

赤外レーザーヘテロダイナミクス分光による地球型惑星中間圏の風速場/温度場計測の誤差評価 Mesospheric wind/temperature measurements in the terrestrial planetary atmosphere using the IR heterodyne spectroscopy

高見 康介^{1*}; 中川 広務¹; 佐川 英夫²; 青木 翔平³; 笠羽 康正¹; 村田 功¹
TAKAMI, Kosuke^{1*}; NAKAGAWA, Hiromu¹; SAGAWA, Hideo²; AOKI, Shohei³; KASABA, Yasumasa¹; MURATA, Isao¹

¹ 東北大学, ² 京都産業大学, ³ イタリア宇宙航空機構

¹Tohoku University, ²Kyoto Sangyo University, ³Istituto Nazionale di AstroFisica

地球型惑星の中間圏は下層の濃い大気と上方の宇宙へと散逸していく大気の接続領域となっている。また、地上からの伝搬してくる重力波がこの領域で碎波し、運動量とエネルギーの受け渡しが行われ、風速、温度の擾乱が起り、変化が激しい特徴を示す領域でもある。このように、惑星中間圏の研究は大気の上下結合、すなわち下層大気の活動が大気散逸にどのように影響を与えるのかを理解するのに非常に重要であるが、未解明なことが多く存在している。火星では、超高層で CO₂⁺ や O₂⁺ など、重イオンの散逸量が理論値を大幅に上回る量が観測されており [Carlsson et al.,2006]、このような重いイオンを下層から上層に上方伝播させるメカニズムが不明である。金星では、スーパーローテーションと昼夜間対流の遷移領域の様相が未だ不明となっている。下層大気中で発生した大気波動が運動量、エネルギー、物質の輸送に大きく寄与していることが先行研究によって指摘されているものの、定量的な理解が進んでいない。その理由として、下層と上層を繋ぐ結合領域である中間圏の観測が不足している事が挙げられる。中間圏の風速や温度場を高精度に観測する事が出来れば、大気波動がどのように大気上下結合に影響を与えているか知る事が出来る。

中間圏の風速、温度の算出する一つの方法として、中間圏で発光する CO₂ の non-LTE emission から求める方法があるが、従来の分光法では波長分解能が不足して emission が見えず、解析が不可能である。これを観測するためには、高い波長分解能が必要であるため観測例が少ない。サブミリ・ミリ波観測による CO 観測から風速、温度を導出する先行研究が報告されているが、ビームサイズが大きく空間分解能が不足している。本研究では CO₂ の non-LTE emission を観測するため、超高分解能の赤外レーザーヘテロダイナミクスを用いる。このヘテロダイナミクス分光は理想的な波長分解能は ~ 10⁷ に達し、サブミリ・ミリ波観測よりはるかに高い空間分解能、60cm 望遠鏡 10μm で ~3.5" を持つ。

本発表ではケルン大学で開発された赤外ヘテロダイナミクス分光器 Tuneable Heterodyne Infrared Spectrometer (THIS) のデータを用いて、金星の風速・温度場の導出方法とその導出精度について議論する。使用するデータは、アリゾナ州キット・ピーク国立太陽観測所の望遠鏡に THIS を取り付け、2009年6月4日の金星朝側周縁南緯 33° を積分時間 20 分で観測したものである。高度 110km 付近の CO₂ non-LTE emission から、風速はドップラーシフト量、温度は半値幅から直接的に導出することができる。その結果、風速 ±11m/s、温度 184±12K の精度で導出できることが明らかになった。誤差は emission line をガウスフィットし、 $\chi^2 \leq 1$ として求めた。得られた誤差は火星・金星大気の温度擾乱 (火星で 5-35K、金星で 5-40K [Deming and Mumma, 1983]) を観測するのに十分な精度であり、波長分解能から期待される風速誤差 (±10m/s) と近い値である。導出された温度は Pioneer Venus プローブ ([Clancy et al., 2008]) によって得られたその場観測の結果と良い一致を示す。

本研究で確立した導出方法を 2015 年 3 月からハワイ、ハレアカラ山頂にて本格稼働する東北大学独自の赤外ヘテロダイナミクス分光器によって得られる火星、金星スペクトルに適用することで、地球型惑星大気中間圏の解明に貢献していく予定である。

キーワード: 中間圏, 赤外, ヘテロダイナミクス, 誤差, 火星, 金星

Keywords: mesosphere, infrared, heterodyne, error, Mars, Venus