# ミリ波帯を使用した滑走路監視用 レーダーシステムの概要と国際標準化活動

株式会社日立国際電気 エンタープライズソリューション部 主任技師

しばがき のぶひこ **柴垣 信彦** 



# 1. はじめに

ミリ波帯を利用した新しい電波システムの実現を目指し て、日立国際電気では「リニアセルレーダーシステムTM | の 開発を推進している。2012年から4年間の総務省委託研究 「90GHz帯リニアセルによる高精度イメージング技術の研究 開発」で基本性能を確認した滑走路異物検知リニアセル レーダーシステムは、委託研究の最終年度に成田空港B滑 走路に4基のアンテナ装置と中央制御装置からなる実証シ ステムを構築して終了した。関係機関の協力のもと、委託 研究終了後も実証システムは維持され、実証試験システム の運用実績を重ねている。また、システムの更なる高度化 を目的に2017年度からはリニアセルレーダーシステム第二期 の委託研究である「90GHz帯協調制御型リニアセルレー ダーシステムの研究開発 | を受託中である。さらに、この 委託研究と並行して第一期「90GHz帯リニアセルによる高 精度イメージング技術の研究開発 | の成果を海外展開する ための「リニアセルレーダーシステムの海外展開を通じた周 波数の国際協調利用促進に関する調査の請負」も推進中 である。本稿ではシステムの概要を紹介した後に、ITU-R を中心に行っている国際標準化活動に関して報告する。

# 2. システムの概要

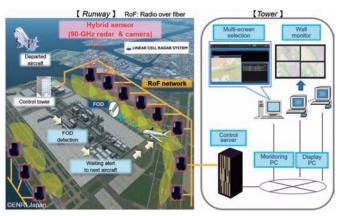
International Air Transport Association (IATA)の予測によれば、空の旅客数は2015年実績の40億人から年率3.6%で増加し2036年には78億人に達すると予測されてい

る。これに伴い航空機の離発着数も増加し、滑走路を単位時間当たりに離着陸する航空機の数は増加傾向にある。一方、2000年にフランスのシャルル・ド・ゴール空港で超音速旅客機「コンコルド」が離陸直後に墜落した。事故原因調査の結果、先行機の機体から落脱した長さ42cm幅3cmのチタン片が、離陸時に巻き上げられて燃料タンクに穴を空けた事が墜落原因であることが判明している。シャルル・ド・ゴール空港のコンコルド墜落事故以来、滑走路上の迅速な異物検知が空港運用側の重要な課題となっている。

滑走路のスループットを、安全性を担保したうえで上げることは世界各国の空港運用者にとって喫緊の課題となっている。国内でも成田空港・羽田空港などでは数分に1回の離着陸が行われており、電子的な手段で滑走路の安全性を見守るシステムの実用化が待たれている。

Federal Aviation Administration (FAA) のレポートによれば、滑走路上の異物Foreign of Debris (FOD) の除去に関連する直接費用は全世界で年間1200億円、飛行機が遅延する分の損害や、待機時の航空燃料代の損失など間接費用を含む総額は年間1兆3000億円と見積もられている。

このような経済的要請のもと、滑走路上のFODを電子的に検知するシステムの需要が高まっており、70GHz帯のレーダーシステムや、高精度の光学カメラを利用・併用した滑走路用FOD検知システムの開発例が報告されている。またミリ波レーダーとRoF技術を組み合わせた先行研究も近年、活発に研究成果が報告されている。我々は図1に示す



■図1. システムの応用イメージ (滑走路監視)



ような構成のRoF技術を利用したFOD検知システムを成田 空港のB滑走路及びクアラルンプール空港第2滑走路に構 築し実証実験を実施中である。

# 3. システムの構成

システム基本仕様は、

- ・滑走路のFOD検知に関するFAA Advisory Circular
- ・滑走路周辺に機器を設置する際の航空法に基づく各 種の制限事項
- ・実証フィールドの諸条件

等を参考に決定した。実証システムの基本仕様を表に、システム系統図を図2に示す。

中央局 (Control Unit) では30GHz帯3GHz幅のチャープ信号を生成した後、光変調器と光増幅器を介して空港の既存光ネットワークに接続しアンテナ局 (Antenna Unit)に伝送する構成である。アンテナ局ではPhoto Detector (PD) で電気信号に変換した後、3逓倍・増幅しアンテナに給電、反射波は増幅後、送信波と混合しAD変換の後、

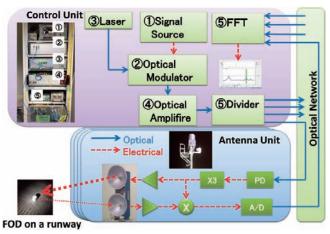
中央局まで光ファイバー経由で伝送されFFT処理され各種の信号処理の後、端末にレーダー情報として表示される構成となっている。中央局とアンテナ局間の信号は、既存の光ファイバー網の一部を利用できるため、本システムのために空港内のファイバー網を新規に敷設する必要はない。このRoF接続型による中央局集中型の特徴は、システムのscalabilityを実現すると同時に、既設の滑走路にも比較的容易に導入ができるメリットをもたらしている。

# 4. ITU-Rにおける国際標準化活動

リニアセルレーダーシステムが利用を予定している周波数帯域 (92-100GHz) は国際的に無線標定業務 (Radio Location Service:92-100GHz) 及び無線航行業務 (Radio Navigation Service:95-100GHz) が割り当てられている。さらに、この帯域は移動通信業務、固定通信業務、地球探査衛星業務及び電波天文業務にも割り当てられているため、リニアセルレーダーシステムを海外展開するうえでは、他業務との周波数共用特性を明確化する必要がある。このため、2017年の5月

	Antenna Unit	Control Unit
Output Frequency	92-100GHz	30.3-33.3GHz
Output Power	200mW	10mW
Sweep Frequency	1250Hz	
I/F(Antenna)	WR-10	N/A
Antenna Type & FWHM	Offset Parabola Elevation :1.0° Azimuth :1.0°	N/A
Antenna Rotation Speed	15rpm	N/A
Detection Range/RCS	500m/-20dBsm	
Range Resolution	5cm	

■表. レーダーシステムの基本仕様



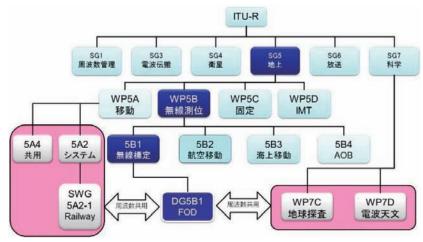
■図2. 基本システム系統図

より、ITU-R WP5Bでリニアセルレーダーシステムの国際標準化活動にも取り組んでいる。リニアセルレーダーシステムの調達は、各国の空港あるいは政府機関からの国際調達となる。国際調達では世界貿易機構(World Trade Organization:WTO)の定める国際調達基準を満たす必要がある。更にWTO基準では国際標準化に沿ったシステムであることが求められる。このため、製品システムの国際標準化活動は、国際調達に応募する際の重要な基本条件となる。さらに、ASEAN諸国では各国独自の電波法制が定められることは稀で、多くの場合、無線分野ではITU-Rで定められた諸規則を、そのまま国内基準として転用することが多い。このため、リニアセルレーダーシステムに沿った国際標準化を進めることで、どの国に輸出する場合でも、基本的な法整備は完了した状態となるため、各国に個別の法制化を進める必要がなくなる。

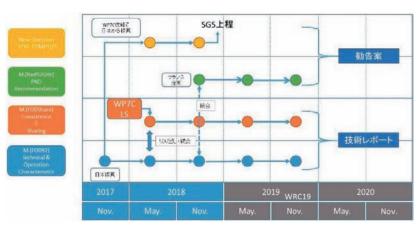
図3はITU-R全体の会議体構成を示す系統図である。 地上業務を統括するSG5のもとに、海上移動業務、航空移 動業務及び無線測位業務を統括するWP5B、更にその下に 無線標定業務を統括するWP5BIが常設の会議体として全体が構成されている。リニアセルレーダーシステムに関する寄書は国内委員会で審査・承認を受けたうえで、総務省がWP5Bに提出する。初回の現地会合でリニアセルレーダーシステムの寄書を審議するためのDrafting Group (DG)を設置して実務的な議論をする旨がWP5BI議長によって提案・承認され日立国際電気がDG-5BIFODの議長を務めることになった。

DG-5B1FODではFODに関する各国からの寄書の審議を行うほか、図に示すように同一帯域を使用している他業務であるWP7C(地球探査衛星)、WP7D(電波天文)及びWP5A(移動)傘下の5A2(システム)、5A4(周波数共用)からのリエゾン文書を適切に処理しつつ周波数共用のための文書作成を行っている。

図4は、DG-5B1FODが2017年の5月会合以来審議してきた寄書を時系列でまとめたものである。2018年の11月会合時点で4本の文書を取り扱っている。4本の文書は



■図3. 会議体系



■図4. 提案文書の関連図

- ①Working document towards a preliminary draft new Report ITU-R M. [FOD 92-100 GHz]
- ②Working document towards a preliminary draft new Report ITU-R M. [FOD\_EESS\_SHARE]
- ③Working document towards a preliminary draft new Recommendation ITU R M. [RAD-92-100GHz]
- ④ New Question [FOD\_COMPT] /5 でFOD関係の新研究課題を提案する④以外は次回会合に引き継がれて(以降CarryForward) 2019年5月会合は終了している。

①のM. [FOD 92-100GHz] は2017年5月会合で最初に提案した文書であり、「90GHz帯リニアセルによる高精度イメージング技術の研究開発」で構築した成田空港の実証実験の内容や、開発したリニアセルレーダーの基本特性をまとめている。ITU-Rでは新しいアプリケーションの「Technical & Operation Characteristics Report」が提出されると、同一周波数帯域を使用した他業務(例えば電波天文や地球探査衛星)を扱うグループからリエゾン文書が上位会合を経由して提出される。提出されたリエゾン文書に対する応答をDG-5B1FODで審議し、上位会合であるWP5B1、WP5Bに提案・承認を受けたうえでリエゾン文書の発信元にリエゾン応答文書を返す形で周波数共用の実務が始まっていく。

②のM. [FOD\_EESS\_SHARE] は上述のような手順でWP7C (地球探査衛星)のグループとのリエゾン文書の交換から派生した文書である。具体的にはWP7Cから求められた周波数共用検討に必要なアンテナ放射特性や送信電力を元にWP7C側から提案された共用検討の寄書と①のM. [FOD92]の該当部分を結合して現地会合期間中に作成した文書が基本となっている。2018年5月会合で起案した文書を2018年11月会合で審議したうえで次回会合にCarry Forwardしている。

③は2018年11月会合でフランスが提出した94-100GHz帯の 気象レーダーに関する寄与文書を基にしている。DG-5B1FOD での審議の結果、気象レーダーとFODレーダーを統合して範 囲の広い勧告草案として進めていくことに合意した。フランス提 案に日本提案①のM.[FOD 92-100GHz]からFODレーダー の基本パラメータを追加した文書を現地で作成したうえDG-5B1FODで審議し次回会合にCarry Forwardしている。

④は2017年5月会合で最初に①のM.[FOD 92-100GHz]を提案した際に米国より、新たな周波数での研究課題がある方が共用検討作業を進められやすいとの提案があった。ITU-Rでの新研究課題は勧告草案と同じ重みを持つ文書な

ので、総務省とも相談のうえ2018年5月会合で提案した。 2018年5月会合で審議した新研究課題は2018年11月会合で 上位会合であるWP5B1、WP5Bに提案・承認され、更に上 位のSG5での承認を受けて、各国の主管庁に対しての承認 処理が終了次第、ITU-Rの正式文書として発行される。

以上、リニアセルレーダーシステムに関するITU-Rでの活動を紹介した。DG-5B1FODにはFODレーダーに関心のある米国のNASA、商務省、ボーイング、フランスの主管庁、気象局、ドイツのマックス・プランク研究所、カナダ、中国、韓国などの主管庁から毎回約20名のエキスパートが参加している。ITU-R会合全体としてはSG5傘下のWP5A、5B、5C、5Dの各国代表団400名程度がジュネーブのITU-R本部に集まり2週間の会期中活発な議論が行われる。

# 5. まとめと今後の展開

ミリ波帯を利用した新しい電波システムの実現を目指した「リニアセルレーダーシステム™」の開発及び国際標準化(主にITU-R)の状況を概説した。成田空港及びマレーシアのクアラルンプール空港での実証システム構築に関する取組みの中からITU-Rへの寄書を入力している。現在までに1件の新規研究課題が承認され、引き続き1件の勧告文書と2件の技術文書の取りまとめを推進中である。今後は国内の国土交通省航空局、マレーシア民間航空局などと連携を深めICAOなどでの国際標準化活動も推進していく予定である。またマレーシア以外の第三国に対しても総務省イベントを契機とした人脈形成を進め国際標準化及び実用化のための人脈形成を進めていきたい。引き続き、総務省や関連する共同研究機関と協力し、空の安全を高めるためのシステム実用化に向けて推進していく。

#### 謝辞

本研究の一部は、総務省の「リニアセルレーダーシステムの海外展開を通じた周波数の国際協調利用促進に関する調査の請負」事業及び総務省委託研究「電波資源拡大のための研究開発」のうち「90GHz帯協調制御型リニアセルレーダーシステムの研究開発」、「90GHz帯リニアセルによる高精度イメージング技術の研究開発」の一環として実施された。国内の共同研究機関及びマレーシア工科大学、マレーシア空港ホールディング、マレーシア空港セパン及びiSmartUrusの関係者には日頃からの活発な議論と、現場での様々な場面での協力に感謝する。

(2019年5月27日 ITU-R研究会より)