〇高山陽三、中里真久、石部 勝、鈴木 修、高谷美正(気象衛星・観測システム研究部)

## 1. はじめに

水蒸気分布とその変化は、雲の生成・消滅や降水現象と 密接に関係しており、水蒸気分布観測は、これら機構の解 明・予測のために必要であり、予測モデルの高解像化に伴い、 時間空間分解能の高い水蒸気分布の観測が重要となってき ている。水蒸気の鉛直分布観測はゾンデ、ライダー、長波長 レーダーなどで行われているが、時間分解能、観測高度、運 用、天候の制約など特性に一長一短があり、改良すべき点が ある。

この研究では、多周波のマイクロ波放射観測のリモートセ ンシングにより、観測サンプリング周期が短く、観測機器の維 持負担の少ない観測手段として、晴天・曇天時の水蒸気鉛直 分布の観測方法の改良・開発を目指し、マイクロ波放射計観 測から水蒸気の鉛直分布(以下、プロファイル)を推定するア ルゴリズムの開発と観測装置の製作を行った。

# マイクロ波放射観測による水蒸気鉛直分布観測 1. 方法

マイクロ波放射を利用し水蒸気プロファイルを推定するた めに、水蒸気の高度分布に対応した情報を持つ大気からの マイクロ波放射を測定する。この情報を得るため、通常マイク 口波の水蒸気吸収線近傍で、吸収の強さが異なる多数の周 波数でマイクロ波放射強度の測定を行なう。測定するマイク 口波放射強度は、水蒸気の密度分布、気温分布、気圧分布 や雲、降水によって決まるが、これらの分布の変化と放射強 度の変化の関係は測定周波数によって異なる。この性質を 利用して、測定した多数のマイクロ波周波数の放射強度から 適当な変換方法を利用し、水蒸気プロファイルを推定する。こ の時の問題は、多数の周波数で測定を行っても、求めるべき 水蒸気プロファイルは連続量の未知数であり、独立な既知の 測定データは少なく、何らかの条件を与えなければ水蒸気プ ロファイルは推定できない。また放射測定誤差が推定するプ ロファイルの結果に大きな影響を及ぼし安定した推定方法を エ夫する必要がある。ここでは、水蒸気・気温プロファイルと マイクロ波放射強度の統計値を利用し、プロファイル推定が 安定して得られるアルゴリズムを作成し、水蒸気プロファイル の推定を行った。水蒸気情報を得るため、22GHz付近の水蒸 気吸収バンドを、温度補正用に60GHz付近の酸素の吸収バ ンドを利用した。アルゴリズムの検証は、既存の多周波マイク ロ波放射計とゾンデとの同期観測で行った。

#### 2.2. 水蒸気推定精度

第1図は高層気象台のゾンデとマイクロ波放射計で推定し た2003年10月13日の8時30分と20時30分の水蒸気及び気温 のプロファイルを示す。実線は8時30分のゾンデ、破線は20時 30分のゾンデ観測時のプロファイルを示す。 概ね、マイクロ 波放射計で推定した水蒸気プロファイルはゾンデ観測のプロ ファイルと一致した結果を得た。



第1図: マイクロ波放射計とゾンデ観測の気温・水蒸気プロフ ァイルの比較。暖色が温度プロファイル、寒色が水蒸気プロ ファイル

6月1ヶ月間ゾンデ観測に同期してマイクロ波放射計観測を 行い、マイクロ波放射計から推定した水蒸気プロファイルの 比較を行った。第2図はマイクロ波観測で推定した水蒸気プロ ファイルからゾンデ観測で得た水蒸気プロファイルの差のrms 値を示す(青)。黄土色はゾンデが観測した1ヶ月間の水蒸気 プロファイルの平均値を示す。緑線は従来の方法で求めた水 蒸気プロファイルのrmsを示す。黄色は1ヶ月間のゾンデ水蒸 気プロファイルのrms変動を示す。水蒸気プロファイルの推定 誤差をゾンデに対するrmsの値としてみると、水蒸気量が多い

※本研究は、海洋開発及地球科学技術調査研究促進費「マイクロ波分光放射計による水蒸気鉛直分布観測に関する研究(H14-16)」の一環として行われた。主任研究者:高山陽三、研究担当者:中里真久(H15-)、石部勝(H15-)、高谷美正(H14)、鈴木修(H14)。

ほど誤差は大きく、地上付近で大きく約4g/m<sup>3</sup>あり、高度ととも に誤差は小さくなり、5km高度で1.6g/m<sup>3</sup>程度となった。平均水 蒸気量に対する相対誤差で見ると、地上から11kmの高度範 囲で、30~55%の誤差になっている。高度5km近辺の誤差が 55%程度と大きく、それより下層上層では相対誤差は小さく30 ~40%程度の誤差になっている。5km高度での誤差が大きくな っている原因は雲の影響によるものと推定される。この研究 で開発した水蒸気プロファイルの結果(青線)と従来公表され ているアルゴリズムで推定した結果(緑線)を比べると、rmsで どの高度とも改善されており、下層で1.5g/m<sup>3</sup>、5km高度で 0.5g/m<sup>3</sup>程度改善することができた。

#### 2.3. 観測事例

観測事例として2003年10月13日につくば付近を、寒冷前線 とその上を熱帯低気圧崩れの低気圧が通過したときのマイク ロ波放射計で観測した、水蒸気と気温のプロファイルの時系 列を第3図に示す。横軸は時刻(JST)、縦軸が高度(km)、カ ラーが水蒸気量または気温を示す。前線は14時ごろ通過し約 1時間激しい雨が降り、この間観測は不良であったが、前線 通過前では、南からの風により下層に気温が高く湿った大気 状態であったものが、前線通過後は北風にかわり気温の低 い水蒸気の少ない大気状態に下層は置き変わった様子が見 られる。しかし4km以上上空の大気状態は、前線の通過があ っても水蒸気・気温ともあまり変化がなく上層の大気状態は 変わっていないことが観測された。大雨の場合、マイクロ波放 射は放射計近辺で大きな吸収を受け、観測に使用できない が、降水がない場合の大気状況を10分程度のサンプリング 周期でモニターできそうである。今後いろいろな気象状態で有 効性を検証していく必要がある。

### 3. 結論

多周波マイクロ波放射計により、水蒸気プロファイルを推 定するアルゴリズムの開発を行なった。開発したアルゴリズ ムで推定した水蒸気分布と同時刻に観測したゾンデの水蒸 気プロファイルとの比較を1ヶ月間行った結果、地上から高度 11kmまでのプロファイルを得ることができた。ゾンデとのrms 残差は地上付近で、4~5g/m<sup>3</sup>、5km高度で1.6g/m<sup>3</sup>、これは 比較した時期の水蒸気プロファイルに対し30~55%の相対誤 差に相当する精度である。従来の方法と比較し、rmsで約 1g/m<sup>3</sup>の改善となっている。

寒冷前線通過時の事例観測では、寒冷前線通過前後の水 蒸気分布の変動の様子を時間を追って捉えることができ、短 時間の大気変動のモニターとして利用できる可能性が判った

製作した観測装置は、現在機器の校正を行なう段階であり、

今後周波数を変えた方法など、多周波放射計による観測方 法の改善方法に利用する予定である。

この研究は、海洋開発及地球科学技術調査研究促進費並 びに科学技術振興機構の予算でなされた。



第2図:2003年6月1ヶ月間のマイクロ波とゾンデによる水蒸気 プロファイルのrms残差。青:マイクロ波とゾンデのrms残差、 黄土色:1ヶ月間のゾンデ平均水蒸気プロファイル。緑:従来 のアルゴリズムによるマイクロ波とゾンデのrms残差。縦軸: 高度(km)、横軸:水蒸気量rms残差(g/m<sup>3</sup>)。



第3図:2003年10月13日前線通過時の水蒸気(上)・気温(下) の鉛直プロファイルの時系列。横軸は時間、縦軸は高度、水 蒸気量・気温はカラーバーで表示。