

科学研究費助成事業（基盤研究（S））公表用資料  
〔平成30年度研究進捗評価用〕

平成27年度採択分  
平成30年3月20日現在

ストームジェネシスを捉えるための先端フィールド観測と  
豪雨災害軽減に向けた総合研究

Integrated Research on State-of-the-art Multi-sensors  
In-situ Observation of Storm Genesis and Reduction of  
Serious Disaster due to Heavy Rainfall

課題番号：15H05765

中北 英一 (Nakakita Eiichi)

京都大学・防災研究所・教授



研究の概要

夏季熱雷によるゲリラ豪雨や梅雨期線状対流系集中豪雨に焦点を当て、レーダー等のマルチセンサー群を用いた大規模フィールド観測を実施することにより、豪雨のタマゴの生成過程と発達過程を解明するだけでなく、早期警戒・避難に結びつく予防的応用研究を開発する。

研究分野： 理工系・工学・土木工学・水工学、水文気象学、レーダー水文学

キーワード： マルチ観測、レーダー、ビデオゾンデ、降水量推定、降水予測、ゲリラ豪雨

1. 研究開始当初の背景

昨今においてもなお、ゲリラ豪雨、梅雨前線、台風がもたらす豪雨によって、鉄砲水・斜面崩壊、内水・越水氾濫による災害が生じており、社会があまり経験してこなかった規模や形態の豪雨や出水が生じている。本研究は梅雨期の線状対流系集中豪雨と夏季の熱雷によってもたらされるゲリラ豪雨を対象として、両者の生成・発達過程に焦点を絞る。

2. 研究の目的

- 豪雨の生成過程と発達過程の解明
  - 気象レーダーを含めたマルチセンサーとビデオゾンデによるフィールド観測を発展的に実施(沖縄、京阪神)
  - 高詳細数値モデルによる物理過程の解明
  - 開発してきた早期探知・渦による危険性予測システムの定量化と早期探知化
- 公助・共助・自助の為の早期警戒・避難に結びつく予防的応用手法を開発

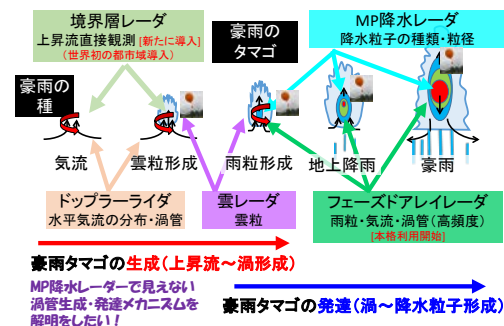
特に、豪雨の初期積乱雲が頻繁に発生する神戸六甲山城の観測を発展させ、フェーズアレイや境界層レーダーによる地表から上空までの高詳細観測を新導入し、街区レベルの熱的上昇流を表現するLESモデルと雲物理モデルの結合に新挑戦することにより、メカニズム理解の深化、さらなる早期探知化と定量化、予防手法の拡大を図る。

3. 研究の方法

- 豪雨のタマゴの生成過程の観測手段・プロ

トタイプモデルの開発による解明：

- マルチセンサーによる降水、雲、大気流れ・水蒸気観測と生成過程の解明
  - LESと陸面過程・メソ大気モデルの結合
  - 早期探知のより早期探知化
- 豪雨の発達過程の精緻化と最大降雨強度予測
    - マルチセンサーとビデオゾンデによる降水・雲粒子観測とメカニズム解明
    - 豪雨タマゴのより早期探知と渦による危険性予測への最大降雨強度推測手法の導入
  - 水災害予防への応用：
    - 早期探知・危険性予測手法と河川公園サイレン灯と結合した早期避難情報システム等の構築
    - スマートフォンを活用した身近な降雨情報提供手法開発
    - 都市域の出水予測・水位上昇予測・土砂災害危険情報の高度化



図： マルチセンサー観測の概要

#### 4. これまでの成果

##### 豪雨のタマゴの生成過程（境界層内の上昇流～タマゴ渦生成）の観測手段・プロトタイプモデルの開発による解明：

神戸市に新たに導入した境界層レーダーによって、境界層を突破する都市由来の熱的上昇流を捉えることに成功した。タマゴの生成過程を解明するための都市気象 LES モデルを独自開発することで 60m 格子の高解像度積雲シミュレーションを行い、上昇流が連続して近い場所に発生することによって境界層上端の安定層を解消していくことを明らかにした。

また、降水レーダーよりも早期のステージを探知することができる雲レーダーによる観測を実施し、積雲や積乱雲初期において正負ペアの渦管構造を捉えることに成功した。雲レーダーは降水レーダーよりも 10～20 分ほど早期にファーストエコーを捉えることがわかり、さらに対流性雲と層状性雲で鉛直渦度に明確な差があることを発見することができた。（関連論文[1][2][4]）

##### 豪雨の発達過程（タマゴ渦～発達過程）のより精緻な解明と最大降雨強度予測の定量化：

降水レーダーで捉えたタマゴ渦の物理過程の解明を進めた。発達する多くの事例で正負ペアの渦管が存在することを発見した。さらに正負ペアの渦管の間に強い上昇流があることを示した。雲レーダーや LES モデルの結果と合わせて総合的に判断すると、“下層の弱い鉛直シアにより水平渦管が立ち上がり、それが上昇流により持ち上げられることで鉛直渦管が形成される”というシームレスな過程を明らかにした。また、渦度パラメータを用いた最大降雨強度予測に関する事例によっては上手く定量予測することができた。粒子判別を用いた発達セル抽出手法も開発した。（関連論文[1][3][6]）

##### 降水→雲への研究対象の拡大・深化：

危険予知に関する早期化に関して、降水より前の雲の段階から、危険予知のシグナルが確実にあるという結果が得られた。そこで、雲レーダーがまさに何を測っているのかを追求すべきであると判断し、雲レーダーを軸とした多周波レーダー（Ka, X, C）と降水・雲粒子を直接測るゾンデ（ビデオゾンデ、HYVIS、CPS）の同期観測を新展開として実施した。また、ビデオゾンデのモバイルシステムを構築できたことによって実現した（関連論文[5]）

##### 水災害予防への応用：

早期探知・危険性予測手法を用いた早期避難情報システムに関して、国土交通省の現業システムの対象エリアを C バンドと X バンドを合成処理することで広領域へ拡張し、精度向上に努めただけでなく、全国展開への可能性を示した。渦指標が他の指標に比してなくて

はならない重要指標であることが判明した（関連論文[1]）

#### 5. 今後の計画

引き続きマルチセンサーによるフィールド観測をベースに、開発してきた手法の精緻化と高度化を進める。特に生成過程に関して神戸観測でのデータ取得に注力し、LES モデルの結果をメソモデルへ結合すると同時に、基礎観測データが将来の現業観測となるような橋渡しをする。発達過程に関しては、最大降雨強度の定量予測を精緻化する。降水レーダーよりも早期に探知できる情報を利用したアプローチと、フェーズドアレイレーダーのクラッタ除去によって得られる高頻度データを利用したアプローチを進める。水災害予防手法として開発中の手法を現業化レベルまで持つて行くことを目指す。

#### 6. これまでの発表論文等（受賞等も含む）

##### 論文

- [1] 中北英一：ゲリラ豪雨の早期探知・危険性予測とメカニズム解明、特集[集中豪雨・浸水氾濫]、*ながれ*, **37**, 3-10, 2018.
- [2] 中北英一・新保友啓・佐藤悠人・山口弘誠・太東忠保：Ka バンドレーダーを利用した積乱雲生成段階に関する研究, *土木学会論文集*, **B1**, **74**, No. 4, 55-60, 2018.
- [3] Nakakita, E., H. Sato, R. Nishiwaki, H. Yamabe, and K. Yamaguchi, Early Detection of Baby-Rain-Cell Aloft in a Severe Storm and Risk Projection for Urban Flash Flood, *Advances in Meteorology*, 15pp., ID 5962356, 2017.
- [4] 山口弘誠・高見和弥・井上実・中北英一, 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**, **72**, No. 4, 205-210, 2016.
- [5] Suzuki, K., N. Munechika, K. Nakagawa, K. Yamaguchi and E. Nakakita: Simultaneous Measurements of a Stratiform Cloud by Multipoint Videosonde Launchings, *SOLA*, **12**, 12-16, 2016.
- [6] 増田有俊・中北英一, Xバンド偏波レーダーを用いた発達する降水セルの検出に関する研究, *土木学会論文集*, **B1**, **72**, No. 4, 193-198, 2016.

##### 受賞

日本気象学会岸保賞, 中北英一「X-バンド偏波レーダーによる降水観測技術の開発及び社会実装」, 2016年5月19日.

##### ホームページ等

<http://hmd.dpri.kyoto-u.ac.jp/nakakita/nakakita.html>