

超小型火星探査機搭載 THz ヘテロダイン分光システムの開発検討

松本 怜 [1]; 西田 侑治 [2]; 真鍋 武嗣 [3]; 前澤 裕之 [4]; 笠井 康子 [5]; 黒田 剛史 [5]; 落合 啓 [5]; Larsson Richard [5]; 佐藤 滋 [5]; 今村 剛 [6]; 和地 瞭良 [6]; 阪上 遼 [6]; 高橋 亮平 [6]; 中須賀 真一 [6]; 長谷川 豊 [7]; 西堀 俊幸 [8]; 佐川 英夫 [9]; 笠 羽 康正 [10]

[1] 大阪府大・理・物; [2] 大府大・理・物; [3] 大阪府大・工・航空宇宙; [4] なし; [5] NICT; [6] 東京大学; [7] JAXA/ISAS; [8] なし; [9] 京都産業大学; [10] 東北大・理

THz-band Heterodyne Spectroscopy Sensing System on board Mars Micro-satellite Lander/Orbiter

Satoshi Matsumoto [1]; Yuji Nishida [2]; Takeshi Manabe [3]; Hiroyuki Maezawa [4]; Yasuko Kasai [5]; Takeshi Kuroda [5]; Satoshi Ochiai [5]; Richard Larsson [5]; Shigeru Sato [5]; Takeshi Imamura [6]; Akifumi Wachi [6]; Ryo Sakagami [6]; Ryohei Takahashi [6]; Shin-ich Nakasuka [6]; Yutaka Hasegawa [7]; Toshiyuki Nishibori [8]; Hideo Sagawa [9]; Yasumasa Kasaba [10]
[1] Osaka Prefecture Univ; [2] OPU; [3] Aerospace Engineering, Osaka Prefecture Univ.; [4] none; [5] NICT; [6] The University of Tokyo; [7] JAXA/ISAS; [8] JAXA; [9] Kyoto Sangyo University; [10] Tohoku Univ.

Recently the heterodyne instrument for the HIFI (Heterodyne Instrument for the Far Infrared) on board Herschel space observatory (European Space Agency) indicated that the mixing ratio of molecular oxygen in the Martian atmosphere shows the increase at the lower atmosphere. The NASA's infrared telescope and Mars rover, Curiosity have also discovered the concentration of Methane on Mars. For understanding of the sources of these species, it is crucial to reveal the chemical reaction network of the Martian atmosphere as well as the presence or absence of life. We have started to study the development of the 0.4 THz band heterodyne spectroscopic system for the remote sensing of the minor constituents such as O_2 , H_2O , O_3 , CO , their isotopes, and so on in the Martian atmosphere through the night- and day-time and the four seasons. At present, we are planning to install this THz system on the Mars micro-satellite orbiter and lander under consideration by Nakasuka group of the University of Tokyo.

Thanks to the high frequency resolution THz band heterodyne spectroscopy is the powerful tool to derive altitude distributions of the minor constituents and less affected by absorption and scattering of aerosol/dusts in the lower altitude, without the background sources like the Sun.

In this mission due to the budget limitations of the weight, space, and electric power, it's vital to optimize the thermal and structural design and components of the system. For the frontend Schottky barrier diode mixer devices implemented with frequency multiplying local oscillators (Virginia diode Inc.) are utilized. Input RF signals are divided to right and left handed polarized waves with the novel waveguide-type circular polarizer, which will allow us to estimate the magnetic field near the ground of Mars by observing the difference of the polarized spectral line profiles induced by the Zeeman effect.

One of the good landing candidate sites in the low latitude plains area, Isidis Planitia, has the surface temperature from 190 - 280 K and 0.7 % atmospheric pressure as the Earth's one according to the Mars Climate Database. With this in mind for the case of lander the thermo-fluid simulations of the THz sensing system were performed. In this presentation we will discuss the design of the THz band heterodyne sensing system, the results of 3D high frequency electromagnetic simulations of the newly designed circular polarizer, and the 3D-thermal simulations of the system.

ハーシェル宇宙望遠鏡 (European Space Agency) の HIFI (Heterodyne Instrument for the Far Infrared) により、火星大気において酸素分子の混合比が低高度において増加する傾向が捉えられた。また、局所的なメタンの発生も NASA の赤外望遠鏡や火星探査車キュリオシティによって観測されている。しかし、これらはいずれも、その起源が未解明であり、生物起源である可能性も含め、火星環境における基本的な化学反応ネットワークの理解が急務な課題となっている。我々は、東京大学工学系研究科の中須賀研究チームが検討を進めている超小型火星衛星による周回機や着陸機により、火星大気中の O_2 、 H_2O 、 O_3 、 CO やそれらの関連同位体分子などの昼夜・四季を通じた観測、Zeeman 効果による低高度の火星磁場の計測、惑星における酸素などのバイオマーカーのポテンシャルを探るべく、0.4 THz 帯ヘテロダイン分光システムの開発検討を進めている。

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微量分子の高度分布を高精度に導出できる他、エアロゾル/ダストの影響を受けにくく火星全体を覆うようなダストストーム発生時でも低高度まで見通して大気の観測が可能であること、背景光源が不要であり昼夜の面を問わず大気を観測できる強みがある。受信機には新規の円偏波分離デバイスと SBD ミクスと通倍型の固体局部発振器を内蔵した常温のヘテロダイン検出器を、分光計にはマックスプランク研究所のチャープ変換型分光計を採用する計画である。超小型衛星であるため、現在の検討段階で搭載できるバジェットは 7kg 程度以下の制限があり、システムや構造、熱設計の検討が重要となる。Mars Climate Database を用いて調べたところ、着陸機の着陸候補地の 1 つである火星の低緯度地域のイシディス平原は、1 公転周期の季節変動と日照変化によって地表の温度は 190~280 K 程度、高度 0.5 m 付近の気温は 200~250 K 程度まで変動することがわかった。ローバーを想定した火星の大気圧程度の流体も考慮した 3 次元熱解析シミュレーションを実施したところ、夜間はヘテロダイン検出器の許容動作範囲内に収まらない可能性があることが分かった。また、火星大気圧下の熱伝達の影響や、シールドの輻射率を変えることでシステムの外気への輻射冷却による影響を調べた。昼夜間の温度変動を許容動作範囲内で抑えるべ

く、ヒーターや熱伝導を効果的に使うなどのさらなる検討を進めている。本講演では、これら熱流体解析の結果や、THzヘテロダイン分光システムの検討状況、セプタム型の円偏波分離デバイスの3次元高周波電磁界解析の結果などについて報告する。