

## 論文

民間航空機用ジェットエンジンメーカーによる  
市場競争の構造

山崎文徳\*

## 要旨

本論文の課題は、欧米メーカーによる民間航空機用ジェットエンジンをめぐる市場競争の構造を明らかにすることである。第1に、民間航空機用ジェットエンジン市場は、1960年代の中小型航空機用エンジンと1970年代の大型航空機用エンジンの開発を通じて、3大エンジンメーカーが航空輸送会社に対する販売を奪い合うという市場競争の基本的な構造が確立された。第2に、1990年代からは、欧米の航空自由化（規制緩和）と東アジアの急成長を背景にして、さらに大推力の超大型エンジン市場と、より小さな推力の小型エンジン市場が生み出された。第3に、推力ごとに形成されたジェットエンジンの製品群のそれぞれにおいて、市場競争を経てGEが多くの市場を獲得した。広胴機に搭載される大型エンジンは、全体の3割を占める程度だが、ハイエンドに位置する高価格製品群であるため3大メーカーが激しく市場獲得を争っている。一方で、狭胴機用の中小型エンジンは、運用数が7割程度と非常に多く、市場の成長も著しいため量産製品群を構成しており、P&WやGEは合弁会社やRSP方式を利用して量産を行なっている。1970年代以降、3大エンジンメーカーがそれぞれの製品群で市場競争を競った結果、民間航空機用ジェットエンジン市場におけるGEの優位が確立されたのであり、このように市場を確保することが、アフターマーケットで収益を得るための条件になるのである。

## キーワード

製品群、高価格製品群、量産製品群、狭胴機、広胴機、航空自由化、アフターマーケット

---

\* 立命館大学経営学部准教授

## 目 次

1. はじめに
2. 民間航空機用ジェットエンジンの開発と主要メーカーの市場参入
  - (1) 中小型航空機用ジェットエンジン市場における P&W の独占的地位
  - (2) 大型航空機用ジェットエンジン開発を通じた GE と RR の市場参入
  - (3) 航空機メーカーに対するエンジン販売から航空輸送会社に対するエンジン販売へ
3. 製品群によって異なる市場競争の構造と GE による市場の獲得
  - (1) 高価格製品群としての広胴機用の大型ジェットエンジン
  - (2) 量産製品群としての狭胴機用の中小型ジェットエンジン
4. おわりに

## 1. はじめに

筆者は山崎 (2013) において、大手の民間航空機エンジンメーカーが、航空機の工場出荷時に搭載する新製エンジンの販売と比べて、商品販売後に繰り返し発生する需要であるアフターマーケットを重要な収益源としていることを明らかにした。つまりエンジンの販売は、それによって収益を得るというよりも、整備や部品の交換で確実に収益を得るための手段になっているのである。しかし、アフターマーケットで収益を得るためには、その前提としてメーカーはジェットエンジン市場を確保していなければならない。

航空機エンジン産業に関する研究は、これまで日本国内では、西川純子 (2008) や坂出健 (2010) が、米英の航空機産業を機体・エンジン部門間の関係にも着目しながら経済史的に論じてきた。国外では、Newhouse (1982) 及び同 (2007) が航空機とエンジンの開発と販売における特徴や、機体メーカーとエンジンメーカーの関係を分析している。また、Gunston (1997) や同 (2006)、Peter (1999)、Connors (2010) は、ジェットエンジンの開発を歴史的かつ資料的に整理している。しかし、歴史的経過を経て成立した産業と市場の構造、とりわけ企業間の市場競争の構造はこれまで十分に整理されてこなかった。たとえば自動車産業では、塩地洋 (2011) が、新興国の自動車市場におけるセグメント別販売台数を国際比較しているが、航空機エンジンについては、同様の分析はなされていない。

そこで本論文では、山崎 (2013) では前提とした、欧米メーカーによる民間航空機用ジェットエンジンをめぐる市場競争の構造を明らかにする。そのために、航空機用ジェットエンジンをいくつかの製品群に分類する。そうすることで、メーカーにとってアフターマーケットが成立する条件も明らかになる。

しかし、航空機 (機体) に比べて、航空機エンジンの生産量をメーカー別、型式別に把握するには資料的な制約がある。そこで、本論文では運用中のエンジンを型式別に整理することで、エンジンメーカーのシェアの歴史的推移を把握する。主には、Jet Information Services

がインターネット上で提供するデータベースから情報を入手した。「エンジン型式」と「搭載航空機」を区別してデータ検索を行い、1機の航空機に搭載されるエンジン数を掛け合わせれば、運用中のエンジン数をメーカー別、型式別に把握できる。なお、運用中の航空機には、航空輸送会社が運航する機材に、政府・軍やリース会社の保有する運航中の機材が加わり、退役機材を除いた駐機中の機材も含まれる。ただし、航空機の購入時に航空輸送会社は、搭載エンジン数の10～15%程度の予備エンジンを購入する<sup>1)</sup>。そのため、厳密な意味での生産数、運用数ではないが、市場競争の傾向は十分に把握することができる。

民間航空機用ジェットエンジンの主なメーカーは、アメリカのGE (General Electric Company) とP&W (Pratt & Whitney)、イギリスのRR (Rolls-Royce plc) である。航空機を開発するのは、100座席以上の航空機はボーイング (The Boeing Company) とエアバス (Airbus SAS)、かつてはダグラス (Douglas Aircraft Company) 及びマクダネル・ダグラス (McDonnell Douglas Corporation) とロッキード (Lockheed Corporation)、100座席以下はボンバルディア (Bombardier Inc.) とエンブラエル (Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A.: EMBRAER) が主な企業である<sup>2)</sup>。

航空機は、客室内通路が単通路の狭胴 (ナローボディ) 機と2通路の広胴 (ワイドボディ) 機に区分でき、さらに輸送力 (座席数) ごとにいくつかの製品群に区分できる。搭載されるエンジン数に着目すると、双発 (2発) 機と3・4発機に区別される。本論文では、座席数が300席以上の広胴大型航空機 (広胴超大型を含む)、200座席級の広胴中型航空機、100座席級の狭胴小型航空機、100座席以下の (狭胴) リージョナルジェット機というように製品群を区別している。一方でジェットエンジンは、推力ごとにいくつかの製品群が形成されている<sup>3)</sup>。おおまかな対応関係としては、広胴大型双発機には1発の最大推力が40tを超えるような超大型エンジン、広胴大型3・4発機や広胴中型双発機には20～30t級の大型エンジン、狭胴小型双発機には10t級の中型エンジン、リージョナルジェット機には10t未満の小型エンジンが搭載されている。なお、本論文では、ターボプロップ機やピストンエンジン機、ビジネスジェット機などは除いて考察する。

以下では、第2節で、1960年代に小型ジェットエンジン、1970年代に大型ジェットエンジンが開発される中で、民間航空機用ジェットエンジンの基本的な市場競争の構造が形成されたことを確認する。第3節では、Jet Information Servicesの資料にもとづいて4種類の製品群のそれぞれにおける市場競争の構造を明らかにする。製品群は、高価格製品群を構成する大型エンジンと、市場の7割を占める量産製品群を構成する中小型エンジンに分けて分析する。

## 2. 民間航空機用ジェットエンジンの開発と主要メーカーの市場参入

エンジンは航空機に用いられる最も大きな部品である。そのため、航空機開発ではより優れたエンジンが求められる一方で、エンジンの性能改善は航空機の発達をうながしてきた。以下では民間航空機用ジェットエンジン市場の成り立ちを、大型エンジン開発に着目しながら説明する。

### (1) 中小型航空機用ジェットエンジン市場における P&W の独占的地位

第 2 次世界大戦後の航空輸送業では高速化と大型化が求められ、ピストンエンジン（レシプロエンジン）を動力とするプロペラ機から、ジェットエンジンを動力とするジェット機へと使用機材のジェット化が進んだ。1950 年代末から 1970 年代前半までに、輸送力で区分される小型、中型、大型、超大型といった製品群ごとに民間ジェット航空機市場が形成されたのである<sup>4)</sup>。

1950 年代までは軍用機用のジェットエンジン開発が先行しており、同じエンジンが民間航空機に転用された。朝鮮戦争では、GE の J47 エンジン（1956 年までに 3 万 6500 基生産）が、B-47 や B-36 などの爆撃機や F-86 戦闘機に搭載された<sup>5)</sup>。ソ連との軍事的対立の中で、核爆弾を搭載する戦略爆撃機にも長距離高速飛行が求められると、P&W は、それまで用いられた遠心式圧縮機ではなく、空気が軸方向に進む軸流式圧縮機を採用して燃費を改善し、JT3 ターボジェットエンジンを開発した。JT3 は、J57 という名称で米空軍の超音速戦闘機や戦略爆撃機 B-52 に採用され、経済性が求められる民間航空機の分野でも 1958 年からボーイング 707 やダグラス DC-8 に採用された。民間用の JT3 と軍用の J57 は、P&W による 1 万 5024 基とフォードによる 6202 基を合わせると、合計 2 万 1226 基が生産された<sup>6)</sup>。

1960 年には、JT3 の低圧圧縮機の最初の 3 段を 2 段のファンに代替することで、バイパス比が 1.5 の JT3D ターボファンエンジンが P&W によって開発された<sup>7)</sup>。続いて 1963 年には、米海軍の J52 ターボジェットエンジンの派生型として、前部ファン型の JT8D エンジンが P&W によって開発され、727 に搭載された。1960 年代は、狭胴中型航空機市場では JT3D を搭載した 707 と DC-8、JT8D を搭載した 727 によって、狭胴小型航空機市場では JT8D を搭載した 737 と DC-9 によって、既存のプロペラ機がジェット機に代替されたのである<sup>8)</sup>。

さらに 1970 年代には、従来は存在しなかった規模の広胴大型機市場（747 や DC-10、L-1011、A300）が新たに創出されるが、それを可能にしたのが広胴機用の大型ジェットエンジンであった。

以上のように、民間航空機用ジェットエンジン市場は航空機のジェット化にともなって形成

され、1960年代は中小型機用のジェットエンジンでP&Wが独占的な地位を占めたのである。ところが、ライバルメーカーが参入して、その後の市場競争の基本的な構造をつくりだす契機になったのが、大型ジェットエンジンの開発であった。

## (2) 大型航空機用ジェットエンジン開発を通じたGEとRRの市場参入

1960年代の中小型航空機向けのジェットエンジン市場ではP&Wが独占的地位にあったが、1970年代の大型機向けジェットエンジン市場の創出にともなってGEとRRが市場に本格的に参入して、3大メーカーが市場を奪い合う構造ができた。

1970年代に求められたのは、大型化した機体を推進できる大型エンジンであった。たとえば狭胴中型4発機707-320Cの最大離陸重量151.3t（航続距離6920km）に対して、広胴大型4発機747-100は最大離陸重量333.4t（航続距離8100km）と2倍以上に重量が増えた。707と747は同じ4発機なので1発のエンジンにはより大きな推力が求められ、707のJT3D-7エンジンの推力（離陸出力）が1発8.6tに対して、747のJT9D-7Aは21.6tと2.5倍の推力が与えられた<sup>9)</sup>。

しかし、P&WはすでにJT3DやJT8Dなどのエンジンをボーイングやダグラスの狭胴機向けに提供しており、777（1970年就航）用のJT9Dエンジンの開発は負担のさらなる増大をもたらした。そのため、開発時期の重なるマクダネル・ダグラスDC-10（1971年就航）やロッキードL-1011（1972年就航）、エアバスA300（1974年就航）といった広胴機に適した大型エンジンを開発する余裕はなかった。そこで機体メーカーは、RRとGEに大型エンジンの開発を求めた。

当時のGEは、軍用エンジンで独占的な地位にあったが、民間用エンジンにはほとんど参入できていなかった。軍用のJ47の後継エンジンであるJ79は、F-4やF-104といった戦闘機を中心に1万6990基（3290基のライセンス生産を含む）が生産され、GEは45億ドルを得た。しかし、その民間転用型のCJ-805アフタファン派生型エンジンは、ジェネラル・ダイナミクスコンヴェア880/990に搭載されたが、航空機自体の生産数が100機程度にとどまり、大きな市場を獲得することはできなかった。

GEは、軍用の大型エンジン開発でも先行していた。1965年、GEは米空軍の大型輸送機ロッキードC-5A用のTF39エンジンで4億5905万5600ドルの契約を得た<sup>10)</sup>。

1967年、GEは5種類の新しいエンジン系列を開発するプロジェクトを始め、そのことが民間機用エンジン市場に本格的に参入する契機となった。その内容は、民間用大型エンジンCF6、民間用CF34と軍用TF34という小型エンジン、ヘリコプター用のターボシャフトエンジンGE12、J79の後継となる戦闘機用エンジンF404（GE15）、F404よりも大型の軍用エンジンF101とF110である。そのうちのCF6エンジンは、TF39で得た経験や技術的蓄積が生

かされ、ほとんどの DC-10 と A300 に採用され、GE の大型エンジン系列の技術的な基礎となった<sup>11)</sup>。

さらに、石油危機を受けて NASA が 1975 年から始めた ACEE (Aircraft Energy Efficiency) 計画は、GE と P&W の技術開発を後押しした。ACEE 計画の ECI (エンジン要素改善計画) では、JT8D や JT9D、CF6 の燃料節約が課題とされ、1977 年に GE と P&W との契約が結ばれた。その成果は、GE の CF6-80C2 や CFM56、GE90、P&W の PW2000 や PW4000-112inch といった次世代のターボファンエンジン開発に生かされた<sup>12)</sup>。

一方で RR は、イギリス政府の援助を受けて世界初のターボファンエンジン RB80 コンウェイを開発し、ビッカーズ VC10 などに供給していた。また、イギリス・デハビランドのコメットやフランス・シュドのカラベル用のジェットエンジンで収益をあげていた。しかし、RB80 は 707 と DC-8 には合わせて 1519 機のうち 69 機にしか採用されなかった。その後も、RR はターボファンエンジンのバイパス比が 1.0 を超えてはならないという間違っただ判断を 1964 年までしていたため、市場競争に立ち遅れていた<sup>13)</sup>。

ところが RR は、アメリカ航空機メーカーの大型機開発に対して、新素材を取り入れた RB211 エンジンを提案し、ロッキードと L-1011 用エンジンの独占契約を結んだ。ロッキードには、欧州で航空機を販売するために欧州製エンジンの搭載が得策であるという判断もあった<sup>14)</sup>。RR は、開発の遅れが原因で 1971 年に破産、国有化されたが、ロッキードやイギリス政府の支援を受けて RB211 を完成させてからは販売を重ねた。RB211 は、ファン・圧縮機とタービンが低圧、中圧、高圧で連結する 3 軸構造をしており、全体の段数が少なくなってエンジンは短くなり、剛性も高められた。RB211 は L-1011 や 747、767 に搭載されて、RR の大型エンジンの技術的な基礎を築いた<sup>15)</sup>。

### (3) 航空機メーカーに対するエンジン販売から航空輸送会社に対するエンジン販売へ

大型航空機用ジェットエンジンの開発は、エンジンメーカーにとっての顧客が、機体メーカーから航空輸送会社に変化する契機にもなった。

1960 年代までの新型機は、特定のエンジンしか搭載できないように設計され、多くは P&W のエンジンが搭載された。707 と DC-8 には JT3D (1985 年までに約 8600 基生産)、727 と 737、DC-9 には JT8D (1997 年までに 1 万 2000 基生産) が独占的に搭載された<sup>16)</sup>。

それに対して、1970 年代の大型航空機の開発からは、1 つの航空機に複数のジェットエンジンが提供されることが多くなった。その始まりは、ボーイングが 747 用のジェットエンジン開発を P&W だけでなく GE にも求めたことであった。その後は、多くの新型機が異なるメーカーのエンジンを搭載できるように設計され、航空輸送会社はエンジンを選択できるようになった。つまり、搭載エンジンの選択は、機体メーカーではなく航空輸送会社に委ねられる

ようになった。エンジンメーカーは、機体メーカーではなく航空輸送会社に対してエンジンを販売するようになったのである。機体メーカーの狙いは、エンジンメーカー間の競争を促すことで性能を向上させ、同時に価格を抑えることであった<sup>17)</sup>。こうしてJT9D（3265基生産<sup>18)</sup>、CF6（2011年までに3600基以上の生産<sup>19)</sup>、RB211（1526基以上の生産<sup>20)</sup>という大型エンジンが、A300、DC-10、L-1011、747といった広胴大型機に採用された。

1970年代以降は、広胴機だけでなく狭胴機でも、1つの航空機について2～3種類のエンジンを航空輸送会社が選択できるようになった。

### 3. 製品群によって異なる市場競争の構造とGEによる市場の獲得

民間航空機用ジェットエンジン市場では、航空機の輸送力に対応して、広胴機に搭載される大型及び超大型エンジン、狭胴機に搭載される中型エンジン、リージョナルジェット機に搭載される小型エンジンという大きく4類型程度の製品群が推力ごとに形成されている。ここでは、高価格製品群を構成する大型エンジンと、量産製品群を構成する中小型エンジンに分けて市場競争の構造を概観し、GEがすべての製品群でトップシェアを獲得していることを明らかにする。

以下では主にJet Information Servicesが提供する1993年、2004年、2012年のデータベースにもとづいて作成した表を利用する。表1には航空機種別及びエンジン型式別にみた搭載エンジン数の推移、表2には航空機種別にみたエンジンメーカーの競合関係、表3には製品群別にみたエンジンメーカーの市場シェアの推移を示している。

#### (1) 高価格製品群としての広胴機用の大型ジェットエンジン

第1に、1970年代に最大推力24t程度の広胴機用大型エンジンが開発されたことが、P&Wの独占的な地位を崩してGEが市場シェアを増やす契機になった。RRはRB211-22/524（最大推力24t、1972年型式承認）、GEはCF6-6/50（同24.5t、1970年）、P&WはJT9D-59A（同24.7t、1969年）を開発し、在来型の747（747-100/200/300）やL-1011、DC-10、A300に搭載された。

表3に示すように、1970年代以前に開発された広胴機に搭載されるエンジンのシェアは、1993年にはP&Wが39%（2055基）、GEが41%（2146基）、RRが20%（1021基）と、GEが第1位のシェアを獲得した。一方で、1970年代以前に開発された狭胴機の場合は、P&Wが95%（1万1333基）、GEが参画するCFMIがわずか5%（612基）とP&Wが独占的な地位を占めており、大型エンジンでP&Wの独占が崩されたことがわかる。

ただし、航空機別にみると搭載エンジンのシェアには特徴がある。表1と表2に示すよう





に、1993年の時点で、在来型 747 には P&W の JT9D-7 が最も多く搭載 (1884 基) され、他は CF6-50E が 572 基、RB211-524 が 304 基であった。DC-10 には CF6-6/50 が 1146 基 (JT9D-59A は 123 基)、A300 にも CF6-50 が 428 基 (JT9D-59A は 48 基) と GE エンジンが多く搭載された。一方 L-1011 には、RR の RB211-22/524 が独占供給 (717 基) された。P&W を退けて GE の CF6 が A300 に多く採用された理由の 1 つは、CF6-50 の製造にフランスのスネクマ (Snecma S.A., 現在は Safran の子会社) やドイツの MTU (MTU Aero Engines AG) を参加させ、フランスのアエロスペース (Aérospatiale) にエンジンの飛行試験を任せたとなどが指摘されている<sup>21)</sup>。

第 2 に、1980 年代に開発された最大推力 27 ~ 28t の大型エンジンでは、GE エンジンがさらに大きな市場シェアを獲得している。これらのエンジンは、初期の広胴機を更新する広胴大型 3・4 発機と広胴中型双発機に搭載された。両者の輸送力は異なるが、搭載されるエンジン数が異なるため 1 発のエンジン推力は同程度なのである。

747-400 (4 発機) や MD-11 (3 発機)、A300-600、A310、767 には、PW4000-94inch (最大推力 28.1t, 1986 年型式承認<sup>22)</sup>)、CF6-80A/C (同 27.9t, 1981 年)、RB211-524G/H (同 27.5t, 1988 年) と最大推力が 27 ~ 28t のジェットエンジンが搭載された<sup>23)</sup>。表 1 より、1993 年の 27 ~ 28t エンジンは GE が 1731 基、P&W が 1267 基、RR が 314 基、1970 年代に開発された 24t のエンジンと合計しても 20t 級全体で GE が 3877 基、P&W が 3322 基、RR が 1335 基と GE が優位にあった。2012 年には、広胴機用の 20t 級エンジンの合計は、GE が 4140 基、P&W が 2473 基、RR が 1253 基と差が開いた。

1980 年代に開発された 27 ~ 28t のエンジンは、1970 年代の 24t のエンジンよりも大推力化した。この理由は広胴機が大型化、双発化したことにある。さらに、既存機の性能向上や発展型の開発に対応して、推力を増した発展型のエンジンが開発されてきた。初期の 747 に搭載された JT9D (最大推力 24.7t) は、発展型の JT9D-7R4 (同 25.4t, 1980 年型式承認) に置き換えられてきた。さらに、A300-600、A310、767 にも搭載された JT9D-7R4 は、最大推力 27 ~ 28t の PW4000-94inch、CF6-80A/C、RB211-524G/H に置き換えられてきた。

第 3 に、双発機の洋上飛行規制の緩和によって広胴大型双発機が普及したことにより、1990 年代からは推力 30t 以上の大型エンジンが開発された。ここでも RR と競いながら GE が市場を獲得している。

まず、1992 年に GE が CF6-80E (最大推力 32.7t)、1993 年に P&W が PW4000-100inch (同 30.8t)、RR が Trent700 (同 34t) の型式承認を取得して、広胴大型双発機 A330 に搭載する推力 30t 級のジェットエンジン市場が生み出された。2006 年には P&W と GE が広胴大型 4 発機 A380 用に GP7200 (同 37t) を共同開発した。さらに、2007 年に RR が Trent1000 (同 31.8t)、2008 年に GE が GEnx-1B (同 31.8t) を広胴中型双発機のボーイング 787 用に開発した。

表1に示すように、これら推力30t級のエンジンは、2004年にはA330に搭載されたのみであったが、2012年には787-8にGEnx-1B（54基）とTrent1000（44基）、747-8にGEnx-2B（160基）、A380-800にGP7200（192基）とTrent900（192基）が搭載された。合計すると、2004年にP&Wが232基、GEが156基、RRが264基、2012年にP&Wが418基、GEが674基、RRが1230基であり、GP7200の192基を計算に入れてもRRが大きなシェアを獲得している。

GEが大型エンジンのクラスでシェアを増やしたのは、1990年代に開発された推力40t以上の超大型ジェットエンジン市場であった。表1と表2に示すように、広胴大型双発機777には、P&WがPW4000-112inch（最大推力44.5t、1994年型式承認）、GEがGE90（同42.6t、1995年）、RRがTrent800（同43.1t、1995年）と最大推力が40tを超えるような大推力の超大型エンジンを開発した。GEは、当初はCF6の発展型も検討したが、そのためにはシャフトを太くしなければならず、圧縮機の段数も増えてエンジンが長くなってしまふことから、GE90を新たに開発した<sup>24)</sup>。ボーイング747は、機体サイズこそ超大型であるがエンジンの搭載数は4発なので、1発あたりの推力は大型双発機の方が大きくなる。推力を大きくするためにバイパス比が5以上の超高バイパス比ターボファンエンジンが開発され、それによって大推力の超大型エンジン市場が創出されたのである。

表1と表3に示すように、777には、2004年はPW4000-112inchが29%（288基）、GE90が32%（318基）、Trent800が39%（392基）とRRが第1位のシェアを有していた。しかし、2012年はPW4000-112inchが16%（336基）、GE90が63%（1338基）、Trent800が21%（448基）とGEがシェアを逆転させて圧倒的な優位を築いた。

第4に、世界最大の推力をもつ超大型エンジンはGEが独占供給している。ボーイング777-200LR/300ERは、777の航続距離延長型であり、世界で最も輸送力が大きく長距離路線で運航される航空機の1つである。そのため、搭載されるエンジンには世界最大級の推力が求められたが、GEがGE90-115B（最大推力52.2t、2002年型式承認）を独占供給している。

GE90-115Bの搭載数は、2004年には777-300ERに20基だったが、2012年には777-200LRと777-300ERに合計796基であった。この数は777に搭載される1338基のGE90の半数以上であり、40t超級の超大型エンジンで第1位のシェアを獲得する要因がGE90-115Bにあったことがわかる。

これら広胴機に搭載される大型エンジンの特徴は、全体に占める数は3割程度だが、ハイエンドに位置する高価格製品群であるため3大メーカーが激しく市場獲得を争っていることである。大型エンジンは、中小型と比べても部品点数はそれほど変わらないが、より高度な設計が必要になる。また、大型機は高空を10時間前後飛ぶことも多く、エンジン性能がはっきりと燃費に表われるので、ユーザーである航空輸送会社からの性能要求もより厳しい。そのた

め、「基本的には、推力に比例して価値があると考えられている」<sup>25)</sup>。最大推力が 10t の中型エンジンと 40t の大型エンジンを比較すると、単純に考えれば推力が 4 倍なので価格も 4 倍になるのである。

たとえば、推力 10t 級の V2500 は 1989 年までに合計 216 基を 1 基 6 億円 (1 ドル 138 円換算で 434 万ドル) で販売された。それに対して英国航空 (BA) が 1991 年に購入した 777 用の推力 40t 級 GE90 は、1 基で 2333 万ドル (1 ドル 134 円換算で 31 億ドル) になる<sup>26)</sup>。

ただし、エンジン価格は航空輸送会社の交渉力や購入数などで変わる。また、山崎 (2013) で述べたように、航空輸送会社とエンジンメーカーは飛行時間当たり定額支払の包括的整備契約 (Power By The Hour: PBTH) を結ぶ傾向にあるが、新製エンジンの販売時に、包括契約の 1 時間当たりの単価と新製エンジン価格をセットにした値段交渉がなされることもある。そのような場合は、エンジン 1 基の価格が必ずしも明確ではない<sup>27)</sup>。

## (2) 量産製品群としての狭胴機用の中小型ジェットエンジン

GE は、大型ジェットエンジン市場だけでなく、中小型ジェットエンジン市場でもシェアを獲得してきた。

短距離を多頻度運航する 100 座席級の狭胴双発機には推力 10t 級の中型エンジンが搭載されている。このクラスでは、初期の JT8D (最大推力 7.9t, 1963 年型式承認) が、1980 年代に開発された CFM56-3/5 (同 10.7 ~ 15.4t, 1984 年) や V2500 (同 11.3 ~ 15t, 1988 年) といった推力がより大きなエンジンによって代替された。

1960 年代にジェット化された狭胴中型航空機市場では、P&W の JT3D と JT8D エンジンが、ボーイングの 707 や 727, 737 やダグラスの DC-8, DC-9 といった航空機に独占的に使用されていた。ところが、1974 年に GE がスネクマとの合弁事業 CFMI (CFM International) を設立し、1979 年に CFM56-2 (最大推力 10.9t) の型式承認を取得してから状況が変化した。

CFM56-2 は、B-1 爆撃機用のジェットエンジン F101 (GE9) をエンジンコアに転用し、スネクマが開発した M56 のファンを組み合わせて開発された。アメリカ国務省が 1973 年にエンジン技術の輸出許可を与えると、1974 年に GE のエベンデール工場で CFM56 の運転が始まった。CFM56-2 は、騒音が問題になっていた DC-8 の JT3D エンジンを 110 機分換装し、夜間の荷物輸送を可能にした。

さらに、1984 年から開発された 737 ファミリー機の 737-300/400/500 や 1997 年から開発された 737-600/700/800/900 には、結果的ではあるが CFM56 シリーズが独占的に提供され、GE が P&W の市場を奪った。原型機である 737-100/200 には P&W の JT8D が搭載されていたが、発展型の 737-300 からは CFM56-3 (最大推力 10.7t, 1984 年型式承認) に置き換えられたのである。さらに対抗機種であるエアバス A320 や A318/319/321 には、CFM56-5 (最大推

力12～15.4t, 1987年型式承認)が当初は独占的に採用された。CFM56-5はファンを大きくして、FADEC(全デジタル電子式エンジン制御装置)などの先端技術を取り入れ、代替飛行場から120分を超えた範囲を運航できる120分ETOPS(Extended-range Twin-engine OperationS)を早期に取得した<sup>28)</sup>。

欧州企業とのつながりを生かして欧州向けの販売の足がかりを築いたことで、中型ジェットエンジン市場でGEがP&Wのシェアを逆転することができたのである<sup>29)</sup>。

一方で、1988年にIAE(International Aero Engines AG)のV2500が投入された。IAEは、P&WやRR(2012年まで)、日本航空機エンジン協会(Japanese Aero Engines Corporation: JAEC)、MTU、FIAT(1996年まで)などが参画する合弁会社である。1984年当時、737や727、DC-8、DC-9などの狭胴機のエンジンは、約60%をP&WとRRが占めており、IAEに参画する日本航空機エンジン協会はV2500でも60%以上の市場シェアを見込んでいた<sup>30)</sup>。しかし、V2500の販売は最初の10年間で841基にとどまった。当初は全日本空輸も、A320のエンジンへの採用を検討していたが、V2500を正式採用した大手航空輸送会社がないなど実績を重視して不採用とし、1988年にCFM56の採用を決定した<sup>31)</sup>。

表3に示すように、1970年代以前に開発された狭胴小型機に対するエンジンメーカーの市場シェアは、P&Wが1993年に95%(1万1333基)、2012年に92%(3645基)と、一貫して圧倒的なシェアをもつ。しかし、表1に示すように、1980年代以降に開発された狭胴小型機用のエンジンと合計すると、1993年にはP&WのJT8Dが1万1271基、IAEのV2500が260基、CFMIのCFM56が3270基のシェアであったが、2012年にはP&Wが4557基、IAEが4622基、CFMIが1万7712基であった。したがって、シェアを増やしてきたIAEを含めてもP&Wがシェアを減らしたのに対して、GEがCFMIを通じて狭胴小型双発機用ジェットエンジン市場においても、機材の更新にともなうエンジンの更新需要を獲得したことがわかる。

最後に、100座席以下のリージョナルジェット機に搭載される推力10t未満の小型エンジンでも、GEは市場シェアを圧倒的に獲得している。

リージョナルジェット機を生産する主な企業は、ブラジルのエンブラエルとカナダのボンバルディアである。エンブラエルのERJには、GEのCF34-3/8(最大推力4.2～6.4t, 1991年型式承認)とRRのAE3007(同4.1t, 1995年)が競合し、ボンバルディアのCRJにはGEのCF34-3/8が独占供給されている。表3に示すように、2004年にはGEが59%(2464基)、RRが41%(1718基)と市場を二分したが、2012年にはGEが69%(5102基)、RRが31%(2250基)とGEの優位が増した。RRのAE3007は1995年に開発されてから発展型などは開発されておらず、採用機種もエンブラエルのERJ-135/140/145にとどまっている。それに対してGEのCF34は、1991年に開発されてからバージョンアップを繰り返し、この市場の

シェアを独占的に獲得してきたのである。

ただし、今後の市場競争の行方は流動的である。表 2 に示すように、エンブラエルの子世代機 E190/195 には GE の CF34-10E、E-Jets E-2 ファミリー (E175/190/195-E2) には P&W の PW1700G や PW1900G、ボンバルディアの子世代機 C シリーズには P&W の PW1500G、三菱航空機の MRJ には P&W の PW1500G、中国商用飞机有限责任公司 (COMAC : Commercial Aircraft Corporation of China Ltd.) の ARJ には GE の CF34-10A が開発されている。

狭胴小型機とリージョナルジェット機に搭載されるエンジンの市場は、成長が著しく生産数が非常に多いため、量産製品群を構成している。

1970 年代末から、欧米の航空自由化 (規制緩和) と東アジアの急成長によって航空需要は増大してきた。日本航空機開発協会の予測では、民間ジェット機の運航機数は、2015 年の 2 万 814 機から 2034 年には 3 万 8313 機に増える<sup>32)</sup>。とりわけ狭胴機の需要は大きく、中小型エンジンに対する大量の需要は 737 と A320 というベストセラー機によってもたらされた。2016 年 12 月末の時点で 737 ファミリーは確定受注 1 万 3787 機 (納入済 9335 機)、オプション 660 機、A320 ファミリーは確定受注 1 万 3066 機 (納入済 7421 機)、オプション 832 機に達した<sup>33)</sup>。さらに短距離路線で増大する需要は、100 座席以下の航空機のジェット化を促進し、リージョナルジェット機の市場が 1990 年代半ばから急速に拡大した。

狭胴中小型機とリージョナルジェット機に搭載される中小型エンジンの合計は、1993 年には全体の 69% (1 万 8803 基)、2012 年には全体の 74% (3 万 7291 基) を占めている。一方で広胴機に搭載される大型エンジンの合計は、1993 年は 31% (8622 基)、2012 年は 26% (1 万 3418 基) であった。成長率は、広胴機用エンジンが 156% であるのに対して、狭胴機用エンジンは 198% とより高い数字を示している。この間に、ジェットエンジン市場全体の規模は、1993 年の 2 万 7425 基から 2012 年の 5 万 709 基へと 189% の成長率をみせた。

個別のエンジンでも、表 1 に示すように、2012 年には、ボーイング 737 とエアバス A320 向けの CFM56 エンジンが 1 万 7712 基、MD-80/90 と A320 向けの V2500 エンジンが 4622 基、ERJ と CRJ 向けの CF34 エンジンが 5102 基搭載されていた。特定機種向けのエンジンの成否が、市場の成長とメーカーの利潤獲得を左右していることがわかる。

狭胴機用の中小型エンジン開発にみられる特徴は、大型エンジンよりもサプライヤの関与する度合いが大きいことである。中型エンジンでは、GE はスネクマとの合弁会社 CFMI で CFM56 を開発し、P&W は合弁会社 IAE で V2500 を開発してきた。小型エンジンでも、GE の CF34 には日本企業が RSP (Risk and revenue Sharing Partner) 方式により、30% という大きな比率で開発に参加している。RSP は、開発費を分担し、参画シェアに応じてリスクを負う代わりに収益が分配される方式であり、エンジンが継続的に販売され続けられれば、それだけ多くの利益を獲得することができる<sup>34)</sup>。

一方でRRは、1995年にリージョナルジェット機向けに開発したAE3007エンジンが旧式化し、後継エンジンを開発していない。中型エンジンでも、V2500のプログラムパートナーとしての参画を2012年に撤退しており、中小型エンジンではなく大型エンジンに資源を集中させている。

したがって、3大エンジンメーカーは、大型エンジンでは自らの明確な主導性のもとで開発と生産を行なう一方で、中小型エンジンでは、RRは市場から撤退しつつあり、GEとP&Wは合弁会社や、RSP方式でもサプライヤの参画比率を高くするなどして、開発と生産における分業の度合いを相対的に高くしている。

以上のように、エンジンメーカーによる激しい市場獲得競争の結果、民間航空機用ジェットエンジン市場ではP&Wの優位が掘り崩され、すべての製品群でGEがトップのシェアを占めるようになった。2012年にはGE単独で22%（1万1254基）、CFMIを加えると60%（3万186基）と圧倒的なシェアを占めるようになった。一方でP&Wは単独では18%（9368基）、IAEを含めても28%（1万3990基）、RRは13%（6341基）の市場占有率である。

#### 4. おわりに

本論文の課題は、欧米メーカーによる民間航空機用ジェットエンジンをめぐる市場競争の構造を明らかにすることであった。

第1に、民間航空機用ジェットエンジン市場が、1960年代の中小型航空機用の小型ジェットエンジンと1970年代の大型航空機用の大型ジェットエンジンの開発を通じて形成されたことを明らかにした。中小型航空機用ジェットエンジン市場ではP&Wが独占的な地位を築いたが、1970年代の大型ジェットエンジンの開発過程でGEやRRが市場に参入した。それと同時に、同一の機体に複数のエンジンを搭載できるようになり、エンジンメーカーの顧客は機体メーカーから航空輸送会社になった。こうして、3大エンジンメーカーが航空輸送会社に対する販売を奪い合うという市場競争の基本的な構造が確立された。

第2に、1990年代からは、さらに大推力の超大型エンジン市場と、より小さな推力の小型エンジン市場が生み出されたことを明らかにした。

1970年代末から、欧米の航空自由化（規制緩和）と東アジアの急成長によって航空需要が増大すると、LCC（Low Cost Carrier：低コスト航空輸送会社）が出現して特定の小型機を用いた低価格戦略をとる一方で、大手航空輸送会社はハブ・アンド・スポーク型の路線網を構築して対抗した。こうして航空輸送会社の要求は、ハブ空港間を大量輸送する大型機と短距離路線を多頻度運航する小型機に向けられた。

双発機の洋上飛行規制の緩和による広胴大型双発機の普及は、1990年代から開発された推

力 30t 以上の大型エンジンによって実現した。また、ジェット化が遅れていた 100 座席以下のクラスでも高速化が求められ、主に GE がリージョナルジェット機用の小型ジェットエンジンを開発してきた。

第 3 に、推力ごとに形成されたジェットエンジンの製品群のそれぞれにおいて、市場競争を経て GE が多くの市場を獲得したことを明らかにした。

まず、高価格製品群としての広胴機用の大型エンジンでは、1970 年代に開発された最大推力 24t 程度のエンジンが、1980 年代に開発された最大推力 27 ~ 28t のエンジンに代替される過程で、GE エンジンの採用が増えた。1990 年代以降に開発された推力 30t 級の大型エンジンでも RR と GE が激しくシェアを争っているが、ボーイング 777 広胴大型双発機用の推力 40t 級の超大型エンジンでは GE が圧倒的な優位にある。とりわけ 777-200LR/300ER に搭載可能で世界最大の推力をもつエンジンは、GE が GE90-1115B を独占供給している。

ジェットエンジンは推力が大きくなるほど高価格になる。広胴機に搭載される大型エンジンは全体の 3 割を占める程度だが、ハイエンドに位置する高価格製品群であるため 3 大メーカーが激しく市場獲得を争っている。とりわけ超大型ジェットエンジンは、生産量は多くないがエンジンメーカーにとっては重要な収益源なのである。

次に、量産製品群としての狭胴機用の中小型ジェットエンジンでは、狭胴双発機用の推力 10t 級の CFM56 が 737-300 に独占供給されるようになって、GE の圧倒的な優位が確立された。A320 のエンジンでも、P&W が参画する IAE の V2500 も市場を獲得しているものの、CFM56 の優位は続いている。リージョナルジェット機用の推力 10t 未満のエンジンでは、RR が市場から撤退しつつある中で、GE の CF34 が市場で圧倒的な優位にある。これら狭胴機用の中小型エンジンは、運用数が 7 割程度と非常に多く、市場の成長も著しいため量産製品群を構成しており、P&W は IAE、GE は CFMI という合弁会社や RSP 方式を利用して量産を行ないながら、市場を獲得しているのである。

以上のようにして、1970 年代以降、3 大エンジンメーカーがそれぞれの製品群で市場競争を競った結果、民間航空機用ジェットエンジン市場における GE の優位が確立された。このように市場を確保することが、アフターマーケットで収益を得るための条件になるのである。

本論文で残された課題は、第 1 に、GE が P&W から市場を奪うことができた根拠を開発・製造の側面からも明らかにすることである。それと関係して、第 2 に、3 大メーカーがどのような国際的な分業構造のもとでジェットエンジンを開発・製造しているのかを明らかにすることである。

## &lt;注&gt;

- 1) 1994年に日本航空が777のエンジンに採用を決めたPW4000は、20機のエンジン40基に加えて予備を4基購入した（10%）。全日本空輸が1988年に20機のA320のエンジンに採用を決めたCFM56は、エンジン搭載数40基に対して予備5基（12.5%）であった。また、V2500の共同開発に参加した日本航空機エンジン協会（JAEC）は、1984年の時点で、737、727、DC8、DC9などの双発機の代替エンジンとして、1機につき2基のエンジンと0.3基分（15%）の予備エンジンの販売を見込んでいた（『B777』エンジン、米P&W製採用『日経産業新聞』1994年2月4日付、「GE開発エンジン採用、全日空、次世代エアバス」『日本経済新聞』1988年11月30日付、「新型エンジンV2500、2000年までにシェア60%」『日経産業新聞』1984年1月5日付）。
- 2) それぞれの航空機の機種名は、ボーイングは「7」、エアバスは「A」、ダグラスは「D」、マクダネル・ダグラスは「MD」、ロッキードは「L」、エンブラエルは「E」、ボンバルディアは「C」で始まる。
- 3) 推力は日本航空宇宙工業会（2016）、79ページと日本航空宇宙工業会（1995）、73ページを参考にした。
- 4) 山崎（2010）を参照。
- 5) Gunston（1997）、p.156（邦訳、215ページ）。
- 6) Gunston（1997）、p.153（邦訳、213ページ）。ただし、P&Wのホームページでは、1965年に最後のエンジンが納入されるまでに軍民合わせて2万1186基が生産されたとされている（[http://www.pw.utc.com/J57\\_JT3\\_Engine](http://www.pw.utc.com/J57_JT3_Engine)、2017年2月18日閲覧）。なお、メーカーによる生産数や搭載エンジン数を数える場合は「基」を用いるが、1機の航空機に搭載されるエンジン数（双発や3発、4発など）や単位エンジンの推力を表現する場合は「発」を用いている。
- 7) ターボジェットエンジンは、圧縮機（コンプレッサー）、燃焼室、タービン、排気ノズルから構成される。一方、ターボファンエンジンは、ターボジェットエンジンの前に直径の大きなファンを取り付け、エンジン全体を巨大なケースで覆ったような構造をしている。エンジン中心部を通過するコア排気と、外側を通過するバイパス排気の割合であるバイパス比を大きくすると、大量に空気を吸収して総推力が増大する。
- 8) Gunston（1997）、p.183（邦訳、256～257ページ）。なお、1936年にホイットルがターボファンエンジンを発明してから、RRのターボファンエンジンは延長を含めて1962年まで特許に守られていた（Gunston, 1997, p.182-183 [邦訳、255～256ページ]）。また、世界初のリ・ファン計画によって、より大型のファンを取り付けてバイパス比を1程度から1.78に増やしたJT8D-200エンジンが開発され、1979年からDC-9-80（MD-80）などに搭載された。ガンストンによれば、JT8Dのエンジンは軍用市場なしに開発された最初のジェットエンジンである。
- 9) 国土交通省（1980）、41～44ページ。
- 10) Gunston（1997）、pp.156, 192（邦訳、215～216, 271ページ）。Gunston（2006）、p.86（邦訳、71ページ）。J79の生産数が訳書と原書で異なるが、原書の数字を記載した。
- 11) Gunston（2006）、pp.87-89（邦訳、75～79ページ）。Peterによれば、最初に開発されたCF6は最大推力が14.5tだったので大型双発機に搭載するには小さすぎ、DC-10のような3発機でより適格的だった（Peter, 1999, p.334）。
- 12) 石澤（2013）、177～178ページ。
- 13) Gunston（1997）、pp.182-184（邦訳、256～257, 259ページ）。
- 14) Newhouse（1982）、pp.125, 185（邦訳、285～286, 419ページ）。
- 15) Gunston（1997）、p.193（邦訳、274ページ）。石澤（2013）、124～127ページ。
- 16) Gunston（2006）、p.168（邦訳、146ページ）。Gunston（1997）、p.183（邦訳、257ページ）。MD-80などにはJT8D-200が2600基生産された。なお、P&Wのホームページでは、JT8Dの生産数は1万4750基とされる（[http://www.pw.utc.com/JT8D\\_Engine](http://www.pw.utc.com/JT8D_Engine)、2017年2月18日閲覧）。

- 17) Newhouse (1982), p.186 (邦訳, 421 ページ)。Peter (1999), p.334.
- 18) Gunston (2006), p.168 (邦訳, 154 ページ)。なお, P&W のホームページでは, JT9D の生産数は 3200 基とされる ([http://www.pw.utc.com/JT9D\\_Engine](http://www.pw.utc.com/JT9D_Engine), 2017 年 2 月 18 日閲覧)。Peter によれば 1990 年代後半までに 3200 基以上が生産された (Peter, 1999, p.335)。
- 19) ここでは CF6-80C2 の生産数を示している (<https://www.geaviation.com/press-release/cf6-engine-family/25-year-milestone-demand-continues-cf6-80c2-engine>, 2017 年 3 月 21 日閲覧)。
- 20) Gunston (1997), p.195 (邦訳, 276 ページ)。石澤 (2013), 124 ~ 127 ページ。RB211-22 は 626 基, RB211-524 は 900 基以上の生産数である。
- 21) Peter (1999), p.338. Newhouse (1982), p.192 (邦訳, 436 ページ)。
- 22) PW4000 は, ファンの直径によって, 94inch, 100inch, 112inch に分かれている。まず PW4000-112inch には, PW4074/77/84/90 (38.1~44.5t) が, 次に PW4000-100inch には PW4164/68/70 (29~30.8t) が, 最後に PW4000-94inch には, PW4052/56/60/62, PW4152/56/58, PW4460/62 (23.6~28.1t) が含まれる (P&W のホームページ, [http://www.pratt-whitney.com/Commercial\\_Engines](http://www.pratt-whitney.com/Commercial_Engines), 2017 年 2 月 16 日閲覧)。なお, PW4000 の数字部分「4000」の左から 2 桁目は機体メーカー (0 がボーイング, 1 がエアバス, 4 はマクダネル・ダグラス), 最後の 2 ケタが推力 (ポンド) を示している。
- 23) 山崎 (2010), 79 ~ 81 ページ。
- 24) 石澤 (2013), 190 ページ。
- 25) 2013 年 8 月 30 日に実施した株式会社 IHI 昭島事務所におけるヒアリング調査より。
- 26) 「新型エンジン V2500, 2000 年までにシェア 60%」『日経産業新聞』1984 年 1 月 5 日付, 「三菱重など開発に参加, B777」『日本経済新聞 (夕刊)』1991 年 8 月 22 日付)。BA は 30 機の 777 で 68 億 5000 万ドル, それと別に 14 億ドル分の GE90 エンジンを発注した。したがって, 1 機あたり 2 億 2833 万ドルに対してエンジン 2 基で 4667 万ドルの計算になる。ただし, 予備エンジンが 15% 含まれていた場合は, エンジン 1 基 2029 万ドル (27 億円) の計算になる。2020 年に完成予定の 777X 用に開発されている GE9X エンジンは, カタログ価格が 3500 万ドル (約 36 億円) である (「航空エンジン, 日本勢飛躍」『日本経済新聞』2016 年 7 月 13 日付)。
- 27) 山崎 (2013), 421 ~ 424 ページ。
- 28) Gunston (1997), pp.188-189 (邦訳, 266 ~ 267 ページ)。CFM インターナショナルのホームページ (<https://www.cfmaeroengines.com/engines/legacy/>, 2017 年 2 月 18 日閲覧)。なお, GE が提供するデータは, スネクマとのインターフェース部のみに限定され, コアエンジン内のデータは出してはならないという条件が加えられた。また, 試験のために GE からスネクマに送られたエンジンは, 特別の倉庫で GE によって管理された (石澤, 2013, 183 ページ)。
- 29) ただし, CFM56 の後継エンジン LEAP が 2015 年に開発され, V2500 の後継エンジン PW1100G が 2014 年に開発されたことで, この構図が今後も続くか否かは流動的である。
- 30) 「新型エンジン V2500, 2000 年までにシェア 60%」『日経産業新聞』1984 年 1 月 5 日付。
- 31) 「GE 開発エンジン採用, 全日空, 次世代エアバス」『日本経済新聞』1988 年 11 月 30 日付。
- 32) 日本航空機開発協会 (2016), 1 ページ。
- 33) 日本航空機開発協会 (2017), 3 ページ。MD-80/90 には P&W の V2500 や JT8D が搭載されるが, マクダネル・ダグラスが 1997 年にボーイングに吸収されたように, MD-80/90 の生産数はそれほど伸びなかった。
- 34) 2012 年 2 月 21 日に実施した日本航空機エンジン協会に対するヒアリング調査より。

## ＜参考文献＞

- Connors, Jack (2010) *The engines of Pratt & Whitney: a technical history*, American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- Gunston, Bill (1997) *The development of Jet And Turbine Aero Engines*, Patrick Stephens Limited（高井岩男監修・訳『ジェット & ガスタービン・エンジン その技術と変遷』酣燈社〔別冊航空情報〕, 1997年）。
- (2006) *World Encyclopedia of Aero Engines: from the pioneers to the present day*, 5<sup>th</sup> edition, Stroud: Sutton Publishing（見森昭訳『世界の航空エンジン②ガスタービン編（第3版）』グランプリ出版, 1996年）
- Newhouse, John (1982) *The sporty game*, New York: Knopf（航空機産業研究グループ訳『スポーティゲーム：国際ビジネス戦争の内幕』学生社, 1988年）。
- (2007) *Boeing versus Airbus: the inside story of the greatest international competition in business*, New York: A.A. Knopf.
- Peter, James St. (1999) *The History of Aircraft Gas Turbine Engine Development in the United States: a tradition of excellence*, Atlanta, GA: International Gas Turbine Inst..
- 石澤和彦（2013）『ジェットエンジン史の徹底研究：基本構造と技術変遷』グランプリ出版。
- 国土交通省（運輸省）航空局監修（1980）『数字でみる航空』航空振興財団。
- 坂出健（2010）『イギリス航空機産業と「帝国の終焉」：軍事産業基盤と英米生産提携』有斐閣。
- 塩地洋（2011）「新興国における小型車セグメントの国際比較」『アジア経営研究』第17号, 73～82ページ。
- 西川純子（2008）『アメリカ航空宇宙産業：歴史と現在』日本経済評論社。
- 日本航空宇宙工業会（1995）『平成7年版 世界の航空宇宙工業』日本航空宇宙工業会。
- （2016）『平成28年版 世界の航空宇宙工業』日本航空宇宙工業会。
- 日本航空機開発協会（2016）『民間航空機に関する市場予測 2016-2035』（[http://www.jadc.jp/files/topics/109\\_ext\\_01\\_0.pdf](http://www.jadc.jp/files/topics/109_ext_01_0.pdf), 2016年11月28日閲覧）。
- （2017）『民間旅客機の受注・納入状況（2016年12月末現在）』（[http://www.jadc.jp/files/topics/90\\_ext\\_01\\_0.pdf](http://www.jadc.jp/files/topics/90_ext_01_0.pdf), 2017年2月6日閲覧）。
- 山崎文徳（2010）「民間航空機の市場構造の変化と技術展開」『社会システム研究（立命館大学）』第21号, 9月, 59～94ページ。
- （2013）「民間航空機エンジンメーカーの収益構造とアフターマーケット：補用品事業と整備事業（MROビジネス）の関係」『立命館経営学』第52巻第2・3号, 11月, 405～427ページ。

# The Structure of Market Competition by Commercial Aircraft Jet Engine Manufacturers

Fuminori Yamazaki \*

## Abstract

This paper analyzes the structure of market competition by commercial aircraft jet engine manufacturers.

First, the basic structure of the market competition had been established from the 1960s to the 1970s. In the process of developing large jet engines, the Big Three (GE, Pratt & Whitney, Rolls-Royce) began to compete for sales to air transport companies. Second, due to the liberalization of air transport in Western countries and the growth of the Asian economy, air demand increased, while at the same time, the hub-and-spoke type of airline network developed. Therefore air transport companies requested large aircrafts operating long distance routes between hub airports and small aircrafts operating short distance routes connecting hub airports and regional airports. As a result, in addition to medium and large engine product families, an extremely large product family for wide and large twin-engine aircraft as well as a small engine product family for narrow regional jet aircraft have been created from the 1990s onward. Third, in each of the jet engine product families, by thrust, GE acquired many markets.

The large engines for wide-body aircraft occupy about 30% of the whole, but the Big Three compete fiercely for market acquisition, as these are high-priced product families. On the other hand, small and medium engines for narrow-body aircraft occupy about 70% of the total and constitute mass-produced product families.

Since the 1970s, the Big Three have competed for market acquisition with each product family. Through this competition, GE established an advantage in the commercial aircraft jet engine market. Acquiring the market is a condition for earning profits in the aftermarket.

## Keywords:

product family, high-priced product family, mass-produced product family, narrow body, wide body, liberalization of air transport, aftermarket

---

\* Associate Professor, Department of Business Administration, Ritsumeikan University