

II-10 ヒートアイランドと積雲対流のマージングに関する3次元数値実験・ペナール型雲と筋状雲

東京工業大学 正 員 神田 学
東京工業大学 学生員 稲垣 聡
東京工業大学 正 員 日野 幹雄

1 はじめに

首都圏を襲う対流性降雨の成因には地表面の熱的不安定性（ヒートアイランド等）が関与していると思われる（例えばYonetani¹⁾, 1983）。したがって、対流性雲の生成過程や局地風系との関連を調べるためには大気系と同時に土壌・水面系の熱・水分量を考慮し、その相互作用に着目することが重要である。そのような考えに基づき著者らは大気-土壌の相互作用を取り込んだ水文気象数値モデルの提案を行った²⁾。

積雲対流はおもに以下の点に特徴を持つ熱対流現象として捉えられるであろう。1) 相変化を伴う、2) 大きな鉛直スケール、3) 大きなレーリー数（非定常乱流域）。積雲の特性についてはすでに実測や数値実験により、とくに鉛直シアーなどとの関連で多くの研究成果がある。しかしながらもっと単純に、一様加熱状態から1) 2) 3) の特性をもつ熱対流がいかなる非定常過程を遂げて発達するか、ヒートアイランドと積雲発達の関係はどうか等の点については解決されていないと思われる。ここでは上述のスキームを用いた3次元の数値実験により底面一様加熱の初期状態からの積雲対流の非定常発達過程を追う。

2 計算概要

スキームは基本的にはKlemp & Wilhelmson(1978)が用いたLESモデルをベースとしているが、以下のような特徴を有する。詳細は文献²⁾を参照されたい。

1) 大気-土壌系の相互作用を考慮している。 2) 乱流モデルの導入（LES）。 3) 運動量・熱・水蒸気場を同時に解く。 4) 雨・雲のサブグリッドスケールのパラメタリゼーションはケスラーモデルを使用。

計算領域は25km x 25km x 16km（メッシュ25x25 x25）。地表面は一様加熱（ $T=5(K)$ ）、側面は周期境界条件を与える。大気の初期条件は条件付不安定である。

3 計算結果と考察

(A) 一様加熱一般風なし 一般風なしの場合は以下のような発達過程を示す（図1(a)(b)、図2）

①底面近傍（2km以内）に比較的規則正しく、波長の短い3次元熱対流が形成される。これは都市域にみられる細かい点在雲とよく似ていると思われる。

②隣合う対流はマージングし、小さな波長から大きな波長をもつ対流へと波長を変える。

③その上層（3km以上）に低層の対流とは異なる波長の熱対流が形成される。

④その中で下層や水平方向にマージングできたものだけがより高い対流へと発達し、他は分裂・減衰する対流の存続にはいくつかの対流のマージングが必要不可欠である。したがって熱対流の低層と上層では卓越波数が異なり、いわば多層構造をなしている。

(B) 一様加熱一般風有り 一般風（鉛直シアー）が存在する場合、シアーベクトルと平行しないあらゆる渦度成分はシアーによって抑制作用を受ける。そのため初期段階においてはシアーベクトルの方向に対流が筋状に形成されている様子がわかる（図3(a)）。これは日本海の筋状雲などでわれわれがよく目にする現象である。一般風と直交する断面で見るとペナール状の対流セルに見えるが、一般風と平行する断面で見ると波長がはるかに長くなっている。すなわちシアー方向に非常に大きなアスペクト比を持つ熱対流であることがわかる（図3(b)(c)）。その後、一般風の無いときと同様に対流同士のマージングによってより高い別波長の積乱雲を形成していく。この場合も熱対流は多層構造をしており上層と下層では卓越波長が異なる。この事実のリモートセンシングなどの2次元情報から対流の立体構造（3次元）を議論する際に留意しておく必要がある。

参考文献

- 1) Yonetani, T. (1983): Enhancement and initiation of a cumulus by a Heat Island, J. Meteor. Soc. Japan, vol. 61, no2, pp. 244-253.
- 2) 神田学・日野幹雄 (1991): 大気-土壌系の相互作用に着目した対流性雲の発生・発達に関する3次元LESモデルによる検討、水工学論文集、vol. 35, pp27-32.

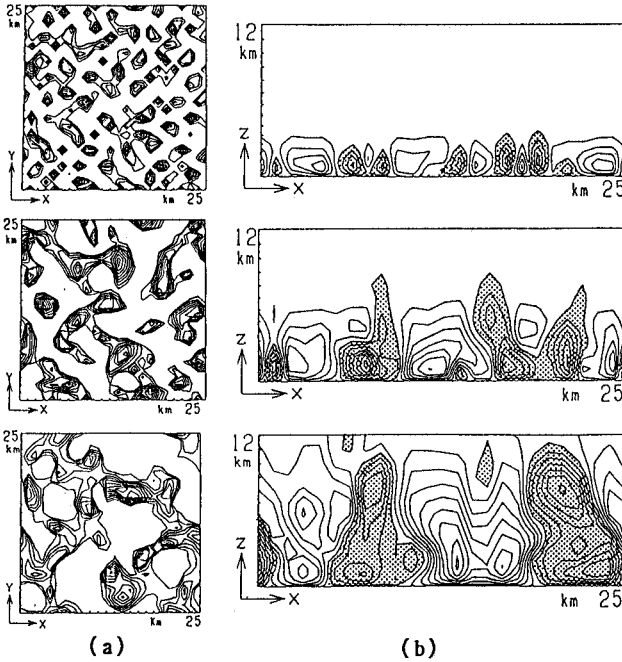


図-1 鉛直速度成分 (w) コンター
(一般風なし、相変化有り)
(a) XY平面 ($z=2.7\text{km}$) $w>0$ のみ表示
(b) ZX平面 ($Y=12\text{km}$) ハッチは $w<0$
コンター間隔 $2(\text{m/s})$
上より $T = 20, 40, 60 (\text{min})$

一様加熱・一般風なし

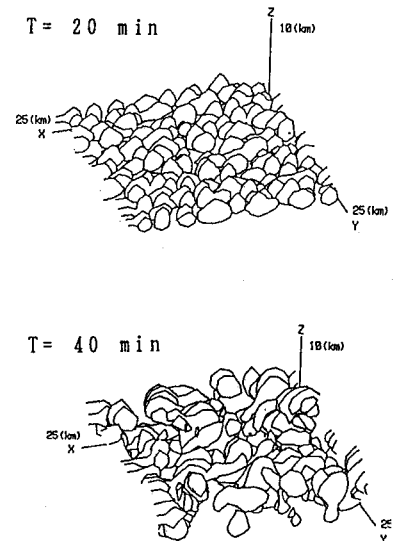


図-2 雲粒混合比のコンター図
($Q_c=0.005(\text{kg/kg})$, $T = 20, 40 \text{ min}$)

一様加熱・一般風あり

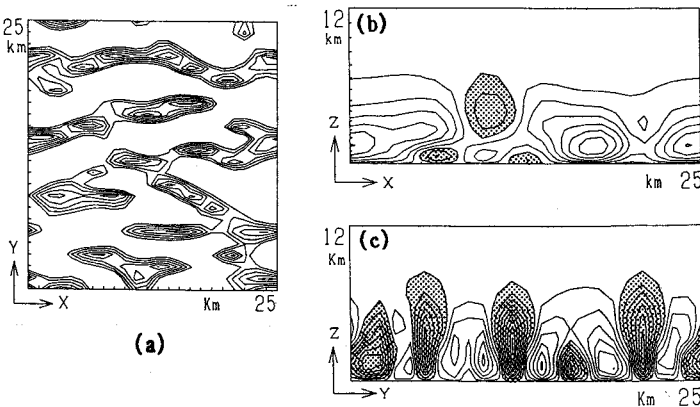


図-3 鉛直速度成分 (w) コンター (一般風あり)

- (a) XY平面 ($Z=3\text{km}$)
- (b) ZX平面 ($Y=12\text{km}$)
(一般風に平行な断面)
- (c) ZY平面 ($X=12\text{km}$)
(一般風に垂直な断面)