

# リモートセンシング技術のユーザー最適型データ提供に関する要素技術の研究開発 Research and development of advanced technologies for a user-adaptive remote sensing data platform

代表研究責任者 前田 新一 株式会社 Preferred Networks

研究開発期間 令和4年度～令和6年度

## 【Abstract】

Natural disasters such as heavy rainfall are becoming more severe, causing damages exceeding 1 trillion yen annually. To minimize these impacts, high-resolution remote sensing data is essential for understanding weather, terrain, and damage conditions. Multi-Parameter Phased Array Weather Radar (MP-PAWR) and airborne SAR offer high-resolution data but face challenges due to large data volumes and limited communication bandwidth. This project developed real-time data delivery technology tailored to users' needs and network conditions.

A deep learning-based compressor was developed. It reduced MP-PAWR data from 355 Mbit/s to 5.12 Mbit/s with high quality (PSNR 36.9 dB). For The third generation X-band airborne Polarimetric and interferometric Synthetic Aperture Radar (Pi-SAR X3), a despeckling method improved SAR image compression without degrading quality. Test flights demonstrated successful real-time transmission of SAR images via satellite at 121 kbit/s in about 22 minutes.

These technologies enable practical, real-time disaster response using advanced radar systems.

## 1 研究開発体制

- 代表研究責任者 前田 新一（株式会社 Preferred Networks）
- 研究分担者 川村 誠治†（国立研究開発法人 情報通信研究機構†）
- 総合ビジネスプロデューサ 岸 浩稔（株式会社 野村総合研究所）
- ビジネスプロデューサ 福田 昌昭†（株式会社 Preferred Networks†）  
門脇 直人††（国立研究開発法人 情報通信研究機構††）

- 研究開発期間 令和4年度～令和6年度

- 研究開発予算 総額 3,885 百万円

（内訳）

| 令和4年度     | 令和5年度     | 令和6年度     |
|-----------|-----------|-----------|
| R3 補正予算   | R4 補正予算   | R5 補正予算   |
| 1,389 百万円 | 1,296 百万円 | 1,196 百万円 |

## 2 研究開発課題の目的および意義

近年、豪雨等による自然災害の激甚化が進み、年間 1 兆円を超える災害被害が生じるケースも発生している。これら災害被害を最小限にするためには、災害発生前後の気象・地形状況、発生後の被害状況をきめ細かく把握することが極めて重要であり、多種多量な降雨・地形等の情報を高分解能かつ高精度に取得可能なリモートセンシングデータの活用が期待されている。昨今の研究開発により、これらリモートセンシングデータは時間的及び空間的な分解能が向上しており、観測・予測技術の高度化が期待できるものの、一方で取得するデータ量が膨大となり、また災害時には特に通信帯域が逼迫するという通信帯域の制約が生じることでリアルタイムでのデータ提供に課題を残している。特に、航空機搭載合成開口レーダーにおいては、通信が伝送速度の低い衛星通信回線に限定されるため、防災・減災分野での利活用の障害となっている。

そこで本研究開発では、時間的・空間的に分解能の高いマルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダー(MP-PAWR)と航空機搭載合成開口レーダー(航空機 SAR)を対象として、平時及び災害時を問わずユーザー(気象予測や情報公開を行う公的機関・民間企業等)の要求及び通信トラヒック環境に応じて、適切なデータをリアルタイムに提供できる技術の確立を目的とする。

## 3 研究開発成果(アウトプット)

ア) データ圧縮・復元技術の研究開発

マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダー(MP-PAWR)は、従来のパラボラ型気象レーダー電子走査に比べて 100 倍ものデータ量を観測する。これは、355 Mbit/s の通信帯域を必要とする。到達目標においては、100 Mbit/s、10 Mbit/s、400 kbit/s の 3 段階のデータ伝送速度内で、ユーザーが期待する情報を遅滞無く提供することが可能なデータ圧縮・復元技術の確立を目標と定めている。歪みあり符号の場合、10 Mbit/s 以下の高品質な圧縮も可能と考えられたため、100 Mbit/s の通信帯域を想定せず、10 Mbit/s、400 kbit/s などの通信帯域でユーザーが期待する情報を通信できる技術の開発を行った。

MP-PAWR は、画像・動画や音声とは異なる特有のデータ形式を持つが、そのデータ形式を圧縮するのに適した既存のコーデックが存在しないため、大量の MP-PAWR データを訓練データとして MP-PAWR データに特化した圧縮器の学習を行った。これによって、目標としていた平均 PSNR、30 dB 以上というのを大きく上回る、平均 PSNR が 36.9 dB という高品質な圧縮データを、平均 10 Mbit/s 以下で送信する技術の開発に成功した。さらに、優先度付き符号化の仕組みを新たに開発したことで、10 Mbit/s より狭い通信帯域においては、圧縮符号全体ではなく、圧縮符号のうちの最初に優先的に送られる一部の圧縮符号のみを受信した段階で、残りの圧縮符号を受信することなく、優先度の高い情報を復号可能とした。これによって平均 400 kbit/s 以下となる 235 kbit/s の通信帯域で優先度の高い情報を伝送可能とした。なお、このときの時間的な遅延は、最悪でも 79.78 秒と 2 分以内の到達目標を達成している。

航空機搭載合成開口レーダー、Pi-SAR X3 は、SAR のもつ長所、昼夜を問わず、また天候の影響を大きく受けることなく地上を観測可能という長所を有しつつ、15 cm という非常に高い空間分解能を両立するシステムである。しかし、リアルタイムでその情報を伝達するには、衛星通信回線を利用せざるをえない。到達目標では、機上での画像生成処理によって得られた画像(2 km 四方)を、土砂崩れや河川氾濫等の被災状況が把握できる画質で、衛星通信回線を用いたデータ提供システムへの伝送及び画像の復元処理の一連の工程を、30 分以内に完了させることを目標としている。本プロジェクトでは、SAR 画像特有のスペ

ックルノイズが画像の品質を落とすだけでなく、画像圧縮を困難にする要因であると考え、スペックルノイズを除去するデスペックリング手法を新たに開発し、最新の画像圧縮コーデックの一つである、AVIF を利用することで JPEG に比べて 31.2 % に圧縮する高い圧縮率を実現した。また、これを実装したプラットフォームを構築し、観測飛行においてリアルタイムで衛星通信を行い、2 km 四方の観測画像が、平均 22 分 17 秒で圧縮、通信、復号が行えることを確認した。

イ) 圧縮・復元技術を用いたデータ提供システムの試作及び実証

MP-PAWR データ提供システムの「きゅむろん」を試作した。データ提供の形態は、Web ブラウザ経由での提供と API 提供の 2 通りを実装した。「きゅむろん」は、MP-PAWR のデータ提供の機能だけでなく、Web ブラウザ上で直感的にデータを閲覧する機能を備えている。Web ブラウザ経由でのデータ提供においては、閲覧システムで確認したデータをダウンロードできるようにした。一方、API 提供では、リアルタイムで生成されるファイルを自動的に受信するかたちでの利用を想定した。「きゅむろん」は、センサーサイトから個別のユーザーのリクエストに応じて直接、データを送信するのではなく、一度、クラウド上のサーバーにデータを送ってからそのクラウドからユーザーにデータを提供する形としたため、データ観測とデータ配信を分散することができ、多数のユーザーへの同時配信が可能となっている。「きゅむろん」のシステムは、気象学会 2024 春季大会において公開し、それ以降、ユーザーのフィードバックを聞きながら、そのユーザーインターフェースの改善や提供するデータのファイルフォーマットの要望などに応えた。

### 3. 1 課題ア) データ圧縮・復元技術の研究開発

#### 3. 1. 1 MP-PAWR データ圧縮技術

ユーザーの通信トラフィック環境に応じて 100 Mbit/s、10 Mbit/s、400 kbit/s の 3 段階のデータ伝送速度内で、ユーザーが期待する情報を遅滞無く提供することが可能なデータ圧縮・復元技術の確立を目標とする。マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダーの圧縮・復元処理は、観測データを間断無くユーザーへ提供する必要があることから、処理遅れによるデータ遅滞が無く、かつデータ圧縮処理、ユーザーへの伝送、ユーザー環境での復元処理を行うことが可能なデータ提供手法を確立することとし、これら一連の工程を求められる復元精度に基づきおおむね 2 分を目途として完了させることを目標とする。

MP-PAWR データを歪みあり符号する場合、10 Mbit/s 以下の高品質な圧縮も可能と考えられたため、100 Mbit/s の通信帯域を想定せず、10 Mbit/s 以下の通信帯域でユーザーが期待する情報を通信できる技術の開発を行った。MP-PAWR は、極座標形式で 3 次元立体情報の時系列が観測され、さらに 3 次元空間中の各位置において 25 次元の観測特徴量が得られる。これは、空間中の各画素で R,G,B の 3 つの特徴量しか存在しない画像・動画や 1 つあるいはステレオなどの 2 つの特徴量しかもたない音声とは大きく異なる特徴である。既存の画像・動画圧縮コーデックや、音声の圧縮コーデックでは、この 3 次元的な空間相関や、特徴量間の相関を利用した圧縮を行うことができない。この MP-PAWR 特有の性質を最大限に生かした圧縮を行うために、大量の MP-PAWR データを訓練データとして MP-PAWR データに特化した圧縮器の学習を行った。本プロジェクトの研究開発によって、目標としていた平均 PSNR、30 dB 以上というのを大きく上回る、平均 PSNR が 36.9 dB という高品質な圧縮データを、平均 10 Mbit/s 以下となる 5.12 Mbit/s で送信する符号化器を開発した。さらに、優先度付き符号化の仕組みを新たに開発したことで、10 Mbit/s より狭い通信帯域においては、圧縮符号全体ではなく、圧縮符号のうちの最初に優先的に送られる

一部の圧縮符号のみを受信した段階で、残りの圧縮符号を受信することなく、優先度の高い情報を復号可能な技術を確立した。これによって平均 400 kbit/s 以下となる 235 kbit/s の通信帯域で優先度の高い情報を伝送可能とした。なお、このときの時間的な遅延は、最悪でも 79.78 秒と 2 分以内の到達目標を達成している。

### 3. 1. 2 航空機搭載合成開口レーダーデータ圧縮技術

航空機搭載合成開口レーダーについては、機上での画像生成処理によって得られた画像（2 km 四方）を、土砂崩れや河川氾濫等の被災状況が把握できる画質に変換する。使用する通信回線は航空機運用の特性上、衛星通信回線を利用することとし、画像の圧縮処理、衛星通信回線を用いたデータ提供システムへの伝送及び画像の復元処理の一連の工程を、30 分以内に完了させることを目標とする。

航空機搭載合成開口レーダーでは、機上の画像生成処理によって、偏波情報を RGB チャンネルに割り当てた疑似 RGB 画像を、衛星通信回線を介して準リアルタイムで地上へ送ることとなる。合成開口レーダー(SAR)の撮影対象は、地上の地形、地物を反映した自然画像となるため、既存の画像圧縮コーデックが活用できる。しかし、既存の画像圧縮コーデックでは、SAR 画像特有のスペckルノイズの影響のため圧縮率を高めることができない。スペckルノイズは、画像品質にも悪影響を及ぼす。そこでスペckルノイズを除去するデスペckリング手法を新たに開発し、このデスペckリング処理後の画像を圧縮することで、既存の画像圧縮コーデックでも高い圧縮率を行えるよう技術開発を行った。デスペckリングは、SAR 画像が 4 つの偏波画像を得られることを利用し、4 つの偏波のうち、1 つをマスクし、残りの 3 つからマスクした偏波の値を予測するという予測問題を解かせることで、本質的に確率的で予測不可能なスペckルノイズの成分の除去を行った。そのデスペckリング後の SAR 画像を疑似 RGB 画像とし、既存の画像圧縮コーデックを用いて画像圧縮を行った。開発したデスペckリング手法と、既存の画像圧縮コーデックの中でも、新しいコーデックで圧縮率の高い、AVIF を組み合わせて利用することで高い圧縮性能を達成することができた。具体的には、元の SAR 画像との PSNR が 16 dB を超える条件で JPEG に比べて 31.2 %に圧縮する圧縮率を実現した。これらの技術を利用することで、2 km 四方の画像を実効帯域が 121 kbit/s の衛星通信回線を介して、平均 22 分 17 秒で圧縮、通信、復号の一連の処理ができることを確認した。

### 3. 2 課題イ) 圧縮・復元技術を用いたデータ提供システムの試作及び実証

課題ア) と連携し、センサーサイトに設置するデータ圧縮技術を搭載したデータ圧縮装置及びデータ復元技術を実装した検証用端末に加え、トラヒック環境を自動判別してユーザーが期待する最適なデータをリアルタイムに提供可能なデータ提供システムの技術的条件を明確にするとともに、プロトタイプを試作する。また、試作したプロトタイプを用い、想定するユーザーを交えた実証実験により、課題ア) に示すデータ圧縮・復元技術の性能改善を図るとともに、本システムの有効性及び最適なデータ提供形態を検証する。なお、試作するデータ提供システムは、Web ブラウザで提供及び閲覧可能な形態と、ユーザー独自の環境に組み込めるよう API 提供の 2 通りを実装するものとし、ユーザー数が増加した際のシステム拡張にも対応するものとする。

MP-PAWR データ提供システムの「きゅむろん」を試作した。データ提供の形態は、Web ブラウザ経由での提供と API 提供の 2 通りを実装した。「きゅむろん」は、MP-PAWR のデータ提供の機能だけでなく、Web ブラウザ上で直感的にデータを閲覧する機能を備えている。Web ブラウザ経由でのデータ提供においては、閲覧システムで確認したデータをダウンロードできるようにした。一方、API 提供では、リアル

タイムで生成されるファイルを自動的に受信するかたちでの利用を想定した。「きゅむろん」は、センサーサイトから個別のユーザーのリクエストに応じて直接、データを送信するのではなく、一度、クラウド上のサーバーにデータを送ってからそのクラウドからユーザーにデータを提供する形としたため、データ観測とデータ配信を分散することができ、多数のユーザーへの同時配信が可能となっている。「きゅむろん」のシステムは、気象学会 2024 春季大会において公開し、それ以降、ユーザーのフィードバックを聞きながら、そのユーザーインターフェースの改善や提供するデータのファイルフォーマットの要望などに応えた。

「きゅむろん」においては、3. 1 で述べた優先度付き符号化の仕組みを利用することでユーザーの希望に沿った情報を送信できるシステムとした。具体的には、4 通りのユーザーの指定する特徴量、2 通りの時間分解能、114 通りの平面座標位置の組み合わせによって、計 912 通りのデータを選択可能とすることで、ユーザーの要求と通信帯域に応じた柔軟な選択を可能とした。なお、通信帯域に応じた選択については技術的検討を行った結果、サーバー側から自動的に送るデータを変更するのではなく、あくまでユーザー側の設定によって対応するものとした。というのも、サーバー側で強制的にデータを送る形にする場合、どうしてもユーザーの意図しないデータを送ってしまうリスクが存在し、ユーザーが受け取ったあとのデータの自動処理においても受け取ったデータの判別を行い、その種別ごとに異なる処理を行う必要が生じるという手間が生じてしまうのは望ましくないというユーザーの声があったこと、またユーザー側のリソースの浪費リスクや、通常の HTTP GET と異なりブラウザの安全機構が働きにくい環境となるためユーザー側で Origin チェックやトークン認証を設ける必要があり、セキュリティリスクを高めてしまうためである。

航空機 SAR データについては、Pi-SAR X3 リアルタイムデータ配信プラットフォームを試作した。この配信プラットフォームは、機上でオルソ補正、デスベックリングを適用したのち、画像圧縮を行って、衛星通信回線を介して、クラウドに観測した SAR 画像を届けるものである。Web ブラウザからは、どこの画像が得られたか直感的に把握しやすい UI とし、国土地理院の光学画像と透明化を施したうえで重ねて表示するモードがあるなど、使いやすいプラットフォームとしている。API 利用時には、クラウドに届いた画像をすべて即座にダウンロードすることが可能で、ユーザーに届くまでの遅延を最小に抑えることができる。また、機上での通信は衛星通信となり、往復で 1 分もの遅延の発生する高遅延環境となる。既存の HTTP では、フロー毎にセッションを確立するが、その場合、非常に通信効率が落ちてしまう。そこでセッションの確立を Data Path Layer により初回のパスの確立時のみとした独自通信プロトコルを考案した。模擬通信環境でその性能を確認後、実際のシステムへの実装を行っている。Pi-SAR X3 リアルタイムデータ配信プラットフォームは、準リアルタイムで SAR 画像を送信だけでなく、災害時に機上から地上の状況を把握できるよう水位計の情報を取得して表示したり、地上のユーザーとのコミュニケーションがとれるチャット機能を実装することで、実用的かつユーザーの満足度の高いシステムとした。

## 4 政策目標（アウトカム目標）の達成に向けた取組みの実施状況

本研究開発プロジェクトで開発したデータ圧縮・復元技術は、今回構築したデータ提供システムにおいて実用されている。MP-PAWR データのデータ提供システムは、「きゅむろん」と名付けられている。「きゅむろん」では、MP-PAWR が設置されているセンサーサイトで得られたデータを、そのセンサーサイトに設置された圧縮サーバーで本研究開発プロジェクトによって開発された圧縮器を用いて圧縮し、クラウドにその圧縮データが送信される。ユーザーからのリクエストはクラウドで受け付けて、その要求に応じ

たデータを API 経由、ブラウザ経由の両方の形態で提供する形としている。この Web 上のシステムは、<https://cumulon.jp/> のドメインを取得して広く一般のユーザーに利用してもらえる形とした。

実際に研究開発プロジェクト期間中も、この「きゅむろん」を介したデータ提供を行った。

データ提供は、理化学研究所、気象庁気象研究所に対して行われ、今後も防災科学技術研究所、名古屋大学、京都大学に対して行われる予定でその手続きを進めている。期間中に実施した実証実験には以下のものがある。

(表 1) MP-PAWR 取り組み内容

| # | 実証内容                     | 実証パートナー                    |
|---|--------------------------|----------------------------|
| 1 | 内水氾濫による道路冠水対応業務への活用      | 北首都国道事務所<br>オリエンタルコンサルタンツ  |
| 2 | 防災アプリ「3D 雨雲ウォッチ」への降雨情報連携 | MTI                        |
| 3 | 気象予報研究・業務のデータ連携、4 次元可視化  | 理化学研究所                     |
| 4 | 気象予報研究・業務のデータ連携、4 次元可視化  | 気象研究所                      |
| 5 | 降水量現況推定の精緻化              | 自社<br>(Preferred Networks) |

知財は、MP-PAWR に関するものとして、圧縮復号、データ同化、気象シミュレーション、航空機 SAR に関するものとして、デスペックリング、関心領域の学習方法、土砂・水位のモニタリング方法のそれぞれ 3 件、合計 6 件の PCT 出願を行っている。

一方、航空機 SAR データは、夜間の災害時に飛行できれば最も早く被災地を観測できる手段となる、唯一無二の特徴があり、そのメリットは大きいものの、現状ではいつでも観測飛行ができる状態とはなっていない。実証実験では、構築したリアルタイムプラットフォームのシステムについて、実際に見て利用してもらったり、得られた観測画像についての意見をいただく形でおこなった。システム自体は、そのチャットを介した地上ユーザーと機上オペレーターの連絡を可能としつつ、最新の情報を届けられるシステムとして報道関係者からは良い反応を得ることができた。能登半島沖地震の 1 か月後に撮影された SAR 画像からは、海岸部分の土地隆起の状況、土砂崩れの検出ができた可能性が示され、豪雨災害後の計画立案に大いに影響を与える重要な情報となるという所感が得られた。とくに南大隅町役場との連携した事例調査では、豪雨がもたらした土砂流入による道路の寸断は、Pi-SAR 画像によってその発生がいち早く検知できた可能性が示された。

(表 2) Pi-SAR 取り組み内容

| # | 実証内容           | 実証パートナー |
|---|----------------|---------|
| 1 | 自治体向け震災・水害被害把握 | 南大隅町役場  |

|   |                    |             |
|---|--------------------|-------------|
| 2 | 自治体向け震災・水害被害把握     | 豊橋市役所       |
| 3 | ため池モニタリングによる危険情報検知 | 基礎地盤コンサルタンツ |
| 4 | 報道向け災害時情報提供        | NHK         |
| 5 | 報道向け災害時情報提供        | Line ヤフー    |

## 5 政策目標（アウトカム目標）の達成に向けた計画

これまでの実証実験の結果を踏まえ、以下のアウトカム指標を掲げる。

| アウトカム指標                                   | 目標年度    | 数値目標等                | 調査方法                           | 終了条件                                                             |
|-------------------------------------------|---------|----------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| MP-PAWR データもしくは Pi-SAR X3 データの他機関での恒常的な利用 | 令和 9 年  | 他機関での恒常的な利用事例が 1 件以上 | 本研究開発からの継続ユーザーや関連分野の継続的なモニタリング | 他機関において MP-PAWR もしくは Pi-SAR X3 のデータが 3 年以上継続して使われる事例が 1 件確認された時点 |
| データ提供システムの導入に向けたセミナー等の開催                  | 令和 11 年 | 10 回                 | セミナー等開催実績報告                    | 10 回のセミナー等の開催実績                                                  |

注：提案書には「機能充足率」の評価項目が存在したが、「機能充足率」は明確な定義が存在せず、評価が困難である。

あえて評価するならば、継続利用ユーザーの有無ではじめて客観評価できると考えられるため、継続利用ユーザーの獲得目標にまとめることとした。

本研究開発プロジェクトでは、MP-PAWR・Pi-SAR X3 とともにデータ圧縮やデータ提供システムの有効性の検証として実証実験を行ってきた。その結果有効性が認められ、複数のユーザーが継続的に利用を続けてようとしている状況である。今後は、これらのユーザーが継続してデータを利活用することを目指していく。

MP-PAWR に関しては、3 地点での観測を継続し、データ提供システム「きゅむろん」を通して一般へのデータ公開を継続しているほか、内水氾濫による道路冠水対応業務への活用を目指した実証実験を継続して行っている。MP-PAWR データを利用したナウキャスト情報の携帯アプリでの通知、大阪・関西万博での気象予測情報提供など、MP-PAWR とそのデータ利活用をアピールする取り組みも行っている。今後も気象予測事業者と連携したナウキャスト情報の通知を継続するとともに、降水量現況推定の精緻化を目指す予定である。今回開発したデータ圧縮技術は、従来 MP-PAWR にとって大きな足かせであった膨大な量のデータハンドリングに対して非常に有効であり、この技術とセットで MP-PAWR そのものの普及に向けた取り組みも各方面に対して行っているところである。今後期待できる波及効果として、本技術とセットでの MP-PAWR のさらなる展開・普及、「きゅむろん」運用の継続、急な雨や内水氾濫など平時から非常時まで一貫した雨に対する備えの強化などが期待できると考えている。

航空機 SAR に関しては、運用コストを考えるとハードウェアによる社会実装にはまだ課題が大きいと、

直近はデータ利活用による社会実装を考えている。本研究開発の枠組みの外ではあるが、NICTではPi-SAR X3 データがどのような事業分野で有効かなどのニーズ調査を進めている。今後も飛行観測を継続するとともに、Pi-SAR X3 データの品質向上を図っていく。Pi-SAR X3 は 15 cm 分解能であるが、円形パスで飛行観測することで中心部をさらに高解像度化する技術の検討も進めており、これらの実証も行う計画である。今後期待できる波及効果として、L 帯の周波数を用いる航空機 SAR との連携が考えられる。Pi-SAR X3 は X 帯の周波数を用いているが、電波の反射特性の異なる L 帯と同時観測をすることでより多くの情報が得られると期待される。このような取り組みを通じ、航測事業者等による Pi-SAR データの利活用が促進され、恒常的なデータ利活用につながっていくことを期待している。



## 6 査読付き誌上発表論文リスト

- [1] Shunya Kato, Masaki Saito, Katsuhiko Ishiguro, Sol Cummings, “PolMERLIN: Self-Supervised Polarimetric Complex SAR Image Despeckling with Masked Networks”, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters Vol.1 No.21 pp1-5 (2024 年 1 月 10 日) :
- [2] Philippe Baron, Shinsuke Satoh, Seiji Kawamura, Tomoo Ushio, “Real-time nowcasting of guerrilla rainfall using artificial neural network and multi-parameter phased array radar”, Scientific Online Letters on the Atmosphere DOI <https://doi.org/10.2151/sola.2025-039> (2025 年 6 月 10 日 accepted) :
- [3] Katsuhiko Ishiguro, Atsuya Nakata, Keisuke Fukuda, Shogo Murai, Tsuguo Mogami, Hiroshi Hanado, Shinsuke Satoh, Seiji Kawamura, and Shin-ichi Maeda, “Deep Compression of Multi-Parameter Phased Array Weather Radar Data”, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters 2025 年 4 月 30 日 submitted) :

## 7 査読付き口頭発表論文（印刷物を含む）リスト

- [1] Tsukasa Takagi, Shinya Ishizaki, Shin-ichi Maeda, “JPEG Information Regularized Deep Image Prior for Denoising”, 2023 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) (2023 年 10 月 9 日) :
- [2] Daiya Yuyama, Hirochika Asai, “Network Kernel API with the Control Socket for Extending Transport Protocols”, CoNEXT-SW '23: Proceedings of the on CoNEXT Student Workshop 2023 (2023 年 12 月 5 日) :
- [3] 河合芳之, 前田新一, 河野 九三夫, 石黒 勝彦, 川村 誠治, 花土 弘, 岸 浩稔, “MP-PAWR を活用した道路冠水予測技術に関する研究”, デジタルツイン・DX シンポジウム (2025 年 5 月 26 日) :
- [4] Yuta Tarumi, Keisuke Fukuda, Shin-ichi Maeda, “Deep Bayesian Filter for Bayes-faithful Data Assimilation”, Forty-Second International Conference on Machine Learning (2025 年 7 月 13 日—7 月 19 日 採録決定) :

## 8 その他の誌上発表リスト

- [1] 川村 誠治, 花土 弘, 佐藤 晋介, “マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダー (MP-PAWR)”, NICT NEWS vol. 498, no. 2, pp. 4-5 (2023 年 3 月 1 日)
- [2] 浅井 大史, “ネットワーク協調による Just-in-Time 通信を実現するトランスポート層の再設計と一考察”, 信学技報 vol. 122, no. 407, IN2022-68, pp. 16-21 (2023 年 3 月 2 日)
- [3] 中田 敦也, 石黒 勝彦, 村井 翔悟, 前田新一, “U-Net を用いた MP-PAWR データの非可逆圧縮”, 電気学会 全国大会 (2023 年 3 月 15 日)
- [4] 小野 悠太, 垂水 勇太, 前田 新一, 福田 圭祐, “深層学習モデルを用いた高速なデータ同化手法”, 信学技報, vol. 124, no. 321, IBISML2024-36, pp. 34-40, (2024 年 12 月 20 日)
- [5] 中鉢魁三郎, 鈴木颯斗, 杉原壮馬, 李 彦淳, 内藤匠海, 太田一毅, 石黒勝彦, 北原大地, 牛尾知雄, 前田新一, “MP-PAWR データと深層学習を用いた降水量現況推定”, 電子情報通信学会 総合大会 (2025 年 3 月 28 日)
- [6] Ryu Tadokoro, Tsukasa Takagi, Shin-ichi Maeda, “A Bayesian Approach to Segmentation with Noisy Labels via Spatially Correlated Distributions”, arXiv (2025 年 4 月 21 日)

## 9 口頭発表リスト

- [1] 川村 誠治、“NICT リモートセンシング技術の最新動向”、次世代安心・安全 ICT フォーラムセンシング技術部会講演会学会（オンライン）（2022 年 6 月 3 日）
- [2] 前田 新一、“総務省委託課題「リモートセンシング技術のユーザー最適型データ提供に関する要素技術の研究開発」で目指す機械学習を用いたデータ提供システム”、次世代安心・安全 ICT フォーラムセンシング技術部会講演会学会（オンライン）（2022 年 6 月 3 日）
- [3] 川村 誠治、“平時から災害時まで社会を支えるリモートセンシング技術”、電磁波研究所シンポジウム 2022（オンライン）（2022 年 7 月 22 日）
- [4] 中田 敦也, 石黒 勝彦, 村井 翔悟, 最上 嗣生, 前田新一、“U-Net を用いた MP-PAWR データの非可逆圧縮”、2023 年度 気象学会 春季大会（2023 年 5 月 16 日）
- [5] 前田 新一, 村井翔悟、“Preferred Networks の Google Cloud 活用事例 - リモートセンシング技術のユーザー最適型データ提供に関する要素技術の研究開発事例のご紹介 -”、Google Cloud Day 23 Tour（2023 年 5 月 24 日）
- [6] 川村 誠治、“リモートセンシングによる環境計測技術の研究開発動向とその活用事例”、第 402 回 ITU-R 研究会（2023 年 5 月 26 日）
- [7] 佐藤 晋介、花土 弘、川村 誠治、“さいたま MP-PAWR による降雹の検知”、2023 年度 気象学会 秋季大会（2023 年 10 月 26 日）
- [8] 児島 正一郎、花土 弘、佐藤 晋介、“Pi-SAR X3 の準リアルタイムデータ伝送システム”、日本リモートセンシング学会学術講演会（2023 年 11 月 22 日）
- [9] 前田 新一、“マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダデータの機械学習を用いた圧縮”、岐阜大学高等研究院人工知能研究推進センター講演会（オンライン）（2023 年 11 月 24 日）
- [10] 上本 純平、牛腸 正則、川村 誠治、“先端リモートセンシングによる地震及び火山の被害状況把握技術の高度化”、災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第 3 次）令和 6 年度成果報告シンポジウム（2024 年 3 月 6 日）
- [11] 最上 嗣生, 石黒 勝彦, 福田圭祐, 村井 翔悟, 前田 新一、“ニューラルネットを用いた MP-PAWR データの優先順位つき符号化”、2024 年度 気象学会 春季大会（2024 年 5 月 21 日）
- [12] 垂水 勇太, 前田 新一, 福田 圭祐、“逆観測演算子の学習によるデータ同化手法の提案”、2024 年度 気象学会 春季大会（2024 年 5 月 22 日）
- [13] 前田 新一, 工藤 康統、“4 次元気象データ閲覧システムの構築”、2024 年度 気象学会 春季大会（2024 年 5 月 22 日）
- [14] 垂水 勇太、“Deep Bayesian Filter for nonlinear data assimilation”、三好研究室 第 100 回データ同化セミナー（2024 年 7 月 10 日）
- [15] 垂水 勇太, 福田 圭祐, 前田 新一、“非線形非ガウス状態空間モデルに対するデータ同化手法の提案”、日本神経回路学会 2024（2024 年 9 月 12 日）
- [16] Yuta Tarumi、“Deep Bayesian Filtering for nonlinear data assimilation”、The 10th International Symposium on Data Assimilation（2024 年 10 月 23 日）
- [17] 花土 弘、“フェーズドアレイ気象レーダ開発における現在までの歩み”、フェーズドアレイ気象レーダ研究会（2024 年 10 月 31 日）

- [18] 許 Kevin, 福田 圭祐, 前田 新一, “深層学習による離散表現を用いた多次元気象データの圧縮”、2024 年度 気象学会 秋季大会 (2024 年 11 月 12 日)
- [19] 垂水 勇太, 前田 新一, 福田 圭祐, “状態空間モデルを用いた MP-PAW データにおける雨滴粒子径分布の推定”、2024 年度 気象学会 秋季大会 (2024 年 11 月 14 日)
- [20] 前田 新一, 中村 雅彦, “気象レーダーデータの VR 閲覧システムの開発”、2024 年度 気象学会 秋季大会 (2024 年 11 月 14 日)
- [21] 青木 陽太, カミングスソール, 高木士, 前田新一, “Pi-SAR X3 画像による日本における土地被覆分類の検討”、第 77 回日本リモートセンシング学会 (2024 年 11 月 26 日)
- [22] 垂水 勇太, 前田 新一, 福田 圭祐, “雨滴粒子径分布の推定手法の開発とディストロメーターを用いた評価”、2025 年度 気象学会 春季大会 (2025 年 5 月 15 日)
- [23] 許 Kevin, 福田 圭祐, 垂水 勇太, 前田 新一, “スケーラブルな全球高解像度気象シミュレーションに向けた取り組み: ERA5 のデータ圧縮”、2025 年度 気象学会 春季大会 (2025 年 5 月 15 日)

## 10 出願特許リスト

- [1] 加藤 駿弥, 齋藤 真樹, 石黒 勝彦、発明の名称: 情報処理装置、情報処理プログラム及び情報処理方法、出願国: PCT 国際出願、2024 年 2 月 29 日
- [2] 中田 敦也、発明の名称: 情報処理装置、情報処理プログラム及び情報処理方法、出願国: PCT 国際出願、2024 年 5 月 24 日
- [3] 前田 新一, 垂水 勇太, 福田 圭祐、発明の名称: 推定装置、推定方法及び推定プログラム、出願国: PCT 国際出願、2025 年 2 月 3 日
- [4] 前田 新一, 福田 圭祐, Kevin Xu、発明の名称: 情報処理装置、情報処理方法及びプログラム、出願国: PCT 国際出願、2025 年 3 月 27 日
- [5] 前田 新一、発明の名称: 情報処理装置、情報処理方法及びプログラム、出願国: PCT 国際出願、2025 年 3 月 28 日
- [6] 前田 新一、発明の名称: 推論装置、学習装置、推論方法及び学習方法、出願国: PCT 国際出願、2025 年 3 月 28 日

## 11 取得特許リスト

該当なし

## 12 国際標準提案・獲得リスト

該当なし

## 13 参加国際標準会議リスト

該当なし

## 14 受賞リスト

- [1] 垂水 勇太、日本神経回路学会 大会奨励賞、“非線形非ガウス状態空間モデルに対するデータ同化手法の提案”、2024 年 9 月 13 日

## 15 報道発表リスト

### (1) 報道発表実績

- [1] “最新気象レーダーMP-PAWR のデータ配信プラットフォーム「きゅむろん」(ベータ版)を公開”、2024 年 5 月 22 日
- [2] “NICT、大阪大学、防災科研、PFN、理研、エムティーアイが 2025 年大阪・関西万博における高精度気象予測情報の提供に向け連携を開始”、2025 年 3 月 26 日

### (2) 報道掲載実績

- [1] “総務省、万博でゲリラ豪雨予報 「富岳」活用、即時配信”、日刊工業新聞、2024 年 9 月 13 日
- [2] “新型レーダーでゲリラ豪雨の予兆捕捉可能に、AI データ圧縮で実現”、日経クロステック、2024 年 10 月 8 日
- [3] “ゲリラ豪雨の予兆捉える新型レーダー AI でデータ圧縮”、日本経済新聞、2024 年 10 月 23 日
- [4] “2025 年大阪・関西万博における高精度気象予測情報の提供に向け連携を開始”、岩手日報、2025 年 3 月 26 日
- [5] “万博来場者にゲリラ豪雨の可能性を 30 分前に通知、富岳と気象レーダー2 台を活用”、日経クロステック、2025 年 3 月 27 日
- [6] “スパコン「富岳」で豪雨予測、スマホに通知 万博で世界初の実証”、ASCII.jp、2025 年 4 月 11 日
- [7] “万博は天気精密予測の実験場 「富岳」で 30 分後の豪雨把握”、日本経済新聞、2025 年 4 月 15 日
- [8] “〈EXPO2025〉気象精密予測、万博で実験 ゲリラ豪雨、30 分前に把握 スパコンとレーダー連携”、日本経済新聞、2025 年 4 月 16 日

## 16 ホームページによる情報提供

<https://tech.preferred.jp/ja/blog/i24-gd02-qpe-result/>、“MP-PAWR データを用いて降水量を推定する社内データ分析コンペの概要”、表示回数 1,551 回（終了報告書作成時点 2025 年 5 月 15 日時点）

### 研究開発による成果数

|                         | 令和4年度  | 令和5年度  | 令和6年度   |
|-------------------------|--------|--------|---------|
| 査読付き誌上発表論文数             | 0件（0件） | 1件（1件） | 0件（0件）  |
| 査読付き口頭発表論文数<br>（印刷物を含む） | 0件（0件） | 2件（2件） | 0件（0件）  |
| その他の誌上発表数               | 3件（0件） | 0件（0件） | 2件（0件）  |
| 口頭発表数                   | 3件（0件） | 7件（0件） | 11件（0件） |
| 特許出願数                   | 0件（0件） | 3件（3件） | 3件（3件）  |
| 特許取得数                   | 0件（0件） | 0件（0件） | 0件（0件）  |
| 国際標準提案数                 | 0件（0件） | 0件（0件） | 0件（0件）  |
| 国際標準獲得数                 | 0件（0件） | 0件（0件） | 0件（0件）  |
| 受賞数                     | 0件（0件） | 0件（0件） | 1件（0件）  |
| 報道発表数                   | 0件（0件） | 0件（0件） | 2件（0件）  |
| 報道掲載数                   | 0件（0件） | 0件（0件） | 5件（0件）  |

|                         | 令和7年度  | 合計      |
|-------------------------|--------|---------|
| 査読付き誌上発表論文数             | 1件（0件） | 2件（1件）  |
| 査読付き口頭発表論文数<br>（印刷物を含む） | 2件（1件） | 4件（3件）  |
| その他の誌上発表数               | 1件（1件） | 6件（1件）  |
| 口頭発表数                   | 2件（0件） | 23件（0件） |
| 特許出願数                   | 0件（0件） | 6件（6件）  |
| 特許取得数                   | 0件（0件） | 0件（0件）  |
| 国際標準提案数                 | 0件（0件） | 0件（0件）  |
| 国際標準獲得数                 | 0件（0件） | 0件（0件）  |
| 受賞数                     | 0件（0件） | 1件（0件）  |
| 報道発表数                   | 0件（0件） | 2件（0件）  |
| 報道掲載数                   | 3件（0件） | 8件（0件）  |

注1：各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。（括弧）内は、その内海外分のみを再掲。

注2：「査読付き誌上発表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読（peer-review（論

文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの)) のある出版物に掲載された論文等 (Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む) を計上する。

注 3 : 「査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集 (電子媒体含む) に掲載された論文等 (ICC、ECOC、OFC など、Conference、Workshop、Symposium 等での proceedings に掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。) を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等 (電子情報通信学会技術研究報告など) は、「口頭発表数」に分類する。

注 4 : 「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等 (査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む) を計上する。

注 5 : PCT 国際出願については出願を行った時点で、海外分 1 件として記入。(何カ国への出願でも 1 件として計上)。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注 6 : 同一の論文等は複数項目に計上しないこと。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しないこと。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行ったのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。