

特集：気候変動適応研究本部における5年間の取組み

XRAIN雨量情報を活用した水災害への対応強化

山地秀幸・川崎将生・土屋修一

1. はじめに

近年、日本各地で局地的な大雨や集中豪雨が頻発し、それらに起因した浸水被害や水難事故が発生している。2008年においては、局地的な集中豪雨によって石川県金沢市街地を流れる浅野川等が氾濫し、床上浸水等の被害が発生した。また、兵庫県神戸市を流れる都賀川においては、集中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。気象庁が発表している「地球温暖化予測情報」によると、地球温暖化の進行に伴って今後の大雨の発生数が増加すると予測されており、気候変動によりさらなる頻発化が懸念される水災害に対応する上で、より詳細かつ迅速に大雨や集中豪雨の状況を把握することが求められている。

国土技術政策総合研究所では、将来における気候変動による洪水等の水災害に対応するための方策を検討、設定するために必要となる技術的根拠を得ること等を目的として、2009年4月に気候変動適応研究本部を設置している。本稿では、気候変動適応研究本部で取り組んでいる研究の1つであるXバンドMPレーダによる豪雨監視の強化に関する研究²⁾について概括するとともに、雨量情報の利活用の事例について述べる。

2. XRAINの特徴

国土交通省水管理・国土保全局では、全国26基のCバンドレーダを設置し、全国の雨量情報を提供している。しかし、これらのレーダは最小観測面積が1kmメッシュで、観測から情報提供までに5～10分程度を要するため、短時間に急激な変動を示す大雨や集中豪雨を的確に捉えることは難しい。そこで、水災害の監視体制を強化し、局地的な大雨や集中豪雨に対応するため、XRAIN(XバンドMPレーダネットワーク、X-band polarimetric (multi parameter) RAdar Information

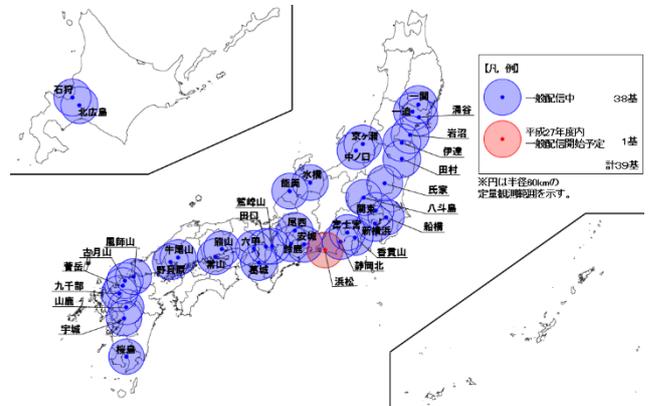


図-1 XRAINの整備状況（2014年9月現在）

Networkの略)と呼ばれるレーダネットワークの構築を進めている。2014年7月より熊本地域で2基のXバンドMPレーダ（山鹿局・宇城局）、9月より札幌地域で石狩局の運用が開始され、図-1に示すように、XRAINは計38基のXバンドMPレーダで構成されている。XバンドMPレーダは政令指定都市や他の主要都市等を観測対象地域として、配置されている。図-1を見ると、政令指定都市や他の主要都市が複数基のレーダにより観測されている地域が見られるが、これは複数基で異なる方向から観測することで、降雨減衰による観測不能領域の発生を回避するためである。

XバンドMPレーダは波長が約3cmの電波を使用しており、既存のCバンドレーダ（波長が約5cm）よりも波長が短いため、観測範囲は狭いが高分解能な観測が可能となる。XRAINにより観測した雨量情報は、最小観測面積が250mメッシュ、配信周期が1分、観測から配信まで1～2分程度で提供されている。Cバンドレーダにより観測された雨量情報（最小観測面積が1kmメッシュ、配信周期が5分、観測から配信に要する時間が5～10分程度）と比べ、空間解像度が16倍、時間分解能が5倍、観測から配信に要する時間が1/5となっている。

3. XRAIN雨量情報の利活用

3.1 河川砂防技術研究開発公募

XRAINについては、開発当初から産学官連携

Enhancement of water-related disaster prevention with XRAIN precipitation information

表-1 河川砂防技術研究開発公募で採択された研究テーマ

	テーマ名および概要	研究代表者
テーマ	XバンドMPレーダと雲解像モデルによる短時間・極短時間量的降水予測法の開発	坪木 和久 名古屋大学
概要	MPレーダと雲を解像する気象モデルを結合し、局地的豪雨などについて、短時間(1~3時間)および極短時間(30分程度)の高精度量的予測法を開発する	
テーマ	ゲリラ豪雨予測手法の開発と豪雨・流出・氾濫を一体とした都市スケールにおける流域災害予測手法の開発	中北 英一 京都大学
概要	都市域を対象に、「ゲリラ豪雨」「中小河川や下水道内の流れ」「浸水氾濫」を一体とした豪雨災害の予知・予測手法を開発する	
テーマ	XバンドMPレーダの効果的実利用へ向けての降雨観測・予測とCバンドレーダとの連携活用に関する技術研究開発	深見 和彦 (独)土木研究所 (研究当時)
概要	XバンドMPレーダに必要な精度を明確化し、高速な豪雨予測手法とCバンドレーダ雨量計との連携技術を開発する	
テーマ	MPレーダデータによる定量的降雨量推定とユーザの立場からの避難支援システム開発に関する研究	藤原 直樹 (株)建設技術研究所
概要	河川管理者、住民等の様々な雨量情報ニーズを満足するための、MPレーダ運用方法、避難支援システム等の研究を行う	
テーマ	MPレーダネットワークによる雨と風の3次元分布推定手法の開発	真木 雅之 (独)防災科学技術研究所 (研究当時)
概要	局地的大雨の監視と予測精度の向上に資するために、雨と風の3次元分布および風水害ポテンシャル指標の算出手法を開発する	

による技術開発に積極的に取り組んでいる。2009年度に国土交通省で創設された河川砂防技術研究開発公募を創設し、河川技術部門の課題として「XバンドMPレーダ等の観測情報の活用に関する技術研究開発」を設定し、XRAINの実利用の高度化を図ることとした。利用可能な段階に達した技術は、研究期間(2009年度~2012年度)中から実装、実利用が行われてきたほか、本課題で得られた有用な成果は、国土技術政策総合研究所、各地方整備局等において実装、実利用へ向けた検討が進められている。

表-1に示すように、採択された5つの研究グループの研究内容は、レーダ観測技術、降雨予測技術の高度化、水災害予測技術の高度化、避難情報等への活用に関する研究に整理され、全体としてXバンドMPレーダの観測技術やXRAIN雨量情報を活用した降雨・洪水予測技術の高度化に資する研究テーマとなっている。ここでは、名古屋大学グループ、京都大学グループ、(株)建設技術研究所グループ、(独)防災科学技術研究所グループの研究内容について概括する。

3.1.1 名古屋大学グループ

名古屋大学グループでは、局地的豪雨を定量的かつ時空間的に精度良く予測するための手法として、XRAINの観測データを雲解像モデル(CReSS)に組み込むことで、1~3時間程度先の雨量を高精度に予測する手法(XRAIN-CReSS)を開発した³⁾。XRAIN-CReSSによる短時間量的予測システムは、300~500km四方の領域について、3時間先までの雨量をリアルタイムで予測することができる。計算解像度は1kmで降水強度、地上風、気温、地上の湿度、地上気圧、降水のタ

イプ、水蒸気量、凝結水量、渦度、発散、大気の安定度の指標となる対流有効位置エネルギー等を、10~20分間隔で出力することが可能である。また、予報実験の結果を地上雨量と対比すると、XRAINの観測データをCReSSによる予測計算に組み込むことにより豪雨時の予測精度が改善されていることが示され、洪水予測等への活用に期待できる成果が得られており、研究成果をもとに、河川水位の予測等へ活用することが検討されている。

3.1.2 京都大学グループ

京都大学グループでは、降雨予測技術の高度化において、XRAINの3次元観測データを用いて、上空で先行して発生・発達する豪雨のタマゴを検知、追跡し、さらに豪雨のタマゴの渦度をドップラー風速より解析することで、発達の有無を判定する手法が開発されるとともに、これらを自動的に行う危険度予知システムのプロトタイプが構築されている⁴⁾。また、XRAINの3次元の観測情報を利用した降雨セル追跡手法による降雨予測手法が開発されている。さらに、XRAINの観測データを河川水位予測技術と浸水予測手法技術の高度化や、利用用途に応じた最適な予測手法の開発に活用している。

3.1.3 (株)建設技術研究所グループ

(株)建設技術研究所グループでは、都市氾濫を高精度、リアルタイムに予測できるモデルの構築とその精度検証にXバンドMPレーダ等を活用している⁵⁾。具体的には、XRAINの観測データ等を用いて内外水複合氾濫を効率的かつ高速に解析できる物理モデルとニューラルネットワークによる事前計算氾濫モデルの2種類のモデルの構築を

行い、既往出水や模型実験結果等との比較による妥当性検証、演算速度の実用性確認を行った。さらに、XRAIN雨量情報等、水防活動や避難活動に役立つ情報を効果的に伝達する統合パッケージシステムを構築し、実証実験によりシステムの実用性を確認している。これらの研究成果を活かし、水災害に対するアラートメールの配信技術の実装に向けた検討を行っている。

3.1.4 (独) 防災科学技術研究所グループ

(独) 防災科学技術研究所グループでは、複数台のXバンドMPレーダから雨と風の三次元分布情報を得るための最適なアンテナスキャンモードを検討できるシミュレータが開発されたとともに、観測仰角を考慮した降雨量推定アルゴリズム、降雨減衰手法の高度化、地形によるレーダビームの一部遮蔽の補正方法、偏波間位相差の新たな計算手法を開発し、それらの手法を利用した雨と風のリアルタイム三次元分布推定アルゴリズムを作成した⁶⁾。さらに、鉛直積算雨水量、流域面積雨量、実効雨量についてXバンドMPレーダを用いる推定アルゴリズムを開発した。これらの研究成果はXRAINの雨量算定システムに組み込むため、遮蔽補正手法、Kdp算出手法の高度化の検討がされている。

3.2 XRAIN雨量情報の活用事例

XバンドMPレーダの観測により、精度の高い地上雨量を面的に把握することが可能と考えられるため、地上雨量計では把握困難な洪水、浸水リスクの高い箇所（中小河川、窪地や低地、地下街等）をピンポイントかつリアルタイムに監視することで、適切な水防活動や河川管理への活用が期待されている。XRAIN雨量情報の活用事例として、ここでは2011年に発生した台風12号によってもたらされた河道閉塞の決壊監視、列車の安全運行、さらに、気象庁が提供している高解像度降水ナウキャストにXRAIN雨量情報を活用した事例について概括する。

3.2.1 2011年台風12号による河道閉塞

2011年台風12号によりもたらされた大雨に伴う土砂崩れによって発生した河道閉塞箇所に雨量計を設置するまでの代替の雨量情報として、XRAIN雨量情報が活用され、河道閉塞の決壊監視に役立てられた。決壊監視を支援するために、集水域内の累積雨量に応じてアラートメールを国



図-2 河道閉塞監視への活用事例



図-3 列車の安全運行への活用事例（東海旅客鉄道）

土交通省、近畿地方整備局の防災担当職員、TEC-FORCEメンバーに配信するシステムが構築された（図-2）。

3.2.2 列車の安全運行への活用事例

東海旅客鉄道（株）では、XRAIN雨量情報を活用して東海道新幹線の路線図に重ね合わせたシステムを開発し（図-3）、集中豪雨時における早期の警備体制の構築を図っている⁷⁾。このシステムは2014年7月より東海道新幹線の全保線所に試験導入されている。また、京阪電気鉄道（株）では、図-4に示すような急激な線路の冠水に対応するために、XRAINの詳細かつリアルタイムに観測される雨量情報を利用して、きめ細かく流域の流出計算を行い、線路に流れる流量を予測しようとしている⁷⁾。

3.2.3 高解像度降水ナウキャストへの活用

2014年8月より気象庁が提供している高解像度降水ナウキャスト（図-5）は、全国に20箇所設置している気象ドップラーレーダや地上雨量計、地上高層観測の結果等を利用するほか、降水域の内部を立体的に解析することができるXRAIN雨量情報を活用している⁸⁾。最小観測面積は250mメッシュで、30分先（観測面積1kmメッシュの場合は60分先）までの降水分布を予測できる。

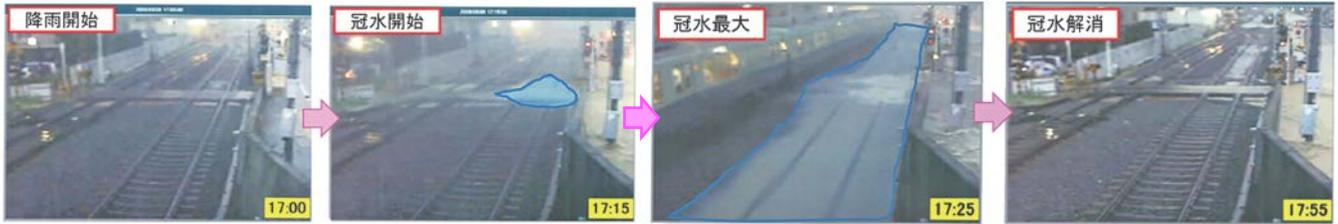


図-4 列車の安全運行への活用事例（京阪電気鉄道）

4. まとめ

XRAINの整備によって雨量情報が時間的、空間的に高分解能でリアルタイムに配信されるようになり、局地的な大雨や集中豪雨を詳細に捉えることが可能になった。XRAINは2015年度から新たに浜松にレーダの運用を予定しており、今後、河川砂防技術研究開発公募の成果の活用等を通じたXRAIN雨量情報の利活用の促進によって、気候変動によりさらなる頻発化が懸念される水災害への対応に向けた様々な取り組みが展開されていくことが期待される。

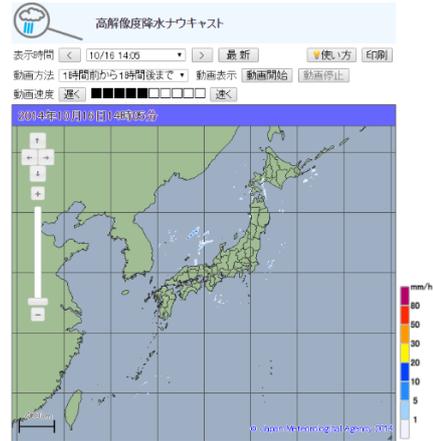


図-5 高解像度降水ナウキャスト

参考文献

- 1) 気象庁：IPCC温室効果ガス排出シナリオA1Bを用いた非静力学地域気候モデルによる日本の気候変化予測、「地球温暖化予測情報」第8巻、2013
<http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GMP/index.html>
- 2) 国土技術政策総合研究所気候変動適応研究本部：気候変動適応策に関する研究（中間報告）、国土技術政策総合研究所資料、No.749、pp.Ⅱ-44～Ⅱ-54、2013
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0749.htm>
- 3) 坪木和久：XRAINと雲解像モデルによる局地豪雨の予測、2014河川技術に関するシンポジウムOS2「降雨・洪水予測技術の現状・展望と防災対策への活用」、2014.6
http://committees.jsce.or.jp/hydraulic01/system/files/2014_OS2.pdf
- 4) 中北英一、西脇隆太、山口弘誠：ゲリラ豪雨の早期探知・予報システムの開発、河川技術論文集、第20巻、pp.355～360、2014.6
- 5) 藤原直樹、荒木千博、森山智、矢神卓也、川池健司、伊東明彦、中村謙一、田端幸輔、米勢嘉智、岡峰奈津美：都市域浸水予測・避難支援統合パッケージシステムの実用化に関する研究、河川技術論文集、第20巻、pp.325～330、2014.6
- 6) 真木雅之、前坂剛、清水慎吾、平野洪賓、Shakti P.C.：XバンドMPレーダネットワークによる雨と風の三次元分布推進手法の開発、雑誌「河川」2013年10月号、pp.18～25、2013.10
- 7) 国土交通省：XRAIN（XバンドMPレーダネットワーク）配信エリア新設 報道発表資料、2014.7
<http://www.mlit.go.jp/common/001046713.pdf>
- 8) 気象庁：高解像度降水ナウキャスト
<http://www.jma.go.jp/jp/highresrad/>

山地秀幸



国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部水循環研究室 研究官
Hideyuki YAMAJI

川崎将生



国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部水循環研究室長
Masaki KAWASAKI

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循環研究室 研究官、博士（工学）
Dr. Shuichi TSUCHIYA