

21世紀の日本の航空科学技術

大林 茂
東北大学流体科学研究所

1. はじめに

1903年のライト兄弟の初飛行からちょうど100年目の2003年、我が国の航空科学技術にはいくつかの画期的な出来事があった。

一つは、YS-11以来となる国策としての民間航空機開発のスタートである。新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)のプロジェクトにより、三菱重工業株式会社を中心とするグループが、30~50席級のリージョナルジェット機の開発を行い、5年後に試作機による飛行を目指している。

二つめは、文部科学省に「航空科学技術に関する研究開発の推進方策について」と題する答申が提出されたことである。文部科学省は、独立行政法人宇宙航空研究開発機構と航空関連の教育研究に携わる大学等の研究実施機関を持っているが、平成13年の中央省庁再編後、初めて航空に関する施策が明確化された。

三つ目は、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)の誕生である。次世代の航空宇宙技術の研究開発が中心の「航空宇宙技術研究所(NAL)」、宇宙や惑星の研究が中心の「宇宙科学研究所(ISAS)」、H-IIA ロケットなどの大型ロケットや人工衛星、国際宇宙ステーションの開発が中心の「宇宙開発事業団(NASDA)」の3機関が統合されて、日本の航空宇宙分野の中樞を担うこととなった。これまで日本の航空系の研究を中心となって進めてきたNALは、JAXA・総合技術研究本部として再出発した。

そして最後は、2003年12月のライト兄弟初飛行100周年前日に飛び込んできた小型ビジネスジェット実験機「HondaJet」の初飛行という元気のでのニュースである。自動車メーカーの規模は航空機メーカーに比べて圧倒的に大きく、ホンダの成功は米国でも期待と脅威を持って受け止められている。また、アメリカの小型機に関連した新プログラムもあわせて紹介する。

本論では、これらの出来事を振り返りながら、今後の我が国の航空科学技術の進むべき道について考察し、社会的議論の契機としたい。

2. 国産機開発プロジェクト

2003年に始まる国策としての民間航空機開発は、経済産業省の政策を受けたNEDOが、平成15年度課題設定型産業技術開発費助成金として「環境適応型高性能小型航空機研究開発」を公募する形となった。これに、三菱重工業株式会社、富士重工業株式会社及び財団法人日本航空機開発協会の3者の共同事業が採択された。JAXA・総合技術研究本部及び東北大学も共同研究先として参画

している。NEDO では、この開発の目的を次のように掲げている（参考資料 1）。

欧米等先行諸国の他アジア諸国も含めた競争激化が進む中、技術的波及効果が大きく、環境、情報技術、材料・素材等の幅広い分野に高付加価値技術をもたらす航空機関連技術について、国際競争力の強化を目標とする国の民間航空機基盤技術プログラムの一環として、軽量化等による環境負荷の低減に資する材料技術、操縦容易性の実現等を可能とする情報技術等の航空機関連技術の実証を目的とし、これらの技術を活用した小型航空機（30 席クラスのジェット旅客機と同規模）の試作・試験を行い、併せて開発・生産システムの効率化の実現を図る。

この短い文章の中でも航空技術の特色を示すキーワードとして、「技術的波及効果」や「高付加価値技術」が見られる。「技術的波及効果」とは、航空機産業が技術集約産業であり大きな裾野産業を持つことを指している。すなわち、最終製品である航空機を完成させるには、非常に多くの部品が必要であり、しかもそれらはパソコンの部品のように異なるメーカーで容易に互換性を持たせられるものではない。重力に打ち勝って空を飛び、その上安全かつ経済的な交通手段となるためには、それぞれの部品が性能向上・軽量化を図り、信頼性を向上させ、さらに全体としてうまく働くように設計されなければならない。そのような広範囲にわたる高品質の生産能力は、航空分野に限らず国全体の技術能力を測り知れないほど向上させる。

なぜ国産機開発が必要なのか。日本にとって国産航空機が重要な理由は、単に売って儲けるためではない。飛行機を買ってくることで獲得できない、生産することによってはじめて身につく高い技術能力が育まれるからである。しかも、厳しい性能要求のもとで生産されることは、「高付加価値」であることも意味している。東南アジアの国々に比べ人件費の高い我が国が、製造業で国際競争力を維持するには、「高付加価値技術」が必要とされる産業へとシフトしていくことも重要である。

国産機を必要とする理由は、上のような経済的理由にとどまらない。もう一つの側面は、航空機の安全性の問題である。航空機製造会社は、設計・製造した機体が安全であることを、国に対して証明することを義務づけられている。「危ない飛行機が今日も飛んでいる（下）」（参考資料 2）に次の一節がある（文中の FAA は米国連邦航空局）。「ボーイング 777 が安全で異常のないことを証明するためにテストのうち、95%は、FAA がボーイングのなかから選んだ代理検査官によって行われていた。しかし、ボーイングの技術者は、777 の本体とそのシステムのテストを FAA のかわりに行っていただけではなかった。テストの項目も彼らがつくっていたのだ。彼ら自身が合否の基準を決め、テストを実施し、飛行機の合否を最終的に判断するのである。もちろん、合格に決まっている。」すなわち、国産航空機を開発生産する技術能力を持ってはじめて航空機の安全性を批判的にチェックすることができるのである。我が国の航空旅客輸送実績は、20 世紀末には世界第 2 位に達していた（参考資料 3）。日本社会をはじめ国際社会に対する責任からも航空安全が生産国である欧米任せでよいとはいえないであろう。国産機の開発は、我が国にとって二重にも三重にも重要な課題なのである。

3．航空科学技術施策

2003年5月、文部科学省科学技術・学術審議会の研究計画・評価分科会、航空科学技術委員会(相原康彦委員長)より「航空科学技術に関する研究開発の推進方策について」と題する答申が提出された(参考資料4、以下航空施策と略す)。この中で、航空科学技術分野の研究開発の必要性及び意義が次のように述べられている。

航空機産業は、関連する技術分野の裾野が非常に広く、他の産業に比べて性能や信頼性に対する要求水準が高いため、その時々において、常に先進的で付加価値の高い技術が適用されるといった性格を持っている。そのため、航空機産業は、広範な産業分野の高度化を先導するとともに、国の安全保障を担う重要な産業であることから、世界的にみても、各国とも国としての重要な戦略的分野として位置付けられており、その振興が図られている。特に近年、アジア諸国やカナダ、ブラジルなどでも、旅客機の開発など産業育成の取り組みを強化し、航空機産業の急速な成長につながる成果を遂げている。

一方、我が国の航空機産業の現状は、欧米先進国との相対的な実力差が拡大しつつあり、また航空機産業の振興を目指すアジア諸国からの追い上げを受けるに至っている。このような現状を打破するためには、従来以上に明確に実用化を視野に入れ、我が国全体として産官学の力を結集して航空科学技術の研究開発を推進し、航空機の開発技術、特に高度なシステム化技術の飛躍を図り、我が国の産業発展の先導的役割を果たしうよう航空機産業全体の活性化とその発展を促進する必要がある。

また、我が国の航空輸送量の規模は世界でも有数であり、航空輸送は最も重要な交通機関の一つとなっている。航空機の運航に係る安全性の追求は常に求められているが、米国での同時多発テロを契機として、ハイジャック防止対策等の保安(セキュリティ)に係る技術開発の要請も発生している。さらに、地球環境との調和及び生活の快適性の追及の見地から、騒音や排気ガス等の低減など環境保全に関する技術開発を促進することが世界の潮流となっている。我が国としても積極的にこれらを含めた社会的要請に取り組み、我が国の航空輸送の発展に資する基盤技術を強化する必要がある。

この中でも、広い「技術分野の裾野」や「付加価値の高い技術」など前節と同様のキーワードが見て取れるが、日本の重点目標として「システム化技術」が明言され、安全・保安・環境保全が社会的要請となっていることを確認している。航空施策の中ではより詳細な現状分析がなされている。

この現状分析の中で特筆すべきは、まず航空輸送が国民の足として定着していることを確認したこと、次に世界の航空機市場は今後20年で倍増が見込まれていることの2点であろう。国民の足となった航空輸送を、さらに便利なものにするにはどうすべきか、国の政策として真剣に議論すべき時期が来ている。現状の空港アクセスは非常に悪く、とても飛行機の高速度を活かすようなシステム設計になっていない。採算性が疑問視される地方の高速道路や新幹線建設に代わって、航空輸送を中心に据えて高速輸送網を構築したら、新しい21世紀の日本の交通システムが見えてこないだろうか。

航空機市場の成長に関していえば、世界的な増加の中で中心を占めるのはアジア市場すなわちアジア域内航空輸送であると予測されている。航空輸送が欧米亜の3極構造になると予想される中で、製造業だけは指をくわえて欧米企業に市場を明け渡すことになるのか、日本がアジアでリーダーシ

ップを發揮して製造業でも3極構造に持ち込めるのか、あるいは日本でなく中国が航空科学技術でもアジアのリーダーとなるのか、ここ数年が非常に重要な時期である。

国産機プロジェクトにおいても航空施策においても、環境問題が大きな課題になっていることも指摘しておきたい。現在、石油を猛烈な勢いで消費し、大量のCO₂を排出するなど環境負荷の最大の原因は自家用車である。しかし、自動車産業では着実に燃料電池自動車等の研究開発を進めている。このまま航空産業が手をこまねいていれば、遠からず航空輸送による排出物が環境の負荷の主要原因となってしまうであろう。しかも、石油資源自体有限である。石油後に航空輸送は消滅してしまうのか？もう石油後をにらんだ研究を開始しても、決して早すぎることはないであろう。

また、航空施策には（参考）として「最近の欧米の航空戦略」という記述がある。この紹介によると、米国は航空分野における国際的リーダーシップの維持を前面に掲げ、欧州は米国の対抗者としての位置づけを明確にしている。これに対して、我が国の取るべき立場は、第3極としてのアジアにおけるリーダーシップではないだろうか。また欧州では、航空宇宙分野が、IT・ナノ・バイオ・環境に匹敵する重要分野に位置づけられている。我が国でも、経済産業省（製造）・文部科学省（研究）・国土交通省（運航）・総務省（通信）・外務省（国際関係）という縦割り行政に縛られない、統一的な施策が必要と思われる。

4 . JAXA ・ 総合技術研究本部

2003年10月1日、ISAS、NAL、NASDAが統合し、独立行政法人「宇宙航空研究開発機構（JAXA）」が誕生した。前節で取り上げた航空施策では、JAXA 統合を踏まえて NAL の果たすべき役割が述べられており、この施策は NAL の流れをくむ JAXA ・ 総合技術研究本部のこれからの活動の指針となっている。

大型施設を中心とした共同利用機関としての性格、我が国唯一の航空科学技術に関する総合研究機関として、基礎的・基盤的な研究開発、実用化に向けたプロジェクトの推進、国家的プロジェクトへの技術協力等、これまで NAL が果たしてきた役割は少なくない。それを踏まえて参考資料4では次のように述べられている（文中の航技研はNALのこと）。

今後、航技研は、新機関となることを契機に、従来培われてきた産業界、大学とのネットワークをさらに発展させ、産業界と大学との橋渡しの役割をすることが求められる。産業界は、製品化の観点から、システムとして統合された技術を必要としている一方、大学での研究は細分化・専門化されており、産業界の技術者と大学の研究者で技術課題を共有することは難しい。例えば、航空機の舵面等を動かすアクチュエータひとつを取っても、機械工学、電子工学、材料工学、制御工学等に関する技術・知識が集積されている。航技研は、中核的な研究機関としての立場から、産業界と大学との間に立ち、産業界において解決が必要とされる技術課題を細分化し、大学で取り組むべき研究テーマとして発信する役割を果たすことが必要である。逆に、大学で生れた自由な発想に基づく研究成果のシステム化を図り、産業界での製品化・実用化に資するような研究開発を行うことも求められる。なお、航空科学技術の裾野は非常に広いことから、航空分野以外の学科・研究室とも連携・協力を深めることが不可欠である。

航空施策で「システム化技術」が取り上げられた背景には、これまでの日本の航空宇宙技術研究が基礎・要素研究に片寄り、実機という具体的な成果を生み出せなかった反省がある。元来、航空宇宙分野には優秀な研究者が集まっている。YS-11 後の実機開発がなかった時代を通じて、優秀な人たちがそれぞれの興味に従って研究を進めた結果、ますます学問的興味と実用化研究の隔たりが大きくなってしまった。日本が航空宇宙研究に費やすリソースは、欧米に比べればはるかに少ない。その有効利用を促進するには、今後単なる学問的興味でなく、実機に役立つ研究をどのように根付かせていくか、航空に関する唯一の研究機関として、JAXA・総合技術研究本部の役割は非常に重要である。

航空産業という葉を茂らせるために、大学の基礎研究というあらゆる学問分野に張り巡らされた根があるすれば、JAXA で行う研究開発は木の幹に相当するものでなくてはならない。これまで NAL が果たしてきた役割の中でも、現在特に JAXA・総合技術研究本部に求められているものは、大型施設の有効利用とともに、実用化に向けたプロジェクトの推進であろう。

5 . HondaJet と将来の航空輸送

2003 年 12 月 16 日、小型ビジネスジェット実験機「HondaJet」の初飛行は、ホンダのホームページで次のように伝えられた（参考資料 6）。

H o n d a、ビジネスジェット実験機の飛行試験を開始

Honda は、新しいコンセプトの小型ビジネスジェット実験機「HondaJet」を自社開発し、自社製ジェットエンジン HF118 を搭載して、今月、米国ノースカロライナ州ピードモントトライアド空港にてフライト試験を開始した。

この実験機は従来機と比較して、燃費、キャビンの広さを格段に向上させたのが特徴。

エンジンを主翼上面の最適位置に配置するというユニークな形態を採用する事で高速飛行時の造波抵抗を低減させ、巡航効率を高めた。また、このレイアウトにより胴体内のエンジン支持構造を廃することで従来の機体に比べ胴体内容積を 30%以上拡大。胴体にはカーボン複合材一体成形構造を用い、小型軽量でありながら、クラス最大のキャビンを実現した。

主翼構造にはアルミ一体削り出しスキンを採用する事で従来構造に比べよりスムーズな表面を実現し、独自開発した乱流発生を抑える層流翼設計と合わせ、空気抵抗を大きく低減。さらに胴体の先端形状を工夫し層流を実現させるなど、随所に抵抗低減の技術が盛り込まれている。Honda 製ターボファンエンジン HF118 の低燃費性能と合わせ、燃費は従来機に対し約 4 割向上している。

この実験機には、先進のグラスコックピットタイプの計器表示装置を採用した。またオートパイロットや防氷装置などを搭載している。

今後約 200 時間の飛行試験を計画しており、各種システム、性能や操縦安定性を実機レベルで確認、実証する予定である。

Honda は 1986 年より小型ジェット機の研究を始め、他社製エンジンでの飛行例はある

が、自社製エンジンと自社製機体の組み合わせでの飛行は今回が初めてで、世界的にも珍しい。

ホンダは2004年2月にゼネラル・エレクトリック・カンパニー（GE）と小型ビジネスジェット用ターボファンエンジン HF118 の共同事業化について合意、4月には航空エンジン事業化計画室を新設予定で、航空事業への参入を本格化させている。

自動車産業は、日本を代表する産業であり、その信頼性と品質の高さは世界を圧倒している。ボーイングでさえ、トヨタにコンサルタント料を支払ってその生産技術を学んだほどである。ホンダにしても、その会社規模はボーイングより大きい（ボーイングは民間機製造業以外にも、大きな軍需部門を持っているにもかかわらず）。競争力に優れた民需企業で、高い生産能力と豊富な資金力、全世界的販売ネットワークを持つ日本の自動車産業が、異業種の航空事業に進出してくることについては、アメリカ航空宇宙学会でも取り上げられるなど、世界の注目を集めつつある。

小型機に関して、もう一つ話題がある。現在アメリカで産官学連携プログラムとして進行中の小型航空輸送システム（参考資料7、以下 SATS と略す）である。SATS は、管制・航法・操縦の自動化・高度化により、自家用航空機でアメリカに数多くある中小の滑走路にどんな天候でも離発着可能にすることを目標に掲げている。その結果として、ドアツードアで旅行の所要時間を減らすことが目的である。定期航空便のある大空港まで行き、ハブ空港で乗り換えて目的地を目指す現在の旅行スタイルでは、地上の移動時間や空港の待ち時間が非常に多い。それよりも隣町の小空港から、目的地のそばへダイレクトに飛んで、地上の移動時間や航空機の乗り換えを減らすことができれば、技術開発によって航空機の巡航スピードを上げるより、はるかに旅行時間短縮に役立つ。

日本でも、地方では鉄道・バスなどの地方公共交通機関が不振である。ドアツードアには自家用車が圧倒的に便利だからである。また、高速道路や新幹線などの大型事業も、地方では採算性が疑問視されている。これらの設備は、つながっていかなくては意味がないので、長距離にわたる建設や保守に巨額の費用が必要となるからである。もし、日本において SATS 技術が実用化されたら、自家用車の便利さと航空機の高速度性を合わせ持つ新しいシステムは、地方の交通アクセスを一変させてしまうであろう。それは、自動車産業と航空産業の融合した新しいマーケットを切り開き、地方活性化の究極の答えを与えることになるかもしれない。

6. 21世紀の日本の航空科学技術への提言

本論では、まず YS-11 以来となる国策としての民間航空機開発のスタートに関連して、なぜ「国産」が重要なのかを論じた。科学技術立国を目指す我が国にとって、高付加価値技術を必要とし国全体の技術力を向上させる航空機産業は、非常に重要な分野である。世界有数の航空輸送実績を持つ日本は、国内のみならず、国際的にも航空安全の向上に尽くすべきであり、そのためにも国産機製造技術が必要である。

次に、航空施策に関連して、航空輸送が国民の足となっている現状を踏まえた上で、国内交通システムの再構築が必要であること、国際的には成長するアジア市場のリーダーシップを取るべきことを論じた。このためには、従来の縦割り行政を越えた統一的な施策が必要である。また環境問題

への対応が重要なことも指摘した。

JAXA・総合技術研究本部には、大学の基礎研究という根と航空産業という葉をつなぐため、木の幹に相当する実用化プロジェクトの推進を期待したい。

HondaJet の初飛行に関連して、海外からも注目される日本の自動車産業の航空産業進出と、アメリカで進む SATS プロジェクトを紹介した。SATS は、交通システムを一変させる可能性を秘めており、日本でも地方活性化の切り札となるかもしれない。

以上より、21 世紀はじめの大きな研究課題を絞り込むとすれば、大きく分けて次の 4 項目であるとする。

- 1) アジア市場をにらんだ国産航空機開発（あるいはアジアでの共同開発）
- 2) 環境問題への対応（すぐに手をつけるべき問題と石油後を見込んだ研究）
- 3) 高品質・低コストの自動車生産技術の航空産業への移転
- 4) 小型航空輸送システムによる地方活性化

1 のアジア市場をにらんだ航空機に関しては、具体例として以前日本航空宇宙学会誌に投稿した拙文（参考資料 8）をご参照頂きたい。アジア版エアバスによるビジネス客をターゲットとした超音速リージョナルジェット機（SSRJ）を提案した。このような航空機があれば、東京 - 香港が片道 2 時間の日帰り圏内となる。現在、ソニックブームをなくし、地上も超音速で飛ぶための研究も継続中である（参考文献 9）。

2 や 4 については、2004 年 1 月の理論応用力学講演会で興味深い研究がいくつも紹介されたので、興味のある読者は是非ごらんいただきたい（参考資料 10）。最後に、本論をまとめるに当たり、JAXA・総合技術研究本部の泉耕二氏との議論が大変参考になったことを謝して締めくくりたい。

参考資料

1. http://www.nedo.go.jp/informations/press/150529_1/150529_1.html
2. メアリー・スキアヴォ、*危ない飛行機が今日も飛んでいる*（下）草思社、1999 年
3. 運輸省航空局監修、*数字で見る航空 2001*、航空振興財団発行、2001 年
4. http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/toushin/03060901.htm
5. http://www.jaxa.jp/about/history/index_j.htm
6. <http://www.honda.co.jp/news/2003/c031216-hondajet.htm>
7. <http://sats.larc.nasa.gov/main.html>
8. 大林茂、「超音速リージョナルジェット機」、*日本航空宇宙学会誌*、第 49 巻 pp110-114、2001 年
9. 佐々木大輔、「Adaptive Range Multi-Objective Genetic Algorithms for Aerodynamic Design Problems（空力設計問題における領域適応型多目的遺伝的アルゴリズム）」東北大学情報科学研究科博士論文、2004 年
10. オーガナイザ泉耕二（JAXA・総合技術研究本部）、オーガナイズドセッション「将来型航空機」、第 53 回理論応用力学講演会講演論文集、pp.97-116、2004 年（<http://www.jsass.or.jp/nctam/>）