

第11回メソ気象研究会の報告

1. はじめに

今回のメソ気象研究会は、日本気象学会春季大会の前日1997年5月20日(火)14時30分から18時まで、大会会場の筑波大学大学会館3階国際会議室で約50名が参加して開催された。テーマとして「山岳波」を取り上げた。「山岳波」の研究は古くから行われているが、航空機やリモートセンシング機器を使った観測、非静力学モデルによる数値実験などにより、最近「山岳波」の研究に新たな進展が見られようとしている。各講演者にこれまでの研究のレビュー、最近の特別観測と数値実験、境界層レーダーによる観測、数値予報モデルとの関連について話題提供をお願いした。

また、研究会の冒頭では、気象学会のシンポジウム講師として招待されたイギリスReading大学のBrowning教授に、特別講演としてGCSS (GEWEX-Cloud System Study) の紹介をお願いした。Browning教授に代わりGCSSの日本国内委員である藤吉康志氏(北海道大学低温科学研究所)と山岬正紀氏(東京大学理学部)が、GCSSの活動についての紹介を別に寄稿する予定である。

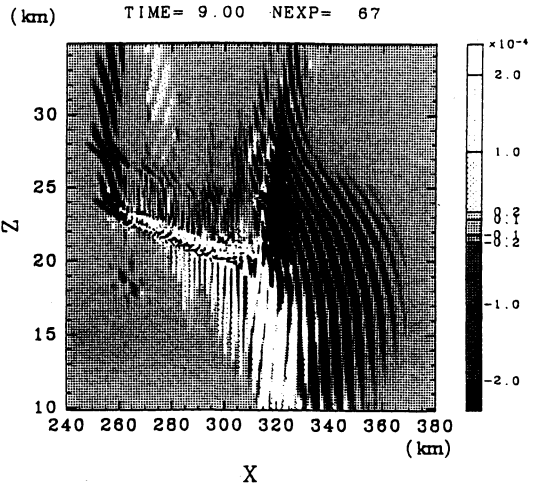
コンビーナー 中村 一 (気象研究所予報研究部)

2. 山岳波のレビューと2次重力波励起の数値実験

里村雄彦 (京都大学大学院理学研究科)

1930年代から始まった山岳波の研究について概観した後、研究紹介として山岳波による2次重力波放射の数値実験の結果を示した。

山岳波のレビューでは初期の線形理論とLongの方程式、Eliassen-Palmの非加速定理について触れた後、ロッキー山脈、ヨーロッパアルプス、ピレネー山脈でそれぞれ行われた大規模な観測の概要と運動量フラックスの側面から見た観測及び数値計算結果について簡単に述べた。その際、航空機による2次元断面内の運動量フラックス観測が山岳全体の影響を代表していな

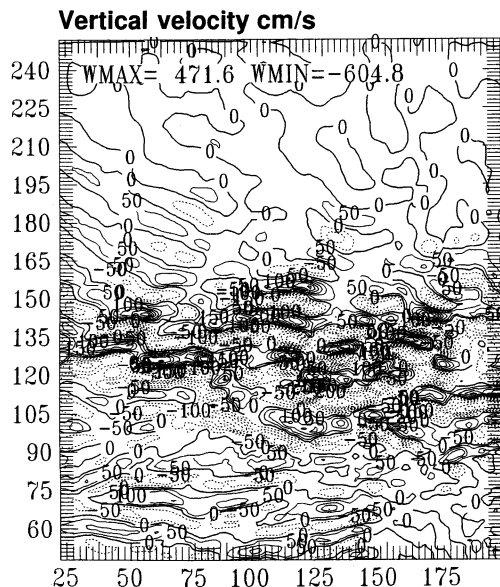


第1図 ハイパスフィルターを通した後の局所運動量フラックス ($\rho w'$) の分布. 積分開始から9時間後.

いということを数値実験と線形理論計算によって示し、観測結果の解釈や山岳波抵抗のパラメトリゼーションの定式化における問題点を指摘した。レビューの最後に、1997年から観測が始まるMAP (Mesoscale Alpine Program) の紹介も行った。

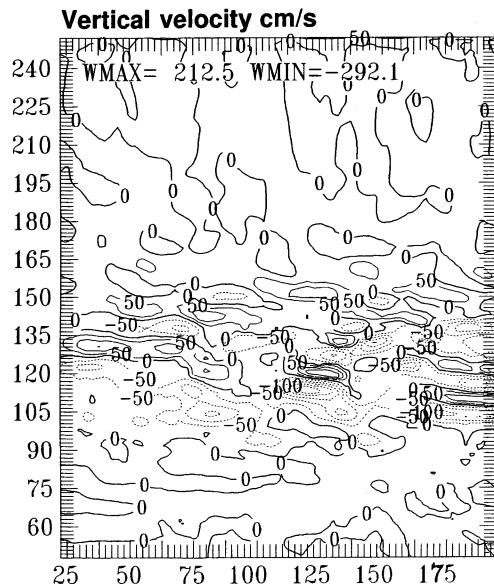
山岳波が上方に伝播すると、大気密度が小さくなるため山岳波の振幅が増大し、臨界層がなくとも砕波を起こす。数値モデルを用い、半振幅30 kmのベル型地形による山岳波の伝播を2月の大気条件で調べると、下部成層圏で山岳波が砕波し、第1図のようにその砕波域の周囲、特に下流方向上下に2次重力波が放射されることがわかった。この2次重力波は波長3~8 km、位相速度-1.5~+4 m/sである。2次重力波の運動量フラックスは約5 N/mと山岳波の1/100~1/1000程度だが、位相速度がゼロでないため、水平方向には山岳波のない空間へ伝搬すること、鉛直方向には山岳波の臨界層 ($U=0$) を通過することが可能であり、中層大気への影響は大きいであろう。励起機構としては、

Fine wet model



第 2 図 ピレネー東半分での S モデルと F モデルの 4 km 高度面での鉛直流分布。等値線間隔は 0.5 m/s。風は南東～南南西から吹いている。

Smooth wet model



2 次重力波の波長と位相速度から、砕波域での対流運動と、砕波域周囲の力学的不安定の 2 つが働いていることを指摘した。

3. ピレネー山脈越えに発生した風下波の数値シミュレーション

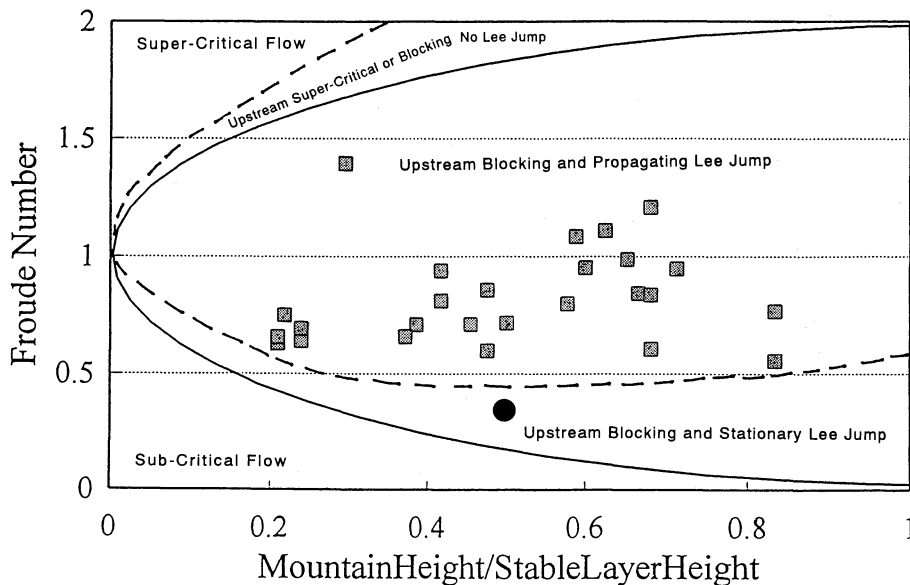
加藤輝之 (気象研究所予報研究部)

PYREX (1990 年に行なわれたピレネー山脈に伴う山岳波の特別観測実験) 期間中に観測された風下波の事例 (IOP3) について気象研究所予報研究部の非弾性非静水圧モデル (Ikawa and Saito, 1991; Saito, 1994; Kato, 1996, 1997) を用い再現数値実験を行った。まず、1990 年 10 月 15 日 00 UTC からの 6 時間間隔の 25 km メッシュの ECMWF の客観再解析データを内挿した初期値・側面境界値を用い 10 km モデル (95×95×49) で 18 時間数値積分を行い、10 km モデルの 5 時間予想値を初期値として、東西 2.5 km、南北 1.5 km 格子のモデル (169×169×49) で 6 時間数値積分を行った。10 km 地形としてはフランス気象局がエンベロップ地形と称して作成したもの (以下「エンベロップ地形」) と 0.5 分メッシュの地形データから作った 10 km 平均地形 (以下「平均地形」) を、2.5×1.5 km モデルの地形としては 10 km 平均地形 (S モデル) と東西 5

km、南北 3 km で平均したもの (F モデル) を用いた。降水過程として雲水、雨水を予報する暖かい雨を採用した。

エンベロップ地形を用いると鉛直運動量輸送が観測と比べると過大評価となったが、平均地形の結果は 4～6 km で若干大きいものの上層での減少等観測とかなりよい一致をみた。ピレネー中央付近の地形を波数展開して調べてみると、波長 50 km を越える成分でエンベロップ地形の方がかなり大きな振幅を持っていることがわかった。すなわち、波数が小さいほど静水圧波 (主山岳波) の振幅が大きくなり、その分運動量の下層輸送を強めることが考えられる。

第 2 図に 09 UTC の S モデルと F モデルの 4 km 高度面での鉛直流分布を示す。F モデルの方がかなり風下波を顕著に再現していることがわかる (S モデル～4 m/s 程度、F モデル～観測～6 m/s 程度)。この事例の風下波は非線形相互作用によって形成されると示唆されている (Satomura and Bougeault, 1994) が、今回の結果は線形波成分の重要性を結論づけている。また、風上の滑昇流による雲の形成が風下波の振幅を強めるが、その影響はあまり大きくなかった。スコラ数 (= 大気の安定度/一般風の強さ) をみると、風下波が顕著に現れる場所 (ピレネー東半分) では下層 6 km



第3図 自由表面高度に対する山頂高度比とフルード数との関係。

でスコラー数がほぼ一定 (=0.4~0.5/km) で、その上3 kmほどに弱安定層(スコラー数~0.2/km)が存在していた。

参考文献

Ikawa, M., K. Saito, 1991: Description of a nonhydrostatic model developed at the Forecast Research Department of the MRI, Tech. Rep. of the MRI, 28, 238pp.
 Kato, T., 1996: Hydrostatic and non-hydrostatic simulations of the 6 August 1993 Kagoshima torrential rain, J. Meteor. Soc. Japan, 74, 355-363.
 Kato, T., 1998: Numerical simulation of band-shaped torrential rain observed over southern Kyushu, Japan on 1 August 1993 (submitted to J. Meteor. Soc. Japan).
 Saito, K., 1994: A Numerical study of the local down-slope wind "Yamaji-kaze" in Japan. Part 3: Numerical simulation of the 27 September 1991 windstorm with a non-hydrostatic multi-nested model, J. Meteor. Soc. Japan, 72, 301-329.
 Satomura, T., P. Bougeault, 1994: Numerical simulation of lee wave events over the Pyrenees, J. Meteor. Soc. Japan, 72, 173-195.

4. 境界層レーダーによる山岳波の観測

渡辺 明 (福島大学教育学部)

1994年3月に福島大学に導入された境界層レーダー(BLR)は周波数1357.5 MHz, ピーク出力1 kW, 高度分解能72.5 m, 時間分解能51秒で観測地点上空の風速3成分を直接測定するLバンドドップラーレーダーである。このレーダーは、西に奥羽山脈, 東に阿武隈山地がある北東-南西にのびる地形の中に位置し, 西系の風が卓越する時にはレンズ雲などが多発する場所に設置されている。

従来, 山岳波の出現は主にこうした雲の観測から実施されていたが, まず定点的観測であるBLRで, どのように山岳波が観測されるかを確認するため, NOAA画像を用いて確実に出現している日時を選択し, そのときのBLRの観測結果を対比, 整理した。その結果エコー強度が弱く, 鉛直流1.5 m/s以上が15分以上継続している時には, 定在的な山岳波が出現していることがわかった。しかし, 下降流の場合は降水や雲粒の落下速度と区別できないことがあるため, 上昇流のみを対象として, BLRで測定した山岳波の出現特性を調べた。

その結果1995年8月から1996年7月までの1年間で57例が観測された。このうち仙台管区气象台で観測した高層観測を参照し, 安定層高度が吾妻山(標高2024 m)などの近傍に位置するものが27例あった。この27例

を自由表面高度に対する山頂高度比とフルード数との関係をプロットしたのが第3図である。全ての例が跳ね水現象 (hydraulic jump) の可能性を示すとともに、上流でブロッキングを起こし、定常な風下ジャンプが1例で、他は伝搬する風下ジャンプであることがわかる。この結果は定在的なレンズ雲などが吾妻山と観測地点の間で1～3波出現する観測事実とも一致する。

57例の出現時刻をみると、夜間に86%が出現し、下層大気の安定度、とりわけ安定層付近の鉛直シアの大きさが観測地点周辺の山岳波発生に大きく寄与していること、わずかな風向変動で定在性が崩れる事なども明らかになった。

5. 数値予報と山岳波

郷田治稔 (気象庁予報部数値予報課)

気象庁の数値予報モデルと山岳波の関連ということで、前半は重力波のパラメタリゼーション (重力波抵抗) について、後半はフェーンの前報結果についての検討結果を報告した。

気象庁の数値予報モデルでパラメタライズ可能な重力波には2種類ある。1つは波長約100 km 以上のもので、山岳で励起された重力波の成層圏臨界層の存在に

よる吸収 (風速を減速させる) をパラメタライズしたものである。もう1つは、波長約10 km 以下の波で、非静力学効果などのための下層対流圏での吸収をパラメタライズしたものである。前者は全球モデルにとっては重要であるが、気象庁領域モデル (RSM, 水平分解能20 km, 51時間予報) による予報実験では影響が小さかったため現在 RSM では利用していない。一方で後者は RSM に対しても大きな影響を及ぼし、重力波抵抗の導入により冬場の低気圧の発達しすぎをおさえることができることを示した。

次に現在の現業数値予報モデルでどのくらい山岳波を表現できるか見るために、1996年8月15日台風通過後の関東地方のフェーンについて、RSM と開発中の局地数値予報モデル (RSM の水平分解能10 km 版) による予報結果を検討した。地上の昇温は特に RSM で不足していた。その直接の原因はモデルの雲の扱いが不適当でその結果放射の効果が不十分であることだが、さらに境界層、山岳波等の影響もあって、評価は難しかった。一方で大気下層 (850 hPa 等) での昇温は両モデルともによく予報しており、山岳波はある程度表現できていたように思われた。

MSJ-BBS 用の電子メールアドレス廃止のお知らせ

日本気象学会電子情報委員会

学会における BBS パソコン通信の廃止につきましては天気9月号にてお知らせしましたが、具体的な廃止日程につきましては通知しておりませんでした。経費節減のため1997年12月末日をもちまして正式にこのサービスは中止とさせていただきますのでご了承ください。これに伴い、これまでご利用頂いた BBS 用の学

会宛て電子メールアドレス J90245@sinet.ad.jp は自動的に廃止となりますことをご連絡いたします。今後は、インターネットによる学会ホームページ (<http://www.soc.nacsis.ac.jp/msj/>) の一層のご活用をお願いいたします。