すると、2012年の偏光度はPVOデータに近い。このことは極域にヘイズ粒子が比較的多く分布していることを示唆している。今後は偏光を含む放射伝達コードの開発、および特徴的な偏光度を示す位相角での観測を行い、ヘイズ・雲層の分布の推定を行う。

参考文献

K. Kawabata, D. L. Coffeen, J. E. Hansen, W. A. Lane Makoto Sato and L. D. Travis (1980), Cloud and Haze Properties from Pioneer Venus Polarimetry, *J. Geophys. Res.*, 85, 8129-8140

川端潔 (1987), 惑星大気内エアロゾルのリモートセンシング, *気象研究ノート*, 155, 1-34

C. J. Braak, L. F. de Haan, and J. W. Hovenier (2002), Spatial and temporal variations of Venus hazes properties obtained by Pioneer Venus Orbiter polarimetry, *J. Geophys. Res.*, 107, 5