

航空機搭載用コヒーレントドップラーライダーの開発②

Development of Airborne Coherent Doppler Lidar by NICT

石井昌憲¹, 水谷耕平¹, 青木哲郎¹, 板部敏和¹, 黒岩博司¹, 大野裕一¹, 堀江宏昭¹, 菊地信弘¹, 島袋翼², 浅井和弘³

Shoken Ishii¹, Kohei Mizutani¹, Tetsuo Aoki¹, Toshikazu Itabe¹, Hiroshi Kuroiwa¹, Yuuichi Ohno¹, Hiroaki Horie¹, Nobuhiro Kikuchi¹, Tasuku Shimabukuro², and Kazuhiro Asai³

¹情報通信研究機構, ²都立科学技術大, ³東北工業大学

¹ National Institute of Information and Communications Technology, ² Tokyo Metropolitan Institute of Technology, ³ Tohoku Institute of Technology

Abstract: A 2 μ m coherent Doppler lidar for airborne measurement has been developed at the National Institute of Information and Communications Technology. The main objective of this project is to demonstrate the feasibility of the coherent Doppler lidar from a moving platform. To obtain wind profiles from a moving platform, we have developed the algorithms to extract the Doppler-shifted frequency and compensate for the aircraft altitude and velocity, and measure wind profiles. To demonstrate the feasibility of the coherent Doppler lidar from a moving platform, the second airborne experiment was made on June 10 and 14, 2004. We report experimental results obtained by the coherent Doppler lidar in the experiment.

1. はじめに

情報通信研究機構(東京都小金井市)では、対流圏の風向・風速とエアロゾルの空間的な情報が得られる航空機搭載用コヒーレントドップラーライダー(以下、コヒーレントドップラーライダーと略す)の開発を行ってきた。2002年12月に行われたPALAU2002においてデータ取得実験を行った。PALAU2002にて得られたデータを解析したところ、風速データに約10 m/secの系統的な誤差成分が生じている可能性が示唆された。2004年6月に第2回航空機搭載実験を行ったところ、系統的な変動成分が生じている事が改めて確認された。本発表は、航空機の世界補償を行いつつこの系統的な変動成分を取り除くことによって、航空機から風の高度分布を得ることができたので、その結果について報告を行う。

2. 航空機搭載用コヒーレントドップラーライダー

コヒーレントドップラーライダーの諸元と取付の様子をTable 1とFig. 1にそれぞれ示す。航空機搭載実験は、コヒーレントドップラーライダーをダイヤモンドエアーサービス社所有のGulfstream IIに搭載し、名古屋-日本海、名古屋-太平洋沿岸-伊豆諸島の2エリアで延べ7時間のフライトで行われた。コヒーレントドップラーライダー本体は、航空機側面のポッド内に取付けられており、非気密化下のもとで使用した。レーザは、目に対する安全性を考慮し、単一波長2.0125 μ m, パルスエネルギー7mJ/pulse, 繰返し周波数100Hz, のLD励起によるQスイッチTm:YAGパルスレーザを用いた。レーザパルスは、ウェッジプリズムの射出面の法線より20°の方向に0°, 45°, ...315°, 360°と45°づつ角度を変えながら9方向に1500ショットずつ射出された。レーザパルスの正確な射出方向を得るために、航空機内に設置された慣性航法装置より航空機の姿勢(yaw, pitch, roll)及び他のデータ(飛行機の緯経度、進行方向、巡航速度、高度等)から真北に対する方位角と地表面に対する天底角として算出した。コヒーレントドップラーライダーで計測される風速 V_{LOS} は、航空機と風の3成分を用いて、

$$\begin{aligned} V_{LOS} &= V_{LOS, 風} + V_{LOS, 航空機} \\ &= (U_{風} + U_{航空機}) \cdot \sin \theta \cdot \sin \varphi + (V_{風} + V_{航空機}) \cdot \cos \theta \cdot \sin \varphi + (W_{風} + W_{航空機}) \cdot \cos \varphi, \end{aligned} \quad (1)$$

と与えられる。ここで、 θ と φ は、それぞれレーザパルスの方位角と天底角である。航空機の世界補償は、航空機の飛行高度及び天底角より航空機から地球表面までの距離を決定し、そして地表面速度が0 m/secとなるように航空機の対地速度を決定することで航空機の世界補償を行った。風向と風速の高度分布は、航

空機の手速度補償を行つた後 VAD 法を用いて決定された。

Table 1. System specifications of airborne 2 μm coherent Doppler lidar.

<u>Transmitter</u>	
Laser	: Tm:YAG
Wavelength	: 2.012 μm
Pulse energy	: 7 mJ/pulse
Pulse width	: 560 nsec
Pulse Repetition	: 100 Hz
<u>Receiver</u>	
Clear aperture	: 10 cmφ
Scan	: Conical/Step and Stare
Zenith angle	: 20°
Wedge prism	: Silicon (8° wedge angle)
Pointing accuracy	: 0.1°
Detector	: InGaAs
<u>Data Processing</u>	
Signal processing	: AD
Resolution	: 8 Bit
Sampling frequency	: 100 MHz
Sampling points	: 64 (=96 m per 1 range-gate)
<u>Environmental</u>	
MIL-STD-810F-compliant	



Figure 1. Airborne 2μm coherent Doppler lidar

4. 結果

Fig. 2 に 2004 年 6 月 10 日に日本海上空行つた航空機搭載結果の一例を示す。航空機は高度約 7.5km を時速約 680km、ピッチ角一定(約 2.6°)で巡航した。コヒーレントドップラーライダーとドロップゾンデによって得られる結果を比較するために、航空機はドロップゾンデの投下点を中心とするように十字飛行を行つた。白抜きひし形は、それぞれ、航空機が北進時と南進時した際にコヒーレントドップラーライダーによって得られた風データの結果である。灰色の丸は、ドロップゾンデによって得られた風データの結果である。コヒーレントドップラーライダーで得られた結果とドロップゾンデで得られた結果と一致しており、正しく航空機の手速度補償や系統的な変動成分の除去処理を行つていることを示している。

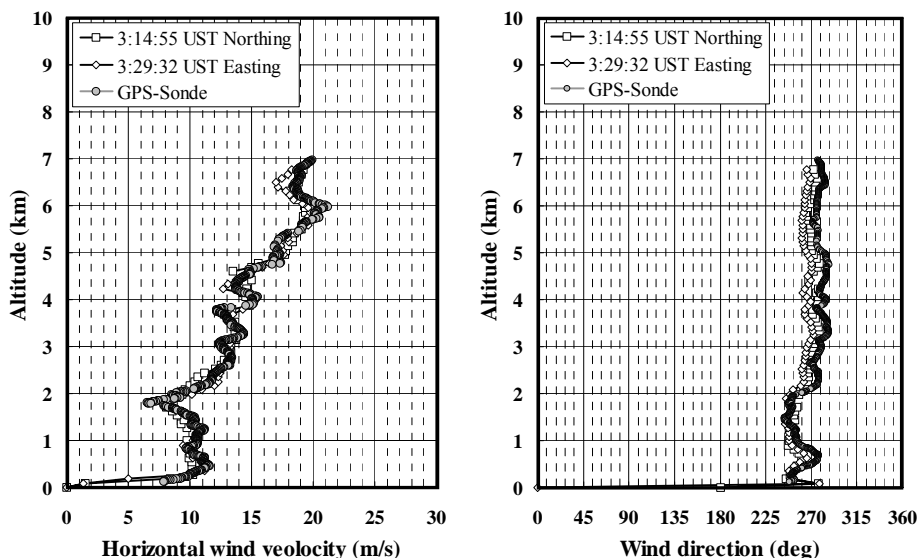


Figure 2. Horizontal wind velocity and wind direction measured by the airborne coherent Doppler lidar and the GPS-dropsonde from 3:14 to 3:29 UT on June 10, 2004

謝辞

ドロップゾンデ観測システム一式は国立極地研究所より借用させて頂きました。ダイヤモンドエアーサービス社皆様のご協力に感謝いたします。