

# 赤道大気レーダーによる 熱帯対流圏のレンジイメージング観測

\*占部 享史、妻鹿 友昭、山本 真之、橋口 浩之、山本 衛（京大生存圏研）  
阿保 真、柴田 泰邦（首都大）、深尾 昌一郎（福井工大）

## 1 研究の背景と目的

大気における運動量輸送や物質混合に大きく影響を与えるケルビン ヘルムホルツ (KH) 不安定等の大気不安定は、その鉛直・時間変動スケールが小さいことから、大気レーダーのパルス幅で決定される鉛直分解能（パルス幅  $1\mu\text{s}$  で  $150\text{m}$ ）では、その詳細構造が解像できない。周波数領域干渉計法 (FDI) を用いたレンジイメージング（以下 RI）は、レーダーの搬送周波数をパルス送信毎に変化させ、さらに搬送周波数毎の受信信号の振幅・位相差の情報から、鉛直分解能を約  $30\text{m}$  まで向上させる手法である [1]。50MHz 帯の大型大気レーダーによる RI 観測は、対流圏下層から成層圏下部（高度  $120\text{km}$ ）に至る大気不安定の微細構造を解像し、その発生スケール、発生メカニズムを解明できる有用な観測手法である [2]。

本報告では、2010 年 12 月にインドネシア・スマトラ島で実施された、赤道大気レーダー（以下、EAR）・多機能ライダーを中心とした集中観測である Cloud observation campaign using Lidar and Equatorial Atmosphere Radar in 2010（以下、CLEAR2010）における RI データ処理の概要と観測結果を示す。

## 2 RI 観測

FDI を用いたレンジイメージングでは、周波数の異なる複数のパルスを交互に送信し、受信信号の位相差の情報から、サンプリング空間中の散乱体の位置を決定する。そのため、各周波数の初期位相が既知でなければならない。しかし、直接送信時の位相を求めるのは困難であるため、代わりに周波数間の位相差の情報を用いて位相較正を行う。CLEAR2010 では、4 周波による RI 観測が主として行われた。各周波数間の位相差は、2 つの周波数でそれぞれ得られた受信信号のタイムラグ 0 の相互相関をとり、その位相差を計算することにより求めた。周波数差  $250\text{kHz}$  の位相較正值は  $46.75\text{MHz}$  と  $46.5\text{MHz}$ 、周波数差  $500\text{kHz}$  の位相較正值は  $47.0\text{MHz}$  と  $46.5\text{MHz}$ 、周波数差  $750\text{kHz}$  の位相較正值は  $47.25\text{MHz}$  と  $46.5\text{MHz}$  で計算している。それらの値を表 1 に示す。この較正值を用いて位

相差のオフセットをさしひいた後の、各周波数間の位相差のヒストグラムを図 1 に示す。位相較正を行った結果、RI により高レンジ分解能のデータを得ることが可能となった。受信エコー強度の時間高度断面図の例を図 2 に示す。17:15 付近の高度  $9\sim 10\text{km}$  における薄層構造や、成層圏における高度  $18\text{km}\sim 20\text{km}$  でのエコーの薄層構造を、図 2 に示す時間帯を通じて、より高いレンジ分解能で解像できることが分かる。

表 1: CLEAR2010 における位相較正值

周波数差	較正值 (rad)
250kHz	-2.59
500kHz	1.12
750kHz	-1.63

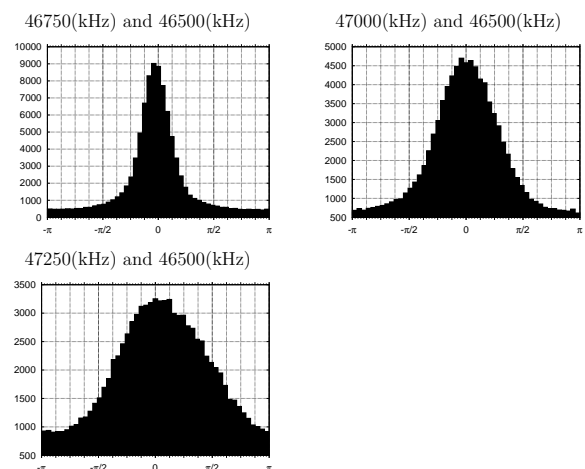


図 1: 表 1 の値を用いて位相情報を較正した後の位相差のヒストグラム。周波数は、左上図が  $46.5\text{MHz}$  と  $46.75\text{MHz}$ 、右上図が  $46.5\text{MHz}$  と  $47.0\text{MHz}$ 、左下図が  $46.5\text{MHz}$  と  $47.25\text{MHz}$  である。

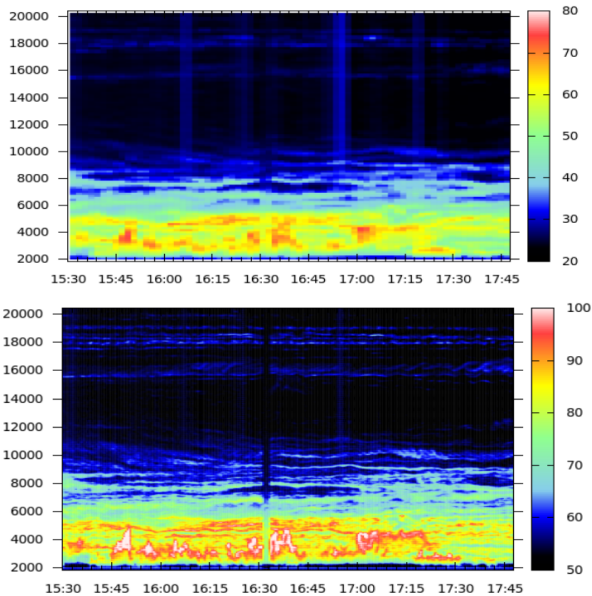


図 2: EAR で得られた、RI なし (上図) と RI なし (下図) の場合におけるエコー強度の時間高度断面図。観測期間は 2010 年 12 月 9 日 15:30 ~ 17:45 である。

### 3 高分解能鉛直流の導出

RI を行うことで、所望のレンジ外からの散乱信号の影響を最小化する作用を持つフィルターベクトル  $w$  が得られる。複数周波数における受信信号からなる信号ベクトル  $s(t)$  から  $y(t) = ws(t)$  を計算し、フーリエ変換することで、乱流・風速観測における高レンジ分解能のドップラースペクトルを得ることが可能である。更に得られたスペクトルにモーメント法を適用することで、高分解能で鉛直流を計算することが出来る。図 3 に、通常分解能 (150 m) と RI 実施後の分解能 (30 m) で得られた鉛直流の比較図を示す。全体的には傾向が一致しており、例えば高度 5 km 付近や高度 6 km 付近において、従来の方では解像できなかった鉛直流の詳細な変化を捉えていることが分かる。

### 4 まとめ

本報告では、CLEAR2010 における EAR の RI 観測データを処理方法、特に搬送周波数間の位相の較正について述べた。また、乱流エコー及びドップラースペクトル、鉛直流を高レンジ分解能で解像できることを示した。今後、CLEAR2010 全期間の EAR の RI 観測結果、及び、ライダー・ラジオゾンデ等のデータの解析結果の比較を行う。

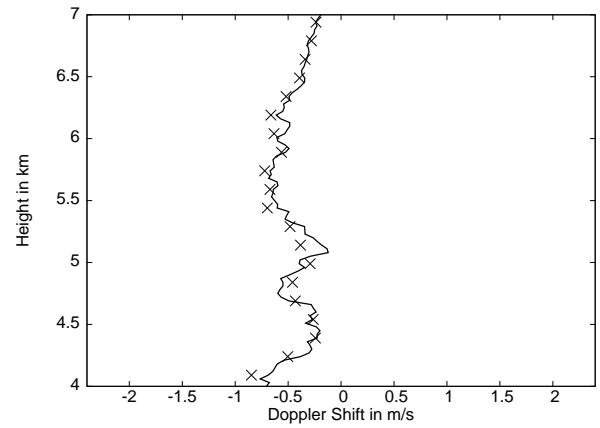


図 3: 2010 年 12 月 9 日 13:55:37 ~ 同日 13:56:02、高度 4 ~ 7 km におけるドップラー速度の比較例。×印は RI なし、実線は RI を 30 m で実施した後のドップラー速度を示す。

### 参考文献

- [1] Luce H. et al. (2001), J. Atmos. Solar-Ter. Phys., 63, 221-234. 1321-1333.
- [2] Luce, H., et al. (2010), J. Geophys. Res., 115, D19116, doi:10.1029/2009JD013519, 2010.