

# ENRI 2023

ELECTRONIC NAVIGATION  
RESEARCH INSTITUTE

2023 要覽



国立研究開発法人  
海上・港湾・航空技術研究所  
電子航法研究所

電子航法研究所と研究員は共に、  
*ENRI and its Research Staffs Jointly committed to*

---

- 航空躍進の礎を担う —  
— *Play a cornerstone role in the development of the aviation industry* —
- 航空交通の安全性・効率性向上、  
地球環境保全に貢献する —  
— *Contribute to improvements in the safety and efficiency of  
air traffic and the preservation of the global environment* —
- 世界に通じる中核的研究機関を目指す —  
— *Aim at becoming an international core research organization* —

目次 Contents

はじめに/組織 ..... 1 <b>Introduction/Organizations</b>	航空交通を支える基盤技術の開発 ..... 19 <b>Fundamental Technology Development for ATM/CNS</b>
沿革 ..... 2 <b>History</b>	萌芽的研究 ..... 23 <b>Exploratory Research</b>
電子航法研究所の研究長期ビジョン ..... 3 <b>ENRI's R&amp;D Long-term Vision</b>	研究開発の促進 ..... 24 <b>Promotion of ATM/CNS Research</b>
電子航法研究所における 重点研究開発分野について ..... 4 <b>Major ENRI Research Areas</b>	主要施設 ..... 25 <b>Main Facilities</b>
航空交通の安全性及び信頼性の向上 ..... 5 <b>Improved Air Traffic Safety and Reliability</b>	成果の普及 ..... 27 <b>Dissemination of Research Results</b>
航空管制の高度化と環境負荷の低減 ..... 8 <b>Enhancement ATM and Environmental Impact Reduction</b>	研究所案内 ..... 28 <b>ENRI Locations</b>
空港における運用の高度化 ..... 14 <b>Advanced Airport Operations</b>	



# はじめに

## Introduction

電子航法研究所は昭和42年に設立し、平成13年に独立行政法人電子航法研究所となり、平成28年4月より海上技術安全研究所及び港湾空港技術研究所と統合して、国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所の一部になりました。

電子航法研究所は航空交通管理（ATM）とそれを支える通信、航法、監視（CNS）技術などからなる航空交通システムに関するわが国唯一の研究機関であり、航空交通の安全性及び信頼性の向上、環境負荷の低減などを目指して研究開発を行っています。

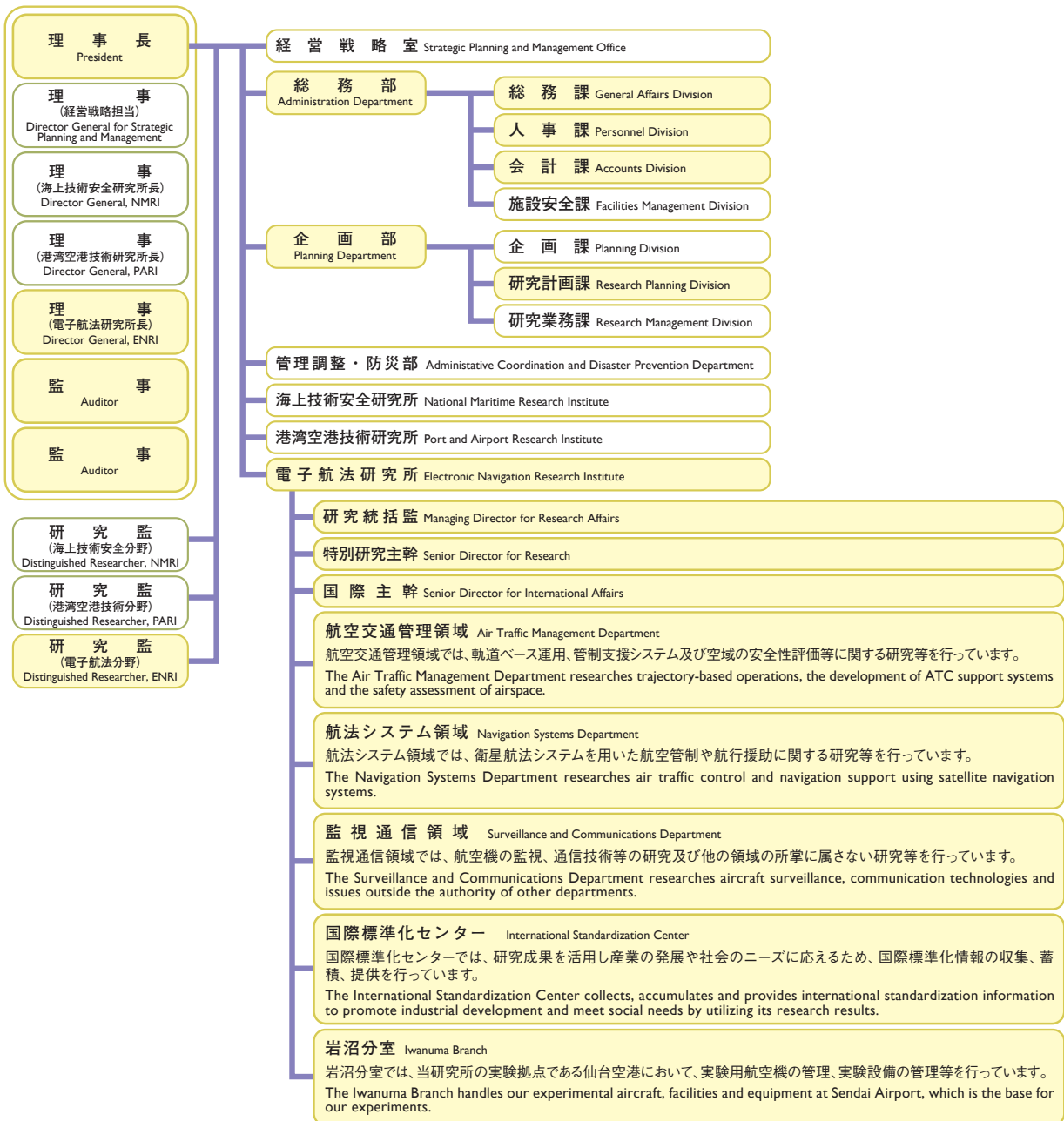
The Electronic Navigation Research Institute (ENRI) was established in 1967, became an independent administrative institution in 2001 and was integrated with the National Maritime Research Institute (NMRI) and the Port and Airport Research Institute (PARI) in April 2016.

ENRI is the only institute in Japan specializing in air traffic systems (comprising Air Traffic Management (ATM) and Communication, Navigation and Surveillance (CNS) systems) and is now engaging in research and development to improve air traffic safety, efficiency and environmental preservation.



# 組織

## Organizations





昭和36年4月	運輸技術研究所航空部に電子航法研究室設置。	April 1961	The Electronic Navigation Section was organized in the Transport Technology Research Institute.
昭和38年4月	運輸技術研究所に改組、船舶技術研究所電子航法部設置。	April 1963	The Transport Technology Research Institute was reorganized and the Electronic Navigation Division of the Ship Research Institute was organized.
昭和42年7月10日	電子航法研究所設立。総務課、企画調査室、電子航法部、衛星航法部を設置。	10 July 1967	The Electronic Navigation Research Institute (ENRI) was established, comprising the General Affairs Division, the Planning and Program Office, the Electronic Navigation Division and the Satellite Navigation Division.
昭和45年4月	電子航法部を廃止、電子航法開発部と電子航法評価部を設置。	April 1970	The Electronic Navigation Division was divided into the Development Division and the Evaluation Division.
昭和47年5月	企画調査室を廃止、研究企画官を設置。	May 1972	The Planning and Program Office was abolished and the Deputy Director-General was established.
昭和51年10月	岩沼市に岩沼分室を設置。	October 1976	The Iwanuma Branch was organized in Iwanuma City.
昭和53年10月	航空施設部を設置。	October 1978	The Aeronautical Facilities Division was organized.
平成13年1月	中央省庁等改革により、国土交通省電子航法研究所設置。	January 2001	ENRI, Ministry of Transport was renamed ENRI, Ministry of Land, Infrastructure and Transport as central government ministries were reorganized.
平成13年4月	独立行政法人電子航法研究所設立。総務課に企画室を設置。	April 2001	The Electronic Navigation Research Institute, Independent Administrative Institution was established. The Planning Office was established in the General Affairs Division.
平成14年4月	航空施設部、電子航法評価部、衛星航法部を航空システム部、管制システム部、衛星技術部に名称変更。研究室を廃止し、研究グループを編成。	April 2002	The Aeronautical Facilities Division, the Evaluation Division and the Satellite Navigation Division were renamed as the Aeronautical Systems Division, the Traffic Management Systems Division and the Satellite Technology Division, respectively. Research groups were reorganized from research sections (laboratories).
平成16年3月	高精度測位補正技術開発研究プロジェクトチーム及び先進型地上走行誘導管制システム開発プロジェクトチームを設置。	March 2004	Project Teams for the High-Accuracy Satellite positioning System and Advanced-Surface Movement Guidance and Control System were organized.
平成17年3月	関東空域再編関連研究プロジェクトチームを設置。	March 2005	The Project Team for Kanto Airspace Redesign was organized.
平成18年4月	研究企画統括を設置。企画室を廃止し、企画課を設置。4研究部制を廃止し、3領域制(航空交通管理領域、通信・航法・監視領域、機上等技術領域)を導入。	April 2006	The Director of Research Planning and Management was established. The Planning Office was abolished and the Planning Division was established in its place. Four Research Divisions were reorganized into three Research Departments: ATM, CNS and Airborne Systems.
平成19年1月	関東空域再編関連研究プロジェクトチームを廃止。	January 2007	The Project Team for Kanto Airspace Redesign was abolished.
平成19年4月	航空機安全運航支援技術研究プロジェクトチームを設置。	April 2007	The Project Team for Research into Flight Safety Assistance Technology was organized.
平成21年6月	先進型地上走行誘導管制システム開発プロジェクトチームを廃止。	June 2009	The Project Team for Advanced-Surface Movement Guidance and Control System was abolished.
平成23年3月	高精度測位補正技術開発研究プロジェクトチーム及び航空機安全運航支援技術研究プロジェクトチームを廃止。	March 2011	The Project Team for the High-Accuracy Satellite Positioning System and the Project Team for Research on Flight Safety Assistance Technology were abolished.
平成24年4月	通信・航法・監視領域、機上等技術領域を廃止し、航法システム領域、監視通信領域を設置。	April 2012	The Communication, Navigation and Surveillance Department and the Airborne System Technology Department were reorganized into the Navigation Systems Department and the Surveillance and Communications Department.
平成27年4月	国立研究開発法人へ移行。	April 2015	The National Research and Development Agency was organized.
平成28年4月	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所電子航法研究所として発足。	April 2016	The National Institute of Maritime, Port and Aviation Technology Electronic Navigation Research Institute was organized.
平成29年7月	電子航法研究所 設立50周年をむかえる。	July 2017	The Electronic Navigation Research Institute celebrated its 50th anniversary.
令和元年12月	国際標準化センター 設立。	December 2019	The International Standardization Center was established.



# 電子航法研究所の研究長期ビジョン

## ENRI's R&D Long-term Vision

航空交通の安全と地球環境の保全を行いつつ今後の交通量増大に応えるために、国際民間航空機関は世界的 ATM (航空交通管理) 運用概念を策定しました。電子航法研究所ではこの運用概念の実現に向けて平成 20 年に研究長期ビジョンを作成し、それに基づいた新規研究の立案、必要な研究・開発の実施、成果の世界への発信を進めています。

この研究長期ビジョンは社会状況の変化や新たに開発・導入された技術等に対応して見直す必要があります。そこで、電子航法研究所は CARATS\* や GANP\*\* など他の航空関係の長期ビジョンとの調和も考慮しつつ定期的に見直しを進めており、その最新版を令和元年に公表しました。

将来においては、航空機の飛行軌道を予め調整、決定した上で、当該軌道上を定められた時間どおりに飛行する軌道ベース運用 (TBO: Trajectory Based Operations) が実現し、また、従前の航空機に加えて、今後増加が予想される性能や目的の異なる様々な機体の多様性に対応できる柔軟な航空交通管理が必要となります。

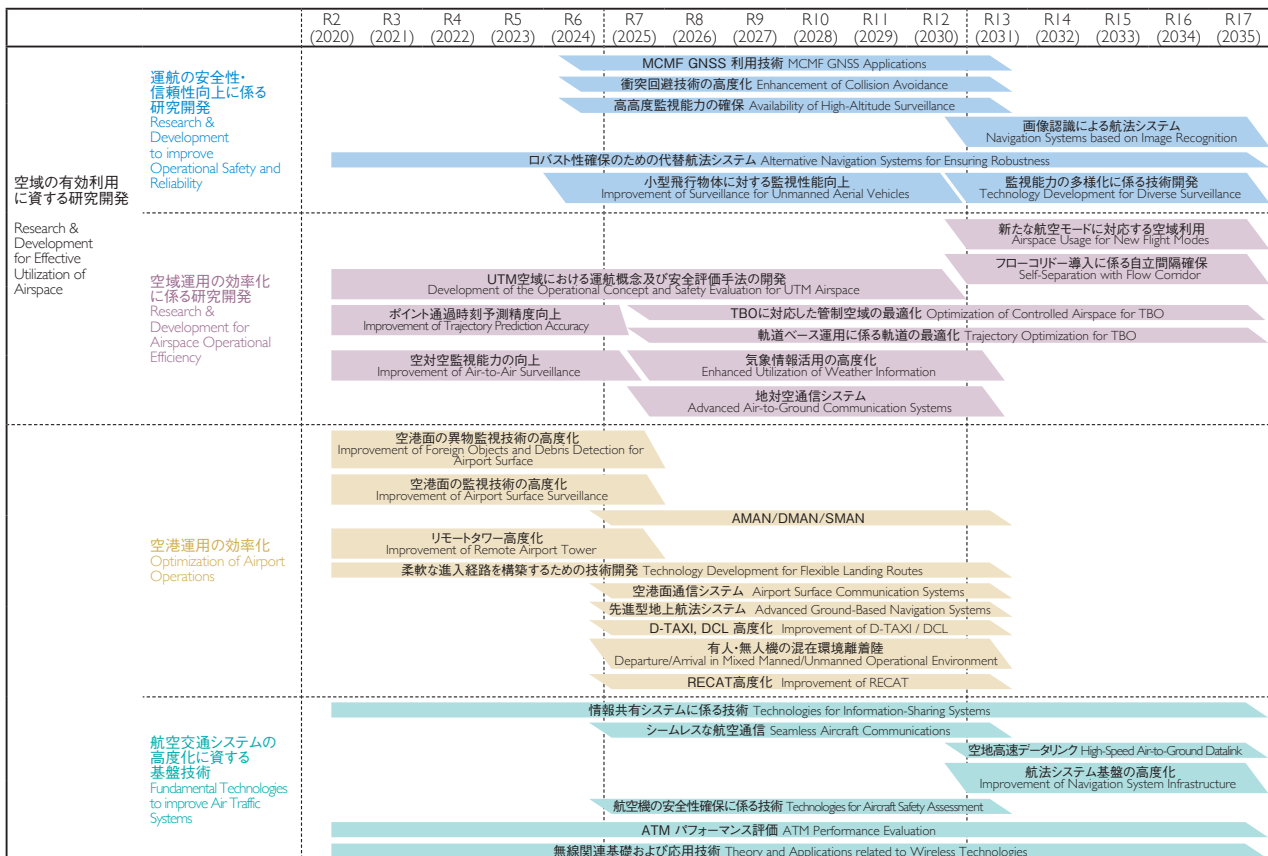
今回の改訂版では、「空域の有効利用 (運航の安全性・信頼性向上)」、「空域の有効利用 (空域運用の効率化)」、「空港運用の効率化」、「航空交通システムの高度化に資する基盤技術」と大きく 4 つのカテゴリーに分類し、研究開発を推し進めるべきであると思慮される技術を軸にロードマップをまとめました。電子航法研究所は、このビジョンに基づき長期的な視点に立って、研究・開発に取り組んで参ります。

The global ATM operational concept was established by ICAO to realize safe, sustainable and environmentally friendly air traffic operations while accommodating an increased traffic volume. ENRI announced its long-term research vision and has been engaging in research, as well as developing and disseminating the achievements worldwide to realize the Global ATM Operational Concept (GATMOC).

The long-term research vision needs to be reviewed in response to changes in the social environment and the introduction of newly developed technologies. Accordingly, ENRI regularly reviews its long-term research vision, considering harmony with other long-term visions for air traffic systems such as CARATS\* and GANP\*\* and published the latest version in 2019.

In future, Trajectory-Based Operations (TBO) will be realized, in which the aircraft trajectory is adjusted and determined in advance and the aircraft will fly along the trajectory at a specified time. Flexible air traffic management is essential to cope with the expected increase of various types of aircraft with differing performances and purposes.

The new research vision explains our research topics for the coming decades as a roadmap in which the topics are broadly categorized into four research areas: "Effective use of airspace by improving operational safety and reliability", "Effective use of airspace by airspace operational efficiency", "Optimization of airport operations" and "Fundamental technologies to improve air traffic systems", which focuses on enhancing research potential and contributing to society on an ongoing and long-term basis. ENRI will conduct its research and development activities based on this long-term vision.



電子航法研究所研究長期ビジョンのロードマップ Research and Development Roadmap of ENRI R&D Long-term Vision

CARATS\*: Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems: 国土交通省航空局で進めている将来の航空交通システムのあり方に関する検討会でまとめられた長期ビジョン  
GANP\*\*: Global Air Navigation Plan: 国際民間航空機関 (ICAO: International Civil Aviation Organization) が中心になってまとめられた長期的な世界航空航法計画  
最新の研究長期ビジョンは、改訂版ロードマップとともにホームページに掲載されています。



令和5年度より開始した国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所第2期中長期目標期間（7年）において電子航法研究所では、国土交通省が推進する政策における技術的課題への対応や航空保安業務への支援のため、航空交通の安全性及び信頼性の向上、航空管制の高度化、環境負荷の低減、空港における運用の高度化並びに航空交通を支える基盤技術の開発に取り組むこととしています。具体的には、「①航空交通の安全性及び信頼性の向上」「②航空管制の高度化と環境負荷の低減」「③空港における運用の高度化」「④航空交通を支える基盤技術の開発」の4つの分野の研究に重点的に取り組んでいます。

Electronic Navigation Research Institute (ENRI) is committed to improving the safety and reliability of air traffic, enhancing air traffic control, reducing environmental impact, enhancing airport operations, and developing fundamental technologies to support ATC operations in order to respond to technical issues in the policies promoted by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism and to support air traffic service operation for the second-year mid-term goals (FY2023-FY2029) of the National Institute of Maritime, Port and Aviation Technology (MPAT).

Accordingly, ENRI is intensively conducting the following R&D projects:

- (1) Improved Air Traffic Safety and Reliability,
- (2) Enhancement ATM and Environmental Impact Reduction,
- (3) Advanced Airport Operations and
- (4) Fundamental Technology Development for ATM/CNS.



空港や航空路の交通容量を拡大していくため、航空機運航を支援する衛星・地上施設の高度化により交通量に適應した高い安全性の実現や、施設の障害等に備えて信頼性向上を図るための研究を進めます。

Safer and more reliable air traffic services are imperative to enhance airspace and airport capacity. As part of efforts to establish safer and more reliable services, scope to improve the satellite/ground-based facilities that accommodate increased traffic volume and countermeasures to address system failure of the facilities are being studied.



### 次世代 GNSS に対応した航法システムの性能向上に関する研究

#### Navigation Systems that Take Advantage of a Next-Generation GNSS Environment

航空機の航法においては、近年は全地球航法衛星システム (Global Navigation Satellite System : GNSS) の利用が進んでいます。現在のところ航空機に搭載できる GNSS 受信機は米国の GPS しか対応していませんが、ロシアの GLONASS や欧州の Galileo など複数の GNSS の利用による航法の性能向上が期待されています。航空機が GNSS を航法に使用するためには SBAS あるいは GBAS といった補強システムを併用する必要があり、複数の GNSS を利用するには、補強システムもまた複数の GNSS に対応しなければなりません。

一方、300 ~ 400km 上空にある電離圏の活動が活発になると GNSS の性能が低下することが課題となっています。この対策としては宇宙天気情報の活用が考えられ、電離圏の活動に関する予報を利用できれば性能の低下を抑えられます。また、複数 GNSS への対応と同時に複数周波数の航法信号を使用することでも、電離圏の影響を大きく低減できます。

GNSS は無線信号を使用することから、妨害波や偽信号による攻撃の可能性が指摘されています。航法システムの安全性のため、セキュリティ対策を施す必要があります。

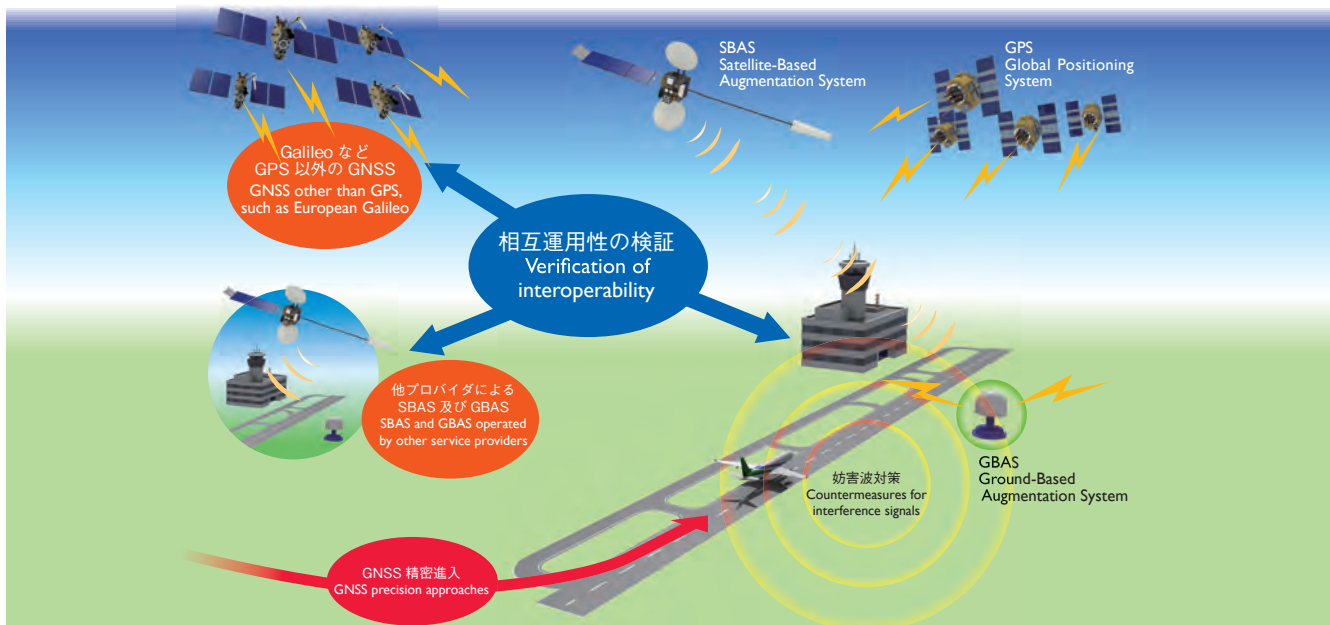
本研究では、次世代 GNSS 環境に対応した二周波数・複数システム (DFMC) 対応航法システムの開発を行うとともに、電離圏の特性の把握やセキュリティ対策により航法システムの性能及び安全性を改善し、いつでもどこでも利用できるようにするための技術開発を行っています。

The Global Navigation Satellite System (GNSS) has recently been used widely for air navigation. The performance of onboard GNSS receivers will be improved by leveraging a next-generation GNSS environment with other GNSSs, such as the Russian GLONASS or the European Galileo systems, in addition US GPS. To utilize GNSS, there is a need to apply an augmentation system, either SBAS or GBAS, which must be upgraded for the multiple GNSS environment.

GNSSs are known to be significantly affected by the ionosphere, which is a plasma layer 300 to 400 km above ground. To mitigate its impact, we are examining how space weather information, for example the ionospheric activity forecast, can be used as a countermeasure against the active ionosphere. Ionospheric effects can also be further reduced by using dual-frequency transmission and multiple GNSSs.

It has been pointed out that GNSS is somewhat prone to jamming and spoofing attacks because it uses radio signals. For safe navigation, security measures applicable to GNSS must be developed.

In this research, we will develop dual-frequency multi-constellation (DFMC) navigation systems to take advantage of the next-generation GNSS environment and seek performance improvements by investigating local ionospheric conditions over Japan and GNSS security measures.





## 全飛行フェーズでの RNP 化に向けた衛星航法のバックアップ (APNT) 構築 Construction of Satellite Navigation Backup (APNT) for RNP Deployment throughout All Flight Phases

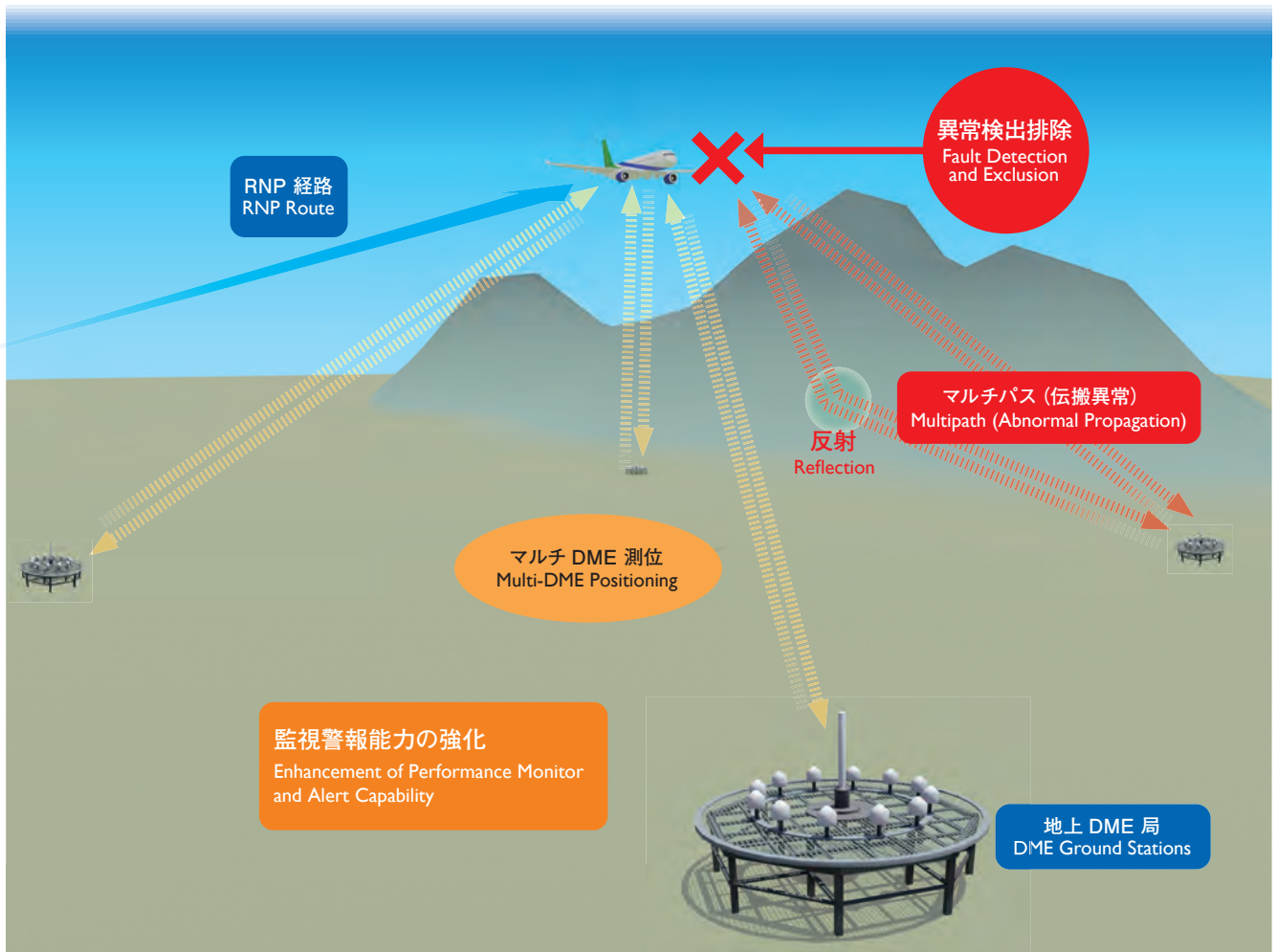
効率的な航空機の運航のため航空路・空港周辺ターミナル空域を含めたすべての飛行フェーズにおいて RNP 経路の導入が進められています。RNP 経路では監視レーダに頼らず、航空機上で自律的に経路を飛行する能力が求められます。これまでは、監視警報能力を持つ GNSS 装置のみが RNP 経路の航法装置として使用されてきました。しかし、GNSS には脆弱性に関する様々な問題があり、長期間使用できないことがあります。このため RNP 経路導入にあたって GNSS のバックアップ航法を構築しておく必要があります。

本研究では、レーダ監視と共に使用する必要がある DME 測位に着目し、DME 地上設備の監視警報能力を強化して RNP 経路の GNSS バックアップとする研究を進めています。さらには、国内に数多く設置されている DME 地上設備を複数利用したマルチ DME による高精度測位の実現やマルチパス等の影響で異常となる DME 局を検出・排除する FDE (Fault Detection and Exclusion) によって監視警報能力を新たに DME 測位に付加する研究を行っています。

RNP routes are being introduced in all flight phases, including enroutes and terminal airspaces around airports, to further streamline aircraft operation. On such routes, there is a need for onboard navigation equipment to detect any route deviations autonomously without relying on surveillance radar. Only GNSS equipment with performance monitors and alert capability has been used to navigate RNP routes. However, a GNSS backup must be constructed to deploy the RNP routes, since GNSS is sometimes unavailable due to prolonged outages caused by vulnerability.

In this research, ENRI focuses on DME positioning, which requires surveillance radar monitoring for use in navigation. ENRI is researching the feasibility of adding a performance monitor and alert capability to the DME ground station and using it as a GNSS backup for RNP routes.

Research into high-accuracy navigation by multi-DME positioning using multiple DME ground stations is also underway, while scope to enhance the performance monitor and alert capability by FDE (Fault Detection and Exclusion, which excludes DME ground stations providing abnormal distances due to, e.g. multipath) is also being studied.







## 高機能空中線を活用した監視技術高度化の研究 Study on a Multi-Purpose Antenna for En-Route Surveillance

これまで、航空路における航空機監視を行うために二次監視レーダー（SSR\*1）が主に用いられてきました。現在、監視性能の向上に向けて、広域マルチラテレーション（WAM\*2）の整備が進められているほか、ADS-B\*3の導入が検討されています。これらセンサーからの情報を統合して利用することで、各センサーの長所を取り入れた監視機能を実現することが可能になります。

本研究では、このようなマルチセンサー型の監視システムをさらに効果的に実現するために、高機能空中線に関する研究開発を行っています。高機能空中線は電子走査型とすることで、各センサーに求められる送受信要件に対応します。また、周囲の受信局と連携することで、多様な監視機能を提供します。これにより、効率化と高性能化を実現することを目指します。

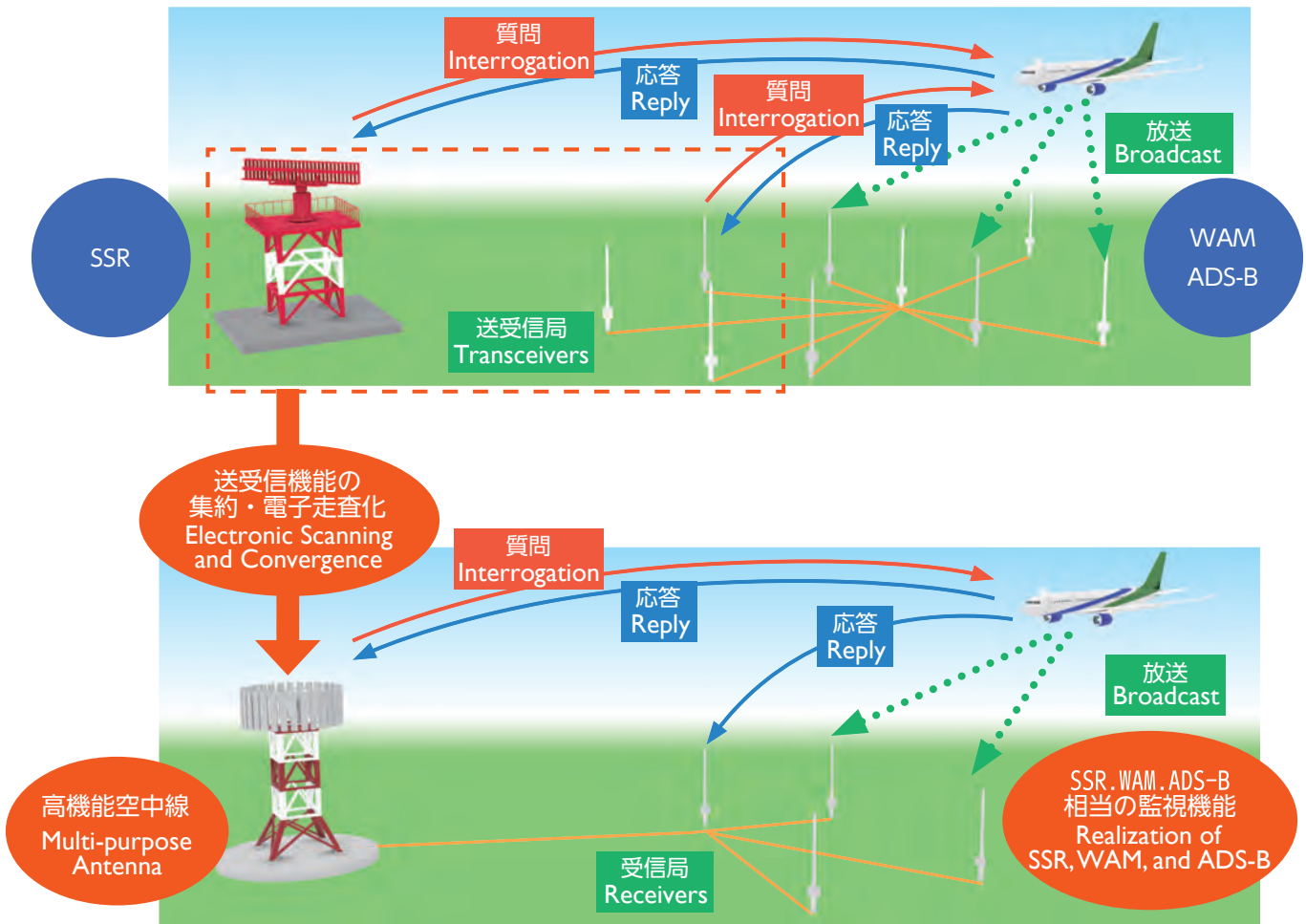
To date, SSRs\*1 have mainly been used for en-route surveillance. Recently, implementation of WAM\*2 and plans to introduce ADS-B\*3 have commenced to improve the en-route surveillance performance. Integrating the output of these sensors allows the advantages of each to be incorporated into the system.

With the further advancement of such multi-sensor surveillance system in mind, this research is working on a multi-purpose antenna. Employing electric scanning is expected to help ensure the multi-purpose antenna will meet the various transmission and reception requirements. It will also cooperate with other receiving stations to provide various surveillance functions, hence improved efficiency and performance are expected.

\*1 Secondary Surveillance Radar

\*2 Wide Area Multilateration

\*3 Automatic Dependent Surveillance-Broadcast





# 航空管制の高度化と環境負荷の低減

## Enhancement ATM and Environmental Impact Reduction

空域容量の拡大、環境負荷の低減や定時性の確保を目的とした航空管制の高度化、運航の堅牢性や今後の次世代航空モビリティ等の増加に対応する新たな空域の管理方法の開発、混雑空港における遅延低減のための技術開発を行います。

As part of efforts to enhance airspace capacity, improve the environment and punctuality, studies on advanced ATM for robust operations, management of new airspace tailored for increasing advanced air mobility and delay reduction at congested airports are underway.

航空管制の高度化と環境負荷の低減 / Enhancement ATM and Environmental Impact Reduction



### 国際交通流の円滑化

### International Air Traffic Flow Harmonization

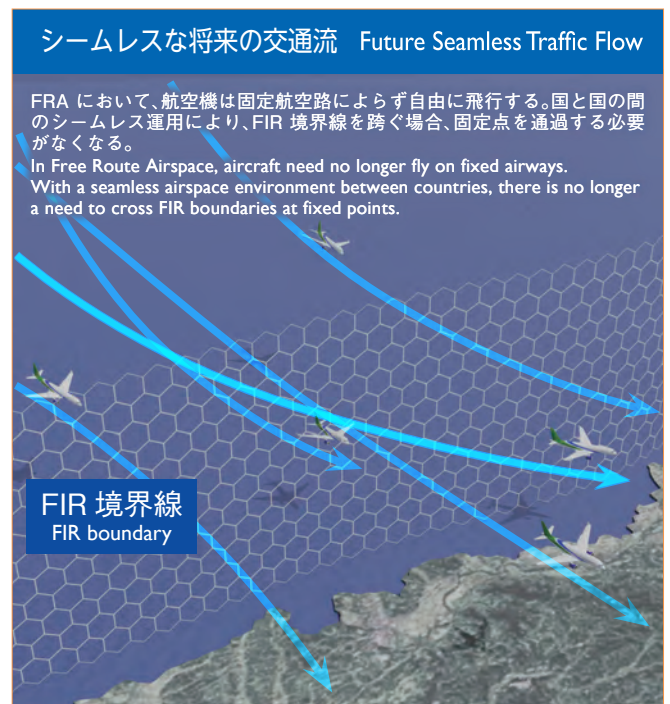
経済発展とともに、アジア地域内の航空交通量及びアジア～北米間の航空交通量の長期にわたる増加傾向が予測されています。この交通量の増加に対応するため、航空交通管理（Air Traffic Management：ATM）システムの効率化が必要とされています。アジア～北米間の大半の交通量は福岡飛行情報区（Flight Information Region:FIR）とその隣接の FIR を通過し、各 FIR は運航効率向上に努めていますが、FIR 毎に単独で行うと得られる便益には限界があります。

航空交通流の効率化のため、国際民間航空機関（International Civil Aviation Organization:ICAO）のアジア太平洋地域支部ではシームレスな運航環境の構築を計画し、円滑化された航空機の運航を目指しています。このビジョンの実現を推進するため、本研究では、福岡 FIR とその隣接している FIR 間の航空交通流円滑化を可能とする、航空機が自由に巡航可能なフリールート空域（Free Route Airspace:FRA）と国際航空交通流管理（Air Traffic Flow Management:ATFM）の概念を調査及び検討しています。

本研究の目的は国際交通流管理に適し、国の施策に組み込むことが可能な、空域構成及び FIR 間軌道管理の包括的な手法を提案するものです。

Air traffic within Asia and between Asia and North America is forecast to increase long term alongside economic growth, which will require improved air traffic management (ATM) system efficiency. Much of the traffic between Asia and North America traverses the Fukuoka Flight Information Region (FIR) and its adjacent FIRs and despite ATM improvements by each country, the achievable gains by improving each FIR alone remain limited.

The International Civil Aviation Organization's (ICAO) Asia-Pacific Region has therefore published a Seamless ANS Plan targeting harmonized air transport operations in the region. To help achieve this goal, we are investigating the concept of a Free Route Airspace (FRA) and Air Traffic Flow Management (ATFM) implementation that aims to streamline air traffic flows between Fukuoka FIR and its neighbors as far as possible. We are creating a model of FRA operations and will evaluate its benefits to aircraft operators as well as its potential impact on air traffic control operations. We are also investigating the information exchanges and mechanisms required for cross-boundary management of flights and traffic flows between Fukuoka FIR and its neighbors.





## 気象要因による運航制約条件を考慮した軌道調整に関する研究

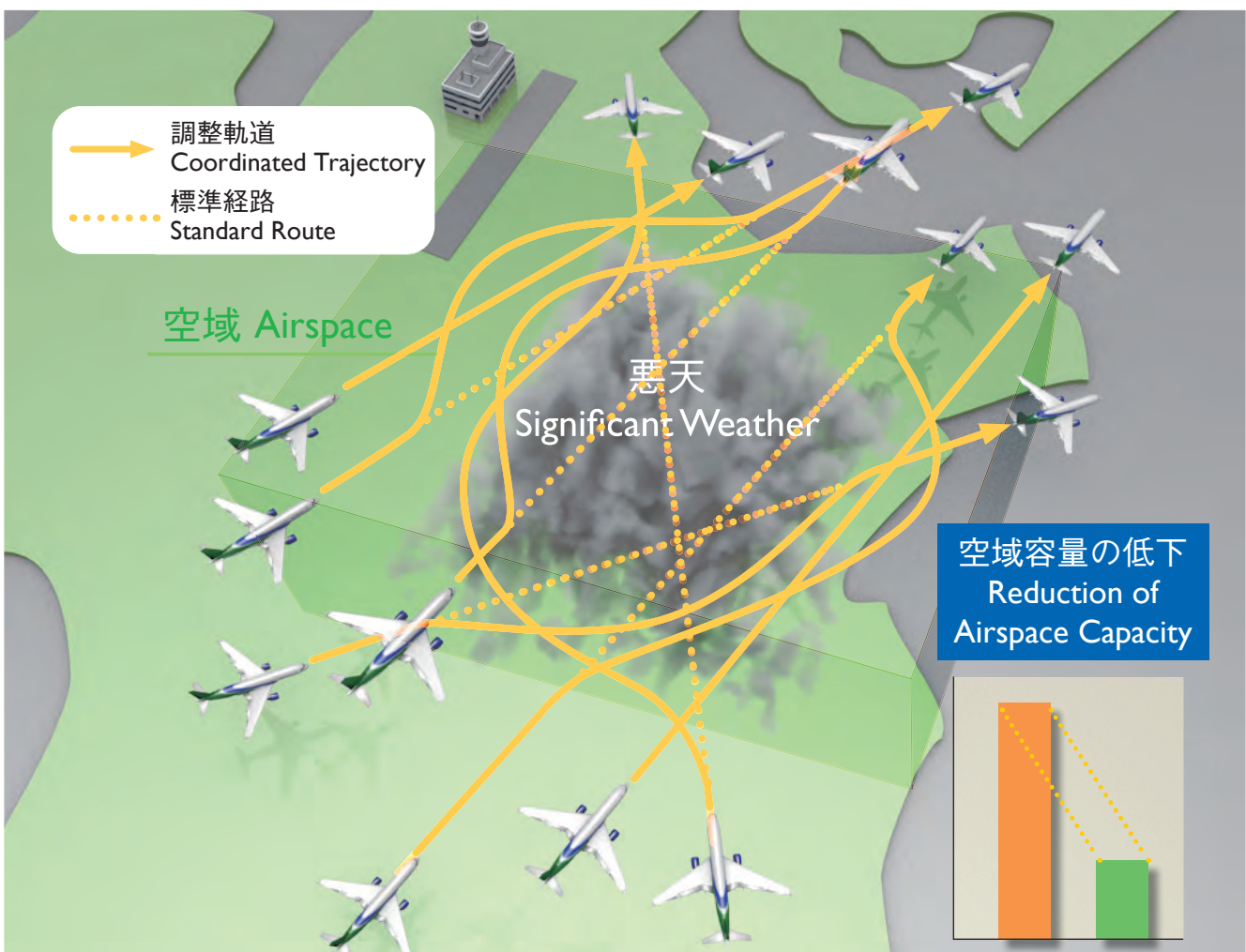
### Trajectory Management Under Operational Constraints Caused by Significant Weather Conditions

協調的な運航前の軌道調整を実現するにあたっては、全ての関係者による航空気象、航空機運航、航空交通管理等に関する高度な共通認識の下での意思決定が求められます。これを促進するために、高度な気象予報に基づく飛行経路の選択および交通流制御や容量設定の実施判断に資する研究開発が必要とされています。

本研究は、悪天による影響を可視化・定量化することで、航空機運航や航空交通流管理および空域容量管理の高度化を図り、よりよい運航前の協調的意思決定に資することを目的としています。具体的には、悪天回避のモデル化や悪天による空域容量の低下程度を導出します。また、悪天と航空機軌道、空域容量を可視化して表示するシステムを開発します。

To ensure cooperative trajectory management prior to departure, all stakeholders must make decisions based on a high-level common understanding of aviation weather, aircraft operation and air traffic management. Accordingly, research and development on selecting a preferred flight route is expected and suitable flow control and capacity settings must be conducted with knowledge of an advanced weather forecast.

This study aims to enhance flight operations, air traffic flow management and airspace capacity management by visualizing and quantifying the effects of significant weather conditions on these operations, ultimately enhancing cooperative decision-making prior to departure. In particular, significant weather avoidance is modeled and airspace capacity limitations under significant weather conditions are derived. A system for visualizing and displaying significant weather conditions, aircraft trajectories and airspace capacity is also developed.





## 次世代航空モビリティの運用環境構築に関する研究

### Investigation of Operational Environment for Advanced Air Mobility and Urban Air Mobility

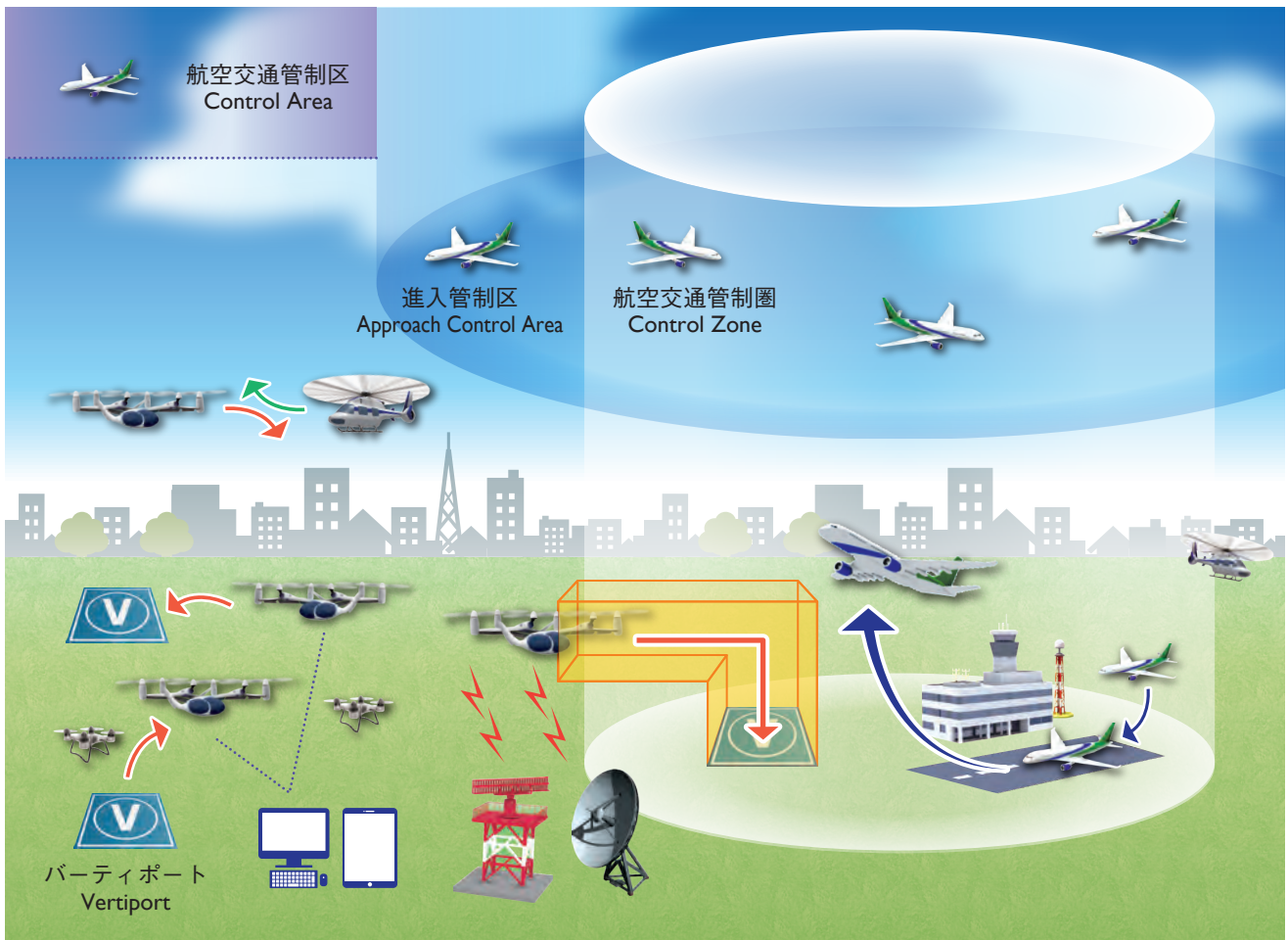
近年、次世代航空モビリティ\*と呼ばれる新たな航空機が登場しています。次世代航空モビリティはこれまでの航空機とは異なる飛び方をすることがある一方、既存の航空機と一部重複するエリアを飛行するため、次世代航空モビリティと既存の航空機が安全に共存する方法を構築する必要があります。本研究では特に、低高度における次世代航空モビリティの運用環境を構築することで、次世代航空モビリティと既存の航空機が安全、かつ円滑に共存することに貢献します。

将来的にどのような運用環境がよいかを検討するには、航空交通管理、通信・航法・監視といった幅広い観点からの検討が必要であり、また、将来的に次世代航空モビリティがどのように飛行するかといった、不確定要素の影響も考慮しなければなりません。本研究では既存航空機の運用の観点から、次世代航空モビリティの運用環境の構成パターンを複数検討し、関連するステークホルダーと議論することで、実現性の高い運用環境を提案することを目指しています。

\*ここでは、空飛ぶクルマ(AAM/UAM, eVTOL 等とも呼ばれる)や無人航空機(sUAS, ドローン等とも呼ばれる)等を含む、新たな航空機全般を指しています。

With the emergence of Advanced Air Mobility (AAM) and Urban Air Mobility (UAM), there is a need to determine how best to integrate AAM/UAM into low-altitude airspace. AAM/UAM is expected to fly at lower altitudes than existing aircraft, but their flight areas partially overlap. To help integrate AAM/UAM into low-altitude airspace safely and efficiently, this research investigates the appropriate operational environment for AAM/UAM in low-altitude airspace.

To ensure a future operational environment is investigated appropriately, there is a need to consider various perspectives including air traffic management (ATM) and communications, navigation and surveillance (CNS), as well as the impact of uncertainties such as how AAM/UAM will fly in future. This research aims to propose a highly feasible operational environment for AAM/UAM in low-altitude airspace by drafting several configurations of the operational environment and discussing them with relevant stakeholders.





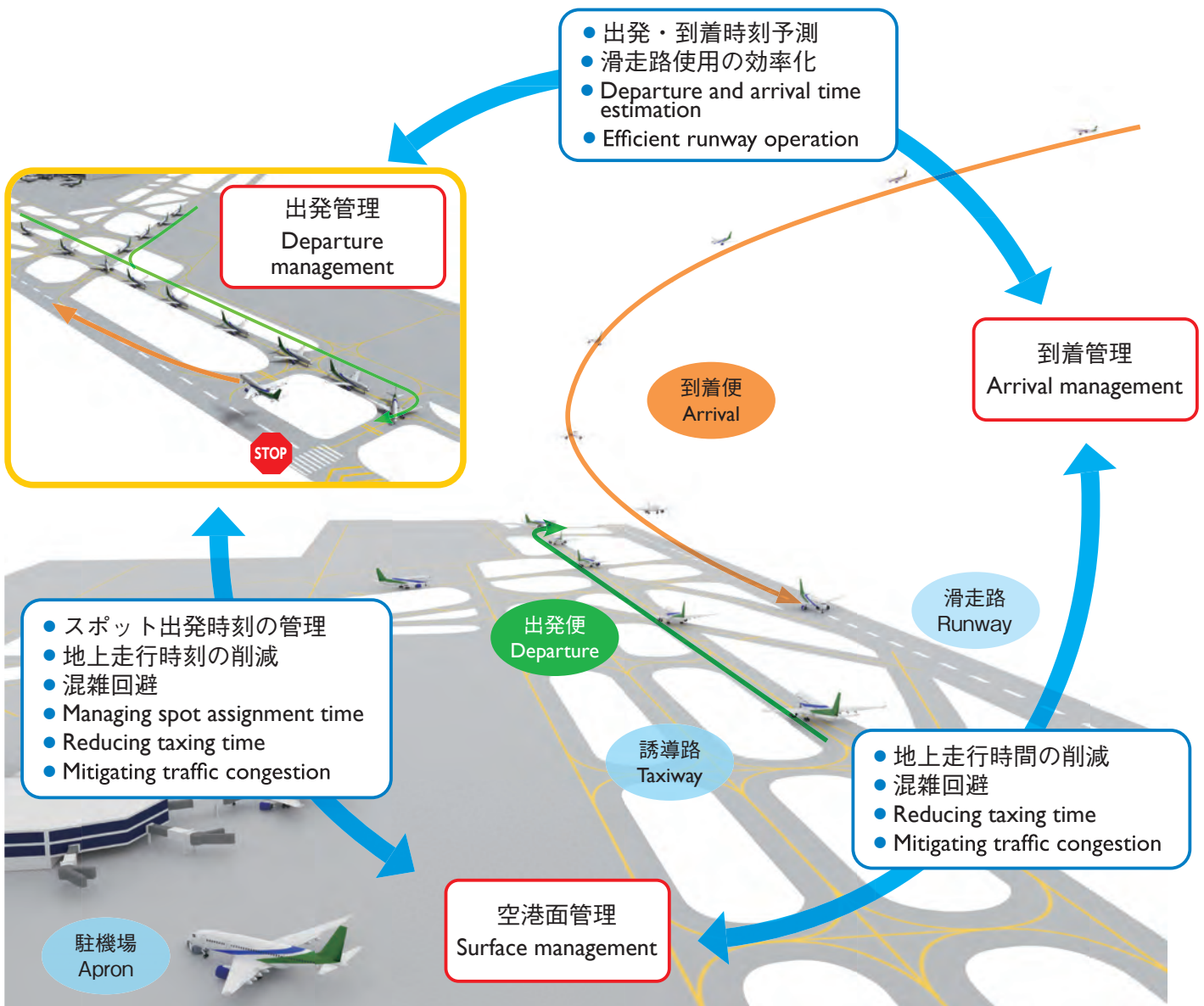
## AMAN/DMAN/SMAN 統合運用に関する研究 Studies on AMAN/DMAN/SMAN Integration

大規模空港の近傍では、航空交通流の輻輳の解消が大きな課題になっています。特に、滑走路は航空交通のボトルネックであるため、到着交通の管理機能（Arrival Manager：AMAN）は、出発交通の管理機能（Departure Manager：DMAN）と統合して効率的に運用される必要があります。さらに、滑走路とスポット間では、航空機が安全かつ円滑に走行できるよう、空港面での交通管理機能（Surface Manager:SMAN）が求められます。これらの航空交通管理システムは、定常時において空港を効率的に運用できるよう、また、さまざまな要因で空港での処理容量が低下する非定常時には、迅速に定常状態に回復するよう、レジリエントに設計されなければなりません。

そこで本研究は、到着・出発・空港面の航空交通の管理機能を統合する効率的な運用方法を研究開発し、我が国における導入に必要な要件を明らかにします。さらに、欧州および ASEAN 地域の研究機関や国内メーカーと連携し、提案手法の実現性を評価するシミュレーション実験を実施して、社会実装に向けた課題解決を目指します。

Integrating the arrival manager (AMAN), departure manager (DMAN) and surface manager (SMAN) is expected to further streamline aircraft traffic management at and around large airports. AMAN/DMAN/SMAN is an integrated sequencing tool that optimizes runway throughput while achieving smooth aircraft traffic flows through the airport under nominal conditions. The tool must also remain resilient during non-nominal events when the airport capacity deteriorates due to various operational circumstances.

Against this background, this study aims to provide a basis for designing AMAN/DMAN/SMAN integration and presents operational strategies that limit the delay time and traffic congestion. The proposed operation will be evaluated in a series of human-in-the-loop simulation experiments targeted during future implementations. We will work with research partners in the European Union and the Association of Southeast Asian Nations and system developers in Japan.





## 時間管理運用における機能間の連携に着目したアーキテクチャ作成に関する研究 Research on a System Architecture Design Focusing on Coordination between Functions in Time Management Operations

軌道ベース運用を実現するためには、三次元の位置と時間からなる軌道情報を関係者全体で共有し、時間に基づく軌道の管理を行うことが必要とされています。時間管理手法として、我が国では航空交通流制御などがこれまで実施されてきました。今後、減速などを含むより運航効率の良い方法を用いた、到着空港への航空機間の間隔を確保する“メタリング”の導入なども検討されています。新たに導入するシステムや機能が既存のシステムや機能と別個に働くのではなく、接続し全体が整合して働くように設計することで、望む効果を得られるようにすることが必要です。

本研究では、個々のシステムやそれらが互いに接続する部分に焦点を当て、全運航フェーズで効率的な時間管理運用を実現するためのアーキテクチャの作成を試みます。アーキテクチャとは、システム間の関係性を表したものです。

全体アーキテクチャの分析の中で、現行の交通流管理システムに実装されている到着順序付けや滑走路選択の機能についての検討や、ATM パフォーマンス指標値の算出なども行います。

To realize trajectory-based operations (TBO), there is a need to share trajectory information comprising 3D positions and times with all stakeholders and manage them in time and space. In Japan, while air traffic flow management has been operated as one of the time-based management methods, the implementation of “metering” will be planned in the future. Metering is an operation to ensure arrival intervals through efficient operational methods such as reducing cruising speed. Rather than individual systems and functions working in isolation, there is a need to design the functions of the metering so that the whole system works holistically to achieve benefit.

This study focuses on a system architecture, which represents the relationships among systems. Individual systems and their interconnections are examined to design the system architecture for efficient time-based management operations throughout all flight phases.

The analysis of the overall architecture also takes into account the improvements in arrival sequencing and arrival runway determination implemented in current air traffic flow management systems and calculates the relevant ATM key performance indicators.

### 時間管理運用 Time-based Management

航空交通流管理  
Air Traffic Flow Management

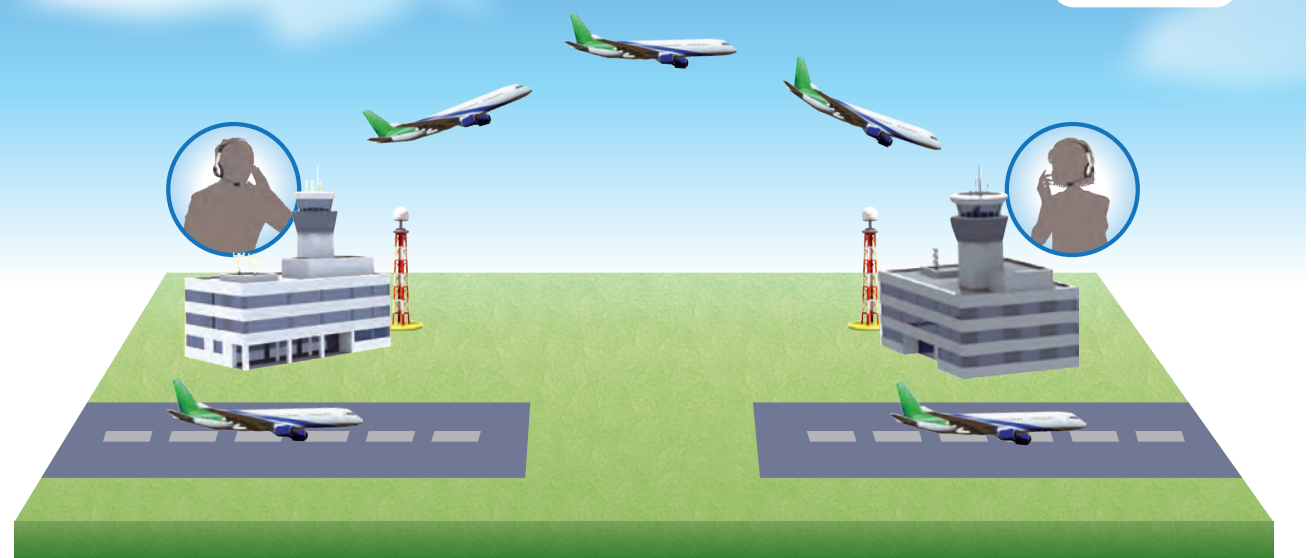
出発制御時刻(EDCT)  
Estimated Departure Clearance Time

通過地点の時刻  
(CFDT)の指定  
Calculated Fix  
Departure Time

メタリング  
metering

航空管制による  
順序間隔付  
ATC Sequencing  
and merging

空港運用  
AMAN





## 管制支援機能が管制業務作業量に及ぼす影響に関する研究 Impact of ATC Support Functions on ATC Workload

航空管制官による管制業務のためのシステムの自動化や支援機能が促進されることで、効率的な管制業務が可能となり、管制官が取り扱うことが可能な機数など管制処理容量が増加します。一方で、システム障害時などにも対応できる容量管理が安全のために必要とされています。そのため、システムの自動化や支援機能に対応する管制処理容量を明らかにすることが求められています。

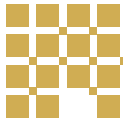
本研究では、管制業務のための管制システムを模擬するツールを開発し、管制経験者参加型の管制業務模擬実験を通し、支援機能に対応する管制取り扱い可能機数などを推定します。これにより、安全で効率的な容量管理に資することを目指しています。

Promoting system automation and support functions for air traffic control (ATC) facilitates ATC operations and increases ATC capacity, including the number of aircraft that can be handled by air traffic controllers. Conversely, capacity management capable of responding, even during system failures and other related problems, is required to maintain operational safety. This underlines the need to clarify ATC capacity corresponding to system automation and support functions.

This research work is dedicated to developing an ATC simulation system tool and estimating the number of aircraft that can be handled with the inclusion of different support functions, through real-time ATC simulation experiments. The results obtained are expected to contribute toward safer and more efficient capacity management.

During real-time simulation experiments, ATC workload is evaluated in terms of the availability of ATC support functions by conducting simulated ATC operations involving the participation of experienced air traffic controllers.





# 空港における運用の高度化

## Advanced Airport Operations

空港における安全かつ円滑な離着陸と運用の最適化を目的として、施設の高度化によって管制業務等を効率化する技術を開発します。

また、空港運用の制約に対応して柔軟で環境負荷の低い離着陸経路の設定や、滑走路運用の効率を高めるための研究を進めます。

To facilitate a safe and efficient traffic flow at airports, studies on arrival/departure routes to improve the flexibility and environmental impact are underway and efficient runway usage is also being studied.

空港における運用の高度化 / Advanced Airport Operations



### デジタル技術によるタワーシステム高度化に関する研究

### A Study on Enhancing Airport Tower Operation Systems by Digitalization

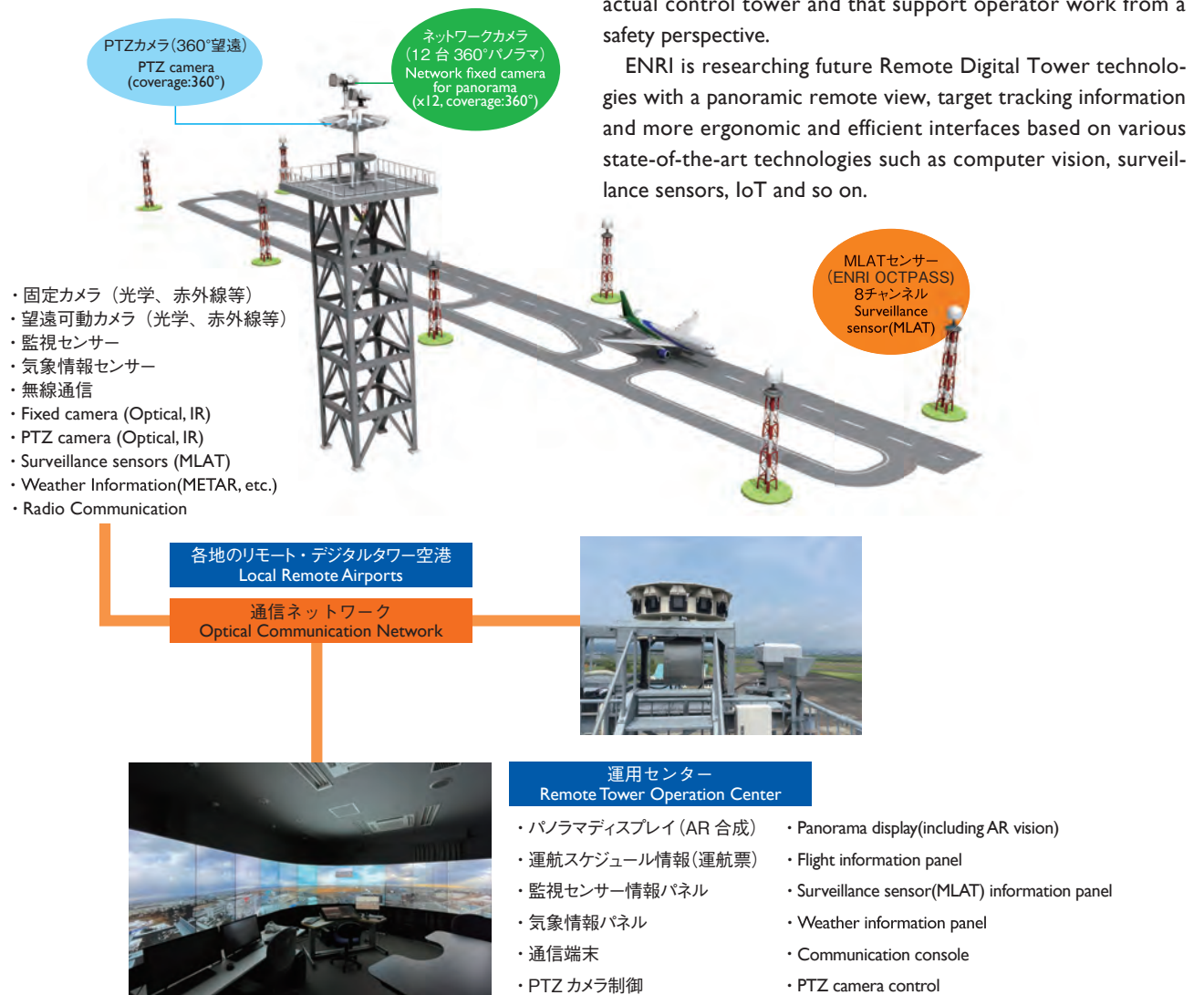
リモート・デジタルタワーのシステムでは、実際に飛行場（タワー）にいる場合と同様に、オペレータは空港面の安全状況の監視、確認を行うため通常のタワー管制業務と同様にネットワークを通じて提供される空港からの映像情報が重要です。タワー環境は気象や時間帯で変化しますが、映像技術や監視センサ技術を用いて、運用に最適なシステムを検討する必要があります。また、拡張現実技術を用い、デジタル処理した画像データに様々な支援情報やコンピュータ合成映像等を必要に合わせて提供することができます。このような映像やセンサ、ネットワーク等のIoT技術を活用し、視覚的な情報を補うことで、遠隔業務でも安全性や効率性を今まで以上に高いレベルで実現することが期待されています。

The Remote Tower / Digital Tower (RT/DT) system required the development of three main supporting systems: Panoramic view & PTZ camera, Target tracking by both visual tracking and surveillance sensor tracking and Augmented Reality vision & integrated HMI. We developed prototypes of our tracking system, panoramic camera system and the Augmented Reality vision as an RT test system.

We have installed a preliminary testbed with a tracking system, panoramic camera system and Augmented Reality vision at ENRI's Sendai Airport branch.

ENRI has been assigned a research role to develop future RT/DT systems that provide the operator with a panoramic view of the aerodrome remotely, resembling the view from an actual control tower and that support operator work from a safety perspective.

ENRI is researching future Remote Digital Tower technologies with a panoramic remote view, target tracking information and more ergonomic and efficient interfaces based on various state-of-the-art technologies such as computer vision, surveillance sensors, IoT and so on.







## 空港用マルチ監視技術活用に関する研究

## Study on the Application of Multi-Surveillance Systems in the Vicinity of Airports

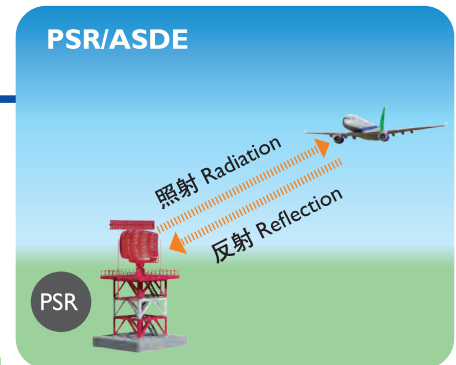
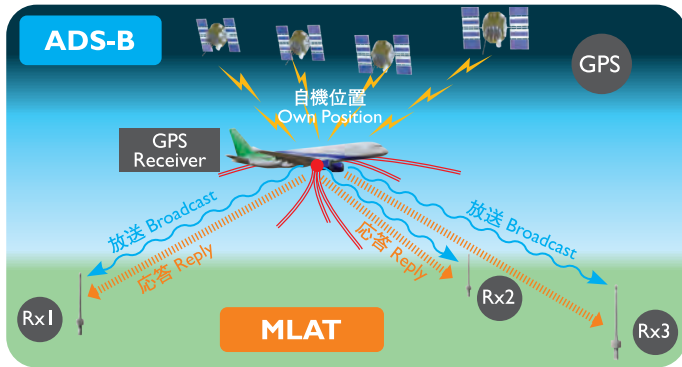
航空管制に利用される監視技術は、対象とする空域や運用方法に従って管制官に適切な情報を提供できるように、個別もしくは複数の技術を組み合わせたマルチ監視となり、対象とする空域や運用方法に従って管制官に適切な情報を提供できるように構成されます。そのため、構成される監視システム全体の性能が基準を満足している必要があります。これまでは航空路や空港周辺を中心に議論が展開されましたが、空港面には課題が残っています。特に空港面ではターミナルビル等の構造物による電波の遮蔽やマルチパスによる信号の歪みが監視性能に大きく影響するため、このような複雑環境下において監視性能を評価する手法の開発が求められています。

本研究では、空港用（空港面と空港近傍を含む）における監視性能評価手法を開発し、個別監視及びマルチ監視における性能評価を行います。この研究を通して得られた成果は、将来導入される航空管制の運用を実現するために必要とされる監視性能の基準に合致した最適な監視技術提案につなげることができます。

The technical performance requirements of ATS (Air Traffic Service) surveillance systems are defined at a technology-independent performance level to be met by a surveillance system to support ATS applications within a given airspace.

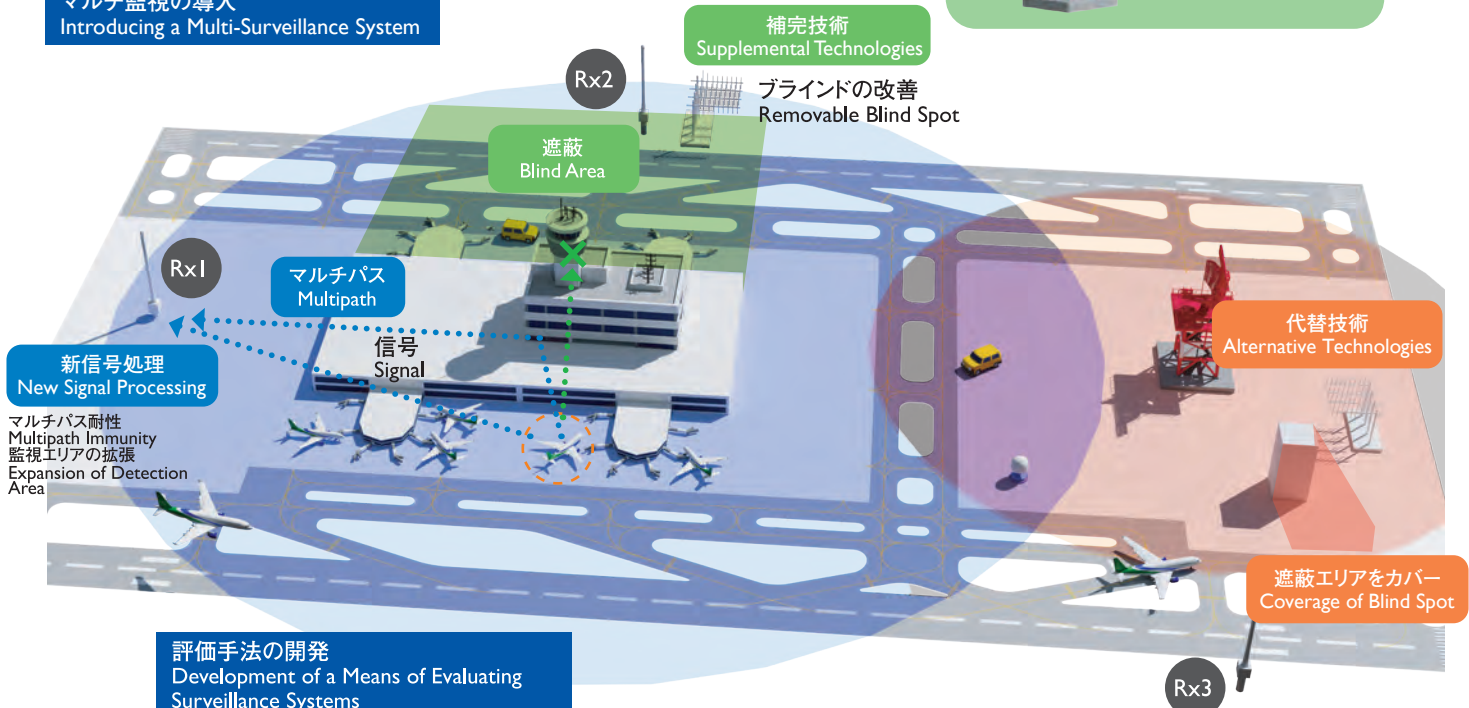
Many studies have been conducted on surveillance performance requirements for airspace in various environments, but some issues concerning the airport surface remain. For example, blocking radio waves and multipaths caused by structures like terminal buildings would see surveillance performance on the airport surface decline. Accordingly, there is a need to develop a means of evaluating the required surveillance system performance in such environments.

This study aims to develop a means of evaluating the required surveillance system performance and estimating the performance level of each ATS surveillance system. The results are expected to help as part of efforts to implement an ATS surveillance system that meets the required surveillance performance for future applications.



出力を統合  
Integrating the  
Output Data

### マルチ監視の導入 Introducing a Multi-Surveillance System



### 評価手法の開発 Development of a Means of Evaluating Surveillance Systems

エリア毎、監視技術毎の性能を推定  
Estimation of System Performance of Each Surveillance Technology  
Together with the Surveillance Area  
最適な監視センサーの組み合わせ  
Appropriate Surveillance Sensor Combinations

位置精度 :	xx[m]
Positional Accuracy :	xx[m]
検出率 :	xx[%]
Detection Rate :	xx[%]
更新頻度 :	xx[s]
Update Rate :	xx[s]



## FOD 検知装置の導入および滑走路維持管理の効率化に関する研究

### Research Into the Launch of an Airport Runway Foreign Object Debris Detection System and Streamlining Runway Maintenance Methods

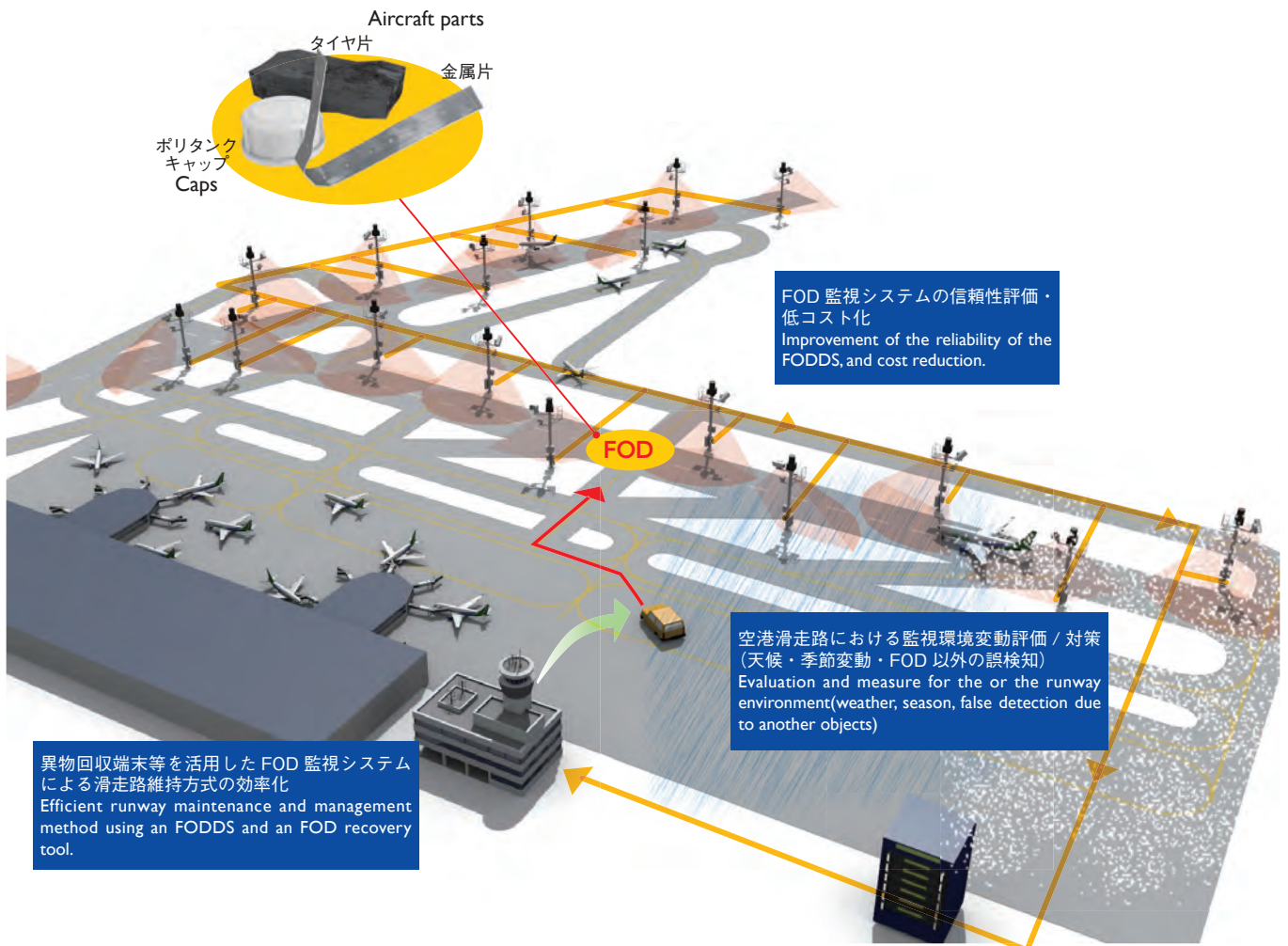
超広帯域ミリ波レーダシステムおよび様々なセンシング技術を活用した滑走路小異物（FOD）監視システムは、空港運用に係る安全性向上のために導入が進められています。滑走路異物監視システムは、空港滑走路上の FOD を自動的に検知し、空港運用者に情報を提供するシステムであり、空港運用を支える新しい監視システムです。FOD 監視システムにより、FOD に起因する事故を未然に防ぐだけでなく、空港滑走路を閉鎖して実施する滑走路点検の時間短縮を図ることが可能となります。これにより、空港滑走路利用効率の向上および空港滑走路閉鎖に伴う航空機の上空待機時間の低減が図れ、CO<sub>2</sub> 排出削減が期待できます。

これまで、実用化に向けた FOD 監視システムの開発を実施し、国際基準を超える探知性能達成とレーダセンサ設置条件明確化を行いました。今後、実運用のためには、さらなる空港滑走路における監視環境変動評価・対策および信頼性評価・低コスト化を行う必要があります。本研究開発では、実運用時に課題となる、滑走路周辺環境に起因する誤検知率の低減、FOD 監視システムの信頼性向上および低コスト化に向けた検討を行っています。さらに、システム運用開始時を想定し、異物回収端末等を活用した FOD 監視システムによる滑走路維持管理方式の効率化提案を行うことを目指した研究開発を実施しています。

The Foreign Object Debris Detection System (FODDS) at airports, which is based on ultra-wideband millimeter-wave radar systems and various sensors, is a novel surveillance system to support airport operations, which detects foreign objects debris (FOD) on runways automatically and informs airport operators. As well as preventing accidents, FODDS can also shorten the runway closure periods for safety stagnation of aircraft due to runway closures and maximize the usage rate of airport runways.

Previous research confirmed that the detection performance of the developed FODDS exceeds international standards and also clarified its installation conditions. Before actual operation, there is a need to evaluate and take measures to address any fluctuation in the runway environment. Reliability and scope to cut costs must also be investigated.

The main purposes of the research project include reducing the false detection rate caused by the environment around the runway, making FODDS more reliable and cutting costs. We are also investigating a methodology to maintain and manage runways efficiently using FODDS and an FOD recovery tool.





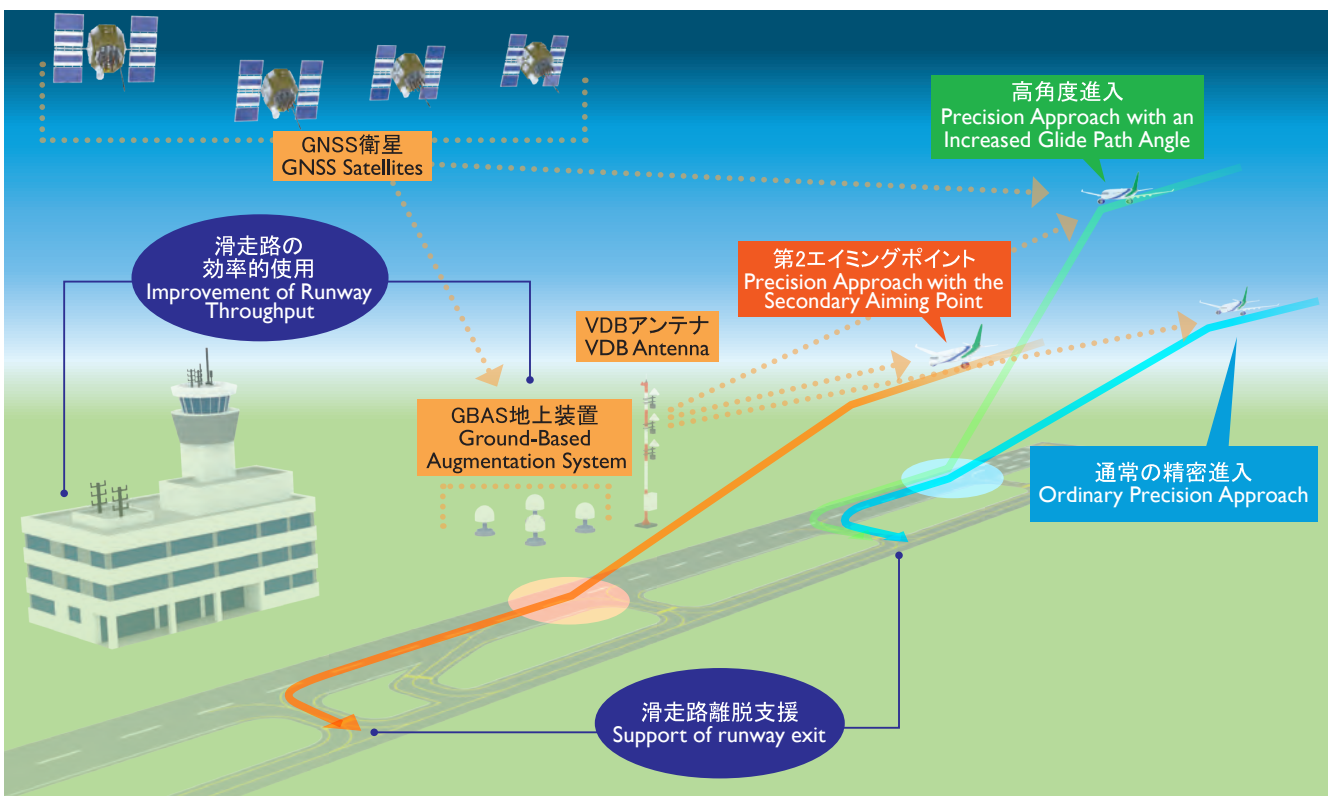
## GBAS を活用した着陸運用の高度化に関する研究 Research and Development into Advanced Approach and Landing Operations Utilizing GBAS

GPSをはじめとした全地球航法衛星システム（GNSS）による衛星航法の航空分野での利用が進んでいます。空港近辺での進入着陸フェーズでは、航空機の位置決定（測位）精度とともに高い安全性が要求されています。地上型補強システム（GBAS）は視程がよくない天候においても航空機が安全に進入着陸できるように、GNSS衛星からの測位信号の信頼性を向上する補強情報や進入経路情報を地上から放送してGNSSを用いた進入着陸を支援しています。GBASは複数の進入経路を同時に支援できるので、これらの利点を活用すれば、より柔軟な進入経路による着陸運用が可能であると考えられ、燃料消費や騒音等の環境負荷の低減、混雑空港での滑走路運用の効率化による空港処理容量の拡大が期待されています。また、GBASでは従来の計器着陸システム（ILS）と比較して、この複数の進入経路を支援できることの他に、滑走路の効率的な利用につながるILS電波の保護エリアを必要としないことなどの利点があります。

電子航法研究所ではこれらの利点を活かして、航空機がより柔軟な進入経路の選択から滑走路離脱までを一連の進入着陸として支援するための研究開発を行っています。具体的には、図のように通常の進入着陸支援に加えて高角度進入や同一滑走路に2つ目の着陸地点を設定した進入着陸を想定した運用概念の構築や、それに伴う制約条件の明確化に取り組んでいます。また、経路設計に必要な衝突危険度モデル（CRM）の改良など、安全性評価のための技術開発を行うとともに、滑走路離脱を円滑にするためのパイロット支援ツールの具体化や各種シミュレーション実験をとおして、これら新しい着陸運用による効率化について評価を行っています。

Satellite navigation based on Global Navigation Satellite System (GNSS) is used to an ever-increasing extent in aircraft operations. The Ground-Based Augmentation System (GBAS) supports safe approach and landing, even under weather conditions with low visibility. As well as additional information to enhance the reliability of GNSS satellite signals, its ground facility also broadcasts data blocks on approach paths. When the GBAS is compared with a conventional instrument landing system (ILS), prominent GBAS advantages include not only scope to support precision approaches with multiple approach paths but also eliminating the need for protection areas of ILS radio waves on runways, which might improve runway throughput. Leveraging these advantages could allow a more flexible approach and landing operations and reduce environmental loads. Expected benefits include reduced fuel consumption and noise and enhanced capacity of congested airports.

ENRI is conducting a research and development program to support the entire approach and landing phase, from selecting the approach path in the initial precision approach phase to the runway exit in the final landing phase. Our goals include developing the concept of operations (CONOPs), clarifying their operational constraints for the advanced approach and landing with increased glide path angles, the secondary touchdown point on the same runway in addition to the ordinary approach path. Key program subjects include improving the collision risk model (CRM) required to design and evaluate the advanced approach paths safely, conceptual development of pilot support tools and various simulation-based experiments to evaluate how runway throughput can be further streamlined via advanced operations.





## 飛行方式の安全と効率に関する研究 Research on Improving Safety and Efficiency of Flight Procedures

航空機が空港から目的地へ飛行する際の飛行方式は、国際民間航空機関（ICAO）基準に準拠し飛行方式設計の専門家が専用のツールを用いて設計しています。設計には特別な知識と経験が必要であり、航空機の安全を確保するための基準を満足させ、空港周辺の地形など様々な条件に応じた安全で効率的な経路をデザインします。この設計作業には試行錯誤を伴う多くの作業があり、時間も掛かることから、業務の効率化が求められています。

先行研究では、最短距離の経路を生成するための最適化アルゴリズムを研究しました。現在使用している専用のツールと同じレベルの経路設計を行うことが確認できました。今後は最適化アルゴリズムを高度化し、様々な設計条件への対応、ユーザビリティの向上を段階的に行っていく計画です。

この研究により、飛行方式設計者の業務を支援し、より安全で効率の良い飛行方式を設計することが期待されます。

Flight procedures from the departure airport to its destination are generated by flight procedure designers using specialized tools taking into account the ICAO standards. The process requires expert insights and experience to design a safe and efficient route that satisfies the given criteria ensuring aircraft safety while meeting various conditions such as terrain around the airport. Flight route design is a time-consuming process which involves considerable trial and error, hence the need for streamlining.

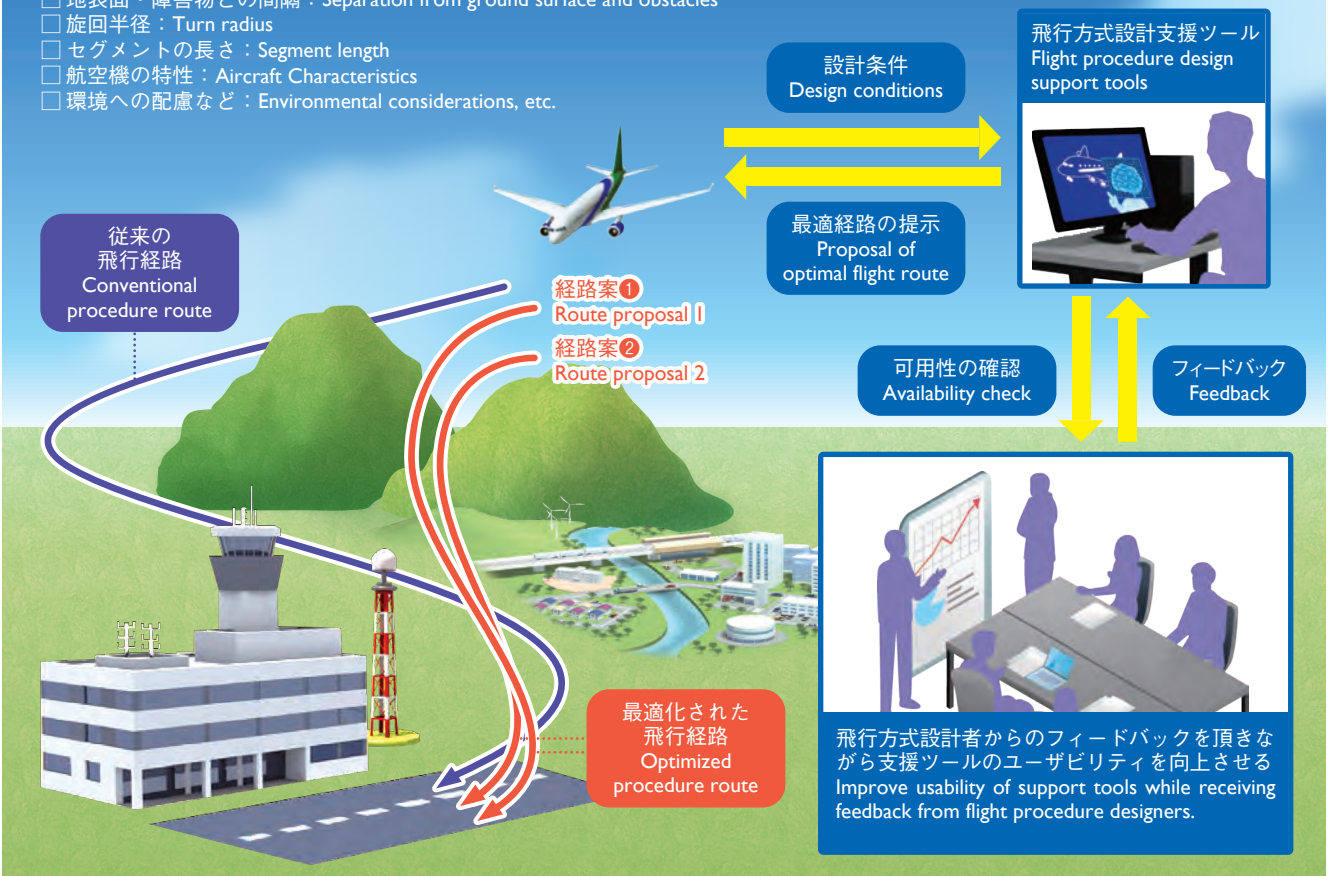
An optimization algorithm to generate the shortest distance paths was investigated in our preceding research. We were able to confirm that the proposed algorithm could generate flight paths with an accuracy comparable to the tools currently in use. The algorithm will be further refined to meet various design conditions and usability will be improved in a step-by-step process.

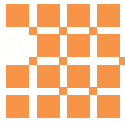
This research is expected to support the efforts of flight procedure designers toward safer and more efficient flight procedures.

### 最適化アルゴリズム・飛行方式設計支援ツール Optimization algorithm/Flight procedure design support tool

#### 飛行方式の設計条件 Design conditions for various flight procedures

- 地表面・障害物との間隔：Separation from ground surface and obstacles
- 旋回半径：Turn radius
- セグメントの長さ：Segment length
- 航空機の特徴：Aircraft Characteristics
- 環境への配慮など：Environmental considerations, etc.





# 航空交通を支える基盤技術の開発

## Fundamental Technology Development for ATM/CNS

航空交通を支えるシステムは、通信・航法・監視や航空交通管理の機能から成り立っています。これらの機能向上に不可欠な基盤技術を開発させるとともに技術的課題を解決するための研究を進めています。  
To refine ATM/CNS systems, basic studies to resolve technological issues in the ATM/CNS are underway.

航空交通を支える基盤技術の開発 / Fundamental Technology Development for ATM/CNS



### SWIM による協調的意思決定支援情報サービスの構築と評価に関する研究 Study on Construction and Evaluation of SWIM Information Service for Collaborative Decision-Making

欧米では、SWIM により運航に係る様々な情報をシステムや関係者間で共有し、相互運用性と協調性の実現が進められています。また国際民間航空機関 (ICAO) では、FF-ICE の導入を推進し、離陸前と離陸後の情報共有によりグローバルな協調的意思決定を図り、更に空地統合 SWIM を利用した軌道ベース運用を目指しています。これらを実現するためには、標準情報交換モデルを用いたメッセージの交換による各種情報の共有だけでなく、運航の安全性に係る情報の品質を保証する高度な SWIM 情報サービスも求められています。

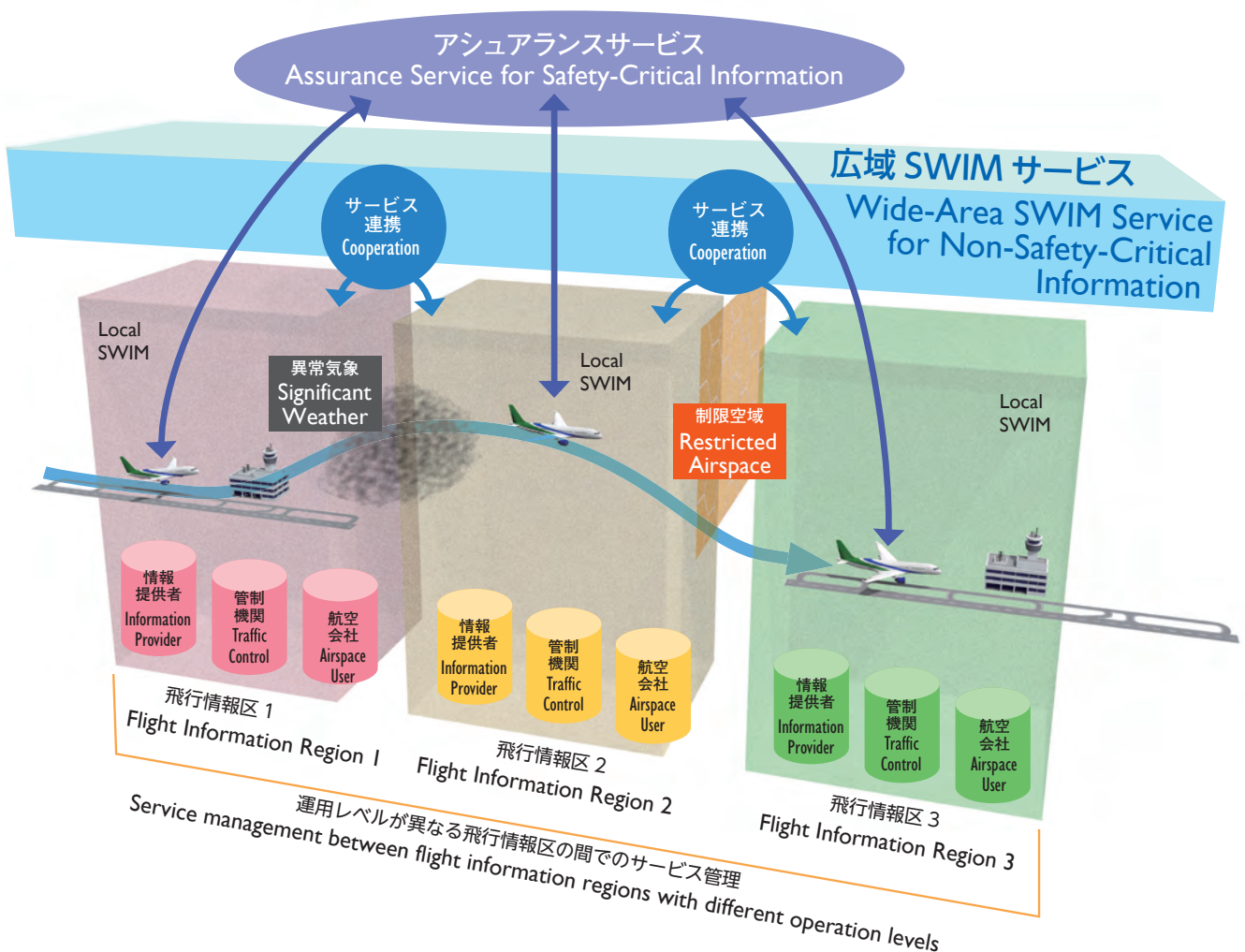
本研究では、グローバルな協調的意思決定の実現に向けて、異なる運用要件に適合できる広域 SWIM サービス基盤構築技術と情報の信頼性や運航の安全性を一貫して保証する技術を提案し、実用化可能なサービスを用いた国際連携評価を行います。

In Europe and the United States, the development of SWIM has helped promote the achievement of interoperability and harmonization by sharing full operational information among related systems and stakeholders.

In addition, to achieve collaborative decision-making and trajectory-based operations, the ICAO has promoted FF-ICE and air-ground integrated SWIM for information sharing during both pre- and post-departure phases. Accordingly, meeting these application needs will involve not only sharing various information based on standard information exchange models but also ensuring the quality of information by advanced SWIM information services.

In this research, to achieve global collaborative decision-making, wide SWIM service construction technology capable of adapting to different operation levels and assurance technology to ensure operational safety will be proposed. An international joint evaluation using practical services will also be conducted.

SWIM: System Wide Information Management  
ICAO: International Civil Aviation Organization  
FF-ICE: Flight and Flow for Information Collaborative Environment





## 航空通信基盤の高度化に関する研究

### Study on Advanced Aeronautical Communication Infrastructure

航空機の運航は、主に航空機と管制機関間の音声・データ通信によって支えられています。現在の航空通信システムでは、航空機が出発から到着まで飛行する間、様々な通信手段を接続が途切れる毎に切替えています。そのため、実効的な接続率の低下が課題となっています。

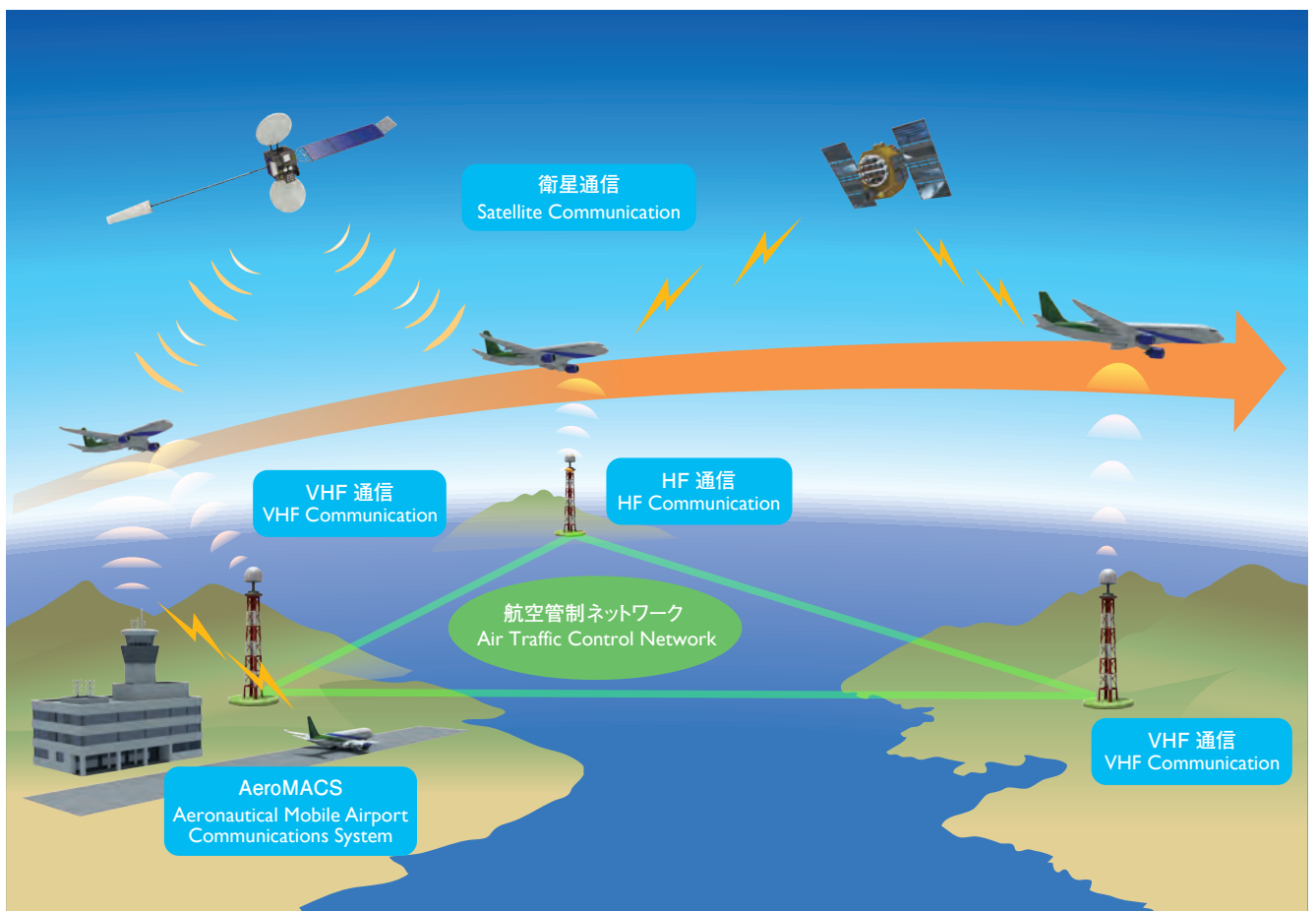
近い将来に導入が見込まれている次世代航空通信システムでは、航空通信を IP ネットワーク化し、大容量で高速な通信に対応しつつ、すべての飛行フェーズに対して高い通信接続率が求められています。

本研究では、航空機の複数の通信手段を高度に制御できる検証ネットワークシステムを開発し、接続率向上策の提案と実証評価を行います。また、IP ネットワークに対応していない現行の通信システムと共用した場合における課題抽出および解決手段を開発します。

これらの研究で、現行システムのサービスを維持しつつ、スムーズな次世代航空通信システムの導入を目指します。また、航空通信の接続率向上によって通信の信頼性が増し、さらに速やかに確実な管制指示の伝達が可能になることにより、運航安全性の向上が期待されます。

Aircraft operation is mainly supported by voice and data communication between aircraft and air traffic control authorities. Aeronautical communication also requires high connectivity to deliver accurate air traffic control instructions. The next-generation aeronautical communication system to be introduced in the near future will aim to improve connectivity via Internet Protocol network technology and enable aircraft to connect to multiple communication media simultaneously.

This study investigates and evaluates the improvement of communication connectivity techniques in aeronautical communication systems by developing a validation network system comprising multiple communication media. Smoothly introducing such next-generation aeronautical communication systems will help achieve reliable and safe aeronautical communication.





## 電波高度計と同一 / 隣接周波数利用システムの周波数共用に関する研究 Research on Spectrum Sharing with Aircraft Radio Altimeters and Co-/Adjacent Frequency-using Systems

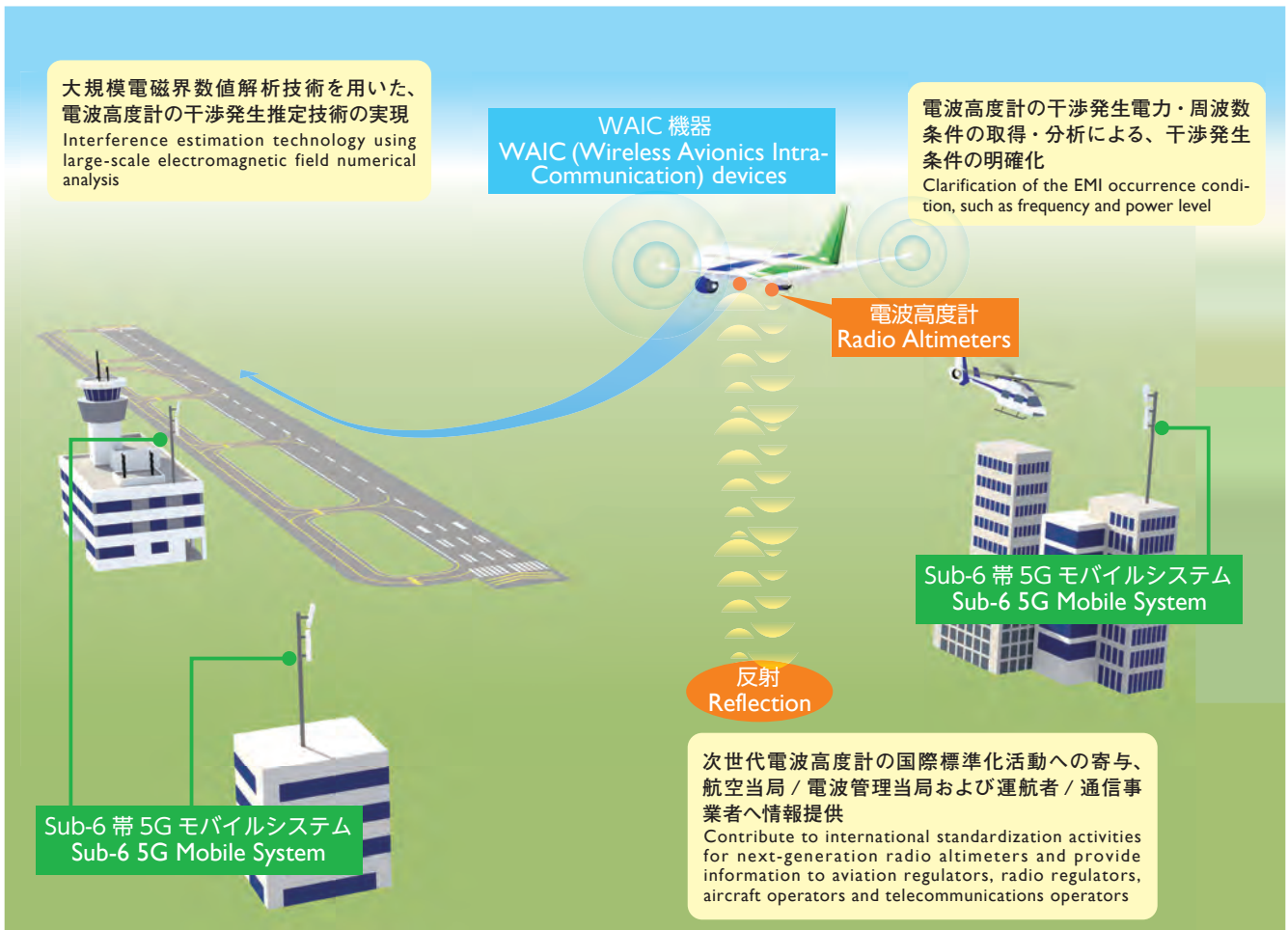
電波高度計（使用周波数：4.2GHz～4.4GHz）は電波を用いて航空機と地面の距離を計測する機器であり、着陸時のみではなく、空中衝突防止装置や翼の制御等において様々な飛行フェーズで航空機制御システムへの入力情報として利用されています。一方で隣接および同一周波数帯域では、近年様々な電波利用システムの運用がされつつあります。隣接周波数帯域は日本を含む世界各国で5Gモバイルシステムへ周波数が割り当てられ、日本では携帯電話事業者が3.6GHz～4.1GHz/4.5GHz～4.6GHzにおいて、5Gモバイルシステムを運用しています。さらに、同一周波数帯域においては、新たに航空機内配線の無線化を行う、Wireless Avionics Intra-Communication (WAIC) システムの航空用技術基準および国際標準規格策定が進んでいます。これらの電波利用システムは、現在の電波高度計の技術基準策定時には存在しなかったシステムであり、電波高度計への干渉が発生する可能性があります。

本研究開発では、電波高度計の干渉発生電力・周波数条件を取得し、分析することで、干渉発生条件の明確化を行います。また、大規模電磁界数値解析技術を用い、電波高度計の干渉発生推定技術を実現することを目指しています。さらに、次世代電波高度計の航空用技術基準策定活動への寄与、航空当局 / 電波管理当局および運航者 / 通信事業者へ情報提供を行います。

Aircraft radio altimeters (operating at frequencies between 4.2 and 4.4 GHz) are avionics that use radio waves to measure the distance between aircraft and the ground. They are used as input parameters for aircraft control systems, throughout a range of flight phases as well as landing, including for airborne collision avoidance systems and wing control.

However, various systems have been operated in recent years in adjacent and identical frequency bands. Adjacent bands are allocated to 5G mobile systems in countries worldwide, including Japan, where mobile phone operators operate 5G mobile systems between 3.6 and 4.1 GHz and 4.5 and 4.6 GHz. In addition and within the same frequency band, a Wireless Avionics Intra-Communication (WAIC) system is being developed as an international standard. As these systems did not exist when the technical standards for radio altimeters were established, electromagnetic interference (EMI) to radio altimeters may occur.

The main purposes of the research project include to clarify conditions under which EMI occurs, such as frequency and power level. We also aim to realize EMI estimation technology for radio altimeters using large-scale electromagnetic field numerical analysis. We will also contribute to international standardization activities for next-generation radio altimeters and provide information to aviation regulators, radio regulators, aircraft operators and telecommunications operators.





## 磁気低緯度地域における GNSS 性能向上及び性能評価技術高度化に関する研究 GNSS Performance Enhancement in the Low Magnetic Latitude Region and Its Evaluation

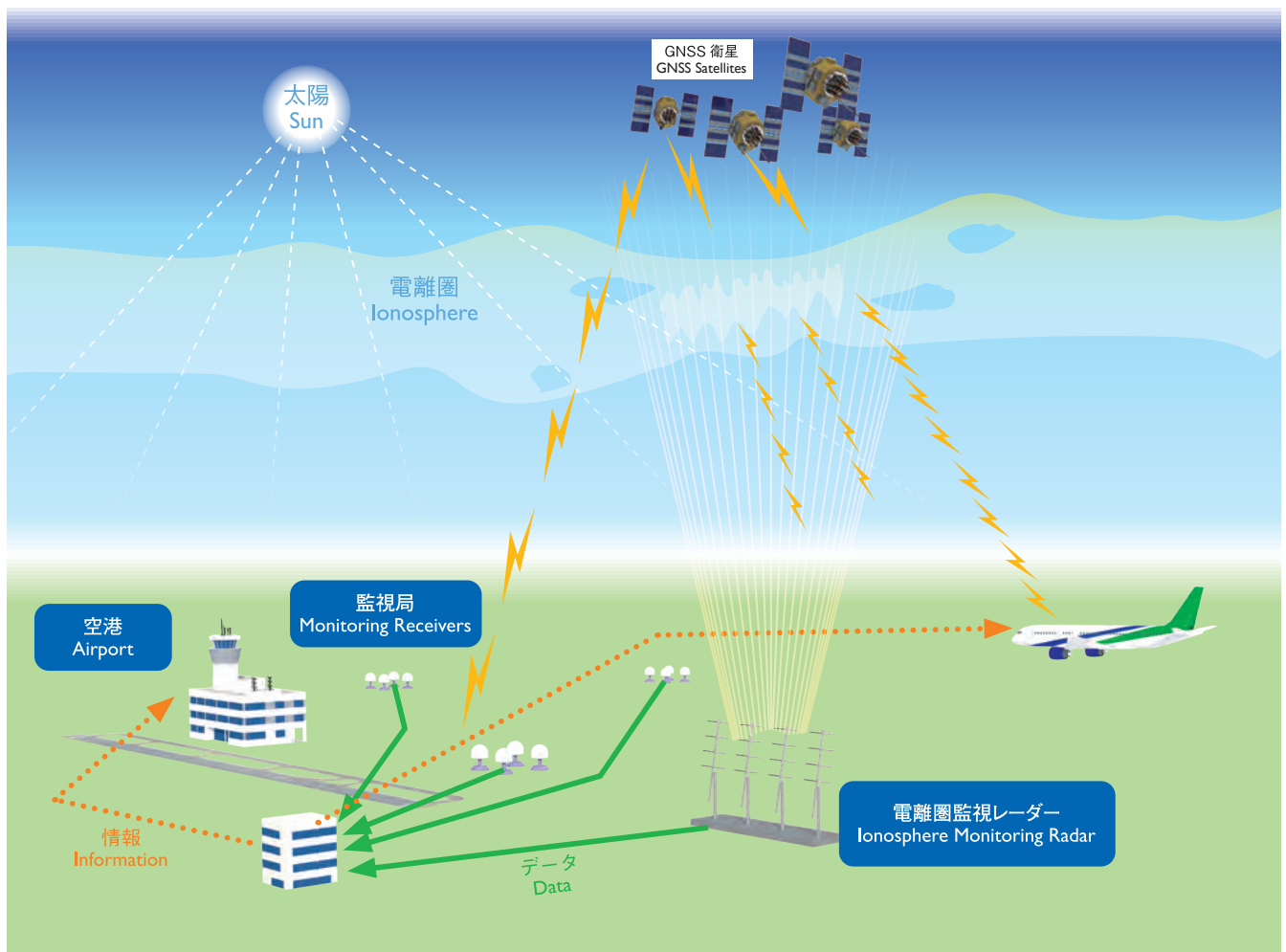
衛星航法（GNSS）は衛星の電波を受信して測位を行うので、世界中どこでも利用できるという利点があります。一方で、GNSS には電波が伝わる経路上の様々な現象が影響を与えます。そのうち、最も影響が大きく予測が難しいものが電離圏によるものです。日本は電離圏の変動が大きい磁気低緯度に位置しているため、GNSS は電離圏の影響を受けやすく、安全性が重要な航空航法では性能を制限する要因になっています。国際民間航空機関（ICAO）では、電離圏を含む宇宙天気の状態の情報提供を開始するなど、宇宙天気情報利用が始まりつつあります。宇宙天気の情報を活用することで、電離圏の状態を的確に把握できるようになり、航空 GNSS の性能を向上させるとともに、GNSS に障害があった時に迅速に原因追求ができるような技術を開発します。また、日本の空港環境に適した高カテゴリー - GBAS（Ground-Based Augmentation System: 地上型衛星航法補強装置）導入のために、磁気低緯度の電離圏環境に対応した性能評価技術を開発します。

開発した技術は、日本のみならず、国際協力を通して日本と同様の電離圏環境を共有する磁気低緯度地域に広めていきます。これにより、日本を含む磁気低緯度地域において GNSS を用いた航空航法が安全に利用できる環境を実現していきます。

Air navigation based on GNSS (Global Navigation Satellite System) is globally available by receiving radio signals from satellites. However, GNSS is affected by various phenomena along the propagation path of the GNSS signals. Among various error sources, the ionosphere is the most variable and its variability is difficult to predict.

The performances of GNSS-based air navigation systems in Japan are limited by active ionospheric conditions in the low-latitude region. The ICAO (International Civil Aviation Organization) started providing information on space weather, including the ionosphere. Space weather information including, but not limited to, that provided by ICAO improves situational awareness of the ionosphere for us. We utilize such information to develop technologies to refine GNSS-based systems resolve issues when the performance is degraded. We also develop a performance assessment technology for Category-II/III GBAS (Ground-Based Augmentation System) suitable for Japanese airport environments, including low-latitude ionospheric conditions.

We promulgate our technologies to countries/areas in the low magnetic latitude region via international collaboration. Our goal is to realize an environment where GNSS-based safe air navigation is widely available within the low magnetic latitude region, including Japan.



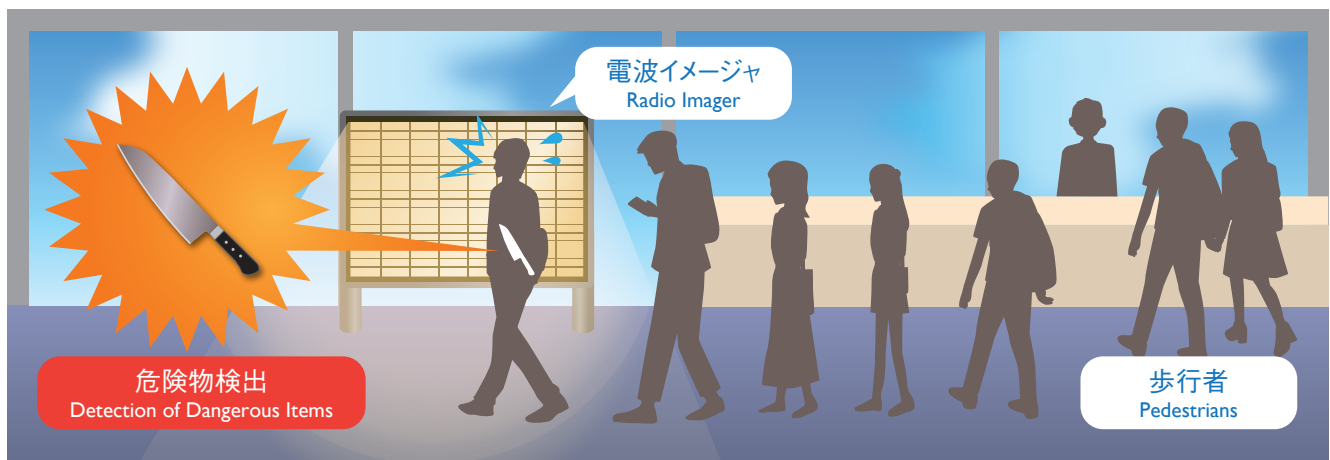




## セキュリティ検査のための画像化レーダー技術に関する基礎的研究 Research on Imaging Radar Technology for Security Inspections

空港のように乗客に対するセキュリティ検査を実施する場所では、検査に要する時間が検査効率に左右されるため、高速に検査が可能な機器が求められています。ミリ波レーダー技術を活用し、着衣下に隠された物体を映像化するシステムの基本原理を検証したところ、ミリ波画像の高精細化、高分解能化が必要不可欠となりました。このような撮像性能の向上を図るため、熱雑音受信時のコントラスト向上手法や、3次元レーダーの画像化に必要な計算処理速度や空間分解能を向上させる手法を開発しています。

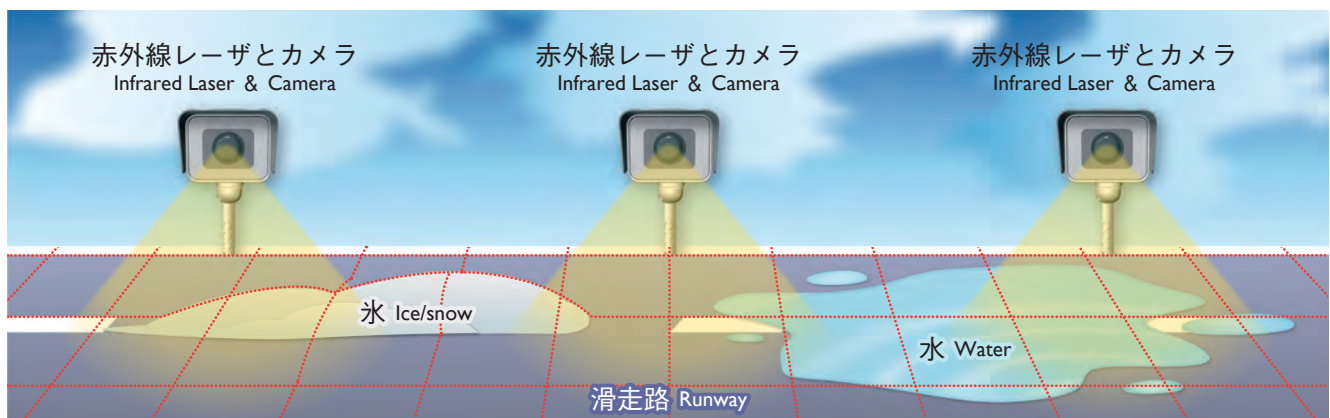
There is increasing demand for fast inspection equipment to improve efficiency and reduce the time taken to conduct inspections, for example security inspections at airports. As part of this work, millimeter wave images allowing larger imagery and finer resolution have been developed as part of a validity test for imaging systems capable of detecting concealed objects under clothes using millimeter wave radar technologies. To improve the imaging performance, we are developing a method to increase the contrast of thermal noise images, spatial resolution and image processing speed for 3D radar.

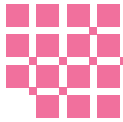


## 滑走路面の堆積物の分布測定・状態分析のための基礎的研究 Research on Contaminant Distribution Measurement and Condition Analysis for Runway Surfaces

近年、爆弾低気圧等の異常気象により、短時間で厚い積雪が発生する頻度が増えてきています。このような短時間で大量の降雪時には、滑走路を専用車両で走行し、路面の滑りやすさを測った上で、除雪を実施して空港の安全を確保しています。また、国際的には滑走路状態コードを着陸しているパイロットに連絡する制度が義務化されています。滑走路を覆う堆積物の厚さが 1/8 インチ (3mm) を超えると、このコードを変更することが求められています。この堆積物の厚さ測定をリアルタイムに、かつ面的な分布を測定するシステムを開発しています。

Recent years have seen us encounter rapid snow accumulations due to abnormal weather conditions, including snow storms in winter. Periodic runway inspections are conducted by inspection vehicles and any accumulated snow is removed to ensure runway safety. Additionally, a reporting obligation is imposed on the landing pilot to announce the runway condition codes. The critical factor determining the code is to ensure the thickness of the contaminant exceeds 1/8 inch (3mm). We are developing a system to measure the thickness and distribution of the contaminant.





### 研究開発の促進に向けたCARATS オープンデータ CARATS Open Data for Research and Development

安全で効率的な航空交通システムの構築のためには、研究開発の促進・裾野拡大が重要となります。そのため、CARATS\*1の取り組みの一環として、国土交通省は定期航空便の航跡データ並びに福岡 FIR における気象データ（合わせて CARATS オープンデータ）を一般へ提供しています。当研究所では航跡データのオープンデータ形式への変換やデータ用ツールの作成をはじめとした研究開発の活性化のための取り組みを行っています。これまでに提供されたデータには 2012～2020 年度の約 212 万便の航跡が含まれています。2018 年度データから気象データが追加されました。データは多くの大学や研究機関等に提供され、データを活用した研究成果が学会や会議などで報告されるなど航空行政へも貢献しています。

Air traffic systems are expected to improve for safer and more efficient air traffic management. A long-term vision - "CARATS"\*1 - has been established with the committee, including the Japan Civil Aviation Bureau, to promote efforts to renovate and modernize existing air traffic systems. One of the committee's activities involves distributing a series of commercial aircraft track data possessed by air traffic control centers, namely CARATS open data, to accelerate research and development in air traffic management fields. ENRI has extended its support to create data and promote the activity. Currently, data on around 2.12 million flights for the period 2012-2020 is available and provided to applicants to facilitate academic-related objectives. Weather data has also been added since the 2018 data set. To date, the number of users from various fields has also increased significantly. It is considered that CARATS open data will be utilized for activities that can help foster the development of aviation.

\*1 CARATS : Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems  
将来の航空交通システムに関する長期ビジョン

時刻 Time	仮想便名 Virtual C/S	緯度 Latitude	経度 Longitude	高度 Altitude	型式 Acft type
00:00:00.2	AP00001	35.068212	139.778839	32000	B77W
00:00:00.3	AP00003	29.723355	124.978437	32025	A321
00:00:00.3	AP00004	32.774102	133.073657	36000	A333
00:00:00.7	AP00006	38.286998	145.442742	31000	B77W

CARATS オープンデータフォーマット (CARATS Open Data format)



航跡動画表示ツール  
PlotTrack (Trajectory Viewer)



飛行場面 航跡動画表示ツール  
PlotSurface (Trajectory Viewer)

<データの申請方法等 (Application Process) >  
CARATS公式webサイト(CARATS Official Web site)  
[https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_fr13\\_000006.html](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr13_000006.html)



<ENRI のデータ関連情報サイト (ENRI HP) >  
[https://www.enri.go.jp/research/carats\\_open\\_data/index.html](https://www.enri.go.jp/research/carats_open_data/index.html)





## 主要施設

## Main Facilities

主要施設 / Main Facilities



### SSR モード S 地上局 SSR Mode S Ground Station

SSR モード S は、監視機能を向上すると共にデータリンク機能を付加した航空管制用レーダです。現在、欧州を中心に SSR モード S を用いた航空機情報ダウンリンクや地上局連携などの新技術の検討が進められています。当研究所では、これらの新技術を検証するため、SSR モード S 地上局を整備し、実航空機の監視実験を行っています。

Secondary Surveillance Radar (SSR) Mode S is an air traffic control radar system with improved surveillance and datalink capability. European states are preparing to use this new mode with ground station coordination. To prepare for the future use of such technologies in Japan, ENRI has developed an SSR Mode S ground station and is performing test monitoring on real aircraft.



SSRモードS局の空中線 (SSR mode S antenna)



レーダ表示画面 (Radar Display)

主要施設 / Main Facilities



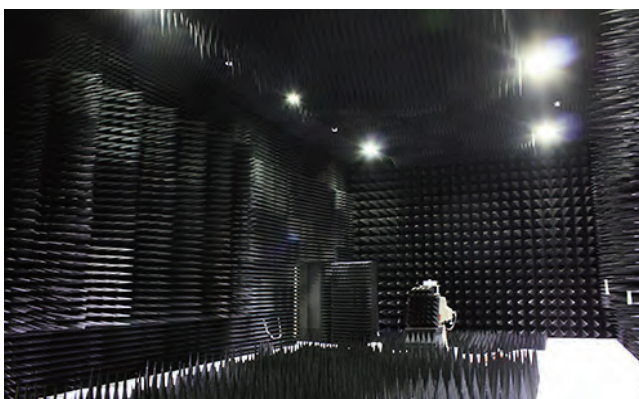
### 電波無響室 Radio Anechoic Chamber

電波無響室は電波を使う機器に対して無限に広い空間と同じ環境条件を提供する施設です。この部屋は、大きな鉄板のシールド箱により、外部から侵入する電波を遮蔽し、内部の電波の漏洩を抑えます。また、内部で発生した電波は内壁の電波吸収体で吸収されて、無反射状態を作り出します。

The radio anechoic chamber provides ideal conditions for radio equipment under test as an infinite space. The chamber is built in a large shielded box with iron plates to prevent external intrusion and internal leakage. Moreover, the chamber creates non-reflective conditions to extinguish radio waves emitted inside by the wall, floor and ceiling covered with radio absorbers.

電波無響室は、電波を使用するレーダーや通信機の性能試験やアンテナの送受信特性を測定するために使用されています。

Within the chamber, performance tests for radars or communication systems emitting radio waves or measurements for antennas are conducted.



内部寸法 (有効容積) : 32.0m × 6.2 m × 4.2 m  
 使用周波数帯域 : 1-110GHz  
 無反射範囲 : 23m 以上  
 反射減衰量 (中心部) : 50dB 以上  
 遮蔽減衰量 (中心部) : 90dB 以上  
 Dimensions(Available space): 32.0m × 6.2m × 4.2m  
 Frequency band: 1 - 110GHz  
 Non-Reflection Lange: 23m and over  
 Reflection attenuation  
 (part of the center) : 50dB and over  
 Shield attenuation  
 (part of the center) : 90dB and over

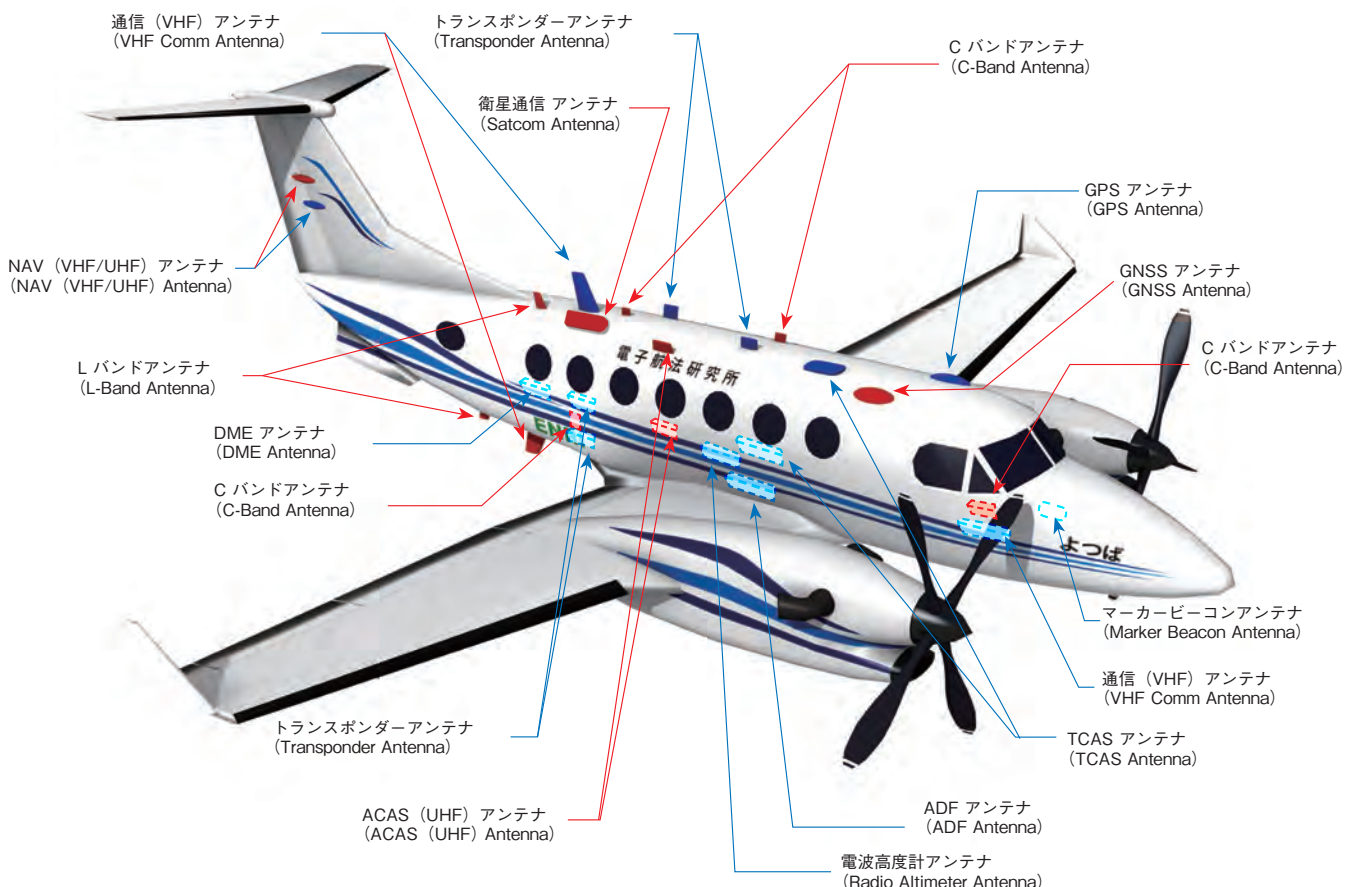


## 実験用航空機 Aircraft for Flight Experiment

本機は、当研究所で試作・開発されたシステムについて、実飛行による実験や評価試験を行うための航空機で、通信、航法及び監視等様々な研究に使用されています。

Aircraft for Flight Experiment evaluates newly designed and developed systems in various studies on communications, navigation, surveillance, and other topics.

登録番号 (Reg. No.)	JA35EN
型式 (Model)	Beechcraft B300 (KingAir 350)
全長 (Length)	14.23m
全幅 (Width)	17.65m
全高 (Height)	4.36m
全備重量 (Max. Weight)	6.8t
発動機 (Engines)	Pratt & Whitney PT6A-60A
プロペラ (Propellers)	Hartzell HC-B4MP-3C
アビオニクス (Avionics)	Collins Pro Line 21



赤：実験用として別途設置している実験用アンテナ  
RED: Experimental Antenna

青：通常の航空機に設置されている運用用アンテナ  
BLUE: Operational Standard Antenna

実験用航空機の  
紹介動画はこちら  
Scan QR code for  
links to movie



実験用航空機に装着してあるアンテナ群  
Antennas mounted on the Aircraft for Flight Experiment



## 成果の普及

# Dissemination of Research Results

### ホームページ Web Site URL : <https://www.enri.go.jp>

当研究所の概要や研究内容、公表資料等について公開しています。

We provide information about the institute, our main research activities, publications and more through our website.



ホームページ Web Site

### 産業財産権 Industrial Properties

当研究所で保有する特許権等の産業財産権については、活用いただける方々と実施契約を締結しています。ご興味のある方は、お気軽に当研究所までお問い合わせください。

ENRI allows the use of its industrial property rights, including patent rights under license contracts. Please feel free to contact ENRI if interested.

### 講演会 / 国際ワークショップ ENRI Workshop / IWAC

研究業務の中から最も関心の高いテーマを設定し、都内で講演を行います。隔年で国際ワークショップを開催しています。

Selecting a theme of great interest from our research activities, ENRI holds a workshop in central Tokyo. International workshops are held every other year.



講演会  
ENRI Workshop

### 研究発表会 ENRI Annual Seminar

当研究所の職員が行った研究等についての発表会を行っています。また、講演の概要についても当研究所ホームページにおいて公開しています。

ENRI hosts an annual event to outline the research activities it has conducted the previous year, details of which are also available on our website.



研究発表会  
ENRI Annual Seminar

### 出前講座 Open Lecture Service

空港などの現場に向き研究業務の紹介を行うとともに、意見交換を行っています。

ENRI visits other organizations like airport offices and airline offices as requested, to provide open lectures on our research activities and exchange opinions.



出前講座  
Open Lecture Service

### 空の日 Aviation Day

国土交通省主催の空の日イベント等に参加し、研究業務や実験システムの紹介をしています。

ENRI participates in events on Aviation Day to introduce our research activities and experimental systems.



空の日 Aviation Day

### 一般公開 Open House Day

当研究所の活動について子供や一般の方に広く理解して頂くための一般公開を実施しています。

ENRI exhibits our facilities and present our typical research activities to the public annually to facilitate widespread understanding.



一般公開 Open House Day

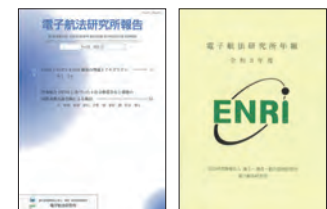
### 刊行物 Publications

- 電子航法研究所報告 : Electronic Navigation Research Institute Papers  
当研究所の研究の成果をとりまとめた報告書を刊行しています。

(ISSN 1341-9102 : 不定期刊)

ENRI publishes detailed report papers on individual research items that have been conducted in ENRI. (Non-Periodicals)

- 電子航法研究所年報 : Electronic Navigation Research Institute Annual Reports  
当研究所における1年間の研究活動実績等についての報告書を刊行しています。(年刊)  
ENRI publishes annual reports that give overviews of research activities conducted within the previous year in ENRI. (Annual publication)



刊行物 Publications



# 研究所案内

## ENRI Locations

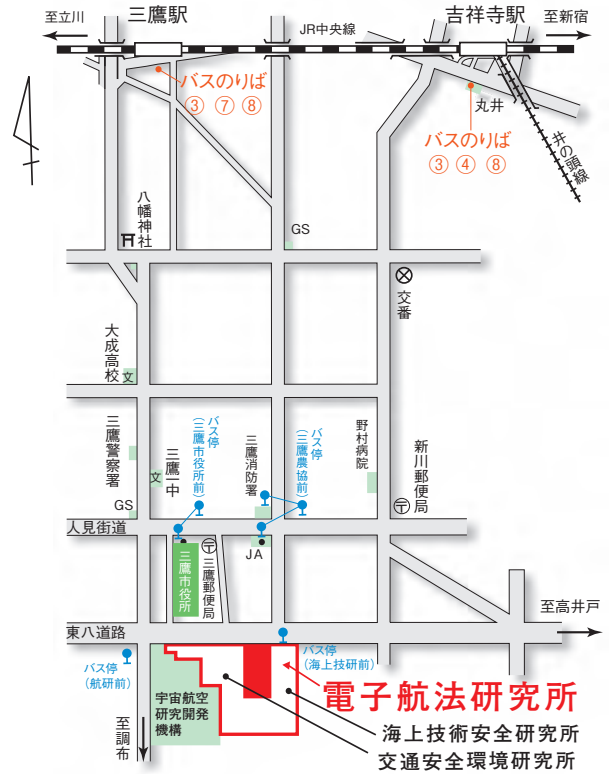
### 本所 Headquarters

#### ● 所在地 / Address

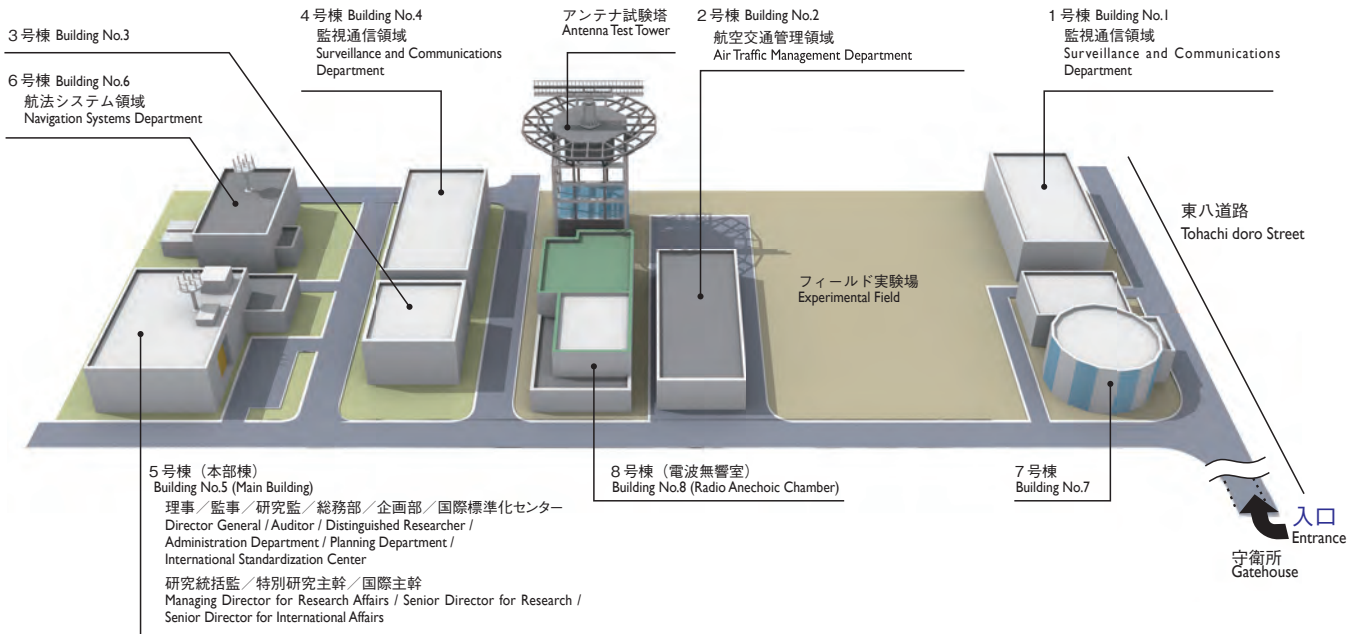
〒 182-0012 東京都調布市深大寺東町 7 丁目 42 番地 23  
 TEL 0422-41-3165 (代表) FAX 0422-41-3169 (代表)  
 7-42-23, Jindaijihigashi-machi, Chofu, Tokyo 182-0012, Japan  
 TEL + 81-422-41-3165 FAX + 81-422-41-3169

#### ● 交通案内 / Access

- JR・京王井の頭線 吉祥寺駅南口より 小田急バス・京王バス  
 [3 番乗場] 武蔵境駅南口行き (吉 01) で「三鷹市役所前」または「三鷹農協前」下車。  
 [4 番乗場] 調布駅北口行き (吉 06)  
 [8 番乗場] 調布駅北口行き (吉 14)
- JR三鷹駅南口より 小田急バス・京王バス  
 [3 番乗場] 調布駅北口行き (鷹 66) で「三鷹市役所前」または「三鷹農協前」下車。  
 [7 番乗場] 仙川行き (鷹 54) または晃華学園東行き (鷹 54)  
 [8 番乗場] 野ヶ谷行き (鷹 55) または三鷹循環 (鷹 59) で「三鷹農協前」下車。または、調布飛行場行き (鷹 58) で「海上技研前」下車。
- 京王線 調布駅北口より 小田急バス・京王バス  
 [11 番乗場] 吉祥寺駅行き (吉 14)、三鷹駅行き (鷹 66) で「航研前」、「三鷹市役所前」または「三鷹農協前」下車。  
 [12 番乗場] 吉祥寺駅行き (吉 06) で「三鷹市役所前」、または「三鷹農協前」下車。



### 施設配置図 Locations of Facilities



### 岩沼分室 Iwanuma Branch

#### ● 所在地 / Address

〒 989-2421 宮城県岩沼市下野郷字北長沼4  
 TEL 0223-24-3871 FAX 0223-24-3892  
 4, Kitanaganuma, Shimonogo, Iwanuma, Miyagi 989-2421, Japan  
 TEL + 81-223-24-3871 FAX + 81-223-24-3892



# ENRI 2023

ELECTRONIC NAVIGATION  
RESEARCH INSTITUTE

2023 要覧

---

## 令和5年度 要覧

令和5年5月22日 発行

編集兼発行 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所

研究計画課 電話 0422-41-3168  
FAX 0422-41-3186  
メール info-k@enri.go.jp

〒182-0012 東京都調布市深大寺東町7丁目42番地23

ホームページアドレス <https://www.enri.go.jp/>

印刷・製本 株式会社 日報

〒800-0215 北九州市小倉南区上曾根新町9番11号

---

Electronic Navigation Research Institute, National Institute of Maritime, Port and Aviation Technology, Japan  
7-42-23, Jindaijihigashi-machi, Chofu, Tokyo, 182-0012, Japan

- 本誌の著作権は国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所に帰属します。本誌に掲載された図等の全部または一部を複製・転載あるいはその他に利用する場合は、個人が研究、学習、教育に利用する場合を除き、当研究所の許諾を得ることが必要です。
- 本冊子は、グリーン購入法(国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律)に基づく基本方針の判断の基準を満たす紙を使用しています。
- リサイクル適正の表示：紙へリサイクル可  
本冊子はグリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準に従い、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料 [Aランク] のみを用いて作製しています。

