

金星大気の電波観測

On Radio Observation of Venus Atmosphere

はしもと じょーじ[1], 笠羽 康正[2], 今村 剛[2]

George L. Hashimoto[1], Yasumasa Kasaba[2], Takeshi Imamura[3]

[1] 東大・気候システム, [2] 宇宙研

[1] CCSR, Univ. Tokyo, [2] ISAS, [3] The Institute of Space and Astronautical Science

・イントロ

宇宙科学研究所で計画されている Venus Climate Orbiter は、金星の大気運動を全球的かつ立体的に可視化することを目的として設計されている。これによって地球とは違う濃密な大気を持つ金星に存在する気象現象を根こそぎ検出するとともに、金星の大気大循環をコントロールするメカニズムの解明を目指している。この計画の一番の目玉は、近赤外域に発見された窓の波長を用いることで、これまで雲によって遮られ観測することのできなかった雲頂より下の大気運動を観測することである。本講演では、この Venus Climate Orbiter 計画と関連させながら、地上からの電波を用いた観測によって金星大気についてどのような観測が可能であるか、必要であるか、といった事柄についてレビューする。

・風速

大気中に存在する分子が持つ吸収線のドップラー・シフトを観測することで、風速を測定することができる。これまで金星の大気については、115-220 GHz にある CO の吸収線を利用して高度 95-105 km の風速を観測することなどがおこなわれている[e.g., Lellouch et al., 1994]。

この方法は、吸収線が分子同士の衝突によって広がってしまう高圧の領域に対しては使うことができない。これは、吸収線の幅が衝突によって広がってしまうと吸収線の位置を同定することができなくなり、ドップラー・シフトの大きさを決めることができなくなるためである。ちなみに雲頂における衝突広がりには ~150 MHz 程度であるのに対し、視線方向に 100 m/s の風速があることによるドップラー・シフトはわずか ~30 kHz (100 GHz のとき)にすぎない。したがって、雲頂より下の風速を測定することはかなり難しいことがわかる。

電波を使ったドップラー・シフトの観測は、吸収線が分子同士の衝突によって潰れない上層(金星では高度 95 km 以上)にしか適用できないが、昼夜を問わず連続的に観測できるといった利点を持つ。高空間・時間分解能でこうした領域の風系を観測することができれば、金星中間圏の力学を考える上で大きな意味を持つデータとなるだろう。

・大気化学

金星の全面を覆う硫酸の雲は、上層大気における光化学反応によって生成した硫酸が元となって生成していると考えられている。この硫酸の雲は放射によるエネルギー輸送に影響を及ぼし、それによって大気の色や運動にも大きな影響を与えている。したがって硫酸の光化学反応による生成過程を解明することは、金星大気の運動を考える上でも重要な問題のひとつと言える。

金星上層大気における化学反応ネットワークを解明するためには、そうした化学反応によって存在量が変化する分子種について、その存在量を測定することが必要である。サブミリ波の領域には、そういった化学反応ネットワークにおいて重要な役割を果たしている分子の吸収線が複数存在している。一般にそういう分子は微量にしか存在していないことが多いが、リムを観測するなどの方法によってそうした微量成分も観測できることが光化学モデルと放射輸送の計算によって示されている[Mills, 1999]。

・硫酸蒸気

金星の雲は主に濃硫酸水溶液の液滴によって作られている。したがって金星で硫酸蒸気の分布を観測することは、地球で水蒸気の分布を観測することと同等の意味を持つと言える。地球においては気象衛星によって水蒸気の分布が定常的に観測されており、そのデータは気象学研究に多いに活用されている。そのことを考えると、金星においても濃硫酸蒸気の分布を観測することが重要であると言えるだろう。

硫酸蒸気はミリ波の領域で吸収があるため、そういった波長で観測すればその量を推定することができる。Jenkins et al., (2002) は水平方向に一律を仮定して、周辺減光を使って硫酸蒸気の鉛直分布を求めている。気象学的な見地からは、カラム積算の硫酸蒸気量を高空間分解能で 2 次元マッピングできると面白い。

・大気温度

センチメートルからミリメートルの波長で金星を観測すると、金星大気の主成分である二酸化炭素の連続吸収の強さに応じて様々な高度で射出された電波を雲上で観測することができる[e.g., Lorentz et al., 2001]。こ

のことは、様々な振動数で輝度温度を測定しインバージョンすることで、金星大気の鉛直温度構造を推定することができることを意味している。高い空間分解能でこうした観測をおこなうことができれば、金星大気の温度構造を3次的に把握することができ、気象学的に大きな意味を持つデータを取得することができる。