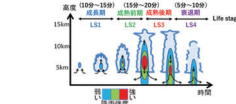


ライフサイクル概念に基づいた豪雨システムにおける渦管挙動の解析

京都大学大学院 前川智寧
 京都大学防災研究所 中北英一

B4~M1前期まで

ゲリラ豪雨のライフステージを考慮した定量的危険性予測



- 予測を行う時点の横乱雲のライフステージを判別し予測に考慮することで、よりよい予測ができることを確認
- 増田・中北 (2016) の判別手法

今回の発表内容

最終的な地上最大降雨強度の違いによって、**渦度**などの変数はどのように違って見えるか？
 またライフステージごとにどのような違いがあるか？

- 変数を可視化
- まずは予測において特に重要だと考えられる渦度について解析



Divovistaで描画した渦度

積乱雲の発達において特に重要だと考えられている「渦管」の解析

マルチドップラー解析を用いて推定した渦度を描画し、地上最大降雨強度や積乱雲の発達過程によって渦管にどのような違いが見られるのかを検証する。

- ゲリラ豪雨

マルチセルについて渦管を描画した結果も示す。

- 線状対流系 (亀岡豪雨)

マルチドップラー解析

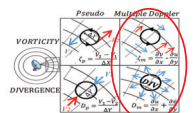
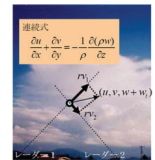
複数台のドップラーレーダを用いた三次元風速場の推定手法

- 5分間隔, 250m×250m×500m
- 3次元変分法
- 評価関数J(u, v, w)の最小値を求める
 $J(u, v, w) = \text{観測誤差 } J_o + \text{連続式の誤差 } J_d$

Minimize $J(u, v, w) = \text{観測誤差 } J_o + \text{連続式の誤差 } J_d$

$$J_o = \frac{1}{2} \sum_{i,j,k} \lambda_i (Vr_{im} - u \cos A - v \cos B - (w + w_i) \cos C)^2$$

$$J_d = \frac{1}{2} \sum_{i,j,k} \lambda_j D^2 \left(D = \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} \right)$$



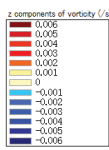
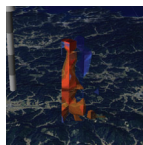
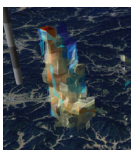
三次元風速場を得ることで、鉛直渦度や収束・発散の推定が可能に

Kim and Nakakita(2021)

変数の描画方法

- 渦度 / Vorticity

渦管構造を可視化するために、正負ともに絶対値0.002以上の値を描画しました



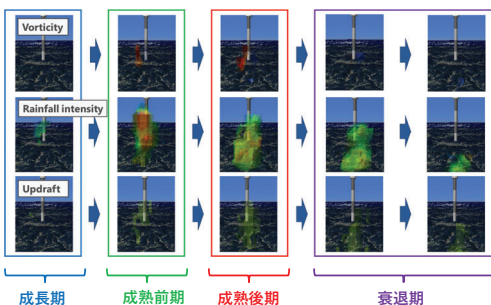
ゲリラ豪雨事例における渦管の比較

最終地上最大降雨強度が比較的小さい事例と大きい事例の渦管を比較

- 地上最大降雨強度が60mm/hr程度の事例
 - 2013年8月6日の事例 (最終地上最大降雨強度=62.06mm/hr)
 - 2016年8月25日の事例 (最終地上最大降雨強度=65.85mm/hr)
- 地上最大降雨強度が100mm/hr以上の事例
 - 2016年8月3日の事例 (最終地上最大降雨強度=124.09mm/hr)
 - 2018年8月13日の事例 (最終地上最大降雨強度=105.73mm/hr)

2013年8月6日の事例 (最終地上最大降雨強度=62.06mm/hr)

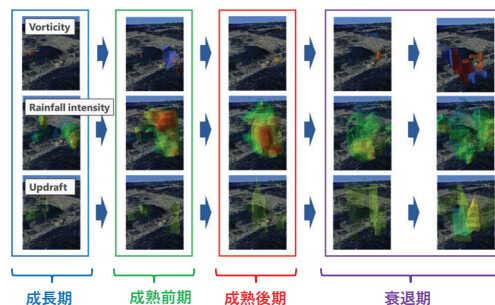
渦管の時間変化 / Time variation of vortex tube



- 雨域の広さに対して渦度の描画範囲が小さい

2016年8月25日の事例 (最終地上最大降雨強度=65.85mm/hr)

渦管の時間変化 / Time variation of vortex tube



- 雨域の広さに対して渦度の描画範囲が小さい

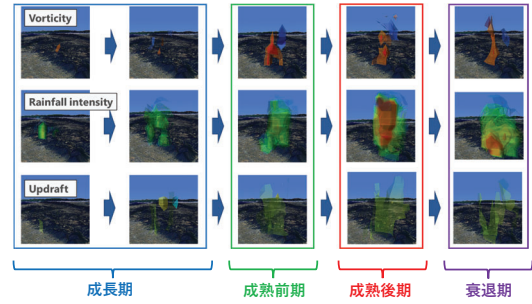
ゲリラ豪雨事例における渦管の比較

最終地上最大降雨強度が比較的小さい事例と大きい事例の渦管を比較

- 地上最大降雨強度が60mm程度の事例
 - 2013年8月6日の事例 (最終地上最大降雨強度=62.06mm/hr)
 - 2016年8月25日の事例 (最終地上最大降雨強度=65.85mm/hr)
- 地上最大降雨強度が100mm以上の事例
 - 2016年8月3日の事例 (最終地上最大降雨強度=124.09mm/hr)
 - 2018年8月13日の事例 (最終地上最大降雨強度=105.73mm/hr)

2016年8月3日の事例 (最終地上最大降雨強度=124.09mm/hr)

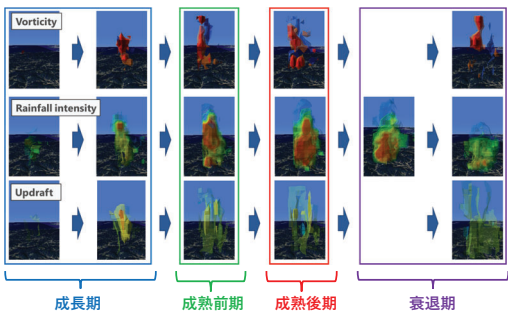
渦管の時間変化 / Time variation of vortex tube



● 成熟前期以降で雨域の高さに近い渦管の高さが見られた

2018年8月13日の事例 (最終地上最大降雨強度=105.73mm/hr)

渦管の時間変化 / Time variation of vortex tube



● 成熟前期以降で雨域の高さに近い渦管の高さが見られた

ゲリラ豪雨事例における渦管の比較

- 正負の渦管が見られた (全体的に正の方が大きく出されていた)
- 成長期では、100mm/hr以上と60mm/hrともに渦管は小さい
- 100mm以上の事例における渦管は成熟期以降において雨域の広さと同じくらい大きさの渦管が見られた。しかし、60mm/hr代の事例では、成熟期以降においても雨域の広さに対して小さい渦管しか見られなかった

今回の発表内容

13

マルチドップラー解析を用いて推定した渦度を描画し、地上最大降雨強度や積乱雲の発達過程によって渦管に違いが見られるのかを検証する。

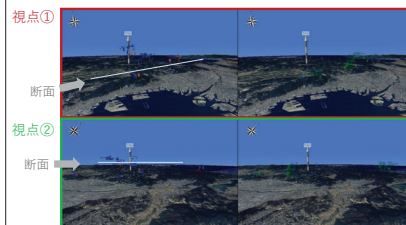
- ゲリラ豪雨

マルチセルについて渦管を描画した結果も示す。

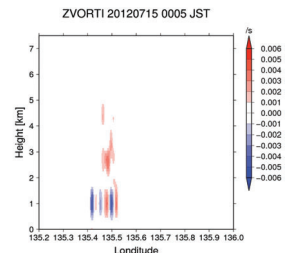
- 線状対流系 (亀岡豪雨)

亀岡豪雨における渦管描画

渦度(左)、降雨強度(右)の3D画像

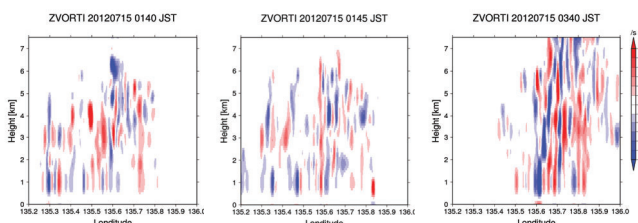


渦度の鉛直断面図 (進行方向右)

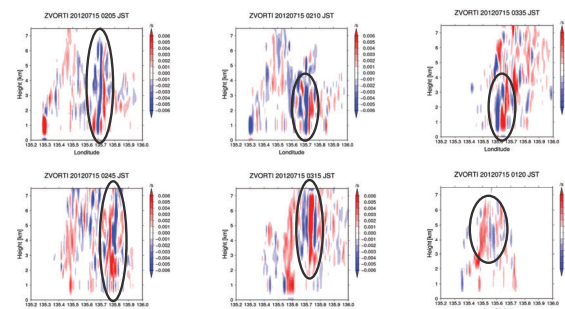


- ① The positive and negative vortex tubes appear to be roughly adjacent to each other (cross-sectional view).
- ② Especially when the values are larger or the range of vortex tubes is wide.

- ① The positive and negative vortex tubes appear to be roughly adjacent to each other



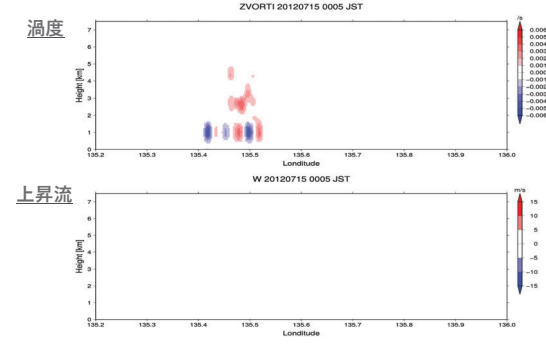
- ② Especially when the values are larger or the range of vortex tubes is wide



この時の上昇流、降雨強度はどうなっているか?

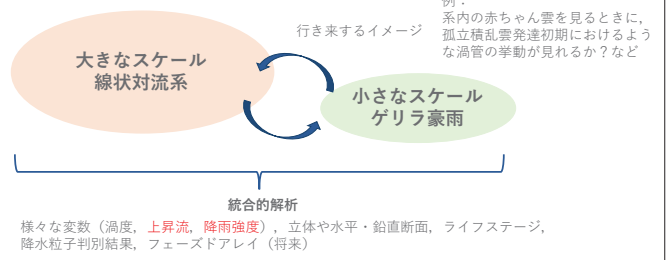
亀岡豪雨における渦管と上昇流の鉛直断面図

渦度と上昇流の鉛直断面図 (進行方向右)



Future Prospects

- When analyzing vortex tubes in a linear convection system, we want to identify individual cells and view the linear convection system as a whole family of cells

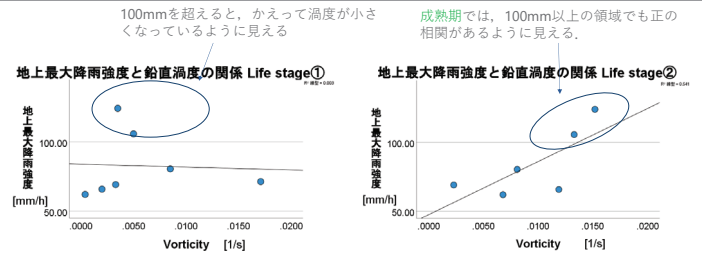


19

Appendix

20

気になっていること



- 予測における渦度指標の限界?
- 100mmを超える事例と100mm以下の事例にどのような違いがあるのか?
→ここを明らかにすれば, 定量的予測の改善につながるかもしれない(?)
→各ゲリラ豪雨事例を細かく解析していきたい

2013年8月7日の事例 (最終地上最大降雨強度=80.44mm/hr)

21

