

II-329 3次元積雲モデルを用いた豪雨の維持機構と地形の影響に関する考察

京都大学防災研究所 正会員 大石 哲
矢作建設工業株式会社 正会員 高橋輝明
京都大学防災研究所 正会員 中北英一
京都大学防災研究所 正会員 池淵周一

1. はじめに

山岳地域における豪雨の生起が洪水生起の主要因であるが、豪雨をもたらす積雲や積乱雲の構造は未解明な部分が多い。そこで本研究では雲の微物理過程を陽にパラメタライズし地形を表現することができる積雲モデルを3次元化し、3次元的な積雲の内部構造を数値計算した後に画像化した。それを用いて、2次元と3次元における積雲の維持機構の違いと、3次元的な地形が積雲の挙動に与える影響について考察を行なった。

2. 3次元積雲モデルの概要

本研究では大石(1997)の2次元積雲モデルを3次元化した。このモデルの特徴は、非静水圧・AE系(非弾性系)であり、テンソル解析を用いた座標変換により自由な地形表現を可能としていることである。また雲の微物理過程を陽にパラメタライズし微物理過程を表現しており、液相および固相の降水粒子の粒径分布を出力することも可能である。本研究では、この雲物理過程により計算された積雲内の力学過程に着目して考察を行い、降水粒子の粒径分布の違いを考察はしない。

3. 結果と考察

3.1 積雲の維持機構に関する考察: まず、梅雨前線帯内部に近い大気プロファイル中での積雲の維持機構は数値モデルが2次元か3次元かによってどのように変化して表現されるかを調査した。

2次元モデルで表現された維持機構が発達している雲の断面図を図1に示した。この雲では以下の循環系と呼ばれる力学過程によって積雲が時空間的に維持されていた。循環系形成のためにはまず、山岳に沿う上昇気流によって水蒸気が凝結し、周囲の空気より気温が高く、水滴を多く含む領域が発生する。すると、水蒸気の凝結による潜熱の放出によって空気塊には浮力が働き、それに加えて山岳による強制上昇によって空気塊はさらに上昇する。0℃層よりも高々度に達した降水粒子は雹、霰、氷晶などの氷の粒子を形成する。高度4~8kmにおける一般風によって氷の粒子の分布領域は水平方向に広がり、かなとこを形成する。上昇気流の存在する領域から水平方向に広く分

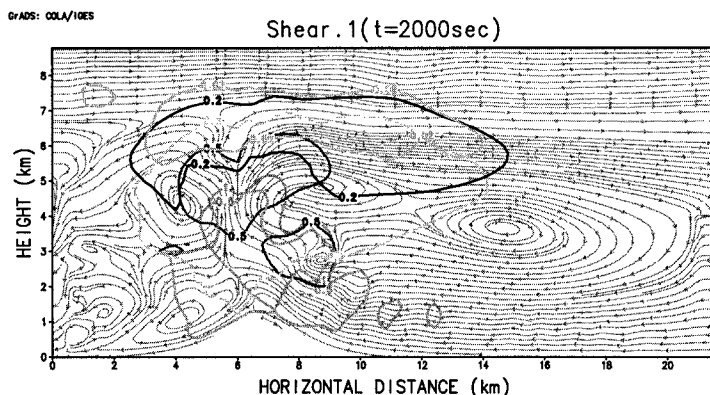


図1: 2次元モデルにより計算された維持機構が発達している雲の断面
矢印は流線を表し、太い線は降水粒子の数密度が大きい部分

キーワード: 数値モデル, 積雲, 豪雨, 維持, 地形

連絡先: 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 電話 0774(38)4246 F A X 0774(32)3093

布した氷の粒子のうち、密度の大きい雹は自重のために落下し始める。そして、 0°C 層より低高度に達した雹は融解し、強い降雨をもたらす。これが2次元モデルで表現される循環系形成過程である。

一方、3次元モデルで表現された維持機構が発達している雲の内部および周囲では風は図2のような振る舞いになっており、2次元モデルで表現される維持機構とは異なっていた。以下にその振る舞いについて説明する。3次元モデルでは、積雲の上昇風は風に対して壁であるかのように、その伝搬を遮るように働くために、上空の風は一般風と直交する方向に発散する。この発散した風は積雲の周囲を迂回し、積雲の風下側で積雲の中に収束している。さらに中央の雲は収束風に引き込まれ、積雲の中では一般風とは逆方向に進む。この3次元的な風の流れの効果により、積雲は一般風方向に移流せず、その場に停滞させられる。すなわち、2次元モデルでは上空の風下側に移流していた雨域は3次元モデルでは停滞するように表現されており、そのメカニズムも積雲の周囲の風の場の3次元的な変化で考慮されるものであった。

3.2 地形の影響に関する考察： 本計算事例では地形を導入することによる影響は上述した3次元的な積雲の維持機構を壊す方向に働いた。すなわち、図3に示すように地形の導入により重力波が生じ、その影響により最初に発生した積雲が生起した後、比較的早い時間に2番目・3番目の雲が山に対して同心円状に生起した。このように発生した2番目の雲は二つに分裂する傾向が見られた。それは、上空の一般風方向に生じたかなとこの下部と積雲の内部の気圧偏差の分布が、前者が大きく後者は小さくなっていることによるものである。すなわち、この気圧傾度力による下向きの力は、2番目の雲による上昇風を抑えつけ、分裂させようとしたために、2番目に発生する雲は一般風と直交する方向に幅広で2つに分かれた。そのため、セルは1つにまとまって維持されるというよりは、分裂・分散する形となってしまっている。

また最初に発生した積雲は発生の際に下層の収束を伴う。最初に発生した雲からの降雨によってこの収束は強められて積雲に対し下層の風上側に水平収束域ができた。この収束域は上昇風となって下層の湿った空気を分裂・分散していた積雲に供給してしまう。そのため、最初に発生した積雲は単一セルとして寿命を迎えてしまい維持されることがなかったのである。

4. 結論

以上のように3次元化した積雲モデルを用いて積雲からの豪雨の解析を行なった。3次元モデルで表現された収束や発散、また維持機構の発達を確認できた事で、積雲の3次元的考察の重要性を再認識し、実際の豪雨を解析する際のこのモデルの将来の可能性を確かめる事ができたと考える。

[参考文献]

大石(1997):積雲の雲物理的構造解析を基礎にした洪水制御支援環境の開発に関する研究、京都大学学位論文、pp.15-79

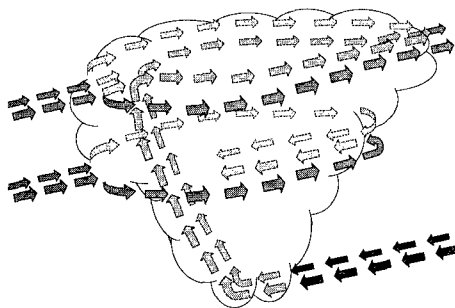


図2：3次元モデルにより計算された維持機構が発達している雲の内部と周囲の風の模式図

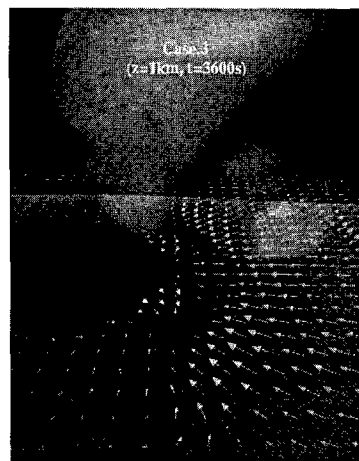


図3：3次元モデルにより計算された地形が雲の発達過程に与える影響。矢印は高度1kmの風を表し、図中左中央の黒が濃い部分は地形である。