

ウインドプロファイラーレーダーおよび RASS による鉛直風速と音速仮温度の同時測定：
2007 年 5 月の長武での実験結果の速報

田中広樹

1. はじめに

大気境界層は地表面における摩擦と熱の影響を強く受けるため、この現象の理解ためには、風速場のみならず、温度場に対する理解が必要となる。このため、従来の乱流センサーによらない、UHF 波を用いたドップラーレーダー（ウインドプロファイラーレーダー）を用いて、大気境界層内の熱フラックスの鉛直プロファイルを測定を試みた。すなわち、レーダーから鉛直上向きに電波を射出し、大気から反射される電波のドップラーシフトを検知することにより、上空の鉛直風速を遠隔測定する。また、同時に音波を鉛直に射出し、音波面における電磁波の反射（RASS エコー）を検知することで、仮温度を測定する。これらの鉛直風速および仮温度の共分散である仮温度フラックスの鉛直プロファイルを測定することを目指す。また、鉛直風速および仮温度の変動のスペクトル、およびそれらの共分散スペクトルを求め、乱流特性の鉛直分布を明らかにする。

2. 基礎式

プラグ条件から音波 k_a の波数と電波の波数 k_e の関係は $k_a = 2 k_e$ を満たす必要がある。したがって、音波の周波数 F_a は、音速 v (340 ms^{-1}) とすれば、以下のようになる。

$$F_a = \frac{2v}{c} F \approx \frac{2 \times 340}{3 \times 10^8} F = 2.27 \times 10^{-6} F = 2.9 \text{ kHz} \quad (F = 1.3 \text{ GHz})$$

乱流のドップラーシフト周波数および RASS エコーの周波数は、それぞれ

$$f_d = \frac{2V_r f}{c} \quad 0, \quad f_{d,RASS} = \frac{2(V_r + K_d \sqrt{T_v})f}{c} = \frac{2(0 + 20.047 \sqrt{293.15})f}{3 \times 10^8} = 2975$$

と表現される。ただし、 f_d ：ドップラーシフト周波数、 V_r ：ドップラー速度、 f ：電波周波数、 c ：光速である。また、 K_d ：定数（20.047）、 T_v ：仮温度である。

3. 音波の変調

Charp time: 上空ほど低温なので、 $= -0.01$ とすれば、音波周波数を 2990 ~ 2865 に 1.95 秒で変化させると、都合の良い音波面が形成されるらしい（？要検討）

接地境界層付近については、 Δ が大きく、高度依存する。接地境界層の場合に問題

4. スペクトルの折り畳み

狭いウインドウを使う場合には、ドップラーシフト周波数 0 と約 3000 が同じウインドウに入らない。今回の設定では、オフセット 2895.75 として、 ± 156.25 (1/Nptn/Nc/IPP) の範囲がウインドウとなるので、風速の折り返しを考えなければならない。

表 - 出力値と温度、音速（風速）、ドップラ周波数の関係

温度	音速	ドップラ	出力値	風速出力
-21.0	-318.3	-2739.5	156.3	18.2
4.4	-333.9	-2873.7	22.0	2.6
15.0	-340.3	-2928.1	-32.4	-3.8
25.6	-346.5	-2981.5	-85.7	-10.0
39.8	-354.6	-3052.0	-156.3	-18.2
-273.2	0.0	0.0	2895.8	336.4
-269.9	-36.3	-312.5	2583.3	300.1
-260.0	-72.6	-625.0	2270.8	263.8
-243.6	-108.9	-937.5	1958.3	227.5
-220.6	-145.3	-1250.0	1645.8	191.2
-191.1	-181.6	-1562.5	1333.3	154.9
-155.0	-217.9	-1875.0	1020.8	118.6
-112.4	-254.2	-2187.5	708.2	82.3
-63.1	-290.5	-2500.0	395.7	46.0
-7.4	-326.8	-2812.5	83.2	9.7
55.0	-363.1	-3125.0	-229.3	-26.6
123.9	-399.4	-3437.5	-541.8	-62.9
199.4	-435.8	-3750.0	-854.3	-99.2

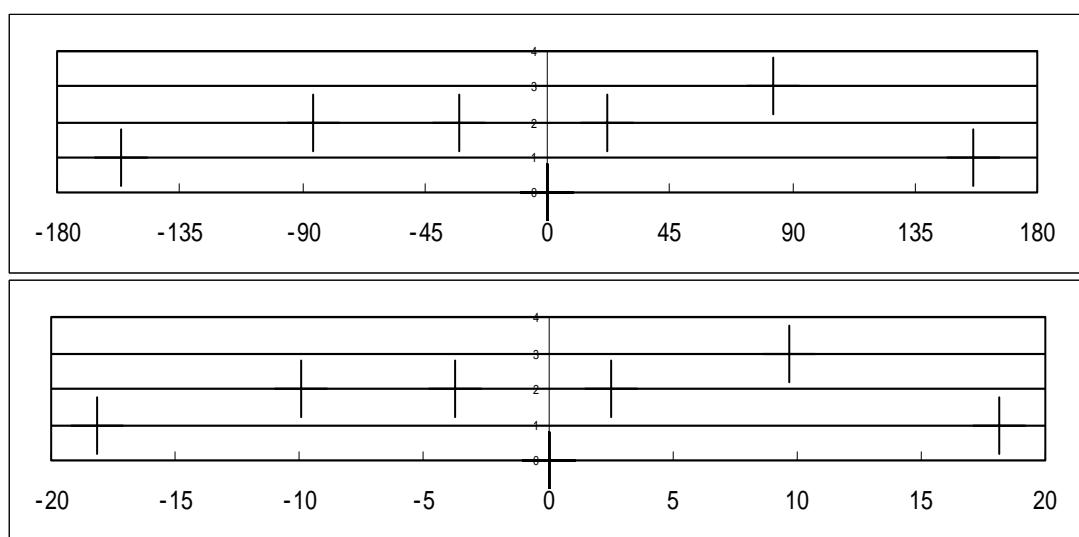
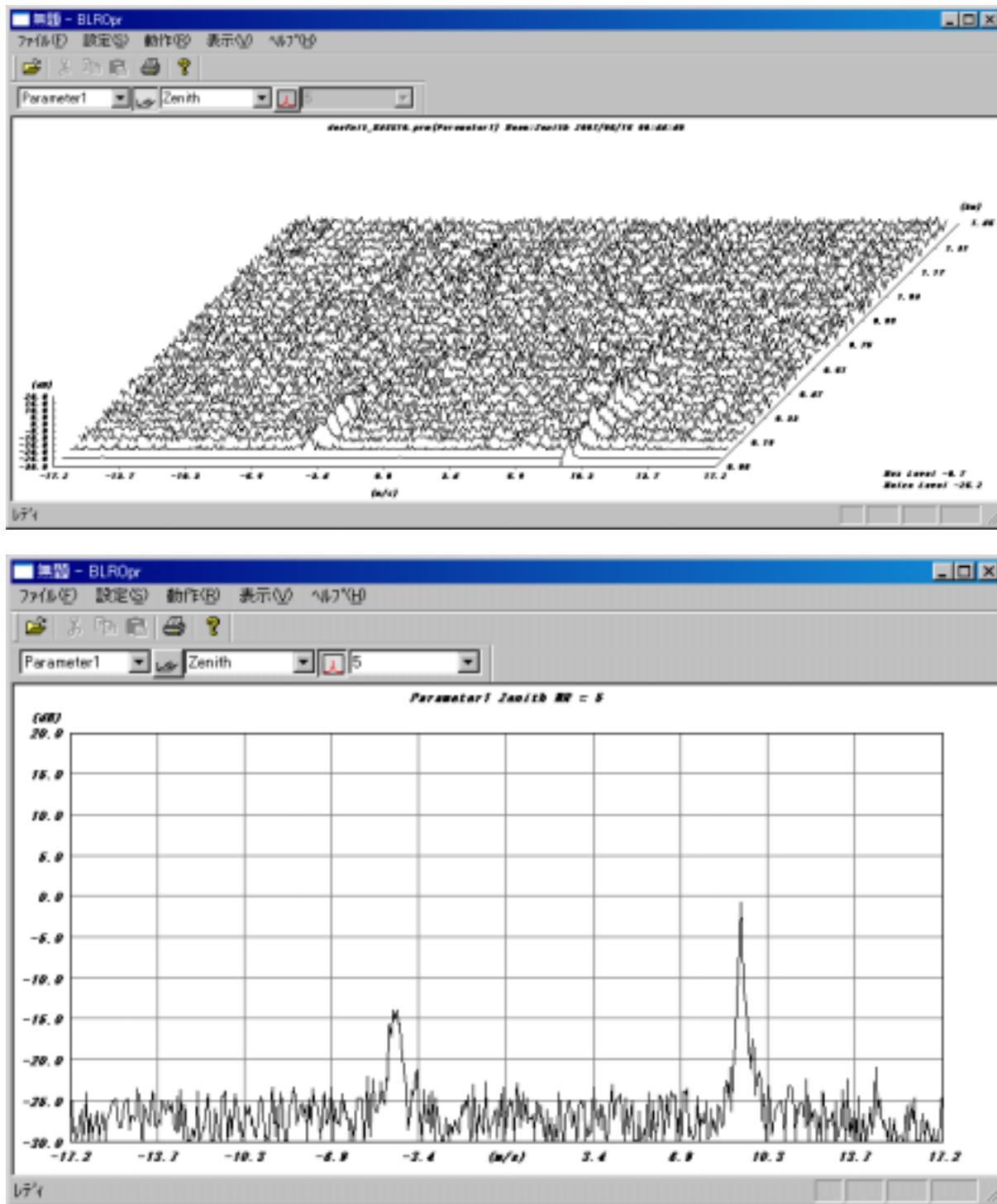


図 ウィンドウ幅と予測されるピークの出現位置（上段の横軸は周波数、下段は風速）
温度が 4.4, 15.0, 25.6 の場合、風速がゼロの場合の出現位置を示した。

5. 今後の作業

ひとまず、データをアスキー形式にデコード（プログラムは過去に作った）



ピークの同定:閾値? 13次関数? エイヤと?

ピークについて、ガンマ分布? でフィッティング ピーク位置を正確に求める。

(精度といわれても。。。

6. おわりに

うまく自動化できれば、晴れて、鉛直風速と温度の情報が高度・時間断面に載ってきます。

1時間ちょっとしかデータがないけど、無理やり、スペクトル解析して、何かいいたいですね。なんとか、タワーデータなんかともリンクしつつ。

顯熱フラックスの鉛直分布だけでも、なにかいえるだろうか?