

強風や突風に対する小地形の影響

大塚清敏 (大林組技術研究所) , 中村尚 (東大院・理・惑星地球科学)

1. はじめに

竜巻やマイクロバーストなどの小規模突風の被害報告が最近増加する傾向にある。最近では突風による列車被害(2005年12月に羽越本線, 2006年9月に日豊本線)も発生し, 人的被害も伴っている。突風の発生数そのものの増減については別途検討する必要があるが, 報告数の増加はこれらに対する社会的な関心の増加の現れであるといえる。日本海側では冬季の季節風に伴う竜巻の発生が多いが(気象庁HP), 竜巻の他にも風の急変を伴う突風現象が多く発生していることが示されている(谷脇等, 風工学シンポジウム2008, 竹見等, 同)。こうした風の急変は, 建物被害だけでなく, 鉄道や航空などの交通機関の運行へも影響を与えている。

突風現象の影響は, 1) 突風の空間的な構造や時間スケールなど気象的な条件に起因する部分と, 2) 着目する地点近隣の地形や大きな建物による風の変形などの環境的条件によるものとの2つの側面の合成として現れる。本研究では主に2)に着目し, 強風や突風のもたらす地上付近の風への小地形の影響について検討を行っている。ここでは, いくつかの基礎的な数値計算の例を示す。

2. 下降気流型の突風吹き出し流への地形影響

計算に用いたモデルは暖かい雨の過程(Klemp and Wilhelmson (1978), JAS)を含む湿潤大気非静力・弾性モデルで, 運動量, Exner 関数, 温位, および水分混合比(水蒸気, 雲水, 雨水)の収支式からなる。水平10km四方, 高さ15kmの直方体で, 水平格子間隔が100m, 鉛直方向は地面付近で20m, 上方に向かって粗くなる計算領域を設け, 下降突風を模擬するために領域中央((x, y)=(0, 0))の高さ3kmを中心に, 回転楕円体面の雨滴等混合比面をもつ雨滴発生域を外力として与え, その落下と蒸発冷却で突風を発生させる方法をとった。周辺大気は水平一様の静止大気とし, 地上~2kmまでが中立成層大気, その上が安定成層(温位勾配4K/km)の鉛直構造をもつと仮定した。

図1は, 下降気流の中心から東へ2kmのところに

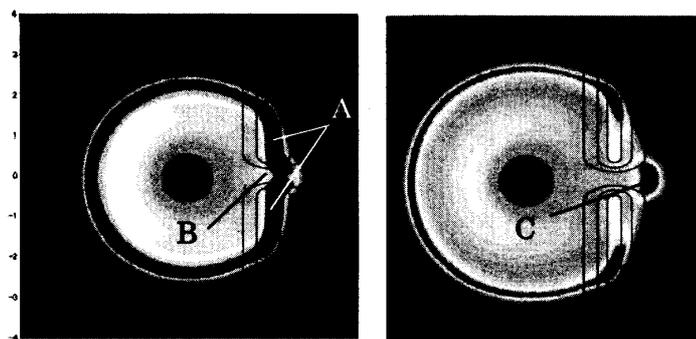


図1 突風が狭隘部のある2次元丘陵を通過するときの地上10mでの風速。左: 計算開始9分後, 右: 同10分

ある高さ300m, 幅500mの狭隘部をもつ2次元丘陵(図中の細線が地形等高線)を突風の前面が通過するときの地上10mにおける風速分布である。計算開始から9, 10分後の分布が示されている。狭隘部を挟んで南北の丘越えの部分(図中A)では風速が大きい, 狭隘部(B)では風速はむしろ小さく, 突風の前面が丘陵を越えたところで, その狭隘部の延長上の風速に極大が現れている(C)。狭隘部では突風前面の風速の高い部分が, 地上からやや高いところを通過しているためと思われる。

3. 境界層流への地形影響

工学的な計算流体モデルを用いて, 境界層流への小地形影響について簡単な数値計算を行った。モデルは非圧縮流体のレイノルズ平均流方程式からなり, $k-\epsilon$ 型の乱流パラメタリゼーションを用いている(長野, 2001, Proc. TED-conf, JMSE)。ここで, k は乱流運動エネルギー, ϵ はその散逸率である。計算は試行的な例として, 日本海側にある空港を含む東西4.8km×南北4.7km×高さ5kmの範囲を対象とした。国土数値情報50mメッシュ標高を地形データに用い, 水平分解能約30m, 格子点数(151×151×31)の計算領域を設けた。

図2は, 地上高さ30mで風速が20m/sになるような1/7乗の指数分布則に従う風速分布をもつ中立成層の気流を流入させたときの, 地上30mにおける風速分布である。流入境界では風速を固定し, ほぼ定常になるまで計算を行った。流入風向WSW, WNW, NNWを行ったがNNWの結果を図2に示す。細実線は地形等高線(10m間隔)である。破線の矩形は空港の概略の範囲であるが, 東側に北の丘陵の後流の低風速域に入る部分があり, 地形に励起された風の急変の起こる可能性が示唆される。

4. 今後の課題

ここでの検討は諸条件が高度に理想化されたものなので, より現実的な気流や地形条件に対する現象の把握が今後の課題である。

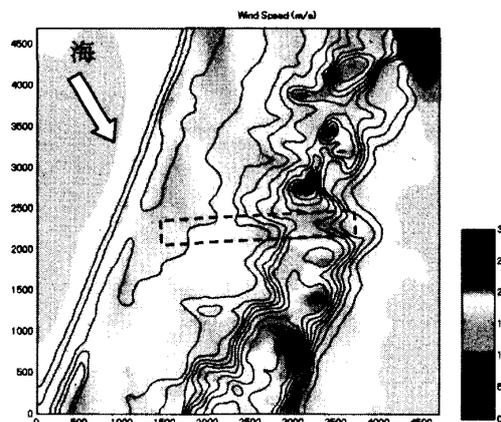


図2 高さ30mにおける風速の分布。細実線は地形等高線で間隔は10m。太矢印は流入風向。