

# 金星大気の近赤外線分光撮像観測

大月 祥子, 佐川 英夫

〈東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1〉

e-mail: oh@eps.s.u-tokyo.ac.jp, sagawa@stp.isas.jaxa.jp

上野 宗孝

〈東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 〒153-8902 東京都目黒区駒場 3-8-1〉

e-mail: ueno@provence.c.u-tokyo.ac.jp

赤外線観測が天文観測における地平線を拡げつつあるように、金星大気の観測においても赤外線観測がホットな時代を迎えつつある。筆者らが行っている地上望遠鏡を用いた金星観測においても、惑星大気中の CO 分布および O<sub>2</sub> 大気光強度のマッピングなどの結果を得ることができ、金星大気のダイナミクス解明につながる情報を得つつある。本稿では岡山天体物理観測所で行った近赤外線分光撮像観測結果を中心に今後の金星観測の展望を含めて報告を行う。

## 1. イントロダクション

### 『赤外線が拓く金星大気観測』

金星大気は二酸化炭素を主成分とし、光化学反応が活発な熱圏（高度 100 km 付近～）および中間圏（高度 70–100 km）、濃硫酸の雲が存在する領域（高度 50–70 km）、そして 800 K 90 気圧といった高温高圧の下層大気（地表～高度 50 km）からなる。また金星大気は、自転速度の 60 倍に達する速度で定常的な西向き循環（スーパー・ローテーションと呼ばれる現象）をしていることが知られている。このような地球大気とは大きく異なる金星大気のダイナミクスを理解するためには、その大部分を占める地表から雲層に及ぶ下層大気環境を正確に把握することが不可欠である。しかしこれまで行われた可視光領域での観測では、金星の分厚い雲層と可視光領域で不透明な大気に阻まれ、雲層下の大気をリモートセンシングする手法が存在しなかった。このため下層大気の運動学的情報は、主としてプローブ投下による局地的・瞬

間的な観測に限られていた。

この状況に一石を投じたのが、1983 年に発見された「大気の窓」と呼ばれる雲層下の大気を見渡せる波長域の存在であり<sup>1)</sup>、その後の詳細な観測により現在では波長 1.01  $\mu\text{m}$ , 1.10  $\mu\text{m}$ , 1.18  $\mu\text{m}$ , 1.27  $\mu\text{m}$ , 1.31  $\mu\text{m}$ , 1.74  $\mu\text{m}$ , 2.30  $\mu\text{m}$  の各領域に金星大気の透過帯が存在することが知られている。これらの波長域では二酸化炭素や水蒸気による吸収が小さく、濃硫酸の雲粒による散乱についても単散乱アルベドが 1 に近く保存的になる。その結果雲層より下層領域からの熱放射が金星大気圏外にまで届き、さらにこれらの金星大気の「窓」領域が、地球大気の「窓」領域（地球大気の J, H, K バンド）に包含されていることから、地上望遠鏡を用いた全球的な観測を行うことが可能であることが示された。金星の各「窓」波長域に見られる放射はそれぞれ異なる温度（すなわち異なる高度）の下層大気からの熱放射に対応する（図 1）。例えば 1.27  $\mu\text{m}$  窓の波長域では下層大気の熱放射だけではなく、上層大気起源の大気光も重なっ

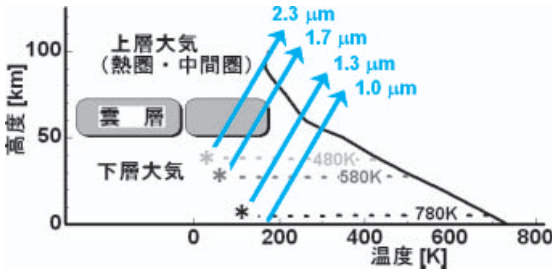


図1 金星大気および近赤外観測窓の概念図。グラフはパイオニアビーナス探査機の観測で得られた温度の鉛直構造<sup>2)</sup>。

ていることが知られている。上層大気は密度が小さく、これまで行われたプローブでの直接観測も困難であったことから観測的な情報が少ない。このため熱圏付近で光る大気光観測はこの高度域の重要な情報源となり、金星上層大気における力学・化学の議論を可能とするものである。筆者らの研究グループは金星探査衛星 (PLANET-C/Venus Climate Orbiter (VCO)<sup>3)</sup>) の開発と併せて、地上望遠鏡を用いた赤外線観測を推進しており、1999年、2002年には国立天文台岡山天体物理観測所 (Okayama Astrophysical Observatory, OAO)、2003年、2004年には群馬県立ぐんま天文台の協力を得て金星観測を行った。本稿では、2002年12月期におけるOAOでの金星夜側大気観測を中心に、観測方法と解析結果を紹介する。

## 2. 岡山天体物理観測所における金星観測

筆者らが観測を行った2002年12月期は、金星内合の約1カ月後にあたり、太陽からの離角は大きくないものの、観測時の金星仰角として $20^{\circ}$ – $35^{\circ}$ 程度を確保できるとともに、金星視直径が $37''$ – $43''$ と大きく、金星夜側面積比も70–77%に及ぶため金星夜側大気の観測に最適な時期であった。観測にはOAOの188 cm反射望遠鏡と、そのカセグレン焦点に搭載された近赤外線分光撮像装置 SuperOASIS (検出器: HgCdTe  $256 \times 256$  pixel,

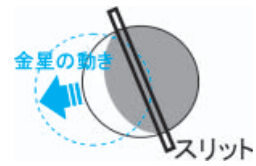


図2 公転差スキャンの概念図。

視野: 約4分角, 観測波長域:  $1\text{--}2.5\mu\text{m}$ ) を用いた<sup>4)</sup>。本観測では分光情報の2次元分布を得るために、地球と金星の公転速度差を利用してスリットを金星ディスク上で移動させ (望遠鏡は通常の恒星時でトラッキングさせた状態で観測)、連続的にスペクトルを取得する「公転差スキャン (Slit scan)」を用いた (図2)。公転速度差により生じるスリットの移動速度から観測時の金星夜面全体をスキャンするのに必要な時間は10分程度であり、この手法によりシーイング (観測時は $2''$ – $3''$ ) とスリット幅 $2.4''$ で規定される空間分解能をもつ3次元データキューブを得ることができる (空間方向2次元+波長方向1次元)。この観測で得られた空間分解能は金星ディスク中心で700 km程度に相当する。

図3は比波長分解能 ( $\lambda/d\lambda$ ) 約800で取得した $2.3\mu\text{m}$ 窓のスペクトルから、金星の移動方向およ

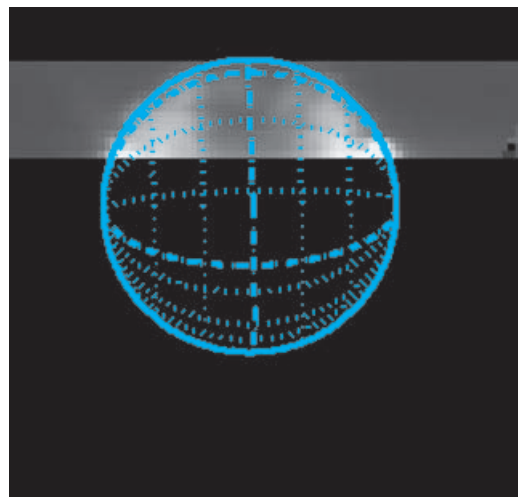


図3 分光撮像観測で得られた $2.30\mu\text{m}$ 金星夜画像<sup>5)</sup>。

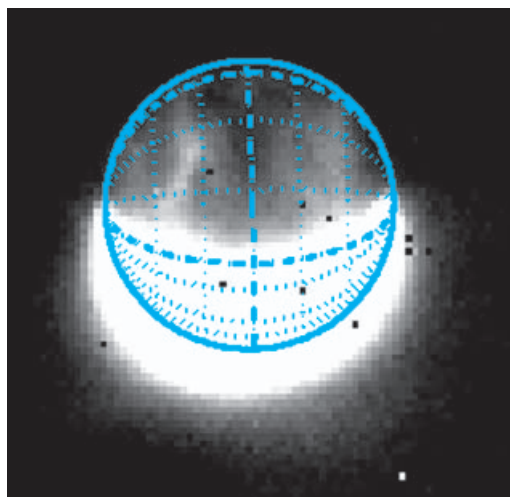


図4 狭帯域フィルター ( $2.28 \pm 0.02 \mu\text{m}$ ) で撮像した金星画像<sup>6)</sup>。

びシーイングによるゆらぎを考慮のうえ、2次元画像化したものである。図4に示した同じ波長域の狭帯域フィルターを用いた撮像画像と同様の雲構造が確認でき、公転差スキャンの手法が適切に機能しているのがわかる。図4において下側は金星の昼面方向であり、金星雲層で散乱した太陽光で信号が飽和している。上側の夜面は、高度26–45 kmの下層大気を光源とする熱放射を観測しており、光量の明暗は雲の淡濃に相当している。

このような分光器を使用したスキャン観測のメリットは、簡単かつ安定な手法で金星ディスク全体を分光撮像し3次元情報を取得できる点にある。PLANET-C/VCO 探査機は地球周回の気象観測衛星と同様に、至近距離から時間的に連続した情報を高い空間分解能で得る計画であり、これにより各高度における雲の運動のモニター観測から金星大気のダイナミクスを明らかにすることが可能であるが、分光学的な情報を取得する装置が予定されていないため、化学的な情報に関しては非常に限られたものしか得ることができない。また同様に、過去のガリレオ探査機や欧州で計画中のビーナスエクスプレス探査機は分光観測を主眼としたものであるが、前者は金星フライバイという

非常に限られた時間の観測にとどまり、後者は近接軌道からの探査機直下点のピンポイント観測となるため、いずれの観測でも全球的な分光情報を取得できない。これに対して地上観測は空間分解能という点において劣ってはいるものの、ディスク全面の高精度な分光画像を得ることができ、探査機による観測と相補的な役割を担うことが可能である。

### 3. 未知の世界—金星の雲の下— CO 分子分布の導出

#### 3.1 「窓」から見える下層大気へ

2.3  $\mu\text{m}$  の金星大気の「窓」では一酸化炭素 (CO) をはじめとする金星大気中微量成分の分子吸収線が観測可能である (図5)。ガリレオ探査機はこの分子吸収線を利用し金星下層大気におけるCOガスの空間分布観測を行い、緯度が高くなるにつれて下層大気中のCO混合比が増加するという結果を得た<sup>7)</sup>。金星のCOガスは雲より上層に生成源をもつと考えられているが、生成源のない下層大気中においてもその空間分布に差が生じていることは、上層大気から下層大気の高緯度地域へと雲層を挟んでCOガスを輸送していく大気循環 (子午面循環) の存在を予見させるものである。しかしガリレオ探査機以降、COガスの空間分布

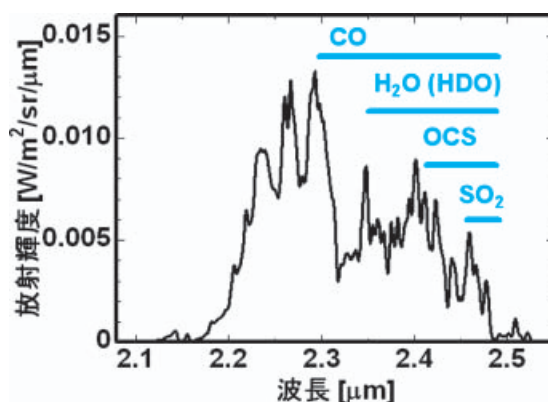


図5 2.3  $\mu\text{m}$  窓の計算スペクトルおよび各分子の吸収領域。計算は後述の放射伝達モデルを使用。

に関して結論を与えるような観測は行われていない。このことから筆者らは、果たしてこのようなCOガスの空間分布は地上観測でも把握できるのか？金星の分厚い雲層を縦断するような大規模な大気循環構造は実在しているのか？ということを観測の主題として研究を進めている。

### 3.2 地上観測によるCO空間分布の導出への挑戦

図6はOAOにおいて観測された中緯度（北緯44度）および赤道上空の近赤外線スペクトルである。放射輝度の絶対的な大小は金星の雲の光学的な厚さの違いによるものであり、図3および図4と同様に雲の薄い中緯度地域では下層大気からの熱放射が強いことが示されている。スペクトルの形状そのものの違いを比較するために2.29 μmで放射輝度を規格化したものが図7である。同図から中緯度と赤道上空で、COガスの吸収領域である2.32 μmよりも長波長側のスペクトル形状に有意な差があることがわかる。

この差は実際のCOガスの混合比の違いを示すものなのか、あるいは雲粒による多重散乱など他の要因によるものなのかを慎重に検討する必要がある。筆者らはこの議論を展開するにあたり金星夜面熱放射を再現する1次元 two stream 近似の放射伝達モデル<sup>8),9)</sup>を準備した。高温大気中の吸収線の計算にはHITRAN（分子線スペクトル

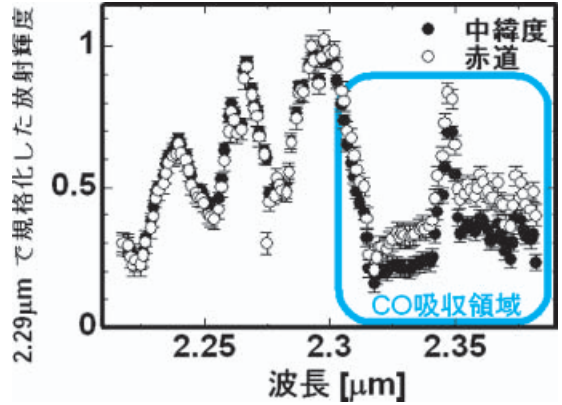


図7 2.29 μmで放射輝度を規格化したもの。CO分子の吸収領域に有意な差が見られる。

データベース)やHITEMP(高温高圧環境下分子線スペクトルデータベース)などのデータベースを利用し、高度48 km上空には雲層を置くことで金星の雲によるミー散乱効果を導入したリアリストティックなモデルを用意した。こうして計算した金星夜面の熱放射に、地球大気による吸収の効果および明るい金星昼面に起因すると考えられる迷光(回り込み)成分を加えた計算スペクトルは、

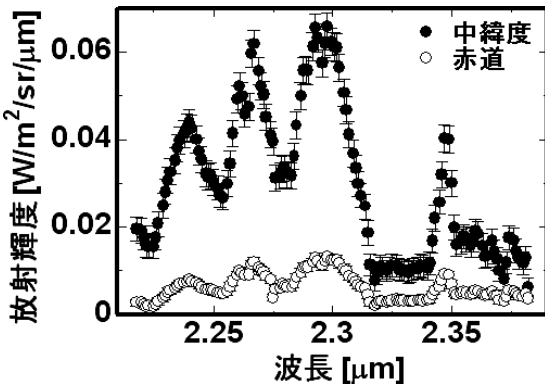


図6 中緯度と赤道域でのスペクトルの違い。

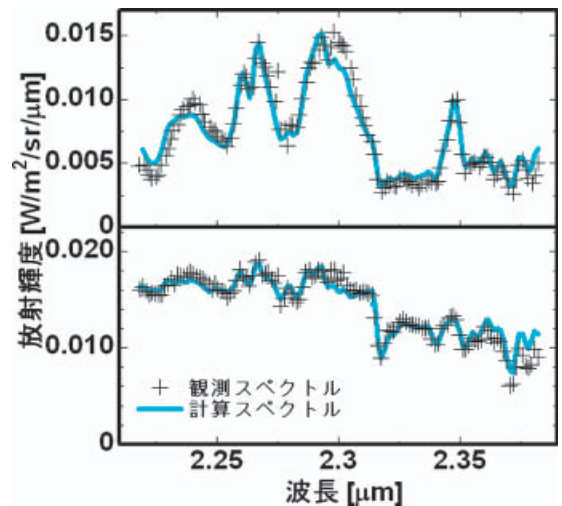


図8 観測された2.3 μmスペクトルおよび最適化した計算スペクトル。(上) 迷光成分の少ないリム付近のスペクトル。(下) 迷光成分の多い昼面付近のスペクトル。

観測結果をよく再現するものであった (図 8)。

このモデルを利用して、CO 混合比および雲の光学的な厚みがスペクトル形状に与える影響を調べたのが図 9 である。これは、CO 混合比を 20, 30, 35, 40, 50 ppm, 雲の光学的厚みを 20.18, 22.71, 25.53, 27.76 と変化させて計算したスペクトルをそれぞれ  $2.29 \mu\text{m}$  の放射輝度で規格化した後に、CO 混合比 35 ppm, 雲の光学厚み 25.53 で計算した参照スペクトルの形状との比の対数をとったものである。この結果から導き出される事実は、雲の濃淡によってもスペクトル形状は若干変化するものの、CO 混合比が  $\pm 5 \text{ ppm}$  (30, 40 ppm) 以上変化した場合は、予想される雲の濃淡よりも有意に大きくスペクトル形状を変化させてしまうことである (同図には図 6 で比較した二つの観測スペクトルの比も比較のために示した)。次に金星の雲が  $2.3 \mu\text{m}$  窓内部の波長域において一様な減光効果を及ぼす (波長依存性がない) と仮定し、緯度方向の CO 混合比の変化を見積もったものが図 10 である。左縦軸は、 $2.29 \mu\text{m}$  で規格化した CO 吸収部分 ( $2.32\text{--}2.34 \mu\text{m}$ ) の平均放射輝度である。値が大きくなる点は、CO 分子の吸収の影響が小さい (CO ガスの存在量が少ない) 領域であることを意味している。さらに CO 混合比を変化させた計算スペクトルでも同様の操作を

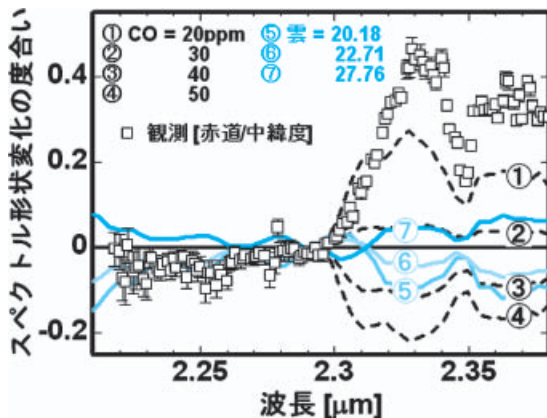


図 9 CO 混合比の変化 (1, 2, 3, 4) および雲の光学厚みの変化 (5, 6, 7) によるスペクトル形状の変化の度合い。値が 0 から外れるほど、参照スペクトル (CO 混合比 35 ppm, 雲の光学厚み 25.53) との形状の違いが大きいことを示す。

することで、おおよその CO 混合比を対応させた (右縦軸)。これらの結果は、高緯度で CO ガス濃度が高いというガリレオ探査機と同様の解析結果を示しており、地上観測においても探査機と同様に金星下層大気の研究を有効に行うことができることを示している。今後は高い空間分解能で雲の濃淡を把握し、その影響を補正することで厳密な CO 混合比の定量化を進めていく計画である。

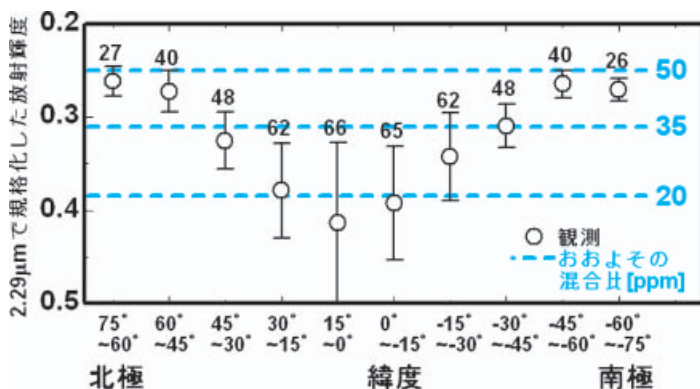


図 10 CO 混合比の緯度分布。迷光成分のために赤道付近では値のばらつきが大きい。添え字の数値は各緯度区間内のデータ数を示す。

## 4. 雲の上の世界—O<sub>2</sub> 夜間大気光

### 4.1 雲上の世界へ

金星の夜間大気光である O<sub>2</sub> 赤外線 (IRA) (0, 0) 帯の発光現象は, Connes らによって発見され (1979)<sup>10)</sup>, その起源として以下のようなメカニズムを含めてさまざまな励起反応が提唱されている<sup>11)</sup>.

- (1) 大気の主成分である CO<sub>2</sub> の昼側上層大気における光分解によって O 原子が生成するプロセス,



- (2) (1) に引き続いて O 原子が昼夜間対流により夜側に輸送され沈降する際に, 高度 95 km 付近で再結合するプロセス,



ここで問題となるのは, 観測されている金星 O<sub>2</sub> IRA (0, 0) 帯大気光の強度が昼側における全酸素原子生成を必要とするほどの大きさに達しており, 既存の励起モデルでの説明が困難なことである. さらに金星 O<sub>2</sub> 大気光に関するこれまでの観測結果から, 大気光強度のピークとなる場所は真夜中 (反太陽点) よりも少し朝側に寄ることが多いことが知られており, この事実は金星の熱圏にもスーパー・ローテーション (西向き流) が存在し, その引きずり効果によりピーク位置にずれが生じていると考えられている<sup>12)</sup>. また大気光強度の空間分布は数時間という短いタイムスケールで変化していることが知られており<sup>11)</sup>, 大気重力波による変調現象による可能性が示唆されているが, 今のところ観測的な証拠は得られていない. このようにこれまでの金星大気光観測データは, 金星熱圏における重要な情報を含みつつも, 多くの謎を残したままの状態が続いている.

### 4.2 岡山天体物理観測所による観測とその結果

筆者らは先に述べた金星大気光の謎を解く手が

かりを得るために, 2.3 μm 帯の観測と合わせて, 1.3 μm 帯においても岡山天体物理観測所において公転差スキャン観測を行った. 観測によって得られた分光データは, 2.3 μm 波長帯のデータ解析と同様に暗電流補正, ドームフラット, 標準星を用いたキャリブレーションを行った. また OH 夜光の輝線データを用いて観測装置の波長特性のキャリブレーションを行った. 取得したスペクトルデータには O<sub>2</sub> IRA (0, 0) 帯大気光に加えて金星下層大気からの熱放射成分も含まれているとともに, 以下の特徴を示している.

- ① O<sub>2</sub> IRA (0, 0) 帯の Q ブランチである 1.269 μm を中心とする鋭いピークが見られ, その両側には R および P ブランチが存在している.
- ② 1.277 μm, 1.305 μm 付近に広がったスペクトラルフィーチャーが存在する. これは雲の下層大気からの熱放射成分であると考えられる.
- ③ 観測波長域全体にわたって金星昼面からの迷光と思われる連続成分が存在している.

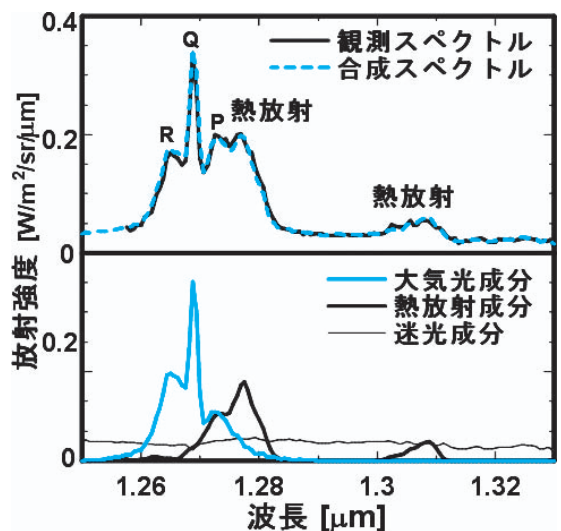


図 11 (上) OAO で得られた金星夜側の 1.3 μm 帯スペクトルとモデルを用いた合成スペクトル. (下) モデル中の各成分のスペクトル<sup>13)</sup>.

以上のことを考慮し、得られた金星スペクトルに対して①大気光成分、②熱放射成分、③迷光成分について、HITRAN, HITEMP, 金星大気の経験モデル VIRA1985, 米国標準大気 (1976) 中緯度春秋モデルを用いてフィッティング操作を行い、観測値との比較によって各成分ごとの寄与率の最適化を試みた (図 11)。図 11 上図の破線で示したものがモデル計算により得られたスペクトルであり、下図に各成分ごとの寄与を示した。夜面ディスク上で取得したすべてのスペクトル線について各成分毎の寄与率を求めて分離し、図 12, 13 に示すように大気光成分、熱放射成分の夜半球における輝度分布を作成した。筆者らの観測においても大気光の強度のピークは反太陽点付近からやや朝側 (画像下側) に現れており過去の観測と同様な傾向を示すとともに、ディスク周縁部では大

気光強度が大きくなる傾向が現れている。この現象は大気の周縁部において視線上に含まれる発光層領域が長くなることに起因する効果 (Van Rhijn 効果) であると考えられる。解析結果から熱放射成分の強度は赤道付近で小さく中緯度付近で大きくなるという傾向が見られる。これまで  $1.3 \mu\text{m}$  帯の熱放射分布に関する観測は報告されていないが、 $2.3 \mu\text{m}$  帯の熱放射の観測ではこの結果と同様の分布が知られており、赤道上において雲の厚みが大きくなることが原因であると考えられている<sup>14)</sup>。さらに筆者らの分光観測における比波長分解能は 1,000 程度と各スペクトル線を分離するほどの分解能を有してはいないものの、大気光スペクトルの温度依存性を用いて大気光発光層の温度を求めることが可能である。このために発光層の温度をさまざまに仮定した大気光スペクトルモデルについて観測時の波長分解能に合わせたスペクトルの形を計算から求め、観測データに対してフィッティング時の誤差が最小となるように各点での発光層の温度を求めた。図 14 に金星大気光発光層の温度分布を示したが、反太陽点付近を中心として温度が高い点が多数存在していることがわかる。さらに定量的な誤差を小さくするために空間方向にビニング処理を行い、高温領域を

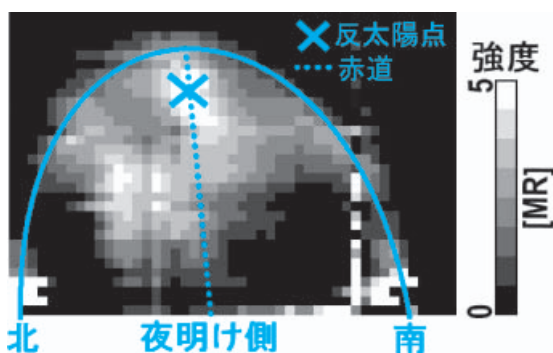


図 12  $\text{O}_2$  IRA (0,0) 帯大気光帯強度分布。反太陽点付近で強度が大きくなる傾向が見られる<sup>13)</sup>。

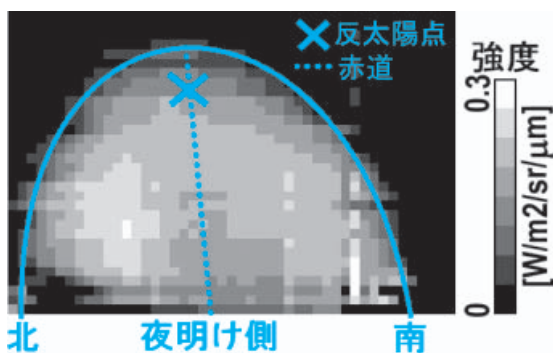


図 13  $1.277 \mu\text{m}$  における熱放射輝度分布。

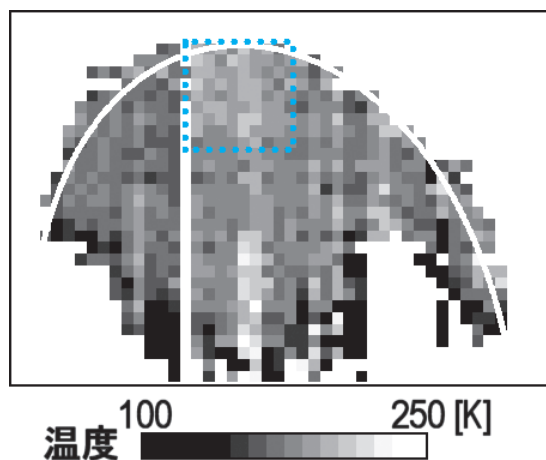


図 14 大気光発光領域における温度分布。反太陽点付近に高温領域が見られる<sup>13)</sup>。

含む  $8 \times 8$  pixel 部分の平均値を調べると、発光層の温度が  $193 \pm 9$  K に達していることがわかった。この温度は発光層全体の平均温度 (175 K) と比較して  $2\sigma$  以上高く、他の領域と比較して有意に温度が上昇していると考えられる。この領域が大気光強度のピーク位置とほぼ重なっていることから、昼夜間対流による大気の沈み込みにより断熱圧縮が起こっている可能性を示唆するものであると考えている。

## 5. 雲の下から垣間見るビーナスの素顔—地上観測のこれから—

### 5.1 雲の下と上を結ぶ観測

本稿では近赤外線波長帯を用いた金星下層大気の CO 観測および上層大気の大気光観測について述べてきたが、全球的な金星大気の物理化学を解き明かすためには上層大気と下層大気とを関連させた大気構造を総合的に把握することが重要である。この実現には複数の近赤外線の窓を利用することのみならず、紫外線・電波といった波長での観測も有効な手段と考えられる。筆者らは 2004 年 4 月に野辺山宇宙電波観測所のミリ波干渉計を使用して金星大気のミリ波マッピング観測を行った。CO 分子の生成源と考えられる上層大気には、ミリ波波長帯に CO 分子の吸収線 (115 GHz, 230 GHz) があり、その線強度、線幅やドップラースhift による速度情報から、上層大気中の CO 混合比や風速を観測可能である。さらにミリ波領域で観測を行うと、硫酸蒸気や二酸化硫黄といった金星の雲を形成する化合物が強い吸収物質となる<sup>15)</sup>。この結果ミリ波で観測した金星の輝度温度分布を利用して、雲層上部から上層大気の温度構造および硫黄化合物の偏在を議論することができる。ミリ波干渉計を使用した惑星のマッピング観測はデータ解析の手法を含めて開拓的な部分があるものの、新たな窓の情報として積極的に推進していきたいと考えている。

### 5.2 より細かく、そして絶え間なく

#### —高空間分解能、長期間の連続観測へ—

筆者らが岡山天体物理観測所で得たデータを解析し、金星大気のダイナミクスについて議論を進めるうえで直面している課題と限界は以下の 2 点に集約される。

- 大気のダイナミクスを議論するのに必要な空間分解能に達していない
- 大気構造の時間変動を追いかけるのに必要なタイムスパンをカバーしていない

まず前者の問題に対しては、シーイング条件が良好な観測サイトの使用が有効である。例として、ハワイ・マウナケア観測所のすばる望遠鏡を利用し近赤外線波長帯で回折限界の空間分解能を得る観測を行うことができた場合、雲頂高度での水平空間分解能として 50 km 程度に到達することができる。この空間分解能は、金星大気のダイナミクスに寄与している構造と同程度の大きさとなり、金星大気における典型的なセル状構造を分解できる可能性があるとともに、連続観測による雲のトラッキング観測から大気の流れの変化を追いかけることができる可能性をも秘めている。マウナケア観測所においても金星全面に対して補償光学を適応し、回折限界の空間分解能を得ることは困難であるとともに、輝度の高い金星表面からの迷光 (回り込み) 対策も必要であるが、開拓的な観測ができるものと期待している。さらに将来的には補償光学でカバーするのが困難な金星ディスク全面観測を実現するため、スペックル干渉法を利用した高空間分解能観測の検討も進めている。一方後者の課題に対しては長期モニター観測が不可欠であり、筆者らは群馬県立ぐんま天文台との共同研究プロジェクトにより、2004 年 4 月-7 月の金星接近時にぐんま天文台の近赤外線撮像分光装置を使用して連続観測を実施し、現在解析を進めている。

両方の課題に究極的な革新をもたらすには、マウナケア観測所などの好サイトに金星をはじめと



する惑星の高空間分解能モニター観測を目的とした専用の望遠鏡の実現が重要であると考えられる。特に深宇宙の観測とは観測装置に求められる条件がかなり異なっている点から、両者に最適化を行うことは非効率的であろう。惑星観測においては対象の天体の表面輝度が明るく広がっているうえ、昼面という大きな輝度をもつ迷光源が存在し、観測装置には大きなダイナミックレンジを要求する。また時間的なモニター観測を行うには太陽が地平線の上にある時間帯にも観測ができることが望ましい。特に内惑星の観測条件が良いのは太陽離角の小さな時期の日中の観測であり、このような観測を実現するには望遠鏡の設計にも大きな制限を与えるだろう。地上からの観測は近い将来の探査機観測と相補的な役割を担うものであり、今後の地上観測の重要性はさらに大きなものとなるであろう。惑星観測専用望遠鏡の実現こそが望まれる形ではないだろうか。

## 謝 辞

金星の近赤外線観測は筆者らを含めて以下のメンバーによる共同観測プロジェクトで推進されています（敬称略）。西原英治（ぐんま天文台）、中村正人、今村 剛、笠羽康正（ISAS/JAXA）、岩上直幹（東京大学）、佐藤毅彦（熊本大学）、はしもとじょーじ（神戸大学）、三原ふみ子（日本 IBM）。国立天文台岡山天体物理観測所での共同利用観測に際しては、柳澤顕史氏をはじめとするスタッフの皆様のご協力をいただきました。またぐんま天文台の観測においてはスタッフの皆様の多大なサポートにより観測計画を進めていることに心より感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) Allen D. A., Crawford J. W., 1984, *Nature* 307, 222
- 2) Seiff A., et al., 1985, *AdSpR* 5, 3
- 3) 岩上直幹, 中村正人, 2002, 天文月報 3月号, 126
- 4) Okumura S., et al., 2000, *PASJ* 52, 931
- 5) 大月祥子, 佐川英夫ほか, 2004, 日本惑星科学会 遊星人 13 卷 1 号, 31
- 6) Sagawa H. et al., 2003, *ISAS Research Note* 765, 1
- 7) Collard A. D., et al., 1993, *P&SS* 41, 487
- 8) Toon O. B., et al., 1989, *JGR* 94, 16287
- 9) Pollack J. B., et al., 1993, *Icarus* 103, 1
- 10) Connes P., et al., 1979, *ApJ* 233, L29
- 11) Crisp D., et al., 1996, *JGR* 101, 4577
- 12) Allen D., et al., 1992, *Nature* 359, 516
- 13) Ohtsuki S., et al., 2005, in Press, *Adv. Space Res.*
- 14) Crisp D., et al., 1991, *Science* 253, 1538
- 15) Jenkins J. M., et al., 2002, *Icarus* 158, 312

### Infrared Imaging-spectroscopic Observations of Venus Atmosphere

Shoko OHTSUKI and Hideo SAGAWA

*Graduate School of Science, University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan*

Munetaka UENO

*Graduate School of Arts and Sciences, University of Tokyo, 3-8-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153-8902, Japan*

**Abstract:** We present a report on our recent observations of Venus atmosphere which we have performed in infrared wavelength at Okayama Astrophysical Observatory. The data show important results on the CO distribution and on O<sub>2</sub> IRA (0, 0) 1.27 μm airglow in the atmosphere. The infrared windows of the Venusian atmosphere are rather developing areas and will give us important information on the dynamics of Venus atmosphere.