

多波長分光検出器を用いた気温ライダー開発のための基礎研究 Parametric studies on temperature lidar with a multispectral detector

吉川 賢一^{1*}, 矢吹 正教¹, 津田 敏隆¹

Kenichi Yoshikawa^{1*}, Masanori Yabuki¹, Toshitaka Tsuda¹

¹ 京都大学生存圏研究所

¹ Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

大気擾乱と対流活動が複雑に影響しあう大気境界層において、気温と水蒸気量は大気力学過程や雲・降水過程と密接に関係する重要な気象要素であり、これらの時空間変動の把握には、リモートセンシング手法による連続計測が有効である。本研究グループでは、振動ラマン散乱光や回転ラマン散乱光を検出する気温・水蒸気ラマンライダーを開発し、大気現象の理解に有効に活用してきた。このうち、空気分子の振動ラマン散乱を検出する水蒸気ライダーについては、アイセーフ性の高いレーザー波長への変更や受信・分光装置の高機能化を行った小型で汎用性の高いシステムの構築を進めてきた。近年では、小型のライダーに走査機能を付加することで、水蒸気混合比の鉛直断面構造の把握にも応用されている。一方、気温を測定するライダーはスペクトル幅が狭い空気分子の回転ラマン散乱光を使用するため、高精度の狭帯域干渉フィルタおよび発振波長の揺らぎが小さいレーザーが必要であり、その分光系は複雑でシステム全体のサイズも大型になりがちであった。

本研究では、小型でより汎用性の高い気温ライダー構築のため、回転ラマン散乱成分の検出に多波長分光検出器を適用した受光系を開発することを最終的な目標とする。多波長分光検出器は、光を波長ごとに分解する分光器、光から電流への変換を行う光電子増倍管、および電流のパルス数を計測するパルスカウンタの3つの装置から構成される。従来の干渉フィルタを用いる気温ライダーは、特定の温度依存を示す2波長の回転ラマン散乱光強度を、各々の波長に対して干渉フィルタと検出器を設けて検出し、それら強度の比から気温を推定する。一方、多波長検出器を用いる気温ライダーでは、分光器と一体化された複数波長を同時に計測する光子検出器により、回転ラマン散乱スペクトルの形状を取得することができる。そのため、観測値を良く説明する回転ラマン散乱スペクトルを理論的に計算することで、スペクトル形状を決める温度および観測波長が推定できると考えられる。多波長分光検出器を用いる利点として、分光系が一体のシステムで構成されるためシステムの小型化に適用しやすいことや、分光系の波長選別に関わる部分の単純化を可能とすることなどが挙げられる。加えて、スペクトル形状から観測波長も推定できるため、レーザー発振波長の揺らぎに対して高い精度が要求されず、比較的安価な部品でライダーを構成できる。

回転ラマン散乱スペクトルの形状からの温度推定精度は、スペクトルを測定する多波長検出器の波長分解能と観測波長により決定される。そのため、推定精度が最も高くなるようにこれらの光学パラメータを定める必要がある。本研究では、多波長分光検出器の波長分解能と観測波長が温度推定精度に与える影響を分析し、気温ライダーを設計するうえでの最適な分光系の仕様を提案するとともに、計測誤差に対する温度推定精度を計算機シミュレーションにより求めた。

キーワード: 気温ライダー, 多波長分光検出器

Keywords: temperature lidar, multispectral detector