

# 第1章 航空機の市場競争力とニッチ

## 1.1 はじめに

米国でクリントン政権が発足してまもなく「誰が誰を叩いているのか」[1]という本が日本でも話題になった。そのなかの以下のような議論は日本にもそのまま当てはまる。「ハイテク産業が国の経済的厚生にとって重要なのは、輸出や高賃金・高技能の雇用、生産性、R&D に目に見えて貢献しているだけでなく、国全体の技術能力を測り知れないほど向上させているからである」、すなわち、日本にとって国産航空機が重要なのは、単に売って儲けるためではない。飛行機を買ってくることで獲得できない、生産することによってはじめて身につく地域的な技術能力があり、それはなかなか国境を越えて伝わってこないからである(ハイテクにおける技術波及の地域性と呼ばれる)。

なぜそのような技術能力が必要なのか。よくいわれる典型的な答えは、航空機産業が技術集約産業であり大きな裾野産業を持つことである。しかし、それだけが重要な理由ではない。それとは異なる答えのひとつは「危ない飛行機が今日も飛んでいる(下)」[2]の次の一節にある。「ボーイング 777 が安全で異常のないことを証明するためにテストのうち、95%は、FAA がボーイングのなかから選んだ代理検査官によって行われていた。しかし、ボーイングの技術者は、777 の本体とそのシステムのテストを FAA のかわりに行っていただけではなかった。テストの項目も彼らがつくっていたのだ。彼ら自身が可否の基準を決め、テストを実施し、飛行機の可否を最終的に判断するのである。もちろん、合格に決まっている。」すなわち国産航空機を開発生産する技術能力を持ってはじめて航空機の安全性を批判的にチェックすることができるのである。

## 1.2 新規参入は可能か？

経済学的にみると、商業用航空機製造業のコスト構造は、比較できないほど規模の利益が増大することに特徴づけられている[1]。一方、この規模の経済性を享受するほど世界市場の大きさはない。したがって生産効率のみから判断すれば、航空機製造業は自然独占へと向かうといわれている。

新しい航空機を開発するには、製造業者は市場に隙間(ニッチ)を見つけなければならない。ニッチは航空機の大きさや航続距離、技術革新によってもたらされる。また、特定の型の航空機に対する市場は小さいので、最初に参入したかどうかの有利さが、しばしば成功と失敗の分かれ目になる。さらに、技術と部品が共通する機種群を開発することで、製造業者はより効率的に生産することが可能である。ところが機種群の開発は、特定の機体についてはますます市場を狭めることにもなる。製造業者は新機種開発に相反する悩みを抱えており、自然独占にある企業にとって新型機開発のコストとリスクは導入を遅らせる大きな要因となる。

一方で、航空機の利用者である航空輸送業者—エアラインにおけるサービスの生産性と質は、製造業における生産効率のみでなく、製品差別化、技術的な進歩にもかかっている。たとえば、異なる路線需要に対応できるさまざまな機体の開発や、技術革新による運航コスト削減がエアラインにとって望ましい。製造業者と利用者の間にはある種の緊張があり、市場のサイズは小さいにもかかわらず航空機製造業が自然独占となることはないと考えられる。

したがって新規参入の余地はあると考えられる一方、そのためのハードルは限りなく高く、完全な商業ベースでの新規参入はほとんど無理に近いといえよう。文献 1 によれば、米国においては過去の民間航空機の開発が軍事技術の開発に依存していたばかりでなく、B707 の場合には工場さえ提供されていたという。さらにかつては企業が倒産の恐れがある場合常に政府が救済してきた。また、エアバスの場合、アメリカ側の評価によれば A300 は 100%公的資金によって開発され、A320 でも 75%を公的資金が負担して

いるという。これから新規参入を行う場合、欧米の例から見て 20 年以上に及ぶスパンで公的資金を投入する覚悟が必要であろう。

### 1.3 純国産機の開発生産は可能だろうか？

ここで文献 1 から引用した Table 1.1 を見てみよう。この表は各国のハイテク産業の中でどの分野がその国の輸出に大きな割合を占めているかを示している。日本ではエレクトロニクスが大きな力を持っていることが分かる。また、先進諸国の中で日本は化学・医薬品分野で相対的に力を落としており、最近政府がこの分野に力を入れようとしている背景が見て取れる。ところが、航空機・航空機部品は圧倒的に低レベルで、日本の航空機産業が国内のハイテク産業の中でまったく力を持っていない。純粋にわが国の輸出を増やすことだけを考えるなら、日本のハイテク産業はエレクトロニクスに特化し、航空機はアメリカから買ってくるのが一番である。

逆に、アメリカの航空機産業は国内で圧倒的に大きな力を持っており、この産業がアメリカで産業界の王座を占めていることが如実に示されている。一方、EC9 カ国も航空機産業の力を伸ばしており、エアバス社の躍進を物語っている。また、この表からもうひとつ読み取れることは、日本よりもアジア NIEs で航空機産業が高い比重を占めていることであろう。

新型航空機開発には、巨大なリスクとコストが伴う。このような投資に対しては、垂直統合と合弁事業の手法がしばしば用いられてきた[1]。実際米国でも、ニューディール以前は政府の手で航空輸送会社・エンジン製造業者・機体製造業者の垂直統合が組織されてきた。例えば、ユナイテッド航空とボーイング社、プラット・アンド・ホイットニー社は、そうした事業体のひとつであった。現在ではそのような統合組織の実現にあまり現実味はない。それでもあえて垂直統合をすれば、航空機産業・エアライン・エンタテインメントを統合し、東南アジアの孤島に専用ハブ空港を作り大型テーマパークを設置したら人気を呼んで採算が取れるかもしれない。

Table 1.1 主要国の代表的なハイテク製品における比較優位

製品グループ	米国		日本		アジア NIEs <sup>a</sup>		EC 9カ国 <sup>c</sup>		ドイツ		フランス		英国		イタリア	
	70-	86-	70-	86-	70-	86-	70-	86-	70-	86-	70-	86-	70-	86-	70-	86-
	73年	89年	73年	89年	73年	89年	73年	89年	73年	89年	73年	89年	73年	89年	73年	89年
全ハイテク製品	219	192	80	133	54	110	99	91	111	91	97	105	132	133	79	62
化学・医薬品	111	124	86	47	45	46	123	130	159	132	99	156	103	122	114	84
機器	156	145	93	144	21	68	108	97	140	129	105	114	141	110	79	65
エレクトロニクス	212	168	110	200	132	190	95	71	99	57	97	72	113	122	88	53
航空機・航空機部品	440	416	6	7	16	20	63	91	20	79	87	148	175	178	41	63
科学器具	217	208	86	100	15	43	103	109	138	135	93	95	135	199	53	54

a. 当該国・地域の世界の工業製品輸出におけるシェアに対する、当該製品グループについての同国・同地域のシェアの比。ハイテク製品はグリエリ＝ミラナの分類法の定義による（表 2-1 参照）。

b. 香港、韓国、シンガポール、台湾の新興工業国。

c. ギリシア、ポルトガル、スペインの加盟以前の EC 加盟国。

資料：SIE-World Trade Data Base; Paolo Guerrieri and Carlo Milana, "Technological and Trade Competition in High-Tech Products" *BRIE Working Papers* 54 (Berkeley: University of California, Berkeley), October 1991.

一方、合弁事業は国際共同開発の名のもとに盛んに行われている。したがって、国産機といえども国際共同開発となることはやむを得ない。日本が主導権を持って開発を進めるには、アジアの 1 パートナーとしてアジア諸国に加わり、アジア版エアバス社を立ち上げることが大いに有望であろう。アジアで航空機

を開発することは技術波及の地域性の点でも十分意義があると思われる。またアジア全体の技術能力を高め、交通インフラを整備するという意味で公的資金が有効に利用できるとも考えられる。

#### 1.4 ニッチはどこに？

アジア版エアバス機を開発するとして、どのような航空機を開発したらよいであろうか。これは実際のところかなりの難題である。B747 すら導入当時には製造中止と紙一重であり、ボーイング社は破産間際だった。A300 もまた導入からしばらくはほとんど売れなかった[1]。しかし、これらはともにその後の需要が伸び、ボーイングとエアバスは現在の市場に確固たる地位を築くにいった。また、A320 の場合、プライベートワイアという新技術が市場にニッチを作ったと指摘されている。現在では、ボーイングもエアバスも機体ファミリーを作ってニッチを逃さないようにしており、既存の技術で単に機体サイズや航続距離による機体の差別化を行うことは難しいと考えられる。

そこでスピードによる差別化、すなわち超音速機の開発が考えられる。ここ数年、日米欧で次世代超音速旅客機の開発機運が盛り上がったが、現在はまたトーンダウンしているようである。これにはさまざまな側面があると思われるが、ひとつの問題は大型機を開発を目指していたことが挙げられるであろう。ここでボーイング web サイトからとった今後 20 年間の航空機需要予測を示す[3]。

この図から、例えば 300 席級の航空機を開発する場合市場サイズはおよそ 2000 機で、新型機の損益分岐点を 600 機とするなら市場の 1/3 を獲得する必要があることが分かる。ところが、超音速機は原理的に燃料を燃やしてスピードを稼いでいるのであって、運航費はどうしても上昇する。効率のよい遷音速機に対して、市場の 1/3 を獲得することは難しいと思われる。そのうえ、大型機になればなるほど、騒音などの環境問題もシビアになり、ますます実現性が遠のく。

一方、超音速飛行による時間短縮に対してプレミアムを払うのはビジネス客であり、ビジネス客は全旅客のおよそ 2 割を占めていると考えれば、大雑把に言って超音速機は市場の 2 割を占めることができるであろう。仮に 15% のシェアを取るとすると 600 機の損益分岐点に到達できる機体サイズは、170 席以下の Regional Jet あるいは Single-aisle 機だけである。また、小型になれば環境へのインパクトも小さくてすむ。すなわち超音速小型機こそが求めるニッチである。

このような小型機はそもそも長距離輸送を意図しておらず、近・中距離のコミュタ用である。例えばマッハ数 2 で飛ばせば、東京－香港は約 2 時間、日帰り圏内となる。もともと、大型の超音速旅客機の需要があると考えられていた路線の上位 20 路線中 9 路線は東京を起点としており (Table 1.2)、さらにその上位 6 路線中 5 路線はアジアおよびハワイを目的地としている[4]。したがって、東京－ホノルルを飛べるような超音速機を開発できれば、東京を起点とする 9 つの主要な路線のうち 6 路線をカバーできる。(その上、大西洋路線は東京－ホノルルより短いのである。)特にアジアの地域内航空輸送をターゲットとするならば、ほとんどの路線は海洋上を飛ぶことになり、ソニックブームによる騒音問題も軽減される。

実際の旅客数からも、このようなアジアをターゲットとした航空機に需要があることが裏付けられる。Table 1.3 は、出国先別出国空港別旅客数 (日本人のみ) をまとめたものである[5]。このうち、特に近距離の台湾・韓国を除いたアジア各国及びハワイへの日本人の出発旅客総数は全日本人旅客の半数に相当する。このうちの 1 割が超音速機を利用するとして、年間 80 万人が利用することになる。単純計算をすると、1日あたり 2,200 人、日本発の 20 路線で超音速機が飛ぶとして、1機あたり 110 人の乗客数が見込めることになる。

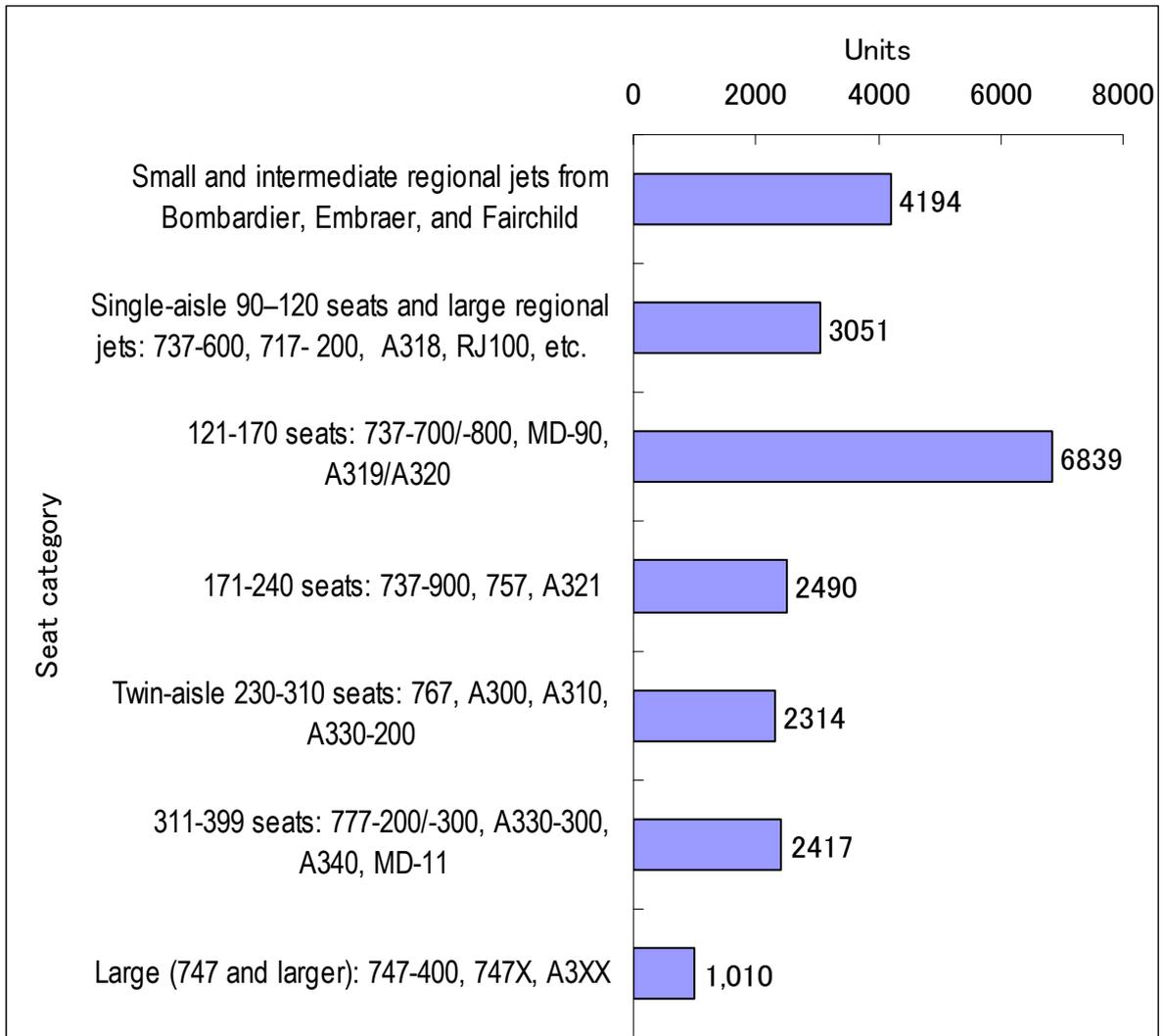


Fig. 1.1 ボーイング社による市場予測(2000-2019)

Table 1.2 東京を起点とするマッハ 2.2 による超音速飛行

路線(需要順)	距離(km)	non stop (hr)	1 stop (hr)
東京ーLA	8786	4.3	6.8
東京ー香港	2905	1.8	
東京ーシンガポール	5326	2.8	
東京ーホノルル	6165	3.1	(距離は 3329NM に相当)
東京ーバンコック	4611	2.9	
東京ーマニラ	3020	1.8	
東京ーNY	10832		9.1
東京ーパリ	9724		8.0
東京ーシドニー	7820	3.9	5.9

このような超音速航空機は、サイズも航続距離もほぼコンコルドの後継機そのものである。コンコルドの商業的失敗にはいくつもの理由が挙げられている。たとえば、騒音問題、開発に時間をかけすぎたこと、燃費が悪いことなどである。また、コンコルドの運用コストは B747 に比べ、燃料費が2倍、保守費が4倍、運行費用約3.5倍といわれている[6]燃費の悪さはスピードとのトレードオフだと割り切れば、燃費に比べ保守費の突出が目につく。これから必要とされる技術革新は、メンテナンスフリーの機体を導入することであろう。この点で、熱問題のためいっそう難しくなるではあるが、複合材による知的構造システムの実用化に期待がかかる。

Table 1.3 平成9年出国先別出国空港別旅客数

	成田	関西	新千歳	仙台	羽田	名古屋	広島	福岡	全空港
北米西海岸	926,126	399,864	17	215	0	21,861	29	0	1,348,526
北米東海岸	832,658	179,724	322	201	0	96,815	170	926	1,110,983
ハワイ	1,040,918	496,514	71,143	40,252	62,916	261,018	11,595	142,658	2,132,504
Guam・サイパン	718,353	442,483	28,665	52,122	0	225,357	13,402	62,472	1,557,927
香港	536,239	251,880	14,279	21,048	0	104,682	18,433	69,665	1,038,406
台湾	248,751	187,487	1,136	6,769	179,421	107,764	5,238	93,844	869,573
韓国	583,437	387,705	23,330	34,479	0	244,309	38,832	227,741	1,676,429
中国	454,209	319,212	644	10,674	0	72,022	9,104	106,439	992,208
マレーシア	129,698	66,866	0	0	0	26,589	91	24,889	248,431
シンガポール	394,543	232,312	183	27,749	0	90,642	29,398	58,026	835,180
タイ	479,946	252,273	0	173	0	48,135	259	33,802	815,380
インドネシア	207,889	98,123	0	319	0	42,425	0	21,936	372,750
フィリピン	212,205	68,370	0	130	0	20,897	233	16,077	317,912
西南アジア	60,322	33,402	0	0	0	691	0	4,048	98,463
中近東	5,960	0	0	0	0	13	0	0	5,973
オセアニア	518,590	252,802	16,036	543	0	118,219	800	46,278	957,218
ヨーロッパ	1,436,242	626,309	2,784	531	0	96,596	542	1,012	2,180,560
アフリカ	19,216	20,277	0	0	0	1	0	0	39,494
中南米	30,438	5,033	0	0	0	3,627	0	0	39,098
全方面	8,835,740	4,320,636	158,539	195,205	242,337	1,581,663	128,126	909,813	16,637,015

網掛け合計  
8,310,698

注) 出国先は「最初の訪問国」を集計したものである

## 1.5 超音速リージョナルジェット機

以上のような考察から、アジア版エアバスによるビジネス客をターゲットとした超音速リージョナルジェット機(SSRJ)を提案する。このような航空機があれば、東京ー香港が片道2時間、日帰り圏内となる。

超音速機が売るのは、時間である。筆者が学生の頃には、旅行をするために新幹線に乗ることなど考えられなかったが、今では新幹線を利用せずに旅行することなど考えられない。また、同じく学生の頃は東北新幹線がまだない時代であったため、東京ー仙台を日帰りで行き来することなど考えられなかったが、今や日帰り出張は日常茶飯事である(東京から仙台にたまたま来た人は一泊してのんびり旅行気分を楽しみたいところであろうが、毎月のように仙台から東京に出張する身ともなれば、さっさと帰って家族の顔を見てのんびりする方がよいのである)。東京ー香港の間でもいつかそういう日が来るに違いない。

以下の節では、このような SSRJ の概念設計を行ってみたい。筆者の専門は元々空力であり、今回の概念設計自体は、市販の教科書[7,8]に従って行う初歩的なものである。特に超音速機用の具体的なデータを入手することが難しく、分からないときは教科書にある遷音速機のデータから割り増したり、またはそのまま流用したりした。従って、特にコストの計算は非常に大雑把な内容となったが、話題提供の一助としてお役に立てば幸いである。

## 1.6 ミッション要求

ソニックブームの影響を考えると超音速時には海洋上を飛行するのが望ましい。急激な経済の発展を続ける東アジアは地形的にも超音速運航が比較的適している。そこで、東京ーシンガポール(3,000nmi)、東京ー香港(1,800nmi)等の路線の航続距離をカバーできる東京ーホノルル(3,400nmi)を考える。この航続距離はまた、ニューヨークーロンドン等の大西洋路線もカバーできる。以下に飛行プロフィール(Fig. 1.2)およびミッション要求を示す。

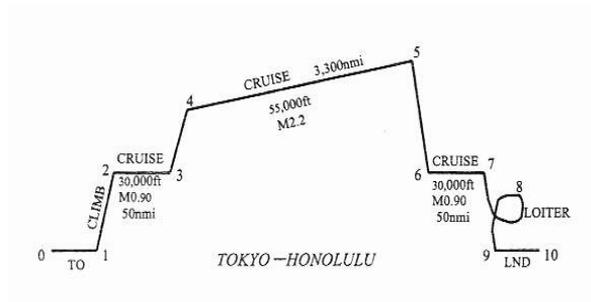


Fig. 1.2 飛行プロフィール

- 航続距離 3,400 n.miles (6,300km)
- 巡航速度 マッハ数 2.2 (超音速), 0.9 (遷音速)
- 乗客 80 人
- ペイロード 15,840lb (7,200kg)  
一人当たり約 90kg (手荷物 18kg含む)
- 乗員 5 人(pilot, co-pilot, cabin crew×3)
- ロイター 30 分

## 1.7 サイジング結果

文献7に基づくサイジングの結果、最大離陸重量  $W_0$  は 359,181lb となった。ちなみにコンコルドは、 $W_0 = 408,000lb$  である。サイジング結果から予想される機体諸元と離着陸距離をコンコルドと比較して Table1.4 に示す。

L/D、SFC の算定は、British Aerospace 社の研究を参考にした。同社の研究によると、新しく開発される SST はコンコルドに比べて、L/D(巡航)が 27.5%よくなり、SFC が 10.5%低くなる[9]。なお、ベースとなるエンジンについては、Tu-144 に用いられた Samara/Trud NK-321 の性能を参考にした。

Table 1.4 機体諸元と離着陸距離

	SSRJ	コンコルド
最大離陸重量	347,087lb	408,000lb
全長	50.25m	62.10m
翼幅	25.7m	25.56m
翼面積	300 m <sup>2</sup>	358.25 m <sup>2</sup>
アスペクト比	2.2	1.7
L/D		
遷音速巡航	12.5	≈10
超音速巡航	10	≈8
ロイター	11	≈8.6
SFC		
遷音速巡航	0.97	1.08
超音速巡航	1.056	1.18
ロイター	0.95	1.06
離陸距離 (FAR25)	2,829m	3,541m
着陸距離 (FAR25)	1,968m	2,092m

## 1.8 DOC 算定

航空会社は、機体導入に当たって特に概念設計の時点で概ねの予算を考えなければならない。このための最も一般的な手法が Direct Operating Cost (DOC)を算定するものである。一方、Indirect Operating Cost (IOC)と呼ばれる機体のタイプに関係しない経費があり、一般諸経費・設備費・サービス費・広告費等からなる。従って、機体を所有し、運営していくコストは IOC と DOC の和となっている。

文献8に従い機体のタイプに関する DOC を算定してみよう。Fig. 1.3 は DOC の主な内訳である。Standing charge とは、1. 減価償却費、2. 投資に対する利子、および 3. 保険の総和である。

1. 減価償却費(Depreciation):25年(減価償却期間)後に残る機体価値が原価の10%であるとした。

$$\text{depreciation costs/year} = \text{investment cost} \times 0.9/25$$

2. 利子(Interest):投資に対する利子を年率6%とした。

$$\text{interest/year} = \text{investment cost} \times 0.06$$

ここで、

$$\text{investment cost} = \text{aircraft cost} + \text{sparcs cost}$$

sparcs cost : 機体の交換部品のコスト

とする。

3. 保険(Insurance):保険料を機体価格の1.5%とする。

$$\text{insurance/year} = \text{aircraft cost} \times 0.015$$

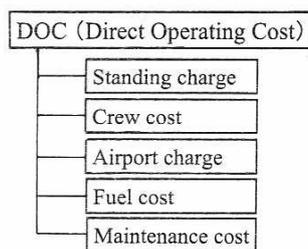


Fig. 1.3 DOCの内訳

また、Airport charge には、着陸料、ナビゲーション料、施設使用料が含まれる。ここで、主な数値は遷音速機のデータをそのまま使用し、機体価格でいくつかのケースを想定することにした。

DOC 計算は機体製造価格によってかなり変化する。しかし、前例のない超音速リージョナル旅客機であるため機体価格は容易に推定できない。そこで、機体価格を①\$M120、②\$M150、③\$M180、④\$M210 の4通りとし、エンジンを2発と4発の2通りで計算して、表5と表6に示す。また、この機体をシンガポール、香港に運航させたときの DOC も示してある。ちなみに遷音速機のデータを元に今回の機体価格を算定すると約\$M80 である。一方、Boing777 の機体価格は約\$M150 である。新技術による新機体という観点から 777 並みの価格設定とした。

Table 1.5 エンジン 2 基の場合の機体価格別コスト

エンジン2基	DOC/ASM (cent)			
	①	②	③	④
To Honolulu	14.69	15.67	16.64	17.62
To Singapore	15.53	16.62	17.71	18.79
To Hong Kong	18.12	19.32	20.52	21.71

Table 1.6 エンジン 4 基の場合の機体価格別コスト

エンジン4基	DOC/ASM (cent)			
	①	②	③	④
To Honolulu	15.30	16.31	17.31	18.32
To Singapore	16.18	17.30	18.41	19.53
To Hong Kong	18.88	20.11	21.34	22.57

注) DOC/ASM : DOC / aircraft seat nmi

DOC/ASM の大きさの参考として例を挙げると、Boeing737 の機体の DOC/ASM は約 5 セントといわれている。SSRJ の機体価格を 737 並みに引き下げたとしても DOC/ASM は約 12 セントとなり、今回の結果から SSRJ の DOC/ASM はかなり割高になることは否めない。

## 1.9 SSRJ の技術的・経済的可能性

日本では、滑走路長が 3,500m 以上の空港は少ないため、今回の概念設計で離陸距離の算定結果が 3,000m を下回っていることには大きな意義がある。仮に騒音などの諸問題を考慮しなければ、今回想定した SSRJ なら滑走路長が 3,000m(1998 年 3 月整備済)の仙台空港にも発着可能である。(ちなみに、現在仙台－香港間には A322 が就航している。)従って、SSRJ の技術的可能性は非常に有望である。

一方、SSRJ の経済性については当然ながらかなり見通しが難しい。特にエンジン性能及び航空機の機体価格をどのように設定するかは大きな問題を含んでいる。価格面でコストを積み上げていけば遷音速機より割高になることは避けられず、経済的な失敗は避けられないであろう。従って、適切な価格をまず設定し、そこに向かってコスト削減を図らざるを得ない。そのためには、適切な運行パターンを設定し、より正確な DOC 算定を行う方法を研究する必要がある。

## 1.10 6 兆 4990 億円

これは「あの金で何が買えたか」[10]によれば、住専 1 次損失の額(96 年 2 月)である。これだけのお金があれば、国際宇宙ステーション計画の半額を負担し、世界のすべての地雷を除去することができるのだそうだ。超音速機の開発費はおよそ 2 兆円といわれている。国際宇宙ステーションのかわりに超音速機を開発すれば、世界の地雷を取り除く傍らで、完成した超音速機を世界の国々にただでばら撒くことができそうである。ついでにスピルバーグに超音速機のプロモーションビデオを作ってもらおうとよいかもしれない(制作費 1 億 8 千万円[10])。

### 参考文献

- [1] ローラ・D・タイソン, 「誰が誰を叩いているのか」ダイヤモンド社, 1993 年.
- [2] メアリー・スキアヴォ, 「危ない飛行機が今日も飛んでいる(下)」草思社, 1999 年.
- [3] <http://www.boeing.com/commercial/cmo/5apb5.html>, internet access on December 12, 2000.
- [4] 日本航空機開発協会市場調査部, 平成 8 年度超音速輸送機開発調査市場調査報告書, 1997 年.
- [5] 運輸省航空局, 平成9年度国際航空旅客動態調査.
- [6] Owen, K., *Concorde and the Americans*, Smithsonian Institution Press, Washington, 1997.
- [7] Raymer, D. P., *Aircraft Design: A Conceptual Approach*, Second Edition, AIAA, Washington, DC, 1992.
- [8] Jenkinson, L. R., Simpkin, P., and Rhodes, D., *Civil Jet Aircraft Design*, Arnold, London, 1999.
- [9] Jackson, P., *Jane's ALL THE WORLD'S AIRCRAFT 1999 – 2000*, Butler and Tanner Limited, London, Jane's Information Group Inc, p. 254, 1999.
- [10] 村上龍, 「あの金で何が買えたか」小学館, 1999 年.