

軽量でシンプルなハイパースペクトラル干渉計ボロメータで気体種を検出

地球の大気や他の衛星の大気で二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、あるいはその他の気体種の量を定量化する際、あるいは地球のバイオマス予測をするために山火事のエネルギーを計測する場合でも、赤外(IR)イメージングやセンシングは多くの科学領域で不可欠である。また多くの大気気体や点火で3~5μmの強い中赤外(mid-IR)光が出るが、8~14μmの長波IR(LWIR)に比べて検出できる光が著しく少ない。言うまでもなく、中赤外検出で大きな、大電力を食う冷却装置を使って信号対雑音比(SNR)を高めなければならないことがある。

こうしたデメリットを考慮し、また分光型分光計に対する干渉法における光スルーputの高い優位性から、米ハワイ大の研究者は、干渉計ベースのスペクトルイメージングシステムを開発した。ここでは、分光計と組み合わせた古典的な冷却フォトン検出アレイではなく、非冷却マイクロボロメータを使用する⁽¹⁾。この小型大気種IR検出機(MIDAS)は低消費電力で軽量のハイパースペクトラルイメージングであり、従来の分光計に代わるものである。

MIDASタッチ

基本的に、MIDASはサニャック干渉計と結合した非冷却マイクロボロメータ(37.5μmピクセルピッチ、30Hz、320×240、2.5W)で構成されている(図1)。干渉計のビームスプリッターと2つのミラーが入力光をその個別周波数に分け、干渉縞を生成する。これを標準のフーリエ変換アルゴリズムを使って処理し、

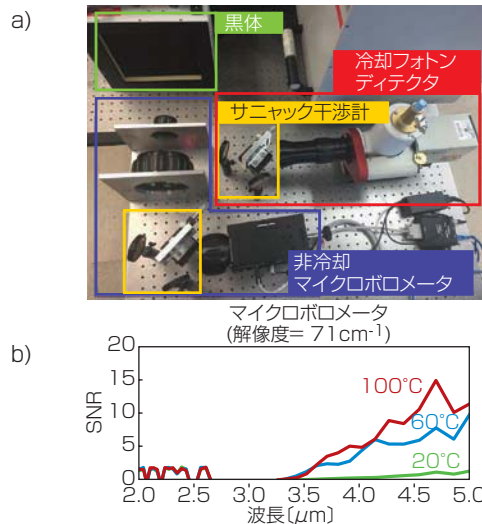


図1 干渉計ボロメータと標準の冷却フォトンディテクタを比較してどう違うかを分析する実験セットアップ(a)で、MIDAS測定器(ブルー描線)はサニャック干渉計(黄色描線)とレンズを通して熱い黒体(緑色描線)を見るように設置されている。冷却フォトンディテクタ(赤色描画)もサニャック干渉計を通してみる。信号対雑音比(SNR)結果が多様な温度(b)で比較されている(画像提供:ハワイ大)。

状況の各要素に対してキャリブレーションされたスペクトルトレースを引き出す。セットアップには、アンチモン化インジウム(InSb)冷却フォトンディテクタも含まれ、ディテクタは30μmピクセルピッチ30Hzで動作する320×256アレイで、出力は12Wである。

ハワイ大の研究者は、サニャック干渉計と結合した非冷却マイクロボロメータがLWIRで十分なSNRを提供できることをこれまでに実証している。MIDASの目標は、同じサニャック干渉計構成で、MIDASとInSb冷却フォトンディテクタを比較し、MWIRにも当てるかどうかを判断することである。

SNR、雑音等価温度差(NEΔt)、雑音等価スペクトル放射輝度、スペクトル感度、既知のガス濃度で満たされたガスセルの比較は、干渉計の増強された集光能力により非冷却マイクロボロメータがMWIRで使えるようになるかを決定するのに役立つ。現在のSNR計測は、MIDASが高温ターゲット

トへの利用で最適であることを示している。こうした計測が改善できるかどうかを決定するために、さらなる分析が行われている。

「ハワイ大学では、分光検出器用非冷却マイクロボロメータの性能を正確に規定しようとしている」と院生研究助手、ケイシー・I・ハニボール氏(Casey I. Honniball)は話している。「われわれは、高温ターゲットを使い、様々な地球および惑星科学アプリケーション、宇宙からのガスの検出などに目を向けている。例えば、地球や太陽系の他の惑星の火、ガスの炎、火山、溶岩流である。MIDASのような計測器は、計量で低消費電力であるので、小型人工衛星に搭載するIRイメージング分光にとっては魅力的な候補である」。

(Gail Overton)

参考文献

(1) C. I. Honniball et al., SPIE Newsroom online, doi:10.1117/2.1201607.006630 (Aug. 9, 2016); see <http://bit.ly/2eJPWLx>.