

II-16

山地地形における風の場の解析

北海道大学工学部 正 員 山田 正

同 上 ○ 学生員 渡辺 英章

1. はじめに

近年の水文学においては、レーダー雨量計等の発達に始まり、降雨発生 の物理機構そのものの解析を行う必要性が生じつつある。このような状況において著者らは、地形性降雨を対象とした二次元での降雨発生機構の解析を行っている（参考文献 1,2）。本研究は地形性降雨発生 の物理機構の三次元的解析の一環として、一般的な風の場の解析を行ったものである。

2. 計算手法および基本式

図1は風の場の計算手法を示したフローチャートである。

風については、一般に数百m程度より上空では 風はポテンシャル流と同様の性質を示すことが知られており、本研究における議論は対流圏内で行うことから、ふたのある場合の三次元ポテンシャル解を用いることにした。流れの概要と座標系は図2のようである。解を導出するにあたっての境界条件は式1), 2)のようにおき、地形の標高データはフーリエ変換を行ったものを用い、これをサイン・コサインの単純な山地地形上での線形ポテンシャル解と組合せて一般地形の風速 u , v , w を式3), 4), 5)のように入れた。なお境界高度は対流圏の高度として上空10kmにしている。解析においては、1.単純な二次元的な山脈上の風、2.孤立峰による流れの回り込み効果、3.収束地形による収束効果を確認する予備テストを行ったうえで、地形性と考えられる豪雨が多く発生する、北海道の室蘭市近傍にあるオロフレ山系周辺を対象とした。

3. 結果および考察

オロフレ山系周辺の地形形状は図3の等高線図のようになっており、図に示した部分がオロフレ山である。地形効果の検討においては、オロフレ山（標高1300m）前面と羊蹄山（標高1800m）前面とで比較を行ってみた。図4は上空から見た平面でのベクトル図である。オロフレ山の部分で一部、流れの収束が起こっており、一方の羊蹄山の部分では流れの回り込みが起こっていることがわかる。図5は、オロフレ山および羊蹄山を含むX-Z断面について見たベクトル図である。上昇流が地形効果を受ける高度はオロフレ山前面では上空7km程度まで及んでおり、

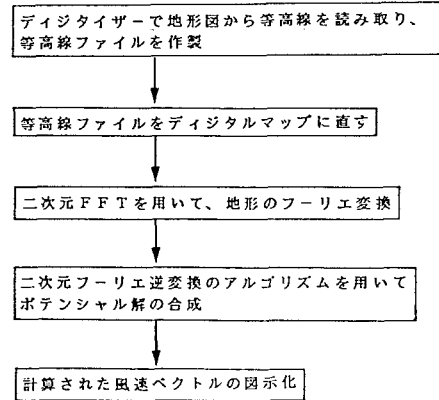


図1. 風の場の計算フローチャート

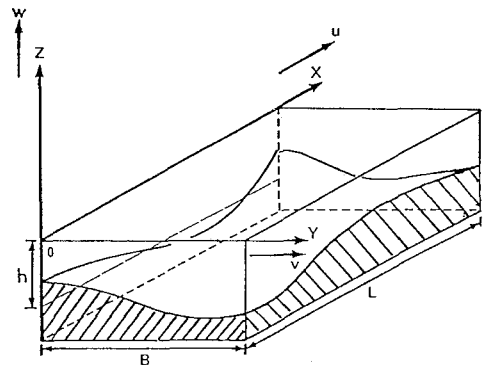


図2. 流れの概要と座標系の定義図

（基本式）

（境界条件）

$$(1) \quad z = 0 \quad \frac{\partial \phi}{\partial z} = 0$$

$$(2) \quad z = -h \quad \frac{\partial \phi}{\partial z} = U \frac{\partial \eta}{\partial x}$$

（フーリエ成分を用いて表した最終的な解の形）

$$(3) \quad u = U + U \frac{1}{N^2} \sum \sum F(p, q) \cdot \frac{k^2 \cdot \cosh(\beta \cdot z)}{\beta \cdot \sinh(\beta \cdot h)} \cdot \exp\left(\frac{2\pi \cdot i}{N} \cdot m \cdot p\right) \cdot \exp\left(\frac{2\pi \cdot i}{N} \cdot n \cdot q\right)$$

$$(4) \quad v = U \frac{1}{N^2} \sum \sum F(p, q) \cdot \frac{k \cdot 1 \cdot \cosh(\beta \cdot z)}{\beta \cdot \sinh(\beta \cdot h)} \cdot \exp\left(\frac{2\pi \cdot i}{N} \cdot m \cdot p\right) \cdot \exp\left(\frac{2\pi \cdot i}{N} \cdot n \cdot q\right)$$

$$(5) \quad w = -U \frac{1}{N^2} \sum \sum F(p, q) \cdot \frac{i \cdot k \cdot \sinh(\beta \cdot z)}{\sinh(\beta \cdot h)} \cdot \exp\left(\frac{2\pi \cdot i}{N} \cdot m \cdot p\right) \cdot \exp\left(\frac{2\pi \cdot i}{N} \cdot n \cdot q\right)$$

一方の羊蹄山前面ではその半分の3.5km程度となっている。図6は両山の前面における上昇流の垂直分布図を示している。この図からも羊蹄山前面ではオロフレ山と比較して、上昇流が急激に減少していることがわかる。地形の勾配は羊蹄山のほうがオロフレ山より急であるがこのような結果となる理由として、羊蹄山は孤立峰状になっていて流れの回り込みで上昇流が抑えられるのに対して、オロフレ山前面は二次元的な山脈状に連なっており一部収束地形となっているため上昇流が逆に強められるためと考えられる。このことがオロフレ山での雲の発生を誘引して豪雨につながる要因となると考えられる。

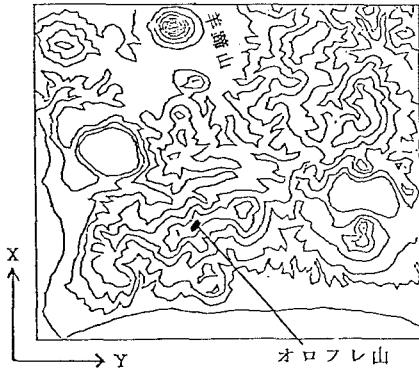


図3. オロフレ山系周辺の等高線図

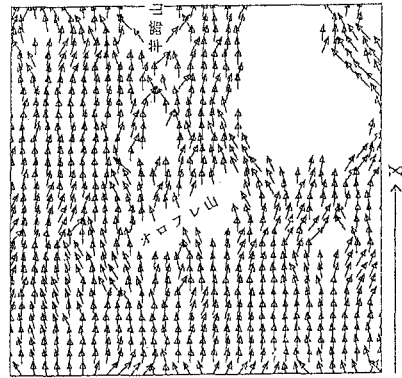


図4. 高度600m上空のX-Y断面で見た風速ベクトル図 風はX方向に吹く (VはUの20倍に拡大して表示)

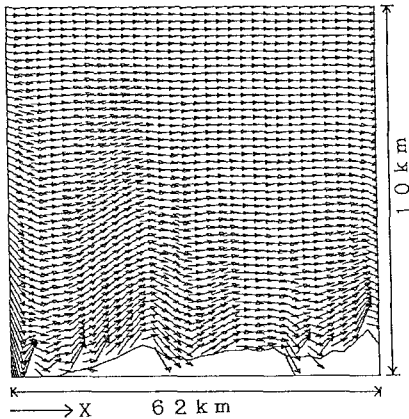


図5. X-Z断面で見た風速ベクトル図

(WはUの30倍に拡大して表示)

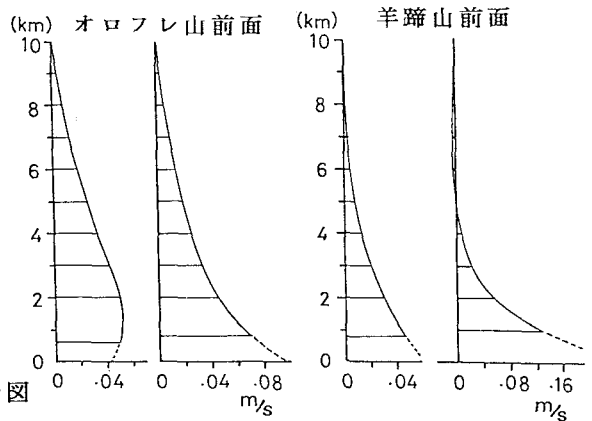


図6. 上昇流の垂直分布図

4. 結論

- (1) 北海道室蘭市近傍のオロフレ山系の計算例より、この地域では隣接した山どうしの収束効果および二次元的な山の連なりにより、かなり強い上昇流(主流が10m/sなら1m/s)が発生する。
- (2) 羊蹄山に沿う上昇流は、風の回り込みによりオロフレ山系ほど上空まで影響せず、上昇流の強さもそれほど強くない。

<参考文献>

- 1) 山田 正・渡辺 英章：一般的な山地地形における風場の計算, 土木学会北海道支部論文報告集, 第44号, pp287-292, 1988.
- 2) 渡部 元・山田 正：地形性降雨の数値シミュレーション, 第42回年次講演会概要集第2部, pp98-99, 1987