

# 航空機（民需用）に関する特許出願技術動向調査

平成 14 年 5 月 24 日

総務部技術調査課

## 1. はじめに

航空機、エンジンおよびその装備品は数百万点の部品から構成され、これを機体システムとして統合し、高空を高速で多数の旅客を安全かつ効率的に輸送するものであり、民生機器の頂点に立つもので、その開発・生産には強靱な総合的産業力を必要とする。さらに、航空機産業は裾野の広い高付加価値産業、技術的波及効果が大きい産業であり、欧米の先進諸国では、従来から国家的見地にたった戦略産業と位置づけている。

そこで、航空機分野に関して、我が国産業の現状、技術開発動向、国際競争力、将来の発展性等について、各国の特許出願・登録動向分析を基軸とした調査を行うことにより、特許から見た我が国の航空機産業の今後の方向性や課題を明らかにする。

## 2. 調査範囲について

調査を行うにあたり、調査対象範囲を以下のように設定した。

生産統計などでは、航空機工業は先ず製造事業と修理事業とに分けられ、さらにそれぞれが航空機、同部品、エンジン、その他に4区分されて述べられる場合が多い。学会では、航空機全般、回転翼機、特殊航空機、航空エンジン、飛行力学、空気力学、運航整備、材料、構造、生産技術に区分して技術開発成果、研究成果などを報告している。また、国際特許分類表では、軽航空機(B64B)、飛行機(B64C)、航空機の装備(B64D)、地上設備または航空母艦の甲板上の設備(B64F)、ガスタービン設備(F02C)、ジェット推進設備(F02K)、高圧または高速の燃焼生成物の生成(F23R)の各項目によって航空機技術は区分されている。

この中から「軽航空機」、「地上設備または航空母艦の甲板上の設備」および「回転翼航空機」を除外し、主として国際特許分類表をもとに、本調査の対象とする技術の俯瞰図を第1図の通り作成した。「構造一般」として示した項目は、胴体、翼、安定板、操縦翼面、部材、その他に共通する項目である。

第1図 航空機技術俯瞰図

機体構造	構造一般 金属構造、樹脂構造、複合材構造、インテリジェント材料構造、積層構造、応力外皮構造		
胴体 フレーム、外板、床、扉、風防、窓			
翼 桁、外板、翼型			
安定板 水平安定板、垂直安定板			
操縦翼面、部材			

方向舵、昇降舵、補助翼、フラップ、スラット、トリムタブ、スポイラー			
他の形状、構造、整形に関する部材 ナセル、パイロン、カウリング			
他の空力装置 吹き出し、吸い込み、多孔表面、リブレット、ボルテックスジェネレータ			
降着装置 主脚、前脚、尾脚、引込装置、車輪、アンチ・スキッド、ブレーキ、緩衝装置			

飛行制御
操縦系統 操縦桿、リンク機構、フライバイワイヤ、フライバイライト、自動操縦、無線操縦、油圧系統、翼面駆動装置、故障対策
動力制御装置 スロットル、自動操縦、故障対策
他の安定、操縦に関する装置 ジェット反動、重心制御、連帯操縦

動力装置
動力機関 ターボジェット、ターボファン、ターボプロップ、ラムジェット、スクラムジェット、空気取入口、ファン、圧縮機、燃焼室、タービン、排気口、消音装置、スラストリバーサ、冷却装置、始動装置
プロペラ 羽根、翼型、ハブ、スピナ、ピッチ変更機構、調速器、共軸プロペラ
動力伝達装置 減速機、共軸プロペラ駆動装置
燃料供給装置 燃料タンク、燃料注入、燃料移送、燃料供給

装備
飛行計器 指示計器、着陸援助装置、警報装置
乗員室、荷物室の装備 客室、座席、ギャレー、ラバトリー、貨物固定装置、貨物取扱装置
空気処理装置 与圧装置、空調装置、酸素富化装置
補助動力装置

非常用装置（機体関係） 除氷、避雷、燃料放出、防爆
非常用装置（人体、貨物関係） 脱出シュート、衝撃吸収、シートベルト、浮揚装置、墜落位置表示器
他の装備 カメラ、フライトレコーダ、ボイスレコーダ、灯火

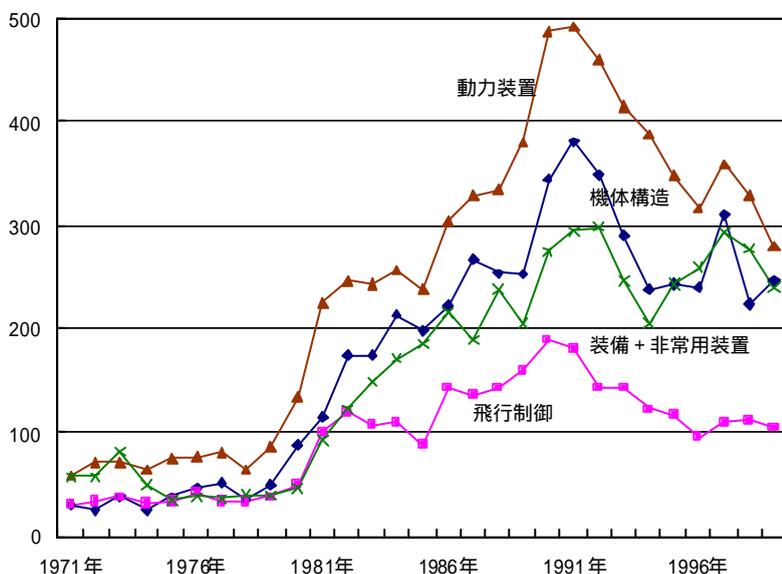
### 3. 特許動向分析

#### (1) 世界全体の特許動向分析

##### 技術区分別分析

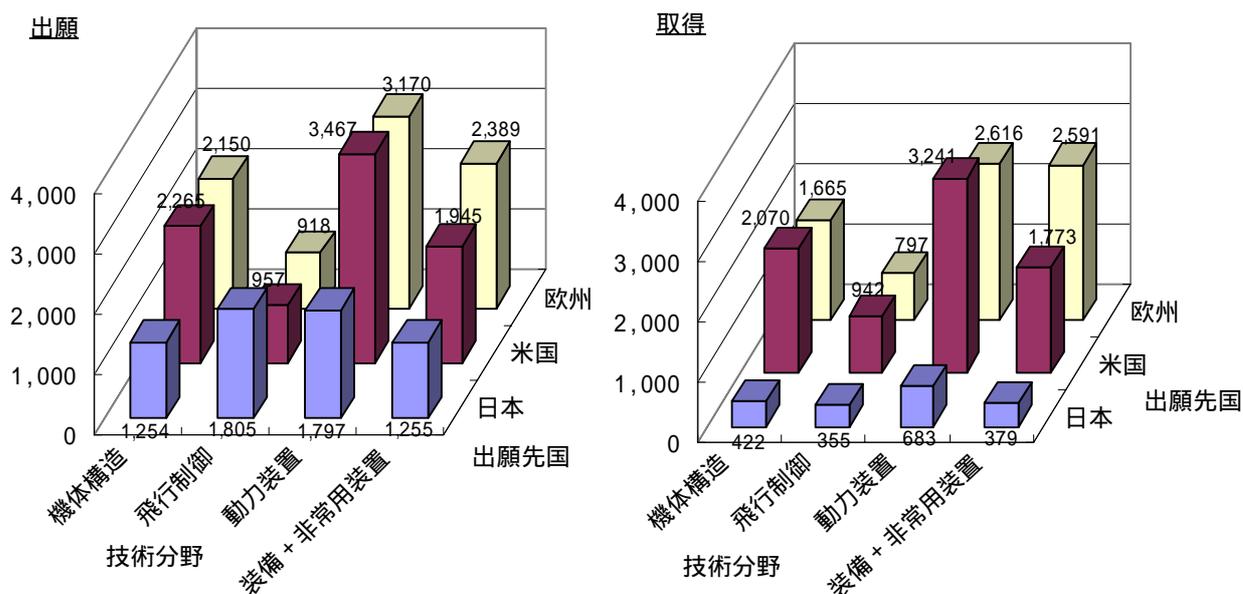
世界全体の技術区分別特許出願数の推移を第2図に示す。4つの技術区分の中で、動力装置に関する特許が最も多く出願されている。また各技術分野とも1990年頃出願数が急激に増加し、1990年～1992年頃ピークとなっている。その後徐々に減少するが、また1997年頃に小さいピークがある。あとで述べる航空機工業売上高も1991年を頂点に1995年まで減少を続け、1996年から再び上昇に転じている。1991年はソ連崩壊の年であり、冷戦の終結とともに軍需が縮小し、その影響が航空機工業売上高や特許出願数の減少に影響しているものと考えられる。

第2図 技術区分別特許出願数の推移 - 世界 -



日米欧三極間の技術区分別特許出願構造を第3図に示す。4技術区分ともに米国および欧州への出願数はほぼ拮抗している。機体構造と動力装置は、米国への出願数がやや多く、装備+非常用装置は欧州への出願がやや多い。飛行制御は日本への出願がもっとも多いが、その他の技術区分では日本への出願は最も少ない。飛行制御の日本への出願数が多いのは、日本人の出願が飛行制御に偏っていることによるものと思われる。

第3図 日米欧三極間の技術区分別特許出願／取得構造

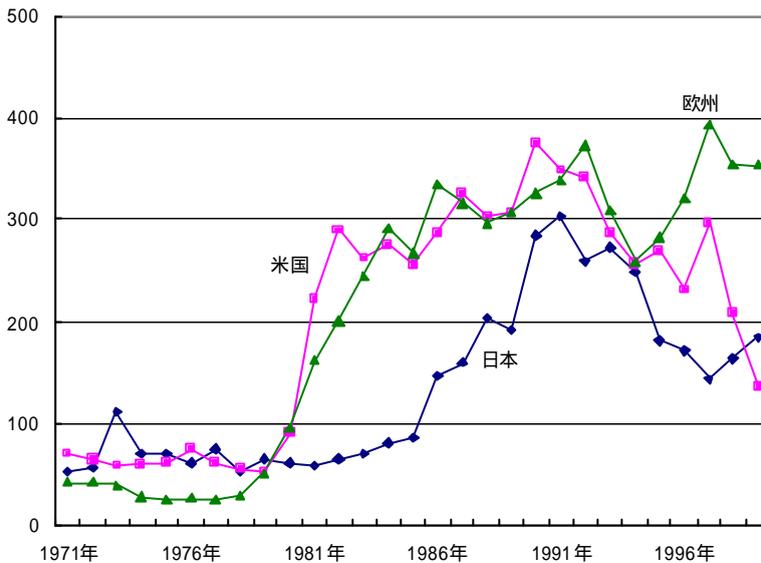


### 出願人国籍別分析

出願人国籍別特許出願数の推移を第4図に示す。1980年以前はデータベースの収録範囲が不完全であるため出願傾向について言及できないが、1981年以降、米国、欧州の出願は漸増している。さらに両者は1992年までほぼ拮抗していたが、1992年以降欧州が米国をリードしており、その傾向は1996年以降より顕著になっている。日本の出願数は1985年までは年間100件以下と欧米の1/3程度であったが、1986年以降は急増し1990～1994年の間は欧米に匹敵する出願数となった、しかし、1995年以降はふたたび欧米を下回る出願数となっている。

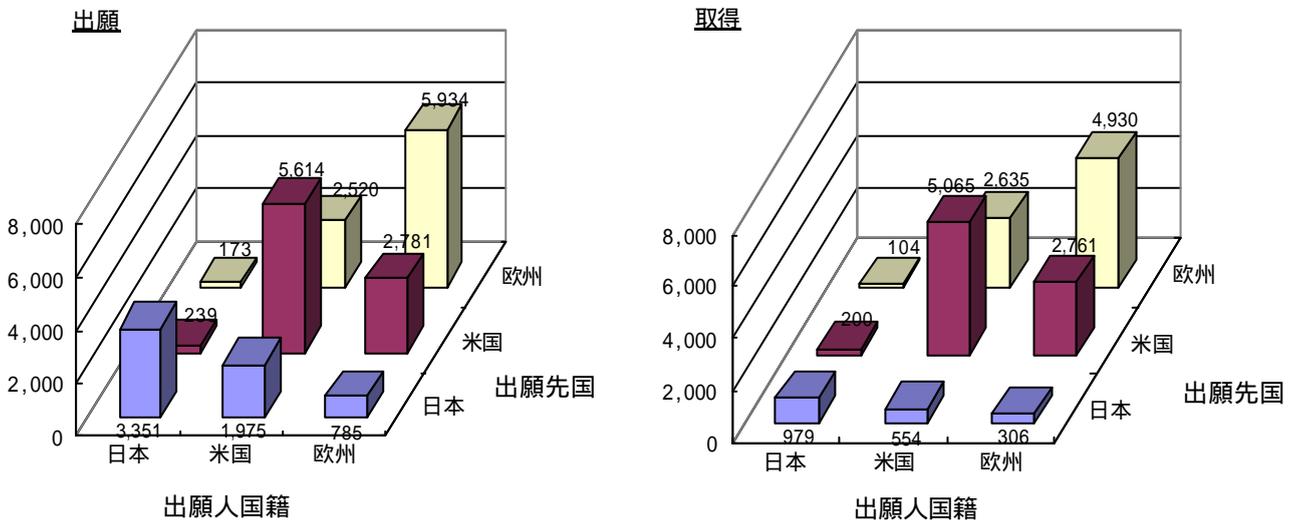
日本の航空機開発に関して、1986年は中型輸送機(YXX)開発計画、V2500エンジン共同開発計画などの日本の航空機関連プロジェクトが立ち上がった年である。さらに1989年には、小型民間輸送機(YSX)開発調査、超音速機(SST)開発調査、超耐環境性先進複合材料といった機体関連プロジェクトおよび超音速輸送機用推進システム(HYRP)プロジェクトが開始されている。これらのプロジェクトの成果が特許出願され、1986年以降の日本の出願数の増加につながっていると考えられる。

第4図 出願人国籍別特許出願数の推移 - 世界 -



日米欧三極間の出願人国籍別特許出願構造を第5図に示す。日米欧ともに自地域への出願数をもっとも多い。しかし、米国と欧州は他地域への出願数も比較的多いのに対し、日本から米国、欧州への出願は非常に少ない。自地域への出願数に対する他地域への出願数の比率を国際特許出願に対する積極性と考えると、米国は最も積極的であり、日本は最も消極的であると見ることができる。欧米の相手地域への出願数は対日出願数よりもはるかに大きく、Boeing、Airbusの2大航空機メーカーで代表される欧米2地域が特許面でも互いにしのぎを削っている様子が伺える。

第5図 日米欧三極間の出願人国籍別特許出願 / 取得構造



日本、米国、欧州における特許出願数上位機関を第6表に示す。日本特許出願数の上位10社中4社が欧米の企業である。防衛庁技術研究本部が6位に入っている。米国特許出願数の上位は米国企業が占めている。また、アメリカ海軍、空軍、NASAなど国の研究機関が多くの特許を出願している。日本企業は入っていない。欧州特許出願数の上位10社は欧米企業で占められており日本企業は入っていない。

Boeing、Airbusの2大航空機メーカー、United Technologies、General Electric、Rolls-Royce

の3大エンジン・メーカーの特許出願数は各地域の上位にランクされており、中でも米国における Boeing、欧州における Airbus の出願数は他を圧倒している。Boeing の欧州 / 米国出願数比率は約 78% であるのに対し、Airbus の米国 / 欧州比率は約 11% である。先に述べた、米国は国際特許出願に対する積極性がここでも見られる。

第6表 特許出願数上位機関

順位	日本特許		米国特許		欧州特許	
	機関名	件数	機関名	件数	機関名	件数
1	三菱重工業	918	Boeing	1009	Airbus	2550
2	General Electric	374	Airbus	286	General Electric	791
3	United Technologies	331	United Technologies	265	Boeing	699
4	三菱電機	374	America Navy	242	United Technologies	642
5	石川島播磨重工業	331	General Electric	195	Rolls-Royce	596
6	防衛庁技術研究本部	290	America Air Force	159	Snecma	500
7	川崎重工業	168	Aerospatiale Soc Nationale Industrielle	155	Hispano Suiza	399
8	日産自動車	141	NASA	145	Sundstrand Data Control	336
9	Boeing	132	Lockheed Martin	139	Motoren Turbinen Union	286
10	Rolls-Royce	122	Goodrich	113	Goodrich	162

## (2) 注目技術開発テーマにおける詳細解析

航空機技術の主要部分を構成するもの、日米欧共通の技術競争軸となっているもの、最近技術開発が活発に行われているものといった観点から、詳細解析の対象とする技術開発テーマを、機体構造（複合材）、翼型、操縦系統、ラムジェットエンジンの4つとした。

### (A) 機体構造（複合材）

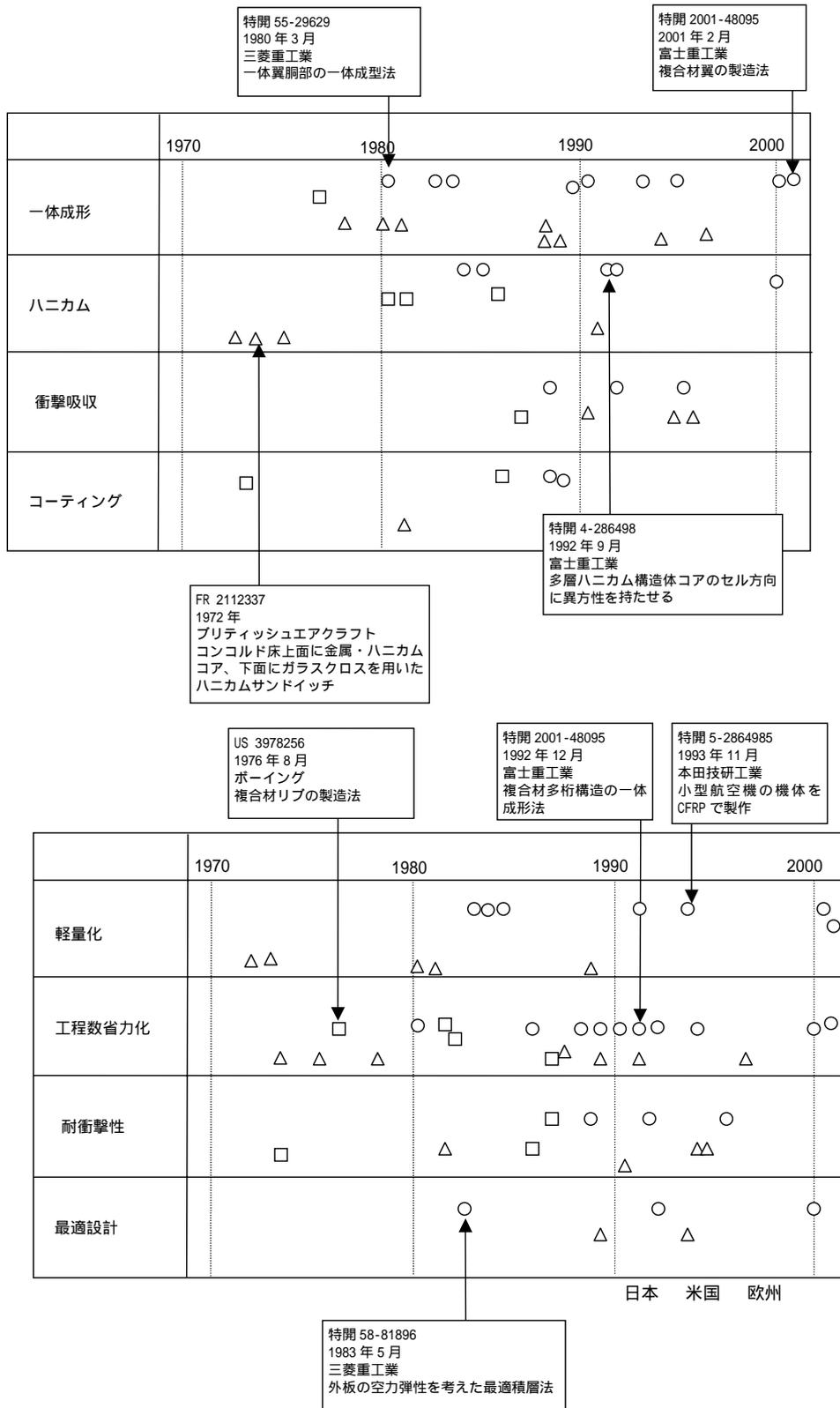
一体成型（形）技術、八二カムサンドイッチ構造、衝撃吸収、表面コーティングの4つの技術区分について特許の詳細解析を行った。

複合材の特徴である、軽くて強い性質を活かし、さらに軽量の構造の実現、部品点数の減少、工程省略を目指した研究が進められている。一方、複合材の持つ強い異方性は、従来とは異なる設計手法を必要とし、最適設計技術開発、性能評価技術開発が進められてきた。当初はこの材料に対する信頼性の不足から機体の一次構造部材として使われることはなく、仮に破損しても機体の致命的な損傷には至らない部分にのみ使われたが、最近では材料に対する信頼性の向上とともに構造部材にも使用されるようになってきている。

Boeing、Airbus（その前身である英独仏の航空機メーカーを含む）の両社は、1970年代初頭から複合材を用いた機体構造についての出願を行っており、両社は一体成型、八二カム構造といった注目出願を行っており、出願の質・量ともに抜きんできている。

機体構造（複合材）の技術の変遷を第6図に示す。

第6図 機体構造（複合材）の技術の変遷



(B) 翼型

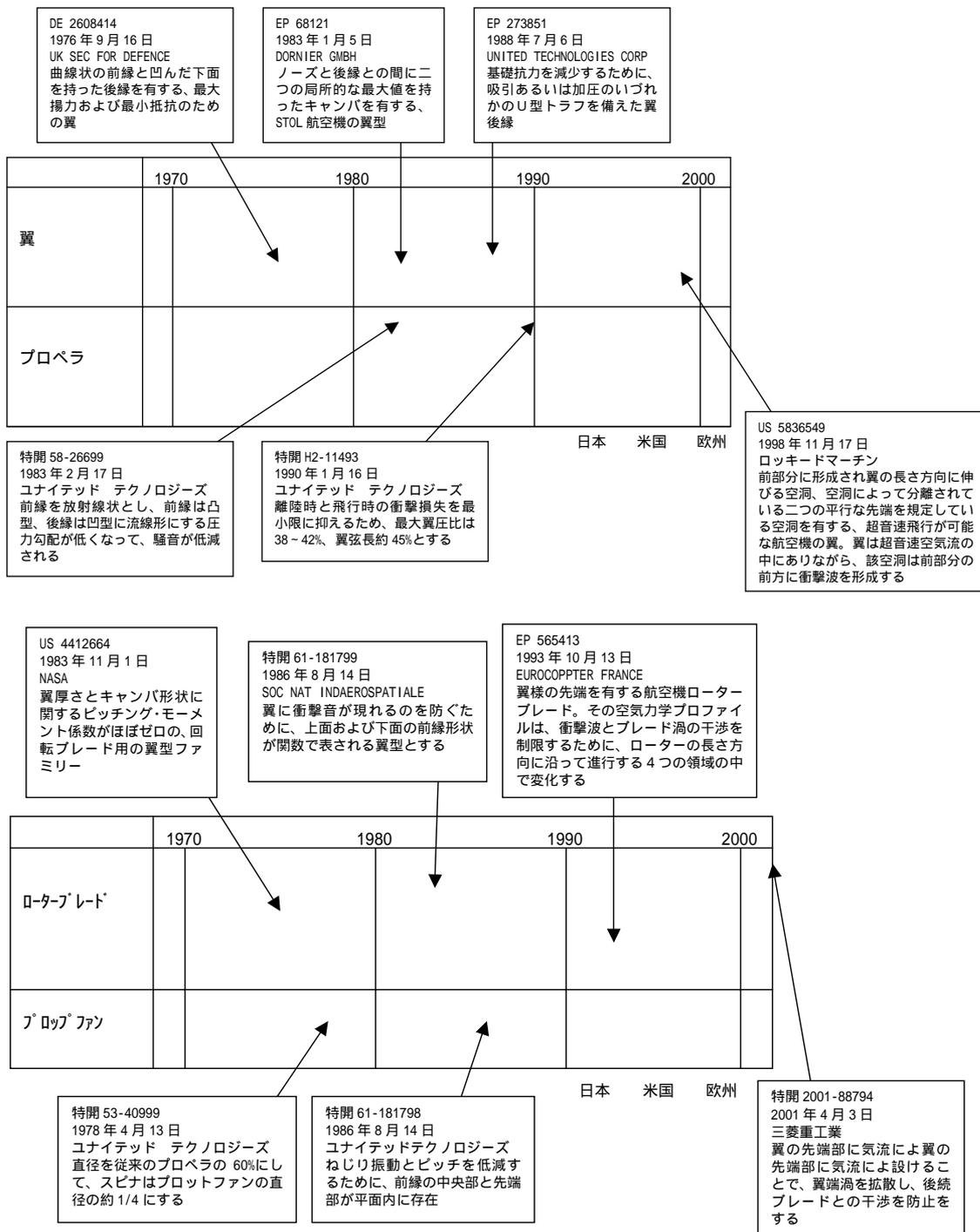
固定翼、プロペラ、ローターブレード、プロップファンの翼型に4区分し、特許の詳細解析を行った。

翼型設計についての指導原理は 1960 年までに完成されたといわれており、今回の解析からは飛躍的な技術進歩に基づく出願は見あたらず、4 技術区分のそれぞれについて、揚抗比改善のため力最適設計、軽量化、騒音低減などを目的とした改良特許がほとんどであった。

地域別では総体的に欧州からの出願が多い。企業、機関別では米国の United Technologies、欧州の ONERA、Advanced Technology Inst.が多くの出願を行っており、特に前 2 社は多くの国・地域に出願している。技術区分別では固定翼、ローターブレードについての出願が多く、この 2 区分については最近も活発に特許出願されている。

翼型の技術の変遷を第 7 図に示す。

第 7 図 翼型の技術の変遷



### (C) 操縦系統

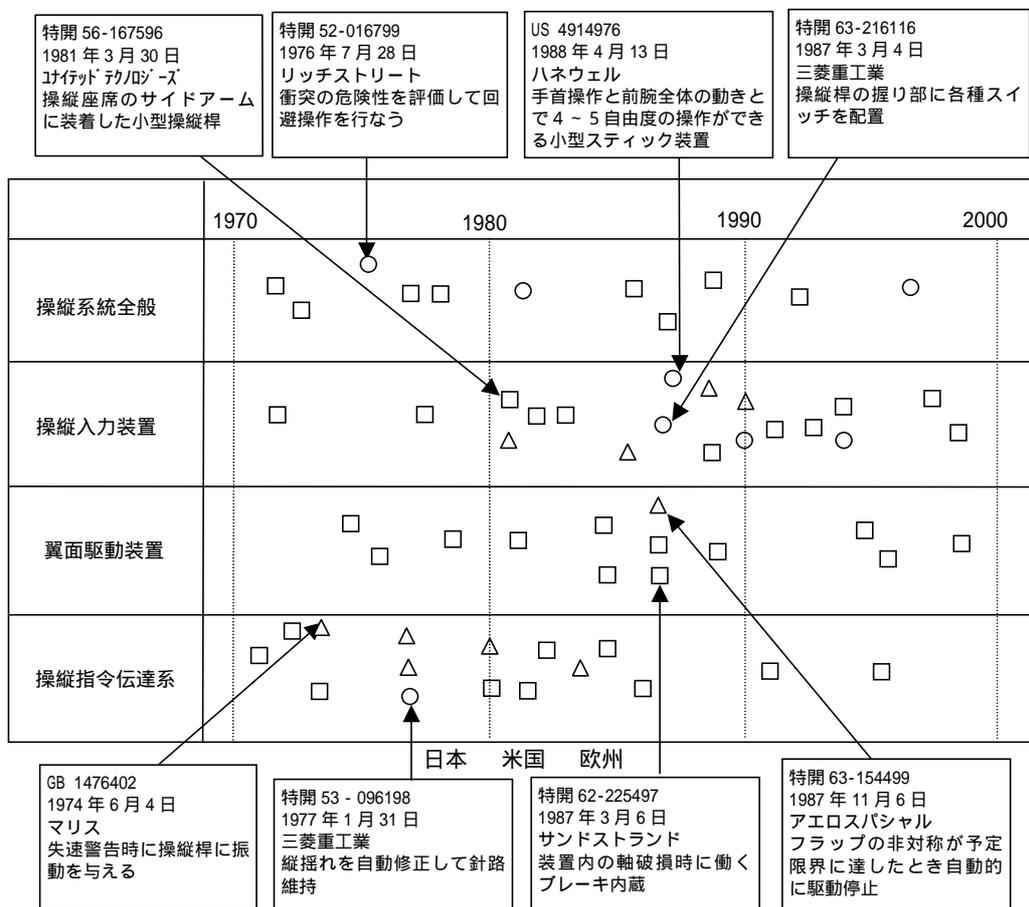
系統全般と入力装置（人為的に作動されるもの）、入力装置（自動的に作動されるもの）、伝達装置、動力制御の4区分について詳細解析を行った。

1970年代まではアナログ的な信号処理が主流で、個別タスクごとにそれぞれ装置化して対応してきた。1980年代に入って、航空機の制御分野でも対環境性のあるデジタルコンピュータが使用できるようになり、多くのタスクがソフト化され処理されることにより、一気に統合化、自動化が進むようになった。複合的な管理、制御、処理などが行えるようになり、電子系に置き換えられる部分は大きく変わってきたが、機械系は電子系とのインターフェースとなる部分を除くと過去の延長上の技術に関わるものが多い。

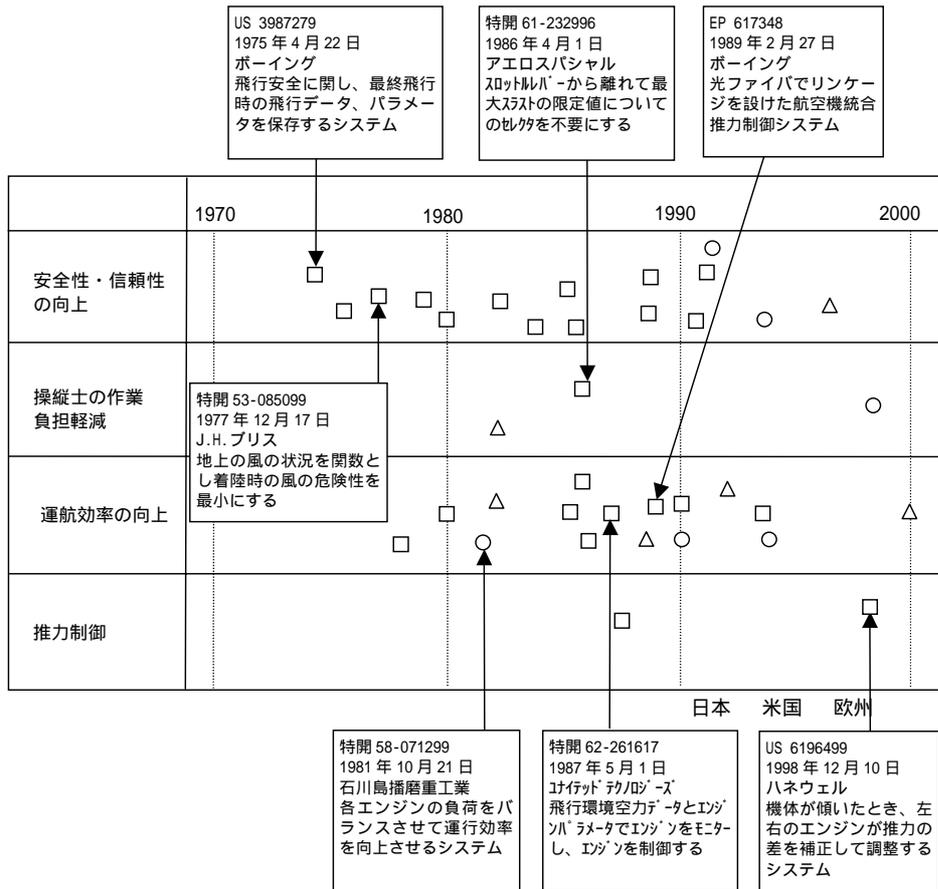
米国の Boeing、United Technologies、欧州の Aerospatiale、Messerschmitt-Bolcow がこの分野で多くの出願をしている。

操縦系統の技術の変遷を第8図に示す。

第8図 操縦系統の技術の変遷







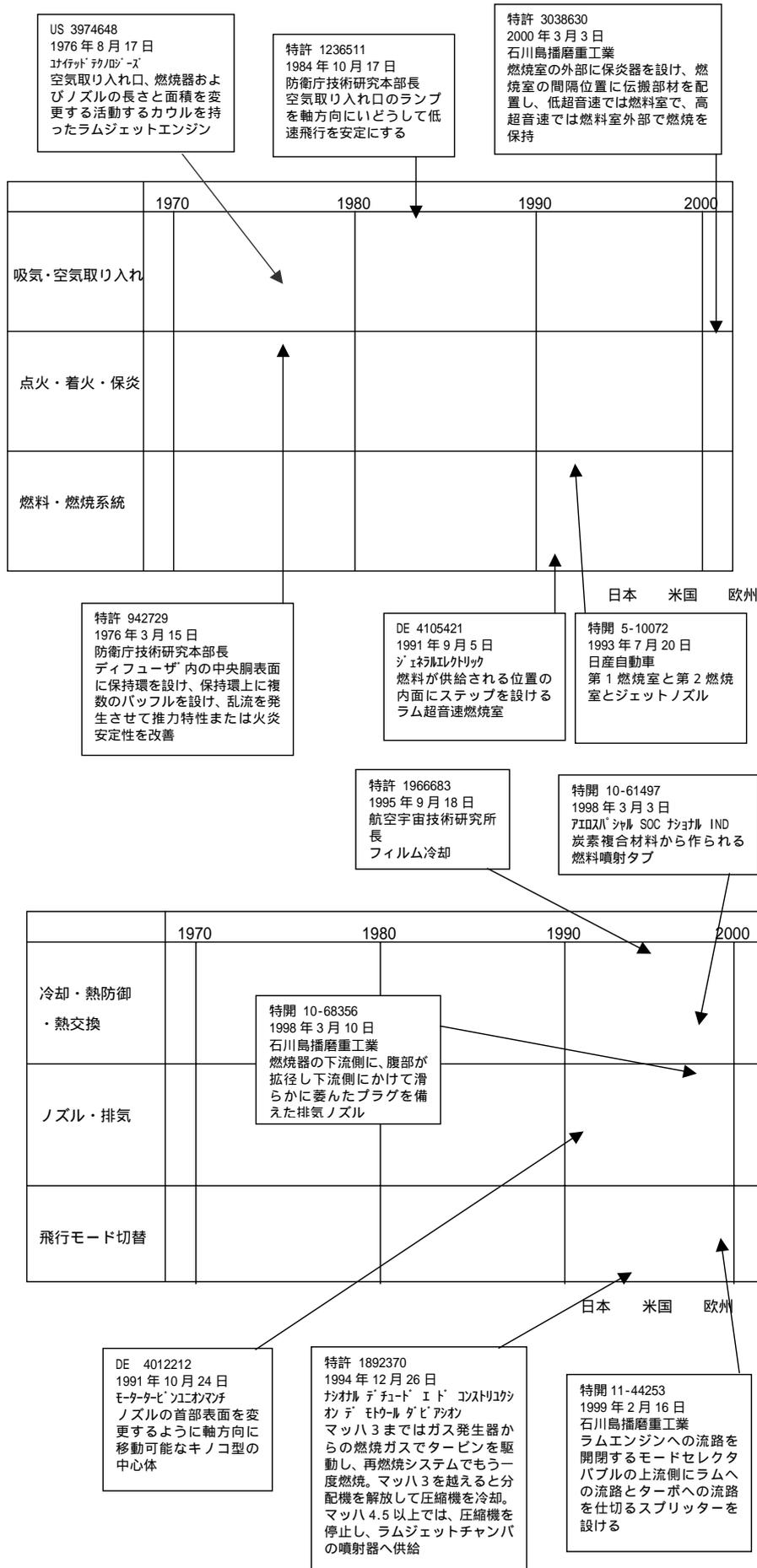
### (D) ラムジェットエンジン

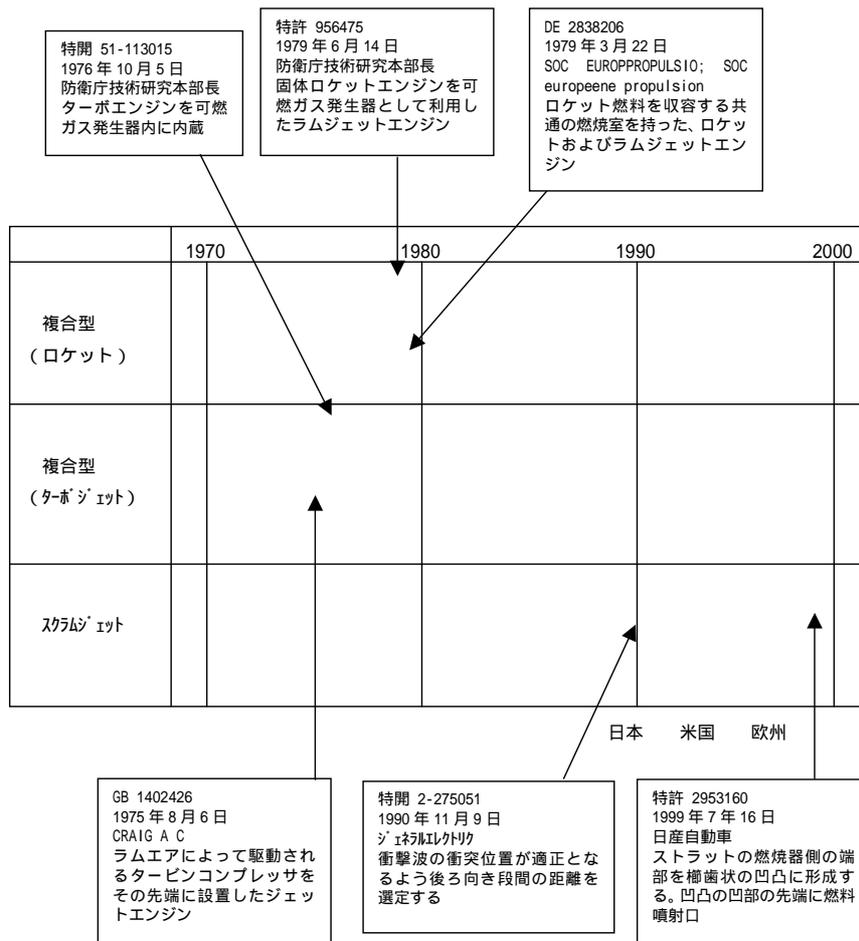
吸気・空気取り入れ装置、点火・着火・保炎、燃料・燃焼系統、冷却・熱防御・熱交換、ノズル・排気、飛行モード切替、複合型（ロケット）、複合型（ターボジェット）、スクラムジェットの9項目に細分化して詳細解析を行った。ラムジェットエンジンはコンプレッサを持たないので、きわめて簡単な構造であるが、高速流れの中で確実に着火・保炎し、安定な燃焼を実現することが難しく、これらについての基礎技術に関わる発明が多く、吸気・空気取り入れ装置、点火・着火・保炎、燃料・燃焼系統に関する出願が多く見られる。

吸気・空気取り入れ装置、点火・着火・保炎、複合型については1970年代半ばから出願されている。最近では、点火・着火・保炎、燃料・燃焼系統に関する、石川島播磨重工業、三菱重工業といった日本企業の出願が増えてきている。

ラムジェットエンジンの技術の変遷を第9図に示す。

# 第9図 ラムジェットエンジンの技術の変遷





### (3) 権利活用状況

航空機の標準化に関して、94件の日本工業規格が制定されているが、多くはISOの該当する部分を翻訳したものやMIL規格に準拠したものであり、米国で作成された規格を援用している。すべての規格には特許との関連は記載されていなく、特定の特許が直接に規格の制定につながることはなかったものと思われる。

また、民間航空機技術のライセンス状況に関しては、日本企業への技術提携、日本企業からの技術供与の情報は見あたらない。ただし、開発リスクの分散、市場の確保、拡大などを狙った民間機の国際共同開発は、世界的な趨勢となっており、日本企業もフルパートナーとしてあるいはそれに近い形で共同開発・生産に参画し、また部品、材料のライセンス生産を行っている。軍用機技術については、主要な日本企業は米国企業との間で技術導入契約あるいは資本・業務提携を締結している。

### (4) 航空機産業での特許の意味合い

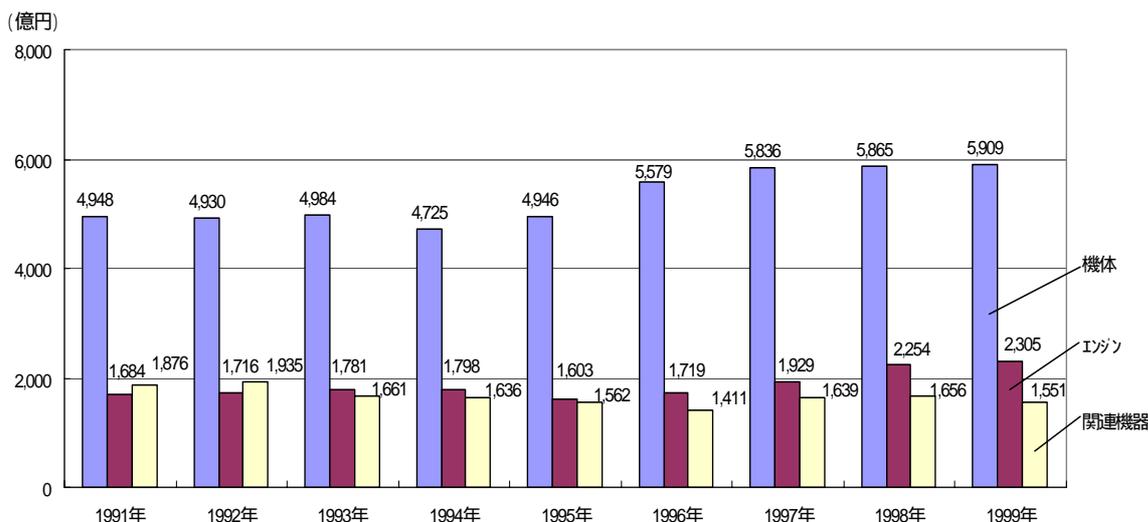
Boeing、Airbus、United Technologies、General Electric、Rolls-Royceといった航空機の世界市場をリードしている機体、エンジンの巨大メーカーは、特許出願数においても各地域の上位にランクされている。一方、Bombardier、Embraerといった特許をほとんど出願していない企業が市場規模上位企業にランク・インしていることから、政府系企業、防衛需要を中心とする企業にとっては、特許の意味合いはそれほど大きくないものと考えられる。

#### 4. 市場環境分析

日本国内の航空機工業生産額の推移を第10図に示す。1999年における日本国内の航空機工業生産額の品種別内訳は機体とその部品・付属品が全体の60%、エンジンが24%、プロペラローター、計器、通信機などを含む関連機器が16%となっている。作業別生産内訳では、ここ数年修理が規模を拡大し、1999年の修理額は1,700億円となっている。航空機工業は国防産業の中核を担うため、かつては、いずれの国においても防衛需要への依存度が高かったが、最近民需が防需を上回る国が多くなってきている。しかし、日本の航空機工業全体に占める防需の割合は依然として高く1999年度で60%となっている。その理由として、戦後需要規模の大きい民間輸送機分野への進出が遅れたことが挙げられている。

日本国内の品種別生産額の1999年/1991年の売上高伸び率は、機体1.19、エンジン1.37、関連機器0.83とエンジンの売上高の伸びがもっとも大きい。また、作業別生産額の1999年/1991年の売上高伸び率は、製造1.11、修理1.38と修理事業の売上高の伸びがやや大きい。防衛需要の1999年/1991年の売上高伸び率は0.92であり、防衛需要依存度は減少してきている。内需および輸出の1999年/1991年の売上高伸び率は1.10および2.49であり、輸出の売上高伸び率は高い。

第10図 日本国内の品種別航空機工業生産額推移

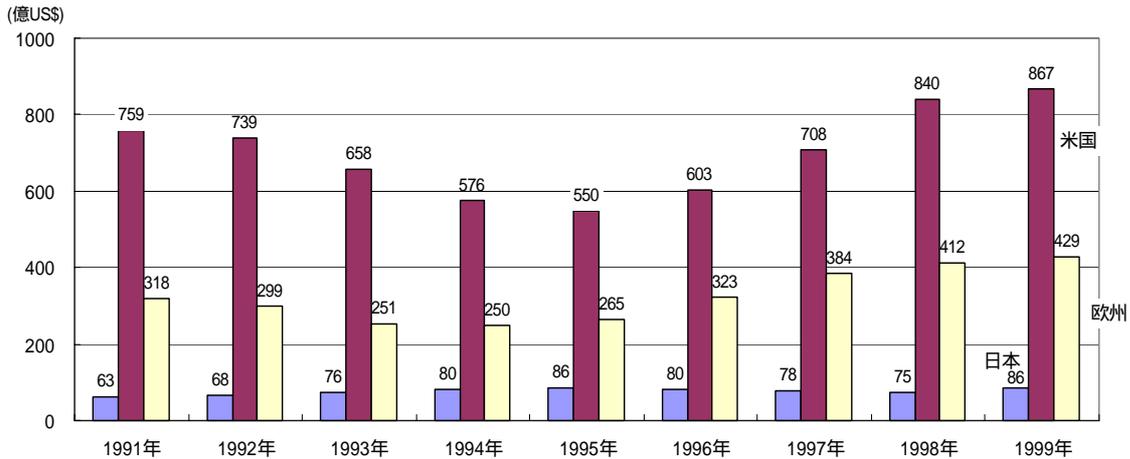


日米欧の航空機工業売上高を第11図に示す。欧州は、英国、仏国、独国、伊国の順に売上高が多く、これら4ヶ国の合計を欧州として示した。

経年的に見ると、日本の売上高はほぼ単調に増加しているのに対し、欧州の売上高は1991年から1994年にかけて、米国の売上高は1991年から1995年にかけて一旦減少し、以後回復してきている。特に米国の売上高の落ち込みが激しい。1991年のソ連崩壊による軍需の縮小が影響しているものと考えられ、同時期に特許出願数も落ち込んでいる。その後の売上高の回復は米国よりも欧州のほうが早く、出願数の回復も同様の傾向になっている。

日本の売上高は欧米に比較して未だ小さいが、日米欧の1999年/1991年の売上高伸び率は、日1.39、米1.14、欧(英仏独)1.35と日本の売上高の伸びがもっとも大きい。また、今後の世界の航空旅客は年平均4.6%の伸びを続けるとの需要見通しが出されており、中でも経済発展の著しいアジア/太平洋地域は年率6.1%の伸びが見込まれている。

第 1 1 図 日米欧の航空機工業売上高



民間航空機および航空エンジンの市場規模上位企業を第 1 2 表に示す。世界の航空機二大メーカーと言われている、Boeing 社、Airbus SAS 社が民間航空機の 1 位、2 位を占め、3 位以下は、主にビジネスジェット機やリージョナル機等の中小型機メーカーである。カナダの Bombardier 社、ブラジルの Embraer 社も上位に入っている。軍用機や宇宙事業を主とする企業も多い。航空エンジンは、世界三大航空エンジンメーカーと言われている米国の General Electric 社、United Technologies 社、英国の Rolls-Royce 社が上位を占め、上位 10 社のうち 9 社が欧米企業であり、日本企業は 6 位に石川島播磨重工業が入っているだけである。航空エンジンメーカーの上位企業は、航空機体の上位企業とは全く異なり、自動車や輸送システム、産業用機械を主事業とした大企業が多い。

これらの市場規模上位企業の多くは特許出願数でも上位に入っている。しかし、市場規模上位企業であっても特許出願数は上位に入っていない企業もあり、カナダの国有企業を譲り受け世界第 3 位の航空機メーカーとなった Bombardier 社、ブラジル政府出資会社からスタートし、ブラジル空軍に軍用機を供給している Embraer 社、米国第 3 位の防衛産業である Raytheon 社などであり、これらは政府系企業、防衛需要を中心とする企業であることが共通している。

航空機産業の M & A、グループ化によって市場は寡占化されてきている。特に大型民間航空機の機体生産は Boeing 社と Airbus 社の 2 大メーカーに集約され、その傘下にサブコントラクター、部品メーカー、材料メーカーが組み込まれた構造になっている。一方、航空エンジンおよび中小型機の機体製造はそれほど寡占化されておらず、カナダ、ブラジル、日本などのメーカーも参入している。

航空機メーカーの買収・統合が進んでいる中で特許出願人数は増加してきており、ベンチャー企業などの新規参入があるものと推定されるが、これらは材料、装備品などのメーカーであり、機体、エンジンの製造事業にはベンチャー企業の参入は少ない。

第 1 2 表 航空機工業の市場規模上位企業

民間航空機				航空エンジン			
順位	国籍	企業名	売上高 (\$Mil.)	順位	国籍	企業名	売上高 (\$Mil.)
1	米国	Boeing	31,171	1	米国	General Electric	10,779
2	フランス	Airbus SAS	18,032	2	米国	United Technologies	7,366
3	カナダ	Bombardier	7,112	3	イギリス	Rolls-Royce	6,890
4	米国	Raytheon	3,220	4	米国	Honeywell International	4,895
5	米国	General Dynamics	3,029	5	フランス	Snecma	3,737
6	ブラジル	Embraer	2,925	6	日本	石川島播磨重工業	2,076
7	米国	Textron	2,280	7	ドイツ	Daimler-Chrysler	1,941
8	フランス	Dassault Aviation	2,280	8	イタリア	Fiat	1,371
9	ドイツ	Fairchild Dornier	629	9	スウェーデン	Volvo	1,169

メーカー間の性能面での競争のポイントは、一座席あたりの運航コストを大幅に引き下げる機体の大型化（Airbus 社の A380-800 など）、飛行時間の短縮を可能にする高速化（Boeing 社のソニック・クルーザーなど）、空港騒音などの対環境性（日米欧の環境適合型エンジンシステム開発プロジェクトなど）、フライ・バイ・ワイヤなど最新技術の導入（Airbus 社の A-320）、市場の細分化に対応する機材の多様化（Boeing 社の双発大型機 B777-200）などである。

一方、航空機の大型化・高度化による開発費の増大によって、航空機の国際共同開発・生産が活発に行われ、開発リスク分散が計られている。最近急速に工業力を向上させているアジア諸国、とりわけ台湾、韓国、中国、インドネシアなどの参加による国際協力・共同開発の動きは多彩になると予想されている。

航空機は付加価値のきわめて高い商品であるため、航空機産業で培われた技術は自動車・車両、機械・エネルギー、情報・エレクトロニクス、レジャー産業、造船、住宅、素材といった多くの産業に広く波及している。

## 5. 政策動向分析

航空機産業は技術の先端性・知識集約性、他産業に対する波及効果、戦略性の高さ等のため、先進各国とも産業の育成・発展と国際競争力の強化に対して種々の助成および積極的な支援を行ってきている。

### （1）我が国の政策

我が国では、「航空機等の国産化を促進するための措置により航空機工業の振興を図り、あわせて産業技術の向上及び国際収支の改善に寄与する」ことを目的に、1958年に航空機工業振興法が制定され、国家プロジェクトとしてYS-11の開発、生産、販売、プロダクトサポートが行われた。YS-11の開発に対し政府は資本金の54%、42億円を出資したが、生産・販売段階では融資や社債発行時の政府保証以外、直接の助成は行っていない。

YS-11に次ぐYXプロジェクトは日本航空機製造(株)(NAMC)で調査研究に着手されたが、1973年に、同年設立の(財)民間輸送機開発協会(CTDC)に引き継がれ、最終的にはBoeing社のB767プログラムにリスク・シェアリング・パートナーとして参加するという形になった。

1986年に航空機工業振興法が改正され、国際共同開発を対象とした新しい助成制度が発足し航空機国際共同開発促進基金(IADF)が設立された。この制度は、一部は従来の補助金に相

当する助成部分を残しながら、事業に必要な資金の一部に対し政府系金融機関から融資を受け、その利子補給を IADF から受けるというスキームである。

この新スキーム施行時は、V2500 共同開発事業及び次期中型輸送機(YXX)開発事業が対象となったが、1991 年度から次期大型民間輸送機(B777)開発事業、1996 年度から小型民間輸送機用エンジン(CF34-8C)開発事業がその対象となっている。これらの助成を通じて我が国の部品レベルの生産技術は世界の最高水準に達しているが、さらに次世代の航空機開発に向けたシステム統合技術力の確立・強化を目指して、1999 年度からモジュールレベルの革新技术開発をも助成対象とする新政策がスタートしている。

これらの政策に基づく開発研究成果の多くは、技術論文、特許出願に結びつき、例えば、超音速輸送機用推進システム(HYRP)プロジェクトなどは、1986 年以降の日本の出願数増加につながっている。

## (2) 各国政府の施策

各国政府は、航空宇宙工業の持つ重要性のため、国としてその育成・発展を図り、種々の助成措置を講じてきた。政府の助成には政府出資、開発費の直接助成、機械設備の貸与や官の研究開発といった間接助成など、幾つかの形態が各国で採られている。

一般的にヨーロッパの助成は、開発費の助成率が 50～100%の間で、返済方法も採算性を損なわないよう配慮されていたと言われる。例えば、助成条件は多くの場合、成功払いの補助金、又は無利子融資で、その償還が不可能な場合は、その時点で補助金に切り替えるという形が採られていた。また、助成は、量産費の一部や販売費についても金融面、税制面等で優遇策が図られてきたとも言われる。

イギリス、フランス、ドイツなどは、国際共同開発についても民間機の開発中核機関(Airbus 社)に、自国企業を通じ助成金を支出している。このようにしてヨーロッパは、アメリカに対抗出来る民間機事業を育成することに成功した。

間接助成の代表的な国はアメリカである。アメリカ政府は国有の建物、土地、機械を民間会社に貸与している。例えば Boeing 社の土地、建物の約 20%は現在でも官有であるという。また、機械設備などについてもアメリカ政府が政府資金で調達し、航空機メーカーに貸与している。アメリカは巨大な市場と経済力をベースに、戦後すぐ国防省、NASA を中心に膨大な資金を投入し航空機、宇宙開発を行ったため、強大な航空宇宙工業となった。それ等の成果は民間輸送機市場に移転され、いち早く抜群の競争力を築いた。アメリカの航空宇宙工業は、このような有利な環境、条件に恵まれて間接的助成を得たため、ほとんど政府の直接助成は行われなかった。

航空機製造設備は、高い精度が要求されるため物理的な陳腐化が早い。また、航空機に対する日々新たな性能上の要求から新しい設計・生産技術が急速に発達するため、技術的な陳腐化も早い。こうしたことから各国とも機械設備の法定耐用年数を短縮するなど各種の優遇税制をとっている。更に、民間輸送機の輸出を促進するために、好条件の輸出金融を行っている。例えばアメリカではアメリカ製の航空機を買うユーザーに対し、米国輸出入銀行が融資や債務保証を行っている。なお、イギリス、フランスでも形態は若干異なるが同様の融資制度がある。

## 6. 研究開発動向分析

### (1) 主要技術、主要製品の変遷と日米欧の競争力比較

次の4テーマについて、日米欧の競争力比較を行った。

#### (A) 機体構造(複合材)

日米欧の競争力比較結果を第13表に示す。すべての項目において米国が強く、軍用機で信頼性を確認した複合材技術を民間機に適用し、軽量化、一体成型による部品点数の削減などを実現している。大型機については欧米の技術競争力は互角と見られるが、小型機やヘリコプタでは米国がややリードしている。日本は炭素繊維材料技術に優れており、ヘリコプタやハニカム、コア材のサンドイッチ構造技術に強いが、他は欧米よりは劣っている。同様の傾向が特許動向分析にも現れている。

第13表 機体構造(複合材)についての日米欧の競争力比較

対象技術	用途	競争軸	技術水準比較(上段)			注目される研究開発テーマ		
			強みとする研究開発テーマ(下段)			実機への適用	注目理由	研究企業機関
			日本	米国	欧州			
軽量化	旅客機	一体化成形	やや強い	強い	強い	実機への適用 尾翼	尾翼適用技術	Boeing Airbus NASA ATR ダイムラベンツ
				B-777 尾翼 DC-10 L-1011	A-320 A-340 A-380			
	戦闘機	主翼	やや強い	強い	やや強い	主翼への適用	BOX 成形	三菱重工 川崎重工 富士重工
			F-1 主翼	F-14、 F-18、B-2	ミラージュ			
	ヘリコプター	機体、ブレード	強い	強い	やや強い	機体、ブレード	一体成型	エアロスペース ロッキード
小型機	胴体	やや強い	強い	やや強い	機体全体適用	FW	グラマン 本田技研	
サンドイッチ	ハニカム	コア材	強い	強い	やや強い	成形技術	ハニカム	ジャムコ 航空技研
			強い	強い	やや強い	成形技術	コア材	マクダネルピーチ、ノースロップ、FAA、米国陸海軍、フォッカー
NDI 非破壊検査	航空機	検査技術	普通	強い	やや強い	適用例	実用適用	
修理	航空機	パッチ修理	普通	強い	強い	適用例	実用適用	

#### (B) 翼型

日米欧の競争力比較結果を第14表に示す。測定技術、解析手法といった特許にはなりにくい基礎的な技術分野での研究活動が活発であり、特許出願数に比較して原著論文の発表数は多い。固定翼、プロペラについての技術水準は米国、欧州が高く、また、ヘリコプタ・ロータブレードに関する技術は欧州が、プロップファンについての空気力学は米国が強い。翼型設計の基本となる、スーパーコンピューターを用いたCFD技術は、日本も欧米に比肩できるレベルにある。

第14表 翼型についての日米欧の競争力比較

対象技術	競争軸	技術水準比較（上段）と強みとする研究開発テーマ（下段）			注目される研究開発テーマ		
		日本	米国	欧州		注目理由	研究企業・研究機関
翼型	固定翼	普通	強い 二次元粘性翼型、効力予測など	普通 流れの数値解法	計算空気力学の遷音速翼設計への適用	個々の航空機に最適化した翼型を設計するために重要な技術である	Boeing General Dynamics Grumman Corporate NASA
		やや強い Takanashiの反復残差補正概念	強い 三次元ナビエ・ストークス方程式の解析	普通	CFDの三次元翼への応用研究		McDonnell Douglas United Technol. 航空宇宙技研 General Dynamics 石川島播磨重工業
	プロペラ	弱い	強い 空力特性に関する研究	強い Epplerの計算法及びその圧縮流への拡張	プロペラにより誘起される騒音の探知および解析	騒音の低減効果の探知が騒音対策に重要	Ohio State 大 Boeing ONERA Terza 大
		普通	強い データの解析、予測	普通 翼端形状を異にするローター・ブレード上の非定常遷音速流の研究	翼端形状に関する研究	騒音対策において重要	ONERA Boeing McDonnell Douglas 航空宇宙技研 防衛庁 技研本部
	ローターブレード	やや弱い	強い CFDコードの開発	やや強い 任意の非定常運動をする翼形に対するオイラー方程式の数値解	ローターブレード翼型設計へCFDの応用	適切な翼型開発で重要な研究である	United Technologies Washington 大 Cincinnati 大 Messerschmitt Boelkow- Blohm GmbH 防衛庁 技研本部
		弱い	強い 空気力学	普通	ローターブレード着氷対策	着氷による性能低下防止に必要な技術	NASA Boeing Texas A&M 大 Royal Aircraft Establishment (GBR)
		弱い	強い 理論モデルとコンピュータプログラムの開発	弱い	プロップファンの装備空気力学		NASA Boeing Commercial Airplane United Technologies

（C）操縦系統

日米欧の競争力比較結果を第15表に示す。特許動向と同様に非常に多くの企業・研究機関が研究に参画し、技術領域も広くかつ細分化されている。全体的に米国の競争力が強く、特にデジタル化、自動化、統合化、装置化設計といった分野で非常に強い技術力を持っている。欧州は米国に続く競争力を持っていて、フライバイワイヤ技術はAirbus A320に適用している。日本は欧米よりやや劣るが、フライバイライト技術、突風軽減制御技術、ヒューマンインターフェイスなどに優れている。このテーマも特許出願数に比較して原著論文の発表数は多い。

第15表 操縦系統についての日米欧の競争力比較

対象技術	用途	競争軸	技術水準比較(上段)と強みとする研究開発テーマ(下段)			注目される研究開発テーマ		
			日本	米国	欧州	注目理由	研究企業・研究機関	
飛行制御	飛行制御システム	デジタル化、自動化、統合化、装置化設計	強い	非常に強い 飛行制御と飛行管理の統合化	強い デジタル化と統合化	マイクロプロセッサの使用と保全	フライワイ化とその安全性	Airbus Ind. Honeywell
		現代制御理論応用	弱い	非常に強い ロバスト性の高いデジタルオートパイロット	普通	多変数制御設計	自動操縦装置への適用	Boeing Aerospaciale
		ACTの適用	普通	強い 燃料消費問題などの最適制御	普通	神経回路ネットワーク燃料節約最適化	学習能力の有る人工神経回路網技術	American GNC Corp. Univ. Southampton Raytheon Sys. Univ. Missouri
		推力飛行統合制御	普通	普通	弱い	緩和静安定(RSS)の実証	抵抗の減少を実証	Lockheed Boeing NASA Langley MBB、防衛大
		乱気流下の飛行制御	弱い	強い 統合化飛行/推進制御	普通	ビジネスジェット機への適用	多入力多出力アーキテクチャ	Raytheon Stanford Univ. NASA Lewis
		突風荷重軽減(GLA)	弱い	強い 風波、ガスト、マイクロバーストなどへの対応	普通	ウインドシャドの中μ制御	制御則を導出	Georgia Inst. Tech. Boeing Stanford Univ.
		フライワイ	強い 突風軽減制御	弱い	普通	GLA制御則	適用条件を提示	三菱重工業、川崎重工業、富士重工業、MBB DLR Inst. Lockheed
		フライワイ	普通	やや強い	強い A320以降の機体に適用	Airbusによる経験	適用機増加	Aerospaciale GEC Avionics Airbus Cranfield Univ.
		フライワイ	強い フライワイリアルタイム操縦システム	普通	弱い	システム技術	耐電磁障害性	航空宇宙技研、川崎重工業、NASA McDonnell Aircraft Eng.
		シミュレーション	弱い	普通	普通	飛行制御システムの展	飛行制御の開発に不可欠	NASA Langley Boeing British Aerospace Airbus
		故障耐性システム	普通	強い 故障監視、故障耐性	普通 Airbus適用	ヘルプ監視システム	先端的飛行システムの実現に重要	Kansas State Univ. Rockwell Int. Aerospaciale Univ. Newcastle
		再構成可能飛行制御	やや強い 大型機への適用	普通	弱い	非線形補償	フィードバック線形化法	防衛大、三菱重工業 Princeton Univ. Univ. Calif. Univ. Utah
		故障対策	弱い	強い 危急時のエンジン推力の利用	弱い	縦方向緊急事態制御	安全着地能力を実証	Honeywell NASA Dryden Cal. Poly State Univ. Univ. Southern Calif.
		安全対策	弱い	普通 着氷対応	弱い	着氷の飛行中検出	正確で迅速なパラメータ推定	Univ. Illinois AARON R
		ヒューマンインタフェース	強い	強い 人間と機械の協調	弱い	マン・マシン・インタフェース	システム最適化	日本航空、全日本空輸 Boeing Honeywell
状況認識	普通	強い 先進技術の適用	普通	速度ベクトル制御システム	三次元の飛行経路適用	NASA Langley Lockheed-Calif. MIT 航空宇宙技研		
油圧システム	油圧システム	やや強い	普通	弱い	フライワイ	将来型のアクチュエータ	カヤバ工業	

## (D) ラムジェットエンジン

日米欧の競争力比較結果を第16表に示す。日本は10年間に及ぶHYPRプロジェクトの成功で得た実績が大きく、多くの項目で欧米に勝る競争力を持っている。米国はロケットとの複合型のコンバインドサイクルエンジン、スクラムジェットに強みを持っている。これらはミサイル技術との関連が深い。欧州は日米よりはやや劣る。他のテーマと同様に、特許動向分析にはほとんど現れなかった多くの大学、研究機関が参画している。一方、特許出願を多く行っている企業は原著論文の発表も多く、論文発表と特許出願とが比較的密に連携しているテーマである。

第16表 ラムジェットエンジンについての日米欧の競争力比較

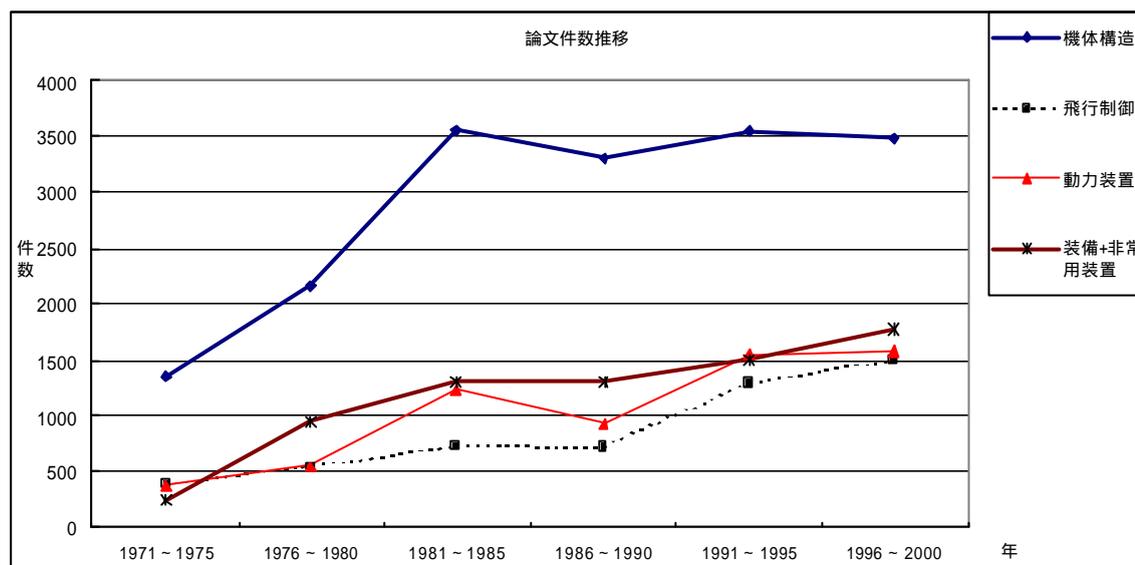
対象技術	競争軸	技術水準比較(上段)と強みとする研究開発テーマ(下段)			注目される研究開発テーマ		
		日本	米国	欧州		注目理由	研究企業・研究機関
ラムジェットエンジン	吸気・空気取り入れ装置	強い 二次元混合圧縮型	やや強い	弱い 流れの可視化	衝撃波の位置検出・制御	空気の減速・圧縮に衝撃波利用	川崎重工業、Boeing、ONERA
	点火・着火・保炎	強い プラズマトーチ	普通 スクラムジェット用	普通 水素とアルゴンの混合体	乱流保炎、強制着火	高速流中での燃焼安定化	石川島播磨重工業、川崎重工業、東北大、NASA Langley Research Center Maryland 大 Aerospace et Defense
	燃料・燃焼系統	強い 混合促進ミキサ	強い キャビティ保炎器	弱い	混合促進	高速流れの中の混合	HYPR プロジェクト、航空宇宙技研、東大、NASA Langley Research Center Minnesota 大 Michigan 大
	冷却・熱防衛・熱交換	強い 再生冷却とフィルム冷却	強い フィルム冷却	やや弱い	液体水素を冷却源	冷却する有力技術	石川島播磨重工業 Pratt and Whitney Volvo Aero MTU Muenchen
	ノズル	普通 2次元可変排気ノズル	普通 極超音速機用ノズル	普通 マッハ7用ノズル	冷却構造を有する	推力に変換できる耐熱ノズル	HYPR プロジェクト、三菱重工業 NASA Langley Research Center MTU
	飛行モード切替	強い 遷移機構の解明	普通 可変形状の分離部	弱い	超音速から極超音速への切替	極超音速機に必須の技術	東北大、東大、国土館大 Adroit Systems
	複合型(ロケット)	やや弱い	普通	やや弱い	コンバインドサイクルエンジン	燃料効率向上に重要	NASA Lewis Research Center Alabama A&M 大
	複合型(ターボジェット)	強い サブスケール試験	普通 機体への装着法の効果を解析	弱い	ターボラム	ラムジェットに必須	HYPR プロジェクト 三菱重工業 宇宙科研 Boeing Advanced Systems
	スクラムジェット	強い マッハ8連続燃焼試験	強い Hyper X 試験機	弱い	試作・設計・評価	実現性の確認	科技厅 研究開発局 航空宇宙技研 東北大 NASA Langley Research Center

## (2) 学会、論文の動向

第17図に分野別の論文数の推移を示した。技術分野別では、機体構造の論文発表数が最も多く、他の3分野は機体構造の半分程度であり3者間の差は少ない。機体構造の論文発表

数は、1985 年以降ほとんど増えていないのに対し、他の 3 分野の論文数は最近も増加を続けている。論文発表数と特許出願数を比較すると、他の 3 分野に比較して機体構造は論文発表数が比較的多い。これは、機体構造の論文は CFD を用いた空気力学の基礎技術や構造解析に関するものが多く、研究的には重要であるが特許になり難い研究対象が多いことによりものと考えられる。動力装置は論文発表数、特許出願数ともに伸び率が大きく、基礎研究、開発研究が同時並行的に進められている分野であると考えられる。

第 17 図 航空機関連論文数推移



地域別では、米国の論文発表数が圧倒的に多く、3 極総論文数の 70~80% を占め、日本は 3% 程度に過ぎない。

特許出願上位機関を第 6 表に示したが、これに対応する論文発表数上位機関を第 18 表に示す。両者を比較することによって、米国と日欧とで顕著な差があることが判る。米国上位機関の内の 6 機関は特許、論文の両方にランク・インしているのに対し、日本は三菱重工業、防衛庁技術研究本部の 2 機関、欧州は Airbus 1 社が両方の上位機関に入っているだけである。このことから、米国は同一機関内で基礎研究と開発研究の両方を行っているのに対し、日欧では、基礎研究は大学・公的研究機関が、開発研究は企業が担当する分業体制になっている。

企業が巨大な研究開発力を持っている米国に比較し日欧企業の研究開発力は弱く、これを補うために国が主導する産学連携の開発プロジェクトが活発に進められている。米国企業に比較して日欧企業の論文発表数が少ないのは、このような状況の反映であり、今後もこの傾向は続くものと考えられる。特に、欧米に比較して企業の研究開発力が弱い日本の場合、産学連携による国家プロジェクトの推進など、より強力な政府のリーダーシップが必要である。

第18表 論文発表数上位機関

順位	日本		米国		欧州	
	機関名	件数	機関名	件数	機関名	件数
1	航空宇宙技術研究所	117	NASA	2750	DFVLR/DLR, GER	428
2	東京大学	75	Boeing Co	1859	Airbus Industrie, FR	241
3	名古屋大学	48	US Air Force	1182	ONERA, FR	214
4	東北大学	42	Lockheed-Martin Co	687	Royal Aircraft Establishment, UK	188
5	防衛庁技術研究本部	27	United Technologies - Pratt & Whitney	525	National Aerospace Lab, Netherlands	182
6	九州大学	27	America Navy	500	British Aerospace, Ltd	132
7	京都大学	22	Northrop Grumman Corp	490	Delft Univ of Technol, Netherlands	107
8	三菱重工業	22	Massachusetts Inst of Technology	345	Univ of Southampton, UK	82
9	大阪府立大学	20	Honeywell Inc	299	Defence Research Agency, UK	81
10	宇宙科学研究所	19	Raytheon Co	272	Aeronaut Res Inst of Swed	52

## 7. 今後日本が目指すべき研究開発、技術開発の方向性

我が国経済にとって高付加価値産業へのシフトは今後ますます重要になってくる。高付加価値産業の代表の一つである航空機産業の競争力強化は、今後も引き続き進めて行くべきであり、国家の重要産業技術戦略対象の一つとして政策面でも航空機産業をリードしていくことが必要である。

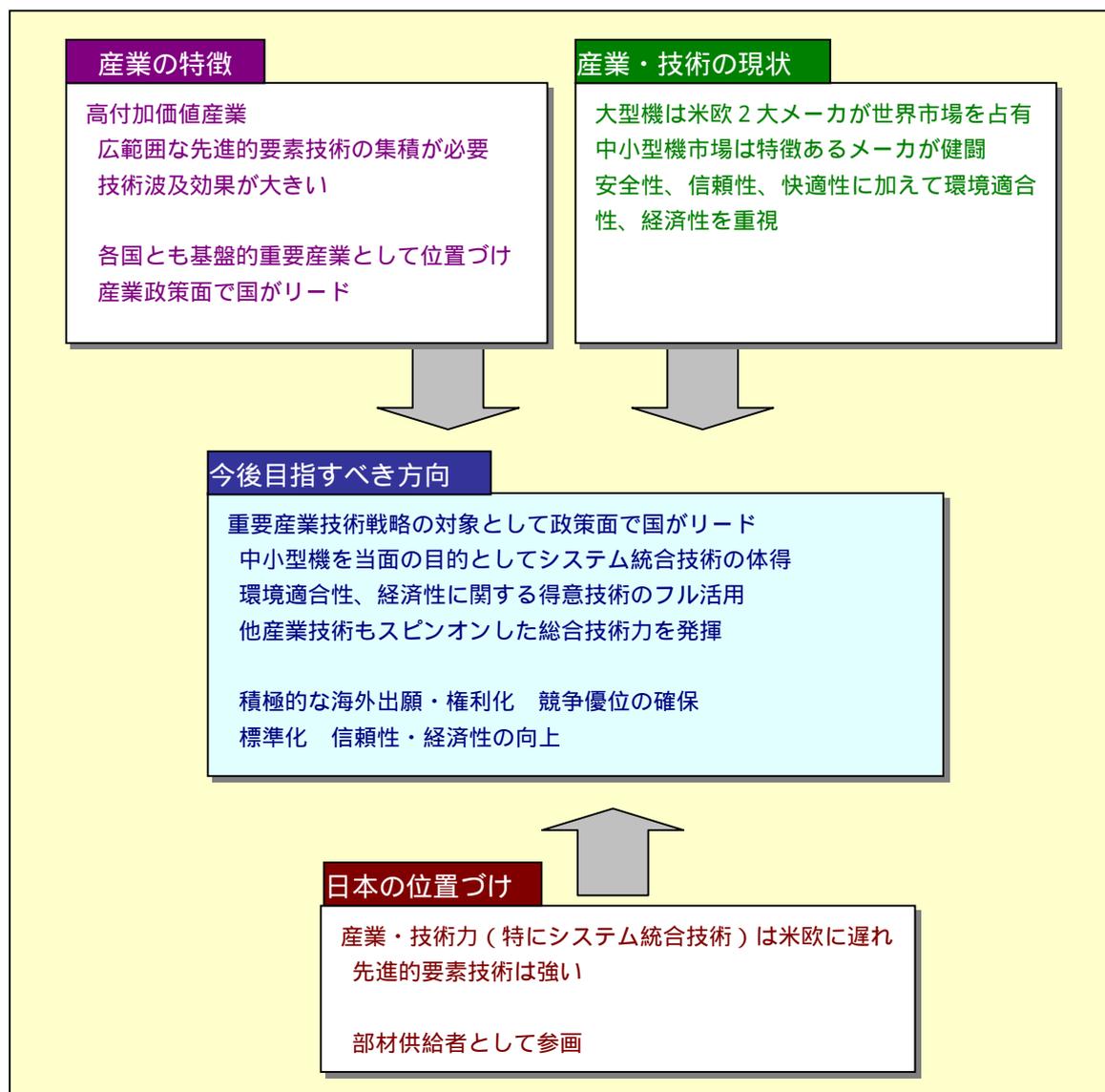
先進材料技術、生産・加工技術、スーパー・コンピューターを駆使したシミュレーション（CFD）技術、HYPR プロジェクトによって飛躍的に向上したエンジン技術、電子技術や光通信技術を活用した操縦技術などの、航空機開発に必要な要素技術は欧米に対抗できるレベルにある。最も重要なのは、我が国が主導しながら全機開発を実現するためのシステム統合技術を体得することである。2大航空機メーカーが世界市場を占有している大型機について、早期にこれを実現することは困難であるが、今後の航空機需要の多様化に伴い市場の拡大が期待できる中小型機に狙いをつけてファイナルアセンブラとして必要なシステム統合技術の獲得・強化を進めるのがより現実的である。そのために、技術開発の目的を明確化し、関連技術の出願・権利確保を積極的に進めるとともに、当該技術の国際標準化、実用化を視野に入れた技術開発を行う必要がある。

また、航空機需要および地球環境問題の重要性の高まりとともに、安全性・信頼性・快適性・環境適合性向上に係る技術開発の必要性は今後さらに大きくなっていく。費用増をできるだけ抑えつつこれらを実現する技術について我が国は、鉄鋼、化学、電気、自動車などのエネルギー多消費型産業で優れた開発実績を持っている。すでに「環境適合型次世代超音速推進システム技術研究開発」プロジェクトを開始しているところであり、航空機技術においても主導的立場をとることが期待できる。経済性についてもより重要性が増すと考えられ、機体の購入費用だけでなく、航空機の運航・保守・整備を含めたライフサイクルコストの低減につながる技術の開発が実用面で重要であり、自動車や鉄道車両ではすでに蓄積がある、我が国の優位性がこの技術分野でも十分期待できる。

低コスト化、高速化、快適化、安全性、対環境性、機材の多様化などを目指して、引き続き新技術開発が進められると思われる。しかし、今後は経済性がより重視され、航空機技術が他産業に波及する今までのスピノフとは逆に、電子技術、光技術、情報技術、制御技術

といった他産業で開発された技術を航空機技術にスピノンし、上記の目的に活かされるケースが多くなると考えられる。これらのほとんどは日本の得意とする技術であるが、航空機の場合は使用量が少ない、規格などの制約が多いなどの理由で検討を見送られることが多かった。これらの日本の得意技術が航空機への適用によってそれがさらに高度化し、我が国の航空機産業競争力を押し上げて、技術開発意欲を高める好ましい循環が実現していくには、産業政策面でのリードが必要であるが、他産業の研究開発力も取り込んだ総合的な技術力の裏付けが必須である。また、航空機産業は世界市場を対象とするものであるため、他に先駆けて研究成果を出願・権利化することが重要である。欧米に比較して日本は海外出願数/国内出願数の比率が極端に低い、これからますます盛んになる航空機開発の国際化に対応しつつ海外出願を積極的に行い、特許によって競争優位を確保するとともに、標準化を進めることによって信頼性、経済性の向上を図るべきである。

第19図 今後日本が目指すべき方向性



**【お問い合わせ先】**

〒100-8915 東京都千代田区霞ヶ関 3-4-3

特許庁 総務部 技術調査課 技術動向班

TEL : 03-3581-1101 (内線 2155)

FAX : 03-3580-5741

E-mail : PA0930@jpo.go.jp