

ラジオゾンデとシーロメーターの同時観測による海洋上低層雲高度の研究  
 Study of the heights of lowest clouds over the ocean by simultaneous observation of  
 radiosonde and ceilometer

村山 利幸<sup>1</sup>, 翁 一城<sup>2</sup>

T. Murayama and K. Okina

東京海洋大学海洋工学部<sup>1</sup>, 東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科<sup>2</sup>

Faculty of Marine Technology, Tokyo University of Marine Science and Technology

**Abstract:** Cloud base heights have been studied by a threshold method applied for commercial ceilometer data. We found that the threshold method is superior to the internally reported values in determining the lowest cloud base heights; the former is ~100 m lower than the later, considering with radiosonde observation.

### 1. はじめに

我々は2005年6月17日から7月17日にかけて、スクリプス海洋研究所のR/V *Revelle* を用いて日本の東側太平洋の黒潮続流・再循環流域において行なわれた Kuroshio Extension System Study (KESS) [1]で得られた100点以上のGPSラジオゾンデ観測及び1分毎のシーロメーター観測から得られた気象要素、後方散乱プロファイル、雲底高度データを用いて、主に最下層の海洋上の雲の雲底高度の判別方法とその評価に関する研究を行なった。KESSなど、大気海洋相互作用に関する研究[1-3]は近年盛んに研究されるようになってきており、その中で連続観測可能なシーロメーターの果たす役割も重要視されるようになってきたと考えられる。

### 2. 観測方法

観測海域は西部北太平洋（北緯30-39°、東経143-150°）の海域で、黒潮の水溫フロントを何度も横切る航路を取り、行なわれた。梅雨期でもあり、低層雲に覆われた日が多かった。GPSラジオゾンデ観測は期間中に116点行なわれた(高度25 km付近まで平均数時間毎に)。アッパーデッキにアブゾーバーを介して固定したシーロメーターは東京海用大学所有のVaisala社CT21Kで[4-6]、100倍記録感度を上げて1分毎に測定した。

### 3. 解析方法と結果

従来の研究では、シーロメーターが内部アルゴリズムによって観測プロファイルから報告される3層までの雲底高度をそのまま利用している。しかし、海上での霧を雲と判定しないなど、場合により現状の内部アルゴリズムの雲底判別方法では大気情報として不正確な場合もあると考え、別個に閾値法による下方からの雲底の判別方法を導入した[7]。即ち、後方散乱係数  $B_s$  [ $\text{km}^{-1}\text{sr}^{-1}$ ]が0.01を2点以上にわたって越えたとき雲底と判断した。この閾値はデータから判断した経験的な値である。そこで、シーロメーターが内蔵アルゴリズムにより与える最下層雲底高度( $cb1$ )と、本論文で開発した下方からの閾値法により求めた雲底高度( $thres\_cb1$ )を散布図にした結果、ほぼ一致するグループ(領域I)と $cb1$ の値によらず $thres\_cb1$ が300 m以下の値を取るグループ(領域II)があることがわかった (Fig.1)。

それぞれのグループについて、どのような事実に基づいて差異が生じているのかを $B_s$ とラジオゾンデによる気象パラメーターの鉛直プロファイルの詳細な比較と、 $B_s$ の時系列変化から調べた。雲底高度は $cb1$ ,  $thres\_cb1$ どちらの高度にあっても相対湿度RHは95%であって雲的状況を示すが、雲頂高度が容易にRH及び気温Tの逆転層によって判別されるのに比べ、雲底でのRH, Tの高度変化は緩やかであって、この気象要素だけから明確に雲底高度を言うのは難しい。シーロメーターが与える $B_s$ プロファイルは距離2乗補正したライダー信号強度であって、その高度での大気の後方散乱係数とその高度までの透過率に比例するため、一般に大気中のエアロゾル・雲・降水の状況によって複雑なプロファイルを取り得る。 $cb1$ は上方から雲底高度を求める方法と思われる[6]。しかし、雲でのレーザー光の減衰を考えれば、雲の下方から $B_s$ プロファイルをみていき、ある雲らしい閾値を越えた高度を雲底高度と判別する方が最下層雲には適していると思われる。

この結果、領域Iでは $thres\_cb1$ と温位 $\theta$ の変曲点との対応が良く、雲内部で $\theta$ の傾きが一定であることが

わかった(Fig. 2)。従って、最下層の雲底高度には Vaisala が規定で与える cb1 でなく、本論文で扱った閾値法による thres\_cb1 を用いた方が良かったことがわかった。その差異 (cb1-thres\_cb1) は平均で 110 m であった。また、領域Ⅱにおいて、1 分毎の Bs プロファイルの時系列データを可視化することにより、降雨の場合に見られる典型的なプロファイルの変化が見られたことから、cb1 は降雨の上にある雲の雲底に対応するもの、thres\_cb1 は海面までに降りた小雨による Bs の最下層高度に対応している例があることがわかった。この研究によって、従来十分に活用されていなかったシーロメーターの Bs プロファイルデータから新たな低層雲高度、降雨、霧や晴天時の混合層高度の気象情報を得ることがわかった。

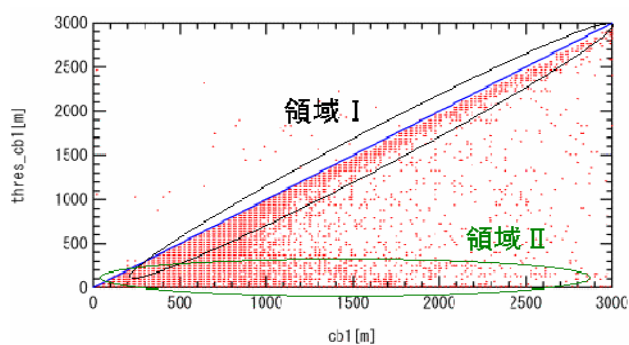


Fig.1 Scatter plot of the lowest cloud base heights determined by Vaisla's algorithm (bottom) versus the threshold's method (left).

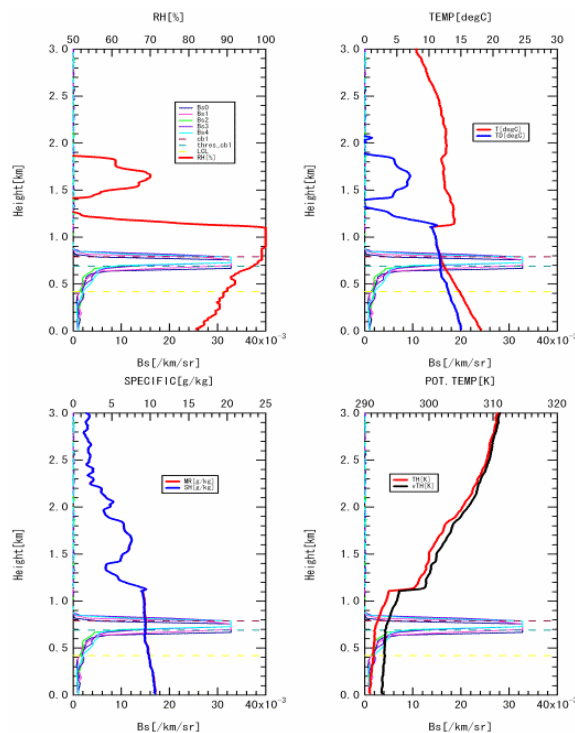


Fig. 2 An example of comparison between latest 5 backscatter profiles and the meteorological parameters (RH, T, TD, MR, TH etc.).

## 参考文献

- [1] Y. Tanimoto et al., Observation of Marine Atmospheric Boundary Layer Transitions across the Summer Kuroshio Extension, *J. Climate.*, 22, pp.1360-1374, 2009.
- [2] 小橋 史明、谷本 陽一、岩坂 直人、村山 利幸他、「冬季黒潮続流域で観測された大気境界層の変動」、月刊 海洋、号外 No. 49, pp.49-56, 2008.
- [3] Shang-Ping Xie, Satellite observations of cool ocean-atmosphere interaction, *Bulletin of American Meteorological Society*, pp.195-2008, 2004.
- [4] R. Kahn et al., Environmental snapshots from ACE-Asia, *J. Geophys. Res.*, 109, D19S14, doi:10.1029/2003JD004339, 2004.
- [5] N. Tsunematus, T. Nagai, T. Murayama, et al., Volcanic Ash Transport from Mount Asama to the Tokyo Metropolitan Area Influenced by Large-Scale Local Wind Circulation, *J. Appl. Meteorol. Climate*, 47 (4), pp.1248-1265, 2008.
- [6] Vaisala, Ceilometer CT25K user's guide. CT25K-U059en-21.1, Helsinki, Finland, 125 pp., 1999.
- [7] 翁 一城、「シーロメーターとラジオゾンデを用いた海洋上低層雲の研究」、修士論文、東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科、2009.