

〔研究ノート〕

世界の航空機産業 —企業間関係に関する序論的考察 (1)—

洞口治夫 / 行本勢基 / 神原浩年

はじめに

1. 航空機生産の特徴
2. エンジン生産メーカーの特徴
(以上, 本号)
3. MRO ビジネス
4. 理論的考察

おわりに

はじめに

ボーイングとエアバスという二つの会社が、世界の大型民間旅客機生産をリードしている。二つの会社を複占的な競争モデルの具体例とみなすことも可能かもしれない。航空機産業を自動車産業と比較したときには、どのような知見が得られるであろうか。本研究において我々が着目した大きな違いは、大型民間旅客機生産を行う2社がジェットエンジンを生産していない、ということにある。自動車産業においてトヨタやホンダがハイブリッドエンジンや燃料電池自動車を開発しないとすれば、自動車メーカーとしてのアイデンティティを失うかもしれない。しかし、航空機産業では、そうではない。

世界の大型航空機用ジェットエンジン生産は、アメリカのGE (General Electric), UTC (United Technologies Corporation) 傘下のP&W (プラット・アンド・ウィットニー, Pratt & Whitney), イギリスのロールスロイス (Rolls-Royce), フランスのサフラン (Safran) グループのスネクマ (Snecma) という主要4社によって行われている。ボーイングやエアバスの大型旅客機にとりつけるエンジンを選択して購入するのは、航空機の機体を購入する顧客、すなわち航空会社である。たとえば、ルフトハンザや全日空、デル

タ航空やエミレーツ、あるいは格安航空会社 (Low Cost Carriers) が航空機を購入するときに、エンジン生産メーカーの製品を選択するのである。航空機のエンジンは、自動車であれば外販されているオプション装備品と同じ扱いをされていることになる。

いくつかの疑問が浮かぶ。

第一に、航空機メーカーがエンジン生産を行うことなく、顧客を獲得していられるのはなぜなのだろうか。その理由が明確であるとすれば、自動車メーカーもエンジン生産を行うことなく顧客を維持できるのだろうか。もしも、自動車メーカーではそれができないとしたら、航空機と自動車の生産の特徴を分けている理由は何だろうか。

第二に、顧客である航空会社は、何を基準に航空機を選択し、何を基準にエンジンを選択するのだろうか。エンジンの選択は、航空会社にとってどのような都合で決定されているのだろうか。航空会社にとって、なんらかの外的な力によって決定されているのだろうか。

第三に、航空機メーカーとジェットエンジンメーカーは、ある種の企業間関係を構築していることになるが、その経済学的な説明は可能だろうか。自動車の一次サプライヤーと組み立てメーカーとの関係を説明してきた従来の研究は、航空機メーカーとジェットエンジンメーカーとの関係を説明するうえでも、有効なものといえるのだろうか。

以下、本稿第1節では大型旅客機生産を中心とした航空機生産の特徴をまとめる。特に、エアバスにおける部品調達の特徴についてのインタビュー結果をまとめる。第2節では世界の主要エンジンメーカーの特徴を紹介したうえで、日本のエンジン生産メーカーでのインタビュー

調査の結果をまとめる。第3節ではメンテナンス・リペア・アンド・オーバーホール (Maintenance, Repair, and Overhaul) の略称である MRO ビジネスを紹介する。第4節では、企業間関係についての既存の経済理論と航空機産業で観察された事実とを対照させることにより、従来の企業間関係の理論において欠落してきた論点を指摘する。また、以上の作業を通じて、今後の研究課題を浮き彫りにしたい。

1. 航空機生産の特徴

1-1. 生産概況

日本航空機開発協会 (2009a) が発表しているデータによれば、世界の主要な航空機生産は、アメリカ、欧州、カナダ、ブラジルの4地域に集約化されている。各地域の機体メーカー別に売上高の推移をまとめたのが第1-1図であり、民間航空機と軍用機を合わせた機体売上高の数値を示している。2007年の売上高では、第1位がアメリカのボーイング (Boeing) であり、第2位にフランスのエアバス (Airbus SAS) を傘下にもつ EADS グループ、以下、ロッキード・マーチン (Lockheed Martin)、ノースロップ・グラマン (Northrop Grumman) という順になる¹⁾。2008年になるとボーイングの売上高が大幅に落ち込む一方で、エアバスの売上高が伸び続けていることが分かる。第1位と第2位の順位が逆転している。以下に続くロッキード・マーチン、レイセオン (Raytheon) も前年度よりも売上高を減少させており、アメリカに立地している各航空機メーカーは、2008年9月に発生したリーマンショックの影響を直接的に受けた可能性が高いと考えられる。

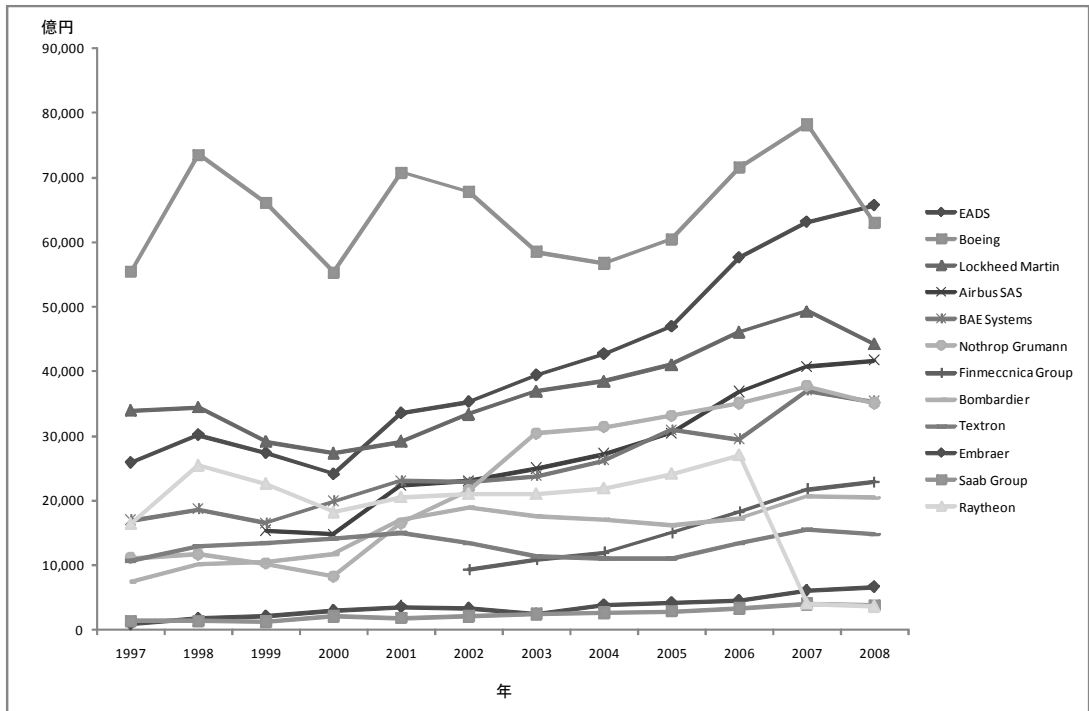
ロッキード・マーチンは、1932年に設立されたアメリカの軍用機専門メーカーであり、F16 戦闘機や F117 戦闘機 (ステルス戦闘機)、F2 戦闘機などを主に生産している²⁾。第1-1表は、戦闘機、ヘリコプター、ビジネスジェット機を生産している主なメーカーの2001年から2009年までの納入機数を示したものである。この表によれば、ロッキード・マーチンは、2009年には合計で47機の戦闘機、輸送機を納入しているが、

2004年の111機と比べると半分以下になっていることが分かる。第1-1表のデータは、2009年やデータの欠落した年を除き、全て F-16 戦闘機、C-130J 輸送機、F-22 戦闘機の各納入機数の合計を示している。2009年におけるロッキード・マーチンのデータには、F-22 戦闘機の納入機数が非公表のため含まれておらず、減少幅がさらに大きくなったと考えられる。

テキストロン (Textron) は、織物会社として設立されたが、第二次世界大戦中にパラシュートの生産に乗り出した。戦後は、ベル・ヘリコプター (Bell Helicopter) の買収を通じて、軍用を中心としたヘリコプターの生産を開始している。テキストロンは、1992年にセスナ・エアクラフト (Cessna Aircraft) を買収して、ビジネスジェット機生産にも乗り出している³⁾。第1-1表におけるテキストロンのデータは、買収したベル・ヘリコプターとセスナ・エアクラフトの双方の納入機数を示している。この表を見れば明らかのように、2001年以降、ヘリコプターの納入機数は、基本的に増加傾向にあり、2009年には141機のヘリコプターを生産、納入している。対照的に、ビジネスジェット機の納入機数は、2001年以降、増減を繰り返しており、2009年の納入機数は、2001年の1,209機から741機へと大幅に減少した。ノースロップ・グラマン (Northrop Grumman) もアメリカの軍用機専門メーカーではあるが、戦闘機他、イージス艦や原子力空母、原子力潜水艦なども生産している⁴⁾。

レイセオンは、統合型の防衛システム、ミサイルシステム、空輸システムを手掛ける軍用機メーカーであり、民間航空機分野との関連はほとんど見られない⁵⁾。ただし、2006年まで現在のホーカー・ビーチクラフト (Hawker Beechcraft) を子会社化しており、ビジネス機、小型練習機などの生産を行っていた。したがって、第1-1図におけるレイセオンの売上高は、2007年以降、新会社であるホーカー・ビーチクラフトの業績を示していることになる。同様に、第1-1表におけるレイセオンのデータは、子会社であったホーカー・ビーチクラフトの納入機数を示しており、2008年には441機、2009年には309機のビジネスジェット機を生産、納入している。

第1-1図 主要航空機メーカーの売上高



(出所) 財団法人日本航空機開発協会 (2009a) を基に筆者作成。

第1-1表 主な戦闘機・ヘリコプター・ビジネスジェット機メーカーの納入機数

	ロッキード・マーチン	テキストロン (ベル・ヘリコプター)	テキストロン (セスナ・エアクラフト)	レイセオン
2001年	—	114	1,209	353
2002年	—	114	946	328
2003年	77	114	842	268
2004年	111	109	897	312
2005年	107	—	1,157	354
2006年	106	153	1,239	400
2007年	77	181	1,274	430
2008年	63	167	1,301	441
2009年	47	141	741	309

(注1) 「—」は、引用元のデータの欠落を示す。

(注2) 2009年のロッキード・マーチンのデータは、F-22 戦闘機のデータが公表されていないため、F-16 戦闘機、C-130J 輸送機の納入機数を合計した数値になっている。その他の年は、全て F-16 戦闘機、C-130J 輸送機、F-22 戦闘機の合計値を示している。

(注3) テキストロンのデータは、それぞれ買収した子会社別に示している。

(注4) レイセオンのデータは、ホーカー・ビーチクラフト (Hawker Beechcraft) の納入機数を示している。

(出所) 財団法人日本航空機開発協会 (2009b), IX-26ページの「納入機数」, IX-30ページの「航空機主要製品：納入機数」, IX-33ページの「主要製品：納入機数—民間用」, IX-34ページの「主要製品：納入機数—民間用」を基に筆者作成。

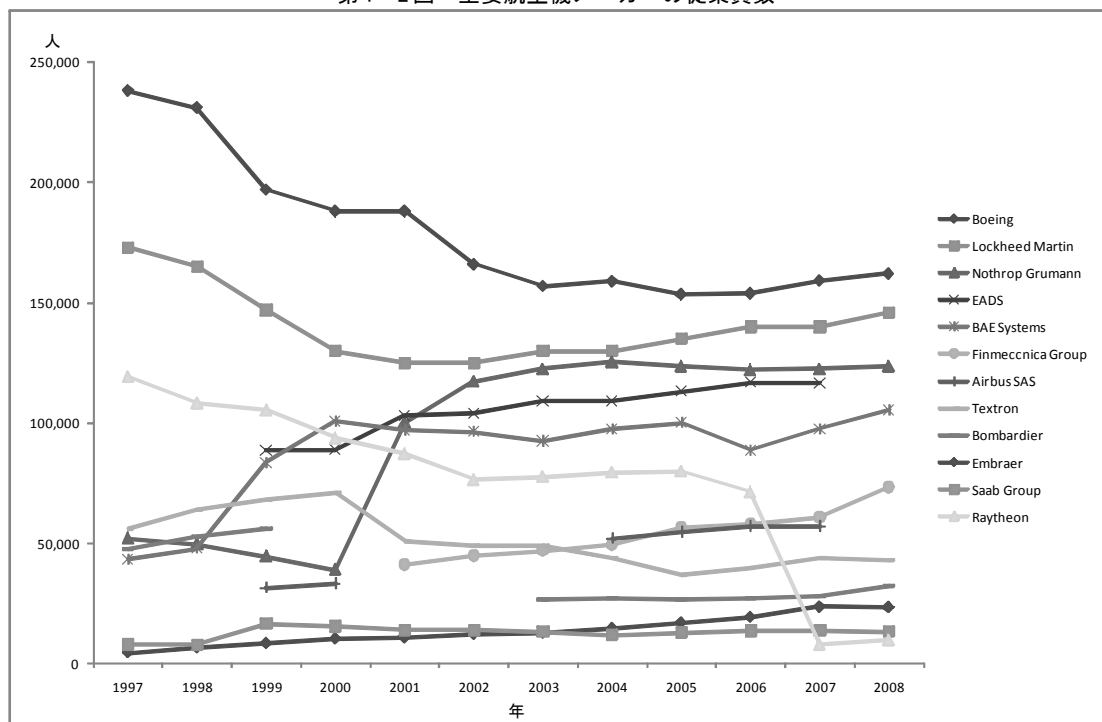
EADS グループは、フランスのエアロスペース・マトラ (Aerospatiale Matra)、ドイツの DASA、そしてスペインの CASA の三社によって2000年7月に発足した。エアバスは当初、フランスとドイツの企業連合として発足したが、2001年7月にイギリスの BAE Systems と EADS との合弁会社として統合され、社名をエアバス SAS (Airbus SAS) へと変更した新会社に資産が継承されている⁶⁾。その後、2006年9月に BAE Systems がエアバス SAS の全株式を EADS グループへ売却した⁷⁾。したがって、エアバス SAS は EADS グループ (本社・オランダ) の一部門として位置付けられており、EADS グループの民間航空機生産を担当している。第1-1図の EADS グループの売上高には、エアバスのほかに軍用機生産による売上高も含まれており、連結決算の対象となっているエアバス単体の売上高と重複している点に注意が必要である。

BAE Systems は、現在、サーブ (Saab) グループに出資しながら、防衛用の航空機、システムなどを生産している。サーブグループでは、

1999年までリージョナルジェット機が生産されていたが、2000年以降、生産を中止し、航空機の部品やシステム生産に特化している⁸⁾。フィンメカニカ (Finmeccanica) グループは、イタリア・ローマに本社を置くコングロマリットであり、傘下に航空機のアレニア・エアロノーティカ (Alenia Aeronautica)、ATR インテグレイテッド (ATR Integrated)、エアマッチ (Aermacchi) などの子会社があり、ヘリコプターや宇宙航空関連の企業も保有している⁹⁾。

中小型機を生産するボンバルディア (Bombardier) やブラジルのエンブラエル (Embraer) も、1997年以降、その売上高を飛躍的に伸ばしてきた。特に、エンブラエルの売上高は1997年の924億円から2008年には6,557億円へと7倍以上の伸びを示している。ボンバルディアも、日本円換算で1997年の7,435億円から2008年の2兆411億円へと売上高を倍増させている。同期間のボーイングは、売上高7兆円前後で乱高下を繰り返していたのであり、為替レートの影響を考慮しても、エンブラエル、ボンバルディアとは非常に対照的である。

第1-2図 主要航空機メーカーの従業員数



(出所) 財団法人日本航空機開発協会 (2009a) を基に筆者作成。

次に、各航空機メーカーの従業員数を概観する。第1-2図は、1997年から2008年までの従業員数の推移を示したものである。ボーイング、ロッキード・マーチンのグラフを見ると減少から横ばいへの推移が見られる。また、多くの航空機メーカーは2000年代の従業員数が横ばいであったことがわかる。1997年を基準とすれば、ボーイングの従業員減少は著しく、1997年の238,000名から2008年の162,200名へと10年間で約75,000名以上の従業員が削減されている。その一方で、エアバス=EADS, エンブラエルでは、従業員数が同期間で微増しており、売上高の推移との関連性が考えられる。

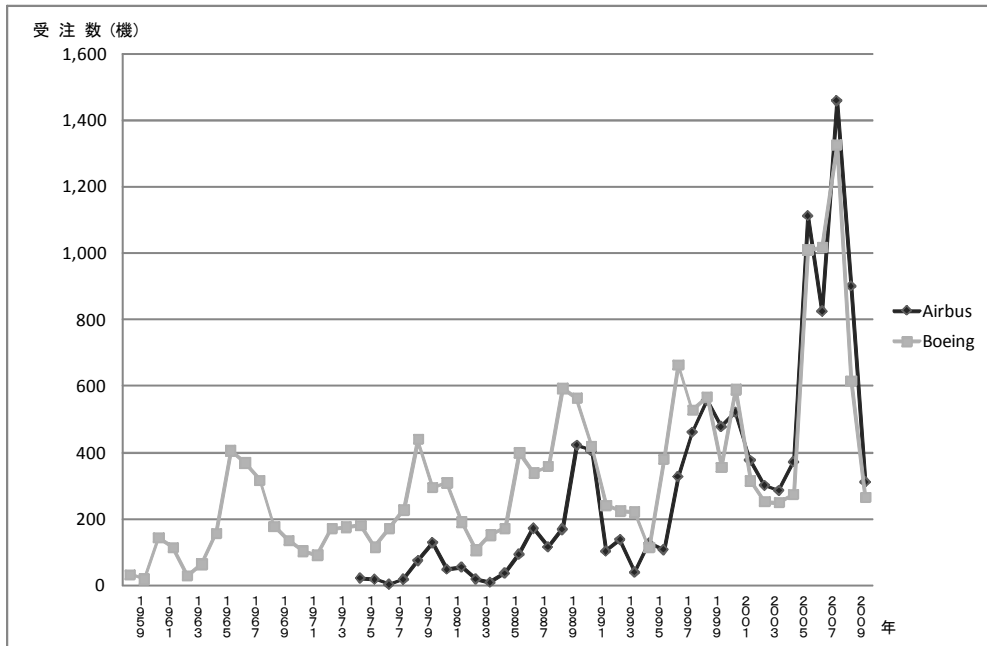
世界の民間航空機の生産をリードしているボーイングとエアバスという2つの会社に注目して、過去の受注機数と納入機数を比較し、若干の検討を加える。第1-3図は、両社のホームページで利用可能となっているデータに基づいた受注実績の推移である。ボーイングについては、1958年から2009年までの52年間、一方、エアバスについ

ては、1974年から2009年までの36年間の受注推移を示した。但し、買収によって獲得した旧マクドネル・ダグラス社製の航空機はデータから除外した。それらは、DC-8, DC-9, DC-10, MD-80, MD-90, MD-11の6タイプの航空機モデルである。旧マクドネル・ダグラス社製の航空機の生産および販売は、2001年にルフトハンザ・カーゴへ2機のMD-11を納入したのを最後に終了している¹⁰⁾。

第1-3図より、両社の受注実績が類似した傾向を示していることがわかる¹¹⁾。1990年代まではボーイングの受注実績がエアバスを上回っていたが、2000年代に入ると、両社の受注機数は拮抗しているものの、エアバスの方がわずかに優勢であったことが観察できる。

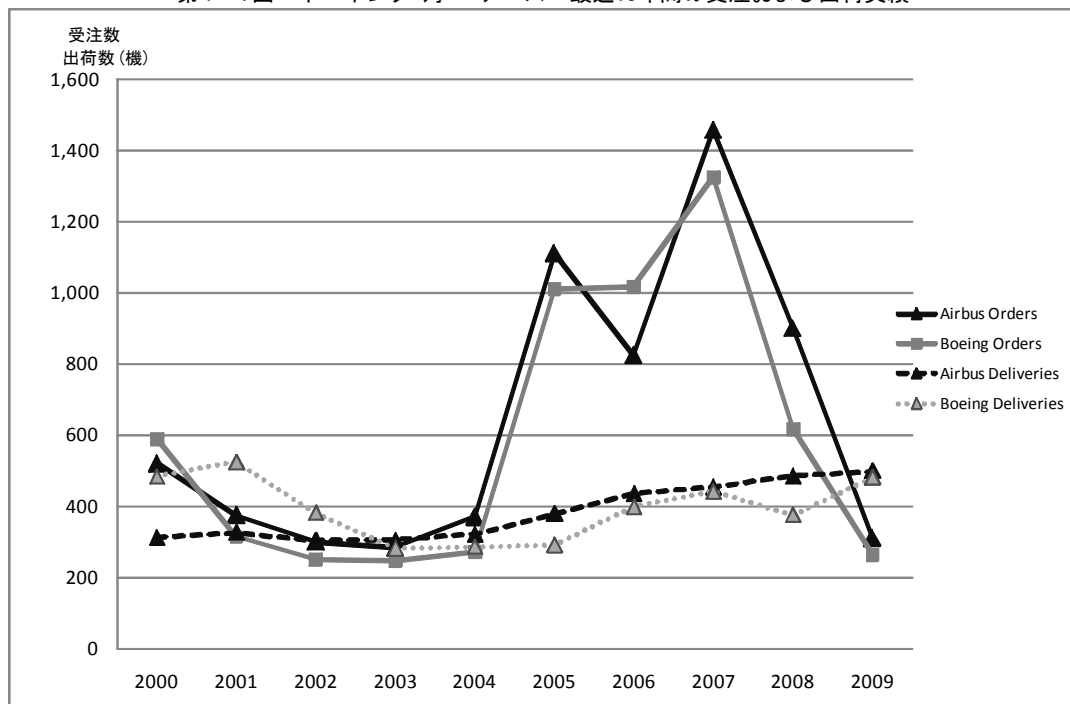
2000年から2009年までの10年間について両社の受注機数と出荷機数の推移を示したのが第1-4図である。2000年から2009年までの10年間におけるボーイングとエアバスの年度別航空機受注数量の相関係数は0.9525であり、両社の受注するタイミングには極めて高い相関がある¹²⁾。

第1-3図 ボーイング 対 エアバス 民間航空機の受注実績



(出所) ボーイングのホームページ (<http://active.boeing.com/commercial/orders/index.cfm>) およびエアバスのホームページ (http://www.airbus.com/en/corporate/orders_and_deliveries) の公表データを基に筆者作成。

第1-4図 ボーイング対エアバス 最近10年間の受注および出荷実績



(出所) ボーイングのホームページ (<http://active.boeing.com/commercial/orders/index.cfm>) およびエアバスのホームページ (http://www.airbus.com/en/corporate/orders_and_deliveries) の公表データを基に筆者作成。

受注機数については、2000年と2006年以外はエアバスがボーイングを凌駕しており、出荷実績についても、2003年以降は僅差ではあるが、エアバスがボーイングを超えている。この10年間の合計受注機数は、ボーイングの5,906機に対して、エアバスは6,452機であった。出荷実績はボーイングの3,940機に対して、エアバスは3,810機となっており、通算すればボーイングの出荷実績が多いものの、拮抗している。航空旅客機は、受注残を積み増しながら、出荷していく業態である、といえる。

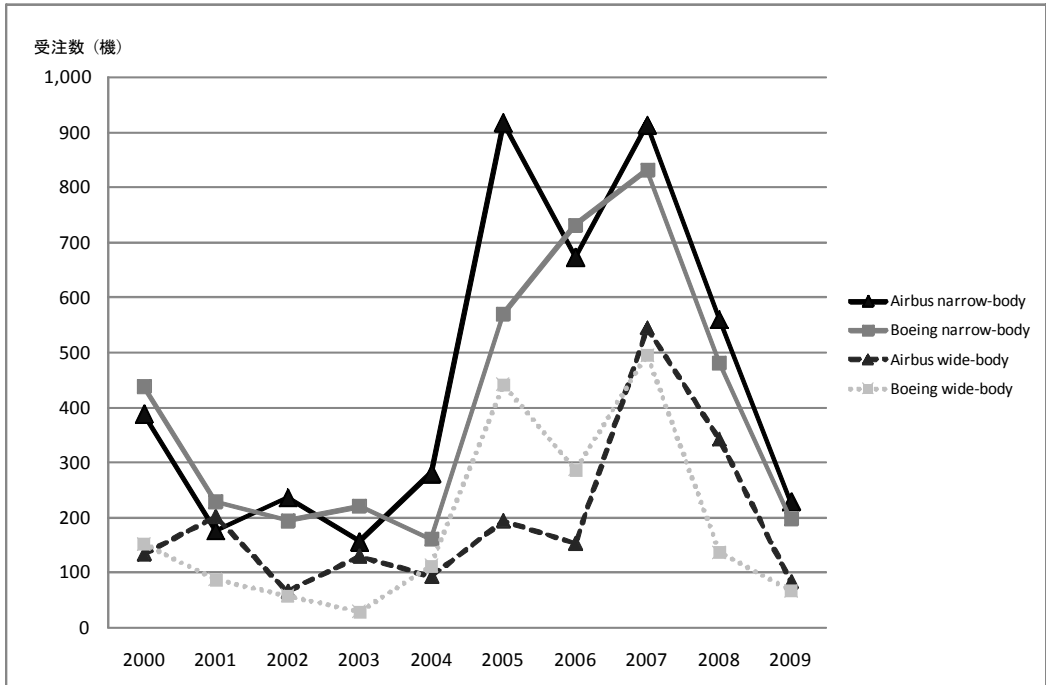
2000年から2009年の10年間の受注機数においては、エアバスがボーイングを上回っていることが観察されたが、航空機の機体のサイズ別では、どちらが優勢なのだろうか。第1-5図では、航空機業界で一般的に使用されているナローボディ (narrow-body) 機とワイドボディ (wide-body) 機に区分して受注機数を比較した¹³⁾。

第1-5図は、2000年から2009年までの10年間で対象としている。ナローボディ機については、

2004年以降、2006年を除いてエアバスがボーイングの受注実績を上回っている。ボーイングのナローボディ機は、ベストセラーの B737 であり、エアバス側では、A320 とその派生機種である A321 および A318 と A319 が同じカテゴリーに相当する。

次に、ワイドボディ機については、2007年以降、エアバスはボーイングを上回る受注数を記録したことが観察できる。ボーイングのワイドボディ機は B777 と B787 が主力で、B747 と B767 もこれに該当する。一方でエアバス側は、A330 と A340 のグループを中心に超大型旅客機である A380 と次世代の A350 がこれに該当する。B787 は全日本空輸から2004年に55機の発注があり、その納入計画は3年余り遅延したが、2011年夏には第1号機が全日本空輸に納入される予定である。全日本空輸には2011年度に14機、12年度に10機納入される予定となっている¹⁴⁾。2010年11月の新聞報道によると、A350の納入予定は2013年度下期であり、ボーイングの大型機 B787 には約850機の受注、A350には約570機の受注があるという¹⁵⁾。

第1-5図 ボーイング対エアバス 2000年代の機体サイズ別受注実績



(出所) ボーイングのホームページ (<http://active.boeing.com/commercial/orders/index.cfm>) およびエアバスのホームページ (http://www.airbus.com/en/corporate/orders_and_deliveries) の公表データを基に筆者作成。

1-2. エアバスのサプライヤー集約過程

本項では、エアバスへのインタビューと本社から提示された一次資料に基づき、エアバスの調達分野に焦点を当て、本社によるサプライヤーの集約過程を考察する¹⁶⁾。最初に、エアバスのサプライヤー集約戦略に触れ、そこから調達部門へ展開されている任務を観察する。その観察を通じて、どのようにして同社のサプライヤーが集約されてきたのかを解明する。

筆者らがエアバスへのインタビュー調査を行った2009年11月5日当時、エアバスは2005年から新たに設定したサプライヤー集約戦略を遂行している過程であった。インタビューに回答したのはエアバスのエアロストラクチャー分野の調達部門担当者であったが、彼女によれば、サプライヤー集約の目的は、航空機のアーキテクト・アンド・インテグレーター (Architect and Integrator) になるため、コア・ビジネスに集中するためである¹⁷⁾。エアバスがアーキテクト・

アンド・インテグレーターであるためには、同社が所有する技能をデザインと組立に集中する必要があると述べていた¹⁸⁾。エアバスが各事業部門を統合 (integrate) してデザインと組立を遂行する際に、調達 (procurement) 部門には2つの責務がある¹⁹⁾。具体的には、低コストの国においてアメリカドル決済で取引を遂行し、サプライヤーから大きな業務分担 (ワーク・パッケージ²⁰⁾) について、グローバルな代金決済のポジションを得ることである²¹⁾。これは、欧州という垣根を超えて、アメリカドル決済による取引を実現できる国を選び出し、低コストで主要部品の外部委託を行うことを意味する。過去においては、「作るか買うか」(Make or Buy) という意思決定は、エアバスの事業本部によって行われ、主に欧州地域内で外部調達されてきたのである²²⁾。

また、低コスト化への重要な方策の1つとして、エアバスは、内部コストを削減するために、

規模の小さいサプライヤーの数を減らすことに着手した²³⁾。ここでの対象となるサプライヤーは直接エアバスに製品やサービスを提供するティア1 (First Tier) という階層に属するサプライヤーである²⁴⁾。サプライヤーを集約するなか、一方で、精選されたサプライヤーとの取引を継続するが、このようなサプライヤーをプリアード・サプライヤー (preferred supplier) と呼んでいる²⁵⁾。

エアバスの調達部門は取り扱う製品分野によって、エアロストラクチャー (aerostructure)、材料 (materials)、エクイップメント・システム & サポート (equipment, systems and support)、推進システム (propulsion systems)、客室 (cabin)、一般調達 (general procurement) の6つに分かれている²⁶⁾。本項では、エアロストラクチャー分野について、サプライヤーの集約という視点から、エアバスの調達部門の活動を概観する。

2006年当時は、エアバスのフランスにおけるエアロストラクチャー分野に該当するティア1のサプライヤーの数は123社であったが、2009年には34社に集約された。そして、次のターゲットとしては、2011年までにさらに6社減らして28社にすることである²⁷⁾。

エアバスが実施してきたサプライヤー数の削減の方法は、エアバスのスタッフがティア1のサプライヤーに足を運び、「現状では取引継続が困難である」ことを伝えたいという提示をする、というものである²⁸⁾。その解決策というのは、当該サプライヤーのグループ企業の再編、あるいは、当該サプライヤーによる他のサプライヤーの買収である²⁹⁾。つまり、エアバスが、2社以上のサプライヤーの合併、ないし買収による統合を解決策として提示するのである。これは、エアバスを中心とした部品調達グループ内で、サプライヤー企業がお互いに協力して航空ビジネスを発展させる機会であるため、エアバスの提示に対して、サプライヤー側もあからさまに「No」とは言わないのだという³⁰⁾。

サプライヤーのグループ再編の例としては、金属板を専門とする企業と機械加工を専門とする企業との間で、お互いの得意な分野で自社が不足している部分を補完し、エアバスの要求を

満足させる部品を提供する、という事例が挙げられる³¹⁾。この2社が統合した結果、エアバスでは、金属板や加工に関わる諸部品をそれぞれ発注する必要はなくなり、代金決済の口座も減るわけである。こうして、専門の分野が異なる複数の補完関係のあるサプライヤーの活動を統合することによって、エアバスから見た場合、サプライヤーの数は減少するのである。

我々のインタビューでは、サプライヤーの数を減らす戦略によって調達のリスクが生まれることはないのか、を尋ねた。すなわち、サプライヤーの数を減らす前には複数社から調達を行っていた部品について、サプライヤーを統合したのちには1社のみ依存しなければならない事態が発生する場合には、サプライヤーの側に価格支配力が強くなり、独自開発のインセンティブがなくなり、工場の操業が停止した場合には部品の調達ができなくなる、といった調達リスクを発生させる可能性がある。この質問に対しては、エアバスは、この調達リスクとサプライヤー数の減少のレベルとの間のバランスを考慮しながら、費用の削減効果に重点を置いている、という回答であった³²⁾。費用の削減とは、調達部門や技術部門の仕事を減少させることである³³⁾。つまり、123社と28社とでは、サプライヤーとの取引に対する効率がまったく異なる、という³⁴⁾。この点については、サプライヤーから提供される部品に対してエアバスが与える評価や認定、サプライヤーとの契約や価格交渉、部品の品質やサプライヤーの行動を監視する費用などに大きな差があると解釈できる。

冒頭に述べたように、エアバスのサプライヤー集約戦略は、航空機のデザインと組立に集中することによって、航空機のアーキテクト・アンド・インテグレーターになることであるが、その背後には、「Go Low Cost」(低コストの追求)、「Go USD」(アメリカドルの獲得)³⁵⁾、そして「Go Global」(グローバル化の推進)という3つのキーワードが隠されている³⁶⁾。エアバスは、部品調達においても常にボーイングを意識しており、ボーイングよりも低コストを実現することによって、航空機業界での競争を優位に進めようとしている。従って、同社の調達部門も強

烈なコストプレッシャーを受けて、各サプライヤーの得意分野を生かしたサプライヤー・グループの再編により、合理的なサプライ・ネットワークを実現しようとしている、と解釈できる。エアバスによると、新規で近距離用航空機を開発するには、1,000億ユーロの費用がかかるという³⁷⁾。この膨大な金額をいかにサプライヤーと分担していくかが、航空機メーカーにとっての大きな課題のように思われる。日本の部品サプライヤーがエアバスの製造プロセスに参画する場合にも、同様の背景があると考えられる。

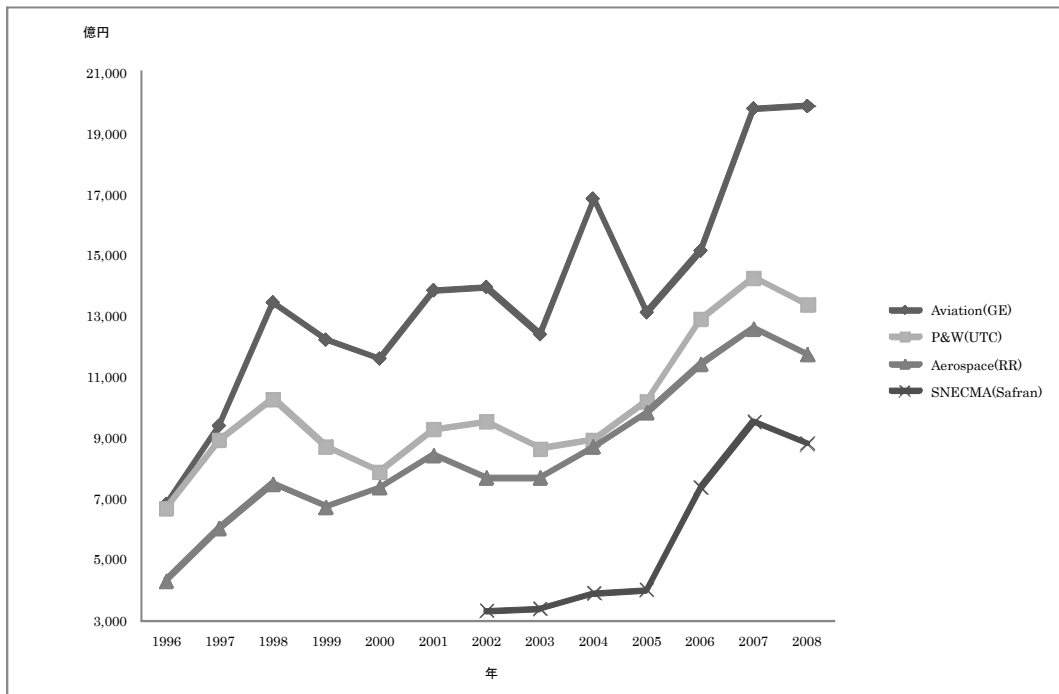
2. エンジン生産メーカーの特徴

2-1. 世界のエンジンメーカー

航空機のエンジンは、アメリカ、イギリス、フランスに立地する主要4社が著名である。GE傘下にはエイビエーション(Aviation)と呼ばれる航空エンジン事業部門があり、業界全体

で第1位の売上高、営業利益を誇る。2008年の同社の売上高は、約1兆9,800億円、営業利益は3,808億円となっている。UTC傘下のP&W(プラット・アンド・ウィットニー, Pratt & Whitney)が第2位、ロールスロイスのエアロスペース(Aerospace)部門が第3位、そして、フランス・サフラングループのスネクマ(Snecma)が第4位と続いている。1996年から2008年までの主要4社の売上高の推移を示したのが第2-1図である。主要4社いずれも10年間で売上高を順調に伸ばしてきたが、2008年にはその成長が鈍化、あるいは低下している。航空機メーカーの業績悪化の影響を受けたものと考えられる。注目される点は、GE傘下の航空エンジン事業(Aviation)部門の売上高が1996年以降、徐々に他社の業績を上回り始めたことである。業界全体の構造、つまり、主要4社の序列がこの10年間で固定化していることが分かる。

第2-1図 主要航空機エンジンメーカーの売上高

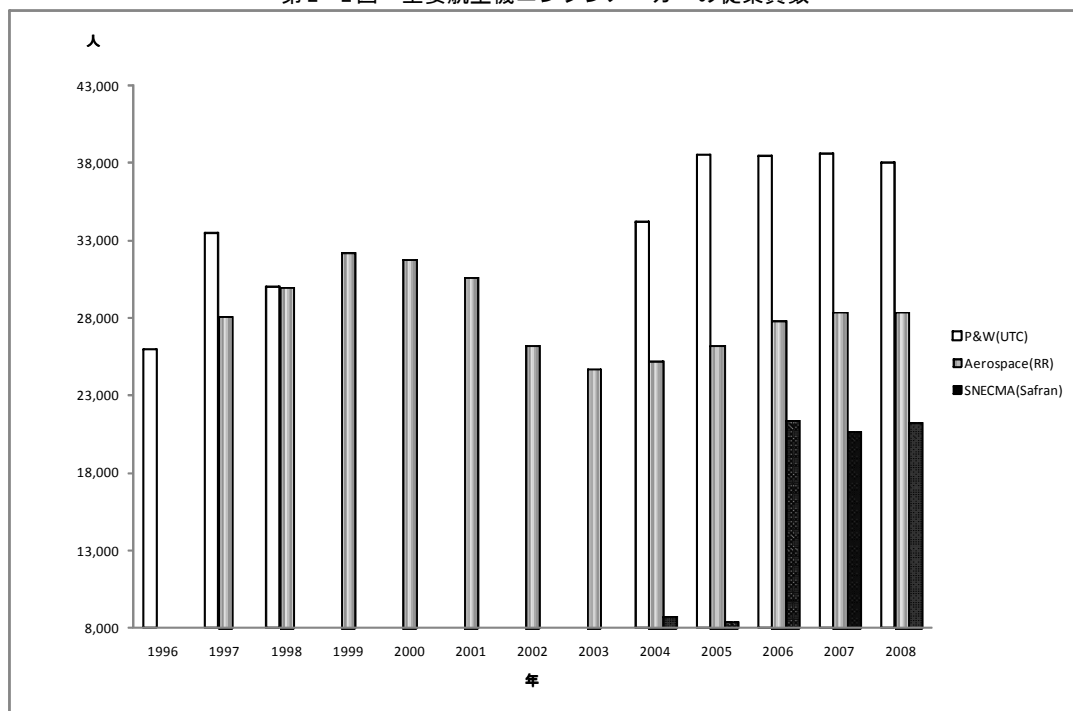


(出所) 財団法人日本航空機開発協会 (2009a) を基に筆者作成。

次に、GEを除く主要航空機エンジンメーカー3社の従業員数を概観する。第2-2図によれば、各社共に20,000名から30,000名で推移しており、UTC傘下のP&W、サフラン傘下のスネクマの両社は、従業員数を徐々に増やしてきている。ただし、ロールスロイス傘下のエアロスペ

ースは、この期間で増減を繰り返しながら、1997年の水準に戻っていることが分かる。前節で触れた航空機メーカーの従業員数の推移と比べると、それほど大幅な変動は見られず、比較的、安定しているといえる。

第2-2図 主要航空機エンジンメーカーの従業員数



(出所) 財団法人日本航空機開発協会(2009a)を基に筆者作成。

2-2. 日本のエンジンメーカー

日本の主要な航空宇宙関連メーカーとしては、三菱重工業、川崎重工業、富士重工業、新明和工業、IHI(旧:石川島播磨重工業)の5社が挙げられる³⁸⁾。主要5社の中でも三菱重工業の航空・宇宙関連部門が占める割合は高く、世界全体の売上高ランキングにおいても第24位となっている。下記の第2-1表によれば、三菱重工業の2009年度の売上高は5,002億円であり、同社に続いて、IHI(同売上高2,810億円)、川崎重工業(1,888億円)、富士重工業(932億円)、新明和工業(228億円)の順になっている。

以下では、株式会社IHIを取り上げる。同社は日本での航空エンジンのトップメーカーであ

る。同社への訪問調査で得られたインタビューデータ、並びに一次資料に基づきながら、日本の航空機関連メーカーと機体メーカー、エンジンメーカーとの関係について考察する³⁹⁾。

IHIに対するインタビュー調査によれば、世界市場に対する航空機エンジンの国内生産高、および比率は3,948億円、IHIがそのうちの68.7%のシェアを確保しており、川崎重工、三菱重工が続いている。しかし、グローバル市場を見てみると、IHIのシェアは3.7%で世界第7位であり、GE、ロールスロイス、P&Wの三社が全体の約7割を占めていることになる。グローバルな市場シェア自体に格差はあるが、業界全体としては右肩上がりで成長しているという。

第2-1表 日本の航空宇宙機器関係メーカーの概要(2009年度)

	三菱重工業 (MHI)	IHI	川崎重工業 (KHI)	富士重工業	新明和工業
売上高(億円)	5,002	2,810	1,888	932	228
正規従業員数 (年度末, 人)	9,679	5,422	5,269	2,456	656
設備規模 (帳簿価額: 百万円)	176,268	35,584	41,884	15,158	5,682
面積(千㎡)	1,004	539	811	422	116
工場	大江工場 飛島工場 小牧南工場 小牧北工場 江波工場	瑞穂工場 呉第二工場 相馬工場	岐阜工場 名古屋第一工場 名古屋第二工場 明石工場 西神工場	宇都宮製作所 半田工場	甲南工場 徳島分工場

(注) 各社の面積は、MHI以外、全て土地面積を指している。MHIのみ、建物及び構造物の面積が区分されていたため、そちらを記載した。

(出所) 各社の2009年度有価証券報告書を基に筆者作成。

IHIの航空宇宙事業本部の2008年の売上高は3,123億円であり、従業員数は約2,960名となっている⁴⁰⁾。航空機エンジンのシェアが82.1%となっており、宇宙開発、防衛機器システムと続いている。航空機エンジンの50%強が民間向けとなる。防衛省向けのF110、F100などのエンジンはライセンス(技術供与)生産であるが、F3は国産機種である。防衛省向け、民間機向けともに生産だけではなく、オーバーホールも担当している。エンジンは、基本的にファン、圧縮機、燃焼器、タービンで構成されている。IHIではそれらの要素部品が製造されている。

上記の第2-1表で示したように、航空宇宙事業本部の国内工場は合計で4つあり、瑞穂工場(横田基地に隣接)、呉第二工場、相馬第一工場、相馬第二工場で構成されている。瑞穂工場では、ジェットエンジン、ガスタービンの組立、運転、及び修理整備が行われている。呉第二工場では、フレーム等の大型部品やディスク、シャフトなどの部品が製造されている。呉第一工場は船舶部門に属しており、近年、IHIMUとして分社化している。相馬第一工場では、圧縮機、タービンの翼部品、第二工場では中小型部品、宇宙開発関連部品の製造が行われている。

2-3. 航空機エンジンの開発

航空機用エンジン事業の特徴は、大きく分け

て二つある。一つは、「高付加価値で幅広い高度技術が必要」ということである⁴¹⁾。例えば、ジェットエンジンの作動環境における基本サイクルは、圧力と体積の二軸で捉えられ、最高圧力40~50気圧、最高温度摂氏1,500度に達する。飛行高度は10,000メートル、機速はマッハ1を想定している。エンジンは、基本的にファン、圧縮機、燃焼器、タービンによって構成されており、それぞれの部分において高温、高圧、高精度といった過酷な作動環境に耐えうるよう高度な技術が求められる。同時に、航空機エンジンの開発には安全性重視の考え方から、先端的技术であっても、十分実証された技術を使用していく領域であると考えられている。実績によって承認され、信用されている技術しか採用されないという⁴²⁾。

もう一つの特徴は、「開発リスク・事業リスクが極めて大きい」ということである。こうしたエンジンの開発には、初期概念が提示されてから、エンジンプロジェクトが開始されるまでに一定の期間がある。エンジンプロジェクトが開始された時期を0年とカウントすると、約4年後にエンジンの型式が承認、5年後に初めて運航開始となる。型式承認がエンジンの完成時点と捉えられている⁴³⁾。

運航開始後に、初めてエンジンが使用されることになり、開発投資の回収時期に入る。その

ため、新規のエンジン開発に関しては、最大出費期間が8年から10年になり、累積の損益分岐点に到達するのが、運航の開始から12年後、あるいは16年後となってしまふ。ただし、新規エンジンの開発の後、派生型の開発も行われており、その累積損失の解消は早く、約10年程度となっている。こうした派生型のエンジン開発は、デリバティブ (Derivative) とも呼ばれており、航空機の機体メーカー、あるいは、その顧客である航空会社の要望に従って変更されるものであるという⁴⁴⁾。

したがって、エンジンの開発は基本的に4年程度であるが、型式自体は20年から30年、継続する。長期間、携わるプロジェクトであると共に開発費用もかさむため、合弁事業や共同開発方式が増えてきたといえる。燃費の向上が近年では最も要求されるポイントであり、より高度で幅広い技術の応用が必要となってきた。エンジンの共同開発方式には、いくつかの形態があるが、その代表的なものとしては略称でRSPと呼ばれている、「リスク収入分割パートナーシップ」(Risk & Revenue Sharing Partnership)方式がある。同方式では、エンジン開発費用を分担し、それに見合った収益を主要エンジンメーカーとエンジン部品メーカーが共有している。航空機エンジンのインテグレーション作業は、OEMメーカー、例えばGEを中心として行われる。上記したRSPの場合、ある程度事前に開発費用や分担内容を確定し、プロジェクトを進めていく⁴⁵⁾。

プロジェクトの開始から様々な議論があり、必要に応じてIHI社員がOEMメーカーへ出向くという⁴⁶⁾。プロジェクト開始時に、エンジン全体の構造と各部品のインターフェースの概略が決められるのが一般的である。RSPの他には、プログラムパートナー (ジョイントベンチャー) と呼ばれる参画形態がある。この場合、RSPよりも更に深く開発プロジェクトに関与している⁴⁷⁾。

第2-2表は、日本航空機開発協会 (2009a) に掲載されたエンジンの機種別に見た主要エンジンメーカーの開発プロジェクトへの参画状況をまとめたものである。GE90以下、CF34に至

るまでの7つのプロジェクトは、エンジンの機種名ごとに分けられている。この表にまとめられた全てのエンジン開発プロジェクトは、基本的に欧米の主要なエンジンメーカー3社のうちのいずれかによって主導されたものであった。それは、多くのエンジン機種名の先頭に企業名が付されていることでも確認することが出来る。例えば、GE90、GENx、CF34はGEが、TRENT700/800、1000はロールスロイスが、PW4000はUTC傘下のプラット・アンド・ウィットニー (Pratt & Whitney) がそれぞれ主導したプロジェクトを示している。GENxやTRENT1000は、ボーイングの最新型航空機であるB787に搭載される予定のエンジンであり、相対的に新しい開発プロジェクトであるといえる。ただし、後述するように、中型のV2500エンジンは、英国ロールスロイス、米国P&W、日本3社など5カ国7社の共同開発であった。

第2-2表の網かけ部分は、各エンジンの開発プロジェクトに参画している企業を表している。世界の主要なエンジンメーカーは、GE、ロールスロイス、UTC傘下のプラット・アンド・ウィットニー (Pratt & Whitney) の3社であり、日本企業としては三菱重工業 (MHI)、IHI、川崎重工業 (KHI) が挙げられる。この網かけ部分を見れば明らかなように、日本の主要なエンジンメーカーは、各エンジンのプログラムにリスク収入分割パートナーシップ (RSP)、あるいはプログラムパートナー (PP)、サブコンストラクター (SC) のいずれかの形態で参画してきた。つまり、日本の主要なエンジンメーカーが主導する開発プロジェクトはこれまで存在しなかったことが分かる。

IHIは、民間エンジン開発に1970年代に行われた旧通産省のプロジェクト・FJR710エンジンの開発から参画し始めた⁴⁸⁾。飛鳥 (STOL) と呼ばれる機体に搭載されたが、基本的には実験、学習段階であり、商業化されていなかった。その後、1983年からV2500ファミリーの開発が始まった。英国ロールスロイス、米国P&W、日本3社など5カ国7社の共同開発であり、IHIはファンモジュールの組立と低圧シャフトを担当した。V2500ファミリーは、累計生産台数が2009年9

第2-2表 主要なエンジン開発プロジェクトへの参画

エンジン機種名	搭載機	企業名					
		GE	RR	UTC (P&W)	MHI	IHI	KHI
GE90						RSP	
TRENT700 / 800						RSP	RSP
PW4000					RSP	SC	RSP
GE _{nx}	B787				RSP	RSP	
TRENT1000	B787				RSP		RSP
V2500					PP	PP	PP
CF34						RSP	RSP

(注1) GEはゼネラル・エレクトリック, RRはロールスロイス, UTCはユナイテッド・テクノロジーズ・コーポレーション(事業部門としてはプラット・アンド・ウィットニー, Pratt & Whitney), Bはボーイング, KHIは川崎重工業, MHIは三菱重工業をそれぞれ示している。

(注2) 表中の網掛部分は, 各エンジンの開発プロジェクトに参画した企業を示している。

(注3) 日本企業の網掛部分には, プロジェクトへの参画形態によってRSP, PP, SCのいずれかが表記されているが, それぞれリスク収入分割パートナーシップ(Risk & Revenue Sharing Partnership), プログラムパートナー, サブコンストラクターを指している。

(注4) 「搭載機」については, 出所データ上の制約のため, 一部分のみ記載している。

(出所) 財団法人日本航空機開発協会(2009a), VIII-27ページより引用。ただし, エンジンメーカー別ではなくエンジン機種別に掲載した。なお, GE_{nx}およびCF34についてはIHIからのインタビュー調査ノートを確認したときの返信資料による。

月末時点で約4,000台に達しており, 機体でいえば約2,000機に搭載された計算となる。5,000台がエンジン販売の一つの成功基準であることを考えると, V2500ファミリーは上位に位置するといえよう⁴⁹⁾。その後, GE90, CF34といった超大型, あるいは小型のエンジンが開発されるようになり, 現在は, GE_{nx}のエンジンが開発段階にあるという。中型のV2500エンジンの後, IHIは, GEを中心としたエンジン開発プロジェクトにRSPとして参画するようになった⁵⁰⁾。

ここで, インタビュー調査と財団法人日本航空機開発協会のデータを踏まえて若干の考察を加える。IHIを含む日本のエンジンメーカーにとって中型エンジンであるV2500への開発参画は, 航空機のエンジン開発, 製造に本格的に携わるという意味で画期的な出来事であった。前述したように, 日本のエンジンメーカーが主導するエンジン開発プロジェクトはこれまで存在していなかったが, V2500プロジェクト以降, 表に取り上げられたような主要プロジェクトには常に参画してきた。特に, 参画形態は様々ではあるが, 第2-2表の網かけ部分で示されているように, IHIが最も多くのエンジンプロジェ

クトに関与してきたことが分かる。さらに, V2500エンジン開発はロールスロイス, P&Wと共同で行なわれたが, 三菱重工業(MHI)や川崎重工業(KHI)と比較すると, IHIはその後, GE主導のエンジン開発プロジェクトに参画する傾向にある。

また, インタビュー調査の結果によれば, 機体メーカーとエンジンメーカーの関係は従属関係にはなく独立した関係にあり, 各エンジンメーカーは, ボーイングとエアバスの各機体に搭載が可能になるようにエンジン開発を行なう。150席以上の中大型機になると, 例外はあるものの基本的には機体に対して複数のエンジンがフィットするように開発されている⁵¹⁾。こうした事実を, 機体メーカーとエンジンメーカーが統合されておらず, 垂直的に分離した企業間関係を構築していることを裏付けるものといえる。

<以下, つづく>

〔注〕

- 1) 第1-1図では、EADS グループとエアバス (Airbus SAS) を別々に示しているが、前者は連結決算において後者の売り上げを含んでいる。
- 2) ここでの記述は、財団法人日本航空機開発協会 (2009b), IX-25ページの「(3) 社歴」とIX-26ページの「(7) 航空機主要製品」に基づく。
- 3) 以上の記述は、財団法人日本航空機開発協会 (2009b), IX-31ページの「(4) 社歴」に基づく。
- 4) 財団法人日本航空機開発協会 (2009b), IX-28ページの「(7) 事業部門」に基づく。
- 5) Raytheon の2009年のアニュアルレポート (http://media.corporate-ir.net/media_files/irol/84/84193/Raytheon_AR_2009/pdf/Raytheon_AR_09_Full_Report.pdf) に基づく。
- 6) SAS は, Société par Actions Simplifiée の略であり, 日本語では, 単純型株式資本金会社と訳される。詳しくは, 財団法人日本航空機開発協会 (2009b) のIX-38ページを参照されたい。
- 7) エアバスの詳細な歴史については, 同社の日本語版ホームページ (<http://www.airbusjapan.com/corporate-information/history/>) を参照した。
- 8) 財団法人日本航空機開発協会 (2009b), IX-43ページの「(4) 社歴」とIX-54ページの「(3) 概況」に基づく。
- 9) 財団法人日本航空機開発協会 (2009b), IX-51ページの「(3) フィンメカニカ グループ」に基づく。
- 10) 最終納入年については, ボーイングのホームページ (<http://active.boeing.com/commercial/orders/index.cfm>) を参照した。また, MD-11の生産は2001年2月に終了した (<http://www.boeing.com/commercial/md-11family/index.html> を参照)。
- 11) ミクロ経済学には, 古典的な複占モデルが解説されている。数量競争であればクールノー競争, 価格競争ではベルトラン競争, 先発者・後発者の区別があるときにはシュタッケルベルグ競争のモデルと呼ばれる。ボーイングとエアバスの場合に, 受注実績が極めて類似した水準を示している理由として想定可能なのは, 両社が相手先企業の受注実績を観察して, それを経営目標に組み入れているという可能性である。その場合, クールノー・モデルで想定されているように推測的変動 (conjectural variation) はゼロではないと想定される。シュタッケルベルグの競争モデルのように, 先発者と後発者がいながらも, ボーイングとエアバスがお互いを先発・後発として反復計算を繰り返す, 収束した結果が年あたりの受注実績の均衡になっている, という可能性もある。クールノー競争の拡張については洞口 (2009) 第7章を参照されたい。
- 12) 次に, ボーイングの2000年から2009年の10年間の年度別受注数データとエアバスの1999年から2008年の年度別受注数データを対比させて相関係数を計測すると0.3615であった。逆に, エアバスの2000年から2009年の10年間の年度別受注数データとボーイングの1999年から2008年の年度別受注数データを対比させて相関係数を計測すると0.5551が得られた。つまり, エアバスは, ボーイングが前年度に受注した数量との相関が高く, その逆の場合に相関は低かった。0.36から0.55への相関係数の増加が無視できない意味を持つとすれば, エアバスはボーイングの残余需要の影響を受けて受注数量を変化させている, という可能性がある。
- 13) 一般的に客室に通路を1本保有する機体をナローボディ機, 2本保有する機体をワイドボディ機という。詳しくは, 山崎 (2008) の134ページ, あるいは山崎 (2010) の62ページを参照されたい。
- 14) 2011年4月20日, 『日経産業新聞』, 12ページ, 「最新鋭旅客機『787』, パイロット訓練を開始, 全日空, 年度内に80人養成」。
- 15) 2010年11月19日, 『日経産業新聞』, 14ページ, 「エアバス, 次世代機を早期投入, 『A350』13年下期引き渡し, 受注積み上げ狙う」。
- 16) エアバスへのインタビュー調査は, 2009年11月5日 (午前), フランス・トゥールーズ市内のエアロスペース・ヴァレー・アソシエーション (Aerospace Valley Association) への訪問時, 約1時間 (11:-00~12:00) 実施された。インタビューは, 洞口, 行本, 神原の3名によってエアバスのエアロストラクチャー分野の調達部門担当者に対して行われた。
- 17) エアバスへのインタビュー調査 (2009年11月5日) での訪問記録に基づく。また, エアバスのホームページ (<http://www.airbus.com/presscentre/pressreleases/press-release-detail/detail/eadsairbus-completes-its-aerostructures-strategy/press-releases/news-browse/5/>) で閲覧した2009年1月6日付のプレスリリースには, イギリスにあるエアバスの翼用部品組立製造部門が GKN エアロスペース (GKN Aerospace) 社に売却されたこと, その売却によってエアバスのエアロストラクチャー部門の再構築が終了したことが記載されている。このプレスリリースによれば, エアバスは, キャビンや翼などの部品工場を売却し, 強固なサプライヤー・ネットワークを構築することによって, コア・ビジネスである航空機のアーキテクト・アンド・インテグレーターに集中することが理由とし

- て掲げられている。
- 18) エアバスへのインタビュー調査 (2009年11月5日) での訪問記録に基づく。
- 19) 同上。
- 20) ここでのパッケージというのは、航空機の組立時、直接他の部品やインターフェースとなる部分と組み合わせて使用できる一群の部品ないしは一連の業務などを意味する。本インタビューにおいては、発注先への注文量ないし業務分担に相当する言葉として、パッケージ (package), またはワーク・パッケージ (work package) という用語が頻繁に使用されていた。
- 21) エアバスへのインタビュー調査 (2009年11月5日) での訪問記録に基づく。2008年9月19日付け『日経産業新聞』, 4ページには、「エアバス、英工場を売却、GKN に、部品生産は継続」という見出しでエアバスは、受注数は順調に推移しているものの、ユーロ高のあおりを受けて同社の収益は伸び悩んでいること、ヨーロッパ域内では他にも工場売却交渉を進めているが難航していることが指摘されている。
- 22) エアバスへのインタビュー調査 (2009年11月5日) での訪問記録に基づく。なお、『週刊エコノミスト』毎日新聞社, 第86巻第24号 (2008年4月22日号, 42-45ページ) に掲載されているワイドインタビュー, 「航空機製造はグローバルなビジネスだ」によれば、エアバス・ジャパンのフクシマ社長 (現取締役会長) は、「エアバスにとって米国企業は、年間に約80億ドル分の部品を供給してくれる最大のサプライヤーです」と述べており、調達のグローバル化に触れている。
- 23) エアバスへのインタビュー調査 (2009年11月5日) での訪問記録に基づく。2006年11月7日付け『日本経済新聞』夕刊, 3ページには、「エアバス、リストラ策、部品調達先6分の1に一広告費3割削減」という見出しでエアバスが、超大型旅客機である A380 の生産の遅延による費用増のため、「部品調達などの取引先を現在の約三千社から六分の一の約五百社に減らす」ことを発表したことが報じられている。
- 24) エアバスへのインタビュー調査 (2009年11月5日) での訪問記録に基づく。サプライチェーンマネジメント戦略を扱うブログであるサプライ・エクセレンス (Supply Excellence) の WEB (<http://www.supplyexcellence.com/blog/2006/11/14/the-inside-scoop-on-airbus-supplier-strategy/>) 上の2006年11月14日付けの記事によれば、当時の EADS の調達戦略担当副社長 (Vice President of Sourcing Strategy) であったマシアス・グラモラ (Matthias Gramolla) 氏は、「我々の意図は、サプライヤーを業界や当社のサプライチェーンから追い出すことではない。しかし、我々は、システムや機材などのサプライヤーをさらに絞り込み、それらのサプライヤーに焦点を当てていきたい。そして、ティア1に属するサプライヤーには、全体的な体系や自分たちをサポートするサブ・ティア (sub-tier) のサプライヤーのマネジメントを行ってほしい」と述べている。
- 25) エアバスへのインタビュー調査 (2009年11月5日) での訪問記録に基づく。
- 26) エアバスのホームページ ([http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/supply_world/Procurement-Organisation-Major-Suppliers_261110.pdf#search='Airbus Procurement Organization and Major Suppliers'](http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/supply_world/Procurement-Organisation-Major-Suppliers_261110.pdf#search='Airbus+Procurement+Organization+and+Major+Suppliers')) で利用可能となっている Procurement Organization and Major Suppliers (November, 2010) によれば、2009年に調達部門は本文中で述べられている6つの分野に再編された。エアロストラクチャー分野は機体の胴体や翼など機体回りの大きな部品、材料分野はアルミニウムやチタンなどの材料、エクイップメント・システム&サポート分野は電気システムやフライト・コントロール・システムなどのシステム関係、推進システム分野はエンジンやナセルなどの周辺部品、客室分野はシートや照明などの客室内の部品、一般調達分野は情報技術や投資やファシリティー・マネジメントなどの幅広い業務を取り扱う。
- 27) エアバスへのインタビュー調査 (2009年11月5日) での訪問記録に基づく。インタビューに際して、口頭では2006年当時のエアバス・フランスにおけるエアロストラクチャー分野に該当するティア1のサプライヤーは120社との説明であったが、インタビュー時に提示された同社のパワーポイント資料には123社と記載されていたため、本稿では123社のほうを採用した。
- 28) エアバスへのインタビュー調査 (2009年11月5日) での訪問記録に基づく。
- 29) 同上。また、サプライヤーの集約過程において、ティア1のサプライヤーが、関連する他のサプライヤーとの分業関係を通じて、ティア2に位置付けられるようになり、その結果としてエアバスからみたサプライヤー数が削減されることになった。青木 (2008) では、エアバスによる「パワー8プログラム」が2007年から始められたと指摘されており、その経営革新プログラムの中でサプライヤーの集約化が行われたという。
- 30) エアバスへのインタビュー調査 (2009年11月5日) での訪問記録に基づく。
- 31) 同上。
- 32) 同上。

- 33) 同上。
- 34) 同上。
- 35) アメリカドルによる決済を増やすことを意味する。
- 36) この3つのキーワードは、エアバスへのインタビュー調査 (2009年11月5日) 時に提示された同社のパワーポイント資料に基づく。
- 37) エアバスへのインタビュー調査 (2009年11月5日) での訪問記録に基づく。
- 38) ただし、周知の通り、三菱重工業は2008年に「三菱航空機株式会社」を合弁出資により設立し、リージョナルジェット機 (MRJ) の製造販売業務を開始している。三菱航空機株式会社にはトヨタ自動車も出資しており、自動車産業との連携も図られている。ちなみに、ホンダは、独自に航空機事業へ進出し、アメリカにおいてホンダ・エアクラフト・カンパニーを設立して小型ジェット機の製造販売を行っている。MRJ については三菱航空機株式会社のホームページ (<http://www.mrj-japan.com/j/index.html>), ホンダジェットについては、ホンダのホームページ (<http://www.honda.co.jp/jet/>) をそれぞれ参照した。
- 39) 株式会社 IHI での技術開発担当重役経験者へのインタビュー調査は、2009年12月21日 (16:30~18:15) に行われた。訪問者は、洞口、行本、神原の3名であった。
- 40) IHI 全体の売上高は連結ベースで1兆3,880億円であり、従業員数は24,348名 (単独では7,670名) となっている。国内に9工場, 22支社・営業所, 海外に13事務所がある。2008年度の売上高 (連結) に占める航空宇宙事業のシェアは22%であり、陸上部門 (エネルギー, 社会基盤, 原動機など) に次いでいる。
- 41) 株式会社 IHI へのインタビュー調査 (2009年12月21日) での訪問記録に基づく。
- 42) 同上。
- 43) 同上。
- 44) 同上。
- 45) 同上, 株式会社 IHI へのインタビュー調査によれば, RSPの場合, 開発費用の分担を事前に決めるわけであるが, 事後的にコストがかさむようなことがあっても比率を変えたりはしない。大幅なコスト増加要因があった場合には, その責任メーカーが負担することが基本であるが, 別途協議することもある。
- 46) 株式会社 IHI へのインタビュー調査 (2009年12月21日) での訪問記録に基づく。
- 47) 同上。
- 48) 同上。
- 49) 同上。
- 50) 同上。
- 51) 同上。