

デュアルドップラー解析による線状対流系のスケール階層構造  
Scale-Hierarchical Structure of linear convective systems by dual-Doppler analysis

○山口弘誠・國見純太郎

○Kosei YAMAGUCHI, Juntaro KUNIMI

Linear convective systems during the Baiu season cause severe damage in Japan. This study investigates the scale-hierarchical structure of updrafts to clarify LCS development. We compared Type A (frontal) and Type B (isolated) systems using dual-Doppler analysis from X-band radars. Updraft cells were tracked using 3D labeling for the 2012 Kameoka (Type B) and Uji (Type A) events. Results showed that high-intensity updrafts correspond with high reflectivity. In the Type B case, a single cell persisted longer and reached 15 m/s, while Type A had multiple moderate cells. These findings suggest Type B systems develop through larger-scale individual cells compared to Type A.

## 1. 研究背景と本研究の目的

近年、梅雨期において日本各地で停滞前線に伴う線状のメソ対流系(以下、線状対流系)が発生しており甚大な被害をもたらしている。線状対流系の中には、時空間特性と梅雨前線による収束域と雨域の位置関係に基づいて、前線付随型の A タイプと孤立局所型の B タイプに分類できることが知られている。仲ら<sup>1)</sup>は、これらの線状対流系豪雨の過去事例の発生場所及び発達環境場を網羅的に解析することで、A タイプは前線による強い収束をもとに発達するのに対して、B タイプは外部からの強制力ではなく自ら次々に積乱雲を生み出すことで発達する自己組織性が強いことを示した。また、そのためには鉛直方向の風向の変化が大きいことが必要であると述べた。しかし、線状対流系の生成期に関するメカニズムは未だに未解明な点が多いのが現状である。

また、レーダーを用いた積乱雲に関する研究も進められてきた。高尾ら<sup>2)</sup>は近畿地方の X バンド MP レーダーで観測したドップラー風速を用いて、ゲリラ豪雨をもたらす積乱雲内部の上昇流・渦管の解析を行い、降水セル内部の上昇流が組織化する過程および鉛直シアが上昇流によって持ち上げられることで渦管が発達する様子を観測した。また、中北ら<sup>3)</sup>は積乱雲の生成段階から発達段階までの一連のライフステージにおいて、都市気象 LES モデルおよび Ka バンド雲レーダーをはじめとするマルチセンサーによる観測を複合的に利用することで、数百メートル〜数キロメートルまで

の異なるスケール間の渦度の階層構造を示し、空間スケールが数キロメートルの渦管は X バンドレーダーで観測可能であると述べた。

線状対流系豪雨は積乱雲が列状に並び時空間的スケールが大きくなることで発生する。そのため、前節で述べた積乱雲での既往研究と同様に線状対流系においても上昇流のアップスケールが観測できると考えられる。そこで本研究は、上昇流の追跡を行うことで線状対流系の生成〜発達段階におけるスケール階層構造を示すことを目的とする。また A タイプと B タイプそれぞれについて上昇流の発達過程の比較を行い、どのような違いが見られるのかを検証する。

## 2. 研究手法

### 2.1 解析の対象事例

B タイプの事例として 2012 年 7 月 15 日に発生した亀岡豪雨を、A タイプの事例として 2012 年 8 月 14 日に発生した宇治豪雨を選択した。生成〜発達段階の時刻を解析対象とした。亀岡豪雨は 00:00〜04:00、宇治豪雨は 01:00〜05:00 を解析対象時間とした。

### 2.2 解析手法

まず、近畿地方の 3 台の X バンド MP レーダー(葛城・六甲・田口)で観測されたドップラー風速のデータから 5 分毎の 3 次元 CAPPI データを作成し、それをもとにデュアルドップラー解析を行うことで 3 次元風速場を推定した。推定した上昇流に対

してある閾値以上(または以下)のセルに対して、画像処理において隣接する塊を検出する 3 次元 CCL(connected component labeling)を用いて上昇流セルの検出を行った後、大屋ら<sup>4)</sup>の手法を参考にセルの追跡を行い、上昇流の各セルの発生・併合・分離ラベリングを行った。

また、今回の事例において線状対流系の根幹部分の発達に関わっている上昇流に着目するために、レーダー反射強度において降水セルが出現している線状対流系の端の部分の領域を抽出し、その領域で発生した上昇流セルのみを解析対象とした。

### 3. 解析結果

図 1 に亀岡豪雨と宇治豪雨における、高度 3km の反射強度(上図)と 2.2 で述べた方法で追跡した上昇流セル(下図)を示す。下図について、0.5m/s 以上の領域を緑、1.0m/s 以上の領域を青、2.0m/s 以上の領域を水色の線で取り囲んでいる。

それぞれの事例において、強い上昇流の発生している位置で強い反射強度が観測されている。また、

高強度の上昇流を持ったセル、中程度の上昇流を持ったセルがそれぞれ列状に並んでいることが確認できる。

図 2 に 0.5m/s 以上の上昇流セルを追跡した結果から得られたセルの存続時間およびそれぞれの最大値の時間変化を示す。

存続時間が 25 分以上のセルが、亀岡豪雨では 6 つ、宇治豪雨では 9 つ存在する。また、それぞれの事例における最大上昇流とセルの継続時間に着目すると、亀岡豪雨では長期間にわたって存在する 1 つのセルが 15m/s 程度まで大きく発達していくのに対して、宇治豪雨では 5~10m/s 程度の上昇流セルが複数存在しているという違いがある。そのため、B タイプは A タイプと比較して規模の大きなスケールのセルによって発達するということが示唆される。

### 参考文献

- 1) 仲・福田・中北(2024) : 時空間特性を考慮した停滞前線性線状対流系過去事例における発生・発達条件統合的解析, 土木学会論文集, Vol.80, No. 16, 23-16006, 2024.
- 2) 高尾・中北・山口(2021) : マルチパラメータレーダ群を用いたゲリラ豪雨ライフサイクルと渦管の統合的解析, 京都大学防災研究所年報 第 64 号 B

3) 中北・新保・大東・山口(2019) : Ka バンド雲レーダー等のマルチセンサーで捉えた積乱雲の生成・発達過程, 京都大学防災研究所年報 第 62 号 B

4) 大屋・山田(2024) : XRAIN を用いた降水セル追跡手法による線状降水帯内部の降水時空間特性の定量化, 土木学会論文集, Vol. 80, No.16, 23-16076, 2024.

### 謝辞

本研究で利用した XRAIN データは、国土交通省より提供されたものである

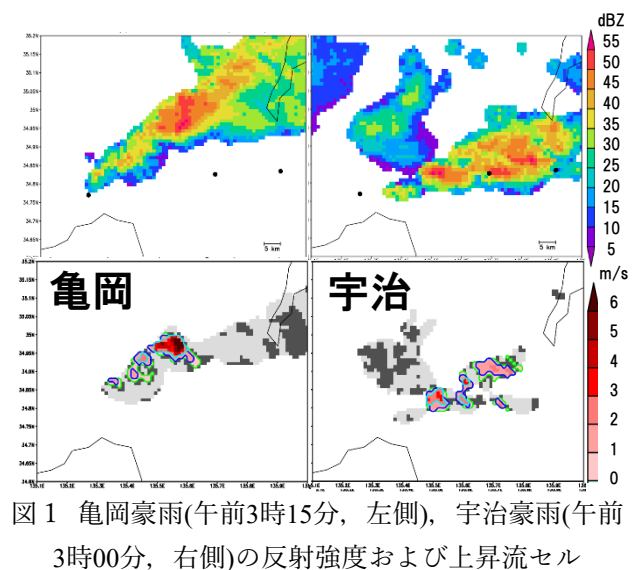


図 1 亀岡豪雨(午前3時15分, 左側), 宇治豪雨(午前3時00分, 右側)の反射強度および上昇流セル

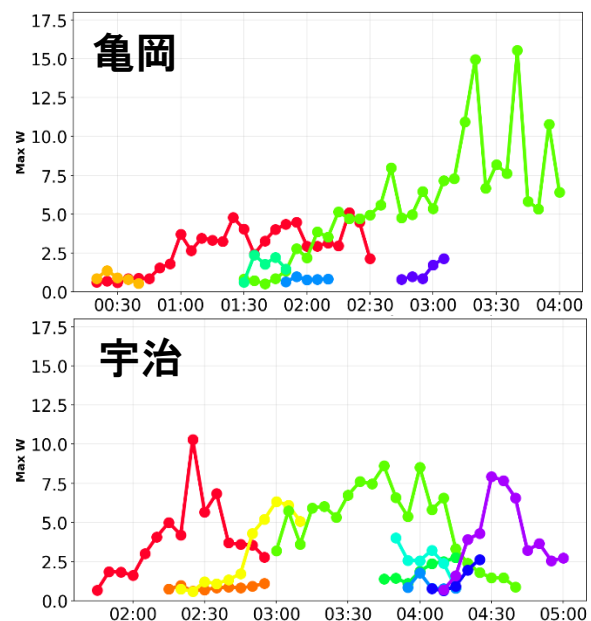


図 2 亀岡豪雨(上図)と宇治豪雨(下図)における存続時間が25分以上のセルの最大値の時間変化(0.5m/s以上の上昇流セルに対しての追跡結果)