

アメリカ航空機産業の競争力の源泉に関する考察

——政府の役割と企業戦略——

宮田由紀夫*

An Analysis of Competitiveness of US Aircraft Manufacturers : Government Policies and Corporate Strategies

Yukio MIYATA

要旨：アメリカの航空機産業は貿易黒字を計上している数少ない製造業である。その競争力の源泉としてのナチスドイツのジェットエンジンの導入に関する連邦政府の役割とそれを爆撃機だけでなく旅客機にも活用したボーイング社の企業の戦略について考察する。

Abstract :

The aerospace industry generates trade surplus which is exceptional among US manufacturing industries. A reason for its competitiveness is that US government helped the introduction of jet propulsion and swept wing technologies developed by Nazi Germany. Boeing Company successfully used them for strategic bombers (B47 and B52) and then transferred them to commercial jet airplanes such as B707 and B747, establishing the leading position in large passenger airplanes. However, the government did not conduct any industrial policies when Lockheed L1011 and Douglas DC10 entered the same market segment with similarly designed planes, resulting in the failure of both companies' commercial jet airplane business. Boeing is the only maker of commercial airplanes, so technology transfer from military to civilian airplanes is limited today. Furthermore, Boeing allowed foreign subcontractors to produce important parts such as wings and sub-systems in order to reduce cost and risk but this strategy induces the diffusion of critical know-how to foreign contractors and the reduction of economic impact on US regions in particular Seattle.

キーワード：ボーイング社、エアバス社、インテグラル型、ジェット旅客機

1. 問題の所在

アメリカの製造業の衰退が問題になっている。トランプ (Donald Trump) 政権は貿易赤字削減のため保護主義的な通商政策を行おうとしている。アメリカの製造業の中で航空機産業は貿易黒字を出している数少ない製造業である。また、航空機

産業は軍用機の生産の担い手でもある。表1は航空機産業が堅調な貿易黒字を維持していることを示している。また表2が示すように、国別に見て日本や中国に対しても黒字を出している。

航空機産業の特徴は国家安全保障と密接な関係があり、政府が企業に軍用機の研究開発を委託していることである。さらに政府は研究開発のスポ

*関西学院大学国際学部教授

表1 航空機産業の輸出入 (億ドル)

年	輸出			輸入	収支
	軍用機	民間機	合計		
2005	84	605	689	229	460
2006	113	751	864	250	614
2007	115	880	995	309	685
2008	170	866	1036	315	721
2009	152	750	902	357	545
2010	157	720	877	372	505
2011	152	805	957	414	544
2012	179	951	1130	466	664
2013	183	1061	1244	530	714
2014	214	1142	1356	594	761
2015	210	1218	1428	613	816
2016	224	1238	1462	558	904
2017	200	1228	1428	569	859

出所：Aerospace Industries Association (2018)

表2 航空機の貿易相手国と収支 (2017年、億ドル)

輸出国	金額	輸入国	金額
中国	163	フランス	125
フランス	130	カナダ	92
イギリス	101	日本	61
カナダ	93	ドイツ	55
ドイツ	74	イギリス	39
日本	72	ブラジル	28
アラブ首長国連邦	58	メキシコ	22
サウジアラビア	56	シンガポール	21
ブラジル	55	イタリア	17
シンガポール	49	中国	12

出所：Aerospace Industries Association (2018)

ンサーとしてだけでなく、軍用機を実際に購入することでユーザーとしてイノベーションに貢献してきた。そして、軍用機で培った技術が民間機に応用された。航空機産業の今ひとつの特徴は航空機メーカーはエンジンを作らないことである。1920年代末にエンジンメーカー、航空機（機体）メーカー、航空会社を垂直的に統合した企業グループが形成されていた。ルーズベルト（Franklyn Roosevelt）政権は1934年2月に航空郵便契約が腐敗しているとして陸軍航空隊による公営事業としたが、事故が相次いだため4月に民営に戻し

た。かつての契約者（航空運輸業者）は契約できないが、名称を変えれば契約できる抜け穴も残してとりあえず事業を再開した。しかし、さらに抜本的な対策として1934年6月の航空郵便法によって垂直統合していたグループが解体された。その際に、航空会社だけでなくエンジンメーカーも機体メーカーから分離させられた。その結果、航空機メーカーは性能が合致すれば複数のエンジンメーカーから購入することも可能である。航空機メーカーはエンジンの性能に合わせて機体の設計をしてきたのが現実であった。航空会社も機体に搭載するエンジンを選択できる。この点、エンジンが競争力の源となっている自動車メーカーとは異なる。航空機メーカーの競争力はどこに現れるかということ、主翼を設計・製造する能力である。

さらに、近年、エンジンメーカー、航空機メーカー、航空会社それぞれが寡占になっている。冷戦終結後の国防予算の削減の中、航空機メーカーの再編が進み、ボーイング社、ロッキード・マーチン社、ノースロップ・グラマン社が航空機メーカーの中心となり、旅客機を生産しているのはボーイング社のみであり、これがヨーロッパのエアバス社と世界の大型旅客機市場で争っている。ジェットエンジンのメーカーはアメリカのGE（ジェネラル・エレクトリック）社とP&W（プラットアンドホイットニー）社、イギリスのR&R（ロールスロイス）社による寡占である。航空会社はアメリカではアメリカン航空、デルタ航空、ユナイテッド航空、サウスウエスト航空に再編された。海外でもほとんどの国で国際線路線まで持つ大手航空会社は各国で1つ（政府の資本が入っていることが多い）である。軍用機の輸出は政府間の交渉で国家安全保障の観点から問題のない国に対してのみ行なわれる。このように売手・買手が少数なので、取引において市場での価格・性能競争だけでなく交渉力が重要になっている。

本稿の目的はアメリカ製造業の最後の砦としての航空機産業を分析することにある。第2章では競争力の源泉としての政府と軍事研究の役割を考察する。その中で第2次大戦のナチスドイツの技術が旅客機に活かされていったかを明らかにする。第3章はヨーロッパのエアバス社が台頭する

中で、ダグラス社とロッキード社の旅客機部門がいかに衰退したかを分析し、政府の役割について考察する。第4章は航空機のものづくりをモジュール化と国際分業の観点から分析し地域経済へのインパクトを考察する。

2. 軍事技術の移転

アメリカの連邦政府は特定の産業を振興する産業政策を行ってこなかった。どの産業が伸びるか、どの企業が成長するかは市場での競争の中で行われるべきという自由放任主義であった。気球や飛行船でなく、空気より重い航空機は1903年にアメリカのライト兄弟 (Orville and Wilbur Wright) が発明したのだが、アメリカ政府はその後、支援を行わなかったため、第1次大戦時にはヨーロッパ列強の後塵を拝することになった。その後、国土の広いアメリカではまず航空郵便さらに航空旅客が鉄道の輸送に代わって発達した。ヨーロッパでは各国内では輸送距離が短く航空輸送の鉄道に対する利点が十分に活かさなかった。アメリカではダグラス社、ボーイング社、ロッキード社などがプロペラ旅客機を実用化させていった。第2次大戦が始まると大型旅客機の技術は軍用輸送機や爆撃機に応用された。戦闘機では開戦当初は日本、イギリス、ドイツに後れをとっていた。戦闘機というのは敵の爆撃機を迎撃するのが目的だったが、米本土に飛来する航続距離を持つ爆撃機はなかったため、戦闘機の開発は軽視されていた。しかし、参戦後は多くのメーカーによる競争の中でアメリカの戦闘機の性能は急速に向上した。多数の戦闘機が導入された中で大ヒット作が生まれ量産された。(日本は零戦の改良版に頼る反面、多数の機種が導入されたがどれも大量生産されなかった)。

連邦政府は航空機産業の技術進歩に関して何もしなかったわけではなく、第1次大戦をきっかけに1915年に国家航空諮問委員会 (National Advisory Committee for Aeronautics [NACA]、今日の航空宇宙局、National Aeronautics and Space Administration [NASA] の前身) を設立し、さまざまな形状のプロペラや翼の風洞実験を行い結果を企業に提供していた。しかし、エンジンの開発は

商務省標準局が担当していたこともあり、NACAはジェットエンジン、ロケットエンジンの開発は行わなかった。また、アメリカ全体でジェットエンジン、ロケットエンジンは重たい割に馬力が不足しているとして実用化には悲観的雰囲気があった。

イギリスではホイットル (Frank Whittle) が開発したジェットエンジンを搭載しグロスター社製のメテオという戦闘機が1941年5月に初飛行に成功していた。アメリカ陸軍航空隊 (1947年に空軍として独立する) はGE社にイギリスのエンジンをもとにエンジン開発、ベル社に機体の開発を依頼した。大手企業には第2次大戦遂行のため既存のプロペラエンジンの軍用機を大量生産して欲しかったので、二番手グループの両社が選ばれた。結果として、GE社はジェットエンジンの生産では中心的存在になるため、特定の企業・産業を支援する産業政策を行わないアメリカにおいて、この政府の判断はきわめて大きな意味を持ったといえよう。ベル社は戦後、超音速実験機では成功するがその後は衰退した。

ホイットルのエンジンは遠心力で内壁に向かって空気を圧縮する遠心型であった。GE社は高速艦艇用に開発していたガスタービンの軸流圧縮機とホイットルの燃焼室とタービンを組み合わせて1944年4月TG-180という軸流型ジェットエンジンを開発した。軸流型の方が直径が小さくでき圧縮機を増段することで推力も増加できるので、今日のジェットエンジンの主流となった。

しかし、ジェットエンジンとロケットエンジンをより広範に実用化したのはナチスドイツである。遠心型ジェット戦闘機のハインケル He 178は1939年8月に初飛行し、さらに軸流型エンジンのメッサーシュミット Me262は1942年7月に初飛行した。Me262はアメリカ側で最速の戦闘機であったノースアメリカン社のP51マスターグが時速700キロであったのに対して、860キロを出すことができた。量産が間に合わず戦局に影響を与えることはできなかったが優れた戦闘機であった。

大戦末期にアメリカはドイツのジェット・ロケットの研究施設から研究成果・設計図を接収する

LUSTY (Luftwaffe Secret Technology) と、技術者を捕獲する Operation Overcast (のちにアメリカに連れて行く人の履歴書にクリップをつけたので、Operation Paperclip と呼ばれる) を行った¹⁾。ソ連 (当時) も同じことを行ったので、朝鮮戦争でのソ連のミグ 15 とアメリカのノースアメリカ社の F86 セイバーはどちらもドイツの技術を元にして製作されたような形状であった²⁾。

ジェットエンジンによる高速飛行を可能にするカギが (主翼が胴体から斜め後ろに出る) 後退翼であった。Me226 では実はエンジンが重くなったので重心をとるために偶然、後退翼にしていた。しかし、ドイツのブズマン (Adolf Busemann) は 1935 年にイタリアでの学会において、後退翼では翼に垂直に当たる空気の色度が低くなるので、抵抗が小さくなることを理論として発表していた。学会発表され公知の事実になっていたのだが、Me226 が飛行に成功したのでアメリカ側は後退翼に関心を示した (ブズマンは 1947 年にアメリカに渡り NACA さらにコロラド大学に勤務した)。1929 年にドイツから移住していた航空力学の第 1 人者のカルマン (Theodore von Karman) を長とするアメリカの調査団の資料の内容はどのアメリカ企業にも平等に伝えられたのだが、調査団に入っていたボーイング社のシャイラー (George Schairer) がカラ井戸に捨てられていた後退翼とジェットエンジンの組み合わせに関する書類を見つけ、いち早くボーイング社に後退翼の重要性を報告した。さらに、カルマンの勧めでボーイングは雨の多いワシントン州の廉価な水力発電を利用した高速風洞を 1944 年に社内に完成させており、これで後退翼の実験を行うことができた³⁾。

こうして、4 社による次期大型爆撃機の入札競

争の中で他社 (ノースアメリカン B45、コンベア B46、マーティン B48) が直線翼のプロペラ機だったのに対してボーイング社は後退翼のジェットエンジン (6 基) を提案して勝つことができた。これが B47 であり、当時の戦闘機よりも速く飛行できた。さらに、陸軍航空隊は被弾実験の結果から、被弾したジェットエンジンから翼、燃料タンクに延焼することを嫌ったので、ボーイング社はエンジンを吊り下げて、燃焼したエンジンは落下するようにした。また、複数のエンジンを胴体のそばに集めると胴体が重くなり、それを主翼の揚力で支えなければならないので、主翼への負荷が大きくなる。これに対して吊り下げ式でエンジンを主翼全体に配備すれば主翼への歪みも小さくできた。B47 は 1947 年に初飛行し、冷戦激化の中で受注も多く、ボーイング社のウィチタ工場での 691 機だけでなく、ダグラス社でも 264 機、ロッキード社でも 386 機が生産された。

B47 は核搭載可能な戦略爆撃機であったが、アメリカ大陸からモスクワまでは往復することができなくなった。次の長距離戦略爆撃機の入札では、ボーイング社は長距離を飛ぶには燃費が悪いターボジェットでなくジェットエンジンの動力でプロペラを回すターボプロップエンジンを搭載する計画であったが、(陸軍航空隊から改組された) 空軍の依頼で P&W 社の J57 という新型ジェットエンジンを採用することとなり、急遽設計図を作り直して開発が承認された。これが B52 であり、1952 年に初飛行した。P&W 社はプロペラエンジンの老舗メーカーだったが、ジェットエンジンでは GE 社に後れを取っており、政府からもそれほど信頼されていなかったのだが、今回は空軍の後押しで挽回することができ、ここでも企業の盛衰に軍が影響力を及ぼした。

-
- 1) ドイツは V2 号と呼ばれるロケットの開発にも成功していた。今日のミサイル兵器の前身である。中心人物のフォン・ブラウン (Wernher von Braun) もアメリカに渡り、月面着陸に成功したアポロ計画の打ち上げで用いられたサターン V 型ロケットを開発した。
 - 2) Me226 は低速での機動性に問題があったが、ノースアメリカン社はフラップを改良して性能を向上させた。
 - 3) それまではカリフォルニア工科大学の風洞を時間制で借りていた。実験に携わった学生が他社に就職したり、同大学は自分の宣伝のために実験結果を公表したが、機密保持に熱心でないなどの問題もありボーイング社は自前の風洞実権を重視することにした。ダグラス社はカリフォルニア工科大学に近接しており、同大の風洞を大いに利用することはカリフォルニアの航空機産業クラスターに立地するメリットであったが、自前の努力を怠るようになったともいわれる。(山崎 2008、p.124)。

ボーイング社は戦略爆撃機で培った後退翼、吊り下げ式ジェットエンジン方式を旅客機にも活かして、B707を実用化した。また、B52の空中給油機として開発したKC135の技術が並行して開発されたB707にも活かされた。また、J57エンジンはB707とライバル機のダグラスDC8にも採用された。B47は後退翼の角度が35度でB52も37度弱(36度58分)であったが、B707はB47と同じ35度であった。のちのB747では37.5°ときつくなり速度もマッハ0.85と速くなった。B767では後退翼は31.5°で速度はマッハ0.80、B777では31.6°でマッハ0.83と、スピードよりも燃費を重視した。しかし、最新のB787では32°12'でマッハ0.85となり再び高速性を重視している。これは長距離飛行を可能にするためには飛行時間を短くすることによる燃料消費の節約が重要と考えられたからである。

B747(ジャンボジェット)の開発では、空軍の大型輸送機の入札でロッキードC5Aに敗れたため、そのために開発していた技術を応用したと言われるが、実際には輸送機の入札と平行して大型旅客機の開発は進められていた。大型旅客機はむしろ超音速旅客機の補完として開発されていた。当時、有力な航空会社であったパン・アメリカン航空(1991年に経営破綻)はボーイングのB707とダグラスのDC8の両方を発注してジェット旅客機の導入に重要な役割を果たしたが、さらにより大型のB747も発注した。しかし、パン・アメリカン航空としては本命はボーイング社が開発する予定の超音速旅客機B2707であり、これが成功すればB747は貨物機に転用することを考慮していた。B747の操縦室がコブのような形で機首の上部に置かれているのは、機首を上に向けて大きな貨物を先頭部から入れられるようにするためである。

C5Aの入札でボーイング社とチームを組んでいたP&W社が開発したJT-9Dというエンジン

の使い道がなくなっていたのでB747に使われた。一方、採用されたロッキード社のチームだったGE社はTF39というターボファンエンジンを開発し、これも旅客機のダグラス社のDC10やヨーロッパ・エアバス社のA300に採用された。国防省が後押ししたプロジェクトでのエンジンが民間機に使われるようになったのである。

しかし、実際にはボーイング社の超音速旅客機は開発が順調に進まず、アメリカ議会も支援を中止した。アメリカで超音速旅客機の開発がうまく進まなかったのは、環境問題での反対もあるが、軍事技術からの移転が充分になかったためでもある。大型爆撃機は大型旅客機に技術移転できたのだが、超音速旅客機は超音速爆撃機とほぼ同時期に開発が進められ軍用機からの技術移転がなかった。さらに超音速爆撃機そのものが核ミサイルに取って代われ、戦略上、開発が重視されなくなった。ジェネラルダイナミック社のB58ハスラーはマッハ2以上で飛行できたが、核爆弾を自由落下させることしかできない欠点もあり、100機ほどの生産におわった。さらにマッハ3で飛行できるノースアメリカン社のB70バルキリーはアイゼンハワー(Dwight Eisenhower)政権の下で試験機にとどまることが決定された。大型機を超音速で飛行させる軍事技術が機体でもエンジンでも確立されなかったため、超音速旅客機にも利用できなかったのである(Conway 2005, p.84)。ボーイング社は超音速爆撃機では入札に勝てずにいたが、これがマイナスにならずにすんだ。むしろB52は改良が進み空対地ミサイルを搭載することで今日でも就役している。

3. エアバス社の台頭とダグラス社とロッキード社の衰退

ヨーロッパの企業連合体であるエアバス社が大型旅客機に参入してきた⁴⁾。一方、時期を同じくしてダグラス社とロッキード社が旅客機部門で衰

4) イギリスとフランスは超音速旅客機コンコルドを実用化(1969年初飛行、1976年就航)していたが、燃費の問題もあり商業的には失敗した(1976年に生産中止、2007年就航中止)。コンコルド開発中の1964年に「空飛ぶバス」のような大型旅客機の開発がイギリス、フランス、ドイツ(当時は西ドイツ)の間で検討された。ドイツは技術力よりも資金力が期待されていた。ドイツとフランスはアメリカへの売込みを考えてアメリカ製のエンジンの採用を提案した。イギリスのロールスロイス社はロッキード社のL1011のエンジンの開発で忙しかったが、イギリス政府はこの方針に反発してエアバスから脱退し1969年にフランスとドイツによって

退を始めた。この要因はダグラス DC10（1971年就航）とロッキード L1011 トライスター（1972年就航）の共倒れであった。両者ともエンジン3つ（主翼に1つずつと胴体後部）で250-400席の大型機クラスであった。しかし、この市場は2機種が共存するには小さすぎた。より大きな旅客機（400席超）にはボーイング社の B747 が1969年に就航していた。下の市場である中型機（150-250席）にはエアバス社が A320 で1974年に参入してきた。はさまれた狭い市場で2機種は並存できなかった。

航空機は開発に多額の費用がかかるので、ある程度の機数が売れないと採算がとれない。大型旅客機は600機を売らないと採算が取れないと言われる（タイソン 1993, p.243）が、DC10 は446機、L1011 は250機であった（山崎 2011）。

さらに不運だったのは長距離路線でも双発機が多用される時代になっていたことである。エンジンは3つよりも2つの方が整備しやすいので、航空会社は双発を望む。とくに、DC10 と L1011 では尾部の3つ目のエンジンが主翼の2つのエンジンと異なる高さにあるので、足場を組み直す必要があり整備しにくかった。双発機は万が一、片方のエンジンが止まっても飛行は可能だが、近隣の空港に着陸することになっていた。（エンジンが止まりやすかったプロペラエンジン時代の規制なのだが）1953年にアメリカ連邦航空局（Federal Aviation Administration, FAA）は双発機は近隣の代替空港への飛行時間が60分以内の飛行ルートを飛ばなければならない、と定めた。個別に許可を得れば一部緩和されることにもなっており、60分を超えた運航はETOPS（Extended-range Twin-engine Operations）と呼ばれるようになった。60分の規制では、双発機によって太平洋や大西洋の横断することは認められなかったが、1970年代まではエンジンの性能からみても飛行そのものが

不可能であった。ところが、エンジンの性能が向上するにつれて中型機以上でも双発機が開発された。そのETOPSが次第に緩和され、1985年に120分、1994年には180分、さらに2000年には207分となっている。長距離国際路線でもエアバス社とボーイング社の双発機が採用されるようになった。最後の207分への延長はエアバス社の総2階建て4発のA380がシンガポール・ロサンゼルス路線に就航したので、ボーイング社が双発のB777でのETOPSの延長を求めたためである（山崎 2010）。

さらに、DC10もL1011もスタッフは機長、副操縦士、（飛行機の位置を監視する）航空機関士による3人制であった。これもコンピュータの発達と天測航法に代わる慣性航法の導入で、航空機関士が不要になりつつあったので、航空会社としては人件費節約のため2人体制の機体を望んだ。1981年のアメリカでの規制緩和によって2人体制が可能になったこともDC10とL1011には不利で、エアバスに有利に働いた（山崎 2010）。

DC10とL1011が共倒れになりそうであっても連邦政府は何もしなかった。どの企業が生き残るかは市場競争に任せたのであるが、実際には共倒れとなった。政府の介入に寛容な日本やヨーロッパならば政府が仲介して共同開発にしたり、どこからに別の市場への参入を促したであろう。

ダグラス社は1968年に戦闘機メーカーで規模ではむしろ小さいマクダネル社に合併された。さらに、マクダネル・ダグラス社は1997年にボーイング社に吸収合併された。ロッキード社はL1011のヒットが見込めない中で前述の大型輸送機C5Aの開発費の超過も加わり、経営危機に陥った。ニクソン（Richard Nixon）政権は救済を提案したが、これはそれまでの連邦政府の自由放任主義からの逸脱であった。共和党は自由放任主義が強いので、ニクソン政権の与党でありながら反

ㄨ エアバス社が設立された。ただし、主翼を作る能力があるのはイギリスのホーカー・シドレー社だったので西ドイツ政府が資金を出して同社に発注した。1971年にスペインがエアバス社に加入した。1979年にホーカー・シドレー社とブリティッシュ・エアクラフト社（コンコルドの開発に忙しかったのでエアバスの開発には参加していなかった）が合併してブリティッシュ・エアロスペース社となり同年、エアバス社に加盟した。参加企業のうちドイツのDASA社は純粋な民間企業であったが、フランスのアエロスベリアル社とスペインのコンストルクシオエネス・アエロナウティカスエアバス社は政府が出資していた。エアバスは特殊公社だったが2001年1月に株式会社となり、各国の参加企業は子会社となった。

対が多かった。民主党は社員の生活を守るため救済を止むなしという意見もある反面、大企業の被雇用者だけが守られることへの反発も強かった。こうして1971年に上院49対48、下院192対189の僅差で救済が可決された。実際にはイデオロギーとともに選挙区事情も影響し、上院では自分の選挙区にトライスター関連生産施設がある議員は全員が賛成、DC10が搭載されていたエンジンのメーカーのGE社の関連施設がある議員は1人を除いて全員反対であった。その1人の議員はミズーリ州カンザスシティ選出であった。マクダネル・ダグラス社の地元だが、やはり地元の航空会社のTWA社はトライスター採用を決めていた（ハートゥング2012、pp.177-186）⁵⁾。

連邦政府によるロッキード社のような危機に陥った大企業の救済は1979年の自動車のクライスラー社、「リーマンショック」の際の保険のAIG社や自動車のGM社が連邦政府によって救済されることになるその嚆矢となった。1980年代にアメリカも日本型の産業政策を行うべきか否かが議会で議論されたとき、経営危機に陥った大企業を救済するのは結局、コストが膨らむので、日常的に産業政策を行い危機に陥らないようにすべきだという意見にもつながった（実際には産業政策は議論はされてもほとんど実行されなかった）。ロッキード社は1997年にマーチン社と合併し、政府（中央情報局、CIA）の資金で秘密裏に研究していたステルス技術が国防省から1970年代後半から求められるようになったので、軍用機メーカーとして成功している。

一方、アメリカ企業の側でもエアバス社に対する慢心があった。合併後のマクダネル・ダグラス社はDC10のナセル（ジェットエンジンの樽型カバー）をエアバス社と共同開発した。空気抵抗の小さなナセルを開発するのは重要であった。結果的にはエアバス社にカネを出させて安く開発できる代わりに技術を利用させたわけで、マクダネル

・ダグラス社にとっては短期的に利益があったが、エアバス社にとっては長期的な恩恵があった（リーン2000、p.132）。また、ジェネラルダイナミック社が開発したF16戦闘機は電気信号による操舵システム（Fly-by-Wire）を採用した。それまでは、パイロットの力が油圧による梃子の力が増幅され方向舵に伝わっていたのだが、パイロットからの指令が電気信号で油圧系統に伝わるようにした。エアバス社は1988年にA320以降、積極的にFly-by-Wireを導入し、どの機種も共通の操縦環境にすることで航空会社の訓練負担を軽減したのに対して、ボーイング社はこれまでのやり方を変えないことが操縦士の負担軽減になるとして導入に消極的で1995年のB777まで導入しなかった。さらに、エアバス社の関係国は政府要人さらに皇室までも海外での売り込みに動員していた。途上国の航空会社も政府の関与が強いのでトップセールスが有効であった。これに関してもアメリカは連邦政府が特定の企業、産業のために海外売込みすることは避けてきた（民主党のクリントン（William Clinton）政権が例外で、ボーイング社の海外売り込みに尽力した。また、トランプ政権は従来の共和党政権と異なり、工場の立地など特定の企業の戦略に介入しようとしている）。

エアバス社も設立当初から順風満帆だったわけではなく、販売先が決まらず航空会社のマークの塗装のないままの機体（White Tail）が工場の外に置かれていた。それでも倒産しなかったのは、参加企業を経由して政府が支援していたためである。アメリカは政府補助金によってエアバス社が支えられていることは不公平な貿易にあたるとして批判した。一方、エアバス側もアメリカの航空機産業は政府が支援した軍用機開発における技術を転用しているので、政府の補助金を受けているのと同じだと反論した。結局、1992年の合意で「大型（100席以上）旅客機の生産への政府補助金は禁止、開発段階の補助金は開発費全体の30

5) リベラルなプロキシマイヤー（William Proxmire）上院議員はロッキード社救済に反対したので、ロッキード社の労働組合は彼の戦局であるウィスコンシン州の酪農製品のボイコット運動を行った。救済決定後も同議員はロッキード社について調査を行い、海外での賄賂を使って販売活動を突き止めた。田中角栄元首相に賄賂が渡り、丸紅を通して全日空にトライスターの売り込みが行われたことが1976年に発覚した。それが「ロッキード事件」である。

%までとする、政府からの間接的な補助（政府が資金を出す研究開発の成果の利用）は受け取る企業の売上高の5%までに制限する」とした（リーン。2000、pp.242-243）。さらに、1995年のWTOの補助金・相殺補助金の同意では、政府補助金を禁止し、また補助金を受けた企業からの輸入が増えた国が対抗措置として自国の企業に補助金を出すことも禁止した（Pritchard and MasPherson 2004）。

4. モジュール化と国際分業

製品設計には2つの考え方があり、1つがモジュール型で、要素技術が独立していて、特定の機能は特定の部品の性能が向上すれば改善する。もう1つがインテグラル型で特定の性能を向上させるにはさまざまな技術を組み合わせなければならず、それを設計段階から考慮しなければならない。エレクトロニクスは1990年代以降、モジュール化が進んだ。自動車はインテグラル型の性格が強く、ここで日本企業はまだ競争力を保っている。航空機は本来はインテグラル型である。飛行方向を変えるにはさまざまな動翼を動かさなければならないし、エンジンの出力に合った機体を設計しなければならない。

自動車産業はしばしば航空機産業に関心を持ってきた。第1次大戦にアメリカが参戦すると、自動車メーカーの大量生産技術を使って航空機も大量生産できると期待されたがそうはならなかった。自動車はすでに金属製だったが当時の航空機は木と布を使って手作業であった。ただ、エンジンはピストンエンジンで共通だったので、その後もフォード社が実際に航空機を作って参入したり、GM社がノースアメリカン社の筆頭株主になったりした。しかし、第2次大戦後は本業の自動車の生産が拡大したので、航空機産業からは撤退した。また、エンジンもジェットエンジンになり共通性がなくなった⁶⁾。

19世紀を通して確立した「アメリカ型生産システム」とは互換性部品を精密に作って組み立ては単純作業にするというものである。さらにその部品も汎用工作機械でなくその部品専用の工作機械で作るようになった。これは稀少な熟練工は専用工作機械の製作に向け、部品の生産や製品の組み立ては未熟練工でもできるようにしたためである。日本やヨーロッパならば熟練の組立工が部品が少々不正確でも現場で加工して組み立ててしまう。しかし、手を加えてしまったその部品は他の製品には使えない。アメリカでは部品は均一に作られるので組み立て現場でのスキルは不要であり、その部品はどの製品にも使える。本来モジュール型やインテグラル型というのは設計思想であるから、部品の互換性とは関係ない。自動車の設計はインテグラル型だが生産現場は未熟練工による流れ作業であることが可能である。

自動車では車台（シャーシー）をベルトコンベアで流しながら、工員が自分の前に車台が来たら担当の部品を取り付けるといった流れ作業によって大量生産ができる。航空機は製造とともに4方向に大きくなるので流れ作業が行いにくかった。ボーイング社はそれを口実にして生産ラインの改善を行わなかった。生産ラインは第2次大戦と同じ形が50年以上続いていた。21世紀に入って新社長のマックナーニー（J. McNerney）の下でトヨタ社に視察に行くなど改革を行い、737や747のラインに運搬台を導入し機体を動かすことにした。導入前にはB737の生産は1機に22日かかっていたのが、導入後の2006年5月には11日に半減した（山崎2009）。この生産方法改善の遅さにもアメリカ航空機産業の慢心が見て取れる。

インテグラル型の自動車が高い競争力を誇る日本とドイツが航空機についてはアメリカだけでなくフランス、イギリスの後塵を拝しているのは、第2次大戦後7年間、航空機の研究、開発、生産

6) クライスラー社はアラバマ州ハンツビルの陸軍のミサイル開発部門とは密接な関係を持っていた。ここはナチスドイツのV2号を開発したWhelner von Braunが開発の長であった。なるべく内製するというドイツ流の方針であったが、クライスラー社は外注企業として入っていた。この部門はNASAに移籍して宇宙開発に専念するようになった。ミサイル開発は空軍が中心となったが、カリフォルニアの航空機メーカーとの連携を強めた。このためクライスラー社の存在感は小さくなった。

が禁止された影響が大きい。この時期はちょうどジェットエンジンの導入期で技術が急速に変化していたので、第2次大戦中の先進国であるドイツも追いつくことが難しくなった。しかも、両国は軍事予算も抑制されたのでイノベーションに対するユーザーとしての軍の役割も小さかった。また、国土面積からしても民間航空機よりも高速鉄道に需要があった。さらに、戦争中に航空機開発に携わっていた技術者が自動車産業に流れてしまったことは自動車産業の発展には寄与したが、航空機産業の復活には足かせとなった。一方、アメリカでは人材が軍需産業に割かれることになった⁷⁾。

インテグラル型の航空機だが、航空機は自動車以上に部品数が多いので、下請けに出していた。1950年代のプロペラ機の時代に部品の40%が下請けに出され、B747では65%になっていた(山崎2011)。それがさらにグローバルな発注が行われ、また生産だけでなく開発まで委託するようになった。ボーイング社は国際的な外注を積極的に行っている。1963年のB727はすべての部品がアメリカ製だった。1966年のB737や1969年のB747になるとフラップが外国企業に委託生産される。1980年代以降、B757、B767、B777では方向舵、昇降舵、胴体の一部が外国製となった。そして、B787では70%の部品が海外メーカーによって生産され、航空機メーカーにとっての競争力の源である主翼の開発・製造も日本企業に任せている(Newhouse 2007, p.29)。複合材料の加工装置をボーイング社が持っていないのが外注の理由だが、実は日本側(三菱重工)も持っていないのに投資する意欲があったのである。専門メーカーに部品納入を任せることは部品を安く調達することを可能にする。外注先は互いに競争して契約を継続して欲しいので、品質向上やコスト低下で手を抜くことはないからである。さらに今回の契約では、受注した企業は部品を納品したときでなく機

体が売れたときに製造代金が支払われるので、リスクも負っている。ボーイング社はリスクとコストを軽減するが、開発に必要なノウハウを提供している。海外の部品メーカーが将来は機体メーカーとして競争相手に成長する可能性は否定できない。

ボーイング社は主翼さえも外注しているが、自らはシステムインテグレーターになろうとしている。たしかに、システムインテグレーターの役割はきわめて重要である。異なった企業が生産してきた部品・サブシステムが整合性を保つように設計段階から考慮する必要がある。もし部品同士が整合性を欠き再調整が必要となれば個々の部品が安くとも結果として航空機の価格は上昇せざるを得ない。B787でも翼と胴体の接続部分に不具合が生じたところ、胴体後部を担当しているヴォート社がボーイング社の改善要求をなかなか満たすことができなかった。業を煮やしたボーイング社はヴォート社のサウスカロライナの工場を買収した。内製することにしたのである。一方、日本製の蓄電池が発熱事故を起こした際は、フランス企業が電気系統システムの開発を担当しボーイング社にとってこのサブシステムがブラックボックス化していたことで対策が遅れたと考えられる。

前述のように民間機も軍用機もエンジンメーカー、機体メーカー、ユーザー(航空会社、軍隊)が少数なので交渉力の有無が重要になる。航空機を輸出する場合、相殺同意条項(Offset Agreement)と呼ばれる付随条項がつく。たとえば、軍用機を輸出した場合、エンジン部品を輸入国から購入するよう輸入国の工場の改善に協力したり、旅客機を輸出したら空港の整備やパイロットの養成の支援を約束する。輸入国側が部品の生産とそのため技術・ノウハウの移転することを求めてくることもある。輸出企業にとっては収入の一部を犠牲にするが必要悪と割り切っている部分もあるが、アメリカでの雇用にマイナスとなり、部品

7) 立川飛行機の長谷川竜雄はトヨタに入りカローラの開発プロジェクトのリーダーになった。中村良夫は中島飛行機でエンジン設計をしていたが、最終的には本田技研に入り同社のレースカーのフォーミラーワンでの優勝に貢献した。中川良一は中島飛行機で零戦のエンジンの設計をしていたが、中島飛行機と立川飛行機の技術者とプリンス自動車を設立した。名車スカイラインを生み出したが、日産に吸収合併された。中川は日産でも研究開発部門のリーダーを務めた。中島飛行機は今日のスバルになっている(小田切・後藤1998, p.202)。

生産で技術移転を受けた輸入国が機体の設計・生産の能力を身につけアメリカ企業のライバルに成長する可能性も否定できない (Yudken 2010, pp.62-65)。

ボーイング社の生産拠点はワシントン州シアトルである。創業者 (William Boeing) は木材ビジネスのためにシアトルに来たが、航空機を作る夢を捨てきれなかった。当時の飛行機は木製だったので、シアトルでは材料に事欠かなかった。こうして 1916 年にボーイング社が創業した。シアトルは競合する機体メーカーが並存して人の地域内での移動が起こり知識が蓄積・伝播されるクラスターの集積地でなく、ボーイング社の企業城下町であった。ボーイング社と地元企業との連携もそれほど強くない (Markusen et al 1991、山縣 2010)。今日、ボーイング社は世界中から部品を調達しているが、ボーイング社は元々シアトル以外の地域からの調達に積極的であった。シアトルへのボーイング社の貢献は主に従業員の行う消費活動と言われた (関連企業が少ないことはボーイング社が苦境に陥ったときの地元への悪影響が小さいというメリットもある)。機体メーカーがボーイング社だけなので、従業員を他社に引き抜かれる心配がなく、ボーイング社は賃金は高くはないが、社内訓練には積極的だった。

航空機産業は工場への投資金額が大きいので、簡単には工場を閉鎖して他地域に移ったりしない。一旦、形成された集積地は生き残る可能性が高い。それでも冷戦終了後、軍事メーカーが統廃合され、旅客機市場からも退出が進んだ。その結果として、集積地に存在する機体メーカーの数が減少した。中西部と東海岸の集積地としての地位が低下し、シアトルは依然として地位を保つことになった。

表 3 は州別の航空機産業の雇用創出を示している。地域連携が弱いといわれたボーイング社だがワシントン州は関連産業 (部品メーカー) や間接効果 (従業員の消費支出による経済効果) も大きくなっている。一般的にワシントン州シアトル、カリフォルニア州ロサンゼルス、ミズーリ州セントルイス、テキサス州ダラス、ジョージア州アトランタのように都市部に航空機メーカーが存在す

ると、従業員の給与所得による消費増大効果が大きくなる傾向がある。表 4 は州経済 (付加価値の合計) への貢献度だが、ワシントン州が一番大きい。州の経済規模が大きなカリフォルニア州では小さくなり、州の経済規模が小さいカンザス州やコネチカット州では大きくなる。表 5 はボーイング社の州別の従業員数である。1997 年のマクダネル・ダグラス社の買収後、セントルイスが拠点のマクダネル・ダグラス社の軍用機部門とシアトルの旅客機部門とが新会社では同様に重要だと社の内外に示すため、2001 年に本社を中立の場

表 3 州別の航空機産業雇用者数 (2015 年、人)

州	合計	メーカー	関連産業	間接効果
ワシントン	628,700	119,800	228,600	284,000
カリフォルニア	437,900	83,300	180,800	173,900
テキサス	228,800	47,500	87,300	94,000
ミシガン	151,800	58,400	46,100	47,300
ミズーリ	117,200	21,100	35,300	60,800
フロリダ	116,200	30,000	40,600	45,700
アリゾナ	92,400	26,500	30,100	35,800
コネチカット	91,500	27,800	32,600	31,200
ジョージア	90,700	17,900	30,900	41,900
カンザス	80,300	27,600	24,700	28,100
その他	761,800	237,400	227,600	262,700
アメリカ全体	2,797,300	697,300	964,600	1,135,400

出所: Aerospace Industries Association (2016)

表 4 航空機産業の付加価値の州の GDP に対する比率 (2015 年、%)

州	比率
ワシントン	16.54
カンザス	4.90
コネチカット	4.82
ミズーリ	3.54
アリゾナ	3.38
ミシガン	3.28
サウスカロライナ	2.69
ニューハンプシャー	2.55
カリフォルニア	2.15
ジョージア	1.73
アメリカ全体	1.80

出所: Aerospace Industries Association (2016)

所であるシカゴに移した (Newhouse 2007, p.197)。しかし、従業員数ではワシントン州が圧倒的に多い。買収したのでミズーリ州やカリフォルニア州が多くなっているが、カンザス州ウィチタの事業所は売却してしまった。サウスカロライナ州は製造業の振興に力を入れ、エアバス社の工

場やドイツの BMW 社やダイムラー・ベンツ社も工場を設立している注目の州である。最後に表 6 は都市圏での従業員数だが、やはりシアトル地域が多い。シアトル郊外のエバレットにボーイング社の工場はある。ボーイング社のワシントン州の従業員はほとんどこの都市圏で勤務しているのである。また、従業員数が多い都市圏の中ではニューヨーク市、ロサンゼルス市、サンフランシスコ市 (シリコンバレー)、フィラデルフィア市のような大都市では特化係数⁸⁾は高くないが、シアトルは特化係数も高くなおかつ総従業員数も多くなっている。

表 5 ボーイングの州別従業員数 (2018 年 1 月 1 日現在)

州	従業員数
ワシントン	65829
ミズーリ	13707
カリフォルニア	12679
サウスカロライナ	6749
ペンシルバニア	4425
テキサス	3752
アリゾナ	3742
アラバマ	2732
オクラホマ	2551
その他	25156
合計	141322

出所：ボーイング社ホームページ

5. ま と め

アメリカの航空機産業は国際競争力を保っている数少ない製造業である。この競争力の源泉はドイツの技術の導入など軍事技術の転用に負っている部分が多い。アメリカ政府は研究費を支援すると共にユーザーとしても積極的に軍用機を購入して軍用機の技術を高め、それが民間機にも転用された。しかし、ヨーロッパのエアバス社との競争

表 6 航空機産業の集積地 (2010 年)

都市圏	州	従業員数	特化係数
Seattle-Tacoma-Olympia	Washington	65421	12.5
Los Angeles-Long Beach-Riverside	California	42807	2.2
Wichita-Winfield	Kansas	36658	29.6
Dallas-Fort Worth	Texas	31150	3.5
New Yourk-Newark-Bridgeport	New York, New Jersey, Connecticut, Pennsylvania	22441	0.9
Tucson	Arizona	18021	17.7
San Jose-San Francisco-Oakland	California	11065	1.1
Harford-West Hartford-Willimantic	Connecticut	9943	3.7
Denver-Aurora-Boulder	Colorado	8369	1.8
St. Lous-St. Charles-Farmington	Missouri, Illinois	8358	2.1
Atlanta-Sandy Springs-Gainesville	Georgia, Florida	8105	1.0
San Diego-Carlsbad-San Marcos	California	7849	2.4
Savannah-Hinesville-Fort Stewart	Georgia	7680	10.8
Phoenix-Mesa-Scottsdale	Arizona	7121	1.5
Philadelphia-Camden-Vineland	Pennsylvania, New Jersey, Delaware, Maryland	5980	0.7

出所：Aerospace Industries Association (2013)

8) (シアトルの航空機産業従事者数/シアトルの総従事者数)/(航空機産業従事者数/アメリカ全体の従事者数)。これが 1 よりも大きければその地域にその産業が相対的に見て集積していることを示す。

の激化による旅客機市場からの退出、冷戦終了後の軍用機メーカーの再編により、今日、航空機メーカーはロッキード・マーチン社、ノースロップ・グラマン社、ボーイング社の3社に集約され、大型旅客機メーカーはボーイング社のみである。したがって、軍用機と旅客機間の技術移転は限定的である。さらに、ボーイング社は部品・サブシステムの外注を世界規模で行っており、アメリカの関連産業への影響力が低下している。

アメリカの機体メーカーのボーイング社が外注企業をとりまとめシステムインテグレーターとしての暗黙知を維持していけるかが今後の競争力のカギとなるであろう。しかし、それでも部品の海外発注が続く限りアメリカ国内の雇用への貢献は限定的にならざるをえない。

なお、本研究は文部科学省科学研究費基盤研究(C)「世界がフラット化する中で高付加価値企業の立地が局在しているパラドックスの解明」(代表:玉田俊平太、関西学院大学経営戦略科教授)から支援を受けた。

参考文献

青木謙知(1998)『通史アメリカ軍用機メーカー』光栄。
 小田切宏之・後藤晃(河又貴洋・絹川真哉・安田英土訳)(1998)『日本の企業進化-革新と競争のダイナミック・プロセス』東洋経済新報社。
 タイソン、L. A. (竹中平蔵監訳、阿部司訳、1993)『誰が誰を叩いているのか』ダイヤモンド社。
 ニューハウス、J. (石川島播磨重工業広報部監修、航空機産業研究グループ訳、1988)『スポーティ・ゲーム-国際ビジネス戦争の内幕-』学生社。
 ハートウング、W. D. (玉置悟訳、2012)『ロッキード・マーチン-巨大軍需企業の内幕-』草思社。
 浜田一穂(2015)『未完の計画機』イカロス出版。
 山縣宏之(2010)『ハイテク産業都市シアトルの軌跡-航空宇宙産業からソフトウェア産業へ』ミネルヴァ書房。
 山崎明夫(2008)『なぜボーイングは生き残ったのか』樫出版社。
 山崎文徳(2009)「アメリカ民間航空機産業における航空機技術の新たな展開-1970年代以降のコスト抑制要求と機体メーカーの開発・製造-」『立命館経営学』第48巻第4号、pp.217-244。
 ———(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』第21号、pp.59-93。
 山崎文徳(2011)「民間航空機メーカーの技術競争力と分業構造の変化」『大阪市立大学商学部経営研究』第62巻、第1号、pp.49-79。
 リーン、M. (清谷信一監訳、平岡護・エール洋子訳、2000)『ボーイング vs エアバス』アリアドネ企画。
 Aerospace Industries Association (2013) *Aerospace Industry Report 2012*, Arlington, Virginia: Aerospace Industries Association.
 ———(2016) *The Strength to Lift America: The State of the U.S. Aerospace & Defense Industry*, Arlington, Virginia: Aerospace Industries Association.
 ———(2018) *Facts & Figures: US Aerospace & Defense*, Arlington, Virginia: Aerospace Industries Association
 Conway, E. M. (2005) *High-Speed Dreams: NASA and the Technopolitics of Supersonic Transportation, 1945-1999*, Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
 Irvin, C. (2018) JUMBO: “Boeing’s 747 Didn’t Just Revolutionize Airline Travel, It Changed the World As We Know It,” *Aviation History*, September 2018: 28-35.
 MacPherson, A. and Pritchard, D. (2007) “Boeing’s Diffusion of Commercial Technology to Japan: Surrendering the U.S. Industry for Foreign Financial Support,” *Journal of Labor Research*, Vol.28: 552-566.
 Markusen, A., Hall, P. Campbell, S. and Deitrick, S. (1991) *The Rise of the Gunbelt*, New York: Oxford University Press.
 Newhouse, J. (2007) *Boeing versus Airbus*, New York: Vintage Books.
 Niosi, J. and Zhegu, M. (2005) “Aerospace Clusters: Local or Global Knowledge Spillovers?” *Industry and Innovation*, Vol.12, No.1: 1-25.
 Pritchard, D. and MacPherson, A. (2004) “Industrial Subsidies and the Politics of World Trade: The Case of the Boeing 7e7,” *The Industrial Geographer*, Vol.1, Iss.2: 57-73.
 Simson, E. (2016) *U.S. Combat Aircraft: Fly-Off Competitions*, Forest Lake, Minnesota: Specialty Press.
 Yenne, B. (2010) *The Story of the Boeing Company*, Update Edition, Minneapolis: Zenith Press.
 Yudken, J. (2010) “Manufacturing Insecurity: America’s Manufacturing Crisis and the Erosion of the U.S. Defense Industrial Base,” Cornell University ILR School, *Working Paper* 9-2010.