

高リスク優先手法を用いた XRAIN 合成雨量の可視化 Visualization of XRAIN compositing rainfall using High-risk priority method

佐野 仁美[†] 生駒 栄司[†] 喜連川 優^{†,††}
Hitomi Sano Eiji Ikoma Masaru Kitsuregawa

1. はじめに

近年、日本の各地で頻発している極端な異常気象現象は頻度・規模とも年々増加傾向にある。日本は陸地の70%が山間地で豪雨による影響を受けやすい地形にあるが、2015年9月の記録的豪雨により大規模な浸水被害をもたらした鬼怒川の堤防決壊等、局地的豪雨を要因とする河川氾濫や土砂災害等は夏期を中心に多く発生し、深刻な水災害として懸念事項となっている。

XRAINは国土交通省が2016年4月現在全国に38基設置を設置・運用しているXバンドMP(マルチパラメータ)レーダによる観測情報網である。東京大学地球観測データ統融合連携研究機構(EDITORIA)が文部科学省から委託を受けて開発・運用しているデータ統合・解析システム(DIAS [1])では、XRAINのデータ取得を2014年7月から開始した。

本研究ではXRAINの情報共有を目的とし、特に有用性の高い合成雨量について高リスクな値を優先する手法を提案し、当該手法を適用した可視化機能を実装した。そして、本研究により可視化された画像は水災害に関わる防災・減災対策の情報共有として2015年10月から公開している。本稿ではXRAINの合成雨量の可視化に関する処理概要、可視化を行う上で生じた課題および提案する手法を用いた処理結果について紹介する。

2. 水災害対策と XRAIN

2.1 水災害対策に効果的な降雨情報

水災害対策を検討する上で最も重要となる情報の1つは降雨情報である。一般的に降雨情報は大別して台風等の観測に適する広域的な情報と局地的豪雨の観測に適する局所的情報があり、水災害対策の検討を行う際にはこの双方が必要となる。広域的な降雨情報で最も頻繁に用いられるのは、GSMaP[2]、GPV[3]、AMeDAS[4]、国土交通省河川テレメータデータ[5]、C-bandレーダデータ[6]等である。特にGPVについては予測値であることから、他のAMeDAS、国土交通省河川テレメータデータ、C-bandレーダデータと併せて、東京大学で開発されているWEB-DHM[7]等で河川氾濫やダムの水量予測に利用されている。

これまで全国の降雨情報としてはC-bandレーダデータやAMeDAS等を中心に利用されてきた。ただし、いずれも広域的な情報であることから、近年頻発している局地的豪雨について豪雨地点の降雨強度を正確に把握することは難しい。このため、この局地的豪雨の観測を行うために新たに導入されたのがXRAINである。

2.2 XRAINの概要

XRAINは、従来の広域観測レーダであるC-bandレーダと比較し、観測およびデータの配信に要する時間が大幅に短縮されている。C-bandレーダの降雨強度は雨粒で反射した電波の強度から算出しており、この算出の際に必要なパラメータが降雨の状態により異なるため地上雨量データを用いた補正を行っている。一方、XRAINは2種類の偏波(水平・垂直)を送受信して雨粒の形状を把握し、雨滴の扁平度等から降雨強度を推定することから、従来の単偏波レーダに比べ高精度な観測が可能になり地上雨量計での補正はほぼ不要となった。補正に要する時間が短縮されたことにより、表1に示すようにXRAINはC-bandレーダデータと比較し高頻度(5倍)の観測情報の取得が実現されている。また、XRAINの空間分解能は250mメッシュとなり、C-bandレーダと比較してより高分解能(16倍)な観測情報の取得が可能となっている。

さらにXRAINの観測時間は1分と短いためピークを捉えることができ、観測領域も狭域であることから、局所的な豪雨の観測に適している。一方、C-bandレーダは観測時間5分間の平均値を取るためピークを捉えることは難しい。しかしながら観測領域が広域であることから、台風や発達した低気圧の接近に伴う降雨の監視等の観測に適していると言える。

国土交通省から配信されるXRAINはファイルサイズの大きさ故に観測時点での単位である地域を配信単位としている。そして、図1に示すようにXRAINの地域は重なり合うよう配置されているケースが多い。このため、地点によっては複数の地域のデータに情報が含まれる場合がある。一方、C-bandレーダは観測時点ではXRAINと同様に地域単位だが配信単位を全国としている。このため、XRAINのように地点が複数の地域データで重複することはない。

表1: C-bandレーダとXRAINの比較

レーダ種類	C-bandレーダ	XRAIN
観測時間	5分	1分
配信に要する時間	約10~15分	1分
提供するデータの空間分解能	1kmメッシュ	250mメッシュ
定量観測領域	半径120km	半径60km
配信単位	全国	地域毎
受信データ量	98 KB / 5分 28 MB/日	19295 KB / 1分 27785 MB/日

[†]東京大学地球観測データ統融合連携研究機構
Earth Observation Data Integration and Fusion Research
Initiative, The University of Tokyo

^{††}国立情報学研究所, 東京大学生産技術研究所
National Institute of Informatics/
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

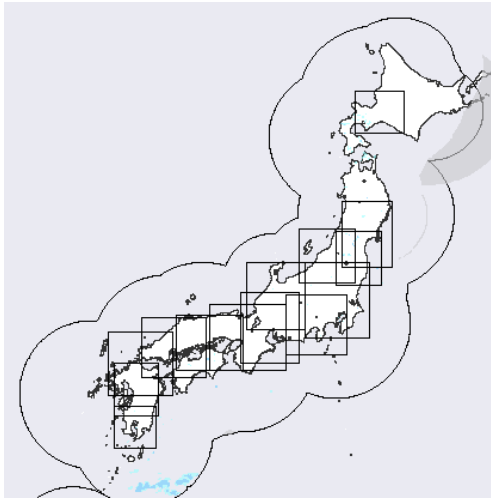


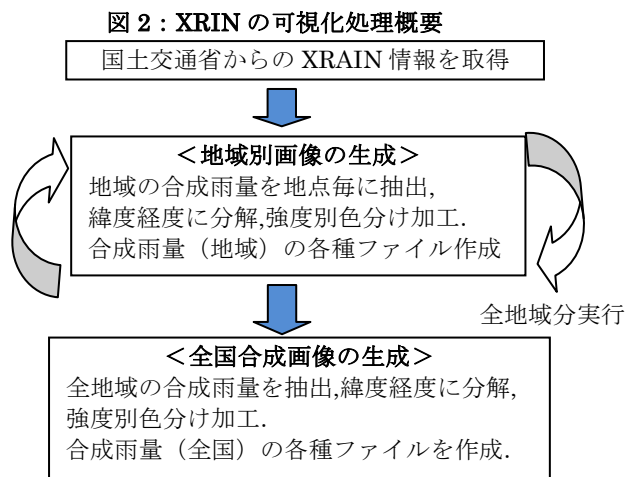
図 1 : XRAIN の観測地域[8]

2.3 XRAIN の可視化

現在 X バンド MP レーダで観測された情報は、国土交通省 XRAIN 合成処理局(関東地方整備局内)において品質管理処理・一次処理・合成処理が行われた後、直ちに DIAS に送信される。DIAS ではその XRAIN のデータを取得後、画像生成処理を行っている。

2.3.1 可視化処理の概要

DIAS における XRAIN の可視化処理は図 2 に示すように、地域画像を生成後、全国合成画像の生成を行う。



XRAIN データを取得後、地域毎に各地点の合成雨量および当該地点の位置情報(緯度・経度)を 2 次元配列に展開し、当該合成雨量の降雨強度に応じた色の割り当てを行う。抽出した地域毎の合成雨量はその位置情報とともに、全国合成を行う際の入力データとして利用するバイナリファイルとして作成する。更に各地域の画像ファイルや可視化画面用に GrADS[9]を用いたクイックルック用の変換処理を行い、時系列に格納する。

全ての地域画像の生成が終了した後、前述で地域毎に生成したバイナリファイルを入力ファイルとして全地域分合成し、全国合成画像を生成する。

2.3.2 処理時間制約に伴う高速化

XRAIN は C-band レーダデータに比べ情報量が圧倒的に多く、国土交通省から配信される単位時間当たりのデータ量は C-band レーダに比較し平均で約 200 倍にも達している。また、降雨強度が高いほどデータ量が大きくなる傾向にあり、強雨時は国土交通省からの配信そのものが遅延あるいは失敗しデータ欠損が生じることがある。データ配信時刻に関しても降雨の状況により地域毎に異なり、順序も一定でない他、時間内に全ての地域データが揃わないケースもある。加えて、XRAIN の配信間隔は従来の 5 分の 1 と極めて短くなり、取得から画像生成に至るまでの全ての処理を 1 分以内に終えなければならない制約が生じた。

これらの要因により、各地域および全国合成の可視化処理を順次処理した場合の処理時間は 60 秒前後となり、1 分を超えて遅延が発生する恐れがあったため、可視化に関する全処理のうち「現時刻の各地域の可視化処理」を優先し、全て並列で実行することとした。併せて、全地域分の処理完了状況について随時監視を行い、現時刻の処理に遅延した地域データが存在する場合は、当該配信が確認され次第の時刻以降に割り込み処理として処理を再開する。このようにして全地域分の可視化処理完了後、直ちに全国合成処理を行うこととした。本アルゴリズムを用いることにより、XRAIN データの配信遅延等を考慮した再処理を含めても 40 秒程度の処理時間で終わることが可能となり、XRAIN の情報をその取得から全国合成画像の生成までほぼ遅延なく完了することが実現された。

3. 全国合成処理における問題点と提案

3.1 従来の手法における問題点

現在、国土交通省において生成される地点の降雨情報は単一の地域に属するとは限らず、地点によっては複数の地域に跨って存在している。

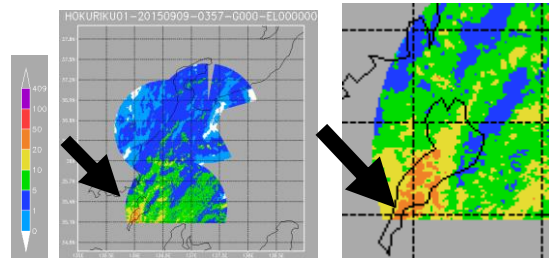


図 3 : 地域画像 富山・石川(2015/09/09 03:57)

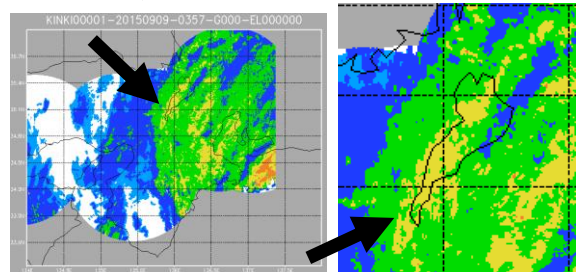


図 4 : 地域画像 近畿(2015/09/09 03:57)

図 3 および図 4 は「2015 年 9 月関東・東北豪雨」の事例であり、同一地点で観測された降雨強度が異なっていることがわかる。図 3 の赤い色で示す部分は豪雨を示しており高リスクな観測情報であるが、当該情報を図 4 では検出されていない。

全国合成の画像生成する際、これまでの仕様では一般的な手法として北方から南方まで順に地域データを合成していた。しかし、この手法により合成された全国画像(図 5 および図 6)を参照すると、本来豪雨が観測されるべき地点に当該豪雨情報が検出されていなかった。

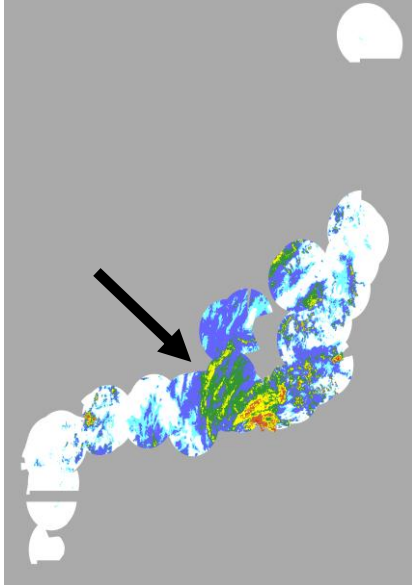


図 5：従来の手法による全国合成画像

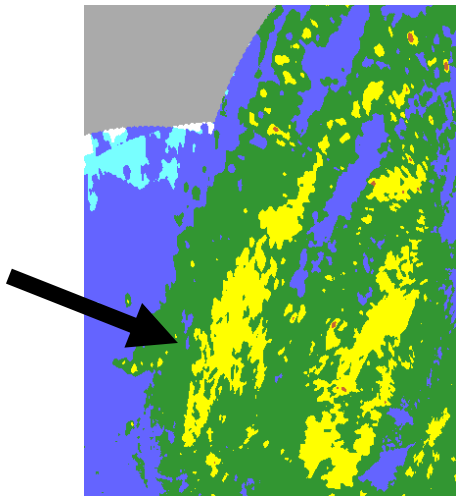


図 6：従来の手法による全国合成画像(拡大図)

その原因を検討した結果、本事象は XRAIN の配信単位に起因することが分かった。すなわち、X バンド MP レーダでは、非常に強い降雨域が生じた場合に当該降雨自体が X バンド帯の電波の進行を阻み、電波が減衰・消散し、豪雨域の後方の観測が不能となる場合がある。この対策として、国土交通省では各観測地域を複数の X バンド MP レーダで囲むように配置し、欠測となるリスクを低減している。

他方、前述 2.2 のとおり国土交通省では複数の X バンド MP レーダで取得した降雨情報について地点毎に値の調整を行っているが、当該調整は地域単位で行われるため、複数の地域ファイルに重なる地点については地域間での値の調整はなされない。このため、複数の地域に重複して存在する地点の合成雨量は、降雨の状態により地域単位での

設定値に違いが発生してしまう。

つまり前述の事例では、図 7 に示すように豪雨の後方に設置されている富山・石川地域の X バンド MP レーダ(図 7 の赤丸)により取得できた降雨情報が、豪雨の正面に設置されている近畿地域の X バンド MP レーダ(図 7 の黒丸)からは当該豪雨に阻まれ取得できず、当該地点について地域間で値の調整もなされなかった。これにより、従来の手法で合成した結果、富山・石川地域で検出された高リスクの降雨情報は近畿地域で検出された低リスクの降雨情報に書き換わったことになる。

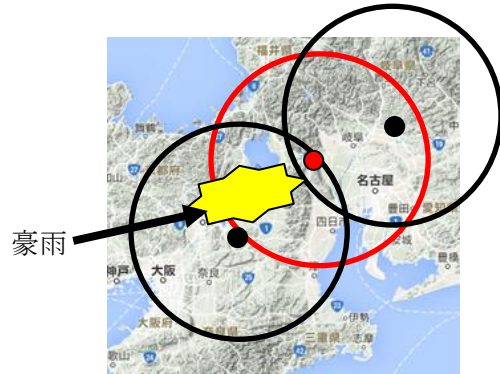


図 7：豪雨周辺の主要レーダ設置状況

この現象は従来の手法では当該地点のデータが他の地域のデータ(欠損の場合もあり得る)に書き換えられる恐れがあることを示しており、結果として当該地点における本来のリスクを見逃し、災害等の緊急時に適切な行動判断が行えなくなる可能性を含んでいる。

3.2 高リスク優先手法の提案

そこで本研究では、本事象が豪雨の場合に多く発生することを考慮し、最もリスクの高い数値をその地点の値とする「高リスク優先手法」を提案する。つまり、地域が重なる地点において地域毎に異なる値が発生した場合には、全ての地域の中で最も大きい値をその地点の合成雨量と設定するものとした。

前述 2.3.1 のとおり、全国画像の合成処理では各地域画像に対応するバイナリファイルを入力データとし、全国をカバーする位置情報を付与した 2 次元配列に地域毎の入力ファイルを全地域について順に読み出しながら地点毎の値を設定する。この際、高リスクな情報を優先して設定する処理として、次のアルゴリズムを用いることとした。

- ① 全地点のデータに初期値「-9999」を設定する。
- ② 今回読み出した地点の数値が 0 以上であり、かつ既に当該地点に設定された値より大きい場合は、今回読み出した地点情報を正として設定する。
- ③ 上記以外は既に設定した値をそのまま設定する。

4. 高リスク優先手法での結果と考察

前述のアルゴリズムで処理プログラムを改良した結果、豪雨により電波の進行が阻まれた部分について、その降雨情報が地域を跨っている場合でも図 8 および図 9 に示す通り高リスクの情報を検出し可視化することが可能となった。

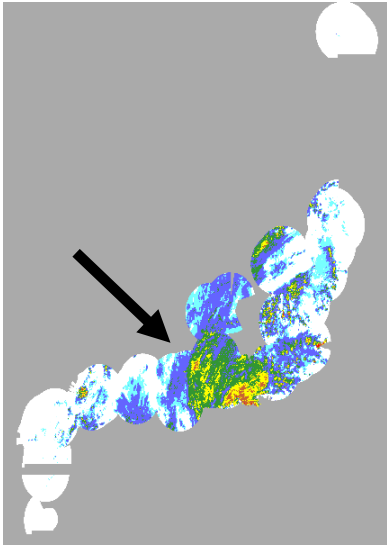


図 8 : 高リスク優先手法による全国合成画像

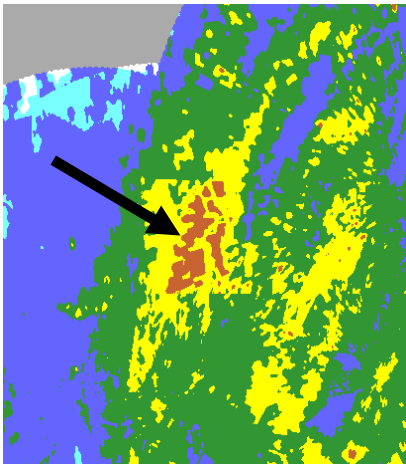


図 9 : 高リスク優先手法による全国合成画像(拡大図)

従来の手法では、全国画像を構成する要素を「地域」と捉え、地域のデータを結合して全国合成を行っていた。しかし、上述 3.1 のとおり地点によっては当該地点を含む地域が重複することで当該地点の値が地域毎に異なる場合があり、従来の手法を用いて全国合成を行うと当該地点の値を別の地域のデータで上書きしてしまう問題があった。この点について防災上の観点から検討した結果、ある地点について地域間で値が異なった場合、特に当該地点付近で豪雨が降った場合を考慮して、当該地点の数値は高リスクである方の数値を採用する「高リスク優先手法」とするのが適切と判断し当該手法の提案を行った。本提案手法は全国合成画像を構成する要素を「地域」ではなく「地点」と捉え、地点毎に高リスクな情報を優先して合成する手法とし、可視化機能は実際にこの手法を用いて実装した。

この結果、本可視化機能における全国合成画像を閲覧することで、全ての地点の高リスク情報を把握することが可能となった。本手法を用いて処理を行った結果を閲覧することで、緊急時における迅速な行動判断を促すことが可能となり、結果として水災害における防災・減災に寄与することができると思われる。

5. おわりに

水災害における対策としては、特に降雨情報についてリスクの高い情報を速やかにかつ正確に捉えることが必要となる。今回提案した「高リスク優先手法」では、地点の情報を結合する際に、既に生成されている地域単位で結合するのではなく、当該地点の情報が生成される背景や加工処理過程および他との重複等を詳細に検証し、よりリスクの高い情報を優先して抽出し合成する手法とした。これにより、個別の地点が持つ潜在的なリスクを顕在化することができ、結果として降雨情報を元としたリスクの高い有用な情報の速やかな提供が可能となった。

本手法による画像生成は 2016 年 4 月より運用を開始しており、DIAS 上では AMeNOW! [10] や XRAIN 情報を用いた研究者向けサービス等を用いてリアルタイムで閲覧可能となっている。本年も再び到来するであろう夏期の集中豪雨等に備え、降雨情報に関する迅速かつ有用な情報として、水災害に関わる防災・減災対策に寄与できれば幸いである。

謝辞

本研究は、文部科学省研究委託事業「地球環境情報統合プログラム(DIAS-P)」および「地球環境情報プラットフォーム構築推進プログラム」の支援を受けたものである。

参考文献等

- [1] Data Integration and Analysis System
<http://www.diasjp.net/>
- [2] Global Satellite Mapping of Precipitation (衛星全球降水マップ),
http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index_j.htm
- [3] Grid Point Value(格子点値)
<http://www.jmbc.or.jp/hp/online/f-online0c.html>
- [4] Automated Meteorological Data Acquisition System
- [5] 国土交通省(川の防災情報) <http://www.river.go.jp/>
テレメータ雨量・推移・水質・積雪等
- [6] 国土交通省が設置しているCバンドレーダによる観測情報。
- [7] 水エネルギー収支分布型水循環モデル(Water and Energy Budget-based Distributed Hydrological Model)
- [8] 国土交通省 XRAIN 観測状況マップ(地域選択)
<http://www.river.go.jp/xbandradar/obsmap//>
- [9] The Grid Analysis and Display System,
<http://cola.gmu.edu/grads/>
- [10] XRAIN リアルタイム降雨情報サービス
<http://rain.diasjp.net/>