

超小型火星探査衛星への搭載を見据えた0.48 THz帯ヘテロダイン受信機の開発・評価

Developments and performance evaluations of 0.48 THz band heterodyne receivers for the future Mars terahertz sensor missions with micro-satellites

*富原 彩加¹、松本 怜¹、前澤 裕之¹、笠井 康子²、佐藤 滋²、黒田 剛史²、山田 崇貴²、西堀 俊幸³、長谷川 豊³、笠羽 康正⁴、Larsson Richard⁵、中須賀 真一⁶

*Ayaka Tomihara¹, Satoshi Matsumoto¹, Hiroyuki Maezawa¹, Yasuko Kasai², Shigeru Yamada², Takeshi Kuroda², Takayoshi Yamada², Toshiyuki Nishibori³, Yutaka Hasegawa³, Yasumasa Kasaba⁴, Richard Larsson⁵, Shinichi Nakasuka⁶

1. 大阪府立大学、2. NICT、3. JAXA 宇宙航空研究開発機構、4. 東北大学、5. マックスプランク研究所、6. 東京大学

1. Osaka Prefecture University, Osaka, Japan, 2. National Institute of Information and Communications Technology (NICT), Tokyo, Japan, 3. Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Tohoku University, Tohoku, Japan, 5. Max planck Institute Solar System Research, Göttingen Germany, 6. Tokyo University, Tokyo, Japan

系内外の地球型惑星の大気環境やハビタビリティを理解する上で、火星は重要な研究ターゲットである。火星ではメタンが検出されており、その発生起源はもとより、消失を促す大気の酸化反応ネットワークの解明なども重要なテーマとなっている。火星の大気の進化の理解のためにも、H₂Oの時間変動、O₂の高度分布などの詳細かつ系統的な観測は今後も重要な課題である。またCO₂大気を纏う典型的な地球型惑星において、バイオマーカーであるO₂やO₃がどの程度非生物的に形成されるのかについても火星は重要な知見を与えてくれる。

そこで我々は、超小型衛星を用いた着陸機あるいはオービターにTHzセンシングシステムを搭載し、火星の着陸機やオービターにより大気中のO₃、O₂、H₂O、H₂O₂などの微量分子の昼夜・季節を通じた変化をリモートセンシングすべく、超軽量・低消費電力の0.48 THz帯ヘテロダイン検出器のBread Board Modelの開発を行った。THz帯ヘテロダイン分光は、高い周波数分解能により惑星大気の微量分子の高度分布を導出できる他、波長が長いためエアロゾル/ダストの影響を受けにくい特徴がある。また太陽のような背景光源が不要なため昼夜問わない観測も可能である。

今回、受信機部には常温動作のショットキーバリアダイオードによるサブハーモニックミキサ(SHM)検出器を採用し(製作は米国バージニアダイオード社)、入力部には円偏波分離デバイスを用いて、2つの偏波を取り出せるようにした。これにより2系統の受信システムを平面かつコンパクトに集積が可能となった。BBMのSHMミキサの雑音温度(DSB)は1~6 GHz帯で1400-1500Kを得た。ミキサ受信機部の消費電力と重量は11.2 W (1.66 A)、0.6 kgである。局部発振波は、水晶発振器をリファレンスにした位相同期型固定発振器の13 GHz帯の信号をIntegrated amplifier-multiplier chain (IAMC)により18通倍・増幅している。常温における約3.5度の温度変動に対しては0.48 THz帯での周波数ドリフトは100 kHz程度であった。これらフロントエンドシステムの性能を踏まえ、大気の放射輸送シミュレーションを行ない、大気中のO₂やH₂OはもとよりO₃やH₂O₂といった微量分子も十分観測できることを確認している。本講演では、これらの結果について報告する。

キーワード：火星、惑星大気、ヘテロダインリモートセンシング、テラヘルツ、超小型衛星

Keywords: Mars, Planetary atmosphere, Heterodyne remote sensing, Terahertz, Mars lander with Micro-satellite