

レーザー誘起電子雪崩崩壊を使い 放射性物質を遠隔検出

米メリーランド大の物理学者は、放射性物質を遠隔検出する新しいレーザーベースの方法を開発した⁽¹⁾。物質近傍で電子アバランシェブレイクダウン（雪崩崩壊）の誘起に赤外（IR）レーザービームを利用することに基づいており、その新技術は遮蔽された物質を遠隔から検出することができる。中赤外（ $3.9\mu\text{m}$ ）レーザーが空気中でアバランシェブレイクダウンを誘起するが、これは放射能によって生まれる電離「シード」に感度がある。その方法は、放射性物質の近傍であることを必要とする現在の技術を改善する。

極めて簡素なバージョンでは、結果はON/OFF検出感度である。研究者は、より高度なバージョンも開発している。これはアバランシェの時間的始まりのシフトを計測し、それを放射線源からの電離度に関連付ける。

「従来の検出法は、放射能崩壊粒子のディテクタとの直接的相互作用に依存している」と、同大の物理学院生、ロバート・シュヴァルツ氏（Robert Schwartz）は言う。「これらの方法はすべて、距離とともに感度が低下する。我々の方法の利点は、本質的に遠隔プロセスであることだ。さらなる開発が進めば、サッカー場の距離から箱の中の放射性物質を検出することができるようになる」。

放射性物質は、崩壊粒子を放出するので、その粒子が空気中の原子近傍から電子を剥ぎ取り、少数の自由電子が生まれ、これらは直ちに酸素分子に付着する。中赤外ビームこのエリアに集光することにより、シュヴァルツ氏と

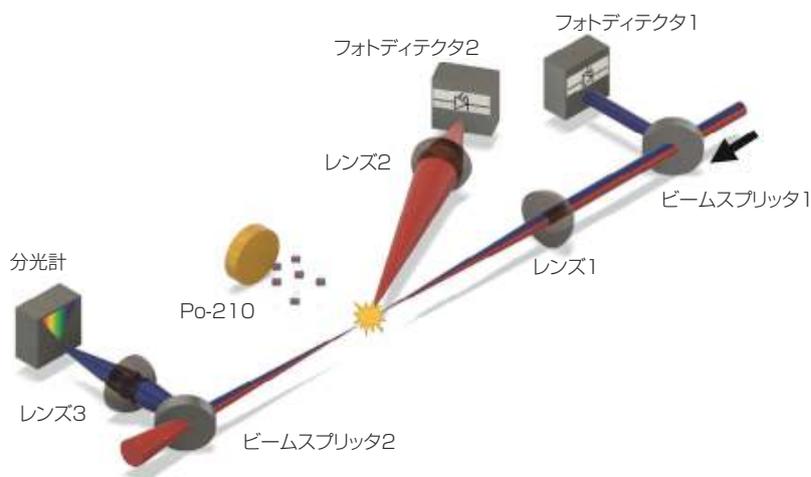


図1 放射能の遠隔検出のためのレーザーベースの計測装置は、中赤外（mid-IR）レーザーを使って空気中にアバランシェブレイクダウンを誘起するが、放射能が存在するときだけでなく、プローブビームはブレイクダウンを検出する。設定では、 $3.9\mu\text{m}$ パルスポンプレーザービームが、 $1.45\mu\text{m}$ チャープパルスプローブレーザービーム（両方とも光パラメトリック増幅器で生成され、したがって、相互にパワーに比例している）とともに伝播し、ビームスプリッタ1を透過してプローブ光の一部を参照フォトディテクタ1に送る。集光レンズ1により集光されるポンプ光で引き起こされ、ポロニウム源からのイオン化放射がアバランシェ電離を起こす（黄色のスパーク）。ブレイクダウン速度は、放射能濃度に比例する。プラズマ密度の増加が、ブレイクダウン後のチャーププローブ光を阻止し（このバージョンでは、ブレイクダウン速度は放射能濃度に比例する）、検出され、分光計で計測される。

その同僚は、酸素分子からこれらの電子を容易に引き離し、アバランシェブレイクダウンを起こす。これは比較的容易に検出される（図1）。

方法はスケーラブルである

特筆すべきは、研究チームの方法は極めて特殊であり、放射性物質の検出に感度があることだ。レーザーパルスなしでは、放射性物質だけでは電子アバランシェを引き起こさない。同様に、レーザーパルスだけでは、放射性物質によって生まれるシード電子がなければ、アバランシェを誘起することはない。

その方法は、今のところ、概念実証試作であるが、放射性物質を検出する

この新方法は、拡張されて、通関施設で出荷用コンテナをスキャンできるようになり、セキュリティアプリケーション向けの新たなツールになる。

「当面、我々は実験室サイズのレーザーを使っているが、10年程度で、エンジニアはこのようなシステムを小型トラックに組み込むことができるだろう。どこにでもトラックを配置して、そのようなシステムを導入できる。これは、港で作業をモニタする強力なツールになる」とシュヴァルツ氏は話している。

参考文献

(1) R. M. Schwartz et al., Sci. Adv. (2019); doi:10.1126/sciadv.aav6804.