

電子航法研究所の研究長期ビジョン  
(2011年版) 報告書

平成 23 年 3 月

独立行政法人

電子航法研究所

研究長期ビジョン検討委員会

## 1. まえがき

独立行政法人電子航法研究所（ENRI）は昭和42年の設立以来電子航法に係わる研究を行う我が国唯一の機関として交通の安全，高度化，効率化に貢献してきた。研究所では世界の航空交通の動向，課題について把握に努め，今後は航空交通管理（ATM：Air Traffic Management）の高度化が社会ニーズに即した重要な研究課題になるとの見通しを得た。そこで，研究所では「ATMの中核的研究機関」となることを目標に平成18年度からの第二期中期計画において組織の再編成を行った。このため最近の研究課題はATM関連のものが増加し，従来のインフラ整備に係わるハードウェア指向からソフトウェア指向に移りつつある。

研究所が「ATMの中核的研究機関」となるためには，世界で現在実施されているATMに係わる研究・開発に同期または先行する研究を実施し，質の高い成果を上げて世界に発信することや，我が国に適したATMシステムを開発・提案することが重要である。また，国土交通省傘下の独立行政法人として，社会ニーズや行政ニーズに的確に応える研究を行い，社会で活用される成果を上げてその発展に貢献することが必要である。そのためには研究の基本方針，長期的方向性を把握し，それらを所内全員で共有すると共に，所外の関係者にも理解をいただいて研究実施への協力を得ることが重要であると考えた。

そこで，研究所は平成20年7月に研究長期ビジョン（2008年版）を作成し[1]，それを世界に公表して紹介に努めてきた。それによりこの長期ビジョンは航空局の「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」（CARATS）とそれに基づく整備計画策定に貢献すると共に，航空宇宙学会，宇宙航空研究開発機構（JAXA）及び新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）等で検討が進められている我が国の航空技術に係わる将来計画作成にも影響を与えつつある。また，研究所内では研究長期ビジョンを念頭に置いた研究計画が作成されており，研究の全体的方向性が統一された。

研究長期ビジョンは研究所をとりまく社会状況の変化や新たに研究所で開発された技術，知見等に応じて継続的に見直す必要がある。例えば，社会状況の変化として近年の経済発展に伴うアジア近隣諸国との航空交通の大幅増，首都圏への交通一極集中の拡大等があり，新たに開発された技術，知見としてはマルチラレーションシステムの開発・運用に伴う空港内の交通状況等がある。したがって，今回の研究長期ビジョン見直しでは，この社会状況変化や新たな研究成果等を考慮して今後の研究課題や研究の進め方等についてより具体的な検討を行っている。

また，アジア近隣諸国との交通が大幅に増加している現状を踏まえ，アジア地域を中心に世界の研究機関等と連携してこの地域におけるスムーズかつ効率的な航空交通の実現に貢献できる研究，技術開発を行うことで，研究所がアジア地域における中核的研究機関として機能できるよう努める。

## 2. これまでの経緯

### 2.1 現在の研究長期ビジョン(2008年版)の概要

平成20年7月、電子航法研究所では「電子航法研究所の研究長期ビジョン」と題する報告書を作成、公表した。この報告書では今後取り組むべき研究開発分野として、**図1**に示す5項目が設定されている。

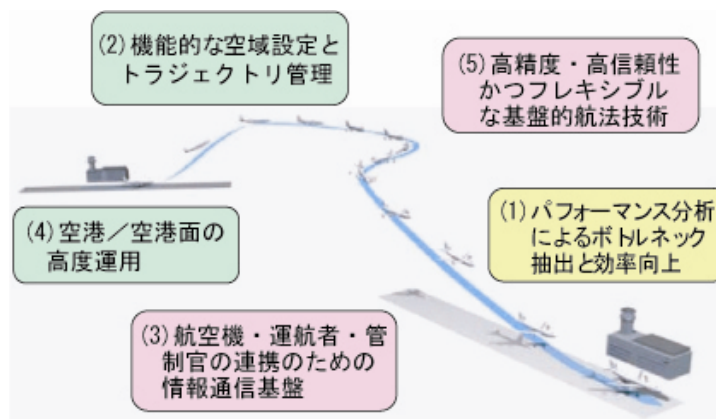


図1 設定された研究開発分野

ここで、項目(1)は航跡データ等を精密に分析し、交通のボトルネックを抽出、除去することで交通の円滑化、運航効率の向上をはかるものである。(2)は渋滞が起こりにくく、柔軟な飛行経路設定が行える空域設定や、トラジェクトリ予測モデルの開発、その活用手法等に関するものである。(3)は動的トラジェクトリ管理や航空機、運航者及び管制官の情報共有に必須である情報通信基盤の確立である。(4)は空港面内の円滑な交通管理とそれを実現するための監視・表示技術等である。そして(5)は、空港付近での高精度かつフレキシブルな飛行を可能とする高カテゴリ GBAS や MSAS のような衛星航法技術である。

研究所では上記重点分野に含まれる研究に注力することとし、現在実施中の研究課題の目的、内容、期待される成果を分類・整理して、それをもとに2020年くらいまでに研究所として取り組むべき研究課題を系統的に示した研究ロードマップを作成した。**表1**はこの研究ロードマップである。このロードマップに記載された個々の研究課題の概要については報告書で説明を加えている[1]。また、重点的ではないが研究を継続するべき課題についても述べている。このため、この長期ビジョンは研究所で今後取り組むべき研究を示すきわめて有効な指針になっている。

### 2.2 研究長期ビジョン作成後の活動

#### (1) 研究長期ビジョンの周知、広報

研究長期ビジョンに基づく研究を実施し、我が国に適した新しい ATM システムを構築するためには、所内の研究員、行政、運航者、外部研究機関、そして企業等の理解・協力

表 1 研究ロードマップ (平成 20 年 7 月)

	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	H32
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
パフォーマンス分析によるボトルネック抽出と効率向上	ATMパフォーマンス評価と分析								トラジェクトリ管理のパフォーマンス分析			
機能的な空域設定とトラジェクトリ管理	管制官ワークロード分析				ヒューマンエラー低減技術				ヒューマンファクタを考慮した安全確保			
	ターミナル空域の評価手法				機能的なターミナル空域設定				戦略的かつ統合的な空域設計と経路運用			
	洋上空域運用方式の改善				飛行経路の動的運用推進				全飛行フェーズ安全性評価と安全性向上			
	RNAV経路安全性評価				安全性解析ツールの開発				高密度空域でのトラジェクトリ管理による運航効率向上			
航空機・運航者・管制官連携のための情報通信基盤	機上監視による交通情報交換				機上監視による管制間隔維持				機上監視によるトラジェクトリ管理の補完			
	管制官用監視データリンクの開発				トラジェクトリ管理のための動体情報交換							
	航空通信ネットワーク ATN				システム間情報管理 SWIM							
	対空高速データリンク媒体の評価				航空用高速通信技術の開発							
	監視情報処理方式(センサ結合, 関連情報統合, トラジェクトリ管理対応) 電波環境, 混信・干渉問題 (各分野に共通な継続課題)											
空港/空港面の高度運用	マルチラレーション実用化				トラジェクトリ管理による空港高度運用							
	ASMGCS実用化				空港面航法の実現				CAT-IIIc GBAS実用化			
高精度・高信頼性かつフレキシブルな基盤的航法技術	CAT-I GBAS実用化				CAT-II/III GBAS実用化							
	GNSS曲線進入の要件検討				トラジェクトリ管理に整合するGBAS動的進入経路設定							
	MSAS性能向上と精密進入実用化				ABAS高度化				CAT-I ABAS実用化			

表 2 広報活動を行った主な会議等と時期

	会議, 学会等名	年月
①	長期ビジョン発表会(三鷹駅前)	20年9月
②	研究成果報告会(航空局)	20年9月
③	日本航空宇宙学会・飛行機シンポジウム	20年10月
④	韓国航法学会ワークショップ	20年10月
⑤	将来航空交通システムの調和に関するFAA及びJPDOとの第5回検討会議	20年11月
⑥	2008年航空宇宙技術韓国航空宇宙学会 日本航空宇宙学会共同国際シンポジウム	20年11月
⑦	ユーロコントロール実験センター	20年12月
⑧	ATM/CNSに関する国際ワークショップ	21年3月
⑨	日本航空宇宙学会誌	21年4月

が必要不可欠である。そこで、研究長期ビジョンとその背景となる ATM 運用概念等についてまず所内研究員、航空局への説明と周知活動を行った。続いて、多くの会議、報告会及び学会等に職員を派遣し、積極的な周知、広報活動を行った。

表 2 は広報活動を行った主な会議等とその時期である。この中で①は、長期ビジョンに賛同し今後の研究協力が期待できる近在の研究機関、企業等を見いだすことを一つの目的として三鷹駅近くで開催したものである。⑧は電子航法研究所主催の ATM/CNS 国際ワークショップ (EIWAC) で、研究長期ビジョンの考え方、今後の方針等を中心に紹介し、300 名を超える国内外からの参加者に広報することができた[2]。

(2)研究企画、評価への活用

この長期ビジョンは研究所の研究計画立案や評価にも活用されている。例えば、平成 21 年度新規研究計画作成時には、計画が表 1 の研究ロードマップに含まれるかどうかを評価材料とした。その結果、平成 21 年度着手の課題はいずれも研究ロードマップの範疇に収まるものとなり、研究全体が長期ビジョンの方向性に沿ったものに集約されつつある。

### (3)航空関係諸機関における将来計画作成への貢献

航空局は現行の航空交通システムの大胆な変革をめざし、平成 21 年度「将来の航空交通システムに関する研究会」を設置し、その討議結果を「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」(CARATS: Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems)としてとりまとめた[3]。研究所は諸外国の最新技術資料、研究所の研究成果等の提供や研究会への委員、事務局員の派遣等を通してこの研究会を全面的に支援し、その結果、CARATS の多くの項目で研究長期ビジョンの考え方やデータ等が参照されている。

航空局はこの研究会活動に引き続き、平成 22 年度 CARATS に基づく将来の航空交通システム構築のための整備計画等策定をめざし「将来の航空交通システムに関する推進協議会」とその作業グループ(W/G)を設置し、活動している。研究所ではこの協議会と W/G 活動にも多くの研究員を派遣して具体的なシステム構築計画等の作成に貢献している。

航空分野における将来計画の作成は、航空宇宙学会、JAXA 及び NEDO 等も進めている。研究所ではこれら機関の将来計画作成活動に研究員を参加させ、研究長期ビジョン作成の過程で得られた情報、知見等の提供を通して活動を支援している。その結果、NEDO の平成 21 年度報告ではこれまで含まれていなかった「次世代航空交通システムの実用化」という航空交通に係わる課題が追加され、今後の技術開発に活かされることとなった。

## 3. 研究長期ビジョンの見直し

### 3. 1 見直しの考え方

現在の研究長期ビジョンの「まとめ」には、研究所をとりまく社会状況の変化に応じた長期ビジョンの継続的見直しの必要性が述べられている。また、現在の長期ビジョンは平成 18 年度から 20 年度初めまでの国際動向や社会ニーズの調査・検討に基づき作成されており、その後得られた知見や開発／導入された技術等は考慮されていない。さらに、現在の研究ロードマップでは、研究課題相互の関連や短・中・長期的ターゲットが明確でないところがあり、長期ビジョンの見直しによりこれら課題に対応することが望ましい。

そこで、平成 21 年 4 月研究企画統括を委員長とする長期ビジョン検討委員会が再編成され、現在の長期ビジョンを見直すことになった。委員会では、この見直しの基盤として(1)最近の社会状況の変化と課題、及び(2)世界の技術開発動向と研究所で得られた新たな知見、開発／導入された新技術、の調査、確認及びそれに基づく具体的課題、短・中・長期目標の提示を行うことにした。

### 3. 2 見直しの基盤となる情報

#### (1)最近の社会状況の変化と課題

航空に係わる最近の主な社会状況変化として以下があげられた。

- ・羽田、成田空港の拡張と運用開始
- ・アジア等の日本近隣諸国と日本間の航空交通量の急速な増大

- ・航空局の「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」(CARATS) 策定
- ・高速鉄道の整備進展に伴う交通分野での競争の激化

これらに伴い、最近我が国で顕著になった課題として以下があげられた。

- ・首都圏空港への一極集中の進展

図2は最近の国内線の路線数と1路線あたりの年間平均運航回数である[4]。この図は路線数の減少、1路線あたりの運航回数増加傾向を示しており、航空交通が幹線及び主要空港とその周辺に集中する傾向が強まっていることを示している。図3は羽田空港、大阪の空港(伊丹、関西空港)及びその他の空港における1978年度から2008年度まで10年ごとの旅客数である[5]。2008年度羽田空港を利用した旅行者数は約6000万人と航空利用者総数の約67%にのぼり、1978年度の同1800万人、約50%と比べ、大幅に増加している。これらから、国内線では羽田空港とその周辺空域及び主要幹線への交通の一極集中が進んでいるといえる。

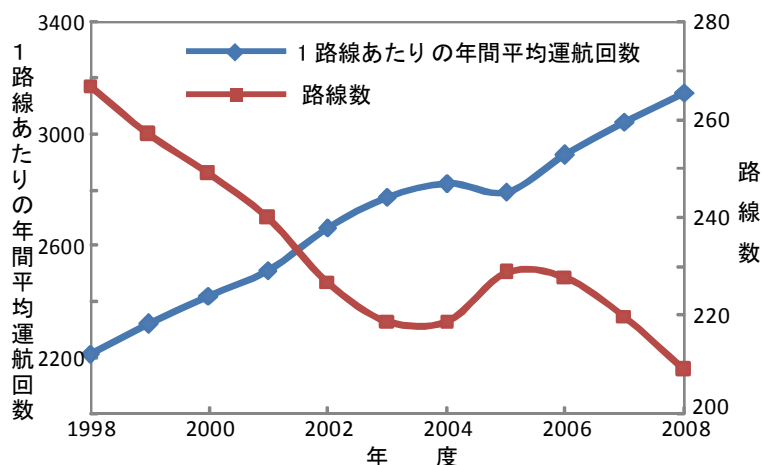


図2 国内線の路線数と1路線あたりの平均運航回数

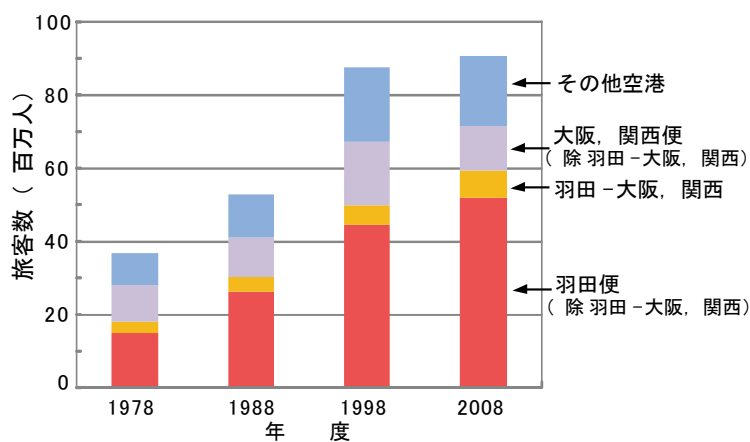


図3 羽田, 伊丹, 関西空港及びその他空港の旅客数

・上空通過機及び国際線の増加

図4は、1997-2007年間の我が国の国内線、国際線及び上空通過機の飛行回数と増加率を示したものである[6]。飛行回数の増加率（1997年を1とする）は上空通過機、国際線そして国内線の順で、2007年の上空通過機数は1997年の2.3倍になっている。これは、日本周辺のアジア諸国からアメリカ大陸等への直行便が大きく増加していることを意味している。また、国際線の増加率も高い。国内線については、図5のように旅客数は増加していないが、飛行回数は増加している。これは、我が国においても航空機の小型化、多頻度運航が進みつつあることを意味している。

なお、この交通量は羽田、成田空港の拡張に伴って最近日米オープンスカイ協定等の締結が行われたことから、今後更なる増大を見込む必要がある。

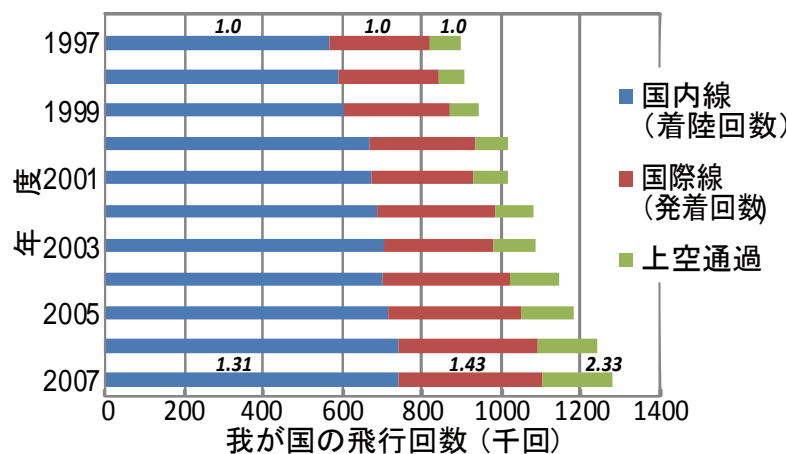


図4 我が国の国内線、国際線及び上空通過機の飛行回数と増加率

・交通分野での競争の激化と交通分担

図5は1996-2008年間の国内航空と高速鉄道（新幹線）の旅客数推移である[7]。新幹線の旅客数は国内航空の3倍程度で増加率は新幹線の方が大きい。一般に高速鉄

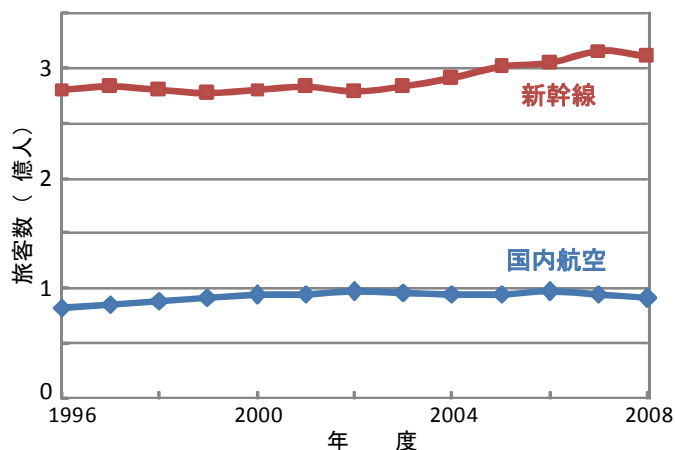


図5 国内航空及び新幹線の輸送旅客数推移

道と航空の競合する区間において航空が優位となる輸送距離は 750km（東京－岡山間）程度以遠との報告がある[8]。我が国では新幹線の延伸とさらなる高速化が進みつつあり、新幹線が優位となる領域は今後さらに広がる可能性がある。

一方、高速鉄道は上述した航空の首都圏一極集中による混雑や地球温暖化の緩和に寄与していると考えられることから、国内交通における航空と高速鉄道との適切な競争と交通分担については、今後検討すべき課題と考える。

## (2) 世界の技術開発動向と研究所で得られた新たな知見，開発／導入された新技術

### ・世界の技術開発動向（NextGen，SESAR）

NextGen は米国の航空交通システム高度化をめざす大規模プロジェクトである。最近の NextGen の技術開発資料等から、既存資産を最大限活用して中期的目標、例えばターミナル空域、最終進入段階、そして空港面での混雑緩和等を達成するための活動が進められている [9]。

SESAR は欧州域内航空交通の円滑化をめざす大規模プロジェクトである。最近の SESAR の資料から、SWIM 関係と相互共用性促進に係わる技術開発が積極的に進められている [10]。

### ・MLAT（マルチラレーション）による空港面の航空機走行データ

我が国の主要空港では、MLAT 運用によって空港面の航空機、車両等の走行状況が精度良くかつ高いデータ更新率で観測できるようになった[11]。研究所ではこのデータをもとに空港面内の交通流分析を行っており、今後のボトルネック対策や将来交通予測、ひいては空港面内の混雑緩和に貢献する研究の実施が可能となった。

### ・航空機の動態情報取得機能（DAPS）を有する SSR モード S の開発

研究所で最近開発された動態情報取得機能を有する SSR モード S を用いると、機上の FMS に記録されている飛行予定情報（動態情報）が地上にダウンリンクされ、空地で共有できるようになる。これを利用することで軌道予測精度が大幅に向上し、将来のトラジェクトリ運航に係わる研究の促進が容易となった[12]。

### ・航空用周波数帯域における電波環境データ

今後空地データリンク高速化、監視機能高度化及び衛星航法システムの完全性向上等をめざすとき、航空用無線周波数帯域の使用頻度が大幅に増加し、電波の混信・干渉による CNS システムの性能、信頼性低下の恐れがある。研究所では航空用無線周波数帯域の電波を高速、高精度に測定する装置を開発し、主要空域の電波環境データを収集した[13]。これにより CNS システムの電波的性能評価が容易となり、新しい ATM システム構築に関する研究の発展が期待できる。

### ・低緯度地域を含む広範な電離圏観測データ

GNSS からの電波が電離圏で屈折、散乱等を受け、ひいては位置情報の精度、信頼性低下に結びつくことはよく知られている。この電離圏の影響は低緯度地域で大きく

なることから、当該地域での GBAS, SBAS システム実用化の大きな障害となっている。研究所では東南アジア地域の電離圏観測機関等との連携を深め、低緯度地域を含む広範な電離圏データの蓄積、分析をすすめており[14]、GBAS, SBAS システムの性能に関する研究の促進とその全世界での活用が期待できる。

### 3. 3 実施すべき課題の具体化, 短, 中, 長期目標の設定

航空交通の長期的目標は「遅延のないスムーズかつ効率的な運航の実現」であるため、現在の長期ビジョン報告書では「飛行すべきトラジェクトリの決定」、「それと実際のトラジェクトリとの乖離の極小化」に重点化した研究ロードマップを提示している。しかし、最近の社会状況変化によって、世界的には以下を重視する必要性が述べられている。

- ・短・中期的目標実現に向けた具体的技術開発の強化
- ・現行技術で対応できる新しい運航方式の提案, 評価
- ・重要かつ研究実施機関が得意とする課題への資源集中

これらと研究所で得られた新たな知見, 技術開発成果等を考慮すると、今後以下に係わる課題について重点的に研究する必要があると考えられる。

- ・首都圏空港付近／空港面での混雑低減, 容量拡大
- ・上空通過機と国内離着陸機の円滑な運航と共存
- ・交通量を増加させた環境下での定時性の維持, 向上
- ・衛星航法システムの運用拡大
- ・燃料節減等に寄与する運航の効率化
- ・既存技術で達成しうる ATM の高度化

これらの課題に取り組む際の短・中及び長期的目標として、新たな知見, 開発／導入された新技術等と共に研究の継続性, 研究資源の活用等をも考慮して、概ね以下のような設定を行うことが望ましいと考える。

- ・短期的目標：現在の航空路, 空港付近及び空港面での広範囲かつ高精度な交通流分析・評価及びそれを可能とする技術開発, GBAS など実用化に近いシステムの評価
- ・中期的目標：交通流分析・評価に基づく上記課題の解決策提案, 理論的検証
- ・長期的目標：提案した解決策実現のためのソフトウェア, ハードウェア技術の開発, 評価, 実用化支援等

以上の目標の達成をめざして現在の研究長期ビジョンの見直し, 研究ロードマップの改訂を行った。

## 4. 改訂版研究ロードマップ

研究長期ビジョンの見直しと改訂版ロードマップ作成に際して以下の点に留意した。

- ・重点化するべき研究課題の絞り込み
- ・研究課題等分類の見直し

- ・複数の研究課題間の関連性配慮
- ・短期、中期及び長期目標の明白化

図6に改訂版研究ロードマップを示す。このロードマップでは、2010年から2022年までに実施すべき研究開発とそれにより期待される代表的効果について「飛行中の運航高度化」(航空路の容量拡大)、「空港付近での運航高度化」(混雑空港の処理容量拡大)そして

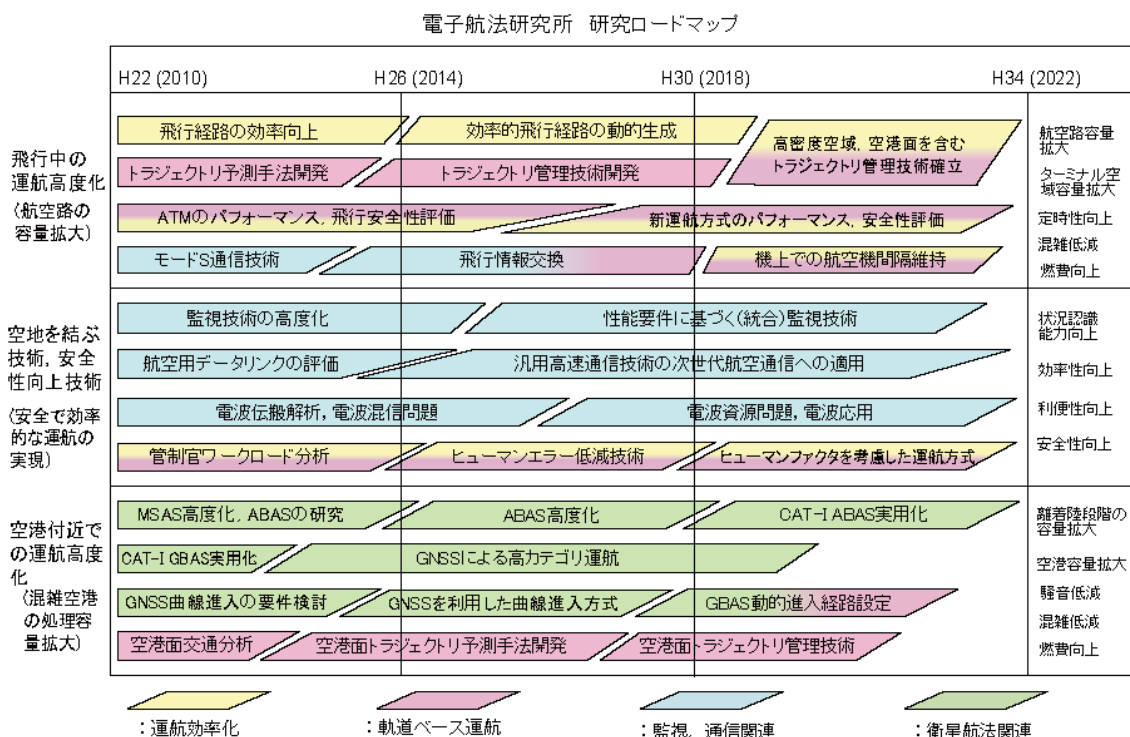


図6 見直し後の電子航法研究所研究ロードマップ

て、「空地を結ぶ技術、安全性向上技術」(安全で効率的な運航の実現)の三分野に大別している。まず「飛行中の運航高度化」では、主に航空路の容量拡大、運航効率向上、定時性向上等をめざすため、効率的飛行経路設定、高精度軌道予測及びATMパフォーマンス分析に基づくボトルネック抽出等に係わる研究を行う。「空港付近での運航高度化」では、主に空港付近及び空港面での容量拡大、混雑低減及び騒音低減等を図るため、GBAS等衛星航法システムの導入、曲線進入方式の設定及び空港面交通流分析に基づくボトルネック抽出等に係わる研究を行う。「空地を結ぶ技術、安全性向上技術」とは、効率的な運航の実現に必要な不可欠な空地の情報共有、協調的意志決定等のための空地データリンクや高度監視技術、それらの基礎となる電波伝搬、混信等の研究及び安全性向上のためのヒューマンファクタ等に係わる研究である。

この改訂版研究ロードマップを現在の研究ロードマップ(表1参照)と比較すると、現在のその研究開発分野数は「パフォーマンス分析によるボトルネック抽出と効率向上」等5、研究課題数は16(平成21年度)であるのに対し、改訂版の研究開発分野数は3、

研究課題数は12にまとめられている。また、「定時性向上」等研究によって期待できる効果について、ロードマップの右端部分に記載している。さらに各研究課題について、その内容をもとに「運航効率化」、「監視、通信関連」等の色分けを行って、それぞれの性格、目的等の表示を工夫した。なお、ロードマップに記載された各研究課題と期待される成果の概要は付録1に記載している。

図7は、研究課題の間の関連と我が国の主な課題解決に役立つと期待される研究を示す追加説明図である。この図によって各研究課題の関連、一つの研究成果が活用される他の

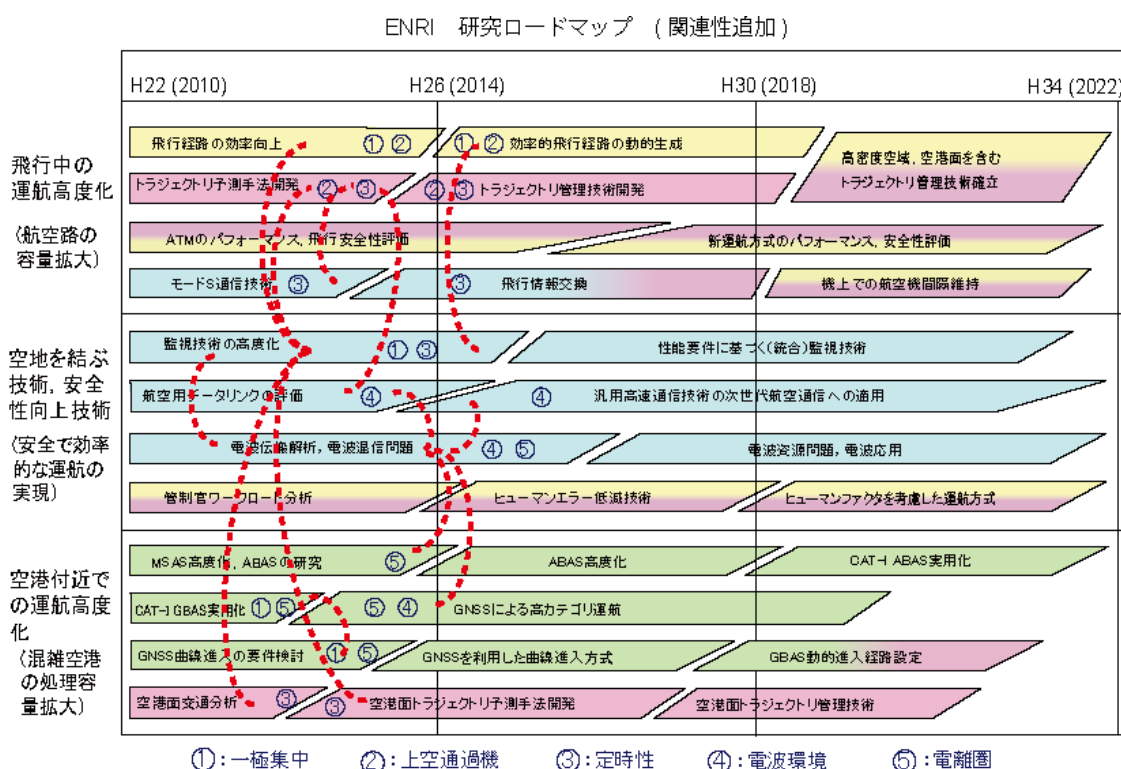


図7 見直し後の電子航法研究所研究ロードマップ (研究の関連性、我が国の主な課題解決に役立つ研究の記載追加)

研究課題等が明らかになると共に「一極集中」など我が国の主な課題に対応するための研究を丸数字により示している。また、大部分の研究課題は他の研究と関連し、一つの課題の成果が他の研究の進展に結びつくことが容易に理解、説明できる。例えば、①「一極集中」を解決するためには我が国の首都圏空域、空港付近の交通を精度良くかつ高頻度で監視できるような監視技術の高度化が必要であり、着陸進入時の混雑低減や騒音低減等のためCAT I GBASの実用化とそれに基づくGNSS曲線進入をめざす研究や飛行経路の効率向上に係わる研究等が重要となる、と理解できる。

付録2は航空局の「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」(CARATS)で提案されている施策例である。CARATSでは、「軌道ベース運用の実現」など8項目の変革

の方向性と約 35 の施策案が提示されている。研究所の研究ロードマップ（図 6）に記載された研究課題は、研究員数の制限等から、CARATS のすべての施策案に応えることができるわけではないが、多くの施策案推進に貢献することをめざしたものとなっている。

## 5. まとめ

最近の社会状況変化、新たに得られた知見、技術等を反映するため、現在の研究長期ビジョンの見直しを行った。今回の見直しは平成 21 年 4 月に着手し、短・中及び長期的な研究目標の明白化、重点化するべき研究課題の絞り込み、研究課題間の関連性の明白化、そして我が国が直面する課題への適切な対応等を重視した。今後この改訂版長期ビジョンに基づき長期的視点に立って研究、開発に取り組んでゆく。研究課題の設定に際しては、ここで示した研究ロードマップを参考に、将来の航空交通システム高度化に貢献するための具体的な研究の道筋を示すことができるよう留意したい。

以上に加え、今後研究所は「アジア地域における ATM の中核的研究機関」となることをめざすことから、研究員の「研究力」向上が必須、との視点も今回の見直しでは取り入れられている。研究力の向上には一つの課題に長期的視点で取り組めることが重要と考えられることから、本見直しでは研究ロードマップに記載されたそれぞれの研究課題の継続性についても留意した。

今回の研究長期ビジョンには含まれていないが、今後の航空交通システム高度化のため必要と考えられる研究、技術開発課題は数多い。これは、研究員数、研究員の専門性及びこれまでの研究実績等を考慮すると研究所で実施できる研究分野や課題数には限りがあるためである。しかし、研究所で実施している研究の促進や成果の活用等のため必要と考えられる研究課題については、当該研究に係わる知見を有し、研究開発を遂行しうる世界の研究機関等との連携により実施し、要望に応えられるよう努めたい。

取り組むべき研究課題は研究所をとりまく社会状況等に大きく左右されるので、研究長期ビジョンの見直しと軌道修正は、今後も引き続き実施することとしたい。

## 参考文献

- [1] 電子航法研究所，“電子航法研究所の研究長期ビジョン”（2008 年版），  
[http://www.enri.go.jp/news/osirase/pdf/choki\\_ver1\\_1.pdf](http://www.enri.go.jp/news/osirase/pdf/choki_ver1_1.pdf)，2008 年 7 月
- [2] Nagaoka S., “ENRI’s R&D Long-term Vision,” Proceedings of ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC 2009, Japan), vol.1, (ISSN2185-1334), March 2009, pp.13-17.
- [3] 将来の航空交通システムに関する研究会（航空局），“将来の航空交通システムに関する長期ビジョンー戦略的な航空交通システムへの変革ー”，  
[http://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_CARATS.html](http://www.mlit.go.jp/koku/koku_CARATS.html)，2010 年 9 月

- [4] 国土交通省, “平成 21 年度国土交通白書”, pp. 126, 平成 22 年 4 月
- [5] 国土交通省, “平成 20 年度航空輸送統計年報, 第 10 表 国内定期航空空港間旅客流動表 (年度)”, 平成 21 年 4 月
- [6] 国土交通省, “平成 18 年度幹線旅客流動調査報告書”, pp.IV-37 - IV-38, 平成 19 年 3 月, “鉄道輸送統計調査年報”, 平成 20 年度分, “航空輸送統計調査年報”, 平成 20 年度分
- [7] 国土交通省, “平成 20 年度国土交通白書”, pp. 58 - 59, 平成 20 年 4 月
- [8] 国土交通省, 航空局・保安企画課, “我が国の航空交通システムの現状と課題”, pp. 27, 平成 21 年 4 月
- [9] Ward D., “NextGen Effort and Global Interoperability”, EUROCAE Symposium and General Assembly, May 2010.
- [10] D. Bowen, “SESAR and Standards (Evolving the European ATM system in the Global context)”, EUROCAE Symposium and General Assembly, May.
- [11] 林一夫 他, “成田国際空港マルチラレーション監視システムの導入評価”, 平成 21 年度電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.103-108, 平成 21 年 6 月
- [12] 瀬之口敦, 古賀禎, 上島一彦, “SSR モード S による航空機動態情報の取得について”, 平成 22 年度電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.47-50, 平成 22 年 6 月
- [13] 小瀬木滋, 大津山卓哉, 古賀禎, “航空無線航法用周波数の信号環境測定とその応用”, 平成 20 年度電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.101-104, 平成 20 年 6 月
- [14] 齋藤享, 坂井丈泰, 藤井直樹, “GNSS 高度利用のための低緯度電離圏異常監視”, 平成 22 年度電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.31-34, 平成 22 年 6 月

付録1 研究ロードマップ記載研究課題の概要

(短期)

時期	課題名	概要	成果
短	飛行経路の効率向上	ターミナルや洋上を対象として飛行経路の効率向上手法を検討する。	空域の有効利用により航空機運航の効率を向上させる。
短	トラジェクトリ予測手法の開発	航空機のトラジェクトリを予測するモデルを開発し、実飛行データを使用して評価する。	航空機の高精度な位置予測を可能とする。
短～中	ATMのパフォーマンス	運航実績データから ATMのパフォーマンスを測定し、分析手法とそれに使用するパフォーマンス評価システムを開発する。	ATM の性能について客観的・定量的把握を実現する。
短～中	飛行安全性評価	RNAV/RNP 経路などを対象として安全性評価手法を開発する。	RNAV/RNP 経路などの安全性評価を可能とする。
短	モードS通信技術	普及したモードSトランスポンダを活用する監視情報の通信技術を改良する。DAPS, 拡張スキッタ方式ADS-B, 空対空モードSクロスリンクなど課題整理と対策手法を開発する。	既にほとんどの航空機に搭載されているモードSトランスポンダを有効活用し、経済的な運航の高度化支援技術を確立する。
短～中	監視技術の高度化	新しい運用方式に対応できる監視技術を開発改良する。SSR, WAM, ADS-B/TIS-B, MS-PSRなど性能バランスが異なるシステムを性能要件に応じて組み合わせるための開発改良を行う。	新しい運用方式の性能要件や安全性要件から監視システムの技術性能要件を求める基礎技術を開発する。
短	航空用データリンクの評価	近い将来に導入可能性のある各種航空用データリンクについて性能評価する。	航空用データリンクの我が国への導入・移行・運用などに際しての技術的課題を解決する。
短～中	電波伝搬解析・電波混信問題	新無線システムの共通課題である電波伝搬と混信の対策技術を開発する。	新旧システムの周波数共用実現のため、電波伝搬と混信に関する評価技術を開発・改良し、混信防止と円滑なシステム導入を実現する。この技術は、今後の無線システムの信号設計、開発・改良の基礎となる。
短	管制官ワークロード分析	教育訓練などで活用するため、管制官のパフォーマンスを測定し、可視化する手法を開発する。	航空管制官の訓練の合理化を可能とする。
短	MSAS 高度化、ABAS の研究	GPSを用いた航空保安無線システムであるMSASについて、性能向	MSAS による精密進入を可能とする。

		上を図る。また、より簡易な補強方式であるABASについて、期待できる性能を明らかにする	ABAS の利用にあたり期待できる性能及び問題点を明らかにする。
短	CAT-I GBAS の 実用化	CAT-IGBASの実用化を目指し、必要となる安全性解析手法の獲得とインテグリティ要件確保のため電離層などの脅威に対する方策（インテグリティモニターアルゴリズム）を開発する。	GNSS による CAT-I 精密進入が実現出来、ILS からGNSS への転換を可能とする。
短	GNSS 曲線進入 の要件検討	GBAS等で将来実現可能とされる曲線経路による精密進入方式を検討する。具体的には、GBASの特性を反映した障害物間隔要件の検討など実現に向けて必要な検討を行う。また、曲線経路による精密進入導入のフェージビリティについて調査する。	GNSS の特長を活かしたフレキシブルな経路設定による精密進入の実現により、混雑空港の処理能力を向上させる。
短	空港面交通分析	航空機の地上走行の分析を行い、空港面における交通渋滞の原因を検討する。	空港面における交通渋滞解消のための指針を得る。

(中期)

時期	課題名	概要	成果
中	効率的飛行経路 の動的生成	航空機の運航効率を向上するため、運航者ニーズを反映した動的な経路を国内空域において運用する手法を開発する。	航空機の運航効率を向上させる。
中	トラジェクトリ 管理技術開発	トラジェクトリ予測モデルを、管制支援機能や航空交通流管理に活用する手法を開発する。	予測性・効率を向上させる。
中	飛行情報交換	航空機と地上間でFMS 情報やその調整要求の交換を実現するため、管制官用情報交換システムやデータリンクを開発する。	高精度なトラジェクトリ管理を可能とする。
中～長	性能要件に基づく(統合)監視技術	新しい空域運用のための監視技術統合手法を研究する。	運用方式や運用環境が異なる空域で性能要件を満たす最適な監視システムを経済的に実現する。新しい運用方式に対応する監視システムを経済的に実現する。
中～長	汎用高速通信技術の次世代航空通信への適用	航空で要求される通信量は今後爆発的に増加すると考えられるため、汎用高速通信技術を利用しインターネットクラスのデータを処	航空通信のボトルネックであるデータリンクを高速大容量化することで、インターネットクラスのデータ流量

		理できる航空用大容量データリンクを開発する。	にも耐えられ、航空機上でも快適なネット環境を提供する。
中～長	電波資源問題・電波応用	有限な電波資源をCNS無線機器に有効活用するための電波応用手法を開発する。	新旧の CNS 無線機器を周波数共用しつつ性能を向上させる手法を開発する。既存または開発導入中の無線システム改良やさらに長期的な無線システム開発改良の基礎になる。
中	ヒューマンエラー低減技術	管制官のヒューマンエラーを低減するため、タスクを分析する手法を開発する。	運航の安全性を向上させる。
中	ABAS 高度化	利用可能な測位衛星の増加に対応したABASの高度化について検討する。	ABAS の性能を改善し、広範囲な利用を可能とする。
中	GNSS による高カテゴリー運航	CAT-III気象条件下でもGNSSを使用して滑走路に安全に着陸するためのCAT-IIIGBASを開発する。	GNSS により、全てのフライトフェーズでの運航を可能とする。ILS から GBAS への転換が進み、GNSS の特長を活かした新しい様々な運航方式を導入して混雑空港の処理能力を高める。
中	GNSS を利用した曲線経路による進入方式	GBASを利用した曲線経路による着陸進入に対応した機上装置の開発を目指して、航空機的能力を活用した効率的な曲線経路による着陸進入に関する研究開発を行う。	GBAS により従来の ILS 進入では実現できない曲線進入方式を可能として、進入経路設定の自由度を向上させる。
中	空港面トラジェクトリ予測手法開発	トラジェクトリの一部となる空港面走行時間を予測するモデルを開発し、実飛行データを使用して評価する。	空港面の運航における予測性・効率を向上させる。

(長期)

時期	課題名	概要	成果
長	高密度空域、空港面を含むトラジェクトリ管理技術確立	航空交通量が多い高密度空域を含むすべての局面においてトラジェクトリ管理の実現を目指す。	容量・効率を向上させる。
長	新運航方式のパフォーマンス	トラジェクトリ管理などを対象としたパフォーマンス評価手法を開発する。	より多角的な ATM の性能について、客観的・定量的な把握を実現する。
長	新運航方式の安全性評価	トラジェクトリ管理などを含めた安全性評価手法を開発する。同時	トラジェクトリ管理等が導入される場合、事前事後の安

		に空域の安全性評価手法の標準化を進める。	全性評価を可能とする。定性的安全性の評価手法を含めて、標準化により効率的な評価が実現する。
長	機上での航空機間隔維持	航空機間で自律的に間隔を維持する手法を開発する。	容量・効率が向上する。CO <sub>2</sub> 排出量を削減させる。
長	ヒューマンファクタを考慮した運航方式	管制官のヒューマンファクタを考慮したシステムを開発するための要件を求めることにより、安全性などを向上する。	安全性を向上させる。
長	CAT-I ABAS 実用化	ABAS方式による精密進入の実現について検討する。	ABAS による精密進入を可能とする条件を明らかにする。
長	GBAS 動的進入経路設定	現在のGBASの経路データ仕様は、ILSのように進入経路はある程度の期間固定することを想定し、航空機に応じて経路を設定するなどの機能は無い。トラジェクトリベース運航のツールとしてGBASの機能を活用するための要件について検討を行う。	GBAS の活用による着陸進入段階における 4D トラジェクトリ・ベース運航の実現可能性を明らかにする。
長	空港面トラジェクトリ管理技術	トラジェクトリの一部となる空港面走行時間を制御する手法を開発する。	包括的なトラジェクトリ管理を実現する。

## 付録2 CARATS に提示されている施策例

変革の方向性	短期	中期	長期
1 軌道ベース運用の実現	①飛行フェーズにおける時間管理の導入 ②降下フェーズにおける軌道ベース運用の導入	③3.5次元軌道ベース運用の実現 (特定地点の通過時刻を指定した軌道ベース運用) ④空港面における時間管理の段階的な導入	⑤4次元軌道ベース運用の実現 (全軌道上で4DT実現、動的な軌道修正)
2 予見能力の向上	①気象予測情報の活用促進	②機上観測データの活用による気象予測精度の向上	③機上における気象予測情報の活用
	④軌道ベースでの交通量と容量の適合性の予測		
3 性能標準型の運用の促進	①広域航法の全国展開 (RNAV/RNP、RNP-ARの導入)	②高精度なRNPによる空域の有効利用 (RNP2等) ③時間軸精度を含む性能標準型航法(4D-RNAV)	④柔軟な最適飛行軌道の実現 (航空路やFIXにとられないランダム経路)
4 全飛行フェーズでの衛星航法の実現	①低高度空域における航法サービスの提供 (GNSSの活用)	②衛星を用いた精密進入の実現 ③曲線精密進入の実現による柔軟な経路設定	
5 地上・機上での状況認識能力の向上	①空港面及びブラインドエリアの監視能力の向上 (マルチラダーレション、広域マルチラダーレション)	②地上・機上の連携による状況認識能力の向上 (航空機動態情報、管制情報等の活用)	③空対空監視による状況認識能力の向上 (機上での間隔保持)
6 人と機械の能力の最大活用	①管制支援機能の高度化 (中期コンフリクト回避、順序づけ支援等) ②定型通信の自動化による処理能力向上 (データリンクの導入)	④管制支援機能(機上との連携を含む)の高度化 ⑤人と機械の役割分担 (定型処理の自動化の推進)	⑥4DTのための管制支援機能の拡張 ⑦人と機械の役割分担 (自動化システムにより、人間は監視業務が中心)
7 情報共有と協同的意志決定の徹底	①空港における関係者間の情報共有 (空港型CDM)	③空域の共通利用者間でリアルタイムに情報共有、 協同的訓練空域調整 ④いつでも必要な情報にアクセスできる ネットワーク(SWIM)の構築	⑤国際的情報共有・協同的意思決定(国際ATM等)
8 混雑空港及び混雑空域における高密度運航の実現	②動的な空域管理による空域の有効活用 (可変セクター、訓練空域の動的な管理)	③高精度なRNPによる経路間隔短縮 ④柔軟な経路設定による容量拡大と騒音軽減の両立 (曲線精密進入)	⑤4次元軌道ベース運用による高密度運航

(※1) 事業着手に当たっては、施策毎に費用対効果を精査し判断する。

(※2) 代表的な施策例を挙げているが、これに限るものではない。

(※3) 短期、中期、長期の区分はあくまで目安であり、技術進歩、状況の変化等により、変更になる可能性がある。

実施時期はそれぞれの施策の開始時期を示しており、当該区分の期間中のいずれかに開始するものであり、当該期間の間に完結することを示しているわけではない。

付録3 略語説明（アルファベット順）

<p>ABAS</p>	<p><b>Aircraft-Based Augmentation System</b>          (機上型補強システム)          航空機の機上システムで衛星航法の補強を行うシステム。航空機に搭載した受信機単体で衛星航法の信頼性を高めるもので、複数のGPS衛星から得たデータから、GPS衛星の異常を検出する。</p>
<p>ADS-B</p>	<p><b>Automatic Dependent Surveillance - Broadcast</b>          (放送型自動従属監視)          航空機が衛星情報を利用して自ら測位した精度の高い位置などの情報を自動的に放送する機能。放送する機器(方法)別に3種類の方式があるが、一般的には、大型機用の1090MHz拡張スキッタを用いるものと、小型機用のユニバーサルアクセストランシーバ(UAT)を使用するものがある。</p>
<p>ASMGCS</p>	<p><b>Advanced Surface Movement Guidance and Control System</b>          (先進型地上走行誘導管制システム)          航空交通量の多い空港や低視程状態で運航が行われる空港において、安全な走行間隔の確保や滑走路への誤進入防止等に必要なガイダンスを提供するシステム。</p>
<p>ATN</p>	<p><b>Aeronautical Telecommunication Network</b>          (航空通信網)          機上通信システム、空地データリンク、地上通信システム間を相互に接続して航空通信用インターネットを構築し、ユーザ端末間における通信(エンド・トゥ・エンド通信)を行うとき、ユーザ側が伝送路等を意識せずに効率的かつ経済的にデータ通信が行える通信網。</p>
<p>CNS</p>	<p><b>Communication, Navigation, Surveillance</b>          (通信、航法、監視)          航空機の円滑かつ安全な運航を可能にするための基本技術である通信、航法、監視。</p>
<p>DAPS</p>	<p><b>Downlink Aircraft Parameters</b>          (動態情報ダウンリンク)          地上において選択高度、対地速度、対気速度などの詳細な情報を取得可能とするデータリンク応用の一つとして1990年代に欧州において提案された動態情報の取得技術。</p>

FAA	<p><b>Federal Aviation Administration</b></p> <p>(連邦航空局)</p> <p>米国の航空行政機関</p>
GBAS	<p><b>Ground-Based Augmentation System</b></p> <p>(地上型補強システム)</p> <p>航空機の着陸のために地上無線局によって補強されたGNSSを用いた航法システム。</p>
GNSS	<p><b>Global Navigation Satellite Systems</b></p> <p>(全地球的航法衛星システム)</p> <p>国際民間航空機関において次世代航空航法管制システムの構想に基づき、GPSなどの人工衛星を利用した航法システム。</p>
ILS	<p><b>Instrument Landing System</b></p> <p>(計器着陸装置)</p> <p>着陸進入する航空機に対して、空港・飛行場付近の地上施設から指向性誘導電波を放射し、視界が悪いときでも安全に滑走路上まで誘導する計器進入システム。</p>
JPDO	<p><b>Joint Planning and Development Office</b></p> <p>(共同計画開発局)</p> <p>FAA、NASAのほか複数の省庁の職員が参加する米国の航空交通の国家ビジョンの作成と実現のために設置された組織。</p>
MSAS	<p><b>MTSAT Satellite-based Augmentation System</b></p> <p>(運輸多目的衛星用衛星航法補強システム)</p> <p>地上に広範囲に設置した衛星信号受信機(基準点)で計測されたデータから得られる測位誤差情報を国土交通省の運輸多目的衛星(MTSAT)を経由して航空機に提供するシステム。なお、測位誤差情報伝送に静止衛星を利用する同様のシステムは世界的にはSBAS(Satellite Based Augmentation System)と呼ばれ、MSASはSBASの一種。</p>
MS-PSR	<p><b>Multi-Static Primary Surveillance Rader</b></p> <p>(多局監視一次レーダ)</p> <p>航空機からの反射波を複数点で受信して航空機の位置を算出する次世代型1次レーダ。専用の送信機を有するものから、地上デジタル放送等の既存の電波を利用するものまで、いくつかの方式が研究されている。</p>
NextGen	<p><b>Next Generation Air Transportation System</b></p> <p>米国の次世代航空交通システムの構想。</p>

RNAV	<p><b>Area Navigation</b></p> <p>(広域航法)</p> <p>航法援助施設の覆域内もしくは機上航法装置の能力の限界内、又はこれらの組合せで、任意の飛行経路を飛行する航法。</p>
SBAS	<p><b>Satellite Based Augmentation System</b></p> <p>(静止衛星型衛星航法補強システム)</p> <p>地上に広範囲にわたりGPS受信機(基準局)を設置し、各点の測定データを解析して、GPS誤差補正情報やインテグリティ情報などを静止衛星を介して航空機に提供するシステム。</p>
SESAR	<p><b>Single European Sky ATM Research</b></p> <p>欧州の次世代航空交通システムの構想</p>
SWIM	<p><b>System-Wide Information Management</b></p> <p>(統合情報管理)</p> <p>ステークホルダー間で安全でかつ円滑な交通流や空域の有効活用を図り、航空機の運航や空港の安全運用を実現するため、情報共有を強化し、必要な情報を必要な時に利用できる環境。SWIMの導入により、結果として情報の共有にかかるコストを縮減する効果がある。</p>
TIS-B	<p><b>Traffic Information Service – Broadcast</b></p> <p>(放送型交通情報サービス)</p> <p>地上の航空官署が把握した航空交通情報を放送する機能。</p>
WAM	<p><b>Wide Area Multilateration</b></p> <p>(広域マルチラテレーション)</p> <p>マルチラテレーション技術を用いて、飛行中の航空機を監視するシステム。受信空中線の数および配置で、自由に監視範囲を設計できるメリットがある。</p>

#### 付録4 長期ビジョン検討委員会の開催状況

第1回	平成21年4月28日	第12回	平成22年2月12日
第2回	平成21年6月4日	第13回	平成22年3月5日
第3回	平成21年7月9日	第14回	平成22年4月9日
第4回	平成21年8月6日	第15回	平成22年5月17日
第5回	平成21年9月10日	第16回	平成22年6月25日
第6回	平成21年10月2日	第17回	平成22年8月2日
第7回	平成21年10月15日	第18回	平成22年9月13日
第8回	平成21年10月30日	第19回	平成22年10月4日
第9回	平成21年11月27日	第20回	平成22年10月18日
第10回	平成21年12月18日	第21回	平成22年12月6日
第11回	平成22年1月15日		

#### 付録5 委員会参加者名簿

委員長 山本 憲夫

委員 中坪 克行, 蔭山 康太, 坂井 丈泰, 住谷 泰人, 齊藤 真二, 大津山 卓哉,  
齋藤 賢一

事務局 企画課

研究企画統括付 新井 直樹 (H21.4.1 - 6.30) , 金田 直樹 (H21.7.1 -H22.6.30) ,  
伊藤 恵理 (H22.7.1- )