

下層水平風の鉛直シア変化に対するスコールラインの応答(2)

*河田雅生・川野哲也・川村隆一（九大院・理）

1 はじめに

Rotunno et al. (1988) と Weisman and Rotunno (2004) は、スコールラインの構造は下層水平風の鉛直シアと自身が作り出す Cold pool の強さのバランスによって決まると述べ、下層水平風の鉛直シア (Us) と Cold pool 強度 (CI) の比 (CI/Us) の値から、 $CI/Us \gg 1$ のときを Upshear 構造、 $CI/Us \approx 1$ のときを Erect 構造、 $CI/Us < 1$ のときを Downshear 構造としてスコールラインの構造を分類した (RKW Theory). 河田ほか (2013 年秋季大会発表) は、スコールラインの 2 次元数値実験の結果から、Erect 構造から Downshear 構造への変化は下層水平風の鉛直シアの僅かな変化にตอบสนองして起こり、その際、スコールラインの振る舞いが劇的に変化することを示した。今回は、より現実的な 3 次元スコールラインについて下層水平風の鉛直シア変化に対する応答を調査した。

2 数値実験・解析方法

本研究では WRF モデルを用いてスコールラインの 3 次元理想化実験を行った。計算領域は $500 \text{ km} \times 80 \text{ km} \times 20 \text{ km}$ 、水平解像度は 1 km 、鉛直は stretched 格子とし、6 時間積分を行った。雲微物理スキームには WSM6 を用いた。初期の温度・湿潤プロファイルには Weisman and Klemp (1982) の Analytical sounding を用い、下層水平風の鉛直シア (以下単に鉛直シアと呼ぶ) を $5, 10, 15, \sim, 30, 35 \text{ m/s}$ (15 m/s から 35 m/s の間は 1 m/s 間隔) と変化した実験を行った。スコールラインのラインに平行な境界は放射開放条件、直交する境界は周期境界、上下境界は摩擦なしの固定壁条件とし、上層にはダンピング層を導入した。準定常なスコールラインが形成される 5-6 時間において解析を行い、特にスコールラインの構造と水収支に着目し、Cold pool 強度、凝結量、蒸発量、降水量などの鉛直シア変化に対する応答を調査した。

3 結果・考察

スコールラインのラインに平行な方向 (y 方向) に line 平均したスコールラインの構造を見てみると、鉛直シアが強くなるにつれて起こる Upshear-tilt から Downshear-tilt への変化が顕著には表れなかった。また、line 平均した Cold pool 強度は鉛直シアが強くなるにつれて減少しているものの、その減少に伴う凝結量や降水量の減少はほぼ起きていなかった。

そこで、各値の y 方向の分布を見てみると、Cold pool 強度は各ケースによって y 方向に大きく変動しており、このため同じスコールラインの中でも場所によって構造が異なっていた。図 1 の $Us29$ の例では、Cold pool 強度がそれぞれ最大・最少となる場所におけるスコールラインの構造を見てみると、最大となる所では Rear inflow jet

が形成されており Upshear-tilt の構造であるのに対して、最少となる所では Downshear-tilt の構造であることが分かる。同様に凝結量や蒸発量、降水量もまた y 方向に大きく変動していた。このように、2 次元的な構造を持つとされるスコールラインでもラインに平行な方向の影響が示唆され、先行研究のような line 平均したスコールラインでの議論は厳密には不十分であると考えられる。

本研究ではまず y 方向の中でも十分に発達した場所のスコールラインに注目する。Cold pool 強度の上位 30% の平均を計算した結果、十分に発達したスコールラインについては、河田ほか (2013 年秋季大会発表) における 2 次元スコールラインと同様に Upshear-tilt から Downshear-tilt に変化するとき、Cold pool 強度の急激な減少が起こっていた。しかし、その激減に伴う凝結量、降水量の減少については顕著に表れなかった。この原因等の詳細については当日発表時に述べる。

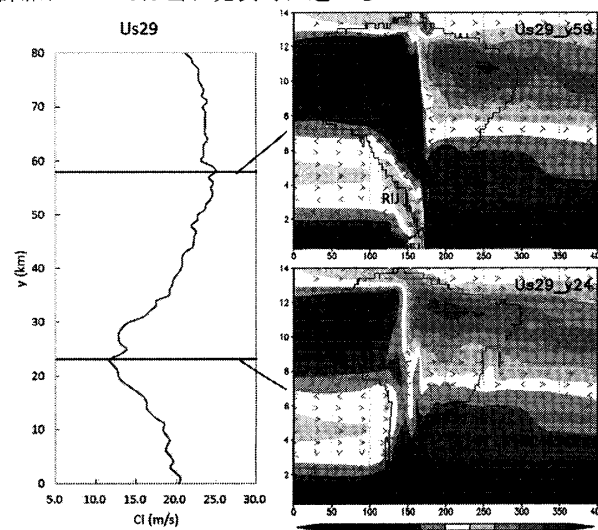


図 1: $t=5-6 \text{ h}$ で平均した $Us29$ の (左) Cold pool 強度 (CI) の y 分布、(右) CI が最大・最少となる地点におけるスコールラインの鉛直断面図。カラーは水平風 (m/s)、コンターは雲水+雲氷の混合比 (kg/kg)。太線は下層の Cold pool の outline ($\theta' = -1 \text{ K}$) を示す。 $Us29_y59$ は Upshear-tilt, $Us29_y24$ は Downshear-tilt の構造を示す。

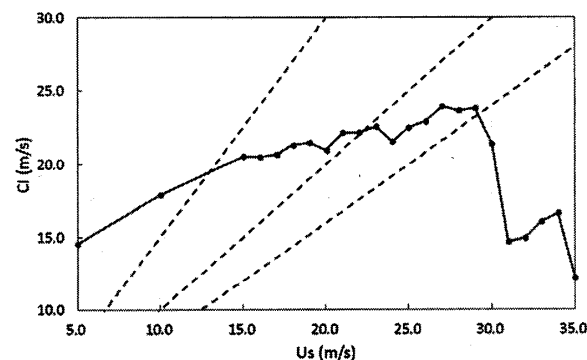


図 2: $t=5-6 \text{ h}$, 上位 30% で平均した各鉛直シアにおける Cold pool 強度 (CI) (破線はそれぞれ $CI/Us=0.8, 1.0, 1.5$ を表す)。