

## ライダーによる海上境界層の観測

Observation of the Marine Boundary Layer by On-board Lidar

山岸 進、山之内博、土屋正之

YAMAGISHI susumu, YAMANOUCI hiroshi, TSUCHIYA masayuki

船舶技術研究所

Ship Research Institute

Abstract: Marine boundary layer plays an important role in the long range transport of pollutant and the dispersion of exhaust emissions from ships. On-board lidar observations were conducted near Okinawa in December 1994. The height of the layer, entrainment depth and spectra of turbulence in the layer were analyzed for the non cloud-topped boundary layer developed up to about 1400m.

1. まえがき 大気汚染物質の海上移流拡散の推定にとって大気境界層は最も重要な部分である。このモデル化には陸上とは異なった条件を考慮しなければならない。しかし、観測例が少なく、データ収集が必要とされている。ライダーによれば広範囲を能率良く計測できることからこれを船舶に搭載して、多様な海上境界層構造を観測した。本報では、ライダーデータから、雲の無い定常状態に近い境界層の特性を求めたことについて報告する。

2. 観測 航海訓練所に便宜を図ってもらい、ミーライダーを練習船青雲丸 (5,000t) に搭載し、東京湾—沖繩—神戸航路中、平成6年11月から12月7日の間で観測した。今回は既存装置<sup>(1)</sup>のレーザ部分を YAG SHG (GCR290) に更新して安定性の向上 (3%) と高出力化 (750mJ) により S/N を改善した。船体動揺は、ライダー計測とタイミングを合わせて位相検知型 GPS で記録し、ラジオゾンデによる観測も行った。

3. 結果と考察 3-1 境界層内部: Fig.1 に、停泊中に鉛直上方を観測した際の距離補正を行った信号強度、信号強度の距離方向変化率 (Diff.) 及び同一高度での一定観測時間内の信号強度の標準偏差を示した。また Fig.2 には、同時に観測したゾンデによる温位、露点温度、風速を示す。信号強度は 1400m 付近から急に小さくなっており、これより上は自由流と考えられる。この位置は変化率の最大値とほぼ一致している。また温位と露点温度及び相対湿度の急変高度ともよく一致している。境界層内部では温位、露点温度がほぼ一様で、風速 (方位 60) も大きく変化していない。温度分布からもわかるように 400m より下方には逆転層は見られず、海面から境界層上端まで混合が良く行われていることを示している。

3-2 境界層上端 境界層の上端は自由流に接しており、この部分では対流と機械的なシェアにより混合が行われている。このエントレインメント領域の厚さは交換の度合いを示しており境界層記述パラメータの一つである。Fig.3 には、距離補正を施したライダー信号の変化率の最大値発生位置を境界層上端と見なして、各ショット毎の上端高度を時系列で示した。高度変動は正規分布 (0, 0.0447) となり、確率<sup>(2, 3)</sup>が 4%, 50%, 98% の位置は各々  $h_0=1303\text{m}$ ,  $h=1378\text{m}$ ,  $h_2=1465\text{m}$  であり、エントレインの厚さ  $\Delta h=162\text{m}$ 、その下端に対する比率は  $\Delta h/h_0=0.124$  のように求めることができる。

3-3 水平乱れの分布: Fig.4 は層内の異なる4つの高度一定のライダー信号強度のパワースペクトル (測定期間, 568.2sec) を示す。各スペクトルの減衰はほぼ一様でコルモゴロフの  $n^{-5/3}$  則に一致していることが分かる。海面から上昇した様々なスケールの湿潤気体セルは上昇するにつれて周囲から冷却されて微小な水滴群を発生する。観測された信号は、これ等を主体とするエアロゾルからの散乱を示しており、スペクトルは観測船上空を通過する乱れの周波数に相当すると考えられる。また標準偏差 (Fig.1) が高度と伴に増加していることは、この乱れの増大を示していると考えられる。

4. まとめ 海上では、日変化や狭い地域からの急速な上昇気流の発生は少なく、大気安定度が中立状態の場合が多く、ここで扱った雲の無い定常状態に近い場合がしばしば観測される。このような場合 2次元モデルで大気境界層の高度がかなりの精度推定できると考えられ、比較検討を進めている。

(4, 5)

本研究は地球環境総合研究費で行われた。観測に協力を戴いた航海訓練所に謝意を表します。

6. 参考文献 (1)山岸、山之内、土屋 (1995. 6) 第15回船研講演会 (2)S. H. Melfi, J. D. Spinhirne, S-H. Chou, S. P. Palm, (1985)J. of Climate and Appl. Meteor., 24, 806 (3)J. W. Deardorff, G. E. Willis and B. H. Stockton, (1980)J. Fluid Mech., 100, 41, (4)P. Bechtold, C. Faravalo, and J. P. Pinty, (1992) J. of Meteor. Sci., 15, 1723 (5)Zilitinkevich, S. S., Boundary Layer Meteor., 3, 141

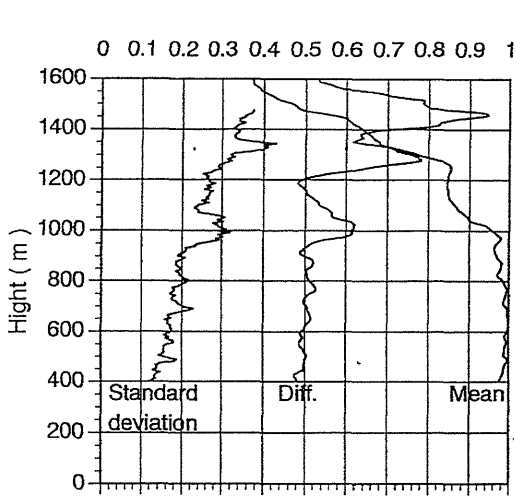


Fig. 1 A range corrected lidar return (Mean), its differentials for range (Diff.), and the standard deviation of the signal at fixed altitude as a function of altitude. (r05\_1, Dec.12, 1994, 18:00, near Okinawa)

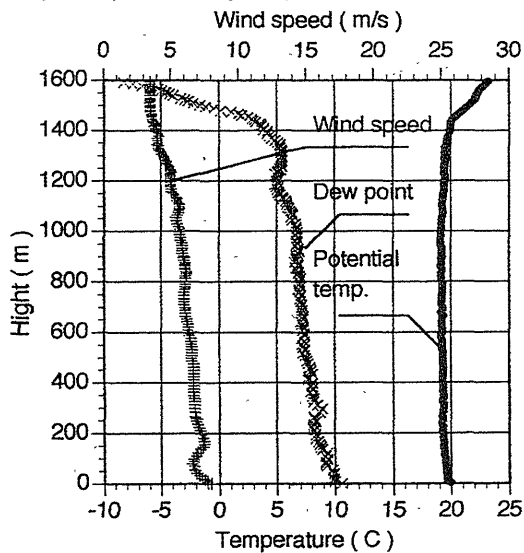


Fig.2 Potential temperature, dew point temperature and horizontal wind components as a function of altitude measured by radio sonde. (r05\_1)

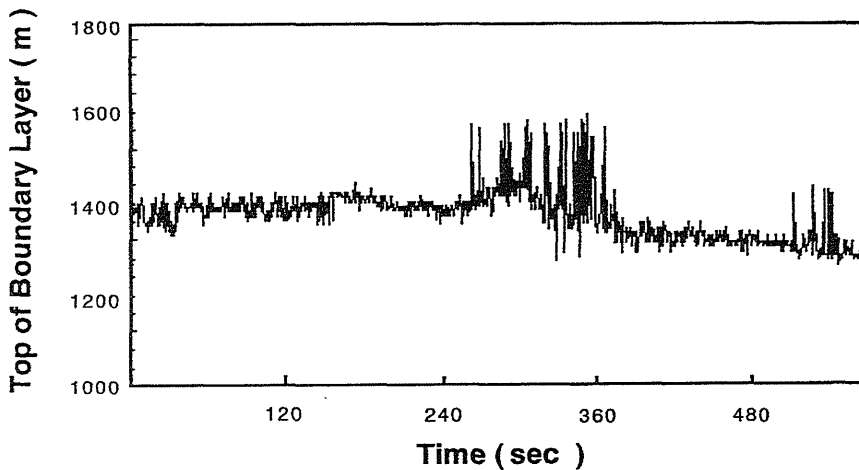


Fig. 3 The variations of the top of boundary layer as derived from backscatter.  $\Delta h = 162m, \Delta h / h_0 = 0.124$  derived from its probability distribution function. (r07\_f, Dec.6, 1994, am6:06, near Yakushima)

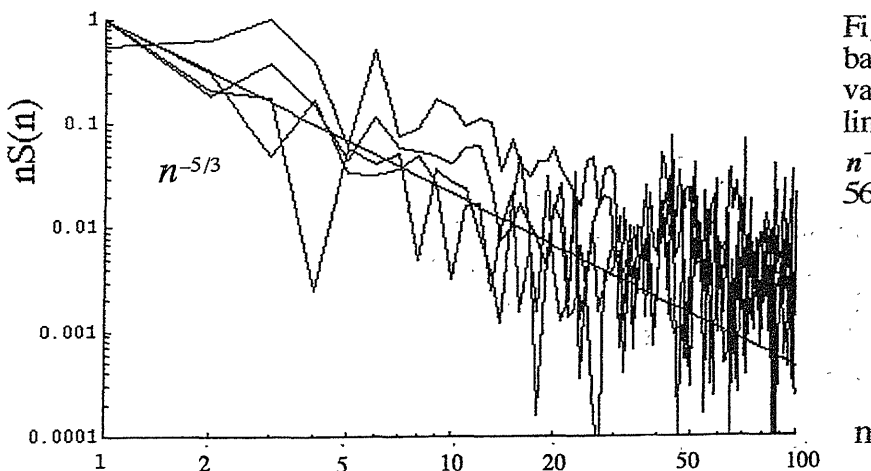


Fig. 4 Spectra of lidar backscatter signal intensity at various altitude. The straight line is the Kolomogoloff's  $n^{-5/3}$  law.  $n=1$  corresponds to 568.2 sec (r07\_f)