

大規模山岳風下側に発生する低気圧性渦の数値実験

*穂積 祐・植田 洋匡 (京都大学防災研究所)・余 偉明 (東北大学理学研究科)

1. はじめに

回転成層大気、すなわち低ロスビー数 ($Ro \ll 1$) の環境場に、大気の厚さに比べて山の高さが無視できないようなスケールの大きい山岳が存在することにより、山岳まわりやその風下側にはさまざまな特徴や現象があらわれる。成層大気中において山岳がもたらす影響としては山岳波や風下側でのカルマン渦形成や収束線形成などが考えられるが、低ロスビー数の環境場においてはコリオリの効果が大いなるため、地衡風平衡や一般風の流線の非対称性 (山岳風下域では流線は右にずれる) など、大規模場に特徴的な現象があらわれる。

Happert and Bryan(1976)は回転成層流体において、非線型理論および数値計算により山岳上で山岳と同規模の低気圧性渦が発生し風下へ移流する様子が再現された。似たような現象は Boyer and Zhang(1990)による室内実験においても、周期的な流速を与えることによって断続的に低気圧性渦の生成・移流がおこることが示されている。この低気圧性渦の生成は山岳を吹き降りる流れによる断熱温度上昇により気圧が低下し、地衡風バランスが成り立つことによってできるものと解釈できるが、渦の強度を決めているものは何か、についてはかつて十分な議論がなされていない。

そこで本研究では三次元非静力学数値モデル(Sha et al.,1996, Sha et al.,1998)を用い、大規模山岳を置いた回転成層大気中において、さまざまな一般風及び大気安定度、さらにいくつかのコリオリ f を与え、風下側に発生する低気圧性渦の生成・移流の再現を行い、パラメータ同定を試みた。

2. 数値モデル

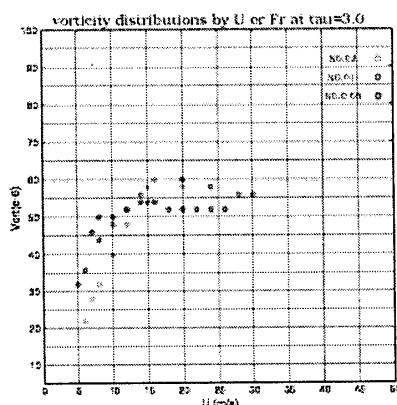


Fig.1:大気安定度が異なる計算における山岳風下側で発生した渦の渦度強度

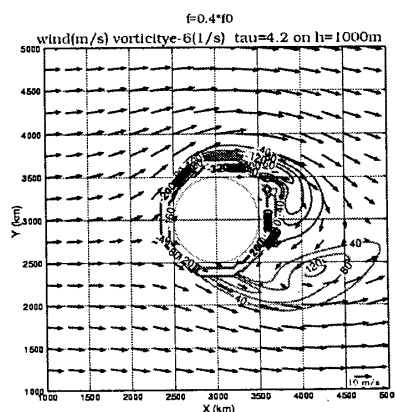


Fig.2:コリオリ力を $0.4f$ ($N=0.02$) にしたときの高度 1,000m における風ベクトルと相対渦度分布

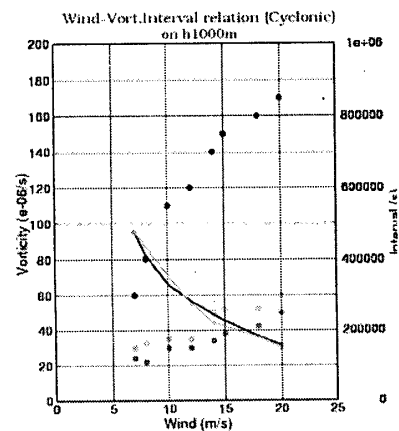


Fig.3:カルマン渦の各渦の渦度強度と各渦の発生インターバル

用いたモデルは三次元ドライ非静水圧モデル(Sha et al., 1996;Sha et al.,1998)である。ドメインは $6000 \text{ km} \times 6000 \text{ km} \times 25.0 \text{ km}$ であり、 f 平面のコリオリを入れ山岳は高さ 4000 m のベル型の山を置いた。このドメインは二層からなり、高度約 10 km 以上は大気安定度を 6 倍にし、一様な一般風を設定し計算を行った。現象の解釈は主に地表から高度約 10 km までについておこなった。高度約 10 km までの環境中では、ロスビー数は 0.1 のオーダー、フルード数は $0.1 \sim 1.0$ のオーダーである。

3. 結果

まず山岳風下側で生成される低気圧性渦の高度 $5,000 \text{ m}$ における渦度強度は、コリオリや大気安定度によらず、風速に依存することが判明した。また風速がある臨界値を超えると、渦度は頭打ちになりほぼ一定の値を持つことが分かった。これは線型理論からはでないことのない結果である。

また高度 $1,000 \text{ m}$ における渦は、大気安定度が高ければカルマン渦を発生させることがわかった。これはロスビーの内部変形半径 (λ) が関係していることを示唆する。すなわち、 λ が山岳の水平スケールよりも小さければカルマン渦は発生せず、大きければカルマン渦が発生するというものである。さらに St 数は ~ 0.16 であり、計算によらずほぼ一定の値をもつことも判明した。これは風速に比例してカルマン渦の生成がより頻繁に行われることを示す。

上記結果について、山岳の形状 (水平スケールや山頂高度) を変化させた計算結果と照らし合わせて発表する予定である。