

特集：気候変動による水災害予測と適応策

Xバンドマルチパラメータレーダによる豪雨監視

土屋修一*

1. はじめに

気象庁の報告¹⁾によると短時間強雨や大雨の発生回数はここ30年間余りで増加傾向にあることが指摘され、1時間降雨量50mm以上の短時間強雨の発生回数は最近10年と30年前を比較して約1.5倍に増加している(図-1)。日降水量400mm以上の大雨の発生回数についても約2.5倍増加している(図-2)。また、東京大学など合同研究チームの報告²⁾によると今後の大雨の発生回数が地球温暖化の進行に伴って増加すると予測されている(図-3)。平成20年度においては、ゲリラ豪雨と呼ばれる局地的な大雨(以下、豪雨と呼ぶ)により、石川県金沢市街地を流れる浅野川等や愛知県岡崎市街地を流れる伊賀川等が氾濫し、人的被害や床下浸水等の甚大な被害が発生した。また、兵庫県神戸市を流れる都賀川においては、豪雨による河川水位の急激な上昇により河川にいた5名が流され亡くなるという水難事故が発生した。

このような状況を踏まえ、国土交通省河川局では豪雨対策として各種検討を進めており、初動体制の迅速化、河川管理者の対応力の向上、地域防災力の維持・向上、防災情報の共有、防災意識の向上、降雨・河川水位の監視強化及び予測の高度化、適切な河川維持管理の推進といった取り組みを始めている。

本稿では、豪雨の監視強化を目的として導入されるXバンドマルチパラメータレーダ(以下、MPレーダと呼ぶ)とMPレーダから得られる雨量情報を活用した豪雨対策の高度化の取り組みについて紹介する。

2. MPレーダについて

国土交通省においては、昭和51年に赤城山にCバンドレーダ雨量計を設置して以来、現在までに26基のレーダを全国に配置し、全国1kmメッシュでリアルタイム雨量データを配信し、一般向

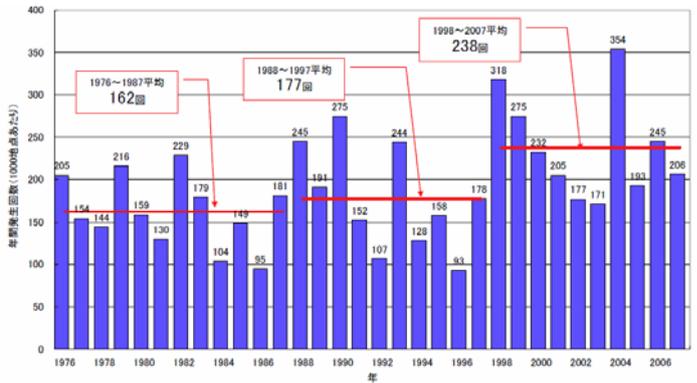


図-1 1時間雨量50mm以上の降雨の発生回数 (出典：気候変動監視レポート2007より)

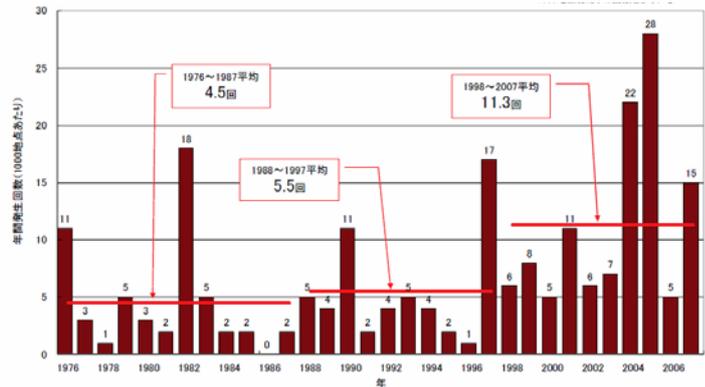


図-2 日降水量400mm以上の降雨の発生回数 (出典：気候変動監視レポート2007より)

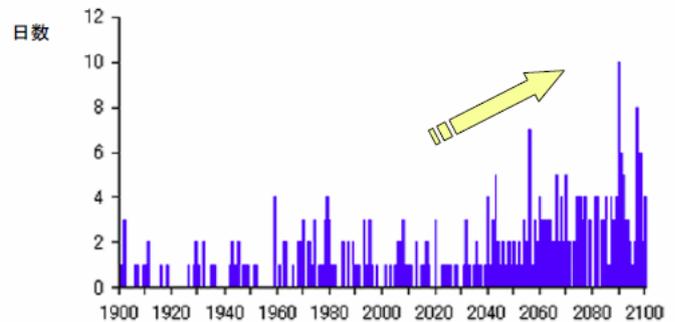


図-3 日降水量100mm以上の降雨の発生回数 (出典：東京大学など合同研究チーム報道発表より)

けの防災情報や河川管理等の現業に活用しているところであるが、国土交通省河川局では、豪雨の監視強化のために関東、中部、近畿、北陸の4地域にMPレーダを整備する事となった(図-4)。

Heavy rainfall Heavy Rainfall Monitoring using X-band Multi-Parameter Radar

2.1 現業レーダとMPレーダの違い

今回、導入されるMPレーダの仕様は現業で使用されているCバンドレーダと比較して大きな違いが2つある(表-1)。1つは現業レーダが使用する電磁波がCバンドの波長であることに対してMPレーダが使用するのはXバンドの波長であるということである。Cバンドの波長を使う現業レーダの観測分解能は1kmメッシュであることに対してXバンドのMPレーダは250~500mメッシュ程度の観測分解能で降雨観測することが可能となる。

もう一つの違いは、現業レーダでは、水平偏波の電磁波を発射し、雨粒に反射した電磁波の反射強度を受信するのに対して、MPレーダでは水平、垂直の2種類の電磁波(2重偏波)を発射し、両偏波の反射強度に加えて位相差情報を得る事が可能となっている点である。

MPレーダは水平、垂直の2偏波からの強度、位相等のパラメータ(偏波パラメータ)を用いて降雨量推定を行う。具体的には、雨滴は大きくなると形が球形から扁平な形になるが、このような雨滴を含む降雨域を水平と垂直の偏波が伝わると、両反射波の位相に差が生じる。MPレーダではこの位相差情報から雨量推定を行う。現在、MPレーダによる雨量推定は、十分に定量性のある雨量を推定可能な段階まで技術開発がされている(図-5)。

現業レーダは、水平偏波の反射強度のみから雨量を推定し、さらに地上観測雨量とキャリブレーションをする事により定量性のある雨量推定を行っている。キャリブレーションに用いる地上観測雨量の観測間隔が5~10分間隔であるため、現業レーダの雨量情報の配信も5~10分間隔となっている。MPレーダでは、地上観測雨量とのキャリブレーションを行わなくても定量的な雨量推定ができるため、1~2分間隔の雨量情報の配信が可能となる。

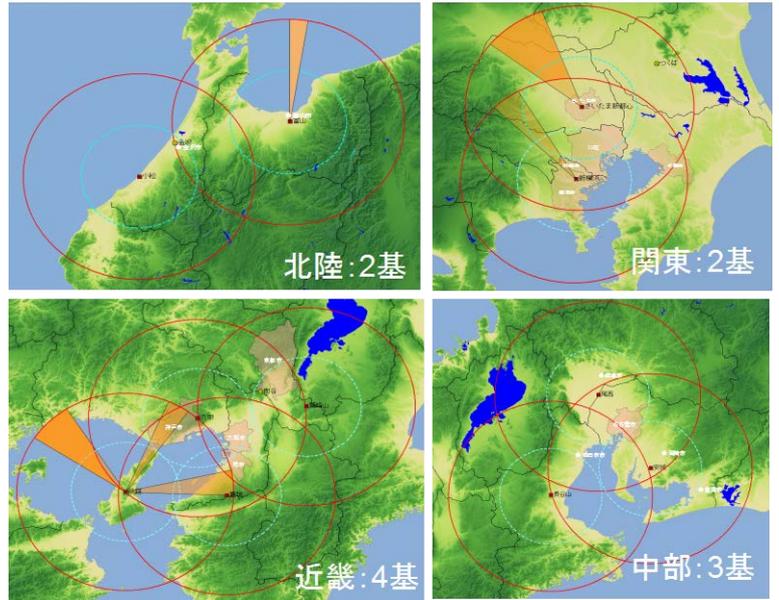
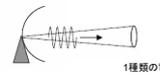
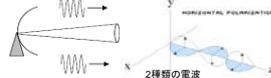


図-4 MPレーダ観測予定地域

表-1 既存レーダとMPレーダの比較

	既存レーダ(国交省レーダ)	MPレーダ
波長	Cバンド(4cm)	Xバンド(3cm)
観測分解能	1kmメッシュ	250~500mメッシュ
観測半径	120km	60km
レーダのタイプ	単偏波レーダ 	二重偏波レーダ 
	観測項目	雨量
地上雨量データとのキャリブレーションの必要	あり	なし(観測直後に情報配信が可能)
役割	台風や発達した低気圧の接近に伴う降雨を観測し、洪水や土砂災害等の監視に活用(広範囲を監視)	短時間で局所的に発生・発達する「ゲリラ豪雨」の監視(観測範囲は狭いが精密に監視)

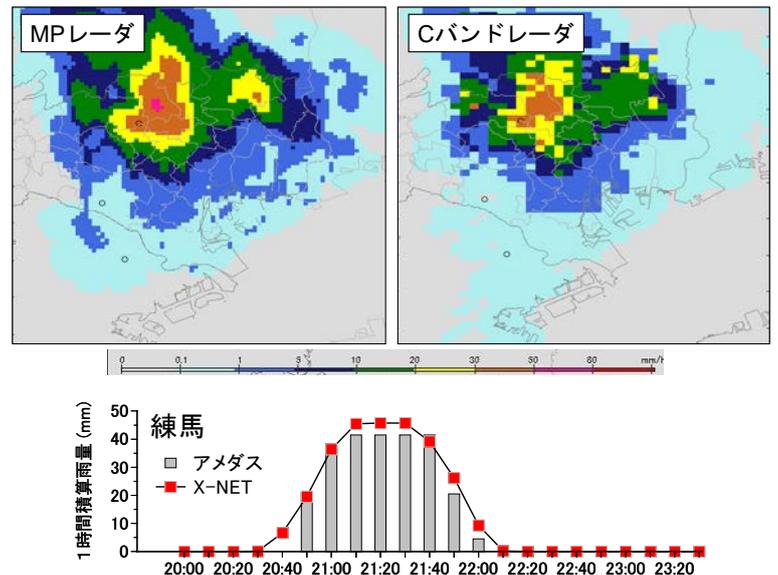


図-5 MPレーダによる豪雨観測結果
(資料提供：防災科学技術研究所)

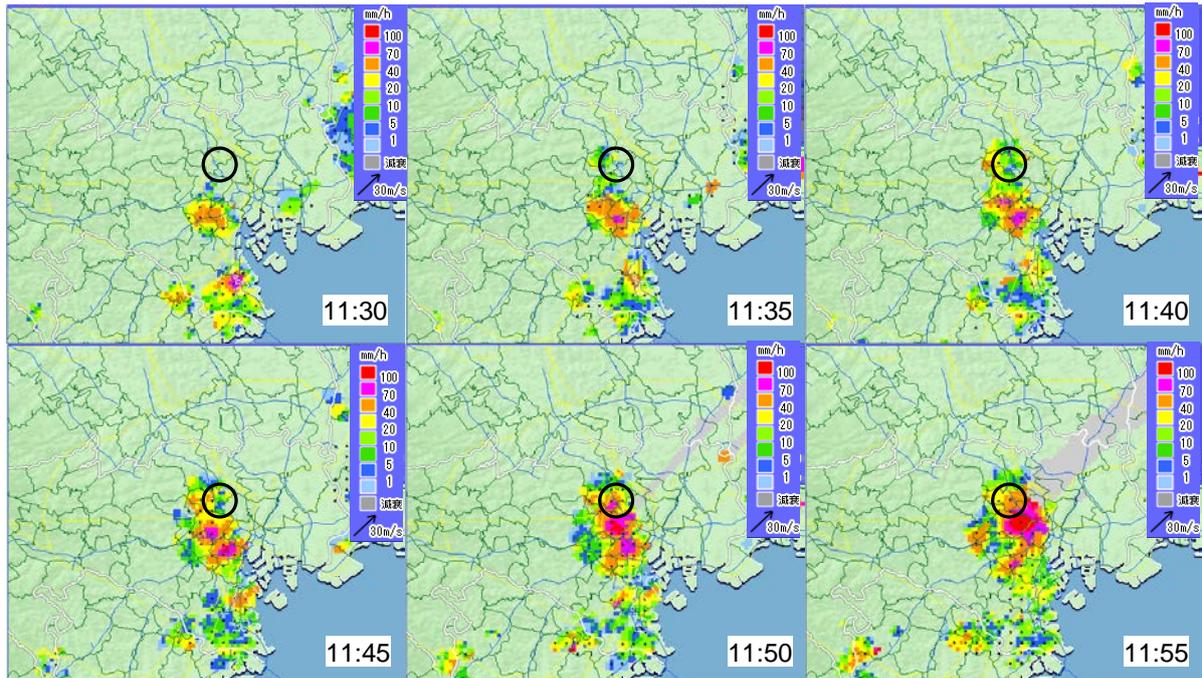


図-6 MPレーダによる豪雨観測結果(2008年8月5日○印は東京都豊島区雑司ヶ谷付近)
(資料提供：防災科学技術研究所)

Xバンド帯の波長の電磁波は、降雨により強度が減衰（降雨減衰）し易いため、反射強度が正確に得られないことがある。Xバンド帯を使用するレーダで従来型の反射強度からの雨量推定をする手法は、特に豪雨時において、雨量の推定精度が著しく低下するという欠点がある。しかし、MPレーダは降雨減衰の影響を受けにくい位相情報を用いて雨量推定を行い、さらに複数台のレーダで異なる方向から降雨域を観測することにより、降雨減衰の影響を克服することが可能である。また、観測範囲がCバンドレーダと比較して狭いが、複数台のMPレーダをネットワーク化することにより広範囲の観測が可能となる。

2.2 MPレーダによる豪雨監視

兵庫県神戸市の都賀川でH20年7月に豪雨による急激な増水により5名が流され死亡した。土木学会の調査団³⁾によると、この時、事故現場上流の甲橋雨量観測所では、14:30～40の間に雨が降り始め、その10分後の14:40～50の間には1時間雨量換算で144mmの激しい雨が降っていた。また、事故現場上流の甲橋水位観測所では、14:40～50の10分間で1.3mの水位上昇が観測された。流域が舗装道路や宅地に覆われ、雨水排水幹線が整備されているため降った雨が河川に瞬時に流れ込みやすい構造をした都賀川は、降り始めから数分の間にもたらされた多量の雨により急激な水位

上昇をした。これらの事から数分でも早く豪雨の情報を一般市民、河川管理者等の関係機関へ知らせることが、豪雨対策として重要である。

図-6は、H20年8月に東京都豊島区雑司ヶ谷で豪雨をもたらした事例のレーダ観測結果である。このとき豊島区雑司ヶ谷の下水管内で作業員5名が急な増水により流され死亡した。降水セルが発生し豪雨への成長が短時間であることと、非常に狭い範囲に多量の降雨をもたらしていることがわかる。このような豪雨の特徴から、豪雨を的確かつ早期に捉えるためには、現業レーダの5～10分更新よりも高頻度に更新され、現業レーダの1kmメッシュよりも高分解能の豪雨監視体制が必要とされる。

MPレーダは、250～500mメッシュ程度の分解能で観測する事が可能であり、1～2分間隔で雨量情報を配信する事が可能であるため、数km～十数kmスケールの豪雨の雨量分布を的確に捉える事や、急速に成長する豪雨の発生段階を捉える事が可能である。これらの事からMPレーダは、豪雨に対応した観測が可能であるため、豪雨対策として豪雨監視の強化、MPレーダ雨量情報を活用した豪雨対策の高度化が期待される。

Cバンドの現業レーダは1kmメッシュ程度の観測分解能であるため、十数kmスケールの豪雨の監視には必ずしも適切ではないものの、台風や低

気圧、前線といったスケールが大きい降雨には十分な分解能を有している。また、Cバンドレーダは広範囲の観測が可能であるため日本全域を監視する事が可能であり、降雨減衰の影響を受けにくい特性を有している。このようにCバンドレーダの特性を生かした現業レーダとMPレーダとの連携についても今後、検討を行う予定である。

3. MPレーダを活用した豪雨対策の高度化

近年多発し深刻な被害をもたらしている豪雨は、突発的に発生、成長し局所的に多量の降雨をもたらすという特徴から、いつ、どこで発生するのかを予測するのは、予測技術や計算機が発達した今日においても非常に難しい課題である。国土交通省河川局では、豪雨を可能な限り早く探知し、その情報を迅速に提供するためにMPレーダを導入し、豪雨の監視強化を行う予定である。さらに、MPレーダの雨量情報を活用した移動予測、浸水予測情報を配信し、一般住民、河川管理者等の防災関係者が注意、避難、警戒判断や水防活動を支援する情報を提供し、豪雨対策の高度化を図る予定である。

3.1 豪雨監視情報

豪雨は数分間に急速に成長し局地的に大雨をもたらす事や、都市化が進み降った雨が一気に流れ込みやすい都市流域においては、豪雨により急激な水位上昇が引き起こされるため、豪雨を数分でも早く探知し、その情報を提供する事は豪雨対策として有効な手段の一つである。そのためMPレーダの特性を活かした高分解能、高頻度更新の雨量情報を一般住民、河川管理者や自治体等の防災機関へ配信する予定である。現在、観測分解能500mメッシュ程度、更新頻度1分間隔程度の情報配信を目標に検討している。

3.2 豪雨の移動予測、浸水予測

MPレーダの高分解能、高頻度更新の雨量情報を活用し、豪雨の移動予測と浸水予測を行う事を予定している。

移動予測の基本的な予測手法は、気象庁等で行っている降水ナウキャストと同様の運動学的降雨予測手法と呼ばれるものである。運動学的降雨予測手法には、レーダで観測された降雨域を、風情報を用いて移流させ予測する方法や降雨域の移

動履歴を用いて予測する手法等があるが、予測初期値として詳細なMPレーダ雨量情報を用いる事で、予測精度が向上することが期待される。現在、MPレーダに適した移動予測手法の検討を行っており、5分間隔の更新頻度で1時間程度先までの移動予測を行うことを予定している。

浸水予測は、豪雨監視、移動予測から得られる雨量情報を用いて流出計算を行い、流域内の河川及び下水管路内の流れを解析し、河川からの氾濫、マンホールからの溢水などの外水、内水氾濫の予測計算を行うものである。浸水予測情報を河川管理者や自治体等の防災機関に配信し、初動体制の迅速化や浸水の発生、被害形態を可能な限り早い段階での把握を支援する事を目指している。現在、5分間隔の更新頻度で1時間程度先までの浸水予測情報の配信を目標に、浸水予測計算システムの開発、実運用化を検討している。

4. 今後のスケジュール

MPレーダは、都市化が進み河川の急激な増水が起りやすい大都市部での豪雨の監視をするためにH21年度に、関東、中部、近畿、北陸の4地域に計11基配備し、H22年度より豪雨監視情報の提供を開始する予定である。また、移動予測、浸水予測情報については、H21年度よりシステム開発を行い、H22年度より3年間程度の試験運用とシステムの改良を経て、公開していく予定である。

参考文献

- 1) 気象庁：気候変動監視レポート2007
- 2) 東京大学など合同研究チーム：2004年9月16日報道発表
- 3) 土木学会都賀川水難事故調査団：都賀川水難事故調査について、平成20年度河川災害に関するシンポジウム、2009。

土屋修一*



国土交通省国土技術政策
総合研究所河川研究部
水資源研究室 研究官
Shuichi TSUCHIYA