

福島原発事故に伴う放射性物質の初期拡散沈着過程把握のための データベース構築 —レーダーデータを中心として—

Database Development for Understanding the Wet Deposition and Dispersion Processes after the Fukushima Nuclear Plant Accident — Radar Data —

谷田貝亜紀代⁽¹⁾・寶馨・石原正仁⁽²⁾・石川裕彦・渡邊明⁽³⁾・村田健史⁽⁴⁾

Akiyo YATAGAI⁽¹⁾, Kaoru TAKARA, Masahito ISHIHARA⁽²⁾, Hirohiko ISHIKAWA,
Akira WATANABE⁽³⁾ and Ken T. MURATA⁽⁴⁾

(1) 総合地球環境学研究所

(2) 京都大学学際融合教育研究推進センター極端気象適応社会教育ユニット

(3) 福島大学

(4) 情報通信研究機構

(1) Research Institute for Humanity and Nature

(2) GCOE-ARS Unit, C-PIER, Kyoto University

(3) Fukushima University

(4) National Institute of Information and Communications Technology

Synopsis

This manuscript describes datasets of meteorological information being developed for understanding the dispersion and deposition process of radionuclides associated with the Fukushima accident in March 2011. Among several products, this paper reports mainly our original radar data images including the X-band radar data from Fukushima University as well as the three-dimensional reflectivity data from the Japan Meteorological Agency C-band radar network.

キーワード: 福島原発事故, データベース, 降水, レーダー

Keywords: Fukushima accident, Database, Precipitation, Radar

1. はじめに

2011年3月の福島第一原子力発電所の事故により、多量の放射性物質が放出された。国内外で放射性物質の大気拡散過程のシミュレーションを行っているが (e.g. Katata et al., 2012; Morino et al., 2013; Draxler et al., 2015; Saito et al., 2015), 高線量地域の放射線量分布の正確な再現には至っていない。その理由として、モデルの不完全さと放出時刻や放出量が不明な

点が指摘される。前者については、降水分布の再現性が大きな課題である。特に、初期の微雨を含めた降水分布を知ることが、初期被ばく推定、モデルの精度向上、植生や土壌への沈着の理解に必要である。

また、国内外で事故当時の放射性核種の分布状況の把握がすすめられ、放射線等の観測データの蓄積はなされ始めているが、気象情報については、国内研究者はともかく、海外研究者には所在もわからず、分野外の研究者にはハンドリングが難しいという問

題がある。そこで、我々は京都大学防災研究所一般共同研究課題として、1) 2011年3月の湿性沈着過程の理解に役立つと思われる気象データに関する情報を収集しWebサイトにまとめ、2)一部は独自のデータベースを作成し、さらに3)それらのメタ情報を検索可能にすることを計画した。それらは、Fukushima-IRISと名付けたホームページ (Fig.1) から公開あるいはそのページから必要な情報にたどりつけるようにした (谷田貝ほか, 2015) が、担当者の異動やセキュリティの点から現時点 (2015年6月) で必ずしも使いやすい形にはなっておらず、また貴重なデータへのアクセス経路もわかりやすいとはいえない。

そこで本稿は、当該課題においてオリジナリティーの高いレーダーなどの独自データに焦点を絞り、その特徴を記載し、関心をもたれる方の便宜をはかることを目的とする。



Fig. 1 Fukushima-IRIS homepage.
(<http://www.chikyu.ac.jp/akiyo/firis/index.html>.
It is also linked from
<http://center.stelab.nagoya-u.ac.jp/akiyoyatagai/>).

2. 公開データについて

Fig. 1 で示したページは英語/日本語の両言語で作成され、Project scope, リンク集(1), オリジナルデータ(2), メタデータデータベース (3) 情報を公開してきた。(2)では雨量計に基づく降水データ, 雨/雪情報, レーダーデータなどを、利用希望に基づき研究ベースで共有するよう用意した。

日本気象庁 (JMA) 作成の解析雨量 (以前の 'Radar AMeDAS合成図') は30分毎の降水データで広く知られているが、このデータはC-band レーダーと日本国内約1000地点のAMeDAS雨量計降水データを組み合わせで作成されている。このデータは、福島原発事故に関するシミュレーション結果の検証やモデルの改良, 流出解析にすでに用いられている。

Fig. 2 は、国土交通省 (河川局) やNTT docomo, 福島大学など雨量計地点データを集めたものである。初期沈着や拡散シミュレーションとの対応を考える場合、降り始めの微雨が重要なことが多いため、

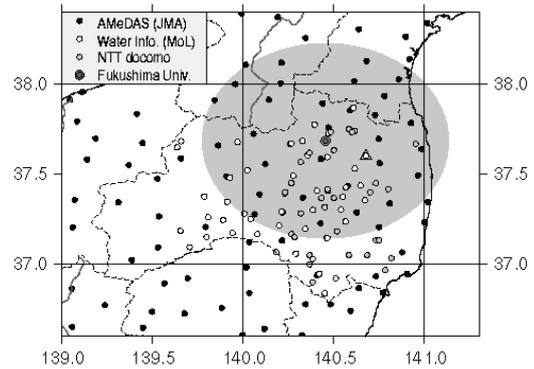


Fig.2 Distribution of raingauges. Gray shade shows X-band radar coverage indicated in Fig. 3.

JMA解析雨量より雨量計地点情報を増やすことよりもむしろレーダーの情報を併用することがより重要とも考えられる。

そこで、福島大学X-bandレーダーの画像データおよび、気象庁C-bandレーダー反射因子 (3次元構造) を優先的に整備してきた。このため、次に両データについて記載する。

2.1 X-bandレーダーデータ

事故以前から、福島大学では降水時にX-bandレーダーによる観測が行われており、3月15-16日、20-21日等、中通周辺の沈着過程理解に重要と思われる降水パターンも得られている。Fig. 3 に例を示す。この図で南西方向 (中心から140.2E, 37.2N付近) にのびる降雨帯が、中通に位置しており、3月15日深夜の沈着に影響した降水に関連したパターンと考えられる。この中通の降水情報は、C-bandレーダーや解析雨量図では、このようにはっきりとは検出されておらず (Fig.4参照)、合わせ見ることが重要である。

なお、安達太良山のクラッター (140.2E, 37.7N付近) やノイズなどが未補正で、絶対値も検証中である。観測は約30秒で1スキャンし、仰角4度固定のため、中心からの距離により観測高度は異なる。そのレーダー反射因子情報を、層雲系を仮定したパラメタにより降水量に変換したデータを10分平均した。このため、正確な降水量を得るには、降雪時や降雨減衰などの影響も考慮する必要があるが簡単なことではない。このためFig.3では相対値で示したが、10分毎のこのような降雨帯の情報は、相対値としてであっても有用と考えられる。

なお、付録に3月15日19時から3月16日5時までの画像ファイルを示す。

2.2 JMA C-bandレーダーデータ

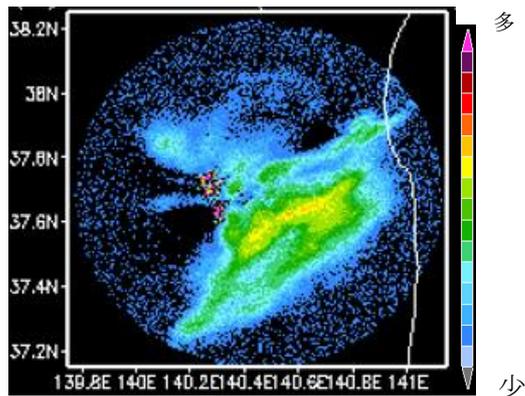


Fig.3 An example of X-band radar of Fukushima University [23:54-59JST on 15 March 2011]. Color shows intensity of rainfall rate (relative value). The radar coverage area is shadowed in Fig. 2.

気象庁C-bandレーダーネットワークによる3次元データからほぼ2km高度のデータをAMeDAS雨量計で校正した降水強度（単位mm/h）を、気象業務支援センターから購入可能な気象庁気象レーダー観測データから作成した。本データは格子間隔約1km，時間間隔10分値で，気象庁解析雨量とほぼ同質のデータであるが，一般に得られる入手可能な気象庁解析雨量は30分毎の1時間降水量であり，これより時間分解能が高い（Fig.5 top panelsに例示）。

さらに気象庁の解析雨量に使われているC-bandレーダー反射因子（基本的に高度2kmのデータ）を鉛直方向に発展させた3次元グリッドデータを作成した。Fig.4に例を示す。これにより，降雨頂高度や降水プロファイルも得られる。

このC-bandレーダーについては鉛直方向1km（1km～10km），東西南北約1km（約0.83度）のレーダー反射因子情報を，2011年3月について10分ごとの値を用意した。Fig.4に示す仙台管区気象台を中心としたデータのほか，東京管区気象台を中心としたデータも用意した。

これらは，時間分解能が高く降り始めの広域的特性の把握が可能であるだけでなく，降雨頂高度など，プルーム到来時の湿性沈着過程の理解と，大気拡散モデルの雲・降水過程の改良に役立つと考えられる。GrADS形式およびnetCDFで用意できているため，任意の緯度・経度線に沿った鉛直断面図も容易に描くことができる。

このため研究者には早期公開を考えている。しかし一方で例えば山岳の裏側の未観測域や降水強度のごく小さい領域と無降水領域の区別などにおいて誤利用のないよう注意が必要である。そこで，一般向けには，次に示す画像公開を用意した。

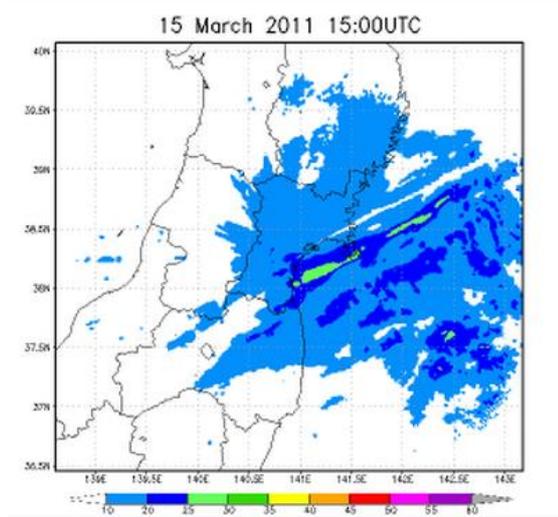


Fig. 4 An example of reflectivity of Japan Meteorological Agency C-band radar [23:50 -24:00 JST, 15 March, 2 km height, unit: dBZ] .

3. 画像公開について

NICTサイエンスクラウドは，作成済みの画像ファイルを時系列に沿って並べて表示するシステム（STARStouch，村田ほか，2014）で，通常のブラウザでの拡大操作，iPadなどでの画面操作により，時間間隔をスケーラブル表示することが可能である。Fig.5にSTARStouchによるC-bandレーダー画像の例を示す。このように，高度1km～10kmにおけるC-bandレーダー反射因子を降水量分布とあわせて，鉛直方向に比較しながら閲覧可能なように用意した。

本稿に付録としてX-bandレーダー画像の一部（2011年3月15日19時から3月16日5時）を添付する。将来的には，2011年3月についての取得されたX-bandレーダー画像等もNICTサイエンスクラウドに追加していく予定である。

4. まとめと今後の予定

京都大学防災研究所一般共同研究課題にて，福島原発事故に関する拡散，湿性沈着過程の理解に資する気象データの整理と，外部から日本国内の原発汚染に関する気象水関連データにたどりつくことを可能とするシステム構築を目指してきた。レーダーや雨量計による貴重な情報を整理できたが，量性的問題やフィルターアウトすべき情報を含むなど，非専門家による利用には注意すべきものが存在する。このため，当該論文の付録（X-band）やNICTサイエンスクラウドを通じて画像情報だけ先に公開した。

湿性沈着に関して，霧・雲による沈着の可能性が

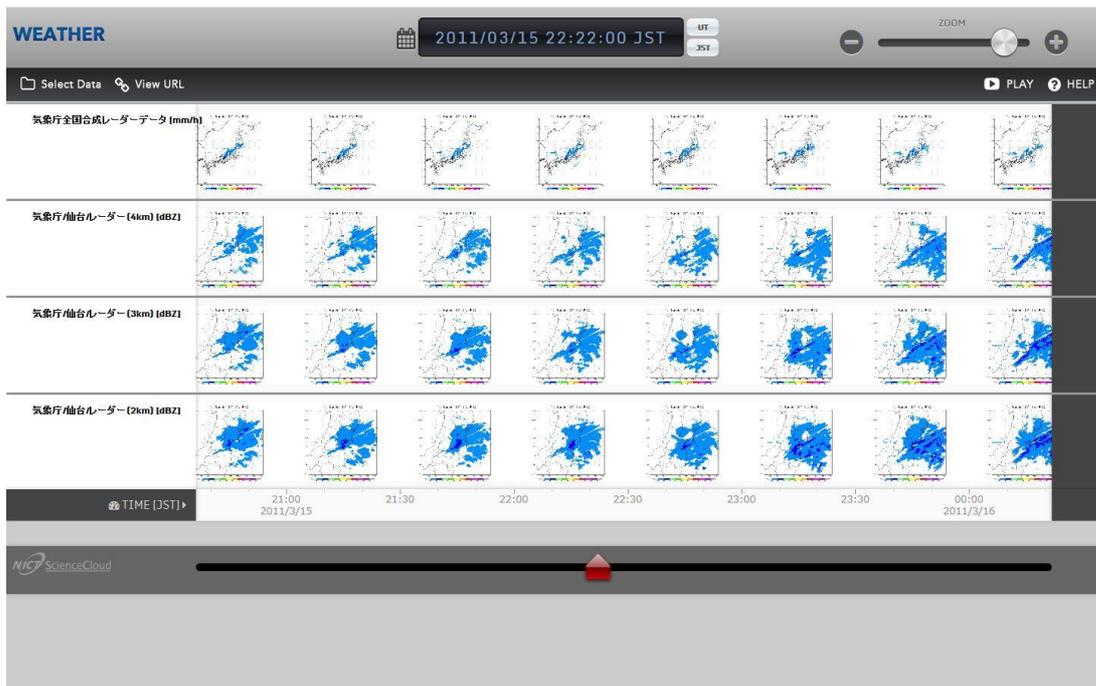


Fig.5 A sample snapshot of the JMA Raingauge-calibrated Radar precipitation at 2-km height over Japan (top panels) and C-band radar reflectivity at 2, 3 and 4km heights [20:30-24:00 JST 15 March] shown by NICT STARStouch [<http://sc-web.nict.go.jp/fukushima/>].

示唆されており (Hososhima and Kaneyasu, 2015), それらに関する気象情報も、今後付加する予定である。当該課題で整備した気象情報および着手したメタデータデータベースは今後、科学研究費補助金（新学術領域「福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態に関する学際的研究（代表：恩田裕一）、学平成24年度開始」）の平成27、28年度公募班研究「初期の3次元詳細気象データに基づく放射性核種沈着プロセス推定（代表：谷田貝亜紀代）」および「福島原発事故に関する放射線メタデータベース構築と初期被爆推定（代表：伊藤好孝、谷田貝は連携研究者）」として採択されており、その活動につなげていく予定である。本稿で示したデータは、今後の放射線量等の現地観測データ、大気モデルデータとの統合利用に極めて有用であると考えている。利用者からのフィードバックや、ご協力をお願いしたい。

謝 辞

本稿は、平成25-26年度に京都大学防災研究所一般共同研究25G-04として採択された課題の一部報告である。解析公開サーバーの防災研究所内設置に際しては堀口光章氏に、名古屋大学太陽地球環境研究所内設置に際しては梅村宜生氏にご協力いただいたこ

とを感謝する。本研究の一部は、情報通信研究機構のNICTサイエンスクラウドにより行なった。

参考文献

- 村田健史・鶴川健太郎・村永和哉・鈴木豊・渡邊英伸・是津耕司・山本和憲・篠原育・笠原禎也・岡田雅樹・小嶋浩嗣・能勢正仁・木村映善・建部修見・田中昌宏 (2014) : 世界科学データシステム (WDS) のための学際的科学データ表示Webの提案, 情報知識学会誌, Vol.24, No.3, pp.297-320.
- 谷田貝亜紀代・恩田裕一・渡邊明・滝川雅之 (2012): 湿性沈着過程理解のための福島県域2011年3月降水解析, *Proceedings of the 13th workshop on Environmental Radioactivity (Bessho K. et al. Eds. KEK Proceedings 2012-6)*, 93-101 (英文要旨付) .
- 谷田貝亜紀代・寶馨・石原正仁・石川裕彦・渡辺明・橋口浩之・小山幸伸 (2015) : 福島原発事故に伴う放射性物質の初期拡散沈着過程把握のためのデータベース構築, 平成26年度京都大学防災研究所研究発表講演会発表要旨, B13 (Available at, http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/web_j/hapyo/15/B13.pdf, 2015年2月23日閲覧).
- Draxler, R., D. Arnold, S. Galmarini, M. Hort, A. Jones, S. Leadbetter, A. Malo, C. Maurer, G. Rolph, K. Saito,

- R. Servranckx, T. Shimbori, E. Solazzo and G. Wotawa, (2015): World Meteorological Organization's Evaluation of the Radionuclide Dispersion and Deposition from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. *J. Environ. Radioact.*, 139, pp.172-184.
- Hososhima, M. and N. Kaneyasu (2015): Altitude-dependent distribution of ambient gamma dose rates in a mountainous area of Japan caused by the Fukushima Nuclear Accident, *Environ. Sci. Technol.*, 49, pp.3341-3348, DOI: 10.1021/es504838w.
- Katata, G., H. Terada, H. Nagai, M. Chino (2012): Numerical reconstruction of high dose rate zones due to the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *J. Environ. Radioact.*, 111, 2-12 DOI: 10.1016/j.jenvrad.2011.09.11.
- Morino, Y., T. Ohara, M. Watanabe, S. Hayashi, M. Nishizawa (2013): Episode analysis of deposition of radiocesium from the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident. *Environ. Sci. Technol.*, 47(5), pp.2314-2322 DOI: 10.1021/es304620x.
- Saito, K, T. Shimbori and R. Draxler (2015): JMA's Regional ATM calculations for the WMO Technical Task Team on meteorological analyses for Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *J. Environ. Radioact.* 139, pp.185-199.

付 録

福島大学X-bandレーダー画像. 降雨量に変換後の10分平均値(相対値, 2011年3月15日19時から2011年3月16日5時まで) .

(論文受理日 : 2015年6月11日)