

ライブニッツ研究所での LIDAR の大気研究

昼間でも 100km 離れた単一原子からのレーザービーム反射を検出する

背景：

大気研究では、パルスレーザービームを使用して、大気中の高さ 100 km でドップラーシフトおよび後方散乱光を測定することにより、ビームに沿った温度と風速を測定します。戻ってくる光の信号は非常に弱く、日光によって遮られる可能性があります。ライブニッツ大気物理学研究所 (IAP) はこの問題を解決しました。彼らは、



日中に使用できる世界で唯一の携帯機器を開発し、すでに南極の大気条件に関する新しい洞察を提供しています。この新世代のコンパクトで信頼性の高いシステムは、斬新なダイオードポンプレーザを使用し、その中心にあるのは Spectrum 製任意波形発生器 (AWG) (D/A ボード) と 2 つのデジタイザ (A/D ボード) であり、高速・高感度・リアルタイム性を備えたものです。

ドップラー共鳴 LIDAR：

この測定手法は、レーザを金属原子の共鳴遷移に正確に合わせて後方散乱するため、ドップラー共鳴 LIDAR と呼ばれます。後方散乱信号は非常に弱く (レーザーパルスごとに単一光子)、日中の太陽放射によってほぼ完全に消失します。夜間と昼間の測定の違いは、日中の太陽からのバックグラウンドノイズが 1 億倍多いことです。

地球の気候の数値シミュレーションを実行するには、MLT (中間圏および下部熱圏) と呼ばれる高度 80~110 km の大気中の温度分布を理解することが重要です。そのようなデータを提供するため確立されたアプローチの 1 つは、金属原子のドップラー幅を広げた線幅を測定することです。パルスレーザーを使用した共鳴 LIDAR システムによ



る、770nm のカリウム共鳴線および 372nm または 386nm の鉄共鳴線。これまで、これらのレーザはフラッシュランプポンプを使用していましたが、このプロジェクトは、研究船や極地などの過酷な環境条件によりよく対応できる、高効率で調整可能なダイオード励起アレキサンドライトレーザを使用した、新しいレーザシステムを開発した最初のプロジェクトです。この技術を使用すると、100 キロメートルの距離で気温と風速を測定するのに、1 立方センチメートルあたり約 1 原子の濃度で十分です。これは、ロケットだけがこの高度にアクセスできるというくらい気圧が低い高度です。

モバイル LIDAR 測定システムの開発：

プロジェクトを率いる Josef Hoffner 博士は、次のように説明しました。「プロジェクトの目的は、世界中で使用できるコンパクトなモバイル測定システムを作成することです。そのようなシステムは、南極のような極端な環境条件の下で、長期間アクセスすることなく自動操作する必要があります。したがって、非常に堅牢で信頼性が高く、これらの厳しい条件下で必要なレベルの感度、速度、柔軟性を提供できるコンポーネントが必要です。Spectrum 社の 5 年間保証により、これらの重要なアイテムを信頼できるという安心感が得られました。」

このプロジェクトの測定値を改善するには、いくつかの側面があります。1 つは、高解像度、光学フィルタリング、および非常に小さな視野を持つことによりバックグラウンドノイズを抑制することです。これは、すべてのフィルターと同様に、レーザを視野内で安定させる必要があることを意味します。レーザ自体には、ナノ秒のタイミングを備えた複雑で高速なリアルタイム安定化システムが必要です。これは Spectrum 製 M2i.6012 20MS/s AWG によって制御され、1 日 24 時間、1 秒あたり 500 パルスで発光します。後方散乱光からの信号は、Spectrum 製 M4i.4421 250MS/s 16 ビットデジタイザ (A/D ボード) によって処理されます。レーザ内の状態は、M4i.2221 2.5GS/s 8 ビットデジタイザカード (A/D ボード) で測定されます。システムは、測定データをリアルタイムで処理した後、約 1 ミリ秒の応答時間で、1 日 24 時間、1GB/s 以上を処理します。合計 21 信号は、IAP で開発されたソフトウェアパッケージによって管理されます。

「高速で柔軟な電子機器とリアルタイム機能を組み合わせることにより、コンパクトで高度に統合されたソリューションを実現しました。これは、従来の何倍も大きい大型で扱いにくいソリューションに比べて目覚ましい改善です。」ホフナー氏は述べました。「当社の古いシステムには 10 トン、6 m のコンテナが必要でしたが、これは Spectrum 製カードと新しいレーザを使用して 1500 kg のシステムに縮小されました。私たちはこれをさらに縮小し、わずか 250 Kg の 1 メートルの立方体のボックスに収まるようにしました。これは、同じ電子機器とよりコンパクトで高度なレーザを使用したことによります。」

「この新しい非常にコンパクトなデバイスの感度と携帯性により、遠隔地で前例のない解像度と精度で新しい温度データを取得できます。私たちの測定はすでに大気理解に大きな影響を与えており、本当にエキサイティングなことは、将来の宇宙ミッションに十分な信頼性、軽量、コンパクト、効率的なシステムを設計できることを証明したことです」とホフナー氏は述べました。

Höffner 博士は、10 月 9～12 日にギリシャのハニアで開催された宇宙光学に関する国際会議で、このプロジェクトの最新の結果を発表しました。彼の論文は 2019 年初頭に会議ウェブサイトアップロードされています。

<https://atpi.eventsair.com/QuickEventWebsitePortal/icso-2018/icso>

IAP の作業の詳細については、<https://www.iap-kborn.de/en/home> をご覧ください。



Spectrum Instrumentation 社について

Spectrum 社は、Spectrum Systementwicklung Microelectronic GmbH として 1989 年に設立され、2017 年に Spectrum Instrumentation GmbH に改名されました。最も一般的な業界標準（PCIe、LXI、PXIe）で 500 を超える デジタイザおよびジェネレータ製品を作成するモジュール設計のパイオニアです。これら高性能の PC ベースのテスト&メジャーメントデザインは、電子信号の取得・生成および解析に使用されます。同社はドイツの Grosshansdorf に本社を置き、幅広い販売ネットワークを通じて世界中に製品を販売し、設計エンジニアによる優れたサポートを提供しています。Spectrum 社の詳細については、www.spectrum-instrumentation.com を参照してください。