

北極ニーオルスン基地での雲レーダ FALCON-A と CloudSAT の同時観測

井浦太一¹、鷹野敏明¹、中田裕之¹、河村洋平¹、矢永賢洋¹、永瀬雄斗¹

¹ 千葉大学大学院工学研究科

Simultaneous observations of Cloud profiling Radar FALCON-A and CloudSat in Ny-Alesund

Taichi Iura¹, Toshiaki Takano¹, Hiroyuki Nakata¹, Youhei Kawamura¹, Kenyo Yanaga¹, Yuto Nagase¹

¹ Chiba University Graduate School of Engineering

The 95 GHz millimeter wave cloud radar FALCON-A was installed nearby The Arctic Environment Research Center of National Institute of Polar Research of Japan in Ny-Alesund, Svalbard, Norway. FALCON-A observes clouds by transmitting millimeter wave radio waves at 95 GHz to the zenith from the ground surface. By contrast, NASA's CloudSat-CPR observes clouds sending pulse waves at 94 GHz to the ground from 705 km-altitude. We examined the accuracy of the observations of FALCON-A by comparing the data that has been observed by FALCON-A and CloudSat when CloudSat has taken passes over Ny-Alesund. During the 9-months window between January and September 2015, there were two events in which FALCON-A's and CloudSat's observation volumes overlapped. The event on January 4, 2015, both radars observed similar profiles. The event on April 2, 2015, however, radar reflectivity factors obtained with FALCON-A are lower about 2-7dB than those of CloudSat. The detection limit of FALCON-A is suggested as the cause of these differences.

1. はじめに

2013年9月、95 GHz ミリ波雲レーダ FALCON-A は国立極地研究所のニーオルスン北極観測センターに設置され、観測を開始した。本研究では、FALCON-A によって観測されたデータをアメリカ航空宇宙局の地球観測衛星 CloudSat でほぼ同地点、同時刻に観測されたものと比較することで、FALCON-A による観測の正確さを検証することを目的としている。

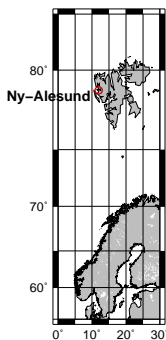


図 1: ニーオルスン位置

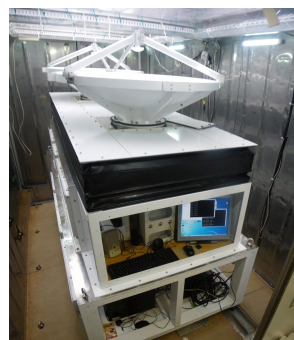


図 2: FALCON-A 外観

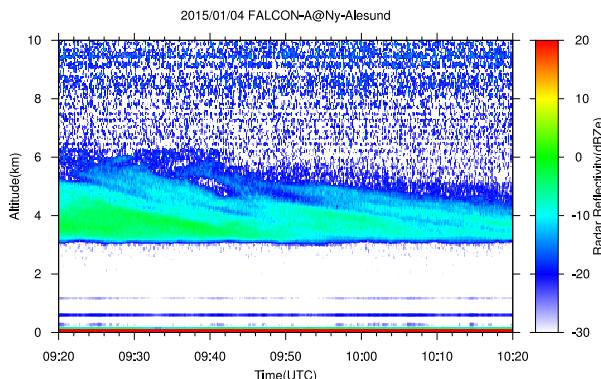
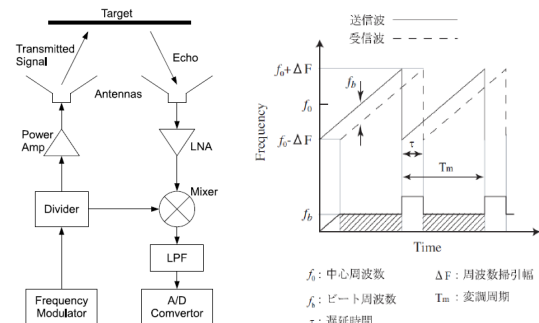


図 3: FALCON-A による Z 因子の観測例

2. 方法

2.1 FALCON-A による観測

FALCON-A は天頂方向に対して FM-CW 方式 (図 4) によって散乱体までの距離と反射波の強度を測定する。また、送受信電力と距離から物理量である Z 因子を算出する。



(a) FM-CW 方式概略図 (b) FM-CW 方式原理図

図 4: FM-CW の原理: 鋸波状に周波数変調された送信波とターゲットに反射した受信波の周波数差から距離を求める。

Z 因子の導出に用いる受信電力とは受信アンテナ開口端におけるターゲットからの反射波のエネルギーである。しかし実際に記録される値は雑音を加えられ、受信機で増幅された値である。したがって受信電力 P_r は、

$$P_r = \frac{P}{G} - N \quad (1)$$

となる。ここで P は記録値、 G は受信機利得、 N は雑音電力である。

受信機利得 G は、温度のわかっている電波吸収体を受信アンテナ開口端に密着させ、黒体放射の式より求められる放

射電力と記録値の比から求める。雑音電力 N は、送信を止め受動観測を行うことで、ターゲットからの反射が存在しない状態での記録値から導出する。

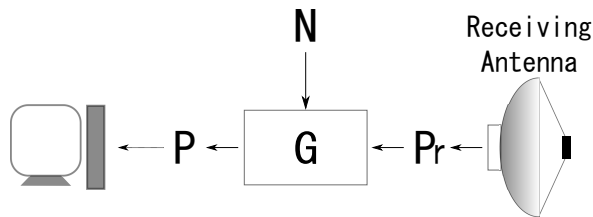


図 5: FALCON-A 受信機部の等価回路

2.2 CloudSat による観測

CloudSat はニーオルスン上空の北行軌道と南行軌道 (図 6) をそれぞれ 16 日周期で通過している。軌道の地上投影は FALCON-A の設置場所からおよそ 3km 以内を通過する。CloudSat は軌道を通過しながら、高度 0~30km, 底面積 1.3km×1.7km の楕円柱型の空間の観測を約 1.1km 間隔で行う¹⁾。

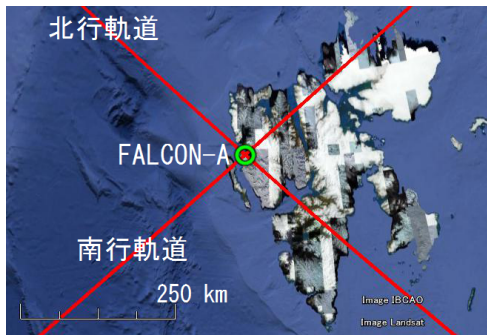


図 6: CloudSat の軌道

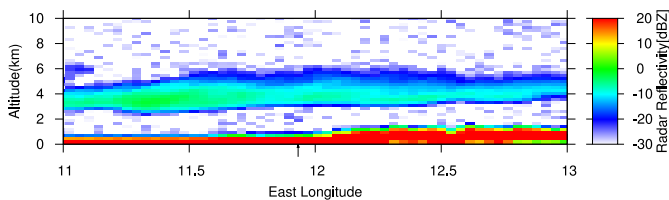


図 7: CloudSat による Z 因子の観測例

本研究では、2015 年の 1 月から 9 月の間でニーオルスン周辺を CloudSat が観測した日について、両レーダで観測された Z 因子の高度分布を比較した。

3. 結果及び考察

2015 年の 1 月から 9 月の間でニーオルスン上空を CloudSat が通過した回数は 34 回だった。両レーダで雲が観測された事例は 13 回だった。そのうち FALCON-A と CloudSat の観測領域が重なった事例は 2 回だった。

3.1 CloudSat 観測空間内での同時観測

FALCON-A と CloudSat の観測空間が重なった 2015 年の 1 月 4 日と 4 月 2 日に両レーダで観測された Z 因子の高度分布を図 8 に示す。図 8a より、両レーダで観測された Z 因子がよく一致していることがわかる。また、FALCON-A で観測された Z 因子には複数のピークが存在し、CloudSat

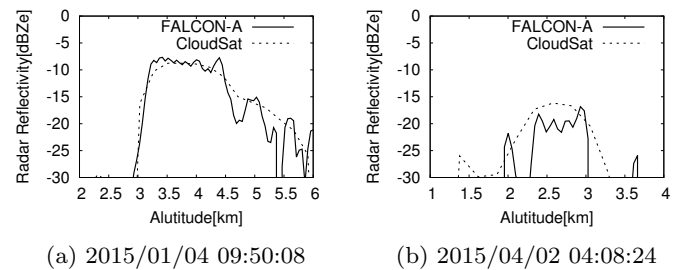


図 8: FALCON-A と CloudSat により観測された Z 因子の高度分布

に比べて詳細に雲の分布が観測されていることがわかった。しかし図 8b に示す Z 因子の大きさは CloudSat に比べて FALCON-A の観測結果の方が全体的に小さくなっている。観測された Z 因子の大きさが図 8a と比べて小さいことから、観測精度が影響していると考えられる。

3.2 FALCON-A の高度積分値との比較

FALCON-A のデータ間隔の 48.8m を CloudSat のデータ間隔の約 240m に合わせて比較するために、FALCON-A の高度方向に連続するデータ 5 点分を積分した。積分の際は距離や FALCON-A の送受信アンテナ間の視差による減衰を考慮した重み付けを行った。図 9 に FALCON-A と CloudSat の観測領域が重なった 2 事例で観測された Z 因子の相関図を示す。図 9a では $y = x$ の破線に沿ってよく一致している。図 9b は図 9a と比べて観測結果のばらつきが比較的大きい。

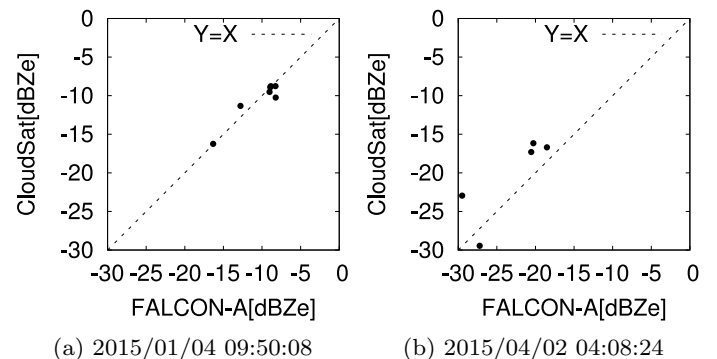


図 9: FALCON-A と CloudSat により観測された Z 因子の相関図

4. まとめ

CloudSat の観測領域内を FALCON-A がほぼ同時刻に観測した 2 つの事例を用いて両レーダで観測された Z 因子を比較した。約 -10 dBZe の Z 因子が観測された事例では両レーダの観測結果が良く一致していたものの、約 -20 dBZe の Z 因子が観測された事例では両レーダの観測結果の差が比較的大きいことが確認された。

参考文献

- (1) “Level 1B CPR Process Description and InterFace Control Documents”, NASA Earth System Science Pathfinder(ESSP) Mission, 2007.