

## 論 説

## 民間航空機における技術と産業の社会的発展

——イノベーション論の技術論的検討を視野に入れて——

山 崎 文 徳

## 目 次

1. はじめに
2. 民間航空機の基本的な技術構造と市場構造の確立
  - (1) 高速輸送と機体・エンジンの技術的不均衡：1950～60年代
  - (2) 大量輸送と4種類の製品群：1970年代
  - (3) 軍事を経由した国家の技術開発支援
3. 航空自由化と民間航空機のトータルな経済効率性の追求
  - (1) 競争環境の変化と制御システムの電子化：1980年代以降
  - (2) 分業構造の変化と航空機メーカーの技術競争力：1990年代以降
4. 技術と産業の社会的発展の諸要因：イノベーション論との関係で
5. おわりに

## 1. はじめに

本稿では、これまでの筆者の研究をふまえて、民間航空機における技術と産業の社会的発展を時代的に明らかにする<sup>1)</sup>。その際に、民間航空機の技術構造、市場構造、分業構造に着目し、政治・社会構造（軍事・国家）との関係をふまえて技術論的に分析する。民間航空機の技術構造は主に機体構造・エンジン・制御システムから構成され、産業・企業に分業構造の中で生み出される。技術構造の発達方向を基本的に規定するのは国家の政策や顧客である航空輸送会社であり、製品である民間航空機を媒介して市場構造が形成される。航空機産業としては軍事部門も有しており、そのユーザーは国家もしくは軍部であるために、民間航空機の技術と産業・企業も政治・社会構造と無関係ではない。なお、技術構造、市場構造、分業構造は、自然的要因（もしくは技術的要因）と社会的要因の側面から技術論的に分析する<sup>2)</sup>。

ここで民間航空機産業を扱う理由を説明する。20世紀と21世紀の技術と産業の社会的発展に大きく寄与したアメリカ資本主義において、航空機産業は重要な役割をはたしてきた。同産業は、戦争・軍事の物的手段を供給する一方で、人の交流や物流を担う民間用の輸送手段を供

1) 山崎文徳 (2009a), 山崎 (2009b), 山崎 (2010), 山崎 (2011) など。

2) 山崎正勝 (2001), 15 ページ。山崎 (2001) では、技術を労働手段の体系にとらえる「体系説」の立場から、一方で技術決定論を批判し、他方で社会によって技術が規定されると主張する技術の社会構成主義を批判している。技術論は、そのいずれかではなく、自然と社会によって技術が二重に規定されるという立場であり、本稿も同様の視点から分析している。ただし本稿では、自然的要因を、社会的要因以外の、自然によって規定される技術そのものに起因するという意味で、技術的要因と表現する。

給して産業と社会の発展を支えてきたのである。また、アメリカ民間航空機産業は、一貫して競争力を保持しており、1980年代に国際競争力が問題視された自動車や電機・電子産業とは異なる特徴をもつ。そこで本稿では、民間航空機の技術と産業の社会的発展を分析することで、アメリカ資本主義の特質や軍事技術の民生技術に対する影響についての考察も視野に入れる。

以下では、第2節で1970年代半ばまでに民間航空機産業の基本的な技術構造と市場構造が確立したことを、政治・社会構造(軍事・国家)との関係に着目して明らかにする。第3節では、80年代以降の民間航空機が、航空自由化に起因する競争環境の変化によって、製品と生産のそれぞれのレベルでトータルの経済効率性が追求されたことを明らかにする。第4節では、民間航空機産業の事例からわかる技術と産業の社会的発展の諸要因を、既存のイノベーション論との関係で整理する。なお、本稿で扱っていないマーケット・リサーチや販売・アフターサービス(プロダクト・サポート)は別稿で問題にする。

## 2. 民間航空機の基本的な技術構造と市場構造の確立

アメリカでは、航空輸送市場から高速大量輸送が求められる中で、航空機の機体構造・エンジンとその生産技術が相互の技術的不均衡を補完するように発達し、1950年代末から70年代半ばまでにジェット化された民間航空機の基本的な製品類型と技術構造が確立した。アメリカ民間航空機産業が圧倒的な国際競争力をもつ産業として形成されるに至った理由として、本節では軍事を経由した国家の技術開発支援に着目する。

### (1) 高速輸送と機体・エンジンの技術的不均衡：1950～60年代

戦後の航空需要は、企業活動の発展にともなう物流やビジネス旅客によって直接的に増大し、国民経済の成長にともなう旅客需要によって間接的に増大した。戦後のアメリカは、資本主義諸国の中では政治的・経済的に突出しており、ジェット化初期の1960年には世界の航空輸送の半分以上を北米の国内・国際路線が占めていた<sup>3)</sup>。国土が広く航空需要が大きいことは、アメリカ民間航空機産業の発展の一要因である。路線参入と価格競争が厳しく制限された70年代末までのアメリカでは、航空輸送会社は顧客獲得のためにサービスと質による競争を強いられ、まずジェット化による高速輸送が求められた<sup>4)</sup>。高速化によって機材の1日当たり輸送距離と時間当たり輸送量が増え、規制下の運賃が押し下げられたことにより、航空需要はさらに増大した。ダグラス機の場合、プロペラ機DC-7Cが巡航速度550km/hに対して、ジェット機DC-8は900km/h以上と高速性能は倍増した<sup>5)</sup>。

3) 山崎 (2010), 71 ページ。

4) Tyson (1992), p.171 (邦訳, 253 ページ)。

5) 日本航空 (2002), 「DC-7C 型 1 番機, 太平洋線に就航」の項。国土交通省 (1980), 41 ~ 42 ページ。

増大する航空需要に対して、航空機産業は輸送手段を供給してきた。ダグラス（The Douglas Aircraft Company）のプロペラ機 DC-3 は、1930 年代半ばから 50 年代後半までの民間航空機の標準であった<sup>6)</sup>。ところが、高速輸送という市場の要求により、50 年代末からジェット機に取って代わられた。ジェット化の時代を迎えると、民間航空機産業は、ますます開発に長い時間と巨額の資金を要し、8～14 年をかけて 400～600 機を販売しなければ巨額の赤字を抱え<sup>7)</sup>、それをクリアすれば販売するだけ利益が出るハイリスク・ハイリターン産業となった。このように参入障壁が高くリスクをとまなうジェット機の開発は、軍事によって強く後押しされた。

民間航空機を最初にジェット化したアメリカ企業は、プロペラ機市場でダグラスとロッキード（Lockheed Corporation）に次ぐ 3 番手のボーイング（The Boeing Company）であり、国際路線を独占するパンナム航空（Pan American World Airways）の求めにより中型機 707 を開発した。ジェット機開発では、高速化に耐えうる機体とジェットエンジンの開発が技術的課題であった。エンジンに採用されたのは、P&W（Pratt & Whitney）の JT3 であり、J57 という名称で軍用機に搭載されていた。1950 年代までは、原爆を運搬する戦略爆撃機と防空を担う迎撃戦闘機のジェット化が軍事的に重要課題であり、開発が先行していたのである。また、当時の戦略爆撃機には長距離爆撃性能が求められ、エンジンの燃料経済性が改善されたことが商業的な利用にも道を開いた。機体メーカーのボーイングは、米軍が敗戦国ドイツから得たジェット機の主翼実験データをいち早く入手し、自らも風洞試験を繰り返したことで、戦略爆撃機 B-47 の吊り下げ式エンジン搭載法と主翼形状を開発した。同じ方式は、707 の原型機 367-80 にも用いられ、派生して米空軍の空中給油機 KC-135 も開発された。707 においては、工場自体が政府からリースされたものであった<sup>8)</sup>。

開発段階では、主翼や機体の開発に時間と費用を要する風洞試験が不可欠であるが、アメリカ企業は国家が保有する風洞を民間航空機開発にも利用できた。エンジンも同様であり、地上で行う高空性能試験設備を国家が数多く保有する。NACA（航空諮問委員会）や後継の NASA（航空宇宙局）のような国家機関は、設備以外にも航空工学上の資料やデータを航空機メーカーに提供した<sup>9)</sup>。

---

6) Utterback (1994), p.xx, 87 (邦訳, 10, 113～114 ページ)。DC-3 は、導入時に最大でも最速でも、最長航続距離をもっているわけでもなかったが、「経済的で大きく、長い距離を飛ぶことのできる速い飛行機」であり、「民間航空機産業を事実上成立させた」。

7) 山崎 (2010), 76 ページ。

8) 山崎 (2009), 228～229 ページ。Tyson (1992), p.170 (邦訳, 251 ページ)。

9) 山崎 (2009), 229～230 ページ。1993 年時点の主要な世界の風洞設備 133 のうち、アメリカ 78、欧州 32、ロシア 17、日本 6 という保有数であった（久保田, 1994, 2～3 ページ）。また、85 年当時のアメリカに存在した主な高空性能試験設備 36 のうち、米空海軍が 21、NASA が 4、GM が 4、P&W が 4、GE が 2 という保有数であった（三浦, 1985, 17 ページ）。

製造段階でも軍事を経由して技術開発が支援された。朝鮮戦争当時の米空軍では、継ぎ目のない一体化構造部品として主翼を製造ことが課題であった。軽量化は高速性能を実現し、戦闘機による空中戦の勝敗を左右したからである。そこで、大型素材から複雑形状を一体で削り出す NC (数値制御) フライス盤が、米空軍の支援を受けた MIT サーボ機構研究所によって開発された。NC 工作機械は、空軍の支援を受けて 1957 年中頃までには航空機産業に普及していた。原材料の面では、空軍のヘビー・プレス計画 (51～58 年) によって、素材メーカーにおける航空機用大型素材の製造能力が高められた<sup>10)</sup>。

ジェット化を実現する主翼とエンジンという基本的な技術構造は、試験設備によって信頼性と確実性が検証され、生産技術によって実現されたのである。アメリカ航空機産業にみられた特徴は、軍事目的で国家が保有する施設や開発された生産技術・素材が民間航空機開発でも利用されることで、企業にとっての設備の設置費用や技術開発費用が節約され、国家の間接的関与によって技術競争力が強化されたことであった。

## (2) 大量輸送と 4 種類の製品群：1970 年代

高速飛行によって航空需要が拡大すると、空港や航空路線が混雑する一方で騒音が社会問題化し、航空機メーカーには大量輸送を実現する大型機が求められた。大型化は、一度の輸送量増加により輸送量当たりコストを抑制するので、経済性をも実現した。

ボーイングはパンナム航空に求められて超大型機を開発し、ロッキードとマクダネル・ダグラス (McDonnell Douglas) はアメリカン航空 (American Airlines, Inc.) の求めに応じて大型機開発を競った<sup>11)</sup>。当時の北米は世界の航空需要の半分以上を占めており、アメリカ国内の主要幹線を独占するアメリカン、イースタン (Eastern Air Lines)、トランスワールド (Trans World Airlines: TWA)、ユナイテッド (United Air Lines, Inc.) の 4 社と国際路線中心のパンナムの要求は、航空機メーカーにとって新型機開発の目安になっていたのである<sup>12)</sup>。

中型機や小型機とは異なり、プロペラ機の時代には存在しなかった大型の航空機開発となったために、機体メーカーにとってはより大型の機体開発と、巨大な工場の建設が必要になった。超大型機 747 の重量は中型機 707 の 2 倍以上であり、エンジンメーカーには大推力エンジンの開発が求められた<sup>13)</sup>。技術的課題は、エンジン前方の大型ファンを駆動するタービンにあっ

10) 山崎 (2009), 233 ページ。

11) ベトナム戦争期に DC-8 と DC-9 の大量受注を受けたダグラスは、資材や熟練工が軍事優先とされたために納期を守ることができずに経営状態を悪化させ、1967 年に戦闘機メーカーのマクダネル (The McDonnell Aircraft Corporation) と合併した (Newhouse, 1982, p.134 [邦訳, 303～305 ページ])。

12) 石川 (1993), 145 ページ。

13) 中型機 707 の最大離陸重量 151.3 トンに対して、超大型機 747 は 333.4 トンであった (『応用機械工学』編集部編, 1981, 20 ページ)。プロペラは構造や機能上の特性から大型化には実用上の限界があったが、ジェットエンジンにはそのような限界がなく、推力を高められたのである。

た。高温ガスを浴びて高速回転するタービンプレードには、それまでよりも大きな駆動力を生み出すために、さらなる高温高強度が求められたのである。超大型機 747 のエンジンを開発した P&W は、度重なる設計変更にも苦しめられたが、最終的には新たな耐熱合金と精密鋳造による新製造法を開発し、大型エンジンの開発を成功させた<sup>14)</sup>。

1960 年代までの民間用ジェットエンジン市場では、P&W による独占が築かれていたが、RR (Rolls-Royce plc) と軍用に特化していた GE (General Electric Company) が、大型エンジン開発で新たに民間市場に参入した。P&W は、超大型機用エンジン開発の負担が大きく大型機に関わる余裕がなかったために、マクダネル・ダグラスとロッキードは GE と RR にエンジン開発を求めたのである。こうして 70 年代からは、民間用ジェットエンジンにおける 3 大メーカーの競合関係が形成された<sup>15)</sup>。

このように民間航空機市場では、1950～60 年代に既存のプロペラ機が小型・中型のジェット機によって代替され、70 年代には従来は存在しない大型・超大型機市場が新たに創出された。したがって、民間航空機の基本的な技術構造が形成される過程は、4 種類の製品群からなる市場構造が形成される過程でもあった<sup>16)</sup>。航空輸送会社が航空機に求めるのは、航空路線に適合的な機材であり、路線距離と輸送量がとくに重要である。今日では、航空輸送会社は 2,362 社（定期会社は 729 社）に達し、それぞれの航空輸送会社がさまざまな航空路線をもち、地域も多様であるために、航空機の標準デザインが 1 つに集約されることはあり得ない<sup>17)</sup>。しかし、高い参入障壁の存在もあって民間航空機を供給する主なメーカーは数社に限られ、数多くのユーザーに対してオーダーメイドの航空機を提供することも現実的ではない。航空機メーカーは、量的に増大する航空需要に対して、機体の大きさごとに小型・中型・大型・超大型機という標準的な 4 種類の製品群を設計したのである。この区分は、基本的には胴体断面と機体全長に規定される技術的な区分である。4 種類の製品群は、原型機を元に派生型や発展型が開発されることで細分化され、個別のユーザーに対しては要求に応じたカスタマイズがなされる<sup>18)</sup>。表 1 に 4 種類の製品群からなる市場構造を示す。

第 4 節で検討するクリステンセンのイノベーション論を念頭におけば、高速化をさらに追求し、需要を技術が上回ったのが超音速機である。ところが、1970 年代には空港周辺の騒音が社会問題化していたことに加えて、石油ショック後の燃料価格高騰により、燃費の悪い超音速

---

14) 山崎 (2010), 68～71 ページ。

15) 山崎 (2010), 65 ページ。

16) 山崎 (2010) では、機体サイズで区分けされるという意味から「4 層」の市場構造と表現していたが、より一般的に示すために本稿では製品類型と表現している。

17) 日本航空機開発協会 (2008), IV-3 ページ。

18) 山崎 (2010), 61～64 ページ。

表 1 2 期・4 類型の製品群からなる民間航空機の市場構造

	第 1 期		第 2 期	
	1950 ~ 60 年代	1970 年代	1980 年代	1990 年代~
広胴超大型機 〔400 席級〕		4 発 / 3 名 10 列 (70) 747	4 発 / 2 名 10 列 (89) 747-400	4 発 / 2 名 10 列 (07) A380 4 発 / 2 名 10 列 (未) 747-8
広胴大型機 〔300 席級〕		3 発 / 3 名 9 列 (72) L-1011 3 発 / 3 名 9 列 (71) DC-10		4 発 / 2 名 8 列 (93) A340 2 発 / 2 名 8 列 (94) A330 2 発 / 2 名 9 列 (95) 777 3 発 / 2 名 9 列 (90) MD-11
広胴中型機 狭胴中型機 〔200 席級〕	4 発 / 3 名 6 列 (59) DC-8 4 発 / 3 名 6 列 (58) 707 3 発 / 3 名 6 列 (64) 727	2 発 / 3 名 8 列 (74) A300	2 発 / 2 名 8 列 (84) A300-600 2 発 / 2 名 8 列 (84) A310 2 発 / 2 名 7 列 (82) 767 2 発 / 2 名 6 列 (83) 757	2 発 / 2 名 8 列 (未) A350XWB   2 発 / 2 名 8 列 (未) 787
狭胴小型機 〔100 席級〕	2 発 / 2-3 名 6 列 (68) 737 2 発 / 2 名 5 列 (65) DC-9		2 発 / 2 名 6 列 (84) 737-300 2 発 / 2 名 5 列 (80) MD-80 2 発 / 2 名 5 列 (88) A320	2 発 / 2 名 6 列 (97) 737-700 2 発 / 2 名 5 列 (95) MD-90

注 : 表記は [搭載エンジン数/運航乗務員編成数 座席列数 (就航年) 機種名] を示す。

DC はダグラス, MD はマクダネル・ダグラス, L はロッキード, A はエアバス, その他はボーイング機である。  
出所 : 山崎 (2010), 63 ページ。

機は市場に受け入れられなかった<sup>19)</sup>。超音速機開発が商業的に失敗すると、民間航空機は最も経済的なマッハ 0.8 ~ 0.9 で運航されるようになった。なお、燃費の優先度は燃料価格とともに変動し、80 年代半ばから 90 年代末までは燃料価格が低値で安定した。ところが、90 年代末から燃料価格は再び高騰し、ボーイングでは中型機 787 が低燃費機体として開発されている。

### (3) 軍事を経由した国家の技術開発支援

民間航空機産業は、経営や技術の面で軍用機産業や宇宙産業との関係が深く、しばしば航空宇宙産業と一括される<sup>20)</sup>。軍事部門では国家もしくは軍部が顧客になり、民生部門では基本的に民間企業 (航空輸送会社) が顧客になるので、類似の製品や、生産技術、部品、素材という共通性が高いレベルでは、軍事目的で得られた補助金や機械設備が、民間航空機の開発・製造に利用されることで間接的にアメリカ民間航空機産業の技術競争力が強化された。

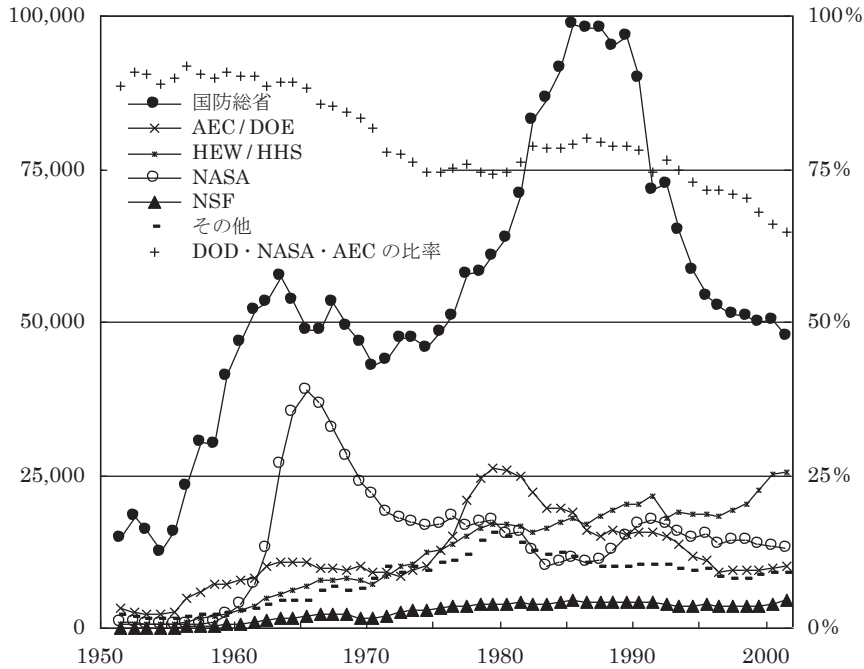
アメリカの連邦政府予算からは、軍事を経由した研究開発支出がアメリカ航空機産業の特徴であることがわかる。図 1 に示すアメリカ連邦政府による研究開発支出は、冷戦中は国防総省のもとで 40 ~ 75% が支出され、NASA とエネルギー省が続いた。1960 年代のアポロ計画やスペースシャトル計画は必ずしも軍事計画とはいえないが、宇宙ロケットや人工衛星は軍事でも不可欠な技術であり、NASA 発足の理由がスプートニク・ショックにあることから、アメ

19) 英仏共同 (BAC とシュド) のコンコルドの生産機数は 20 機にとどまり、アメリカの超音速機開発は 1970 年代初頭に中止された。当時は、ボーイングでも超音速機開発が事業の中心に据えられ、音速以下の超大型機 747 は、超音速時代を迎えるまでの中間的な機体と位置づけられるほどであった。

20) 2004 年のアメリカ航空宇宙産業の総販売額は 1051 億ドルであり、内訳は民間機部門 21%、軍用機部門 30%、ミサイル部門 9%、宇宙部門 23% である (AIA, 2006, p.12)。

リカでは宇宙開発と軍事戦略が密接に関係してきた。エネルギー省は、核兵器に用いられる核分裂性物質を管理する原子力委員会 (Atomic Energy Commission : AEC) が前身であり、75年のエネルギー省移行後も研究開発の重点は原子力開発にあり、軍事との関係が密接である。アメリカの科学技術政策では、軍事や宇宙開発が重視されてきたのである。

図1 アメリカの連邦政府による研究開発支出の推移  
(1951~2001年, 2000年基準, 100万ドル)



注1: 保健教育福祉省 (Dept. of Health Education and Welfare : HEW) は、1979年からは保健社会福祉省 (Dept. of Health & Human Services, HHS) に改組された。  
 注2: AECは原子力委員会 (Atomic Energy Commission) であり、エネルギー研究開発庁 (1974~76年) を経て77年にエネルギー省 (Dept. of Energy : DOE) になった。  
 注3: NASAは航空宇宙局 (National Aeronautics and Space Administration), NSFは全米科学財団 (National Science Foundation) である。  
 注4: データにはR&Dに加えてR&D plantの額を含む。また、歳出額としてFederal obligationsのデータを用いた。  
 出所: Table A Federal obligations for research and development, by character of work, R&D plant, and major agency: fiscal years 1951-2001 (<http://www.nsf.gov/statistics/nsf01334/pdf/hista.pdf>, 2011年2月26日閲覧)。

企業の研究開発の主な財源は、連邦政府支出と企業の独自資金である。その2つを含めた産業の研究開発支出をみると、1985年までのアメリカでは「航空機・ミサイル (Aircraft and missiles)」「電気機器 (Electrical equipment)」「化学製品 (Chemicals and allied products)」「機械 (Machinery)」「自動車 (Motor vehicles and Motor vehicles equipment)」の5分野で、75%以上を占めた。興味深いのは、産業界の研究開発資金源に占める連邦政府依存度であり、主要5分野の中でも「航空機・ミサイル」、つまり航空宇宙産業の依存度は、冷戦期は70~90%、ソ

連崩壊後も 60～70% と他産業に比べて突出して高い。連邦政府依存度は、「電気機器」、つまり電機・電子産業でも高く、70 年までは 50～70%、80 年代末でも約 30% であった。対して、他の 3 分野の連邦政府依存度はそれほど高くなく、60 年代までは「機械」や「自動車」でも 30～40% 程度を依存していたが、70 年代以降は「化学製品」も含めて 20% 以下であり、ソ連崩壊後は数 % の依存度にまで落ちている<sup>21)</sup>。

したがって、アメリカ航空宇宙産業では、軍事目的の連邦政府支出が、完成品や部品、素材、生産技術などを經由して民間航空機産業の技術競争力に結びつくことが構造的な特徴なのである。開発・製造のコストと販売リスクがますます高くなったにも関わらず、ジェット化以降のアメリカ民間航空機産業が急成長した理由は、戦時体制が常態化して恒常的な軍用機産業が成立したアメリカ資本主義の特質を抜きにしては説明できないのである。アメリカ民間航空機産業は、市場における企業間の競争に加えて、軍事を經由した国家の技術開発支援によって発展してきたのである。

以上のように、アメリカ民間航空機産業では、高速大量輸送という社会的要求のもとで、軍事を經由した国家の技術開発支援を受けながら、高速化と大型化の各段階で機体とエンジンの技術的不均衡が相互を補完するようにして基本的な技術構造が確立された。さらに、航空路線に最適な機材を求める航空輸送会社に対して、航空機メーカーが 4 種類の製品群を設計することで基本的な市場構造が確立された。

### 3. 航空自由化と民間航空機のトータルな経済効率性の追求

4 種類の製品群からなる市場は、時代的には 2 期に区分される。1970 年代半ばには、最初の原型機の開発から 10～20 年が経過していたことから更新需要が生じたが、単純に同じ性能の機材は求められなかった。航空自由化によって航空輸送会社と航空機メーカーの競争環境が構造的に変化すると、それまでとは異なる要求が生じ、民間航空機の製品と生産のレベルでトータルな経済効率性が求められた。

#### (1) 競争環境の変化と制御システムの電子化：1980 年代以降

1970 年代末からの航空自由化は競争環境を構造的に変化させ、第 2 期の航空機にはトータルの経済効率性が求められるようになった。航空機の経済効率性は、エンジンのさらなる大型化や制御システムの電子化などの技術的要因と、規制緩和という社会的要因によって実現された。これによる市場構造の変化が一因となって航空機メーカーが淘汰・集約され、ボーイングとエアバス (Airbus SAS)<sup>22)</sup> という競合関係が形成された。

21) 山崎 (2008), 61～63 ページ。

22) 2000 年にアエロスペース・マトラ (仏), DASA, CASA が統合されて EADS (European Aeronautic



1978年の航空規制緩和法の成立後、アメリカでは路線参入と価格競争が自由化された。新規参入の航空輸送会社は低価格戦略をとり、既存の大手企業もそれに対抗することで航空機メーカーに対するコスト要求もより強く、包括的になった。航空機材には、機材購入価格と運航コスト（燃料費、整備費や部品交換費、メンテナンス費用、乗務員の人件費など）を含むトータル・コストの抑制が求められたのである<sup>23)</sup>。

第2期の市場からの要求を実現する新たな技術的要因となったのが、制御システム、とりわけ飛行制御システムの電子化であった。主翼を含む機体の空力性能の向上やエンジンのさらなる大型・大推力化も進むが、その技術開発は第1期の延長上のものであった。それに対して、飛行制御システムは、検知装置（センサ）、表示装置、伝達機構（ケーブル）、駆動装置という各構成要素がそれぞれ機械式から電子式に代わり、コンピュータの導入によって制御装置が自立・分化してシステム全体が一体的に電子化された。それによって最適ルート飛行による低燃費運航や、電子的飛行制御を前提とした設計段階での軽量化も可能になった<sup>24)</sup>。民間航空機の発達において、第1期は機体構造・エンジン・制御システムという技術構造のうち、機体とエンジンの技術的不均衡が規定的であったが、第2期には飛行制御システムの電子化が航空機全体の発達を規定した。第1期に確立された機体とエンジンは、第2期にはそれぞれの機能が洗練される一方で、飛行制御システムは機械式から電子式へと質的に変化し、航空機のトータルな経済効率性を増したのである。

新たな市場の要求が技術的に実現される一方で、航空輸送会社にとっては規制緩和という社会的条件のクリアが重要であった。

まず、運航乗務員に関する規制緩和によって人件費が抑制された。第1期には、ほとんどの民間航空機に正副操縦士に航空機関士を加えた3名の運航乗務員編成が定められた。しかし、労働組合の抵抗にも関わらず、操縦室内の表示装置の電子化と航空計器の減少を根拠に、1981年にアメリカの大統領特別委員会が航空機関士を排した2名編成を容認した。最終的に、第2期には小型・中型・大型・超大型機のすべてが2名編成機となった<sup>25)</sup>。

次に、さらなる大型エンジンを搭載した双発機の運航規制の緩和によって、多くの新型機はエンジン数が3～4基から2基に減らされ、整備費が抑制された。双発機は、1基のエンジン停止がもたらす危険が大きいため、着陸可能な代替飛行場から60分の飛行範囲内を運航しなければならず、代替飛行場の少ない洋上運航では3～4発機が一般的であった。ところが、航空輸送会社と航空機メーカーの求めにより、条件付きで双発機の運航規制が緩和された。

---

Defence and Space Company) となり、その旅客機部門がエアバスとなった。

23) 山崎 (2009), 223～227 ページ。山崎 (2010), 74～76 ページ。

24) 山崎 (2010), 81～84 ページ。

25) 山崎 (2010), 83 ページ。

1980 年代後半には、代替飛行場から 120 分の飛行範囲での運航が認められ、北米・欧州路線（大西洋横断）や東アジア域内といった中距離国際路線での双発機運航が実現された。90 年代以降は、180 分や 207 分という飛行範囲の運航も認められるようになり、アジア・北米路線やアジア・欧州路線のような長距離路線でも双発機運航が行われるようになった<sup>26)</sup>。

2 名編成双発機の導入は、航空機メーカーの淘汰・集約の一因になった。民間航空機市場におけるロッキードとマクダネル・ダグラスの衰退は、大型機市場における失敗に端を発する。第 1 期の大型機である 3 名編成 3 発機（マクダネル・ダグラス DC-10 とロッキード L-1011）は、開発が先行したボーイングの超大型機 747 によって当初から市場が奪われ、大型機市場は上層から侵食された。さらに、ボーイング（757 と 767）とエアバス（A300 と A310）の 2 名編成双発中型機の航続距離延長型が開発され、洋上運航の規制が緩和されたことで下層からも侵食された。結果的に狭い市場となった大型機市場で 2 社が競合したことで、L-1011 は 250 機、DC-10 は 446 機の生産数にとどまり、それぞれ損益分岐点に達しなかった<sup>27)</sup>。1980 年代以降、2 名編成機が導入され、双発機による洋上運航の規制が緩和されたことは、経済効率性の面でボーイングとエアバスに有利に働いたのであった。

軍事との関係では、ロッキードとマクダネル・ダグラスの民生部門にとって、軍事部門は最終的に足かせとなった。ロッキードでは、RR と契約した大型機用エンジン開発の遅れと開発コストの膨張に加えて、軍用大型輸送機 C-5A の開発でも資金不足に陥っていたことが民生市場撤退の原因になった<sup>28)</sup>。マクダネル・ダグラスは、軍事ビジネスに慣れていて旧マクダネルが経営陣の中心だったために、新型機開発というリスクの高い決断ができなかった。さらに、ソ連崩壊にともなう軍事調達と軍用機開発の削減によって経営状態が悪化し、1997 年にボーイングに吸収合併された。第 1 期においても、ダグラスはベトナム戦争中に資材を軍需優先とされて民間航空機の納期を守れず、マクダネルとの合併に追い込まれていた<sup>29)</sup>。

ロッキードとマクダネル・ダグラスが競争力を失う一方で、ボーイングとエアバスは、4 類型の製品群それぞれで競合し、とくに北米・欧州の小型機需要とアジアの大型機需要をめぐって激しく競争した。航空自由化後、既存のアメリカ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、中長距離路線をハブ空港間に集約して、地方の小さな需要を小型機の多頻度運航で集める短距離路線を増やした。新規参入企業も、特定の小型機を用いる低価格戦略をとった<sup>30)</sup>。1990 年代には欧州でも航空自由化が進み、欧米では 100 席級の小型機やそれ以

26) 山崎 (2010), 79 ~ 81 ページ。

27) Newhouse (1982), pp.160, 165-166 (邦訳, 363, 375 ~ 376 ページ)。

28) ロッキードは、1971 年に政府の債務保証によって銀行団の追加融資を受けられたが、収益の悪化により L-1011 は 81 年に生産中止となり、民間航空機市場から撤退した。

29) 山崎 (2010), 73 ~ 74 ページ。

30) 2005 年には、サウスウエスト航空は 737 のみを 424 機、ジェットブルー航空は A320 のみを 73 機保有し

下のリージョナル・ジェット機が大量に求められたのである<sup>31)</sup>。アジアでは、域内・域外貿易の活性化と東アジア経済の急成長によって、航空需要が増大した。東アジアは、欧米向けの生産拠点として先進国の多国籍企業が展開し、しばしば域内の複数国を横断するように生産体制が整備され、多国籍企業の企業内国際分業に組み込まれた。アジアでは、欧州や北米に向かう国際路線の距離が長く、アジア域内も海洋に隔てられて南北に細長い地形をしているために、拡大する航空需要が大型・超大型機によって吸収されたのである<sup>32)</sup>。

以上のように、第2期の航空機メーカーにとって、航空輸送会社の時代的な要求の変化や地域的な違いをふまえて、4種類の製品群のそれぞれで適切な時期に適切な機能を導入した航空機を提供することが重要だった。そこでは、企業の経営戦略とともに国家の規制政策の影響もみられ、2名編成機の導入と双発機の洋上運航規制緩和は政治的な判断という面が強く、実質的にボーイングとエアバスに有利に働く政策であった。また、軍事部門が経営上の足かせになったことで、マクダネル・ダグラスとロッキードは民間航空機市場から撤退した。

## (2) 分業構造の変化と航空機メーカーの技術競争力：1990年代以降

航空自由化によって、製品としての航空機だけでなく、生産のレベルでも経済効率性が求められた。航空自由化後の低価格競争は既存の大手企業の経営をも悪化させ、航空輸送会社は、運航コストだけでなく機材購入価格も含めたトータル・コストの抑制を求めたのである。それに対して、航空機メーカーのレベルではより積極的に要求に応える必要が生じた。エアバスは、航空機価格の極端な値下げや独特の金融的措置、本国政府が直接的に販売先の政府に働きかけるという手法によって、1980年代後半から市場シェアを拡大させ、小型・中型・大型機・超大型機市場のそれぞれでボーイングの対抗機種をそろえた。ボーイングは、エアバスの値下げ攻勢に対抗すると同時に、航空機価格を値下げしても利益を得られるように開発・製造コストの抑制を迫及したのである<sup>33)</sup>。

ボーイングは、自社内部ではコンピュータや3次元CADの導入によって開発・製造コストを抑制する一方で、開発費とリスク分散のために積極的な外注化を行なった<sup>34)</sup>。民間航空機産業は、自動車の部品点数3万点に対し、300万点に及ぶ部品を供給する裾野産業に支えられた加工組立産業である。従来から広範な分業が行われたが、1990年代からは分業構造に質的な

---

た（千田他，2006，122～128ページ）。

31) 2009年6月には、737の生産機数は6,080機、A320は3,931機に達した（日本航空機開発協会，2008，VII-29ページ）。

32) 山崎（2010），77～78ページ。

33) Newhouse（2007），p.125。ボーイングは、1994年頃からエアバスに価格競争を挑み、平均値下げ幅をそれ以前の10%から18～20%に上げ、時には30%にまでした。

34) 山崎（2009），235～240ページ。

変化がみられる。

1970年代から機体メーカー間の国際共同開発が行われていたが、90年代からは制御システムの外注化が進められた。それまでも、制御機器の開発・製造は制御機器メーカーが担当し、航空機全体の開発と最終組立を担当する機体メーカーが、機体構造の開発・製造だけでなく、制御システムの開発と統合も担当していた。ところが、90年代以降は、機体メーカーが内製範囲を縮小させて、制御システムを一括発注する傾向がみられる。つまり、機体メーカーは複数の制御システムの仕様設定と各システム納入後の機体への統合・組立を行うシステム・インテグレータになり、サプライヤは個々の機器を含む制御システムを一体的に供給するシステム・サプライヤとなる傾向をみせてきたのである。こうしたシステムの一括外注化は、技術的にはシステムの一体的な電子化により、社会的には市場における価格競争とコスト圧力が主な要因となって進んだ。ソ連崩壊後はサプライヤのレベルでも産業再編とメーカーの淘汰・集約が進み、飛行制御システムではハネウェル (Honeywell International, Inc.) やロックウェル・コリンズ (Rockwell Collins, Inc.)、BAE システムズ (BAE Systems plc [英])、飛行制御システム機器ではパーカー・ハニフィン (Parker Hannifin Corporation)、グッドリッチ (B.F. Goodrich Company)、ムーグ (Moog Incorporated) が有力なシステム・サプライヤになっている。

ボーイングは、機体構造と制御システムのそれぞれで外注化を進めているが、民間航空機市場では確固たる競争力を保持している。なぜ、航空機メーカーが生産を手放しながら競争力を維持できるのだろうか。市場における航空機メーカーの競争力は、マーケット・リサーチを通じて航空輸送会社の要求を把握することや、求められる航空機を開発・製造する生産技術と分業構造、運航後に補修部品の供給・交換やメンテナンスを行うプロダクト・サポートなどに規定される。ボーイングは、生産過程の前後にあたるマーケット・リサーチとプロダクト・サポートにますます力を入れており、一見すると生産過程全体を外注化しているようにもみえる。

しかし、双発大型機 777 でボーイングは、開発の初期段階で航空機全体の経済性と安全性を考慮した空力設計とシステム設計を担当し、個別には機体構造の中では主翼、飛行制御システムの中ではソフトウェアという中核的な構成要素を担当し、開発の最終段階では複数の制御システムを統合するシステム統合と機体の最終組立、型式証明取得を担当した<sup>35)</sup>。ボーイングは、基本設計と統合・組立、中核技術を手放さず、周辺技術を外注化することで技術競争力を維持しているのである。こうしたシステム・インテグレータとしての技術競争力は、航空機の開発・製造・運用・保守を通じた経験や実績、技術の蓄積を通じて形成された。つまり、安全性や経済性に関する要求性能を仕様として設定し、航空当局の基準をクリアする独自の設計基

---

35) ボーイングは 787 の主翼製造を三菱重工業に担当させたが、737 や 747、767、777 の主翼製造は依然として担当している。787 でも主翼の基本的な開発はボーイングが担当している。また、ソフトウェアは、機体メーカー単独ではなくコンピュータメーカーと共同で開発される。

準による基本設計を行い、中核技術を含むすべての部位に要求を落とし込み、最終的に複数のシステムを単一の航空機に統合して組み立てる能力と技術であり、容易に他の航空機メーカーが代替できることでもない。そのため、ボーイングは、開発・製造の多くを外注化するにも関わらず、確固たる技術競争力を発揮できるのである<sup>36)</sup>。

#### 4. 技術と産業の社会的発展の諸要因：イノベーション論との関係で

本節では、前節までの分析の範囲で4つの論点を取り上げて、クリステンセンとアッターバックのイノベーション論を批判的に検討しながら、技術と産業の社会的発展の諸要因を明らかにする。

第1に、製品の技術構造は、社会的要因と技術的要因によって規定される。新製品が開発されても市場に受け入れられなければ産業としては発展せず、社会的要求が存在しても技術的に実現されなければ市場の要求は満たせないのである。以下では、とくに技術的要因について本稿の分析を整理する。

まず、民間航空機では機体構造とエンジンという航空機の構成要素（もしくは要素技術）間の質的な技術的不均衡が相互に発達を促した。高速化に必要なジェットエンジンと主翼形状や、大型化に必要な大型機体と大型・大推力エンジンには、それぞれが同時に開発されるわけではなく、一方の開発が他方の開発を促すという関係がみられる。製品の外面的な形状だけでなく、技術構造内部での技術的合理性が追求されて、工学的な問題が解決されたのである。

次に、製品の構成要素の中でも、固有の技術構造にしたがう中核的な構成要素（もしくは中核技術）を中心に相互作用し、周辺の構成要素（もしくは周辺技術）にも発達が促された。中核技術と周辺技術の区別は、航空機メーカーが内製・外製を判断する基準の1つである。機体構造では主翼、エンジンではタービン、制御システムでは飛行制御システム（電子化後はソフトウェア）が中核技術であり、それらを中心に民間航空機の技術が発達してきた。

比喩的には、機械が作業機・伝動機構・動力機から構成されることに照らし合わせれば、民間航空機の機体構造は揚力を発生させる主翼を備えていることから作業機、制御システムが伝動機構、エンジンが動力機に相当すると例えることもできる。技術の質や革新という意味では、第1期には機体構造とエンジンの基本的な技術構造が確立され、第2期には制御システムが機械式から電子式に代替されたことによって制御装置が自立・分化し、航空機の技術構造を質的に変化させたとみることができる。

さらに、生産過程に沿ってみると、生産工程間の質的・量的な技術的不均衡が相互の発達を促した。高速化に適した主翼が開発されても、大型素材が供給されなければ一体的な切削はで

36) ここまでに述べたボーイングの分業構造の変化は、詳しくは山崎（2011）で実証している。

きない。素材としての大型素材と生産物としての主翼の間には、相互に開発を促し合う質的な技術的不均衡と、一方の生産能力がもう一方のボトルネックになるという量的な技術的不均衡という関係がみられた。アメリカ民間航空機産業では、政府の支援によって航空機用大型素材の製造能力が高められた。

最後に、製品と生産技術の間でも、技術的不均衡が相互に発達を促す関係がみられた。主翼が開発されても、それを技術的に実現するのは NC フライス盤のような生産技術である。大型エンジンと高温高強度のタービンプレード、それを製造する精密鋳造法の間にも同様の関係がみられる。また、民間航空機開発では、風洞試験や高空性能試験のような、製品の開発や信頼性・確実性の検証に用いる技術も不可欠である。製品と生産技術の関係では生産技術が規定的であることから、航空機技術の分析においては、できあがった製品をみているだけでは不十分であり、生産技術の分析が不可欠である。

クリステンセンは、製品開発の社会的側面については興味深い議論を行うが、技術的側面の分析は必ずしも十分ではない。クリステンセンは、業界をリードするアメリカの大手企業が、市場や技術の変化に直面したときに国内外の新規参入企業に地位を奪われ、衰退した理由を分析する。すなわち、既存企業は、生産者と市場の間に存在するバリュー・ネットワークを通じて限定的に市場を認識し、主要な顧客から提示される製品の性能指標にしたがって持続的イノベーションを続ける。ところが、別の性能指標に沿った新興企業による低価格・低品位の破壊的イノベーションには、既存企業は対応できない。その理由は、部品を製造する企業の場合、その製品が他の部品や完成品のアーキテクチャ、それらの生産・販売・修理などを行う企業組織（最終利用システム）の中に入れ子構造のように組み込まれることで、企業はバリュー・ネットワークに「際立ってみられる需要に合わせて能力、組織構造、企業文化を形成」し、新市場に対応できないからである。そして、新しい市場で求められるのは「通常は低価格、シンプル、小型で、使い勝手がよい」「技術的には簡単な」製品であり、その開発・商業化の最大の課題はマーケティングとされる<sup>37)</sup>。

この議論は、市場の要求がどのような経路でメーカーに伝わり、企業活動を制限したのかを説明する点で有益である。民間航空機産業では、第 1 期市場で機体とエンジンの技術的構成が確立されて高速化・大型化が実現され、第 2 期市場では、既存の大手航空輸送会社と、低価格戦略をとる新規参入企業から新たな機材が求められた。ここで、第 1 期市場でプロペラ機市場をジェット化したボーイングとダグラス、第 2 期市場におけるボーイングとエアバスは、市場の要求を認識できたことに加えて、要求を実現する技術開発を行なったことで市場シェア

---

37) Christensen (1997), pp. xv, 23, 32-34, 191-192 (邦訳, 9, 56, 64, 68, 257 ページ)。アッターバックも、既存企業は、「人材、設備、工場、素材、知識など、その技術に関連するあらゆるものに対して莫大な投資を行ってきている」ために、新技術へのシフトが遅れるという (Utterback, 1994, p.163 [邦訳, 197 ページ])。

を拡大できたのである。製品開発と市場の関係の分析としては、社会的側面に加えて、製品の構成要素間（及び中核技術と周辺技術）、生産工程間、製品と生産技術の質的・量的な技術的不均衡を分析する技術論的視点が有効なのである。

第2に、市場構造は、国家の政策や顧客によって社会的に規定され、メーカーの製品類型や技術構造によって技術的に規定される。とくに製品類型という考え方を、アッターバックのドミナント・デザイン論との関係で検討する。

アッターバックによれば、流動期（形成期）には製品イノベーションが多く発生し、市場における顧客からの選択を競う技術競争によって、ユーザーのニーズを満足させるのに最も適した形態であるドミナント・デザインが確立される。ドミナント・デザインが確立されると、製品のデザインは単一のものに集約され<sup>38)</sup>、製品イノベーションの発生率が低下して工程イノベーションの発生率が上昇する移行期を迎える。

ドミナント・デザインを契機としてイノベーションの性格が変わるという論理は、民間航空機産業における第1期と第2期の違いを考える際に参考になった。ただし、ドミナント・デザインという考え方は、単一の製品デザインという場合だけでなく、製品類型からなる市場を設計するという場合にも有効である。なお、アッターバックと共同研究を行なったアバナシーにおいては、自動車エンジン工場の調査にもとづいて製品ラインに言及しており、製品類型と同様の発想がみられる<sup>39)</sup>。

第3に、国家を顧客にもつ産業や企業の分析では、政治・社会構造（軍事・国家）が産業・企業の技術競争力の規定要因となる。

アメリカ民間航空機産業は、軍事を経由した国家の技術開発支援によって圧倒的な技術競争力をもって成長した。逆に、軍事部門への依存がロッキードやマクダネル・ダグラスの経営悪化や新型機開発の停滞をもたらす局面もみられた。開発の初期段階や部品、素材、生産技術のレベルでは軍用と民生用で共通性がみられ、軍事を経由した技術開発支援が民生部門の技術競争力の強化につながる。しかし、軍事部門では軍部、民生部門では航空輸送会社の要求に応えようとするほど両部門の共通性は失われ、部品や素材の発達方向も異なってくる。そのため、民間航空機産業の発展にしたがいで、軍事部門から民生部門への直接的な技術の波及効果は少なくなり、軍事部門が民生部門の足かせになることもある。

クリステンセンのバリュー・ネットワーク論とアッターバックのドミナント・デザイン論では、基本的に市場と企業の相互関係が重視され、国家の存在は周辺的要素の1つとされている。アッターバックは、ドミナント・デザインの成立条件として政府の介入と産業規制に言及

---

38) Utterback (1994), p. xviii (邦訳, 6～7ページ)。

39) Utterback (1994), p.97 (邦訳, 124ページ)。Abernathy (1978), p.112。

する<sup>40)</sup>。しかし、政治・社会構造による規定性が産業の動向と企業の存亡に深く影響する民間航空機産業などは念頭におかれていない。軍事がもたらす産業・企業への影響が極めて大きいアメリカ資本主義の分析や、国家を顧客にもつ産業や企業の分析では、国家による規定性という視点が不可欠である。

第 4 に、産業・企業の技術競争力を規定する分業構造は、市場からのコスト圧力などの社会的要因によって規定され、技術構造における中核技術と周辺技術の区別やシステムの開発・統合という視点から内製・外製が判断される。

民間航空機産業は総合的な加工組立産業であり、ボーイングのような航空機メーカーの技術競争力は分業構造に支えられた。1990 年代からのボーイングでは外注化が積極的に進められるが、製品の構造やシステム、中核技術の開発・製造を内製できることが技術競争力の源泉となっている。クリステンセンのバリュー・ネットワーク論は、分業構造を企業と市場の階層性から論じる点で興味深い。しかし、企業の技術競争力の分析においては、中核技術と周辺技術を区別し、利潤獲得のために重要な生産工程を把握するという技術構造内部まで立ち入った技術論的分析が有効である。

## 5. おわりに

本稿の課題は、民間航空機における技術と産業の社会的発展を時代的に明らかにすることであった。

1950 年代から 60 年代は、経済的・政治的に突出したアメリカ資本主義の発展を背景に高速輸送が求められ、ボーイングとダグラスによってプロペラ機市場がジェット化された。軍用ジェットエンジンをもとに、機体メーカーは風洞試験などによって高速化を可能にする主翼を開発し、NC フライス盤によって技術的に実現した。民間航空機は、製品に固有の技術構造のもとで技術的合理性が追求され、製品の構成要素間（及び中核技術と周辺技術）、生産工程間、製品と生産技術の質的・量的な技術的不均衡を補完するように発達してきた。

1970 年代には大量輸送という社会的要求に応じて、従来は存在しなかった大型・超大型機市場が創出された。機体メーカーのボーイングとマクダネル・ダグラス、ロッキードは大型機体を開発し、エンジンメーカーの P&W と GE、RR は高温高強度のタービンプレードを用いた大型エンジンを開発した。こうして、高速化・大型化に応じた機体とエンジンという基本的な技術構造が確立された。同時に、多数のユーザーに対して少数のメーカーが機材を提供するために、4 種類の製品群からなる民間航空機の基本的な市場構造も確立された。

---

40) ドミナント・デザインの成立条件には、市場における顧客からの選択を競う技術競争以外に、補完資産、政府の介入と産業規制、企業戦略、生産者とユーザーの間のコミュニケーションがある (Utterback, 1994, pp.26-29 [邦訳, 50 ~ 53 ページ])。



アメリカ民間航空機産業は、国内の巨大な航空需要の存在のもとで、軍事を経由した国家の技術開発支援によって急成長した。戦時体制が常態化し、恒常的な軍用機産業が成立したアメリカ資本主義のもとで、アメリカ民間航空機産業の技術競争力は間接的に強化されたのであり、市場における企業間の競争だけが規定要因ではないのである。

1980年代からは、新たな市場の要求のもとで4種類の製品群が更新された。新たな要求とは、航空自由化に起因する競争環境の変化によって航空機に求められたトータル・コストの抑制であった。ここまでに確立された機体とエンジンの機能が洗練される一方で、飛行制御システムが機械式から電子式へと質的に変化したことによって制御装置が自立・分化され、航空機のトータルな経済効率性が増したのである。社会的に2名編成双発機を実現した運航乗務員編成数と双発機運航に関する規制緩和は、マクダネル・ダグラスとロッキードの3名編成3発大型機には不利に作用し、ボーイングとエアバスの2名編成双発機には有利に作用して航空機メーカーの競争関係に影響した。

1990年代からは、航空輸送市場からのコスト圧力が、航空機という製品のレベルだけでなく、生産のレベルにまで及んだ。ボーイングは、エアバスへの対抗上、航空機価格を値下げしても利益を得られるように、内製範囲を縮小させて外注化を進めることで開発・製造コストの抑制を試みた。こうして、複数の制御システムの仕様設定と統合・組立を行うシステム・インテグレータと、制御システムを一体的に供給するシステム・サプライヤというように分業構造が変化してきた。大胆な外注化の一方で、ボーイングは基本設計や統合・組立、中核技術を内製することで航空機メーカーとしての技術競争力を発揮している。こうしたシステム・インテグレータとしての技術競争力は、安全性や経済性に関する要求性能を仕様として設定し、航空当局の基準をクリアする独自の設計基準による基本設計を行い、中核技術を含むすべての部位に要求を落とし込み、最終的に複数のシステムを単一の航空機に統合して組み立てる能力と技術にもとづいており、容易に他の航空機メーカーが代替できることではない。

以上のように、民間航空機における技術と産業の社会的発展は、その技術構造及び製品類型、市場構造、分業構造、政治・社会構造（軍事・国家）によって規定されてきた。それぞれの関係を整理すると、製品類型と技術構造は、分業構造に支えられた企業（メーカー）によって開発・製造され、ユーザーとしての市場や国家によって社会的に規定された。逆に、民間航空機産業における4種類の製品群のように、製品類型と技術構造は、ユーザーとメーカーを媒介する結節点になることで市場構造と分業構造に対して規定的でもあった。分業構造においては、最終組立メーカーは利潤につながる基本設計、システム統合・最終組立や中核技術の外注化は好まず、周辺技術を外注化した。政治・社会構造との関係では、軍用機の場合には国家もしくは軍部が市場に相当し、ユーザーの要求に応じて軍用の製品群がメーカーによって提供された。民間航空機産業では、開発の初期段階や、生産・分業構造における部品、素材、生産技術にお

いて軍事と民生に共通性がみられるために、軍事を経由した国家の技術開発支援が民間航空機メーカーの技術競争力を間接的に強化した。しかし、軍事に特殊な技術発達を求められるために、軍事に特化して民生用には必要とされないような技術開発や企業経営を強いられると、民生部門で競争力を失うという事態もみられた。筆者は、このような技術と産業の社会的発展を、イノベーションもしくは技術革新ととらえ、民間航空機産業を事例として分析を行なった。

#### 参考文献

- 石川潤一 (1993) 『旅客機発達物語：民間旅客機のルーツから最新鋭機まで』 グリーンアロー出版社。  
「応用機械工学」編集部編 (1981) 『航空機と設計技術』 大河出版。
- 久保田弘敏 (1994) 「諸外国の風洞整備状況」『日本航空宇宙学会誌』 42 巻 480 号, 2 ~ 11 ページ。
- 千田奈津子・石倉智樹・杉村佳寿・石井正樹 (2006) 「エアラインの保有航空機材特性」『国土技術政策総合研究所資料』 第 315 号, 6 月, 1 ~ 49 ページ。
- 日本航空株式会社広報部デジタルアーカイブ・プロジェクト編纂 (2002) 『JAL グループ 50 年の航跡』 日本航空。
- 日本航空機開発協会 (2008) 『平成 19 年度 民間航空機関連データ集』 (<http://www.jadc.or.jp/jadcddata.htm>, 2009 年 8 月 11 日閲覧)。
- 三浦安帆 (1985) 「航空エンジン高空性能試験設備の世界的展望」『日本航空宇宙学会誌』 第 33 巻第 376 号, 5 月, 251 ~ 266 ページ。
- 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：ボーイングのシステム・インテグレーションとシステムの一括外注化」『経営研究 (大阪市立大学)』 第 62 巻 1 号, 5 月発行予定。
- (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。
- (2009a) 「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, 11 月, 217 ~ 244 ページ。
- (2009b) 「民生技術に対する軍事技術の影響についての技術論的考察：技術の利用・取得・移転をめぐって」『経営研究 (大阪市立大学)』, 第 59 巻第 4 号, 3 月, 279 ~ 301 ページ。
- (2008) 「アメリカ軍事産業基盤のグローバルな再構築～技術の対外「依存」と経済的な非効率性の「克服」～」『経営研究 (大阪市立大学)』, 第 59 巻第 2 号, 7 月, 47 ~ 73 ページ。
- (2007) 「アメリカの軍事技術開発と対日『依存』」(中本悟編『アメリカン・グローバリズム：水平な競争と拡大する格差』 日本経済評論社, 第 5 章所収)。
- (2006) 「対日『依存』問題と米国の技術収奪」『経営研究 (大阪市立大学)』, 第 57 巻第 3 号, 11 月, 99 ~ 120 ページ。
- 山崎正勝 (2001) 「技術の社会構成主義の批判的検討」『技術史 (日本科学史学会技術史分科会)』 第 2 号, 10 ~ 17 ページ。
- Abernathy, William J. (1978) *The productivity dilemma : roadblock to innovation in the automobile industry*, Baltimore : Johns Hopkins Univ. Pr..
- AIA, Aerospace Industries Association of America (2006) *Aerospace Facts and Figures*, Los Angeles : Aero Publishers.
- Christensen, Clayton M. (1997) *The innovator's dilemma : when new technologies cause great firms to fail*, Boston, Mass. : Harvard Business School Press (伊豆原弓訳『増補改訂版 イノベーションのジレンマ：技術革新が巨大企業を滅ぼすとき』 翔泳社, 2001 年)。
- Newhouse, John (2007) *Boeing versus Airbus : the inside story of the greatest international competition*

*in business*, New York : A.A. Knopf.

————— (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)。

Tyson, Laura D'Andrea (1992) *Who's Bashing Whom? : Trade Conflict in High-technology Industries*, Washington, DC : Institute for International Economics (竹中平蔵監訳, 阿部司訳『誰が誰を叩いているのか : 戦略的管理貿易は, アメリカの正しい選択?』ダイヤモンド社, 1993年)。

Utterback, James M. (1994) *Mastering the dynamics of innovation : how companies can seize opportunities in the face of technological change*, Boston, Mass. : Harvard Business School Press (大津正和・小川進監訳『イノベーション・ダイナミクス : 事例から学ぶ技術戦略』有斐閣, 1998年)。

