

X バンド MP レーダを利用した突発的な豪雨の検知手法に関する検討

国土交通省六甲砂防事務所 木下篤彦 岡本敦
一般財団法人日本気象協会 ○竹下航 藤田浩史 坂井紀之 寺谷拓治 辻本浩史

1. はじめに

平成 22 年 7 月に広島県庄原市において発生した土砂災害に見られるように、近年、極めて短時間かつ狭い範囲での突発的な豪雨が起因となる土砂災害の発生頻度が高まっている。このような突発的な豪雨は、時間変化や発生場所が著しく変動するため、高更新頻度かつ詳細な範囲の降雨観測が必要である。また避難判断のためには、どこで雨雲が発達しているのか直感的かつ迅速に判断できるような情報の提供が必要とされている。

このため、国土交通省河川局では、高更新頻度、高分解能、3 次元観測が可能な X バンド MP レーダを 3 大都市圏等(関東、北陸、中部、近畿)に設置し、平成 22 年 7 月より試験運用を開始した。

そこで本研究では、この X バンド MP レーダを利用して、情報利用者が急激に発達する雨雲の位置を把握できる『雨雲発達指数』という情報を開発した。また、突発的な豪雨の事前検知の可能性について、GPS 可降水量を用いて検討した。

2. 雨雲発達指数について

突発的な豪雨をもたらす雨雲は、ごくわずかな時間で急激に発達し、巨大な積乱雲となるため、精度の高い予測を瞬時に提供することは困難であり、実況観測情報をもとにいかにして早く現象を捉えられるかが重要である。

X バンド MP レーダは 1 分更新、250m メッシュの雨量情報の提供が可能であり、3 次元観測により上空の情報も取得できることから、急激に発達する雨雲を早期に検知できる可能性がある。

そこで、今回定義する雨雲発達指数では、3 次元観測データを利用して、地上面だけでなく上空においても時々刻々と変化するレーダ雨量に着目し、豪雨の初期段階で急激に発達する雨雲をとらえる手法を開発した。

2.1 雨雲発達指数の算出手法

短時間における雨雲の発達度を算出するため、時刻 t と 1 時刻前の $t-1$ におけるレーダ雨量差を用いて、以下の式(1)によって雨雲発達指数値を算定した。

$$\text{雨雲発達指数値} = R_t - \max R_{t-1} \quad \dots(1)$$

ここで、 R_t : 対象時刻(t)の降雨強度(mm/h)、 $\max R_{t-1}$: 前の時刻($t-1$)の雨雲の移動が想定される範囲内の最大降雨強度(mm/h)、である(図 1 参照)。

雨雲発達指数値の算出にあたり、当該メッシュ同士の単純な差分では、図 2 に示すように、移動しながら急激に発達する雨雲を検出できない。また、既に発達した雨雲が移動する場合には、移動に沿って前面で差分値が大きくなり、急激に発達している雨雲との分離ができない。

そこで、雨雲の移動を考慮した差分方法として、図 1 に示すように、対象時刻のあるメッシュと前の時刻の周辺(移動

が想定される範囲)の最大雨量値との差分をとることで発達度を抽出した。時刻毎に雨雲の移動方向、移動速度を移流モデル¹⁾により算出し、単位時間における雨雲の移動距離を半径、雨雲が移動してくる方向の $\pm 45^\circ$ 度を雨雲の流入方向として、雨雲の移動が想定される範囲を決定した。

このようにして算出された雨雲発達指数値は単位がミリという数値情報であり、数値だけからでは利用者が雨雲の発達度合いを直感的、迅速に判断することが難しい。そこで、実際の豪雨時の雨雲発達指数値をもとに設定した閾値と比較し、雨雲の発達度合いを 4 段階で示す雨雲発達指数レベル値(レベル 0～レベル 3: レベル 3 が最も発達度が高い)へと変換した(図 3 参照)。

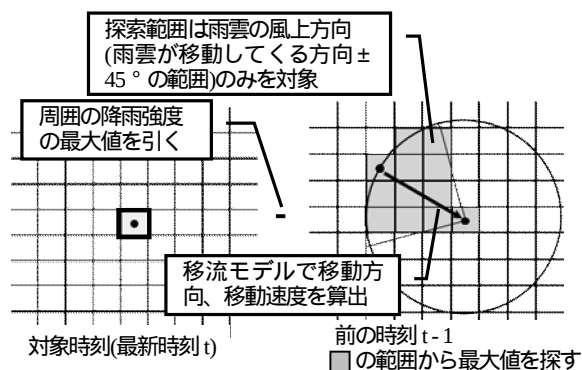


図1 雨雲発達指数算定の模式図

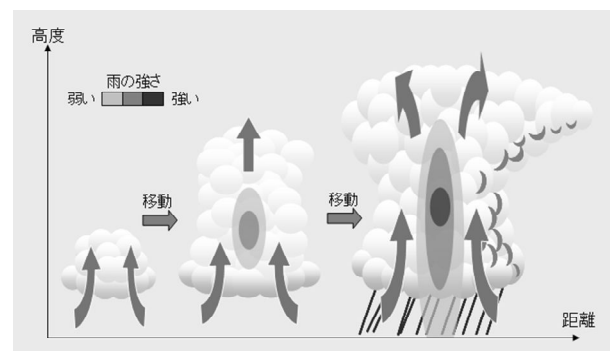


図2 移動して発達する積乱雲の模式図

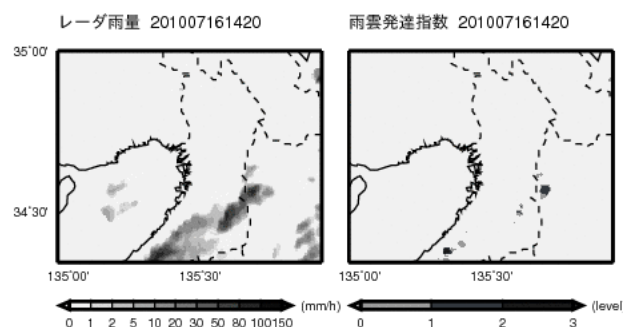


図3 レーダ雨量と雨雲発達指数レベル値の分布

2.2 上空のレーダデータ(CAPPI)の活用

XバンドMPレーダでは複数の仰角による観測を行っており、これらのデータから定高度面データ(CAPPI)を得ることができる。このCAPPIを活用することにより、上空の雨雲発達状況を把握でき、より早く雨雲の発達状況を検出できる可能性がある(図2参照)。

そこで、CAPPIを活用し、地上面、高度4km面、6km面における雨雲発達指数値を算出し、それぞれの高度面での雨雲発達指数値から雨雲発達指数レベル値を算出する手法を開発した。

3. 平成22年の降雨事例による雨雲発達指数の検証

平成22年のレーダ雨量(近畿域)データを利用して、雨雲発達指数の再現計算を行った。その際、XバンドMPレーダの時間的、空間的有効性を検証するために、入力値として大阪市レーダやCAPPIを利用した3つの雨雲発達指数レベル値算出手法(表1)を用いて、各手法の有効性を比較した。

図4に示すように、1分更新の国土交通省レーダを利用することにより、2分30秒更新の大阪市レーダを利用した手法よりも2分早く雨雲発達状況を検知することができた。また、CAPPIを活用することにより、上空の雨雲発達状況をとらえられるため、地上付近のレーダ雨量のみを利用する場合にくらべて、さらに5分早く雨雲発達状況を検知できた。

表1 検証に利用した雨雲発達指数レベル値算出手法

手法	時間間隔	距離分解能	利用レーダデータ	観測高度
	2分30秒	500m	大阪市レーダ	地上
	1分	250m	国土交通省レーダ	地上
	1分 (上空は5分)	250m	国土交通省レーダ CAPPI	地上、 4km、6km

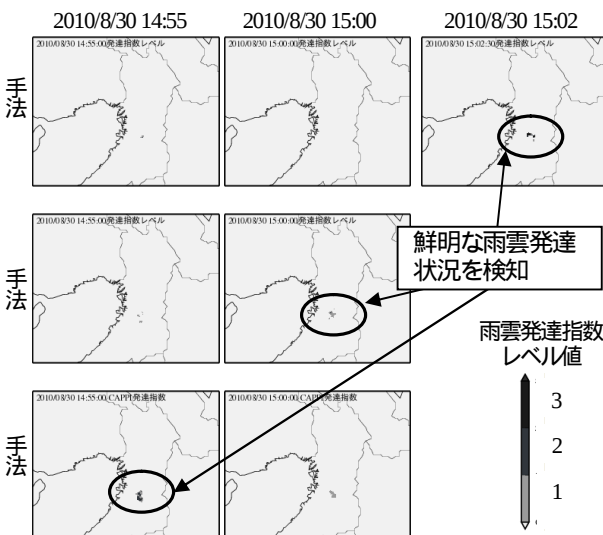


図4 雨雲発達指数値レベル値分布状況

4. GPS可降水量による豪雨の事前検知可能性

雨雲発達指数による検知手法では、実況のレーダ雨量を利用するため、場合によっては、既に降雨が観測されているこ

ともある。そこで、より早く豪雨の検知を行うために、GPS可降水量を利用した検証を行った。

GPS可降水量とは、GPS衛星から電波が発射されて受信機で受信する際、対流圏内の水蒸気量に応じて屈折率が変化し、電波の伝搬に遅れが出ること(大気遅延)を利用して測定される水蒸気の鉛直積算量である。局地的豪雨において、GPS可降水量の急激な増加は降水に先行し、GPS可降水量の時間変化量と降水量の対応関係を示唆する研究がある²⁾³⁾。

そこで、突発的な豪雨を事前に検知する情報として、GPS可降水量の有効性を検証するために、2010年暖候期における近畿域のGPS可降水量と降水量データを利用して、GPS可降水量の時間増加量と、その後120分以内に周囲10km四方の領域で降雨となる確率について調査した。

検証の結果、例えばGPS可降水量が3.0mm以上増加した場合、その時点で1mm以上の降雨がなくても、その後120分以内に10mm/h以上の降雨のある確率は約45%であり、降雨の先行情報としてGPS可降水量を利用する価値があると言えた(表2点線部参照)。

表2 GPS可降水量の時間増加量と降水量の関係

雨量 GPS可降水量	10.0mm/h以上	20.0mm/h以上	30.0mm/h以上	50.0mm/h以上
1.0mm以上増加	88.23% 28.96%	70.49% 17.06%	60.06% 12.64%	38.90% 8.36%
2.0mm以上増加	90.15% 34.59%	71.36% 15.59%	59.09% 9.68%	35.76% 5.56%
3.0mm以上増加	91.40% 44.67%	71.68% 16.24%	55.91% 11.17%	31.18% 5.08%
4.0mm以上増加	93.20% 48.89%	72.82% 15.56%	49.51% 11.11%	23.30% 4.44%
5.0mm以上増加	89.66% 51.35%	55.17% 18.92%	31.03% 16.22%	13.79% 10.81%

上段：GPS可降水量の増加閾値超過時点で1.0mm以上の雨がある場合

下段：GPS可降水量の増加閾値超過時点で1.0mm以上の雨がな

5. 結論と課題

本研究によって、XバンドMPレーダによって観測される高更新頻度の雨量情報やCAPPIのような実況観測データのみを利用することでも、雨雲の発達度をより早く検知できることが示された。また、豪雨の事前検知において、GPS可降水量を利用することの有効性が示された。

XバンドMPレーダを運用開始してから時間があまり経過しておらず、事例数が少ないため、今後は、豪雨による災害の規模に則した雨雲発達指数レベル値の設定や、GPS可降水量と組み合わせた豪雨検知情報の提供方法などを引き続き検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 椎葉充晴、高棹琢馬、中北英一：移流モデルによる短時間降雨予測手法の検討、第28回水理講演会論文集、第28巻、pp.423-428、1984
- 2) 岩淵哲也、内藤勲夫、萬納寺信崇、木村富士男：国土地理院GPS/SINEXデータから得られた日本列島上空の可降水量の動態、気象研究ノート、192、pp.133-144、1998
- 3) 神田学、石田知礼、大石哲：首都圏における局地的対流性豪雨とGPS可降水量の時空間変動-1997年8月23日の集中豪雨の事例解析-、天気、47-1、pp.7-15、2000