

B 1

海上境界層鉛直構造のライダー観測

Lidar Observation of the Vertical Structure in Marine Boundary Layer

山岸 進、山之内博、土屋正之

YAMAGISHI susumu, YAMANOUCHI hiroshi, TUCHIYA masayuki

船舶技術研究所

Ship Research Institute

Abstract: The lidar observations were carried out to improve our understanding of the mechanisms in dispersion of exhaust emissions from ships. Periodogram of the lidar backscatters in the boundary layer and in the surface layer obtained by FFT using digital filter shows the homogeneity of turbulence in each layer. And the well developed surface layers were observed up to about 170m from the sea surface.

1. まえがき 大気汚染物質の海上移流拡散予測精度の向上には、海面に接する大気境界層モデルの精密化が必要であり、このため船舶搭載ライダーを使って観測を行っている。境界層の特性を決めるパラメータは、表面摩擦、浮力、及び気象場であるが、海上の観測データが少なくモデルの開発と検証が課題とされている。ライダーによる後方散乱強度の鉛直分布は層構造の観測に適しており、変化率の大きい高度はほぼ逆転層の高さに対応することが知られており、一方、海面に接した部分には接地（水）層が観測されている。⁽¹⁾ここでは、層の高度と層内における比較的大きな乱れについての周波数分析について報告する。

2. 観測 ミーライダーを航海訓練所練習船青雲丸（5,000t）に搭載し、鉛直方向固定及び鉛直断面の観測を行った。ライダー計測とタイミングを合わせて2軸ジャイロで船体動揺（ピッチングとローリング）を記録しておき、視角の補正を行った。また、気象、海象の観測を行うと共に係留ゾンデ（高度約200m）による計測を随時行った。

3. 観測結果 境界層内の乱れ：1992年8月23日長崎県平戸においてライダーによるエアロゾル鉛直分布の時間的変化を観測した。（Fig.1）天気は薄雲りで、気温 28C、水温 23.2C で、弱い南西風が吹いており、海面近くの大気は安定状態（Monin-Obkohv $L=20m$ ）であった。上空には平戸島を越えて西よりの風が吹いていたと考えられる。係留ゾンデデータ（Fig. 2）には約高度150mで気温の急な下降が記録されており、また相対湿度もこの高度を境に上方で急に上昇していたことがこれを裏付けている。後方散乱強度分布に示されている乱れのパターンが、この境界高さから約600m上空の薄い雲の底の間に見られた。これは海面近くの湿った層から上昇した気塊が、冷たい気流に入った時生じたエアロゾル濃度変化を表していると考えられ、境界層内のエネルギー輸送に関連した気塊のスケールに対応していると考えられる。この比較的大きなスケールの乱れを対象に周波数分析を行った。ライダー信号の小さい乱れや雑音成分を、次式の係数を用いたデジタルローパスフィルタを使って除いた。⁽²⁾

$$Y_t = \sum_{j=-m}^m \lambda_j X(t+j\Delta t), \quad \lambda_j = \frac{1}{2(m+1)} \left(1 + \cos \frac{j\pi}{(m+1)} \right)$$

データ処理は、背景光、距離、エネルギー補正を行った後方散乱信号（X）に、フィルター（ m :フィルター次数）をかけた値（ Y_t ）を対象に周波数分析した。Fig.3は、高度300mにおけるサンプリング間隔（ Δt ）0.2secで200sec連続収集したデータについて、時間をずらした異なる3組の分析結果を重ねたものである。ほとんど同じ分布を持つ事からこの間ほぼ定常状態であることが分かる。また他の高度に付いても同様な分析を行った結果、層内では高度による分布の相違は少なく、類似した乱れ状態であると考えられる。また、次数が高くなるにつれ急速に弱くなるが、その中に幾つかのピークが見られた。推定風速に基づいた空間スケールは数百mから十数mと考えられる。

接地（水）境界層：1991年8月8日新島でライダー観測が行われた。晴天で、夕刻（18:30頃）風が弱くなり、気温 23.8C、水温 24.0Cと大気はやや不安定状態（Monin-Obkohv $L=-17m$ ）になっていた。海面近くの鉛直面をスキヤニング観測すると、海面近くに蒸発に伴って混合が活発に行われていると推測される濃度分布の乱れが観測された。後方散乱強度のスペクトル分布からも層内が一様な乱れの分布を示していたことが示された。層の高さは約170mに達しており、その上では

エアロゾル濃度が急に低下していることから上部には別の層があったと考えられる。ここに見られる大きな乱れの空間スケールは 200~300m であった。

4. あとがき 海上境界層鉛直構造について海上ライダー観測を行い、その高さ及び内部の乱れの分布特性分布を調べるの事ができた。さらに総合的データの収集を進めたい。

本研究は環境庁地球観測総合推進費によって行われた。観測に協力を戴いた航海訓練所並びに気象研究所に謝意を表します。

参考文献

- (1)山岸、山之内、土屋、第15回レーザーセンシングシンポジウム
- (2)Alavi,A.S., and G.S.Jenkins, Appl. Statist., 14,70-83

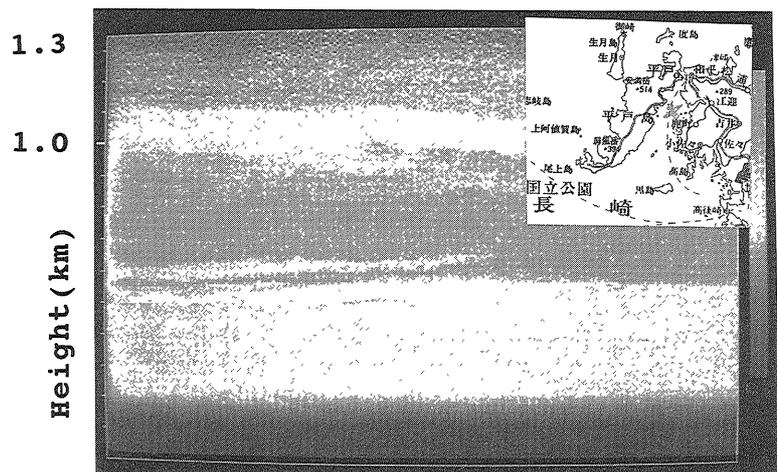


Fig.1 Evolution of the vertical backscatter profile measured on the ship at Hirado, 1992 Aug.23.

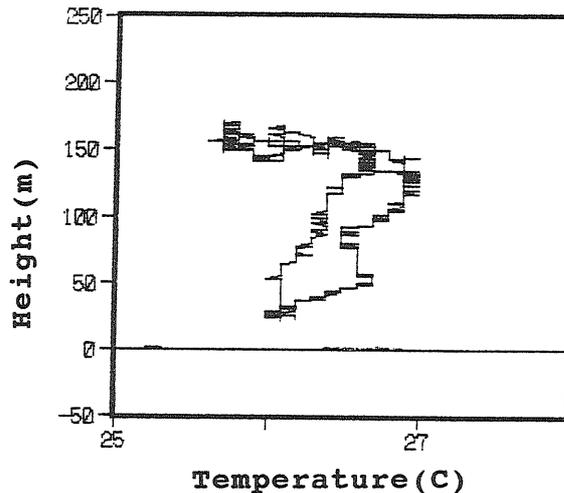


Fig.2 Vertical profile of temperature measured by the tethered balloon, 1992 Aug. 23

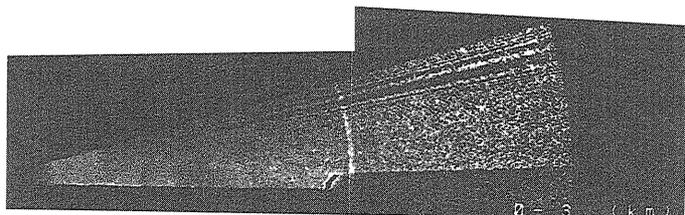


Fig.4 Surface layer on the unstable condition observed at Niijima 1991 Aug. 8.

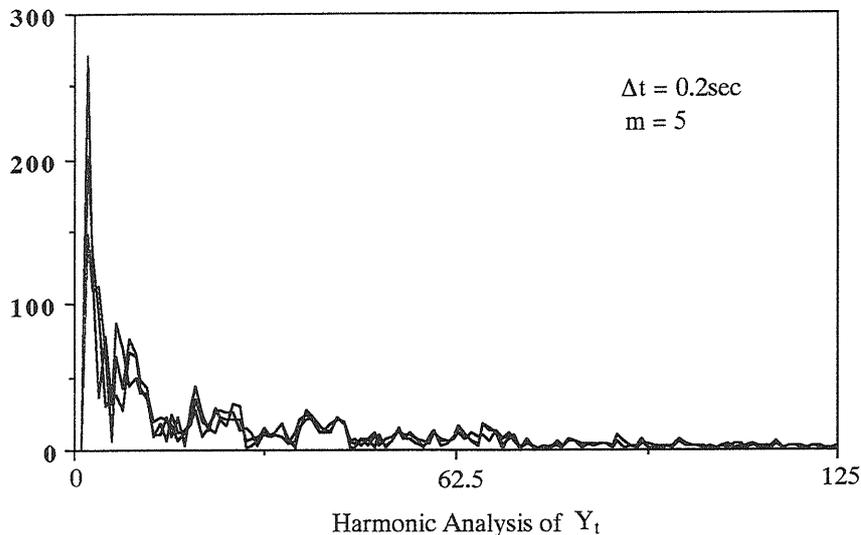


Fig.3 Harmonic analysis of the lidar backscatters at 300m above the sea surface. ($\Delta t=0.2\text{sec}$, $N=1000$)