

Pi-SAR X3 を用いた市街地観測と分解能による見え方の違い

合成開口レーダー (Synthetic Aperture Radar : SAR) は地表を二次元的に可視化することが可能な装置であり、高い耐天候性と距離に依存しない高分解能性を両立可能であることからリモートセンシングにおける重要な基盤技術のひとつである。特に航空機や人工衛星などのプラットフォームに搭載することで、迅速かつ広域にわたって地表の面的情報を取得することができる。本稿では Pi-SAR X3 (NICT が運用する航空機搭載型 SAR) の観測データと、分解能の違いによる見え方の違いについて紹介する。（*なお、紙面の都合上、カラー表示画像をモノクロ変換で掲載）

国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT)
電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター
リモートセンシング研究室
主任研究員 牛腸 正則、研究マネージャー 上本 純平

はじめに

上空から人工衛星や航空に搭載したセンサーを用いて地表を観測する地表リモートセンシングは現代社会を様々な方向から支えている。人が直接現地に行き測量することに比べ上空から広範囲を網羅的に計測できるため、日常生活においては地図の作成や国土に対する統計情報の取得などに、災害時などの非常時においては被災状況の把握や災害の予兆の検出などに利用されている。

合成開口レーダー (Synthetic Aperture Radar : SAR) は電波を用いて地表を面的に可視化可能なセンサーである [1]。SAR は図 1 に示すように、直線的に飛行するプラットフォーム（レーダーを搭載する飛翔体、人工衛星や航空機など）に搭載したレーダーを飛行しながら動作させ、その一連の観測データを信号処理的に合成することで地表面を二次元的に可視化する。この一連の処理により、飛行した経路長に相当する巨大なアンテナが仮想的に形成される。SAR には以下のような利点が存在する。

- ①地表を航空写真のように面的に可視化可能である。
- ②アクティブセンサーであり、かつ雲や噴煙を透過する周波数帯を用いているため昼夜・天候を問わずに



Pi-SAR X3 による観測データの例（東京都スカイツリー）

観測が可能である。

- ③空間分解能がセンサーからの距離に非依存であるため、高高度からの広範囲観測と高分解能性の両立が可能である。
- ④電波の位相情報を利用した解析（干渉解析や偏波解析など）が可能である。

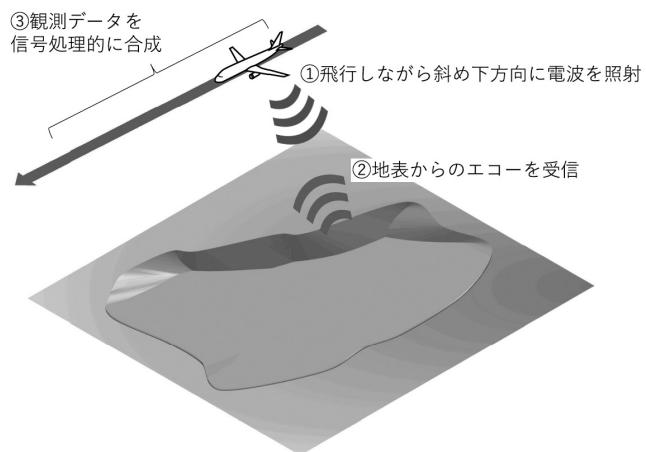


図 1 Pi-SAR X3 の性能・無線局概要

情報通信研究機構（NICT）では20年以上に渡り航空機搭載SARを運用してきた。2025年現在においては第三世代型のPi-SAR X3が運用されている[2][3]。表1に示すように、Pi-SAR X3は多様な観測モードと高い分解能を兼ね備えている。本稿では、Pi-SAR X3を用いて観測した市街地（東京）の観測結果を示すとともに、分解能によってどのように見え方に差異が生じるか紹介する。

表1 Pi-SAR X3の性能・無線局概要

周波数	中心周波数	9.7GHz
	帯域幅	1.0GHz
偏波観測	HH/HV/ VH/VV	
干渉観測	可	
分解能	スラントレンジ	15cm
	アジマス	15cm
送信出力	9kW（以下）	
ビーム幅	アジマス	6.0°
	エレベーション	25.4°
変調方式	FMチャーブパルス	

※通常観測モードの値を記載

Pi-SAR X3による東京観測

◆観測計画

2024年10月28日にPi-SAR X3を用いた東京都観測を実施した。本実験では東京湾から多摩地区までの東京都を東西に横断する合計5パスを観測し、そのうちの4パスを用いた。図2に観測パスと観測領域を示す。図中の実線が飛行パスを示し、矩形領域が観測領域（電波照射領域）を示している。また、各画像のキャプションには観測領域中心の地名を記載している。それぞれの観測パス、観測領域は表2のようになっている。

表2 東京都観測の観測パス・観測領域諸元

観測パス	飛行高度	8,750m
	飛行速度	200m/s
	飛行経路長	20km
観測領域	距離方向観測幅	約8km
	飛行方向観測幅	約20km

◆観測結果

観測結果を合成開口処理し、画像化したものを図3に示す。画素の輝度（明るさ）はレーダーの受信電力に対応している。そのため、電波を強く反射する建物などは明るく表示され、逆に電波がほとんど後方散乱しない（レーダーへ戻ってこない）地面や水面は暗く表示される。

図4に観測データの拡大図として、小金井市立第3小学校を示す。また、比較のために先代機であるPi-SAR2（分解能30cm）の画像も示している。SAR画像中央の暗い領域は運動場である。このような平らな地面は照射された電波が鏡面反射し、ほとんど後方散乱として返ってこないためこのように黒い領域（低電力領域）として写る。運動場上側に校舎の輪郭線が確認できる。また、運動場周囲に植えられている木々の一本一本が明瞭に視認できる。Pi-SAR2の対応箇所と比較すると、個々の樹木を分離できており、分解能の向上が確認できる。

大型展示パネル

上記の観測結果を用いて、図5に示す大型展示パネルを作成した。本パネルは2025年2月に施工完了し、当機構6号館1階のエントランスに設置されている。当機構オープンハウスなど、当機構へお立ち寄りの際には是非ともご観覧いただきたい。

おわりに

NICTでは航空機搭載SARであるPi-SAR X3を運用し、地表観測を行ってきた。本稿ではPi-SAR X3を用いて2024年に実施した東京観測結果を紹介し、地表がどのように可視化されるのかを示した。また、分解能の向上による見え方の違いについても、先代機であるPi-SAR2画像との比較から示した。

謝辞

本件は総務省の委託研究開発プロジェクト「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」（JPMI00316）の支援を受け行われた。また、本稿で紹介した大型展示パネルの作成には当室秘書の三森麻衣子氏にご尽力いただいた。

特集:リモートセンシング技術最前線



(a) 観測バス (1/4)、東京都千代田区



(b) 観測バス (2/4)、東京都杉並区

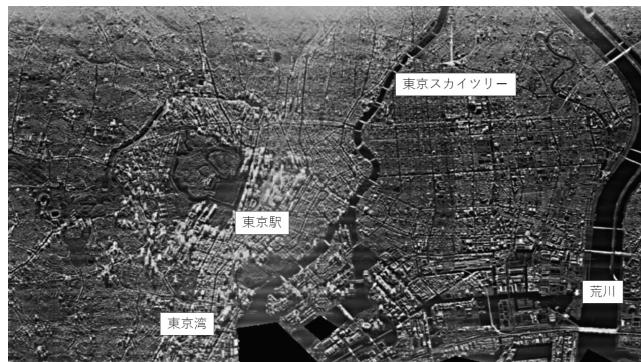


(c) 観測バス (3/4)、東京都三鷹市

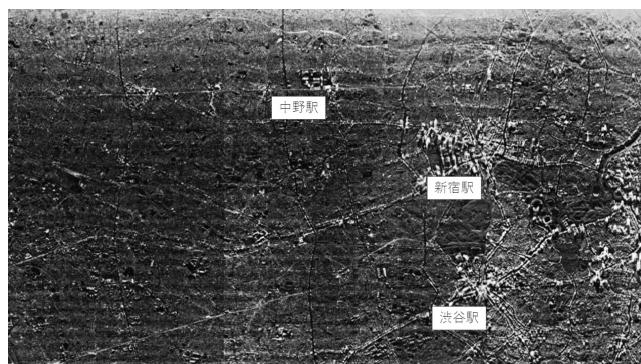


(d) 観測バス (4/4)、東京都府中市

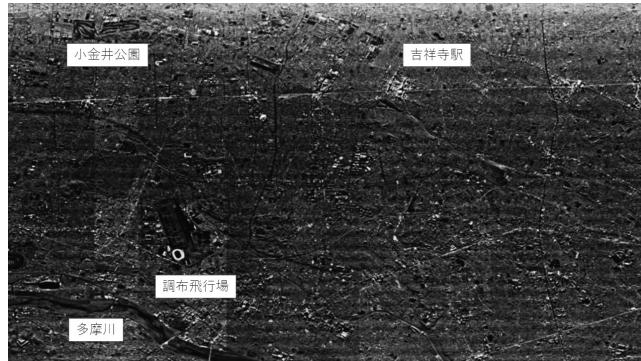
図 2 観測バス



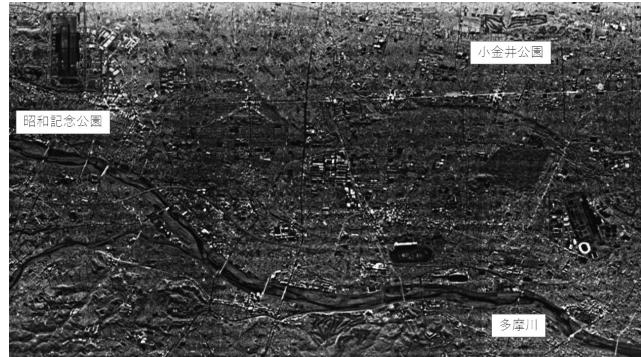
(a) 観測結果 (1/4)、東京都千代田区



(b) 観測結果 (2/4)、東京都杉並区



(c) 観測結果 (3/4)、東京都三鷹市

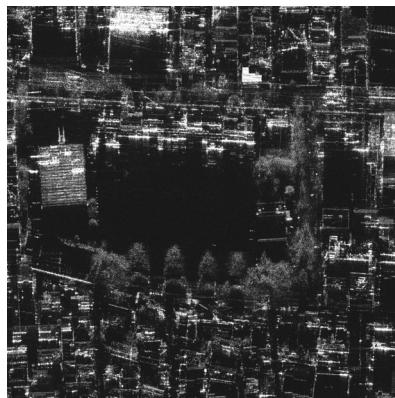


(d) 観測結果 (4/4)、東京都府中市

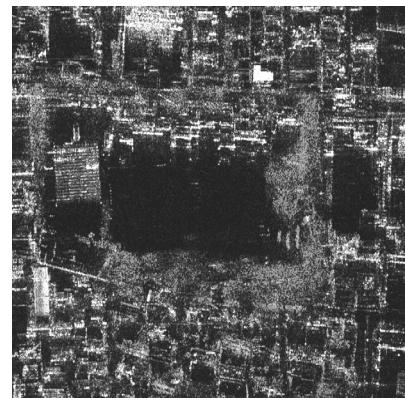
図 3 画像化された観測結果



(a) 空中写真
(出典: 国土地理院撮影の空中写真 (2019年撮影))



(b) Pi-SAR X3 観測データ (15cm 分解能)



(c) Pi-SAR2 観測データ (30cm 分解能)

図4 結果の拡大図 (小金井市立第3小学校)



図5 東京都観測データを用いた大型展示パネル (於: NICT6号館1階エントランス)

<参考文献>

- [1]大内和夫, リモートセンシングのための合成開口レーダの基礎, 東京都: 東京電機大学出版局, 2009.
- [2]S. Kojima, J. Uemoto, A. Nadai, T. Kobayashi, T. Matsuoka, T. Umehara and M. Tanaka, "Development Status of Nict's new X-Band Airborne SAR (Pi-SAR X3)," in IGARSS 2023-2023 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IEEE, 2023, pp. 4306 – 4309.
- [3]国立研究開発法人情報通信研究機構, "航空機から地表面を観測する合成開口レーダーの高分解能化と技術実証に成功," 25 1 2022. [オンライン]. Available : <https://www.nict.go.jp/press/2022/01/25-1.html>.



牛腸 正則

●略歴: 2021年新潟大学大学院博士課程修了。2019年NICTに入所。現在、NICT電磁波研究所電磁波伝搬研究センターリモートセンシング研究室主任研究員。博士(工学)。電子情報通信学会所属。

●研究内容:マイクロ波リモートセンシング、およびレーダー信号処理を専門とし、現在は主に航空機搭載合成開口レーダーに関する研究に従事している。近年は信号処理的にSAR、ひいてはレーダーならびに電波センサーの高分解能化に焦点を当て研究を実施している。

●今後の展望:今回観測されたデータの解析・可視化を通じて、航空機SARによる地表観測技術のさらなる高度化に貢献したい。

上本 純平

●略歴: 2008年東北大学大学院博士課程修了。同年にNICT入所。博士(理学)。日本リモートセンシング学会、日本写真測量学会、地球電磁気・地球惑星圏学会所属。

●研究内容:超高層大気物理に関する研究を経て、現在は航空機搭載合成開口レーダーに関する研究に従事。

●今後の展望:航空機搭載合成開口レーダーデータからの情報抽出技術の高度化に貢献したい。

