

3. 解析結果

(1) 併合化のメカニズム解明

Ctrl の計算で、境界層付近とその上層で東西方向に上昇流が併合化したのが見られた。このプロセスを微視的に解析することで、図4のように、上昇流に伴う渦管により生じる風の流れによって上昇流が移動し併合化していくことが確認された(赤点線の丸)。すなわち、図(a)で、併合化する西側の上昇流の南東側にある負の渦管循環により、時計回りの風の流れが生じる。この流れによって上昇流が東に移動する。東側の上昇流も正の渦管循環により、反時計回りの風の流れが生じ、西側に移動し、やがて併合化する。さらに、初めて渦管の併合化も確認された(黒点線の丸)。正負両方の渦管が相互作用し、それぞれが強め合い周辺の風の循環を変化させることで渦管が移動し新たな大きな循環が生じる。そして、こうした上昇流や渦管の併合化が、積乱雲の一生における雲粒子の生成から降水粒子の生成の段階へのスケールアップに重要な役割を果たすことを確認した。

(2) 大気の状態が併合化に与える影響の評価

Run1,2,3 どの計算も Ctrl より併合化が起きやすかったが、特に大気中の水蒸気量が多い条件の計算(Run1)で併合化が起きやすく、併合化によるスケールアップの規模が大きかった。これは、水蒸気量が多いことで、広い範囲で雲生成時の潜熱放出量が増え、広い範囲で新たに正の熱的浮力が生じ、上昇流の幅が太くなり、併合化しやすくなったためと考えられる。

(3) 併合化が上昇流の発達へ与える影響の評価

併合化が上昇流の発達に寄与するのかどうかについて考察した。今回は Run2 においてかなり高い高度(5km)まで発達した3つの上昇流に着目し、ここまで発達するまでに併合化しているのかどうか調べた。図5にある上昇流の鉛直風速分布の東西断面図を時系列順に示す。矢印で示した上昇流に着目されたい。図(b)において境界層上部とそれより少し高い高度にかけて併合化していることがわかる。約500s後の図(c)では併合化しスケールアップした上昇流が、その勢力を強め発達していった。他の2つの上昇流に関しても同様で、発達した上昇流は下層で併合化していた。すなわち、発達した上昇流は必ず併合化プロセスを経ていたものであった。併合化の有無が上昇流の発達の新たな指標となることが期待される。

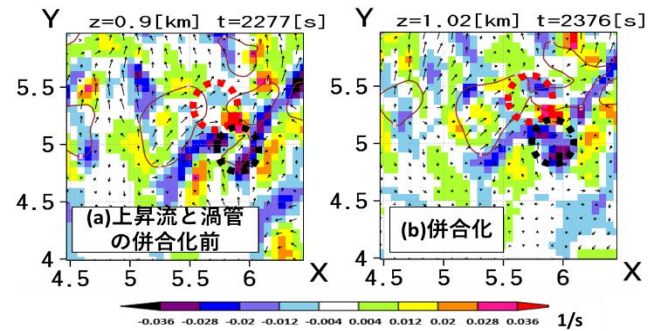


図4 時系列順に示した鉛直渦度の水平断面図。

暖色系が正、寒色系が負の鉛直渦度を示す。

赤色のコンターが2m/s以上の上昇流を示す。

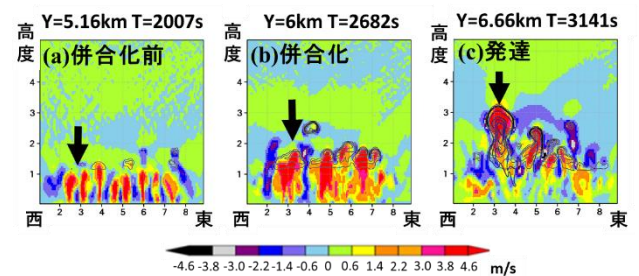


図5 時系列順に示した鉛直風速の東西断面図。

暖色系が強い上昇流を表す。

4. 結論と今後の課題

都市気象 LES モデルを用いた理想実験により上昇流と渦管の併合化を再現した。そして、渦管による熱の上昇流周りの気流の流れが併合化の重要なファクターであると結論付けた。さらに、併合化が積乱雲の一生における雲粒子の生成から降水粒子の生成の段階へのスケールアップに重要な役割を果たすことを確認した。また、発達した上昇流は必ず併合化プロセスを経ていたものであるとわかった。今回併合化した上昇流のスケールは1km程度であり、現実の発達した積乱雲につながる上昇流の水平スケールより小さいと考える。よって、スケールアップした上昇流や渦管が集合化し、再び併合化するというプロセスを繰り返していくことで発達する積乱雲へ組織化すると想定される。現段階ではこのような段階的な併合化はみられていないため、今後検証が必要である。

参考文献

- (1) Nakakita, Eiichi *et al.* (2017), Early Detection of Baby-Rain-Cell Aloft in a Severe Storm and Risk Projection for Urban Flash Flood, *Advances in Meteorology*, 15pp., Article ID 5962356.
- (2) 山口弘誠・高見和弥・井上実・中北英一(2016): 豪雨の「種」を捉えるための都市効果を考慮する LES 気象モデルの開発, 土木学会論文集, B1(水工学), 第72巻, pp.I_205-I_210.