

平成 26 年 8 月広島豪雨で複数のレーダーによって観測された線状降水系について

田中健路*

*広島工業大学環境学部地球環境学科

1. はじめに

2014年8月19日夜から20日朝にかけて広島県西部上空を線状降水系が通過し、広島市安佐北区を中心に3時間雨量200mmを超える記録的な短時間大雨が発生した。これにより、広島市安佐南区緑井・八木地区から安佐北区可部・三入地区にかけて土砂災害が集中的に発生し、死者74名をはじめ甚大な被害が発生した(土木学会中国支部, 地盤工学会, 2014)。

広島県内には呉市灰が峰に気象庁C-BANDレーダーが1基, 国土交通省X-BAND MPレーダーが2基(広島市安佐北区牛尾山, 廿日市市野貝原)に設置されている(図-1)。X-BAND MPレーダーは空間分解能がC-BANDレーダーと比べて細かい一方, 強い降雨域の背後の電波消散などの難点を抱えている。

この点を踏まえ, 本研究では, 局地的大雨をもたらした線状降水系について, 主にX-BANDレーダーで観測された反射強度などの特性について地上雨量との対応を含めて解析を行った。

2. レーダー観測データ

国土交通省中国地方整備局より, 広島県内の野貝原, 牛尾山レーダーの極座標データ(レーダー反射強度, ドップラー速度, 速度偏差, 位相差)および合成雨量データを入手した。対象期間は8月19日00時から8月20日23時59分(日本時間)である。広島地方気象台を通じて, 同期間における呉市灰が峰に設置されている気象庁C-BANDレーダーの反射強度(正距方位図法上に投影した空間3次元データ)および, ドップラー速度データを入手した。

X-BANDレーダー極座標データは, 毎分3仰角に対してスキャンして得られた出力が, 動径方向(BIN間隔)150m, 方位間隔1.2度で収録されている。レーダーで設定されている仰角は野貝原(北緯34度22分33秒, 東経132度17分37秒, 標高761.24m), 牛尾山(東経132度33分0秒, 北緯34度30分18秒, 標高796.94m)いずれも12種類で, 表-1の通りにスキャンを行っている。以上を踏まえて, 両レーダーサイトでの極座標データを5分1セットとして考え, Cressman法による空間3次元内挿(小田ら2010)を行った。

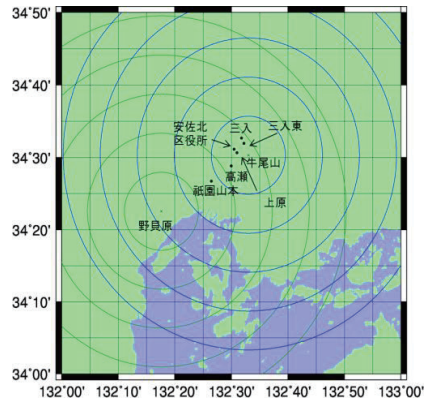


図-1 X-BAND MPレーダーサイト(野貝原, 牛尾山)および8月豪雨の被災箇所付近の雨量計の位置。同心円は各レーダーからの距離(10km間隔)を表す。

表-1 X-BAND MPレーダーで用いられている観測仰角とスキャンスケジュール

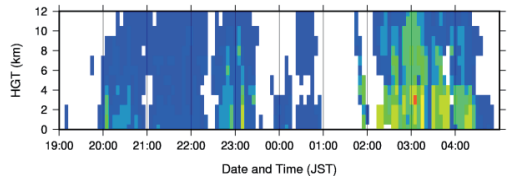
番号	観測仰角(度)		時刻(分) (下1桁)
	野貝原	牛尾山	
1	0.31	0.20	1,3,5,7,9
2	1.49	1.38	2,4,6,8,0
3	2.48	2.40	1,6
4	3.67	3.58	1,6
5	4.99	4.90	2,7
6	6.37	6.28	2,7
7	8.00	7.91	3,8
8	9.80	9.67	3,8
9	11.87	11.82	4,9
10	14.28	14.19	4,9
11	16.96	16.88	5,0
12	20.00	20.02	5,0

3. 結果

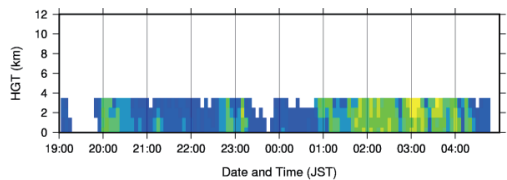
図2 に安佐北区三入(アメダス観測点)上空におけるレーダー反射強度の時間-高度断面を示す。野貝原、牛尾山双方で観測されたものを別々に示してある。安佐南区高瀬から安佐北区三入の区域は、牛尾山のレーダーサイトから半径 10km 以内にあり、強雨域が存在する場合の電波消散効果は出にくいものの、アンテナ仰角の制限上、上空 4km 以上の降水因子を捉えることができない。一方、野貝原レーダーからは北東側に 20~30km 離れているため上空の降水因子を観測可能で、2:30~3:30 の時間帯で 40dBZ を超えるエコーが上空約 12km の高さまで観測されている。ところが、動径方向に降水帯が延びると電波消散が起こりやすくなり、午前 3 時 30 分~午前 4 時の間に上空 4~8km の間に欠測が生じたものと見られる(図-3)。したがって、2 基のレーダー反射強度を合成した場合に、安佐北区三入付近を中心に上空 3km~4km 付近に反射強度が検出されない領域が現れている。

X-BAND レーダーの強雨域における降雨強度の算定においてパラメータとして用いられる水平偏波、鉛直偏波の偏波間位相差を伝播方向に対する距離微分(Kdp)の時間-鉛直断面を図4 に示す。安佐北区三入上空では、 $Kdp=2.0$ (deg/km) を超える気層が 8 月 20 日 1:30~4:00 の時間帯に現れている。この時間帯において、牛尾山レーダーでは上空 3km 以下の対流圏下層では高位相差層が連続して観測されているが、野貝原レーダーでは上空 5km 前後までの対流圏中層に及んでおり、30 分~40 分周期で位相差の大小の変動が見られる。

(a) 野貝原レーダー， 反射強度 (水平偏波)



(b) 牛尾山レーダー， 反射強度 (水平偏波)



(c) 気象庁レーダー， 反射強度

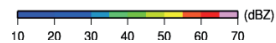
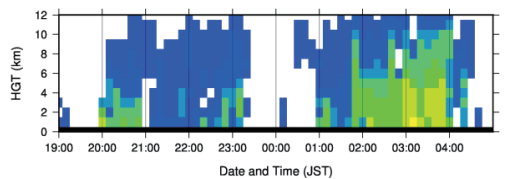
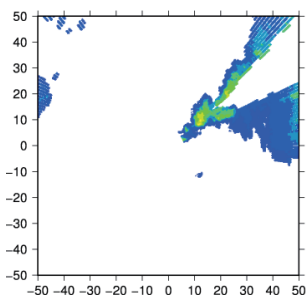


図-2 アメダス三入観測点上空のレーダー反射強度の時間-高度断面

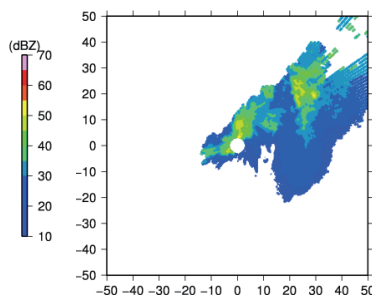
(a) 野貝原レーダー

RZH0 (20140820-0345) Layer 04(km)



(b) 牛尾山レーダー

RZH0 (20140820-0345) Layer 03(km)



(c) 上空 3km の合成強度

Mix DBZ (20140820-0345) 03(km)

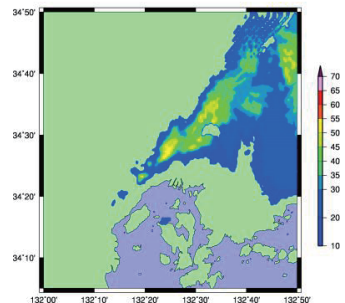


図-3 8/20 3:45 における野貝原、牛尾山のレーダー反射強度分布(レーダーサイトを図の中心に配置)と 2 つのレーダーの合成反射強度

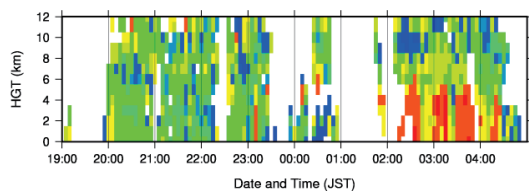
図-5 はアメダス三入観測点での毎分観測データから得られる降水強度と X-BAND レーダーの降水強度の変化を示したものである。8月19日中の降水強度に関しては両者とも良い対応を示しているが、8月20日の特に3:00以降において、X-BAND レーダーでの観測値がアメダスでの観測値と比べて30~50%小さくなっている。これは、牛尾山レーダーからの観測では上空3kmよりも高層へは電波が照射されないこと、野貝原レーダーからは、レーダーの動径方向が降水帯に対して平行に近い向きとなり、電波消散域となることで、上空3km~8kmの降水因子を捉えることができなかつたためと考えられる。

安佐北区、安佐南区設置の雨量計とレーダー降水強度を比較した結果をまとめたものを図-6に示す。2014年8月豪雨で3時間雨量180mmを超えた、安佐南区高瀬から安佐北区可部にかけての区域は、野貝原からのレーダーで観測した場合の対流圏中・上層の降雨減衰と、牛尾山レーダーによる観測高度制限により、特に8/20午前3時以降の降水ピークにおいて地上雨量に対する過小評価が顕著であった。

4. まとめ

レーダー反射強度の3次元データによると、40dBZを超えるエコーが上空約12kmの高さまで観測されており、非常に活発な対流活動を伴った降水セルが3時間程度停滞の様子が確認された。その一方で、X-BAND MP レーダーによる降水系観測では、線状降水系が動径方向に延びることによる電波消散域の形成やレーダーサイトから近い観測点はアンテナ仰角の設定範囲により、測定高度が低く制限される。その結果として、高度10kmに及ぶ活発な降水セルが列を成している際に、両者の問題が重なり、降水量の過小評価をもたらす可能性がある。X-BAND MP レーダーを利用する際には、以上の点を踏まえて線状降水系の監視が求められる。

(a) 野貝原レーダー



(b) 牛尾山レーダー

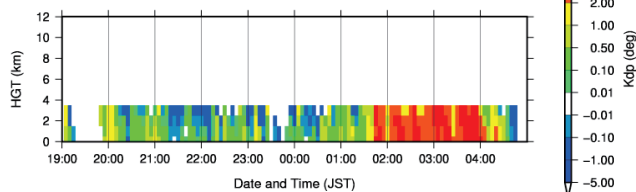


図4 安佐北区三入上空におけるX-BAND レーダーの伝播位相差変化率の鉛直分布

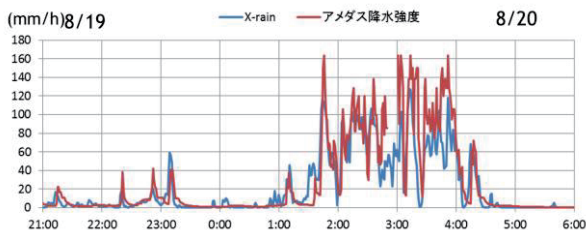


図5 レーダー降水強度とアメダス降水強度の時間変化 (安佐北区三入)

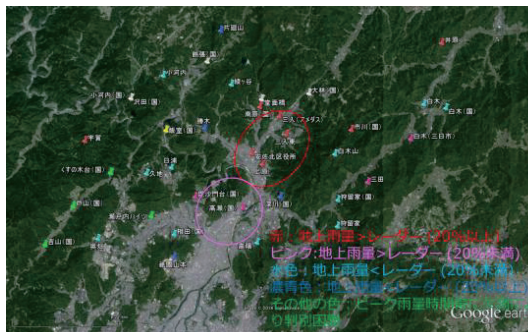


図-6 X-BAND MP レーダー降水強度と広島市安佐北区・安佐南区の地上雨量の対応関係

参考文献

小田僚子ほか 2010: ドップラーライダーを用いた内部境界層内乱流構造の水平分布形状に関する観測研究, 水工学論文集, 54, 277-282.

加藤敦, 真木雅之, 岩波越, 三隅良平, 前坂剛, 2009: X バンドマルチパラメータレーダ情報と気象庁レーダ情報を用いた降水ナウキャスト, 水文水資源学会誌, 22, 372-385.

土木学会中国支部, 地盤工学会, 2014: 平成 26 年広島豪雨災害合同緊急調査団調査報告書, 300p.