

航空宇宙工学研究連絡委員会

人工物設計・生産研究連絡委員会宇宙利用専門委員会報告

我が国の航空宇宙科学技術推進に向けての提言

平成17年7月21日

日本学術会議

航空宇宙工学研究連絡委員会

人工物設計・生産研究連絡委員会宇宙利用専門委員会

本報告は第 19 期日本学術会議航空宇宙工学研究連絡委員会、人工物設計・生産研究連絡委員会宇宙利用専門委員会の審議結果を取りまとめ、発表するものである。

航空宇宙工学研究連絡委員会

委員長：久保田弘敏（東海大学総合科学技術研究所教授（東京大学名誉教授））

幹 事：鈴木 真二（東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻教授）

幹 事：的川 泰宣（独立行政法人宇宙航空研究開発機構執行役（宇宙科学研究本部教授））

人工物設計・生産研究連絡委員会宇宙利用専門委員会

委員長：久保田弘敏（東海大学総合科学技術研究所教授（東京大学名誉教授））

幹 事：荒川 義博（東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻教授）

幹 事：栗林 一彦（独立行政法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部宇宙環境利用科学研究系教授）

委 員：工藤 勲（北海道大学大学院工学研究科機械宇宙工学専攻宇宙システム工学講座教授）

委 員：土屋 和雄（京都大学工学研究科航空宇宙工学専攻教授）

委 員：永安 正彦（独立行政法人宇宙航空研究開発機構技術参与）

委 員：新岡 嵩（秋田県立大学地域共同研究センター教授）

委 員：樋口 清司（独立行政法人宇宙航空研究開発機構理事）

委 員：八坂 哲雄（九州大学大学院工学研究院宇宙工学部門教授）

要 旨

1. 報告の名称

我が国の航空宇宙科学技術推進に向けての提言

2. 報告の内容

(1) 作成の背景

- ・航空宇宙科学技術は、輸送に関する人類の長年の夢を実現し、世界社会のグローバル化を推進するのみならず、有人活動も含めて宇宙をも人類の新たな活動の場とし、宇宙を利用した通信、観測、放送、測位などによって今日の人類の豊かな生活の実現に貢献している。
- ・しかし、航空宇宙科学技術分野の研究開発には長い期間を要し、膨大な予算、及び多大のリスクを伴うため、その在り方には、国としての理念の明確化と産官学の連携が要求される。
- ・2003 年 10 月に、文部科学省宇宙科学研究所、独立行政法人航空宇宙技術研究所、宇宙開発事業団が統合され、独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）が発足し、我が国の航空宇宙科学技術推進の中核となることにより、我が国の航空宇宙科学技術推進のために重要な位置を占めることとなった。

(2) 現状及び問題点

- ・我が国の航空宇宙科学技術は、第二次世界大戦後の活動停止にもかかわらず、研究開発努力の結果、世界から高い評価を受けるまでになった。
- ・広範な科学技術分野の統合から成る航空宇宙科学技術は高度な先端的技术レベルを先導し、幅広い科学技術波及効果を生み出すとともに、広い意味の国の安全保障を担う役割を持つ。
- ・航空宇宙科学技術の一般的な課題は安全性・信頼性、利便性・快適性、及び環境適合性を更に高めることである。
- ・我が国固有の航空宇宙科学技術推進上の問題点は、活動が多くの省庁に分断されていること、航空宇宙産業の規模は先進諸外国より小さく、真の国際競争力に欠けることであり、学術の個々の分野では、材料関係や宇宙観測など世界的な成果を挙げているものが多々あるにもかかわらず総合的な実力に欠けることである。

(3) 改善策、提言等の内容

- ・国は航空宇宙科学技術推進に関する国家的な方針を明確にし、長期的・俯瞰的な観点で各省庁より一段高い立場から立案・施策をマネージするための常置の組織を設置する等の枠組みを考慮すること。
- ・航空宇宙科学技術は要素研究から統合的研究、及び安全や信頼性を重視した着実な研究とリスクの高い挑戦的開発まで幅広いスペクトルを持つことを認識し、産業の国際競争力強化も含め、上記の一般的及び我が国固有の問題点を解決するための組織的な航空宇宙科学技術の取組を行うことが必要である。そのために JAXA を中核として産学官のそれぞれが、その役割に応じた有機的な連携を保つこと。
- ・航空宇宙に関する環境が大きく変動していることを認識し、関連学協会が中心となり大学、企業、研究所の連携によって、今後の航空宇宙に関する学術の時間的な計画も含めた予測を行い、利用コミュニティからの要望も含めた航空宇宙科学技術ロードマップを作成すること。
- ・航空宇宙は未知への挑戦によって新しい技術を切り開いてきたことを認識し、航空宇宙科学者コミュニティは新たな学術分野におけるフロンティアの設定を自らに課すこと。
- ・航空宇宙科学者コミュニティは法学、経済学、心理学、哲学、医学等との学術連携を深めること。
- ・大学等教育機関は基礎分野の研究教育とともに、起業家精神を備えた人材育成に努めること。

目 次

1. 日本の航空宇宙科学技術の現状と今後の方向	1
1-1. 航空宇宙科学技術とは	1
1-2. 航空宇宙科学技術が達成してきたこと	4
1-3. 現状の問題点	11
(1) 航空宇宙分野の一般的な問題点	14
(2) 我が国固有の問題点	14
1-4. 問題点解決に向けた方向性	18
2. 日本の航空宇宙科学技術推進の在り方	20
2-1. 国の役割	20
2-2. 独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）の寄与	20
2-3. 研究機関の寄与	21
2-4. 大学の寄与	21
2-5. 企業の寄与	22
2-6. 学協会の寄与	23
2-7. NPO 法人等に対する支援	24
3. 日本の航空宇宙科学技術推進に関する提言	24
参考資料	27

1. 日本の航空宇宙科学技術の現状と今後の方向

1-1. 航空宇宙科学技術とは

航空宇宙科学技術は、航空機による高速輸送による世界中の人々の移動や、物資の発送を容易にすることで世界社会のグローバル化に貢献するとともに、宇宙を利用した通信技術や地球環境監視によって人類の豊かな生活の実現に貢献してきている。また、宇宙開発は人類の活動の場を地球の外に広げ、宇宙や生命誕生の謎を解明するなど、人類の知的探究の推進に貢献してきている。大空や宇宙への飛行は人類長年の夢であり、航空宇宙科学技術は人種、宗教、国、男女、年齢などを乗り越えたあらゆる人類の夢の実現に向けて邁進している。

航空宇宙科学技術は、空中の自由な移動や宇宙空間での活動を実現するために、高度な技術と高い信頼性を要求し、広範な科学技術分野の統合を必要とし、学術の発展はその実現に大きく貢献してきた。こうした航空宇宙科学技術は高度な技術レベルの証しであり、幅広い科学技術波及効果を生み出してきている。航空宇宙科学技術は、後にも述べるように、個々の空気力学、熱力学、飛行力学、制御、誘導・航法、構造・材料、推進、装備機器、設計学、人間工学等の要素技術を総合するシステム工学の代表であるが、個々の要素技術は、たとえば、材料における軽量耐熱複合材の開発、制御や誘導・航法における高精度電子機器やメカトロニクスの進歩をもたらし、先進技術を牽引してきた。航空宇宙科学技術を推進することにより、そのような効果は今後ともますます増加するであろう。

また、航空宇宙の活動は、広い意味の国の安全保障を担う役割を持ち、世界的に見ても各国とも航空宇宙科学技術を、国の重要な科学技術の戦略的分野として位置づけている（表 1 参照）。なお、防衛関係に関しては非公開な情報が多いため、表 1 は主に、宇宙、民間航空関係に関して整理している。

表 1. 代表的な国、地域の航空宇宙科学技術の目標 [1]、[2]、[3]等

国、地域名	目 標 と 成 果
アメリカ	・ 米国航空宇宙産業委員会は、将来にわたる米国の国際的リーダーシップの維持のため、「誰でも、何でも、どこへでも、いつでも」というビジョンのもとに、広範な航空宇宙産業の健全化策を提言。 ・ NASA（米国航空宇宙局）は探検者、開拓者、革新者として、航空宇宙におけるフロンティアを大胆に拡大し、米国に貢献するとともに、地球上の生活水準の向上に寄与することを目標とする。 ・ 2004 年 1 月にブッシュ大統領が「宇宙探査ビジョン (Vision for Space Exploration)」を発表し、NASA が 2 月に冊子を発行。 ・ 2002 年 2 月に NASA が「航空ブループリント」で次世代航空の技術的展望を提示

カナダ	・航空機に関しては小型旅客機の開發生産で売り上げを伸ばしている。宇宙開発では戦略的重点を衛星通信、地球観測、宇宙ロボット工学、宇宙科学を中心とする専門分野に集中している。
ヨーロッパ	・欧州航空 2020 による 2020 年に実現すべき欧州航空のビジョン提言と航空宇宙戦略検討報告（STAR21）により、欧州の航空輸送システムの維持と国際的リーダーシップの維持を目指す。 ・ 欧州宇宙機構（ESA）による EU の宇宙科学技術と宇宙産業の推進、EU の安全保障への貢献。 ・ エアバスはフランスを中心として活動を展開し、2002 年度にはボーイングの生産を上回る。2005 年 4 月に A380 の初飛行を実施。
フランス	・CNES（フランス国立宇宙研究センター）の戦略計画（2001 年）では、「CNES は国及び欧州のレベルでのセンター・オブ・エクセレンスであり、科学界、産業界、他の宇宙機関との効果的な連携を図る」としている。 ・ EADS(欧州航空宇宙防衛株式会社)を中心に欧州連合化を推進。 ・ ONERA（フランス航空宇宙技術研究所）が STAR21 を反映した計画を実施中。
イギリス	・BNSC（国立宇宙センター）を 1985 年に設立し、宇宙政策の推進を進めている。 ・航空では BAE システムズは EADS(欧州航空宇宙防衛株式会社)と共同で平成 13 年にエアバスを株式会社化し、欧州連合化を強化。ジェットエンジンのロールスロイス社は国策として保護。
ドイツ	・DLR（ドイツ航空宇宙センター）は「宇宙飛行：研究と応用の展望」を基礎に最新の科学技術を人類の生活に貢献させる、としている。 ・ DASA(ダイムラー・クライスラー・エアロスペース)は EADS(欧州航空宇宙防衛株式会社)として欧州共同体企業化。 ・ 環境・安全を中核とする航空技術研究を展開。 ・ ドイツエアバスはエアバスの 1/3 のシェアで開發生産を分担。
ロシア	・スホーイは短距離中距離用旅客機 RRJ をボーイングと共同で開発中(2006 年初飛行予定)。航空産業を国策と位置づけ、主要企業を統合化し、2015 年までに生産を 3 倍に引き上げる目標を設定。 ・ 打上げロケットのラインアップと、衛星バス、宇宙ステーションなど商業化を推進。有人宇宙飛行の商業化も活発。
中国	・国家戦略として中小型旅客機 ARJ21 開発を計画（2005 年初飛行予定）。 ・ 2000 年 11 月に、宇宙活動の目的と原則、発展の現状、長短期的目標、国際協力について紹介した最初の宇宙白書「中国的航天」を発表。2003 年 10 月に世界で 3 番目の有人宇宙飛行を成功させた。APSCO（アジア太平洋宇宙協力機関）設立を準備。

欧米先進国の航空宇宙産業の GDP 比率は図 1 に見られるように 1.47 %から 1.86 %で、

我が国の 0.29 %に対して 5 倍から 6 倍の規模であり、産業基盤も確立している。また、アジア諸国の中には、韓国、インド、タイのように航空宇宙産業の強化を国策として進めようとする国も出てきた。

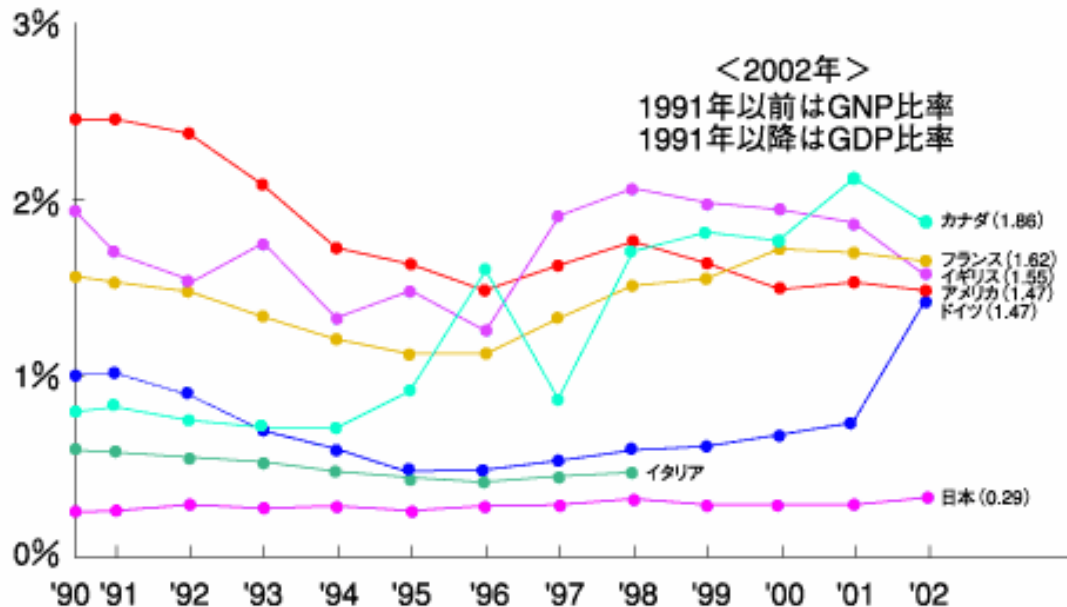


図1 航空宇宙産業の GDP 比率の国別年代推移[4]

産業としての航空宇宙の将来を考えよう。航空に関しては、アジアを中心に国際的な航空需要の拡大が顕著で、財団法人日本航空機開発協会の予測によれば、20年後の有償旅客需要は世界平均で約 5.0 %の年成長により約 8 兆人・キロメートルとなると見込まれていて、これは現在の約 2.5 倍にも達する（図2）。この旅客需要の増加を満たすために、さらに今後は、航空輸送の多様化が進むと予想され、超大型機、超音速機旅客機、超音速小型機、新世代小型機などの開発が期待されている。宇宙分野に関しては商業衛星の拡大、GPS (Global Positioning System) 衛星、高分解多機能観測衛星を利用した市場の拡大が予想されている。特に GPS による衛星測位システムはユビキタス社会の実現に向けて急速な市場拡大が見込まれている。しかし、航空分野、宇宙分野とも欧米の巨大企業が市場を制していることは確かで、この中で日本の航空宇宙産業が競争力をアップしていくことは容易ではない。この意味で、国際的な協調と連携は企業にとり重要な選択肢であろう。

大規模な航空機・航空機用エンジン開発は国際協力体制で行われ、航空機運航もグローバル化し、環境・安全問題などは国際的な連携のもとで解決が模索されている。また、宇宙開発においても様々な観点から国際的に協力して人類共通の課題を解決することが求められている。国際宇宙ステーションの開発はその代表的な例であり、他にも地球低軌道のデブリの対策などは国連指導の下で計画が実施されようとしている。学術面での国際交流は、こうした国際的な情報交換と連携を推進するために重要な役割を担っている。

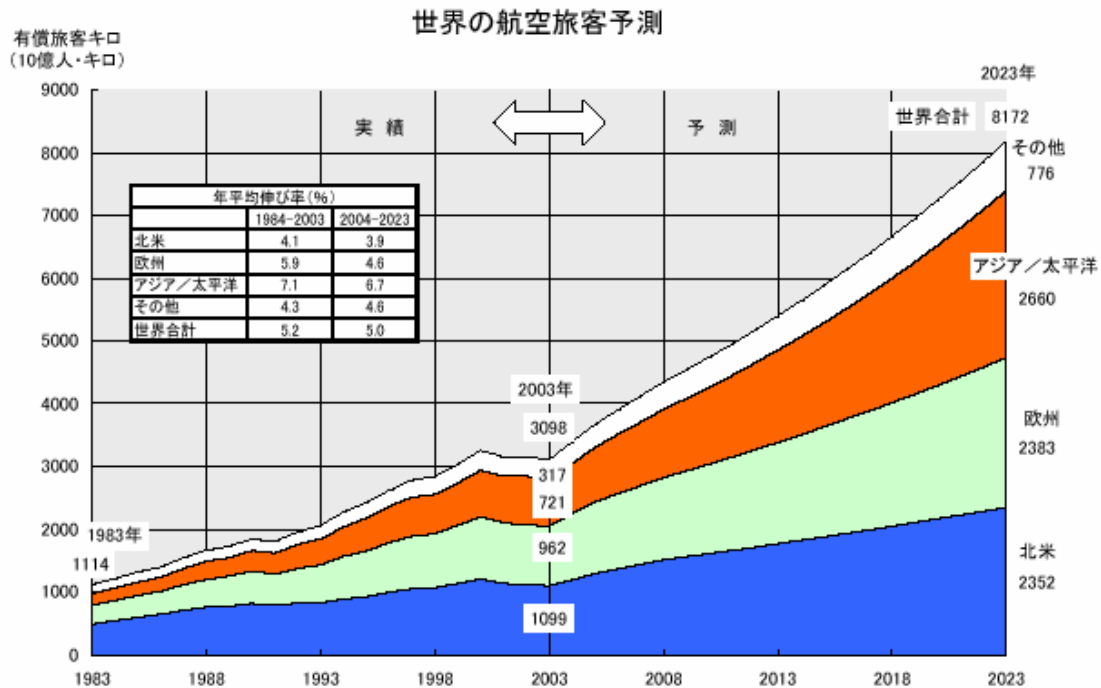


図2 世界の航空旅客予測[5]

1-2. 航空宇宙科学技術が達成してきたこと

1903年にアメリカのライト兄弟が動力機初飛行を成功させて以来、この100年で航空宇宙科学技術は「より遠く、より高く、より速く」を目標に掲げ、めざましい発展を遂げた。航空技術に関しては、100年の間にプロペラ機からジェット機へと大きな変化があった。プロペラ機は空気力学の発達による流線形機体、ジュラルミンによる金属機体の実現により1950年代にほぼ頂点を迎え、1930年代に誕生したジェットエンジンは、航空機をさらに高速化、大型化することに貢献した。超音速旅客機「コンコルド」やジャンボジェット機ボーイング747等はその典型である。また、第二次世界大戦後に実用化されたコンピュータ技術は設計、製造、飛行、運航のすべての面で航空技術を高度化し、現在の航空輸送を支えており、金属材料、複合材料の進歩は航空機の軽量化に貢献した(図3)。

我が国には、第2次世界大戦後の航空活動停止時期が存在し、航空科学技術は欧米に遅れをとったのは事実であるが、その後のたゆまぬ研究開発により、世界からも高い評価を受けるまでになった。航空機においてはライセンス生産による産業再開の早い時期からYS-11をはじめ、国産機を開発し、その後は、ボーイングB767, B777などの機体及びV2500などのエンジンの国際共同開発を通して世界の高い信頼を得るに至っており(図4)、最近にはボーイング787の国際共同開発も開始され、分担率もB777の21%から35%に向上している。

国産旅客機を作り運航させることは国民の強い希望であり、システム工学としての航空科学技術の完成させるものとして意義が大きい。後に述べるように、我が国は1960年代に66人乗りターボプロップ機YS-11を製造し、世界に販売したという実績があるが、経

営戦略の欠如から、結局は失敗に終わったと総括されている。しかし、最近、これらの教訓を生かして新しい国産旅客機を作り上げることが計画され、開発に向けての努力が開始されている。

我が国の航空輸送に関しては、着実に輸送量を増し、現在では世界第2位という世界有数の航空輸送国となっている。表2は世界の主要航空路線の旅客数ランキングであるが、ベスト3を国内の路線が占めていることが分かる。

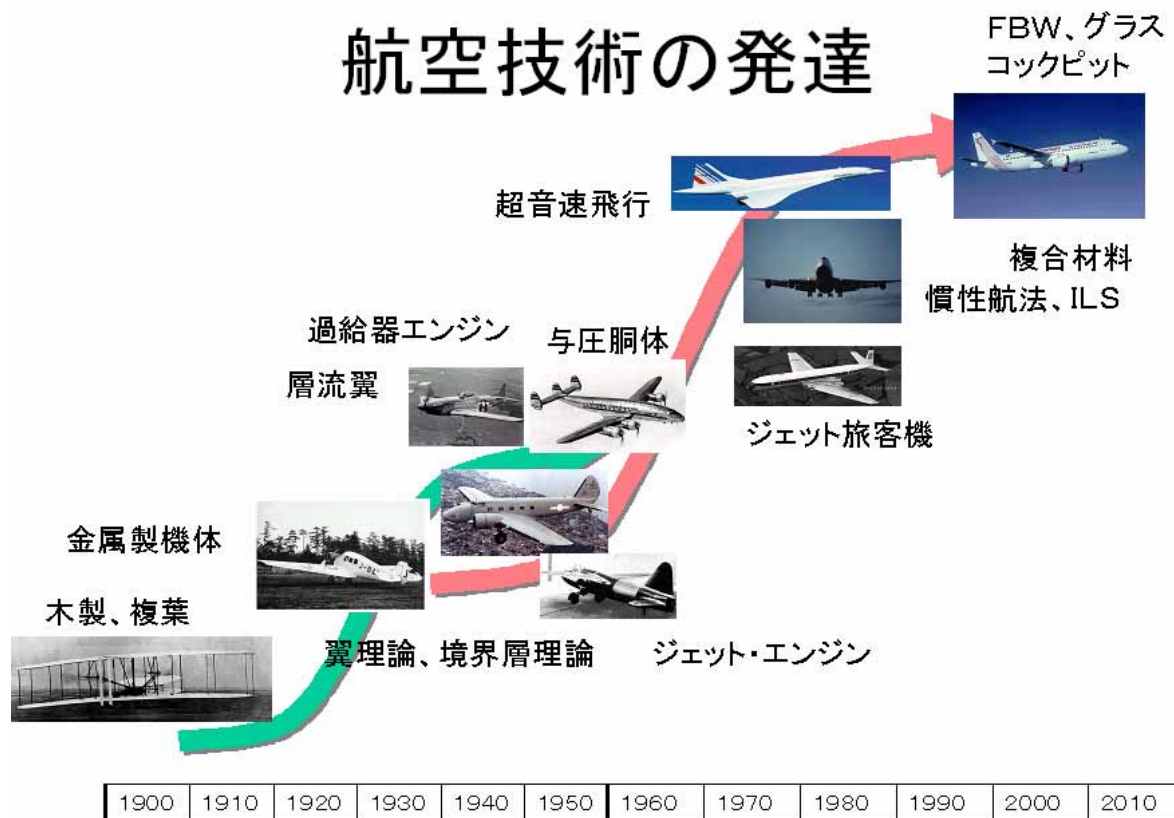


図3 航空技術の発達 [6]

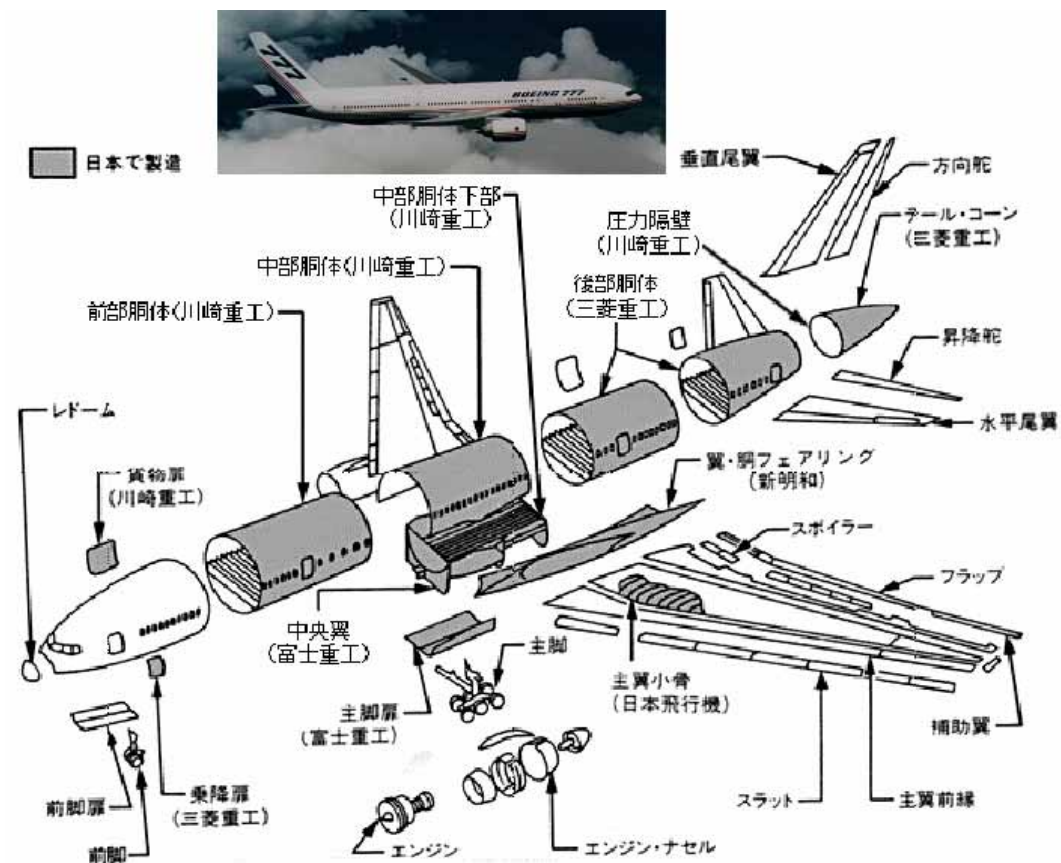


図4 日本がプログラムパートナーとして開発・生産に参画（シェア21%）したボーイング777 [7]

表2 世界の主要航空路線ランキング[8]

出典：OAG、2003年9月15日の週の片道一日平均

ランキング				都市間名		提供座席/日	便数/日	平均座席数
03年	02年							
1	1	東京	-	札幌		32805	96	342
2	2	東京	-	福岡		30376	88	345
3	4	東京	-	大阪		28862	89	325
4	3	リオデジャネイロ	-	サンパウロ		22704	152	150
5	7	ソウル	-	済州島		22288	100	223
6	6	シドニー	-	メルボルン		21875	110	199
7	5	ソウル	-	釜山		20283	97	210
8	8	ニューヨーク	-	シカゴ		18937	146	130
9	10	ニューヨーク	-	ロンドン		16733	54	312
10	9	ロンドン	-	ダブリン		16641	105	158

ライト兄弟が初飛行に成功した 1903 年は、また、ロシアのチオルコフスキーがロケット理論の論文を発表した年でもあり、航空機とともに宇宙ロケットも 100 年の歴史を経たともいえる。宇宙開発利用の進展は宇宙輸送系の能力向上によって可能となり、1926 年アメリカのゴダードによる液体ロケットの初飛行から、第 2 次世界大戦中のドイツの V 2 ロケットを経て、1957 年に旧ソ連が人工衛星スプートニクの打上げに成功して以来、本格的な実用化の段階に入った。月面着陸への競争に代表されるように当初は米ソの国家間の競争が表面に出たが、気象、通信などの用途により人工衛星は着実に有用性を増し、現在では国際宇宙ステーション計画のように国際的な協調の下での開発も推進されている（図 5）。

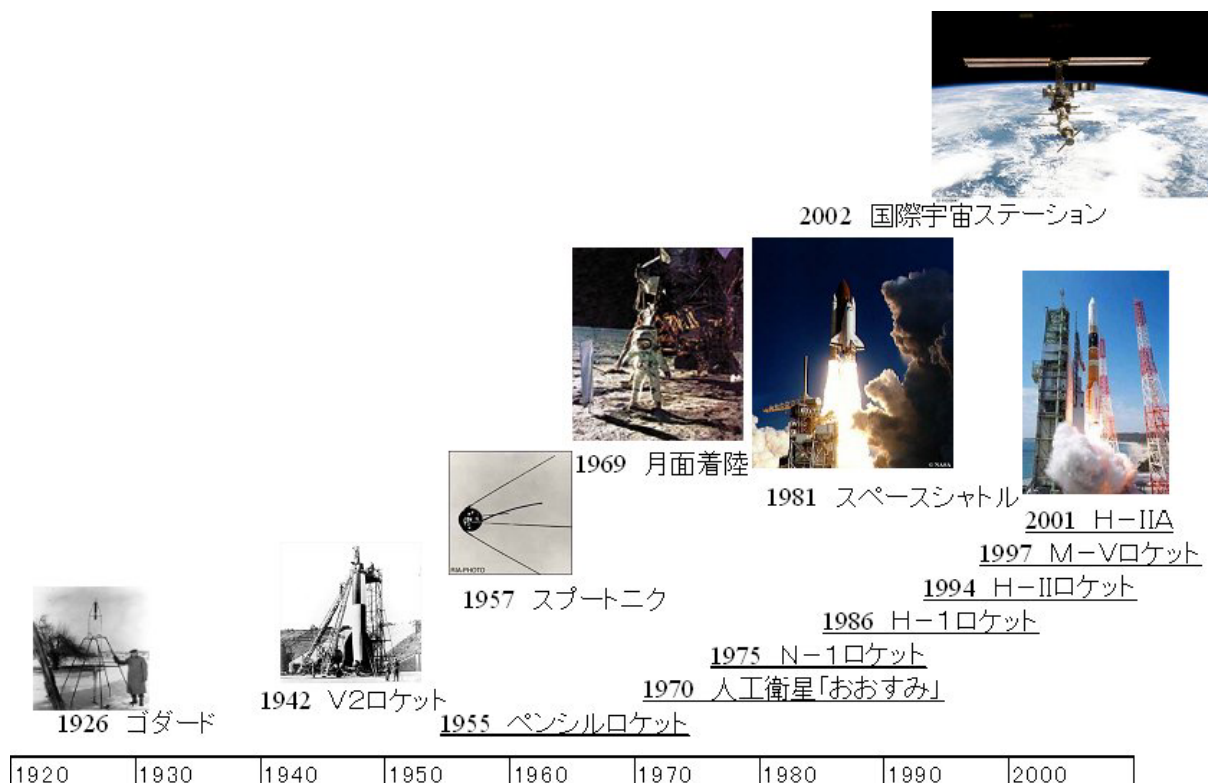


図 5 世界と日本の宇宙開発[9]

我が国の宇宙開発利用は平和目的を原則とし、1955 年に東京大学で実施されたペンシルロケットの発射実験以後、図 5 に示すように N-I（1975 年）、H-I（1986 年）、H-II（1994 年）、M-V（1997 年）等の打ち上げロケットを完成した（カッコ内は初号機打上げの年代をあらわす）。これにより 1970 年に日本発の人工衛星「おおすみ」を打ち上げ、人工衛星を独力で打ち上げる世界 4 番目の国となった。

その後も世界水準の宇宙科学を推進し、特に X 線天文衛星は宇宙科学を世界的にリードするまでになり、この後の開発も計画されている。例えば、「はくちょう」、「てんま」、「ぎんが」、「あすか」、「はるか」等の衛星は既に打ち上げられ、科学観測の実績を上げており、小惑星探査機「はやぶさ」は世界最先端の技術にチャレンジしている。最近では、純国産

ロケット M-V による「ASTRO-E (すざく)」の打上げが成功し、さらに「ASTRO-F」等の衛星も打上げ計画が認可されている(図6)。実用面に関しては、技術導入を経て100%国産の打上げロケット H-II の開発に成功し(1994年)、観測、通信、放送、測位等の目的で、「ひまわり」、「TRMM」、「みどり」、「つばさ」、「こだま」、「情報収集衛星」、「MTSAT」等の多くの人工衛星を打ち上げ、国民生活の向上に貢献するまでになり、この後も「ALOS」、「WINDS」、「OICETS」、「GOSAT」等の開発が計画されている(図7)。これらの年次計画は JAXA (宇宙航空研究開発機構) ホームページに示されている[10]。

図8は、身近な宇宙技術の利用の例として、あるビジネスマンの一日の行動で、人工衛星がどのように役立っているかを示したものである[11]。すなわち、起床後は気象衛星で天気予報を見、通勤途中では移動体衛星放送でテレビ放送を見ることができる。仕事先では衛星測位技術を利用したカーナビで交通情報を知り、衛星通信を使って国際テレビ会議を行う。懇親会用には GPS 携帯電話(衛星測位)で店舗情報を知り、帰宅後は衛星放送でスポーツ観戦を楽しむことができる。また、軽量化、耐極限環境、高度自律性、有人支援等の宇宙システムへの要求に基づくさまざまな宇宙技術を利用して作られた太陽電池、燃料電池、超軽量保温素材、傾斜機能材料、長期保存食品、ストレス緩和香水等の技術や製品も多く、国民生活の向上に貢献している[11]。

航空宇宙技術は、長距離高速輸送手段を提供し、また通信・放送などで、生活向上に直接貢献するのみならず、人工衛星を利用した宇宙からの全地球的環境モニタリング及び航空機によるより詳細な環境計測に欠かせないものとなっている。これらは、南極オゾンホール、世界の植生分布、熱帯雨林の破壊(伐採)、森林火災、海上風、海面温度分布、降水・降雪、極域海水、全球規模の水循環、土壌水分量、さんご礁、富栄養化による水域のプランクトン等の観測などに応用されていて、今後その重要性はますます増大することは、環境問題が重要視されるなかで確実であり、社会に対する貢献度は大きい。今後打上げられることになっている日本の温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)は、地球環境へのグローバルな取組を可能とするものとして期待できる。

我が国は、観測機器の開発が活発であり、各種の光学・電波センサーは世界的にトップレベルにあり、降雨レーダに使用するマイクロ波放射計などは世界に唯一である。そして、宇宙天文観測、惑星・小惑星探査は、宇宙の起源、生命誕生の起源など、人類共通の課題への解明に大きな貢献を果たしている。この分野で我が国はマイクロ波イオンエンジンやX線観測機器等において世界をリードしており、今後も国際的な貢献を果たす重要な役割を担っていくことが必要である。

天体物理学の科学衛星計画

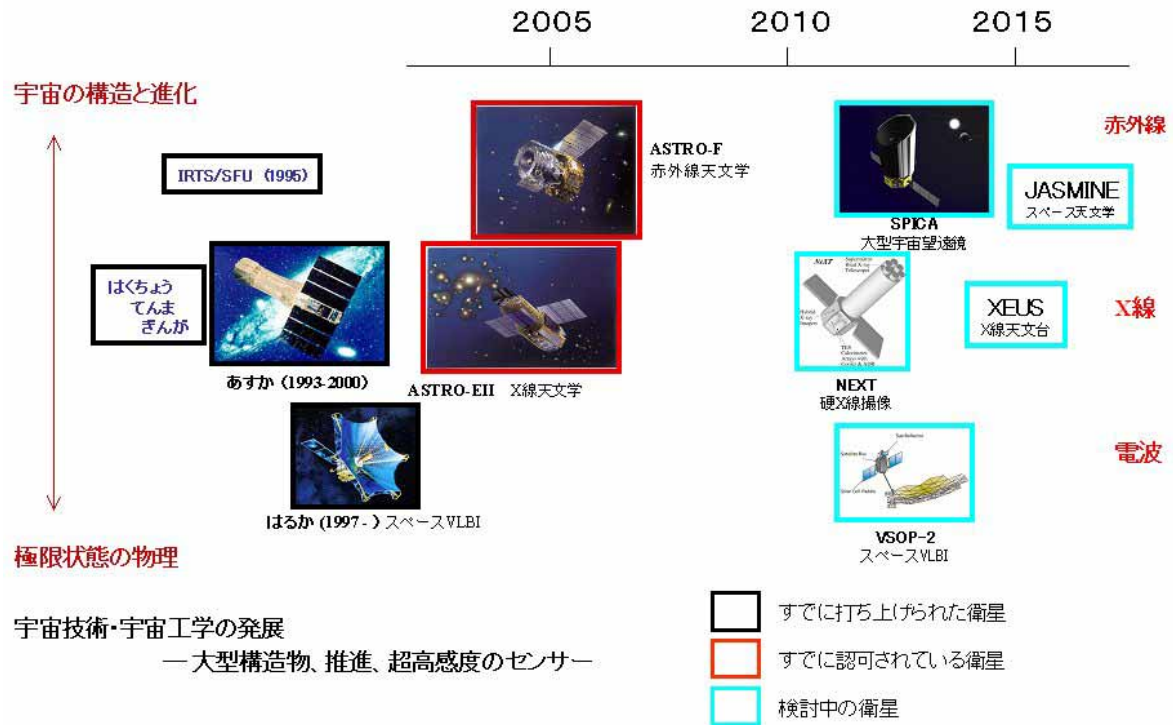


図6 天体物理学での日本の科学衛星計画[10]

日本の実用衛星の計画

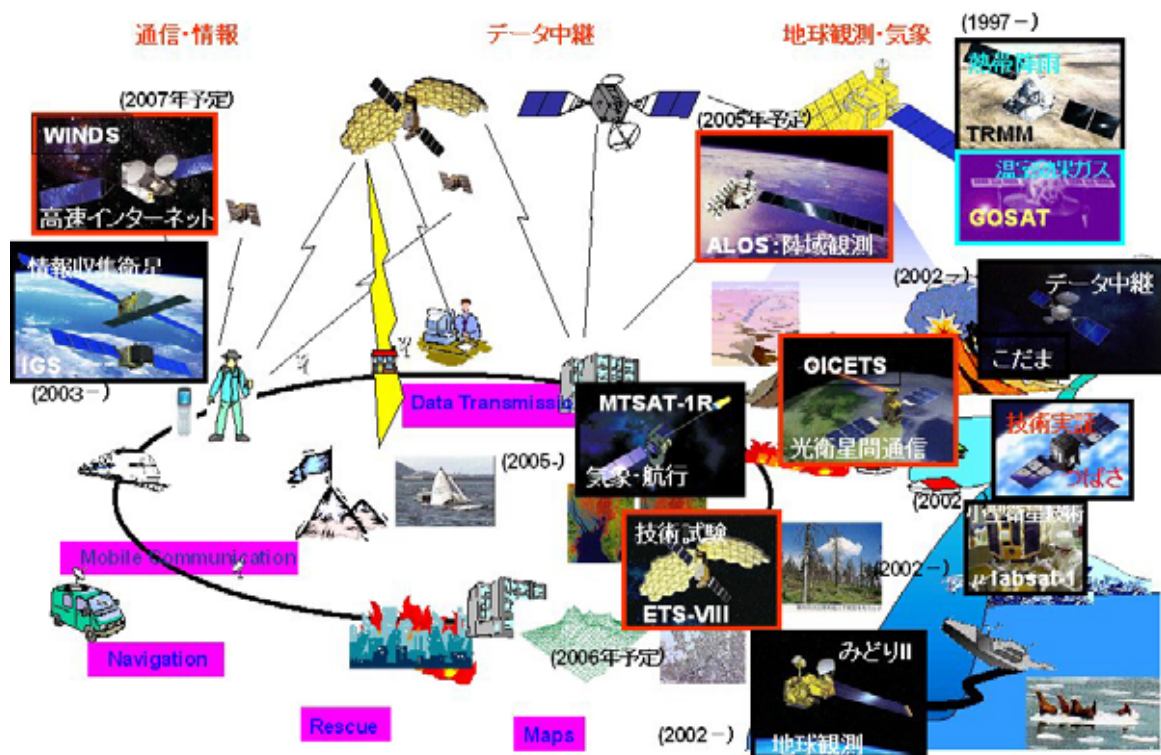


図7 日本での実用衛星計画[10]



図8 身近な宇宙利用の例 [11]

従来、日本の航空宇宙研究開発は文部科学省宇宙科学研究所、航空宇宙技術研究所、宇宙開発事業団の3機関で行われていたが、それらは2003年(平成15年)10月に統合され、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(Japan Aerospace Exploration Agency: JAXA)が発足した。JAXAは我が国の航空宇宙科学技術研究開発推進の中核として位置づけられ、JAXAには、これまで個々の組織で行われてきた航空技術研究、宇宙科学研究、宇宙開発・利用を統合し、各組織のリソースと、これまでの成果を有機的に融合し、組織横断的な活動を推進することが期待されている。

航空宇宙の学術の分野では、第2次世界大戦後それまでの各国の競争関係を改め、学術面での協調を実現するために国際的な学術団体が組織された。航空科学分野ではICAS(the International Council of the Aeronautical Sciences: 国際航空科学連盟)が1957年に組織され、現在では世界各国の32団体が加盟している。宇宙科学分野ではIAF(the International Astronautical Federation: 国際宇宙連盟)が1949年に結成され活発な活動を行っている。我が国は、日本航空宇宙学会、日本ロケット協会が中心となり、国内のみならず、国際的な活動を展開している。航空の分野では2004年8月に国際航空科学連盟(ICAS)の大会を初めて日本で開催し[12]、また、国内で開催していた飛行機シンポジウム国際セッションを、2004年11月には韓国航空宇宙学会との共催により韓国で開催した。宇宙の分野では2005年10月に国際宇宙連盟の国際宇宙会議(IAC)を福岡で開催することが決定し[13]、さらに「宇宙技術および科学の国際シンポジウム(International Symposium on Space Technology and Science: ISTS)」を2年ごとに開催してきている[14]。

1-3. 現状の問題点

このような急速な発達を遂げた航空宇宙科学技術により、航空機は高速移動および輸送の、ロケットは宇宙への輸送の日常的な手段となり、人工衛星は通信や観測の手段として実用化してきている。しかし、これまでの航空宇宙分野での開発は、「より遠く、より高く、より速く」の目標からも分かるように、性能第一主義であったことを反省し、安全性・信頼性や、利便性・快適性、環境への適合性などの面において更なる発展が期待されている[15,16]。以下において具体的に検討したい。

(1) 航空宇宙分野の一般的な問題点

(a) 安全性・信頼性

航空機、ロケット、宇宙往還機などに故障が発生すると安定した飛行が困難になる場合が多く大惨事になりかねない。人工衛星に関しても重大な故障は機能の全面的な喪失を招きかねず、運用中の修復は極めて困難である。そのため設計段階から信頼性を保証し、安全性を確保することが強く求められている。それは、個々の要素の信頼性を確保し、不十分な場合には冗長設計を行うことで達成されている。ただし、過剰な信頼性は重量の増加を招きミッション自体の遂行を困難にする上に、コストの高騰を招くため、確率的な信頼性を保証した設計を行っている。技術の発達に伴い信頼性確率は確実に向上しているものの、更なる改善が必要である。航空機の場合、ジェット旅客機を例にとると墜落の発生確率は、図9のように1960年代以降急激に低下しているものの、ここ20年ほどは一定のレ

ベルから改善されていないことが分かる[17]。確率的には 100 万離陸回数当たり 1 件強の墜落事故は少ない確率とはいえ、航空輸送自体は年々増加しているので、このままの状態が続くと 2020 年には週 1 回世界のどこかで航空機の墜落が発生すると危惧されている。

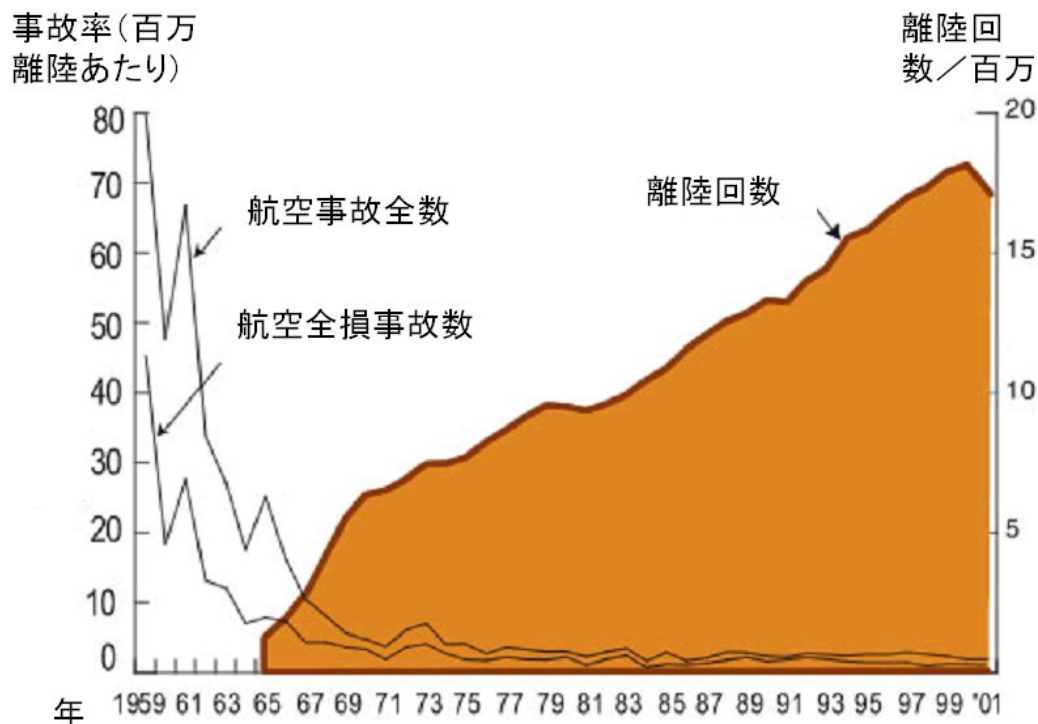


図9 商用ジェット機の事故件数と事故確率[17]

宇宙機に関しては、航空機よりも厳しい状況で使用し不確定な要因も多く、飛行回数自体が航空機よりも少ないので安全向上の改善が効果的に機能しないなどの課題がある。無人ロケットの場合、事故確率は航空機よりも 1 万から 10 万倍大きくなっている[18]。例えば、アメリカの代表的なロケットのアトラス V、デルタ IV の打上げ成功回数は、それぞれ、354 回中 306 回 (86.4%) 及び 304 回中 287 回 (94.4%) であり、ヨーロッパ宇宙機構 (ESA) のアリアン V ロケットは 162 回中 151 回 (93.2%)、ロシアのプロトンロケットは 306 回中 269 回 (87.9%)、中国の長征 3 号ロケットは 79 回中 71 回 (89.9%) である。日本の H-IIA ロケットは H-II ロケットから通算して 14 回中 11 回 (78.6%) であり、上記のロケットより成功確率は劣る。我が国では打上げ回数が少ないという事情もあるが、更なる改善が必要である。スペースシャトルはロケットより安全性を増すことを目標とし、その重大事故の発生確率は 250 回に 1 回、つまり 0.4 % (成功率 99.6%) と見積もられていたが、実際には 120 回ほどの打上げで 2 回の事故が発生しており、1.7 % (成功率 98.3%) の確率にとどまっている。

安全性は機体システムのみならず人間の操作や整備のミス (ヒューマンファクター) や飛行環境に起因する場合も多い。厳しい気象条件は現在でも航空宇宙機の大きな脅威であり、宇宙環境ではデブリと呼ばれる破片は人工衛星や宇宙構造物に多大な被害を与えかねない。いずれも正確な情報を共有するとともに、その予想並びに回避手段を確立しなければ

ばならない。ヒューマンファクターに関しては、人間の認識・操作の理論的研究や、自動化システムと人間の健全な調和が模索されている。また、航空の分野では増加する航空輸送量进行处理するためには現在の管制システムでは能力の限界に達していると懸念され、新たな航空管制システムの導入が検討されている。

(b) 利便性・快適性

空港での混雑、離発着の遅れ、航空運賃など利便性・快適性に関しては改善の余地が多い。まず、信頼性・安全性を損なうことなく機体を低コスト化する必要がある。運航方式も現在はハブ・アンド・スポーク方式による主要都市間の大型機の運航が主流であるが、2空港間を直接に結ぶ方式が発展するとの予想もあり、それに伴い新しい航空管制方式が模索されている。アメリカでは小型機の普及が検討されており、エアタクシーのような新たな航空輸送が増加する可能性もある[16]。いずれにせよ、利用者の利便性を向上させる方向で技術革新が進むものと期待されている。

宇宙輸送に関しては、完全に再利用が可能な宇宙往還機の出現による輸送コストの低減が実現すれば、宇宙開発利用の在り方も大きく変化する[19]。また、宇宙観光旅行のような新たなビジネスの可能性も大きく[20]、宇宙まで飛行できる飛行機の開発も期待されている。

(c) 環境問題

航空機が環境に与える影響は、1960年代に急速にクローズアップされ、この後、空港騒音、エンジン排気に対して更に厳しいICAO（国際民間航空機関）の基準が課せられることになる。超音速機「コンコルド」が運航を停止し、新たな超音速機の計画が実現化しないのも空港騒音、ソニックブーム、オゾン層消失に関する環境問題が大きく影響している。空港騒音は古くから規制が決められているが、エンジン排気に関する規制も窒素酸化物や温室効果ガス削減と関連して今後更に厳しいものとなるのは確実である[21]。今後の技術的・社会的解決の努力が望まれる。

宇宙輸送に関しては規模が小さいので、環境問題が議論されることは少なかったが、地球低軌道に浮遊する老朽化した衛星のデブリ問題は今後深刻になることが予想され、真剣な取組が始まったところである（図10）。

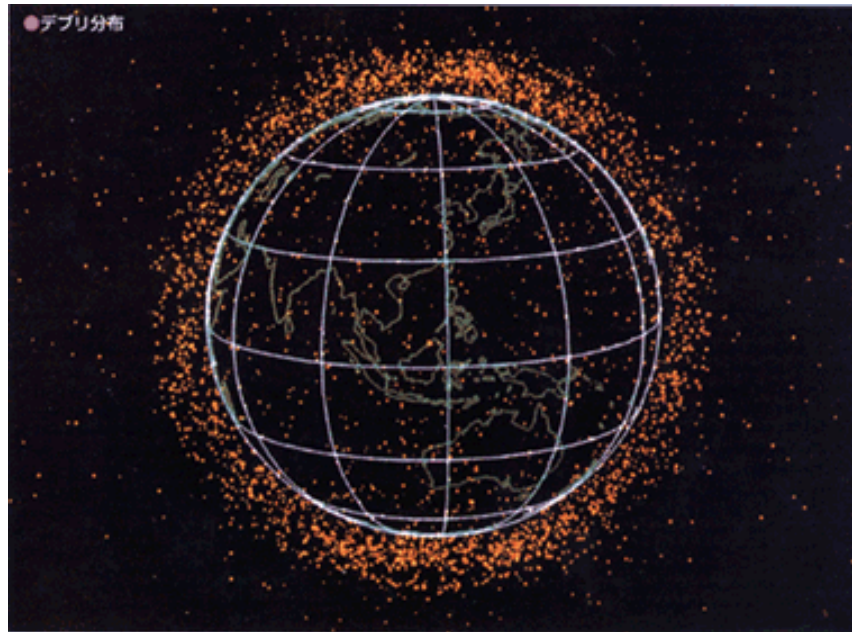


図10 宇宙デブリ分布図[22]

(2) 我が国固有の問題点

(a) 組織上の問題点

航空宇宙科学技術は、要素研究から統合的研究まで、また、リスクの高い挑戦的課題から安全やコストを重視した現実的課題まで幅広いスペクトルを持ち（図11）、すべてをカバーするためには、産学官そして中央と地方のそれぞれの役割に応じた有機的な連携が必要である。このため、航空宇宙分野での国家的な方針を明確にするための国の役割は重要であるが、現時点では航空宇宙分野の活動は多くの省庁に分断され、組織的な国家政策を策定する際の弊害となっている感があることは否めない。航空宇宙は複数の省庁に関連しており、省庁横断的な組織が望まれる。現に、実施中のプロジェクトを見ても、衛星に関しては通信技術衛星、運輸多目的衛星、地球観測衛星、情報収集衛星など、文部科学省以外の総務省、国土交通省、経済産業省、内閣府からの要請、ないし、密接な関連で実施されている。宇宙開発委員会は過去には各省庁での開発を総括する機能を有していたが、現在は文部科学省の下におかれ各省庁との連携に十分な機能が果たせないきらいがある。航空に関しても、現在進められている国産小型ジェット旅客機、小型ジェットエンジンの開発を例にとれば、産業界を指導する経済産業省、研究を統括する文部科学省、実際の運用、設計審査を担当する国土交通省が関連している。また軍用機は防衛庁の管轄であり、航空全体を統括できる国の組織は存在しない。

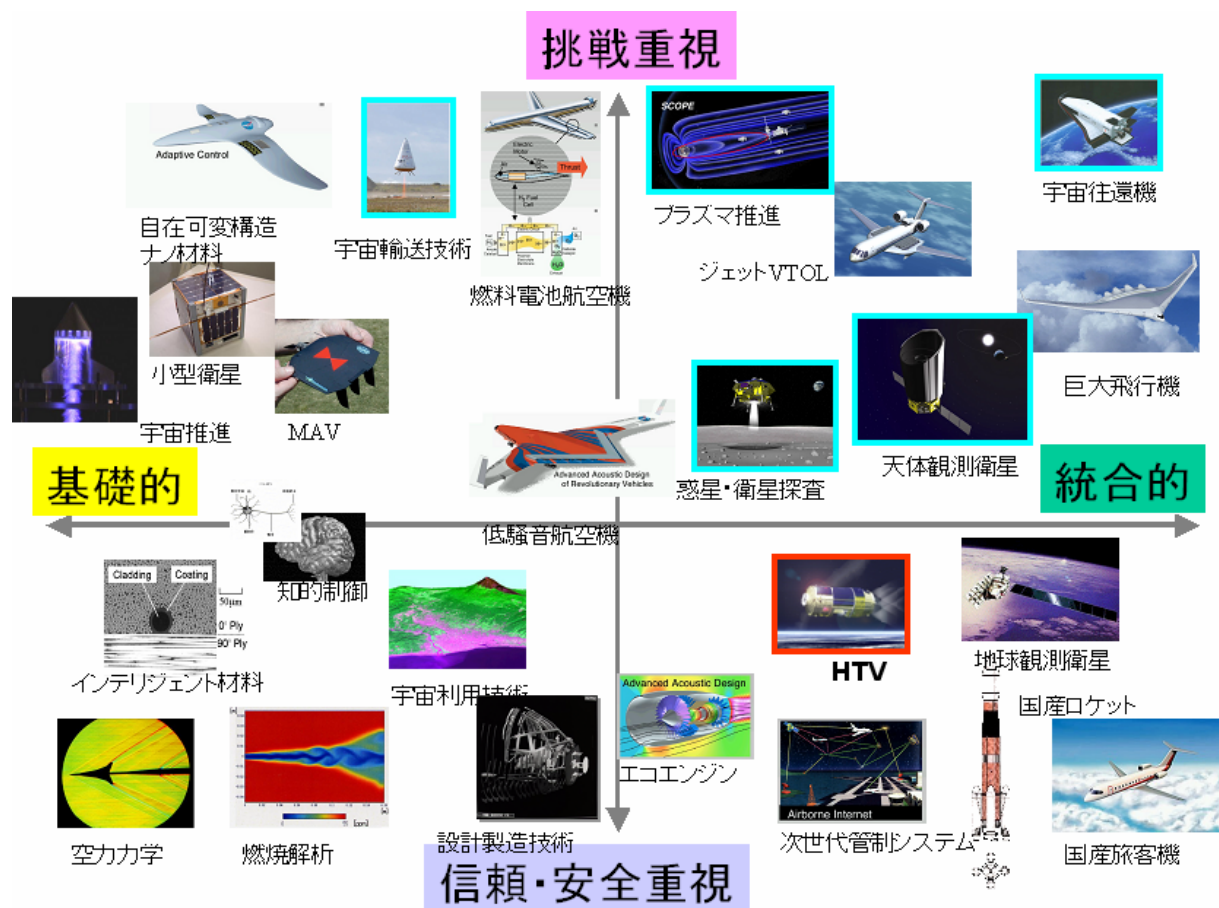


図 11 広いスペクトルを有する航空宇宙科学技術

(b) 産業界の問題点

我が国の航空宇宙産業は国際競争力という観点からは、諸外国に大きな遅れをとっている。航空機に関しては、現状では国産機、国産エンジンの開発は自衛隊機に限定され、使用する民間輸送機の一部は国際共同開発とはいえ、すべてを輸入に頼らざるを得ない状況である。こうした状況においても国際共同開発を通して蓄積した技術レベルをもとに、航空機においては新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)による助成事業「環境適応型高性能小型航空機研究開発」を中心とした国の支援を受けつつも、国内企業のリスクにおいて資金を投入して小型旅客機を開発することがスタートし、航空機エンジンに関しても、NEDOにより立ち上げられた民間航空機基盤技術プログラム「環境適応型小型航空機用エンジン研究開発プロジェクト」をもとに、やはり国の支援を受けて、小型旅客機用ジェットエンジンの開発が始まった。しかしながら、国際競争力を得るには多大の努力が必要であることが予想される[23]。航空機及び航空機用エンジンの開発、販売、保守には他産業と同様、産業界の自主努力が必要であることは当然ではあるが、これらには長期的な計画と開発費が要求され、リスクも高く、各国とも航空産業を国家的戦略産業として位置づけている。40年前に国産開発された短距離旅客機YS-11が経営的に成功しなかったのも、産業

界がリスク回避に固執し挑戦的経営に踏み込めなかったことと、長期的な国家政策が不十分だったことが原因として指摘されている。

宇宙機では、技術基盤が十分でない上にロケット打上げの場所と時間の制約が厳しく、ロケット打上げの回数が外国に比べ少ないため、国際競争力を得ることが困難な状況にある[24]。基幹ロケットである H-IIA、中小型の M-V、GX ロケットの民間主導開発も始まり、2005 年 2 月には H-IIA 7 号機の成功を見たが、国産衛星とともに国際競争力のある商用化は巨額の先行投資を必要とし、その回収には長い期間を必要とするので非常に厳しい状況である。また、通信・放送など民間の事業で使用する人工衛星に関してはシステムとしては全て米国製である。通信機器や一部のコンポーネントの受注実績も減少している。こうした中、我が国のメーカーが豪州の商用衛星を受注した実績もあるものの、商用衛星に関して国際競争力を向上させることは容易ではない。また、法的基盤が整備されていないことや、税制措置が外国に比べて不利となること等が国際競争力を弱める原因ともなっている[11]。

このように、航空機全体、衛星全体などのシステムとしての国際競争力は先進国に遅れをとっているものの、要素技術としては世界に誇れるものが多く存在する。軽量構造に不可欠な複合材料の炭素繊維素材、液晶ディスプレイ、太陽電池セル、合成開口レーダなどは世界のトップに位置している。こうした要素技術をシステムとして統合化できる実力をつけるとともに、優れた民生部品・技術を生かしてコスト低減を図らなくてはならない。

図 12 は、我が国の航空宇宙生産高推移である。図 1 で示したように先進各国より航空宇宙産業の比率が低い上、航空分野では防衛関連事業の依存度が高いことが課題となっている。宇宙産業は、図 13 に示すように三角形構造をなし、宇宙機器産業、宇宙利用サービス産業、宇宙関連民生機器産業、ユーザー産業群から成る。ロケット、人工衛星等の宇宙機器産業の売上高は 3,362 億円にすぎないが、衛星通信、測位サービス等の宇宙利用サービス産業は 5,907 億円、カーナビゲーションシステム等の宇宙関連民生機器産業は 7,458 億円、通信、放送、気象観測等のユーザー産業群の売り上げは 2 兆 1,873 億円で総額 3 兆 8,600 億円に上る。一般には宇宙機器産業だけが宇宙産業と考えられがちであり、ユーザー産業群との関連がよく理解されていないきらいがある。宇宙機器産業を拡大することは宇宙産業を活発にするために必須のことであるが、ユーザー産業の拡大と理解を得ることが今後の課題であろう[11]。

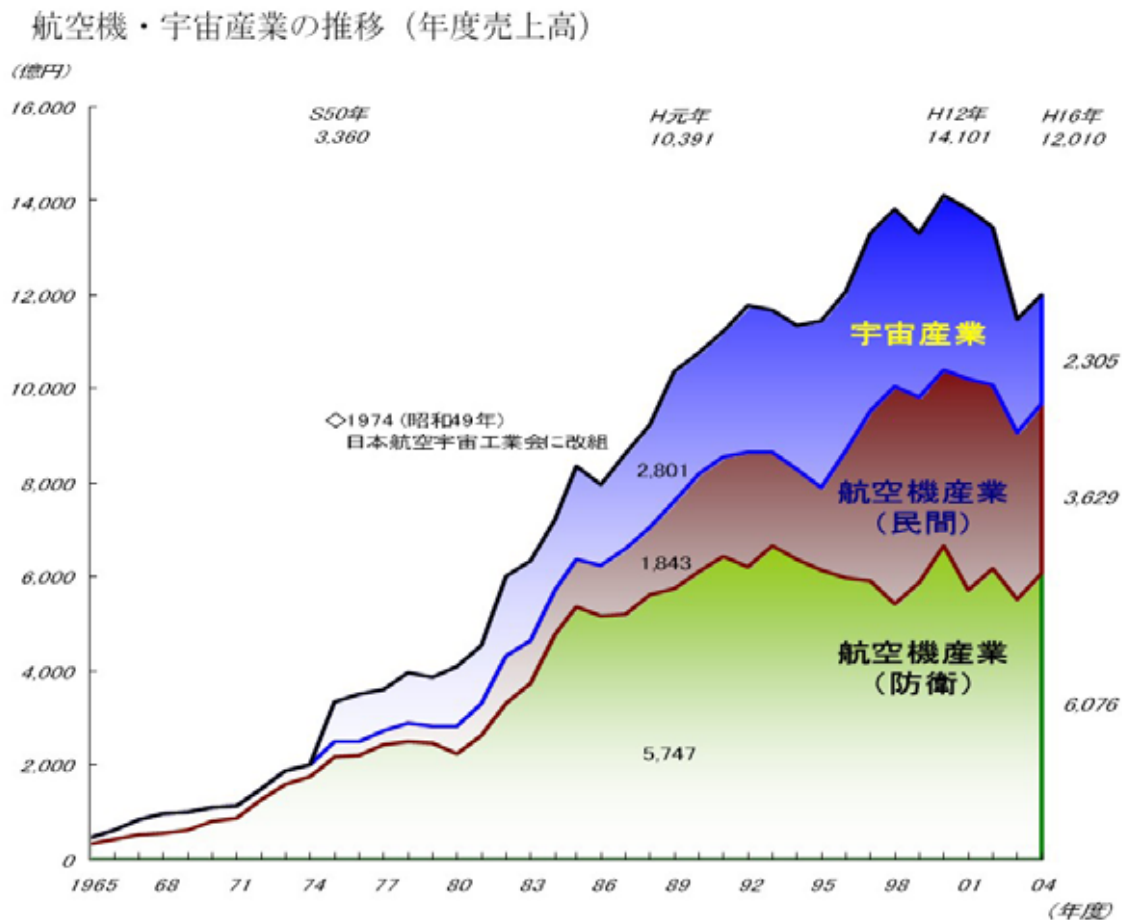


図12 我が国の航空宇宙生産高推移[25]

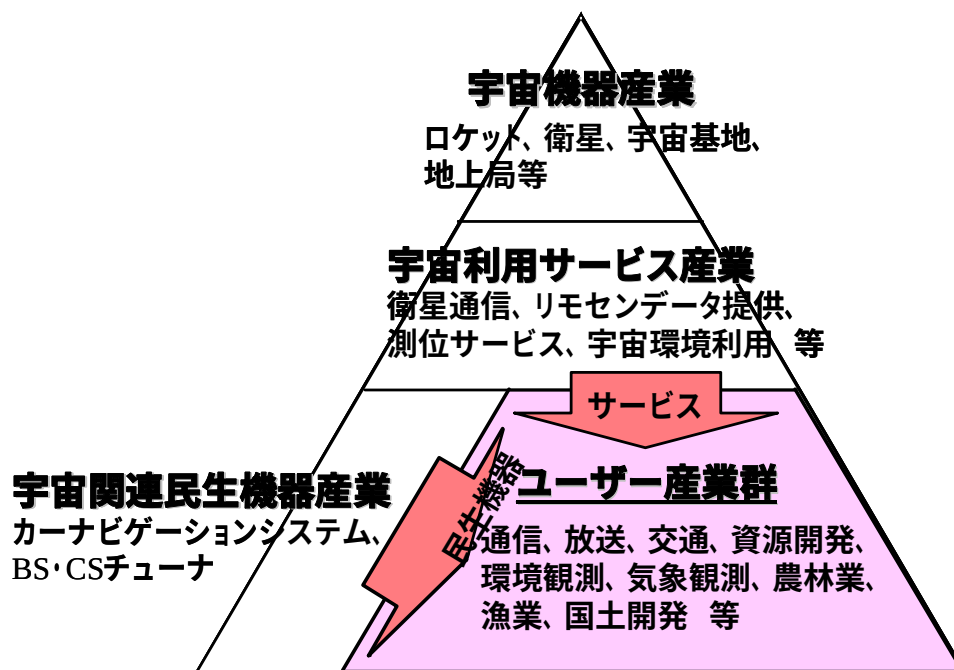


図13 日本の宇宙産業の規模[11]

宇宙航空研究開発機構(JAXA)が2005年(平成17年)4月に公開した長期ビジョンでは、「航空宇宙科学技術における世界最高の信頼性と競争力を持つ」ことを掲げている。日本は第二次世界大戦後、米国の品質管理に学び、家電製品、自動車をフロントランナーとして、今は米国を凌ぐ高品質の製品を提供することで世界に知られている。高品質は日本人の国民性にもなっており、これを航空宇宙産業に応用し、世界最高の信頼性を確立することは決して不可能なことではなく、また、そのための努力をすべきである。

(b) 学術分野の問題点

学術の活動としては、国際的に共通な航空宇宙の課題を、日本の航空宇宙産業の課題と関連させて解決を目指さねばならないわけであるが、これまで産学の連携が必ずしも十分に行われていたとはいえない現状にある。学術の深化は分野の細分化を強める傾向にあり、技術の統合化を特徴とする産業界と乖離しがちである。産業界から学術学会への参加の減少がそれを物語っている。工学が、基礎科学を人間社会に役立てる使命を持つ以上、両者は連携して問題解決に当たらねばならない。特に、航空宇宙機は、極めて高い信頼性を保証するために精密な信頼性予測にもとづく設計開発をしなくてはならないが、そのために、それを裏付ける信頼できる高精度な基礎データが必要である。これらの基礎データを海外に頼ることなく自らの手で蓄積することが不可欠である。また、学術は個々の知的興味によって発展するという側面を持つことは当然であるが、それだけではなく、研究を組織的に推進することも必要であり、信頼性や完全性や環境問題に関連する基礎研究に関しては特に組織的な取組が望まれる。

従来の確率計算による信頼度予測に基づく高信頼性の実現は行き詰まっていて、航空宇宙産業に要求される格段に高い信頼性を実現するためには新しい理念に基づく航空宇宙に特化した工学を構築することが「学」に求められている。一方、産業界はこのシステムを維持するための技術者の高度な技術維持に努めなくてはならない。これに加えて、新しい技術を常に推進させるために技術者の生涯教育が必要であり、生涯教育体制に向けた組織的な取組が必要である。また、国際化はすべての面で急務であり、その推進に積極的に取り組まねばならない。欧州では各国間での航空宇宙工学教育の共同プログラムとその相互認証に向けた制度(Pegasus Program[26])を構築している。我が国でも、航空機、航空用エンジンの国際共同開発が実際に実施されており、海外の大学との教育交流プログラムを推進する必要がある。

1-4. 問題点解決に向けた方向性

前節で指摘した問題点を解決するためになすべき個々の機関の役割に関しては次の章で考察することにし、ここでは全体の方向性をまとめたい。

(1) 組織的な航空宇宙科学技術の取り組み

既に述べたように、航空宇宙科学技術の範囲は、要素研究から統合的研究まで、また、リスクの高い挑戦的課題から安全やコストを重視した現実的課題までにわたるので、すべ

てをカバーするためには産学官それぞれの役割に応じた有機的な連携が必要であり、このため、航空宇宙分野での国家的な方針を明確にするための国の役割は重要である。しかし、現時点では航空宇宙分野の活動は多くの省庁に分断されがちで、組織的な国家政策を策定する際の弊害となっていることが多い。各省庁より一段高い視点から航空宇宙科学技術推進に関する国家的な方針を明確にし、長期的かつ俯瞰的な観点で立案・施策をマネージする常置の組織を設置する等の方策が必要であろう。

欧米において航空宇宙産業を育成することを国策としている場合が多いが、前述したようにアジアの国にあってもこれを重視する国が出てきている。日本学術会議が2005年（平成17年）4月に公表した声明「日本の科学技術政策の要諦」[27]が示しているように、アジア諸国との連携が極めて重要な政策である。アジアの信頼を得るための努力をもっとすべきという認識のもとに、航空宇宙分野でのアジア諸国との連携を国家方針に組み入れることも考慮するのが望ましい。

（2）航空宇宙科学技術ロードマップの作成

航空宇宙科学技術の必要な課題が大きく変動しつつある情勢を把握し、種々の問題点を解決するために将来の検討課題に関して時間スケールも含めたロードマップを作成する必要がある。産業界ではそうしたロードマップの作成が航空工学、宇宙工学個別に行われているが、更に航空と宇宙を包含し、社会が真に必要とするニーズをも踏まえた総合的な研究開発面でのロードマップを産学官の連携で作成することが望まれる。

（3）新たなフロンティアの設定

信頼性や低コスト化、環境問題が当面の重要課題であるとはいえ、航空宇宙は未知への挑戦によって新しい技術を切り開いてきたのは事実であり、そのフロンティア精神が技術革新のモチベーションとなっているのは未来においても変わることはない。有人宇宙飛行、深宇宙探査、完全再利用宇宙往還機、無人航空機、成層圏プラットフォーム、昆虫サイズの飛翔機械など新たなフロンティアを自ら課すことが重要である。

（4）新たな連携の模索

航空宇宙技術はもはや社会基盤といえるほど日常の生活に深い関わりを持ってきている。工学自体においても、力学を中心とした旧来の航空宇宙分野から電気電子、情報、化学へと広がり、更に市場性や開発コストを検討する経済学、国際的な取り決めを検討する法学、パイロットの行動や意思決定を分析し、宇宙空間での人間心理や生理状態を研究する心理学・医学、また宇宙開発利用の意義を議論する哲学にまでその問題は拡大している。また、国際的な連携も従来に増して重要であるのはいうまでも無く、こうした状況に対応できる新たな連携を模索する必要がある。従来からの分野に縛られがちな学協会組織の限界を乗り越える工夫が必要である。

日本学術会議航空宇宙工学研究連絡委員会は、第14期に「宇宙工学教育のあり方」（1991年）及び第16期に「航空宇宙工学研究と教育の活性化」（1997年）に関して対外報告を行い、大学の研究教育を活性化させるとともに、国の実施機関と地域の研究開発との連携の重要性を提言し、我が国の航空宇宙工学の活性化に効果をもたらした。この方向性は今後

とも継続すべきであろう。

(5) 明日の科学技術者の育成

将来の科学技術の発達は若い世代の活躍に依存しているが、昨今の小中学生の理科離れは優秀な人材を科学技術分野に確保するための大きな障害となると認識されている。宇宙や航空のフロンティアスピリットは若い世代の興味を十分ひきつける魅力を備えており、若い世代へ積極的に航空宇宙分野の活動を伝えること必要である。また、単に科学技術的な関心だけではなく、起業家精神を備えた技術者・研究者を育成することが重要である。

日本学術会議声明「日本の科学技術政策の要諦」でも、国家の根幹は「人づくり」であり、次世代を担う人材の育成は最重要課題であるとしている。国際的な協力のもとで、航空宇宙科学技術を通して人材育成の効果をあげることが望ましい。

2. 日本の航空宇宙科学技術推進の在り方

前述の航空宇宙科学技術に内在する問題点を克服するために、我が国各機関の役割とその寄与に関して整理する。

2-1. 国の役割

航空機の開発及び宇宙開発利用においては、国際的な競争と調和の中で我が国の果たす役割を明確にしておくはならなくなっている[28]。特に宇宙開発利用の目的は単に先端技術の開発という将来的な投資だけではなく、豊かで安全で持続可能な未来社会を実現することであり、そのための明確な将来展望を構築しなくてはならない。またそれとともに、宇宙の探求という人類共通の知的活動を遂行することで国際的な役割を果たしつつ、我が国の科学技術を牽引する長期的計画を立てなくてはならない。

航空宇宙の研究開発は、上に述べたように、時間的なスパンも長く、経費も膨大になるものが多いので、国際的観点に立って将来までを見通した国家的な長期戦略が必要であり、世界をリードできる総合的な技術開発力を備えるためには長期的な計画立案機能が必要になる。航空宇宙は複数の省庁に関連しており、省庁横断的な組織が望まれる。将来の航空宇宙科学技術を育成するためには、例えばアメリカのNASA（国家航空宇宙局）のような国家的な組織により中央のみならず地方の活力も有効利用することが理想であるが、そうした大変革が無理な場合でも、航空宇宙の計画を統括的に議論できる常設の政府組織が必要である。

2-2. 独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）の寄与

先に述べたように JAXA(Japan Aerospace Exploration Agency) は、2003 年（平成 15 年）10 月に発足し、我が国の航空宇宙科学技術研究開発推進の中核として位置づけられる。JAXA には、これまで個々の組織で行われてきた航空技術研究、宇宙科学研究、宇宙開発・利用を統合し、各組織のリソースと、これまでの成果を有機的に融合し、組織横断的な活動を推進することが望まれる。こうした先端科学と基盤技術が航空機開発や宇宙開発・利用に関与することにより、航空宇宙技術の発展と信頼性の向上につながることを期待され

る。法人としての JAXA は、国が提示した目標を実施する主体であり、目標とする研究開発を遂行するのはもちろんであるが、我が国の長期的な航空宇宙科学技術の発展のために、他の機関と連携して基礎的な研究を積み重ね、航空宇宙基盤技術・先行技術におけるブレークスルーとなる技術を開発するとともに、新たな輸送系の創出や惑星探査構想などの可能性を探求する指導的役割を持たねばならない。機関の英文名にある“Exploration”はまさにそうした役割を意図している。航空宇宙技術の安全性・信頼性を向上させる技術の研究開発を継続すべきことはもちろんである。

また、JAXA はロケット打上げを通して従来の宇宙科学研究所が機能していた大学共同機関として大学での宇宙研究を推進すること、及び産官学連携による NPO 支援等を行うことが望まれる。さらに、JAXA は航空宇宙科学研究推進の中核組織として、航空宇宙科学の啓発と、発展、及び国際協力を先導する立場に立たねばならない。

2005 年 4 月に JAXA は長期ビジョンを作成し、JAXA の基本理念を公表し、それを実現する為の具体的なロードマップを作成した[29]が、これは三機関統合が出来たことで可能となった日本の航空宇宙科学技術の方向性を示すものとして評価できる。

2-3. 研究機関の寄与

航空宇宙科学技術の発展のためには、独立行政法人電子航法研究所（ENRI）や独立行政法人情報通信研究機構（NICT）等の従来の航空宇宙関連機関と呼ばれていた機関以外に、航空宇宙科学技術の利用コミュニティを形成する様々な研究機関との連携が求められる。先般の国立研究所の独立行政法人移行後、多くの組織で利益追求型の研究のみが生き残り、短期的な判断の出来ない航空宇宙分野の研究開発が消え去ろうとしていることは憂慮すべきことである。この意味で JAXA と他の研究機関をつなぐ協働研究が重要であり、日本学術会議はこうした横断的な研究連携を大学、企業とともに融合化する役割を持たねばならない。

2-4. 大学の寄与

大学は、航空宇宙科学技術の体系化を推進するとともに、知的探求を通して新たな科学技術を自律的に創出する活動拠点であらねばならない。こうした自由な発想の創造的な研究活動は将来の革新的な航空宇宙科学技術のシーズを作り出す役割を担っている。研究の方向性に関しては、基礎的な継続的な研究とともに、リスクの多い挑戦的な研究にも目を向け、また、個別の自由な研究とともに航空宇宙科学技術の発展に向けた組織的な研究の取組を大学間、産業界、研究機関等と連携して推進することが必要である。JAXA 及び企業からも、大学の研究開発力に期待するところが大きい。

大学に対しては、成果を社会に還元するという目的を常に念頭に置いた研究が求められ、得られた研究成果を社会に問いかけるとともに、社会との連携によって具現化するような活動も研究活動に組み込むことが求められる。こうした、社会還元を目指した研究こそ、若い学生を惹きつけることができる。将来型宇宙輸送システム研究開発に関しては、大学の研究者グループが結成され、日本航空宇宙学会の支援のもとに、JAXA、企業との連携による全日本的体制ができつつある。こうした方向性は今後とも維持されるべきで。

大学には航空宇宙科学技術分野の高等教育を担当する役割があり、航空宇宙分野の統合

性から、その教育は、個別の研究分野とともに、広い視野をもって遂行する必要がある。日本航空宇宙学会が実施した若手技術者に対するアンケートでは、基礎分野の教育の重要性とともに、語学や発表技術、交渉技術に関するリテラシーの充実も求められている[30]。我が国において明確な航空宇宙学科・部門を有する大学は14（国公立9、私学5）であり、毎年の卒業生はおよそ830名である。同時に実施された各大学への調査では、全ての卒業生が航空宇宙分野へ就職できるほど当該分野の産業規模は大きくないが、航空宇宙分野で学んだ統合化技術を他の分野へ応用するという意図で教育がなされている。こうした統合化教育は、近年盛んになった、衛星設計コンテスト、学生の小型衛星製作、大学のロケット打ち上げ活動[31]、小型無人航空機（飛行ロボット）開発[32]などの活動でより充実することが望ましい。今後も航空宇宙科学分野の総合性を体験できる教育活動を基礎学力の教育を損なうことなく推進することが必要である。研究機関、企業などは、こうした活動が航空宇宙科学技術分野へ活力ある若い力を注ぎ込む原動力となりうることを認識し、設備の提供や技術指導協力を通して大学の「ものづくり活動」を積極的に支援すべきである。大学へのアンケートでは、学生身分での社会での体験（インターンシップ）をさらに推進させたいという意見があり、「ものづくり活動」を企業と大学の協働によって実践するという方向性も検討すべきである。さらに、この社会での体験は、海外での活動体験も含むべきであり、国際的な学生の交換留学制度を国及び企業は積極的に推進すべきである。大学教育は、知識や技能の上達を目指すのみならず、倫理性、協調性、創造性などを身につける場でもある。倫理面に関しては、科学技術の正しい方向性を認識し、信頼性を向上させる上にも重要であり、既に実践している大学も存在することは評価でき、企業など社会との連携でさらに推進することが望まれる。大学の社会貢献に関しては、近年、市民や青少年に向けた公開講座の実施が活発化している。こうした活動は成果の公開や、青少年の科学技術への興味の発掘のみならず、大学の構成員の連携を強める意味でも効果的であり今後もさらに活動を活発化すべきである。

2-5. 企業の寄与

企業は航空宇宙技術を経済活動を通して社会に普及させることで利潤を得ると共に、国民の生活を豊かにし、社会の利便性を増す役割を担っている。航空宇宙機器の製造業にせよ、航空機・宇宙機を利用したサービス業にせよ技術革新の進歩は急速であり、恒久的な新技術の開拓がなければ国際競争に打ち勝つことはできない。特に、海外の技術を導入し国産化すれば済んだ時代は過ぎ去り、世界をリードできる新技術を開拓できなければ高度な技術力を保持できない状況にあることを認識せねばならない。高度な性能と高い信頼性が要求される航空宇宙分野では先端的な要素技術を、複雑な巨大システムとして高い精度のもとで実現しなければならないことは、製造業にしろサービス業にせよ同じであり、これを達成することは、他にも大きな技術的波及を与えることができる。我が国は、材料やIT技術など要素技術の観点では世界的にも高い技術を保有しているので、これを航空機や宇宙機のシステムとしてマクロ的技術として展開させることが出来れば大きな成果が期待できる。こうした観点から、「国家産業技術戦略」でも航空・宇宙産業分野の分野別産業技術戦略が策定されている。

航空宇宙分野では、従来 MIL 規格（米国軍用規格及び標準）が用いられていたが、その

ため特別な仕様での製造が必要となり、製品の高コスト化・長納期化の要因となっていた。しかし、今後 MIL 規格の使用が縮小される方向にあり、民生部品・技術の適用が進むにつれ、日本の優れた部品・技術の国際標準化戦略を推進すべき状況にある。NEDO プロジェクトである SERVIS 衛星による民生部品・技術の宇宙実証はその一環である。

航空宇宙分野の高度で広範な技術を、しかも、環境、エネルギー、安全といった新しい分野を含めて推進するためには、企業の力のみではなく、大学・研究機関との研究面での連携を強化することが不可欠である。すなわち、企業は産業面でのニーズを大学・研究機関に伝え、大学・研究機関は学術的な研究動向やシーズを企業に公開することで、効果的な科学技術開発と大学・研究機関での成果の活用が可能となる。

最近では従来の航空宇宙産業を担ってきた大企業に加えて、東大阪、東京都大田区、福岡、札幌、室蘭、茨城などにおいて中小企業の参入が始まっており、将来の産業構造を考える上で望ましいものである。このような活動を効果的に支援する方策を考えることが必要であろう。

大学と企業の連携は、研究以外にも様々な観点から期待されている。大学教育において、国際的に活躍できる技術者能力を保証することが求められ、日本技術者教育認定機構（JABEE）が発足している。技術士資格にも航空宇宙分野があり、航空宇宙分野の技術者は海外で活躍する機会も多く、大学は JABEE の認定しうる教育レベルを維持し、また、航空宇宙分野の技術士資格保持者を増加させることは当然であり、特に、現実の問題解決能力を保証するデザイン教育に対しては、企業の経験を活用すべきであり、大学への講師派遣や、大学生のインターンシップ受入れなどをより積極的に実施することが企業に期待される[33]。

2-6. 学協会の寄与

学協会は学術の交流の場であり、学術の発展に大きな役割を担っている。ただし、分野ごとにまとまろうとする傾向があり、閉鎖的な社会を形成しがちであることも事実であろう。特に、航空宇宙分野のような、広範な領域をカバーしなくてはいけない学術分野では、そうした閉鎖性を排除するような努力が必要であり、更には、研究機関、大学、企業の連携をサポートすることが望まれる。日本学術会議には航空宇宙に限らず多くの学協会の連携を強化するような活動が期待される。

学協会は、その分野の広い範囲の科学者が集まっている場であるので、その利点を生かして、国民が真に必要なニーズを集約し、今後の科学技術の発展に反映させることも重要な役割である。具体的には、航空宇宙科学技術の推進のために、技術コミュニティだけではなく、人文社会科学系も含めた技術の利用コミュニティからの要望を考慮してロードマップを作ることが必要であり、そのために学協会がリーダーシップをとるべきである。

変化の激しい技術動向に対応するためには、生涯にわたる教育が必要なことはいまでも無いが、所属機関の努力や個人の自己教育にも限界がある。学協会はその豊富な人材をもとに、技術者・研究者の生涯教育プログラムを行うことに早急に取り組むべきである。

学術研究の分野では専門家同士でのピアレビューが研究を評価する際に重要になっている。また、競争的資金申請の審査や、学術論文の審査なども一種の研究評価と考えることができる。中立的な組織である学協会は、そうした要請に対応できるような会員のデー

データベースを蓄積することが望まれる。そうしたデータベースをもとに研究や教育の連携を推進することができる。

2-7. NPO 法人等に対する支援

航空宇宙の研究開発を目的とした NPO 法人、例えば UNISEC (University Space Engineering Consortium) や HASTIC (北海道宇宙科学技術創成センター、Hokkaido Aerospace Science and Technology Incubation Center) が設立されているが、設立直後ということもありそれらの財政的、人材的な基盤は極めて脆弱である。これらが航空宇宙研究を全国的基盤の上で支える組織と位置づけ、国は必要な助言を与えるだけでなく、その発言力の強化に向けて助勢すべきであろう。

3. 日本の航空宇宙科学技術推進に関する提言

1903 年のライト兄弟の初飛行から、またチオルコフスキーのロケット理論から 100 年を経て、航空宇宙科学技術は大きな岐路を迎えている。大空の飛行という古代からの人類の長年の夢を実現し、宇宙へと人類の活動を拡大することに成功した航空宇宙科学技術は、20 世紀を代表する最も進歩した分野と認識されている。これらの人類社会への貢献は 19 世紀のファラデー、マックスウェルの電磁気学の成果が 20 世紀の電気、電子、通信産業の発展に果たしたものと見合うものであると考えることができる。事実、「より高く、より遠く、より速く」という驚異的な挑戦の結果、人類は地球上のどの地点にも自由に移動することが可能となり、探査衛星は遠く土星の衛星にまで着陸し、地球に鮮明な画像と詳細な観測データを送信できるようになった。ただ、それはミッションの達成を最優先した技術であった結果、人間社会に必ずしも適合できる形で進歩したわけではないのも事実である。唯一の超音速旅客機コンコルドは、騒音や環境への規制によってすでに運行を停止し、有人宇宙輸送機スペースシャトルも度重なる事故により長期間の運行停止を余儀なくされた。今後の航空宇宙開発は、経済性と安全性・信頼性を両立させ、環境への適合性も高めた人間社会と調和の取れた技術として完成度を高めねばならない。また、深宇宙探査など人類共通の知の探求としての挑戦的な航空宇宙開発利用を国際的な協力によって効率よく進めねばならない。

産業面においては、極限的で先端的、かつ高度な信頼性を必要とする技術開発を要求する航空宇宙科学技術は広大な技術波及効果をもって推進され、各国の戦略的産業と認識されている。我が国では、第二次世界大戦後の航空に関わるすべての活動の停止時期があり、その後の産業の発達は必ずしも順調なものではなかったが、ここへきて国産航空機、国産ジェットエンジンの独自開発を開始し、世界有数の打ち上げロケットを保有するまでになった。ただ、民間航空機／エンジン部門、民間衛星部門、民間宇宙輸送部門いずれにおいても、今後更に国際競争力を得るまでになるのは容易な事ではない。

学術面では、航空宇宙分野において、数値計算力学や、複合材料素材、X線天文衛星など世界に冠たる力をつけた分野も育っているが、純国産化技術が遅れたこともあり、機体全体を統合化する技術には欧米に遅れをとっている。教育面においても、基礎分野の充実

では誇れるものも、創造的なデザイン教育や運航技術、経営工学的な新たな分野への展開が不十分であるといった課題を抱えている。

以上述べたように、航空宇宙科学技術は技術波及効果の大きな先端的科学技術分野であると考えられる。我が国における航空宇宙産業分野にはまだ大きな発展の余地があり、広い意味の安全保障上独自の技術を保有する必要性が高い。また、アジアを中心に将来の市場性も大きく、教育上も若者をひきつける求心力を保持しており、学術的にも今後の発展が期待される。そのために、以下のような提言を行う。

なお、航空と宇宙はそれぞれ異なった特質を有することも事実であるが、科学・技術的観点、経済・社会的観点及び組織・体制的観点から類似点が多いので、以下の提言では、その違いを明らかにしつつも統一的に論じることとする。

(1) 国家的な航空宇宙政策を策定する

航空宇宙政策は多くの省庁に区分されて個別に施策が進められているが、総合的な国家政策を策定・推進することが必要である。航空の分野では、研究教育、産業、運航利用と省庁の役割が固定化しており、国産機、国産エンジンの開発に向けより柔軟でダイナミックな対応が望まれる。宇宙分野でも同様な組織の固定化を是正し、有人技術を含めた国家的な長期的計画が求められるとともに、各省庁に広まった衛星利用の組織的なマネジメントが必要である。すなわち、国は、各省庁より一段高い立場から航空宇宙科学技術推進に関する国家的な方針を明確にし、長期的かつ俯瞰的な観点から立案・施策をマネージするために常置の組織を設置する等の枠組みを考慮すべきである。

(2) 組織的な航空宇宙科学技術の取組を行う

航空宇宙科学技術は要素研究から統合的研究、そして安全や信頼性を重視した着実な研究とリスクの高い挑戦的開発まで幅広いスペクトルを持つことを、航空宇宙科学者コミュニティは認識するべきである。産業の国際競争力強化も含め、信頼性と安全性の向上や環境問題などの航空宇宙科学技術推進上の一般的な課題に取り組むとともに、我が国固有の問題点を解決するための方策を講じることが必要である。その推進のためには組織的な取組が必要で、産学官及び中央と地方のそれぞれの役割に応じた有機的な連携がなされなければならない。

(3) 航空宇宙科学技術ロードマップを作成する

航空宇宙に関する環境が大きく変動していることを認識し、今後の航空宇宙に関する科学技術の時間的な計画も含めた予測を、関連学協会が中心となって、大学、企業、研究所の連携によって検討を行う必要がある。特に航空と宇宙の連携も視野に入れ、関連技術分野の動向も踏まえた予測を定期的な見直しを踏まえて実施する。社会が真に必要なニーズを集約し、今後の科学技術の発展に反映させることも重要な役割である。具体的には、信頼性と安全性の向上や環境問題などの世界的に共通する課題とともに、航空科学技術においては国際共同開発と国産機開発も含めた国際競争力強化に焦点を当てた取組が必要であり、宇宙科学技術においては国際競争力強化と科学衛星など国際的な連携・主導を積極的に推進するためのロードマップが求められる。また、航空宇宙科学技術の推進のために、技術コミュニティだ

けではなく、人文社会科学分野も含めて技術を利用するコミュニティからの要望を考慮したロードマップを作るべきである。

(4) 新たなフロンティアの設定を議論する

航空宇宙は未知への挑戦によって新しい技術を切り開いてきており、そのフロンティア精神が技術革新のモチベーションとなっている。有人宇宙飛行、深宇宙探査、完全再利用宇宙往還機、無人航空機、成層圏プラットフォーム、昆虫サイズのマイクロ飛翔機械など新たなフロンティアを自ら課することが重要であり、そうした夢を育む活動を日本学術会議が支援することが望ましい。

(5) 新たな学術連携を志向する

航空宇宙技術はもはや社会基盤といえるほど日常の生活に深い関わりを持ってきている。それに対応する学術の分野も旧来の航空宇宙分野から他の理工学分野はもとより、法学、経済学、心理学、哲学、医学へと広がりを見せている。こうした広がりには、分野に縛られがちな学協会活動をより柔軟に拡大するとともに日本学術会議が俯瞰的な連携に向けて貢献する必要がある。

(6) 明日の科学技術者を育成する

日本学術会議声明「日本の科学技術政策の要諦」でも述べているように、国家の根幹は「人づくり」であり、次世代を担う人材の育成は最重要課題である。大学における近年の「ものづくり」活動は起業家精神を備えた将来の航空宇宙分野をになう人材の育成に大きく貢献すると予想される。大学は従来からの基礎分野の研究教育とともにこうした起業家精神の涵養に努力すべきであり、それが航空宇宙分野で不足していた国際競争力の強化につながることを認識する必要がある。さらに、小中学生の理科離れの傾向を方向転換するためにも活動をより若い世代に広げることが必要である。航空宇宙科学者コミュニティは将来の発展の鍵を握るのは、若くて活力のある人材の発掘であることを明確に認識し、こうした活動を支援することが必要である。これはまた、国際的な協力のもとで、実施することが望ましい。

参考資料

1. 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会：「航空科学技術に関する研究開発の推進方策について」平成 15 年 5 月、
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/toushin/03060901.htm
2. 総合科学技術会議：「我が国における宇宙開発利用の基本戦略」、平成 16 年 9 月 9 日、
http://www8.cao.go.jp/cstp/output/iken040909_1.pdf
3. 宇宙開発事業団：宇宙開発ハンドブック、1997.
4. (社) 日本航空宇宙工業会：航空宇宙産業の GDP 比率の国別年代推移、
http://www.sjac.or.jp/about_dt/data_bas.htm (2005 年 3 月) .
5. 日本航空機開発協会：世界の航空旅客予測
http://www.jadc.or.jp/3_Forecast.pdf (2005 年 3 月) .
6. 鈴木真二：航空機研究開発の世界の動向、機械の研究、56-1, 2004, pp. 197-204.
7. (社) 日本航空宇宙工業会、日本の航空宇宙工業 50 年の歩み、2003 年 5 月.
8. 日本航空機開発協会：航空機関連データ集、世界の主要航空路線
http://www.jadc.or.jp/1_Traffic.pdf (2005 年 3 月) .
9. 久保田弘敏：特集「将来型航空機・宇宙機、はじめに」、機械の研究、56-1, 2004, pp.47-50.
10. JAXA ホームページ：人工衛星
<http://www.jaxa.jp/missions/projects/sat/>
11. 経済産業省産業構造審議会航空機宇宙産業分科会宇宙産業委員会：宇宙産業化 WG 報告書、2004.
12. 上田哲彦：第 24 回国際航空科学会議 (ICAS) 横浜大会、日本航空宇宙学会誌、53-612, 2005, pp. 25-28.
13. 小田光茂：第 54 回国際宇宙会議 (IAC) 参加記、日本航空宇宙学会誌、53-603, 2004, pp.109.
14. 津江光洋、中須賀真一：第 24 回 ISTS (宇宙技術及び科学の国際シンポジウム) 参加報告、日本航空宇宙学会誌、53-609, 2004, pp. 276-277.
15. European Vision 2020 :
<http://europa.eu.int/comm/research/growth/aeronautics2020/en/index.html>
16. NASA Blueprint : http://www.aerospace.nasa.gov/aero_blueprint/
17. ボーイング社：商用ジェット機の事故件数と事故確率
<http://www.boeing.com/commercial/safety/flash.html>
18. 谷口浩文、棚次亘弘：再利用宇宙輸送システムの研究開発、機械の研究、56-1, 2004, pp.158-163.
19. 渡辺篤太郎：将来型宇宙機の研究開発の方向性、機械の研究、56-1, 2004, pp. 136-142.
20. 磯崎弘毅、稲谷芳文：宇宙旅客機の研究、機械の研究、56-1, 2004, pp.176-183.
21. 渡辺紀徳：推進機関に関する技術課題、機械の研究、56-1, 2004, pp. 72-79.
22. JAXA ホームページ：スペースデブリの研究

- <http://www.ista.jaxa.jp/een/index2.html>
23. 西本淳哉：わが国航空機産業の現状と課題、機械の研究、56-1, 2004, pp. 90-97.
 24. 柴藤洋二：将来型使い切りロケットの研究開発、機械の研究、56-1, 2004, pp. 143-150.
 25. 日本航空機開発協会：航空宇宙産業データベース
http://www.sjac.or.jp/toukei/database_h17.5.pdf (2005 年 6 月)
 26. Pegasus Program : http://www.pegasus-europe.org/Brochure_WG2.pdf
 27. 日本学術会議: 声明「日本の科学技術政策の要諦」、平成 17 年 4 月 2 日、 pp.1-25、
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-19-s1024.pdf>
 28. 小林哲緒：文部科学省における航空科学技術に関する研究開発、日本航空宇宙学会誌、53-612, 2005, pp. 17-24.
 29. 宇宙航空研究開発機構：JAXA 長期ビジョン、2005, pp. 1-52.
 30. 日本航空宇宙学会大学教育認定制度検討委員会、航空宇宙工学教育と技術者認定制度を考える、日本航空宇宙学会誌、51-597, 2003, pp. 263-271.
 31. 八坂哲雄：大学における宇宙実地教育－UNISEC によるもの作り活動、日本航空宇宙学会誌、53-613, 2005, pp. 57-59.
 32. オーガイズドセッション、大学の設計製作飛行活動（航空機、衛星、ロケット）、日本航空宇宙学会第 36 期年開講演会講演集、2005, pp. 31-65.
 33. 鈴木真二、麻生茂：大学教育認定制度検討「公開」委員会における論点報告、日本航空宇宙学会誌、51-597, 2003, pp. 271.