

令和元年5月23日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01336

研究課題名（和文）XバンドMPレーダによる集中豪雨解析と常時監視体制の構築

研究課題名（英文）The local severe rain analysis by X-band MP radar, and the construction of a regular surveillance system

研究代表者

森 正壽 (MORI, Masatoshi)

近畿大学・産業理工学部・教授

研究者番号：50159191

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：平成26年8月、広島市において秋雨前線由来の集中豪雨による大規模な土石流災害が発生し、75人もの犠牲を出すにいたった。また今回の雨量情報をXバンドMPレーダが記録していることが判明した。本研究は、これらのXバンドMPレーダ雨量情報による、災害との因果関係を解析することを目的としている。

内容としては、国土交通省から提供されたXバンドMPレーダデータを使い、降雨量画像表示システムを作成した。雨量情報を自治体の防災情報への活用としてGISを使用し、予測される災害の発生地点、被害の拡大範囲及び被害程度、さらには避難経路、避難場所などに活用できる情報を使用しGISシステムを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今回のXバンドMPレーダの利用については、国土交通省のWEBサイトXRRAINの例のように即時性（1分間降雨量データ）を目的とする場合は良いが、これでは蓄積雨量情報が分からず、気象庁が設定している、1時間蓄積雨量警報レベルが全く利用できない状況となっている。自治体の防災担当者は、1分間降雨量データのみならず、蓄積雨量情報も住民の避難警報・警告の重要な根拠としているため、本研究はきわめて重要な情報を提供できるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：Local heavy rain caused a serious debris flow disaster with 75 victims, and destroyed many buildings on Hiroshima City on August, 20, 2014. The accumulated rainfall amount from 1:30 am to 4:30 am was recorded at over 200 millimeters. Usually, local heavy rain is observed by AMeDAS, and by C-band radar operated by MLIT of Japan for disaster prevention in Japan, which have spatial resolutions of 2.5 km and 1 km, respectively. The X-band MP radar system is the new radar system, and rainfall observations by the X-band MP radar system are more detailed than by the C-band radar. X-band MP radar can observe local rainfall almost in real time throughout the entire territory of Japan, to support appropriate disaster prevention activity, and the minimum observation area is in a 250 meter mesh. The accumulated rainfall monitoring system is crucial for disaster prevention. Those hazard levels of the accumulated rainfall amount are quite important to estimate occurrences of disasters.

研究分野：地理情報システム

キーワード：XバンドMPレーダ GIS 降雨量画像 グーグルアース

1. 研究開始当初の背景

近年、地球温暖化の影響の結果と思われる集中豪雨や台風の強度の増大などが指摘される中、平成20年度以降、局地的な大雨や集中豪雨が多発し、その結果、甚大な浸水被害や土石流被害が発生している。なかでも平成26年8月、広島市において発生した秋雨前線由来の集中豪雨による大規模土石流災害は、75人もの犠牲者を出す大惨事になった。8月20日未明、1時30分から4時30分の3時間において、約200mmの激しい局所的豪雨が観測され、土質的には風化花崗岩の脆弱な地盤を直撃し、大規模土石流の発生につながったものである。

これまで、各地で発生する局所的な豪雨対策としては、アメダス（気象庁）やCバンドレーダ雨量計（国土交通省）が運用されてきたが、日本全土をカバーするものの、その空間分解能は1kmとかなり広く、主に都市部で局所的に頻発する「ゲリラ豪雨」には、十分には対応できないとされてきた。そこで国土交通省により平成24年度より開発運用が始まった次世代型レーダである、XバンドMPレーダは空間分解能250mと格段に向上し、データ取得間隔も従来の15分間隔から、5分間隔と向上しており、レーダ波自体も垂直・水平2偏波（MP：マルチパラメータ）使用で精度が向上している。観測周期にしても、1分毎の観測で、短時間集中豪雨に対しても十分な精度と言える。ただレーダ観測基地局が限定されており、国土全体をカバーしているわけではなく、現在役全国の70%をカバーしている。今回の広島豪雨においては、その全ての雨量記録がXバンドMPレーダで記録されていた。

しかしながら、現時点での問題点は、国土交通省から提供されるXバンドMPレーダ情報が全て特殊なバイナリーデータであり、そのままでは、降雨量画像などとして表示できず、自治体などの一般ユーザーが有効に利用できないということであった。本研究で提供する雨量情報は、1時間、3時間などの蓄積雨量情報であり、画像としてWEBサイトで表示され、PCや携帯端末で閲覧可能で、災害現場でも利用可能なものとなっている。

2. 研究の目的

1) 平成26年8月広島市豪雨災害における雨量情報と土石流被害との関係解析

今回の研究の第1段階は、上記の広島市の平成26年集中豪雨をXバンドMPレーダ雨量情報により解析し、雨量情報と土石流被害との関係を解析するものである。すでに山口大学山本晴彦教授を中心として災害解析が始まっているが、残念ながら雨量データとしては、自治体測候所、アメダス、Cバンドレーダにとどまっており、高性能レーダであるXバンドMPレーダ雨量情報は使用されていない。XバンドMPレーダは、空間分解能においても250mと改良されており、局所的な豪雨の実態が解明されることが期待される。たとえば被害が特にひどかった地域の一つである、安佐北区では自治体測候所、アメダス観測地点がほとんどなく、観測地点以外は推定で算出されている。一方、XバンドMPレーダ観測地点は安佐北区でも数十カ所あり、十分な数を確保しており、現在雨量情報と土石流の精密な対応関係を検証しているところである。観測時間間隔にしても1分間隔で観測されており十分な精度となっている。

今回の広島豪雨災害については、結果的にXバンドMPレーダ雨量情報の検証の貴重な機会となっている。3時間で200mmもの強烈な豪雨のなかで、XバンドMPレーダ雨量情報が完全に取得されたのは同レーダが本格稼働して以来はじめてのことと考えられる。この観点から、現在XバンドMPレーダ観測地点と、直近の自治体測候所、アメダス観測地点の照合を行っており、これらの複数の雨量情報の検証を行う予定である。

バンドMPレーダ雨量情報検証については、広島工業大学田中健路准教授がポイントデータについて、安佐南区八木において測候所の雨量情報と比較検証を行っている。結果としては、両データが若干ずれているという結論を出しているが、両観測点が離れている可能性があることや、検証地点が2点と少な過ぎることなど、まだ最終結論を出す段階に至っていない。

2) XバンドMPレーダ雨量情報の半自動化処理

研究の第2段階としては、XバンドMPレーダ雨量情報の半自動化処理を計画している。現在、本研究室では国土交通省から配信される1分毎の雨量情報を蓄積し、1時間、3時間蓄積雨量を作成しているが、データベースシステム（SQLを使用）の関係上、かなりの部分を手動で行っており、効率があまり良くない状況となっている。

3) 次期システムXRAIN雨量情報への対応

国土交通省では、集中豪雨や局所的な雨量をほぼリアルタイムに観測可能な高性能レーダ

雨量計ネットワーク（XRAIN）の整備を進めている。従来のCバンドレーダ雨量計を高性能化（MP化：multi parameter）し、XバンドMPレーダ雨量計と組み合わせることにより強雨域で欠測が生じにくい安定した雨量観測が可能である。本研究では、平成30年6月28日から7月8日に観測された降水量の最も多かった中国地方付近の降雨量をXRAIN（CバンドMPレーダとXバンドMPレーダデータの合成データ）雨量情報を活用し、地理情報システム（GIS）を使用して、予測される災害の発生地点、被害の拡大範囲を解析する。XRAIN 雨量情報と気象庁アメダス降水量での比較、単位時間当りの雨量または任意の時間の雨量の等しい地点を結んだ線（等降雨量線）を衛星画像・地形図上にオープンソースGIS等（FreeBSD, GrassGIS, PostgreSQL等）を使用して可視化処理を行った。この雨量解析の結果、アメダス観測点の恩原付近では、XRAIN 雨量情報では、約500mm程度の雨量情報を捉えている。また、アメダス観測点の無い地点は、アメダス観測よりXRAIN の方が災害の発生した付近の降雨量（約600mm以上）をより詳細に降雨を観測していることがわかる。以上の成果は、学会発表 で公表している。

3. 研究方法

研究開始時点では、XバンドMPレーダ雨量蓄積情報処理は、一部手動で行っており、24時間、常時提供できるようにはなっていなかった。しかしながら、豪雨災害には長期間連続することもあり、24時間体制での提供が求められる。方法としては、XバンドMPレーダ雨量情報の半自動化処理が完成した後、まずは4日程度の短期提供システムを構築し、状況を見た後、徐々に提供周期を延ばすこととした。

XバンドMPレーダ雨量情報の取得については、国土交通省河川情報センターからの提供によるが、手動の場合は、パケット形式による提供となる。全てバイナリー形式である。これを半自動化処理に移行する場合、インターネット回線によるオンライン提供となる。オンライン提供には、専用回線と一般回線があるが、今回は予算の制限から一般回線とした。転送の時間間隔は、今回の雨量画像更新の頻度から5分間隔とし、[準リアルタイム方式]を採用する。通信方式は、TCP/IPソケット通信で、TCP/IPプロトコルによるコネクション指向のソケットインタフェースを用いてフレーム伝送を行う。XバンドMPレーダ雨量データの内容は、レーダ基地局において観測されたデータを地域毎のレーダ雨量として合成したレーダ（3次メッシュデータ）とする。

手動処理の場合、ArcGISの機能を使って処理を行うが、半自動化処理の場合は、バッチ処理を使う。これもArcGISの機能を使いバックグラウンドで実行することになる。

以上のようにして、雨量データ画像が作成される。

4. 研究成果

1) XバンドMPレーダ雨量データ解析システムの開発

まず、国土交通省からXバンドMPレーダデータの提供を受け、データ構造解析、処理システム開発、地図座標系への投影手法などの開発を行った。

2) XバンドMPレーダ雨量データ蓄積画像の開発

国土交通省のWebサイトXRAINは、XバンドMPレーダ雨量データをリアルタイムに表示できるが、分解能は低く、市町村単位で、白地図程度である。また、データが1分単位の静止画像であるため、雨量データ蓄積画像として使えない。そこで災害判断のさい重要となるXバンドMPレーダ雨量データ蓄積画像を開発した。蓄積画像は、基本は1時間蓄積画像であるが、2時間蓄積画像、3時間蓄積画像も表示できるようになっている。

3) 2014年広島豪雨災害への適応

2014年8月19日夜から20日明け方にかけて、広島市を中心に猛烈な雨となり、広島市安佐南区から安佐北区にかけて集中豪雨が発生した。線状降水帯が形成され、3時間降水量が200mmを超える局地的豪雨をもたらし、同時多発的に大規模な土石流が発生した。その土石流は急傾斜地に立地する住宅地を襲い、土石流災害としては過去30年間の日本で最多となる死者74名を含む甚大な災害を発生させた。

また、河川災害としては、8月20日4時20分頃に太田川の支川である根谷川が可部三丁目付近で溢水氾濫した。広島市災害対策本部のまとめによれば、土砂災害が166箇所（土石流107箇所、崖崩れ59箇所）で発生した。また、道路・橋梁、河川堤防等の公共土木施設の被害も1,333件にのぼった。

本研究では、平成27年8月14日から20日のXバンドMPレーダ雨量情報を活用し、地理情報

システム（GIS）を使用して、予測される災害の発生地点、被害の拡大範囲を解析した。XバンドMPレーダ雨量データと気象庁気象レーダ（Cバンドレーダ）の時間降雨量での比較、降雨強度（単位時間当りの雨量）または任意の時間の雨量の等しい地点を結んだ線（等降雨量線）を電子地図・地形図上にGISを使用して可視化処理を行った。XバンドMPレーダ降雨量データは局所的な雨量をほぼリアルタイムに観測可能である。従来のCバンドレーダは広域的な降雨量観測に適するのに対し、XバンドMPレーダは、観測可能エリアは小さいものの局地的な大雨についても詳細（高分解能）かつリアルタイムでの観測が可能である。

以上の結果は、各種学会での発表、及び論文で公表してきた。

<参考文献>

A portable low cost X-band RADAR for rainfall estimation in Alpine valleys:
Marco GABELLA, et al., FORALPS Technical Report 3. Universita degli Studi di Trento, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Italy, p.52, 2008.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計3件）

M. Nishio, M. Mori: The Web-based accumulated rainfall amount monitoring system by X-band MP radar, *Journal of Flood Risk Management (Wiley)*, doi/10.1111/jfr3.12196, Vol.11, No.1, pp.222-232（査読有）2018.

M. Nishio, M. Mori: X-band MP radar data in analysis of heavy rain disaster due to Typhoon number 18, *The proceedings of IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium*, DOI:10.1109/IGARSS.2017.8128036, pp.4644-4647（査読有）2017.

M. Nishio, M. Mori: Analysis of debris flow disaster due to heavy rain by X-band MP radar data, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, Vol.41, Issue B8, pp.125-132（査読有）2016.

〔学会発表〕（計7件）

西尾雅弘, 森 正寿: XRAINによる平成30年7月豪雨被害/岡山雨量解析, 情報処理学会第81回全国大会講演論文集, 7H-5, pp.4-309-310（査読有）, 2019.

西尾雅弘, 森 正寿: X-band MP雨量情報を使用した降雨解析（2017年7月5日九州北部）, 第27回地理情報システム学会講演論文集DVD, Vol.27, B-3-2（査読有）, 2018.

西尾雅弘, 森 正寿: X-band MPレーダ雨量情報による平成29年九州北部豪雨災害解析, 情報処理学会第80回全国大会講演論文集, 6F-03, pp.4-421-422（査読有）, 2018.

西尾雅弘, 森 正寿: X-band MPレーダ雨量情報による平成26年広島豪雨災害の動的雨量解析, 地理情報システム学会講演論文集, Vol.26, B-7-4（査読有）, 2017.

西尾雅弘, 森 正寿: X-band MPレーダ雨量情報のGIS降雨量解析（平成27年関東・東北豪雨）, 情報処理学会第79回全国大会講演論文集, 3F-06, pp.4-507-508（査読有）, 2017.

西尾雅弘, 森 正寿: X-band MPレーダ雨量情報を使用した降雨解析（2015年9月関東・東北豪雨）, 日本災害情報学会第18回大会（査読有）, A2-1, 2016.

西尾雅弘, 森 正寿: X-band MPレーダ雨量情報による平成26年広島豪雨災害解析, 情報処理学会第78回全国大会全国大会講演論文集, pp.4-468-469（査読有）, 2016.

6. 研究組織

研究協力者氏名：西尾 雅弘

ローマ字氏名：（NISHIO,masahiro）