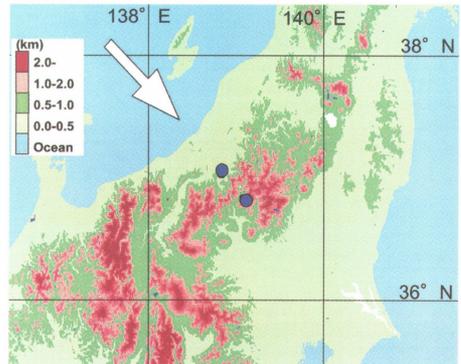
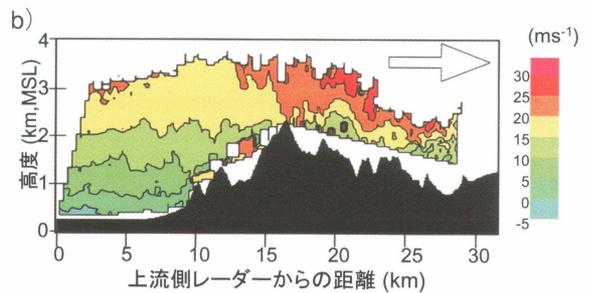
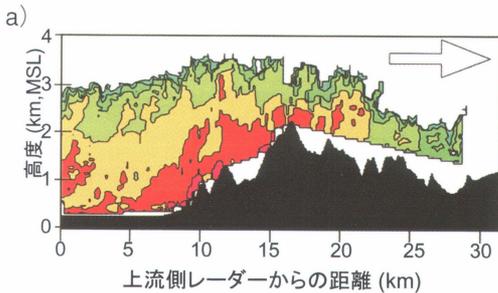




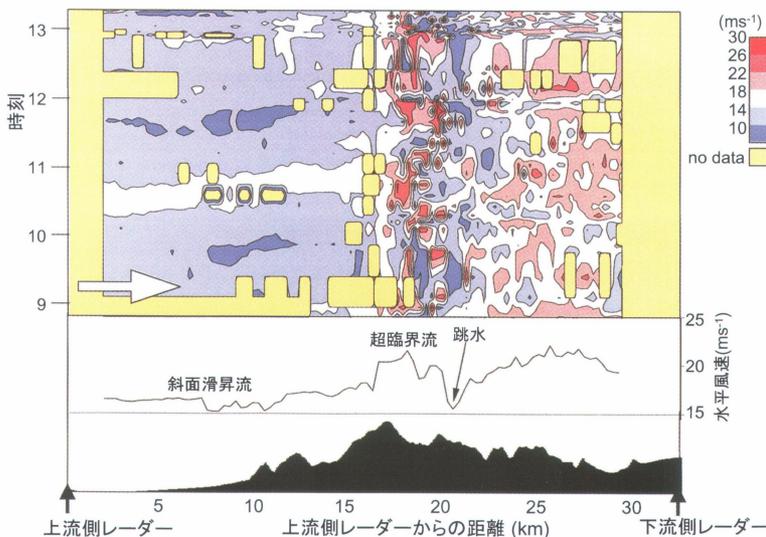
写真1 ミリ波レーダー 図右のアンテナから8.6 mmの波長の電波を出力100 kWで発射し、距離125 m、角度0.3°の分解能でデータを得る。図左の操作室には電波の送受信やデータの処理・記録のための装置が入っている。それらはトラックの荷台につけられており、移動が可能である。



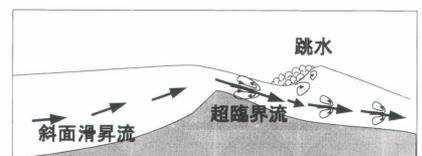
第1図 2つのミリ波レーダー（青丸）の配置 新潟県と群馬県にまたがる三国山脈をはさんで1台ずつ、季節風（白い矢印）と同じ北西-南東に沿って並べた。



第2図 雲の鉛直断面 2001年12月10日午前9時24分、アンテナを北西-南東方向に上下にスキャンした時の画像で、2つのレーダーのデータを合成して作った。季節風（白い矢印）に流された降雪をもたらすセルが斜面を昇って峰を越え（反射強度：a図）、気流が峰の下流で波打つ様子を表す 水平風速：b図）。



第3図 峰の上流と下流での気流の振るまいの変化 季節風（白い矢印）に伴う高度2 km（山頂付近にあたる）の気流。時系列（左図上段）は堰（せき）を越える川の流を真上から見た様子に似ている。その水平風速の分布を時間平均図（19-13時）にて明示した（左図中段）。気流が峰を越えると、渦が発生して乱れながら山腹を速いスピード（超臨界流）で滑降したのち峰から約3 km下流で急に減速する（跳水）。



## ミリ波レーダーで見た降雪雲の山越え\*

楠 研 一<sup>\*2</sup>・村上 正隆<sup>\*2</sup>・折笠 成宏<sup>\*2</sup>・田中 恵信<sup>\*2</sup>  
 岩波 越<sup>\*3</sup>・真木 雅之<sup>\*3</sup>・朴 相 郡<sup>\*3</sup>・三 隅 良 平<sup>\*3</sup>  
 浜津 享助<sup>\*4</sup>・入 澤 實<sup>\*5</sup>

山は大気にさまざまな力学的影響を与え、その流れを複雑にする。例えば安定成層の大気には、山を滑昇・滑降・迂回する流れや水平・上下方向に伝わる波などが生じる。それらの現象についてはこれまで数値シミュレーションを中心に多くの取組みがなされ、難しかったいくつかの流れの解明(孤立峰周辺の3次元流れなど)については、非静力学モデルの発達によって成果が上がりつつあり注目を集めている。その背景には、山のまわりの気流が複数の応用面一局地的な降水予報、大循環モデルの重力波の影響評価、おろし風による風害リスク把握一のカギを握っていることがある。

では現実の山のまわりの気流は本当はどうなっていて、さらに雲と降雪の形成や発達にどんな影響を与えているのだろうか。その解明が私たちの研究テーマである。

最近、通常的气象レーダーで捉えることができない弱い雲領域まで高分解能で検出できる出力の強いミリ波レーダーが開発された(写真1)。操作室やアンテナはトラックの荷台に取り付けられ、観測したい場所にそのまま移動できる。これを使えば山のまわりの気流や雲を細かく連続的・面的に観測できる可能性がある。そこで私たちは2001年12月にこのレーダー2台を新潟県と群馬県にまたがる三国山脈へ持っていき、真ん中に標高2 kmの峰をはさんで1台ずつ、レーダーと峰が北西-南東に一直線に並ぶように配置した(第1図)。そしてアンテナを同じ北西-南東方向に10分間隔で上下に振って雲の鉛直断面をスキャンした。こうすれば北西風が吹いたとき峰の上流から下流にいたる気流や雲を適切に捉えられると考えた。

北西の季節風が一日続いた12月10日の観測を紹介する。2つのミリ波レーダーのスキャンを合成することで、雪をもたらずセルが次々と斜面を昇って峰を越え、気流は峰の下流で波打つ様子がわかった(第2図)。詳

しく調べた結果、上流の大気のコンドィション(気流の山越えの尺度でフルード数という)によって峰を越える気流は2つのパターンに分かれた。峰の真上で雲がへこんで気流が最速になるもの(観測されたフルード数0.2)と、ちょうど反対に雲が盛り上がり気流が遅くなるものである(フルード数0.8)。アンテナを上下でなく水平に回転させて得たデータと照らし合わせてみると前者は降雪セルが峰のまわりを迂回し、後者では乗り越えていた。一方、峰の下流では、気流は乱れながら山腹を速いスピードで滑降したのち、急に10 ms<sup>-1</sup>以上減速したことがわかった(第3図)。これらの観測結果はこれまでの数値シミュレーションの結果とよく似ている。そのほか峰の風下側には常に渦が発生し、それが下流に規則的に次々と流れ、渦の激しい場所では雪の量が増えていることもわかった。私たちは今回紹介したレーダーだけでなく、航空機、マイクロ波放射計、雲粒子ゾンデなどによる包括的な観測を行なっている。得られた知見が整理され、雲解像モデルと組み合わせることで、山と気流との相互作用や、それが雲と降雪に与える影響について理解がさらに進むことが期待される。詳しい解析は下記の文献を参照されたい。

### 謝 辞

紹介した内容は以下の共同研究に基づいている。

- (1)「山岳性降雪雲の人工調節に関する研究」(気象研究所, 利根川ダム統管理事務所)
- (2)「マルチパラメータレーダーと雲内直接観測による雲・降水過程の観測研究」(気象研究所, 防災科学技術研究所)

### 参 考 文 献

- Kusunoki, K., M. Murakami, N. Orikasa, Y. Tanaka, K. Iwanami, M. Maki, S. Park, R. Misumi, K. Hamazu and H. Kosuge, 2003: Ka-band radar observations of orographic snow clouds and flows across a steep mountain ridge Preprints, 31th Conf. on Radar Meteorology, Seattle, WA, Amer. Meteor. Soc., 104-107.

\* Ka-band radar observations of orographic snow clouds across a mountain ridge.

<sup>\*2</sup> 気象研究所, <sup>\*3</sup> 防災科学技術研究所, <sup>\*4</sup> 三菱電機株式会社, <sup>\*5</sup> 利根川ダム統管理事務所.

© 2004 日本気象学会