

最新技術から歴史まで、ミリタリーテクノロジーを読む!

防衛技術 ジャーナル

2016

3

March

No.420



技術総説

サイバー技術の動向（その1） 最新のサイバー攻撃の現状

INTERVIEW 民生有望技術 — 日本は何を？

観測技術の飛躍をめざす無人機搭載合成開口レーダ

雑学！ミリテク広場

ネットだけどインターネットではない!? ～ 偽装網

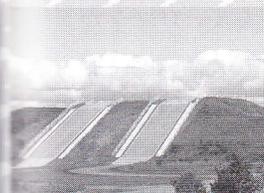
DTF

防衛技術協会

防衛技術 ジャーナル

3 2016
March
Vol.36 / No.3

CONTENTS



解説

- ★4 技術総説
弾薬類安全性試験の国際標準化～STANAGとJOTP (前編)
池田 純一
- ★14 Current Topics
札幌試験場車両定地試験施設
尾崎 元美
- ★22 技術総説
サイバー技術の動向<その1>最新のサイバー攻撃の現状
坂本 規博

オピニオン

- ★2 展望台
海洋政策を考える
中原 裕幸
- ★34 技術者の散歩道
無人機の有人(人間)ドラマ
菅野 秀樹

連載

- ★10 INTERVIEW 民生有望技術—日本は何を?
観測技術の飛躍をめざす無人機搭載合成開口レーダ
千葉大学教授 ヨサファット・テトオコ・スリ・スマンティヨ 氏
(聞き手・本誌編集部)
- ★31 雑学! ミリテク広場
ネットだけどインターネットではない!? ~ 偽装網
文責/本誌編集部

- ★39 防衛技術基礎講座 先進技術
第3講「環境・防災シミュレーションの技術動向」
沖 良篤

研究

- ★48 DTF REPORT
防衛用無人機システムの動向(Ⅲ)
— UASおよび情報通信・ペイロードの主要動向 —
永松 辰二/廣濱 功/清水 公一

- 60 VOICE
加藤 茂/中野 透/大塚 好古

- 64 DTJニュース/英文目次
68 編集後記/表紙説明/次号予定

※短期連載「ヘリコプタの技術動向」の第3回は編集部の都合でお休みします。

◆おことわり
長期連載中の「自作プラモのすすめ・宇宙編」は1月号で完結し、今号から「陸上編」をスタートする予定でしたが、作者の都合により一旦終了することになりました。また時期を改めて再開する予定です。

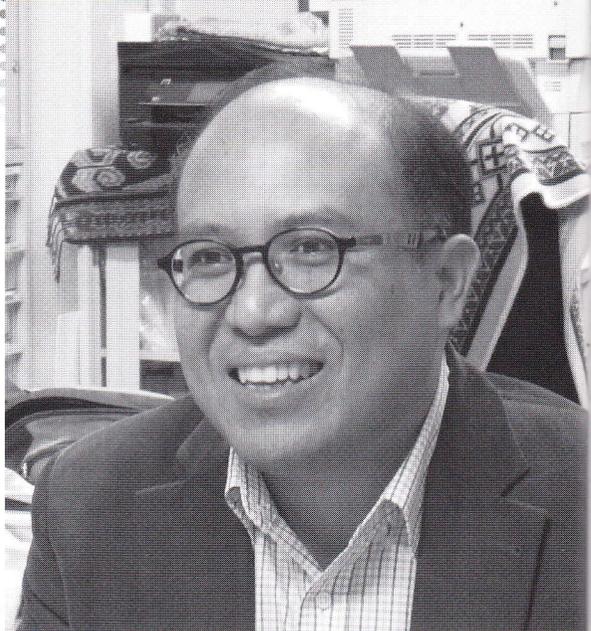
INTERVIEW

民生有望技術——日本は何を？

観測技術の飛躍をめざす 無人機搭載合成開口レーダ

千葉大学 環境リモートセンシング研究センター 教授

ヨサファット・テトコ・スリ・
スマンティヨ 氏



衛星や航空機に搭載したセンサで地上などの遠距離対象物を観測する技術は「リモートセンシング」と呼ばれている。使用されるセンサは2種類あり、一つは可視光や赤外線を用いる“光学センサ”と、もう一つは“電波センサ”である。今回は、その電波の中のマイクロ波を用いて「円偏波合成開口レーダ (CP-SAR)」を開発した千葉大学のヨサファット教授に開発の経緯や今後の応用可能性などについて聞いた。

聞き手／本誌編集部

ヨサファット先生はインドネシアのご出身ですが、千葉大学で博士号を取得され、2002年から千葉大学で教鞭をとられています。ご専門はマイクロ波リモートセンシングであり、特に「無人航空機・航空機・小型衛星搭載合成開口レーダの開発」でご活躍されていると伺っておりますが、合成開口レーダ (SAR) の研究を始められたそのキッカケなどからお聞かせください。

ヨサファット 合成開口レーダにはマイクロ波が使われています。なぜマイクロ波を使うのかというと、光学センサに用いられる可視光や赤外線よりも波長が長い。だから雨粒などを透過したり雲、霧、煙を通過できるので地面の情報が観測できます。しかし気象衛星などは光学カメラなので雲があると地面が見えません。そのため台風や地震などの災害時にはマイクロ波が有効です。私がこの技術に関心をもったのは2004年のスマトラ島沖の大地震でした。実はこのとき調査を行っていた現地の研究員の2人が津波で亡く

なっています。それを見て私は災害の予測はできるはずだと思い、電離層と地面を観測する衛星の開発を始めたのです。電離層の観測にはGPSを使って電子密度の変化が観測できます。この電子密度の変化が地殻変動と関係があります。そこでマイクロ波が使えると考え、小型衛星に積むセンサを作りました。これをEDTP (Electron Density Temperature Probe) と名付けましたが、つまり電子密度と温度の観測用センサです。今まではこの二つのセンサで測定していたのですが、われわれは、これを一つのセンサで二つの測定を同時にできるようにしたため小型化することができました。それとGPS掩蔽 (GPS-RO) を観測するためのアンテナも開発中です。

■二つのセンサとはどのようなものなのですか？

ヨサファット 例えば地球の表面にGPS衛星があり、われわれの小型衛星があるとします。何もないうちは電波は直進しますが、電子密度が変われば曲がります。そうすると距離も伸びますね。その伸びの情報 (位相変化) が

分かれば電子密度の変化が分かるというわけですが。電離層中の電子密度の変化が地殻変動による VLF 波、ラドンなどにより起こっています。電子密度を捉まえることができれば地殻に変動が起きるといふ前兆予測ができますね。大体 3、4 日前には予測が可能になるとみえています。GAIA-I と GAIA-II と名付けた小型衛星があります。GAIA-I に搭載した GPS-RO と EDTP センサは電離層の乱れなどを観測できるものであり、GAIA-II には千葉大学が独自に開発した CP-SAR (Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar : 円偏波合成開口レーダ) という地殻変動の様子を精密に観測するセンサを搭載しました。

これらはカナダ宇宙局 (CSA) などで説明したのですが、この中の無人航空機本体 (フレーム) はインドネシアで作り、ここへ持ってきて改造したものです。このプロジェクトは文部科学省の主宰するものですが、2013~2020 年度の計画で千葉大学が重点研究分野として行うものです。「先端マイクロ波リモートセンシング拠点」という名称でスタートしました。その前にも融合地球診断学の枠組みで 2007 年から始まっている小型衛星の開発があります。先端マイクロ波リモートセンシング拠点は昨年 10 月からスタートしましたが、研究拠点としては学内で六つの重点研究プロジェクトが選ばれていました、これはその一つです。

このプロジェクトではレーダも完成させました。これは JICA と JST の SATREPS 事業でマレーシア政府のために開発した L バンドの SAR です。C バンドの SAR はインドネシア政府用に開発しています。これは今年からインドネシア政府の Boeing 737-200 に搭載して試験を行っているところです。それから X バンドは大手国内企業と共同で開発しています。これは上空 10km を飛びます。台湾の宇宙局 (NSPO) とも共同で C と X バンドの開発をしているところです。

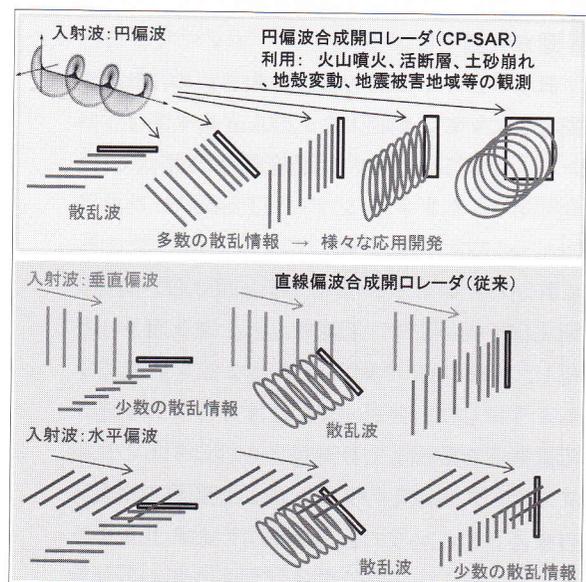
それから CP-SAR 搭載の小型衛星ですが平成 30 年度を目標に打ち上げします。これはイン

ドネシア宇宙局 (LAPAN) と千葉大の共同で、ミッション系またはレーダはわれわれが担当しますが、衛星本体は LAPAN で作る予定です。プラットフォームには H-II か イプシロン、インド・PSLV などが使われると思います。そのほかに衛星を監視する地上局も完成しました。当センターの屋上に直径 3.6m のアンテナ (S と X バンド共用) を設置しているほか衛星の観測室もあります。

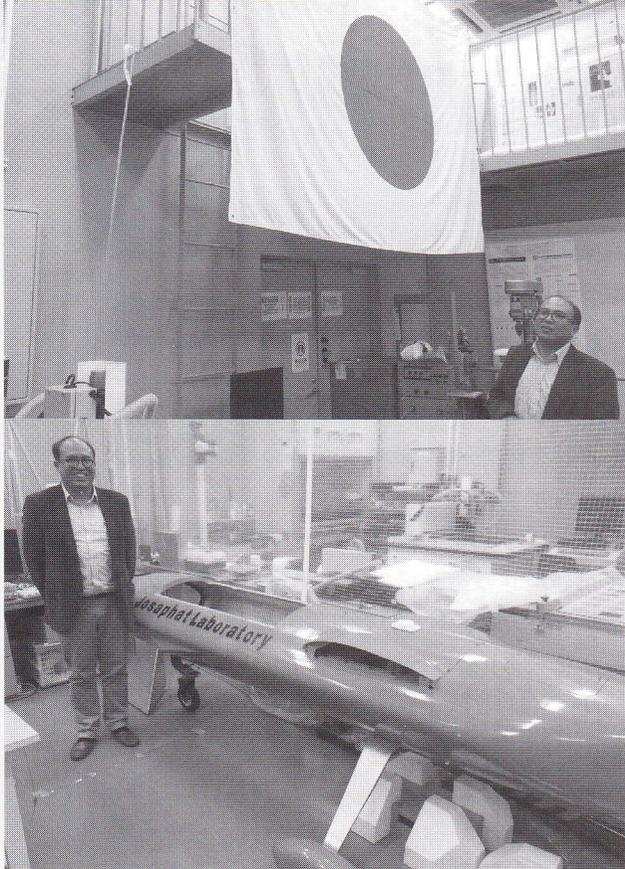
一方で無人機の開発も行っています。われわれが開発したのは低周波なので CP-SAR のアンテナを大きくしなければなりません。ヨサファット研飛行実証実験用無人航空機 (JX シリーズ) は JX-1 から始まり JX-2 までは完成しました。それよりもっと小さな無人機へと製作を進めているところです。小さければ滑走路が短くてすみますからね。将来は滑走路が必要ないものも作ろうと思っています。一昨年に富士川の河原で行った無人機実験の様子は、私の名前で検索すれば YouTube でも見ることができますのでご覧になって下さい。

この無人機は自律で飛ぶのですか、それとも遠隔操縦ですか？

ヨサファット サイズが大きいので遠隔操縦



従来の SAR と CP-SAR の比較



「日本の研究を誇りとするため」と実験室には日章旗が掲げられていた(上)。下写真は無人航空機 JX-1

です。でも場所の確保が難しくなってきたので、現在は海外で飛ばしています。翼幅は6mあり、重量も約150kgあります。レーダなどの搭載物は30kgまでです。

■ 無人機だと揺れたり速度が変わったりして処理が大変でしょうね。

ヨサファット この機体は大きいので比較的安定していて、時速150~200km出せます。エンジンは275ccです。経済産業省に相談して、今年からインドネシアでCP-SARセンサをBoeing 737-200に搭載して試験する予定です。これからインドネシアで、年2回くらい飛行実証実験を行います。将来はもっと無人機を小型化してCP-SARで火山の噴火などを観測できるようにしたいと思っています。リアルタイムで避難所を監視したり避難者を検索するのに役立てたい。1991年の長崎・雲仙普賢岳の噴火時の被害者で、いまだ行方不明者がおられるようですが、このレーダを使えば埋もれている地中でも透過するので捜索できると思います。私は

もともと地中透過レーダの研究が専門でしたから。できれば将来、これを5機くらい作りたい。まずはインドネシア宇宙局とオーストラリア・RMIT大学共同で先に飛行させて、そのあとはJAXAや韓国、台湾と一緒にやってみたいと思っています。

さて私が発明したCP-SARのセンサの原理についてご説明します。円偏波というのは左回りか右回りの偏波を出して散乱した時、物体の構造や標高、形、姿勢などによってさまざまに変わります。この情報を同時に受信することによって画像により傾きなども観測できます。例えば富士山の微妙な傾斜などもこれで分かりますよ。従来のSARに使われていた直線偏波だと垂直偏波と水平偏波を出した時に物体の傾きによって少しだけ変わりますが、円偏波なら傾きとともに電波強度も維持できるのです。そうすると電力をもっと効率化できる。だから電力はそんなに高くなくても円偏波を使えば維持できます。省エネのシステムを作ることができるのです。また衛星に搭載しているメッシュアンテナには日本の伝統的な技術、着物の織を取り入れた設計をしました。私のこだわりですが日本の文化が参考になっています。

観測の方法としてストリップマップモードをはじめ、バーストモードSARというのがありますが、これは観測しては休むの繰り返しを行います。これだと解像度は落ちますが広い範囲を網羅できます。これは千葉大とNASAとソウル大学とで共同開発して将来は月探査や火星、金星観測にと考えています。私は欧州宇宙機構(ESA)のアドバイザーもやっています、これは「DIFFERENT(ディファレント)」という次期合成開口レーダのプロジェクトなのですが、フェーズドアレイ技術を使って小型軽量化した衛星です。これは将来、惑星探査に使うことが考えられています。またウェーブモードSARなどは日本のような海洋国家の観測に大いに役立つと思います。これは200~300kmの間隔において観測しモデリングするものです。

■ 地上局のアンテナも大学独自で作られたの
でしたね。

ヨサファット 先ほどお話しした地上局は当センターの建物9階に設置されていて、8階にシステムがありますが、ここから衛星にコマンドを送るときはSバンドで、衛星の情報例えば電力や熱など問題ないか、システムの観測準備はできたかなどを確認しています。それから観測レーダのミッションデータやGPSデータや電子密度・電子温度データなどはXバンドで地上に降ろしています。

実は私、子どもの頃からの夢があって自分でレーダを作ることと、飛行機や人工衛星を作りたいと思っていました。今のところ実現したのはレーダと無人機なので、次は人工衛星の番ですね（笑）。

CP-SARの今後の応用としてはレーダ画像を使って地盤沈下、特に災害環境に関していうと、例えば東京都内の地盤沈下では場所によって2mmとか2cm進んでいることが観測されています。一方、インドネシアのバンドンでは



屋上に設置した CP-SAR の観測データ受信アンテナ

毎年13cmも沈下しており、ほとんどの家は崩れている状態です。またジャカルタ北部の埋立地では海岸線が1年間に35mも移動していることがSARで観測されているという深刻な現実があるのです。

■ CP-SARの可能性にはいろいろな期待が
かりそうですね。わが国での取り組みはど
うなっているのでしょうか。

ヨサファット 残念ながら日本でSARシステムを作っている会社は少ないですし、大学で研究しているところも多くはありません。実際に自分で設計して市販の物を使い、工夫して世界レベルの研究にもっていかようとする研究者があまりいないのが現状だと思います。むろん大学の予算が限られていることも事実なのですが、それならもっと積極的に世界中の宇宙局と共同開発するとか、そこで作られた物をどんどん使ってもらえればと願っています。

ですから、まずはアイデア勝負ですね。予算が無くても何とかするという気持ちでやっていきたいと思っています。

■ どうもありがとうございました。

ワンポイントMEMO

【合成開口レーダ】

合成開口レーダ (Synthetic Aperture Radar) は全天候型センサで、昼夜を問わず運用できる多目的センサである。SARはレーダの一種であり、航空機や人工衛星に搭載し地球軌道上を移動することによって仮想的に大きな開口面 (アンテナ面) をもつレーダ。通常のレーダはマイクロ波などの電波を目標に照射し、反射信号を受信して分析する。しかしマイクロ波は、光波に比べて波長が長いので雨粒や雲の影響を受けにくい反面、光学レンズよりも分解能が低いのが欠点だった。分解能を高めるにはアンテナ面を大きくすればよいが、それには限界がある。SARはアンテナを空間移動することによって、軌道上に仮想的なアンテナをいくつも並べたことになるため、開口面 (アンテナ) を合成したレーダが実現したといつてよい。