

惑星探査用中間赤外高分散分光計システムの基礎開発：量子カスケードレーザーによるヘテロダイン試験システムの構築

Development of the Tunable Heterodyne Infrared Spectrometer using a quantum-cascade laser for atmospheric studies of the planets

橋本 明 [1]; 笠羽 康正 [2]; 中川 広務 [3]; 岡野 章一 [4]; 村田 功 [5]; 坂野井 健 [6]

Akira Hashimoto[1]; Yasumasa Kasaba[2]; Hiromu Nakagawa[3]; Shoichi Okano[4]; Isao Murata[5]; Takeshi Sakanoi[6]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大・理; [3] 東北大・理・地球物理; [4] 東北大・理; [5] 東北大・環境; [6] 東北大・理
[1] Dept. Geophysics, Tohoku University; [2] Tohoku Univ.; [3] Dept. of Geophysics, Tohoku Univ.; [4] PPARC, Tohoku Univ.; [5] Environmental Studies, Tohoku Univ.; [6] PPARC, Grad. School of Sci., Tohoku Univ.

波長 3~20 μm の「中間赤外域」は、多数の分子振動・回転バンドからなる芳醇な情報を含み、惑星大気の「微量ガス検出」「温度場検出」「速度場導出」等を可能とする。高感度（ショット雑音限界）高分解能（107-8=数 \times 数十 m/s に相当）の搭載機器を軽量・低電力で実現できれば、惑星研究に大きな飛躍をもたらさう。

特に火星において、最近の衛星・地上観測からその存在を示唆されているメタン [e.g., Formisano et al., 2004] は、火星における生命活動の証拠となりうる非常に興味深い微量成分である。微量成分検出に絶えうる高分解能な観測装置を実現できれば、メタンの地域依存性・季節変動等を長期モニタできる地上観測が重要となってくる。しかし現状では、感度・分解能不足から地上観測で火星メタンを検出した事例は未だない。我々はこのような当該分野の重要未解明問題を解明するため、量子カスケードレーザーを用いたヘテロダイン分光システムの開発に着手した。レーザーヘテロダイン分光システムでは非常に高い分解能を実現できる上に、レーザーの出力により装置感度を向上可能という特性を持つため、高感度・高分解能を達成できる。

赤外線レーザーヘテロダイン分光システムは、東北大グループによって1990年代から開発されてきた。しかし当時の半導体レーザーでは、「局発」=「波長安定度の高い、波長可変な、強光度のレーザー光源」に致命的問題があり、地球大気計測に用いられたものの、惑星用は2003年に開発を中絶していた。最近、「量子カスケードレーザー」が米国で実用化された。このレーザーはInGaAs/InAlAs超格子を用いる。波長4~16 μm において「108程度の波長安定度、数%の波長変更可能、小型かつ100mWの強光度」を有し、上記の課題を解消可能である。米国・ドイツで「搭載機器化」を意識した開発が開始されている [e.g., Kostiuk et al., 2001; Sonnabend et al., 2005, 2006; Fast et al., 2006]。国内では、浜松ホトニクスが上記材料によるレーザー開発に成功し、試験出荷を開始した。また、東北大・電気通信研究所では、より短波長帯からカバー可能な素子開発が進んでいる。我々のグループでは、過去の「赤外線ヘテロダイン技術開発」の蓄積を掘り起こしつつ、以下をステップバイステップで実施しつつある。1. 量子カスケードレーザーの駆動方法の確立（将来の発振波長制御、安定化の基礎）、2. 量子カスケードレーザーを光源とした「小型 in-situ 微量ガス検出システム」の基礎開発（将来の「Lander and Entry Probe 搭載機器」の基礎）、3. 量子カスケードレーザーを光源とした「ヘテロダインシステムの基礎構築（将来の「地上と衛星 Remote Sensing 機器」の基礎）。現在は、レーザー駆動の確認を終え、電気系システム再構築を終了しつつある。1月中に「2」、2月中に「3」まで到達し、「1」をこれにより実施する。年度内に、太陽・月を光源とした地球大気の上記ヘテロダインシステムによる試験観測を行うことを目標としている。