

民間航空機産業のグローバル「多層」ネットワーク

溝田 誠吾

本稿では、民間航空機と搭載されるエンジンから構成される民間航空機産業のうち航空機体2大メーカーのボーイング社とエアバス社のグローバル「多層」ネットワークの実態を明らかにすることが課題である。

目 次

．ボーイング社とエアバス社の対抗関係	2
1．新機種の開発戦略の動揺	3
2．2大メーカーのグローバル・シェア	3
3．国際共同開発 - 開発費の推移	5
4．エアバス社の国際共同開発	7
．B777の新しい開発手法 - 「ワーキング・トゥギャザー」	8
1．全日本空輸の「ワーキング・トゥギャザー」の提案件数	11
2．日本航空の提案	12
．ボーイング社のグローバル「多層」ネットワーク	13
1．アセンブリーメーカーとサブコントラクター/ サプライヤーの関係変化	13
2．ボーイング社のグローバル「多層」ネットワーク	15
3．ボーイング社の圧倒的イニシアティブ	16
4．グローバル・ネットワークによる補修部品調達	19
．エアバス社のグローバル「多層」ネットワーク	23
1．EADS社の成立とその構成企業	23
2．国際共同開発と生産分担	24
3．エアバスの開発と生産のグローバル「多層」ネットワーク	25
4．A380で採用された新素材と新工法	26
5．A380の開発・製造分担	27
6．エアバス社のグローバル「多層」ネットワークの特徴	31
編集後記	36

・ボーイング社とエアバス社の対抗関係

1916年に創業された旧ボーイング飛行機社は61年5月ザ・ボーイング社に改名し、97年8月にはライバル企業のMD社を傘下に統合し、全米に50カ所余り、従業員22万人、売上高520億ドルを擁する一大航空機・宇宙機器メーカーの新生ザ・ボーイング社としてスタートしてロッキード・マーチン社と強いアメリカの象徴としてのアメリカ航空機・宇宙機器産業を二分する巨大企業が成立することになった。

同社は、さらに2000年10月に通信・放送衛星製造市場で40%以上のシェアをもつヒューズ・エレクトロニクス社の衛星製造・情報・通信事業を買収した。これによって、これまで保有した打ち上げ用デルタ・ロケットの製造、打ち上げサービス事業に加えて、衛星に関する一貫サービス体制を構築してロッキード・マーチン社（本社＝メリーランド州ベセスダ、事業部門6、売上高239億ドル、従業員12.5万人）と対抗する世界最大の宇宙企業になった（表1）。

同社の事業構造をみると、民間航空機（2002年、売上構成52.5%）、軍用機・ミサイル（25.9%）、宇宙・通信（20.3%）、顧客融資（1.8%）となっている^{1)T}。

表1 ボーイング社の売上高構成

上段＝売上高（Revenues）、下段＝売上高構成比

（単位：\$Mil）

	民間航空機	情報・宇宙・防衛	軍用機・ミサイル	宇宙・通信	顧客融資 その他	顧客融資	その他	会計差 / 除外	合計
1997	27,479 (60.0%)	18,125 (39.6%)						196 (0.4%)	45,800 (100%)
1998	36,998 (65.9%)		12,990 (23.1%)	6,889 (12.3%)	612 (1.1%)			-1,335 (-2.4%)	56,154 (100%)
1999	38,475 (66.3%)		12,220 (21.1%)	6,831 (11.8%)	771 (1.3%)			-304 (-0.5%)	57,993 (100%)
2000	31,171 (60.7%)		11,924 (23.2%)	8,039 (15.7%)		728 (1.4%)	303 (0.6%)	-844 (-1.6%)	51,321 (100%)
2001	35,056 (60.2%)		12,451 (21.4%)	10,364 (17.8%)		863 (1.5%)	365 (0.6%)	-901 (-1.5%)	58,198 (100%)
2002	28,387 (52.5%)		13,990 (25.9%)	10,967 (20.3%)		994 (1.8%)	544 (1.0%)	-813 (-1.5%)	54,069 (100%)
2003									49,000

注1) 1999-2001年は2001 Annual Report、2002 Annual Report、2003年見込みは第4四半期財務実績発表（2003.01.30）に依る。

注2) 1998年9月1日から情報・宇宙・防衛グループは軍用機・ミサイルと宇宙・通信に2分割された。出典）財団法人日本航空機開発協会『民間航空機関連データ集』、2002年、-20。

1. 新機種の開発戦略の動揺

90年代後半までの「世界の民間航空機市場のシェアの2/3を維持する」という目標を掲げたボーイング社の地位の揺らぎの兆候があらわれはじめた。世界の航空機市場の最近の動向をまとめたビジネスウイーク誌は、「ボーイング社は、民間航空機から撤退するつもりか」という刺激的な見出しを付けたほどであった。

同社の新型機の開発計画が、ハイテク技術を詰め込んだ新型機 B777 の開発を最後に凍結されるなど、難航している。たとへば、ジャンボ機の全面改良や音速に近いスピードの「ソニック・クルザー」の開発がそれで、さらに「7E7」(200~250 座席)は、2008 年の就航をめざし、機体に複合材を使用して燃費効率を 15~20%を改善させるとともに、航続距離 15,000km と大型 4 発旅客機並みに伸ばし、既存の B767 の更新需要を着実に狙う戦略で、そのために機体価格を引き上げるために、新工場の選定にあたってはこれまでの製造の中心工場であるシアトルには拘わらないらしいという。

この B7E7 の開発の目的は、基幹空港から地方空港へのローカル便を伸ばす「ハブ・アンド・スポーク型」から基幹空港を持たず地方空港間を直接に結ぶ「ポイント・トゥ・ポイント型」に変わると予想していることによる。

売上高に占める民間航空機部門の比率が、じりじりと低下、今年1~3月期までの第1~4半期に前年同期比 31%の減収で、売上構成でも同部門は5割を下回り、これに対して戦闘機やミサイルを擁する防衛部門を 18%増加させ、さらに結果的にイラク戦争はボーイング社の防衛部門への依存を浮き彫りにさせることになった。また新規受注でもエアバス社の後塵を拝する展開が続いている²⁾。

2. 2大メーカーのグローバル・シェア

2001 年現在のボーイング社の民間航空機部門は、350 億ドル(同社の全売上高の 60.2%を占める)に対してエアバス社の売上高は 205 億ドル(ボーイング社の約 60%を占める)である。2001 年現在の両社の民間航空機部門のシェアを見ると、受注機数ではボーイング 329 機(54.6%)、エアバス 274 機(45.4%)、納入機数ではボーイング 526 機(61.8%)、エアバス 325 機(38.2%)、受注残ではボーイング 1,358 機(47.1%)、エアバス 1,490 機(51.7%)、運航機数ではボーイング 7,718 機(60.1%)、MD(マクダネル・ダグラス)2,642 機(20.6%)、エアバス 2,326 機(18.1%)、その他が 155 機(1.2%)となっている。これによると、エアバス社の受注のシェアが 99 年に 58.2%と 70 年の成立以降はじめてボーイング社を凌駕し、2001 年も同社と拮抗している³⁾。さらに詳しく対抗機種別のシェア(2002 年現在)をみると、最小型部門の A320 ファミリー対 B737 は、397 機が発注され、A320 ファミリーは 59%の 235 機、次

表2 民間ジェット輸送機の受注機数の推移

Year	ボーイング													エアバス										その他			合計						
	BOEING													AIRBUS										LOCKHEED				BAC/Sud					
	707/720	717	727	737	747	757	767	777	DC8	DC9	M80	M90	D10	M11	小計	ジェット	A300	A310	A318	A319	A320	A321	A330	A340	A380	小計		ジェット	L10	CON	OTH	小計	ジェット
1971	9	26	48	7	4	24	18	136	(85.5%)	6	3	3	3	6	(3.8%)	6	15	10	11	17	11	34	59	17	159	(10.7%)							
1972	18	119	14	18	28	73	31	243	(79.7%)	3	0	0	0	3	(1.0%)	3	0	0	0	0	0	15	26	59	305	(19.3%)							
1973	12	92	42	25	41	73	31	275	(91.4%)	0	0	0	0	0	(0.0%)	1	1	0	0	0	0	0	0	18	301	(8.6%)							
1974	15	88	47	31	41	92	31	235	(92.5%)	1	1	1	1	1	(0.4%)	1	1	0	0	0	0	0	0	0	254	(7.1%)							
1975	9	50	35	20	21	144	9	144	(88.3%)	17	17	17	17	17	(10.4%)	17	2	0	0	0	0	0	0	2	163	(1.2%)							
1976	5	113	39	14	35	16	222	(91.4%)	7	7	7	7	7	7	(2.9%)	7	0	0	0	0	0	0	0	14	243	(5.8%)							
1977	14	133	37	44	22	23	34	307	(91.6%)	23	23	23	23	23	(6.9%)	23	0	0	0	0	0	0	0	0	335	(1.5%)							
1978	6	125	145	74	38	71	45	572	(86.4%)	65	65	65	65	65	(9.8%)	65	0	0	0	0	0	0	0	25	662	(3.8%)							
1979	1	98	77	75	0	47	27	372	(71.4%)	61	50	61	50	61	(21.3%)	36	1	1	1	1	1	1	1	38	521	(7.3%)							
1980	21	76	96	51	64	13	6	353	(88.5%)	19	10	19	10	29	(7.3%)	11	3	3	3	3	3	3	3	17	399	(4.3%)							
1981	0	30	121	23	3	7	2	213	(82.9%)	35	4	35	4	39	(15.2%)	5	0	0	0	0	0	0	0	5	257	(1.9%)							
1982	5	11	71	14	2	2	87	240	(80.0%)	3	2	3	2	5	(2.0%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	245	(0.0%)							
1983	15	1	64	24	26	16	43	191	(96.5%)	0	6	0	6	6	(3.0%)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	198	(0.5%)							
1984	0	130	22	2	10	117	6	287	(78.6%)	11	11	11	11	51	(20.0%)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	365	(1.4%)							
1985	0	283	42	45	21	106	3	500	(84.5%)	24	29	24	29	92	(15.5%)	24	29	24	29	24	29	24	29	0	592	(0.0%)							
1986	6	213	83	13	23	120	5	474	(81.3%)	7	17	85	109	109	(18.7%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	583	(0.0%)							
1987	11	175	65	44	57	88	2	462	(80.9%)	29	27	53	109	109	(19.1%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	571	(0.0%)							
1988	0	312	49	150	82	239	2	878	(87.2%)	21	23	84	129	129	(12.8%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,007	(3.8%)							
1989	0	233	56	180	96	135	18	718	(68.4%)	54	19	101	50	331	(31.6%)	331	31	31	31	31	31	31	31	31	1,049	(31.6%)							
1990	11	114	124	97	53	49	37	562	(75.3%)	22	28	3	83	184	(24.7%)	22	28	3	83	23	19	6	6	6	746	(24.7%)							
1991	69	32	48	67	25	23	10	274	(75.5%)	38	13	0	13	89	(24.5%)	38	13	0	13	3	5	17	17	363	(24.5%)								
1992	113	23	29	22	40	10	26	270	(68.9%)	16	13	5	58	122	(31.1%)	16	13	5	58	9	1	20	20	392	(31.1%)								
1993	101	2	25	53	20	10	6	217	(86.1%)	3	3	0	13	35	(13.9%)	3	3	0	13	0	2	14	14	252	(13.9%)								
1994	67	16	12	17	9	4	4	125	(62.1%)	0	0	41	30	115	(47.9%)	0	0	41	30	16	1	27	27	240	(47.9%)								
1995	42	169	33	13	22	88	14	429	(82.5%)	2	4	30	29	91	(17.5%)	2	4	30	29	10	9	7	7	520	(17.5%)								
1996	440	61	59	44	78	17	17	726	(72.1%)	15	0	46	122	281	(27.9%)	15	0	46	122	33	42	23	23	1,007	(27.9%)								
1997	317	36	46	80	55	2	3	550	(68.1%)	6	1	186	83	396	(41.9%)	6	1	186	83	39	61	20	20	946	(41.9%)								
1998	41	355	14	49	37	65	24	602	(55.3%)	32	0	137	200	486	(44.7%)	32	0	137	200	44	23	50	50	1,088	(44.7%)								
1999	12	239	35	18	29	21	21	354	(43.3%)	0	0	73	71	464	(56.7%)	0	0	73	71	193	68	23	36	464	(56.7%)								
2000	21	384	27	43	9	116	600	(53.1%)	2	41	117	72	102	531	(46.9%)	2	41	117	72	102	20	20	20	1,131	(46.9%)								
2001	5	188	16	44	45	30	328	(42.2%)	61	0	58	131	48	450	(57.8%)	61	0	58	131	48	62	5	85	778	(57.8%)								
2002	32	162	17	8	32	251	(51.9%)	0	0	-30	162	52	6	233	(48.1%)	0	0	-30	162	52	6	12	21	484	(48.1%)								
2003																																	
2004																																	
2005																																	
TOTAL	1,010	153	1,831	5,177	1,371	1,050	931	619	556	976	1,191	116	446	200	15,627	(73.7%)	583	280	84	856	1,597	421	419	317	95	4,632	(21.8%)	249	14	689	952	(4.5%)	21,211
707/720	717	727	737	747	757	767	777	DC8	DC9	M80	M90	D10	M11	小計	ジェット	A300	A310	A318	A319	A320	A321	A330	A340	A380	小計	ジェット	L10	CON	OTH	小計	ジェット	合計	

注1) Boeing Homepage "Order Summary By year—As of December 2002"
 2001年まではJet Information Services, Inc.社の「World Jet Inventory Year-end 2001」
 2002年はAirbus発表の機種別累計と、2001年までの累計の差とした。
 出典) 財団法人日本航空機開発協会『民間航空機関連データ』、平成14年度版。

世代の B737 シリーズが、41%で 162 機あった。

大型機種分野では、A330 - 200 と B767 シリーズの受注機数は合計 19 機で、このうち A330 - 200 が 11 機で 58%の受注シェアで、残りが B767 であったが、2003 年に入ってから A330 - 200 が 12 機受注したのに対して B767 は今までのところ新規受注がなく、エアバスのシェアは 100%である。また、2003 年の現時点の受注分を含めると受注残機数は A330 - 200 が 111 機、B767 シリーズが 30 機でありシェアは 79%対 21%とエアバスが圧倒的にリードしている。

A330 - 300 および A340 ファミリーと B777 の分野では新規受注はエアバスが 44 機で 58%を占め、B777 は 32 機で 42%であった。2003 年 3 月までの新規受注ではエアバスが 100%を占め、これを加えた 2003 年 3 月の受注残は A330 - 300 と A340 ファミリーが 154 機で 45%、B777 の全タイプが 187 機で 55%となっている。なお、エアバスの A340 の新シリーズは B747 - 400 の合理的な後継機になると位置づけている。

A340 - 500 / 600 と B777 - 200LR および B777 - 300ER のいずれも座席数と航続距離からみれば、両機種は対抗機種である。A340 - 500 / 600 は 69 機で 53%、B777 - 200LR / - 300ER は 61 機で 47%を占め、エアバスがリードしている⁴⁾。2001 年の両社の受注シェアは、ボーイング社が 43%に対してエアバス社が 57%を占め、99 年の 58%についてエアバス社が第 1 位になり、同社は 95 年の受注シェア 18%から 99 年と 2002 年にボーイング社を凌駕し 90 年代後半から両社は拮抗し始めた。こうしたエアバス社のボーイング社への急迫の要因と成長戦略の展開の歴史の分析は興味深いテーマであるが別稿に譲りここでは触れない。

3 . 国際共同開発 - 開発費の推移 -

機体開発もエンジン開発のプロジェクトに 1 年半から 2 年遅れてスタートするが、エンジン開発と同様な出費曲線を辿るのでこれを参考にする。新規開発では累積損益分岐点は 12 年から 16 年で、派生型開発では 8 年から 10 年といわれが、正式ローンチ以前の数年間にも相当な事前投資を要する。大型エンジンで 1,300 億円程度の開発費を要するが、この開発費の 3 倍ぐらいが新機体の開発に要するといわれている (表 3)。

エアバス社の開発した代表的な航空機の開発費をみると、A310 - 200 は 10 億ドル (80 年価格) 機体価格は不明?、A340 - 300 は 30 ~ 35 億ドル (91 年価格) で、機体価格は 1.2 億ドル、A380 - 800 が 107 億ドルで (2000 年価格) で 100 億ドルの大台を突破し、機体価格は 2.3 億ドルとなった。

つぎにボーイング社の開発した代表的な航空機の開発費を見ると、B747 - 400 が 10 億ドル (67 年価格) 機体価格は 1.4 億ドルであり、B767 - 200 は 11 億ドル (77 年価格) であり、機体価格は不明、B777 - 200 は 40 ~ 50 億ドル (90 年価格) と 50 億ドルを突破し、機体価格

表3 主要民間輸送機の開発費及び機体価格

メーカー	機種名	開発費 (1\$ = 120 円)			機体価格 (1\$ = 120 円)			
		M\$	XX 年価格	億円	M\$	2002年1月価格	億円	
ボーイング	B727-100 B727-200	200	61 年価格	240	2.5 ~ 8.0 7.0 ~ 11.0	中古機価格 中古機価格	3.0 ~ 9.6 8.4 ~ 13.2	
	B737-100 B737-200	350	80 年価格	420	1.0 ~ 3.8	中古機価格	1.2 ~ 4.6	
	B737-300 B737-400 B737-500	250	80 年価格	300	25.0 35.0 26.0	新型機価格 新型機価格 新型機価格	30.0 42.0 31.2	
	B737-600 B737-700 B737-800 B737-900				32.0 35.5 42.5 49.0	新型機価格 新型機価格 新型機価格 新型機価格	38.4 42.6 51.0 58.8	
	B747-100 B747-200 B747-300 B747-400 B747-X	1,000 4,000	67 年価格 2000 年価格	1,200 4,800	3.0 ~ 7.0 20.0 ~ 55.0 30.0 ~ 35.0 143.0	中古機価格 中古機価格 中古機価格 新型機価格	3.6 ~ 8.4 24.0 ~ 66.0 36.0 ~ 42.0 171.6	
	B757-200ER B757-300	750	78 年価格	900	52.0 62.5	新型機価格 新型機価格	62.4 75.0	
	B767-200ER B767-300ER B767-400ER	1,100	77 年価格	1,320	70.0 82.0 98.0	新型機価格 新型機価格 新型機価格	84.0 98.4 117.6	
	B777-200A B777-200ER B777-300	4,000 ~ 5,000	90 年価格	4,800 ~ 6,000	116.0 130.0 147.0	新型機価格 新型機価格 新型機価格	139.2 156.0 176.4	
	ボーイング MDC	DC-9 DC-10	200 1,400	63 年価格 72 年価格	240 1,680	1.3 ~ 3.5 5.0 ~ 17.0	中古機価格 中古機価格	1.6 ~ 4.2 6.0 ~ 20.4
		MD-81 MD-82 MD-83 MD-87 MD-88				15.0 21.0 25.0 15.0 22.0	中古機価格 中古機価格 中古機価格 中古機価格 中古機価格	18.0 25.2 30.0 18.0 26.4
MD-90-30 B717-200		500	94 年価格	600	30.0 25.0	新型機価格 新型機価格	36.0 30.0	
MD-11		700	90 年価格	840	85.0	中古機価格	102.0	
エアバス		A300B2/B4 A300-600R	500	68 年価格	600	4.5 ~ 9.5 65.0	中古機価格 新型機価格	5.4 ~ 11.4 78.0
		A310-200 A310-300	1,000	80 年価格	1,200	16.0 55.0	中古機価格 中古機価格	19.2 66.0
		A319 A320-100 A320-200 A321-100 A321-200	200 ~ 400 1,700 ~ 2,000 400 ~ 500	91 年価格 84 年価格 89 年価格	240 ~ 480 2,040 ~ 2,400 480 ~ 600	34.0 17.0 43.0 46.5 48.0	新型機価格 中古機価格 新型機価格 新型機価格 新型機価格	40.8 20.4 51.6 55.8 57.6
	A330-200 A330-300 A340-200 A340-300 A340-500 A340-600	3,000 ~ 3,500	91 年価格	3,600 ~ 4,200	95.0 103.0 92.0 115.0 140.0 148.0	新型機価格 新型機価格 新型機価格 新型機価格 新型機価格 新型機価格	114.0 123.6 110.4 138.0 168.0 177.6	
	A380	10,700	2000 年価格	12,840	233.0	2000 年価格	279.6	

出典) 財団法人日本航空機開発協会、前掲書、 -30 ページ。

は1.2億ドルとなっている。

70年代以降、航空機の研究開発コストが急速に増加し、航空機製造ビジネス自体より、ハイリスク・ハイコスト（よほど成功しないかぎり、ハイリターンとならない）となり、一企業単独での新しい航空機の開発が難しくなってきた⁵⁾。

以上、見られるように最近の開発費の高騰は目を見張るものがあるが、その画期はボーイング社の B777 - 200（初飛行 94 年 6 月）であり、その 50 億ドル開発費は世間の耳目を集めた。さらに、その後、エアバス社はボーイング社との競争戦でラインナップ中の唯一の空白機種であるの大型機（500 人乗り以上）の A380 - 800（初飛行 04 年）の開発費の 100 億ドルを越すという巨費は開発後 20 年で実際に回収できるのか、また、このプロジェクトの成否はエアバス社の経営の屋台骨さえ揺るがしかねないと注目されている。こうした巨額の開発費こそが、国際共同開発を一般化させる重要な要因の一つになっている。

4．エアバス社の国際共同開発

欧州の場合、戦後米国に対抗して国内に独自の航空宇宙工業を保有する必要上、早くから EC 内各国を軍用機などの先端分野から共同開発を計画し、分担生産が広範に行なわれるようになった。民間機分野では、62 年のフランスとイギリスのコンコルド機の国際共同開発を開始したのが最初であった。以降、欧州における中・大型機民間輸送機の開発は、程度の差こそあれ、国際共同開発が一般的となり、さらに、対米競争戦略の中で A300 の開発を目指して、70 年に「エアバス」(英・西ドイツ・仏・スペイン)社が設立されることになった。現在まで、エアバス社は、A300 のシリーズ化および A320 / A330 / A340 シリーズを投入し、99 年には受注機数でボーイング社を追い越し、互角の競争をなすまで成長している。97 年、ボーイング社が MD (マクダネル・ダグラス)社を合併し、世界の民間航空機市場は新生ゼ・ボーイング社とエアバス・インダストリーズ社によって二分されることになった。

《国際共同開発のメリット⁶⁾》

一企業の負担能力の限界を超える開発費を参加者間で分担し、リスクを分散できる、プロジェクト参加国の安定需要を見込むことができるとともに競合機の減少を図ることができる、さらに それぞれの国やメーカーの既存の販売システムを有機的に結びつけることができ、市場の拡大と販売力の強化を図れる、航空機の自力開発と国際共同開発との調和を長期かつ計画的に行なえば、仕事量の安定と技術開発力の確保を少ないリスクで行なうことができる、などの点が挙げられる。

以下、ボーイング社の B777 の開発で採用された新しい開発手法の実態を明らかにしよう。

・ B777 の新しい開発手法 - 「ワーキング・トゥギャザー」 -

従来の開発手法における航空機体メーカーとエアラインの関係は、「航空機メーカーが新しい機種を提唱する」「エアラインが関心を示し発注する」「新機種の生産が開始される」という流れであった。ここでは、ユーザーであるエアライン側からメーカーへの、「不具合や使い勝手などユーザーの立場」での情報は、実機が完成し、路線就航を果してからフィードバックされる。これが一般的であった。

これに対して「ワーキング・トゥギャザー」は、新しい旅客機開発の手法である。こうした手法が採用されたのは、ボーイング社などのメーカー側は航空機的设计については「設計しやすいことと作りやすいことを基本」に作業を行なう。ただそれは、時としてユーザーの要望に合わない部分が生じ、ユーザー側はそれをオプション装備や改修で補うが、当然、余分にコストがかかることになる。これに対して、設計の段階からユーザーの意見や要望を聞きそれを機体の基本設計の中に取り入れことを実現させ、購入する航空会社にとっては改修にかかるコストや時間の節約ができたとともに、最初から使い勝手の良い機材を手に入れることが可能となった。これは結果的に安全性の確保につながった。「ワーキング・トゥギャザー」は、ボーイング社にとっては航空会社やエンジン・メーカーさらにサプライアとだけ行なったものではなかった。ボーイングの社内もまた、「ワーキング・トゥギャザー」を合い言葉に、総ての部門の管理職と従業員が、B777 の開発・生産のため一致団結しているのである。

「ワーキング・トゥギャザー」は、新機種の航空機体の開発のためのグローバル「多層」ネットワークであり、これが世界ではじめて B777 の開発で構築されたことになる。

以下、「ワーキング・トゥギャザー」の詳細な検討にはいる。

ボーイング社の B777 開発のキーワードが、「ワーキング・トゥギャザー (Working Together) = 「一緒に作業する」⁷⁾であった。

このため、ローチカスタマー・グループ、エンジン・メーカー、各種サプライアがボーイング社と作業グループを作って意見を交換しながら、機体をまとめあげた。この作業の具体的な内容について見ておこう。

この B777 の開発では、機体の開発のプライム企業であるボーイング社が単独で行なうのではなく、参加キーカスタマー (= 顧客航空会社) であるユナイテッド航空、全日本空輸、英国航空、日本航空の 4 社と一緒に作業する相手企業に選定された。これまでも、新しい旅客機を開発する際には、事前に代表的な航空会社から今後必要とする機体の大きさや航続距離などについて意見を聞くことは多々あったが、これはあくまで、「市場調査」的なものであった。このように、実際に機体を開発する段階ではメーカーが機体仕様をまとめてあげて提示し、各航空会社独自の要求などはオプションで機体に採り入れるというシステムが、これまで、通常採られていた。

なお、こうした手法に機体メーカーが固執したのは、自社の持つ先端技術を詳細に開陳することになり、その流出に対する気遣いが実現を拒んでいたからである。そのために、航空各社は外部にそのような情報を漏らさないという契約や道義的にも規制した。

これに対して、この「ワーキング・トゥギャザー」は、これまで一般化していたボーイング社をプライムにエンジンメーカー、その他多くのサプライアで行なっていた開発その手法を止めて開発作業にも顧客航空会社4社を加えるというものであった。ここでは、最も広範囲な航空会社のニーズを満足させる設計要件や世界各国の監督官庁が要求する信頼性レベルについて明確な定義を下し、検証している。さらに、航空会社の代表は、B777に付属するメンテナンス・マニュアルやバックアップ資料の作成にも従事している。この「ワーキング・トゥギャザー」が進められたもう一つの背景には、最初の顧客であるユナイテッド航空からの強い要望があった。従来の航空機には、航空各社ごとになんらかの独自装備の追加や改修を行っており、それを開発段階から採用するように働きかけ、それを実現することがユナイテッド航空のB777を発注する条件でもあった。その結果、ユナイテッド航空がB777を発注する時点で社長ジム・ガイヤット会長とボーイング社のフィル・コンディット社長の間で開発にユナイテッド航空を加えることに合意し、調印が交わされた。この文書の中で、共同で作業する(Work Together)という言葉が使われ、それがそのまま「ワーキング・トゥギャザー」として使われるようになった。この「ワーキング・トゥギャザー」は、設計分野に限らず製造現場、飛行試験、顧客支援の部門について行なわれた。

「ワーキング・トゥギャザー」は、航空機メーカー同士が協力しあって新型機の開発、生産を行なうことを指しているのではない。この方式は、航空機メーカーが、航空機を実際に利用するエアライン(ユーザー)を中心にその他、エンジンメーカー、サプライアなどと意見交換をしながら、グローバル・ネットワークで航空機の開発を進めていくことだ。この航空機の開発という舞台では、「主役は航空機メーカー、脇役はエアライン」という構図はなく、どちらも対等な立場で新型機という演目を作り上げていくのである。これが、この「ワーキング・トゥギャザー」という演出の基本思想である。つぎに航空機メーカー同士の開発と生産分担と「ワーキング・トゥギャザー」の相違を見ることにしよう。

B777の開発、生産では、日本の航空機メーカー5社が参画し、機体生産全体の約20%のシェアを受け持っている。このシステムは、同業者間の国境を越えたグローバルネットワークでの協調関係であり、同時にシェアやリスクをお互いに分担した協調関係である。一方、「ワーキング・トゥギャザー」は、プライム航空機メーカーのボーイング社とその航空機を実際利用するエアラインという、「エアクラフトセラー」と「エアクラフトユーザー」という異業種間の国境を越えたグローバル・ネットワークであるといえる。この方式のポイントは、「企業の事業分野

の違い」にあるといえる⁸⁾。

ボーイング社が、この「ワーキング・トゥギャザー」掲げたB777の開発方針は以下の通りである⁹⁾。

CPD(Concurrent Product Definition) = 全部門の同時平行作業。 DBT(Design Build Team) = 全部門の専門家チームの組織、 DPD (100% Digital Product Definition) = 設計データの完全コンピュータ、 DPA (Digital Pre Assembly) = 3次元データを基にした仮想組み立て (モックアップの製作の不要化) という方針を採用した。

「ワーキング・トゥギャザー」を進めるにあたっては、「デザイン・ビルト・チーム」設計組み立てチーム = (DBT) という会議体が作られた。このDBTについて、ボーイング社は、次のように説明している。同社は、『市場主導型』の新型機開発を目指し、世界中の航空会社から事前に新型機に対する要望を聞き、これに基づいて90年にDBTを設置した。DBTのそれぞれが機体や航空機システム要素に責任を持った。各チームは、エンジニアリング、製造業務・調達、顧客支援など航空機開発の各分野の専門家によって構成された。設計活動のピーク時には、238のDBTが存在し、これらのチームのメンバーにはサプライヤや顧客航空会社の代表も含まれた。「チームのメンバーは一定の場所に集まり、各自が作業過程ごとにバラバラにノウハウを提供するのではなく、全員が同時平行的に作業に従事することで、それぞれの知識を互いに分かち合った。このような方式の採用によって構造やシステムの設計が複数分野の視点で評価を受け、設計の一貫性、費用対効果、信頼性、整備性などをより容易に確保することが可能になった。」ということである¹⁰⁾。これらの一部は、B777の一号機の設計完了とともに、統合作業チームに吸収され、現在は200のチームが、B777発注の航空会社の個別的要求を満たすための設計作業や初期型B777の18カ月後に納入される長距離型のB777の設計作業に従事している。DBTに加え、製造統合チームがB777の12の主要工場に設置され、このチームは、製造各分野に加え、エンジニアリングや品質保証分野の代表がメンバーとなり、製造上の問題の解決や長期的なプロセスの改善のために、毎日集合している。このDBTでの議論の内容の設計への反映の順序は、以下の通りである。

DBTの論議内容をまとめた段階である「予備設計レビュー (PDR = Preliminary Design)」、それに続く「クリチカル設計レビュー (CDR = Critical Design Review)」へと移行し、各種の意見や提案が最終的にまとめられて、設計に反映された。また、PDRやCDRの上級会議として、管理職による「スタチック・レビュー・ミーティング」が週一回の割合で開催された。

ここでは、「ワーキング・トゥギャザー」での日本の全日本空輸の作業や提案などについて紹介する¹¹⁾。

1. 全日本空輸の「ワーキング・トゥギャザー」の提案件数

この開発手法へ参加するにあたって、同社では新たに、「整備本部技術部 B777 開発室」を設置し、人員 3 名で 91 年 3 月から 94 年 6 月までの間、ボーイング社内に置いた。また、同社は従来からある「米州技術保証部」の技術グループのスタッフが、この作業に加わるという体制をとった。

《提案件数》 上記の組織のもとで、B777 をより使いやすい航空機にするための作業を開始した。各種の会議に出席するのは、基本的には「B777 開発室」のスタッフでより専門的な部分では日本から担当者が出張して加わった。このように、全社を挙げてこの作業に取り組んだ。全日本空輸が「ワーキング・トゥギャザー」で提案した件数は極めて多いが、そのうち記録として残っているのは 492 件（約 500 件とも）であった。このうち、設計変更などに関わるものは、314 件で、残る 178 件は全日本空輸の要望の理由となる資料や信頼性などに関するデータであった。設計変更に関わる 314 件のうち、実際取り上げられ設計に反映されたのは、75%ほどの 233 件で 81 件は不採用になった。以下、採用された例を紹介しよう。

(1) 車輪をラジアルタイヤにする。

これまで旅客機では、従来型のバイアス・タイヤを装備していたが、A320 はラジアル・タイヤを導入していた。B777 クラスの大型機にはラジアルタイヤの導入実績はない。これに対して、同社は A320 の運行による信頼性データを提出し、最終的に認められた。

(2) 整備などの際に扉を開けたときの、安全用ストラップの標準装備の必要性。

従来の機体では標準装備ではなかったが、これを標準装備させ、かつリールによる引き込み方式にすることが認められた。

(3) 後部の機外緊急灯の改善。

後部の夜間脱出時用外部照明ライトの交換作業は機体内部に入って複雑な作業を行わなくてはならなかったが、これを機体外部から簡単に交換できるよう変更を要求し、採用され整備性が改善された。

(4) 機内アナウンスの使い分け。

従来、機体では乗客向けのアナウンスが娯楽番組の音声を^{きこ}遮っていたが、そうならないアナウンスの使い分けを提案し採用された。

(5) トイレの便座と蓋にオイル・ダンパーを付けること。

トイレの使用後や便座が上げられている場合、揺れによりバタンと閉まり大きな音がる。これをなくすることを提案し、採用された。この提案は、ボーイング社に意外でかつ優れた提案であつたらしく、この「ワーキング・トゥギャザー」の成果の実例に必ず紹介されている。

(6) 扉の開閉時に使うアシストハンドルの変更 (これは採用されなかった例)

アシスト・ハンドルが、日本人には握りにくい高い位置にあるため、それを低くすることを求めたものであった。結果として、低い位置に取り付けられるように握りを改善する。しかし、これは取り付け部分の設計変更だけではすまされない。主翼に対する荷重試験やフラッター試験などは、すべて一からやり直す必要があり、また、主翼とその取り付け構造も完全に見直す必要がある。このため、この要望は認められなかった。

この (6) は、「ワーキング・トゥギャザー」の許容範囲と限度を示してくれているようである。各社の意見の異なる代表例が「左主翼下面の燃料給油口の位置」であった。

ボーイング社の当初設計では、燃料給口は主翼端近くに配置されていた。この位置は、主翼の上反角により、最も高い位置となる。これに対して、ユナイテッド航空はこれに反対してエンジンの近くの低い位置に直すように主張した。この理由は、ボーイング社の主張する位置では高すぎて、現在使っている燃料給油車では届かず、改修にコストがかかるというものであった。これに対して全日本空輸はエンジンに近くなると、作業中に車輪とエンジンがぶつかる危険性を指摘し、従来位置で良いと回答した。その後、3社間で多数の議論が重ねられ、燃料車の改修も必要としない高さで、かつエンジンから離れたところに設けると言う折衷案で決着し、現在の給油口の位置が定められた。

「ワーキング・トゥギャザー」は、こうした設計分野に限らず、製造現場、飛行試験、顧客支援部門についても行なわれた。その一例が講演会で、これはボーイング社のさまざまな従業員に航空会社の考えを話すことで、作る側に使う側への理解を深めさせることがなどが目的であった。日本航空では、この講演会に積極的に参加し、ユーザーの立場からの意見を述べるなどの講演を行なった。これにより、ボーイング社のさまざまな従業員に、日本航空と言う航空会社について、より深く知ってもらうことが出来ただろう。「ワーキング・トゥギャザー」は、機体が実用された後でも続けられることになる。

2 . 日本航空の提案

日本航空は、92年1月の正式発注し、同時に「ワーキング・トゥギャザー」への参加を要請され、92年3月から作業に参加した。ただ、この時点では機体設計の大半は確定しており、大きな設計変更を要求できる段階ではなかった。しかし、同社は、各DBTの会議に参加し、できる限りコメントを出すという姿勢で臨み、500~600件の要望を出した。日本航空の提案で採用されたものを紹介すると、

(1) 整備マニュアルの改善。

マニュアル類は、英語で書かれているが、その表記の中に英語を母国語としていない人

には分かり難い部分があるので、それを平易にすること、また全体の構成や挿入されている図面などを分かり易くする、を指摘し認められた。この指摘は、ボーイング社の目指している使用英語の言い回しの統一や難しい単語を使わないという方針にも合致した。

(2) 前脚の駐機ブレーキの改善。

作業中の事故防止のため駐機ブレーキを取り付け、またその状態に応じて3色で表示した。

(3) 計器表示の改善。

高度計のQNHとQNEの見分けを容易にする。対地高度が1,000ftになったときにそれを知らせる帯を表示し、500ftではその色を変える。これは、日本航空がB747-400でオプション装備したものだが、パイロットに評判が良くこれをボーイング社はB777で標準装備することになった。

「ワーキング・トゥギャザー」は、こうした設計分野に限らず、製造現場、飛行試験、顧客支援部門についても行なわれた。その一例が講演会で、これはボーイング社のさまざまな従業員に航空会社の考えを話すことで、作る側に使う側への理解を深めさせることがなどが目的であった。日本航空では、この講演会に積極的に参加し、ユーザーの立場からの意見を述べた。これにより、ボーイング社のさまざまな従業員に、日本航空という航空会社について、より深く知ってもらうことが出来た。 「ワーキング・トゥギャザー」は、機体が実用された後でも続けられた。

・ボーイング社のグローバル「多層」ネットワーク

1. アセンブリーメーカーとサブコントラクター/サプライヤーの関係変化

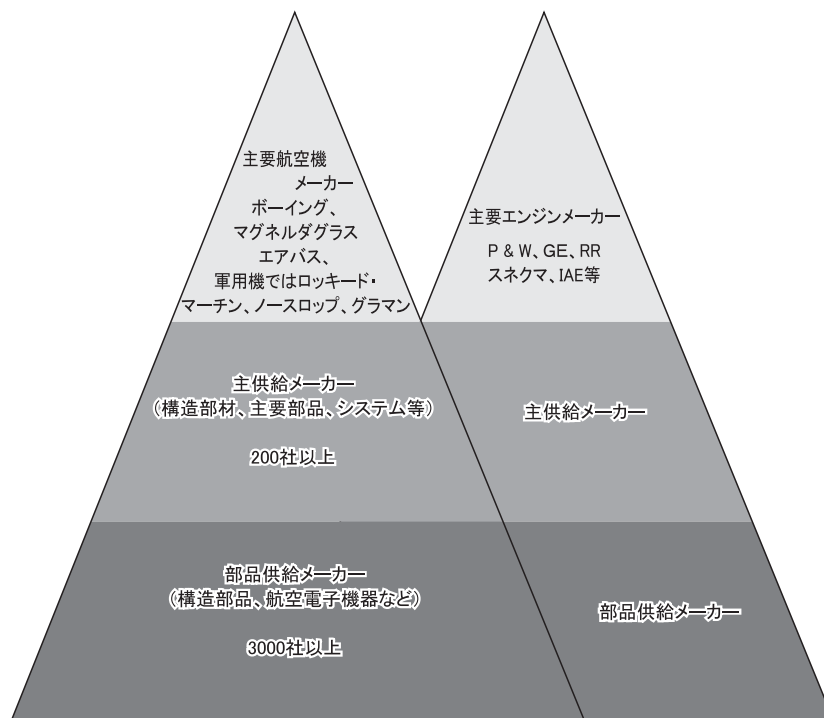
70年代になり、航空機の研究開発コストが急激に増加し、航空機製造ビジネスはハイリスク・ハイリターンとなり、航空機の新機種を単独で開発・製造することは困難になってきた。このため、欧米の航空機メーカーの合併(吸収・対等)が行なわれ、80年代に入ると国際提携(アライアンス)や国際共同開発が一層活発になってきた。この結果、世界の航空機産業では、ファイナル・アセンブリー(最終組み立て)をする、いわゆるキープレイヤーはボーイング社やエアバス社を中心とする数社になり、このキープレイヤーを頂点に、グローバルなピラミッド構造が成立することになった。民間航空機のピラミッド構造は、ボーイング社とエアバス社を頂点とする機体(機材)企業とGE社・P&W社・RR社を頂点とするエンジン企業の2つから形成されている。この民間航空機体のピラミッド構造は、より詳しく厳密に言えば、大型・中型航空機、リージョナル・ジェット、コンピュータ機、多用途機に区分され、それぞれの頂点になるメーカーは異なってくる。さらに、各メーカーはサブコントラクター/サプライヤーという

形で複雑に多層に連携している。

これを敷衍すると、機体メーカーには、ボーイング社（MD社）、エアバス社がある。軍用機はロッキード・マーチン、ノースロップ、グラマンがある。主供給メーカー（構造部材・主要部品・システム等）=200社以上 部品供給メーカー（構造部品・航空電子機器など）=3,000社以上が全世界に存在する。また、主要エンジンメーカー（RR社、GE社、P&W社、スネクマ社）

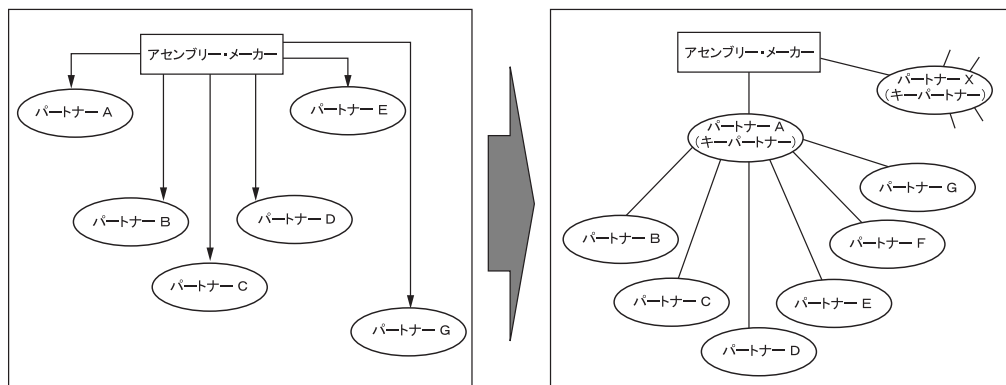
主要供給メーカー 部品供給メーカーというピラミッド構造が形成されていた¹²⁾（図1）。さらに近年、航空機体とエンジンのピラミッド構造は、その頂点にあるプライム企業（キープレイヤー・元請け企業）がサブコントラクター/サプライヤ企業を完全に支配する形態から、サブコントラクター/サプライヤ企業のなかにキーとなる企業（パートナーの位置づけに近いサブコントラクター/サプライヤ企業）が現れ、図2に示すような多層構造をとる傾向が強まっている¹³⁾」

図1 航空機産業のピラミッド構造



出典) 社団法人日本航空宇宙工業会『我が国の航空機産業の国際競争力比較についての評価』、平成11年2月、140ページ。

図2 航空機産業のプライム（アセンブリーメーカー）とサブコントラクタ/サプライヤの関係変化



出典) 社団法人日本航空宇宙工業会、前掲書、140 ページ。

2. ボーイング社のグローバル「多層」ネットワーク

日本における航空機体の国際共同開発の歴史は、B767（210～250 席、就航年 82 年）の共同開発での、「プログラム・パートナー」として参加が最初であった。開発費用 11 億ドルのうち日本航空機開発協会に加盟する 5 社が 15%、イタリアのアエリタリアが 15%、残り 70% をボーイング社が負担した。日本側のプログラム・パートナー企業の開発部位は、三菱重工業が後胴・胴体扉、川崎重工業が前胴・中胴・貨物扉、富士重工業が翼胴フェアリング・主脚扉、日本飛行機が主翼リブ、新明和工業が胴体構造部品・水平尾翼後縁を担当して開発した。さらに、カヤバ工業（脚作動用油圧部品）、小糸工業（座席）、ジャムコ（ギャラー・化粧室）、ソニー（室内ビデオ装置）、島津製作所（フラップ駆動用部品）、神戸製鋼所（チタン鍛造品・アルミ鍛造窓枠）、大同特殊鋼（鋼板）など 21 社が貸与図を与えられる単なるサブコンではなく、「プライム企業（ボーイング社）から仕様を指示されて自らの承認図面で指定部品を製作・納入」するサブコントラクター企業群である。この点で航空機体の製作では、単なる部品製作のサプライヤー（下請）ではなく、プライム企業から仕様を指示され、自らの承認図面で部品を製作納入するサブコントラクターである。なお、CFRP を納入する「東レ」などはサプライヤーである。

以上が、サブコントラクター/サプライヤーとして航空機用部品を製作している。各社の傘下に部品製作の下請け企業群が各社を元請けとしてピラミッドの底辺部分を形作っている。

《B767 の日本以外の各国の分担生産》

《米国》GRUMMAN - 中央翼、VOUGHT SYSTEMS - 水平尾翼、GENERAL DYNAMICS - ストラット、ANADITE - フローアビーム、CLEVELAND PNEUMATIC - 主脚。《イタリア》TORINO - 昇降舵、前縁スラット、補助翼、POMIGLIANO - 垂直尾翼、方向舵、フラップ、スポイラー。《カナダ》CANADAIR - 尾胴、MENASCO - 前脚。以上、3 カ国、9 社であった。ボーイング社が海外に発注した B767

の装備品の約 70%をわが国の航空機用機器メーカーが受注したという¹⁴⁾。

《B777 の国際共同開発と分担生産》 B777 (350 席、就航年 95 年)では本格的な「プログラム・パートナー」として第 2 回目の参画であった。日本航空機開発協会は 21%を負担し、残りを 79%をボーイング社が、負担した。日本航空開発協会傘下の各社の分担部位は以下のようである。

「分担部位」《プログラム・パートナー》 三菱重工業が後胴・尾胴・胴体扉、川崎重工は、前胴・中胴・貨物扉・中胴下部構造・後部圧力隔壁、富士重工業は、中央翼、翼胴フェアリング・主脚扉、日本飛行機は主翼桁間リブ・スタブビーム、新明和工業は翼胴フェアリングである。

サブコントラクター/サプライヤとしては 12 社が参加した。これらの会社の担当部品はカヤバ工業が脚作動装置・アキュムレイター、ジャムコが化粧室、帝人製機がフライト・コントロールシステム作動用機器、島津製作所が主脚作動用機器・貨物扉作動用機器、ソニーが客室オーディオシステム、住友精密が脚部品、東レがCFRP、日本飛行機が前脚ドア、ブリジストンがタイヤ、ホシデンが液晶表示装置、三菱重工業が主脚扉作動用機器・前脚ステアリング機器・前脚扉作動用機器・胴体扉作動用機器、横浜ゴムが飲料水タンクを製作納入した。ここで注目されることは、帝人製機が装備品の中でも重要なフライトコントロールシステムと作動機器をモシネールとしてサブコントラクター/サプライヤのキー企業としてプライム受注 = プライムコントロールを果たし、製作納入したことである¹⁵⁾。帝人精機 = Flaperon PCU、Outboard Aileron PCU、Rudder PCU、Elevater PCU、島津製作所 = Power Drive Unit、Cargo Door Hinge、Landing Gear Positioner Actuator Assembly。

《海外のサプライヤ》B777 のサブコントラクター。

(米国) LOCKEED - 前縁ストラップ、GRUMMAN - スポイラー、内舷フラップ、ROCKWELL - フロアービーム、前縁ストラップ、KAMAN - 後縁、E - SYSTEMS - 二次油圧ブレーキ、主翼折りたたみシステムを製作納入した。

(豪) ASTA - ラダー、HAWKER DE HAVILLAND - スタビライザー、エレベーター、(伊) ALENIA - レドーム、後縁フラップ、(西) CASA - 補助翼、KOREAN AIR (韓国) - フラップフェアリング、(仏) DASSAULT - 後縁フラップ、(加) MENASCO - 離着陸用車輪脚、EMBRAER - 脊びれ。分担生産者は日本は 12 社、米国など 13 社、その傘下に部品企業群が参加した。

3. ボーイング社の圧倒的なイニシアティブ

ボーイング社との共同開発と共同生産では、日本の機体メーカーは「わが国機体メーカーの胴体開発・製造能力は世界的に見て競争優位にある」(業界関係者のヒアリング)という認識で一

致している。この点の証明としては「ボーイング社の胴体設計・胴体製造に関わる技術者の人材が削減・希薄化している点」を指摘し、プライム企業が外部化した部位に対する対応能力を低下させ、一方、わが国は胴体製造に関する競争力の維持し、今後とも「胴体部品の設計・開発・製造能力の競争優位を強化¹⁶⁾」すべきであるとしている（業界関係者のヒアリング）。

《製造技術力》

川崎重工の B777 のパネル組み立て方法は、ボーイング社の納入業者の 2,400 社の中から選ばれ、「97 年のザ・ベスト・サプライヤー・オブ・ザ・イヤー」賞が授与された。ボーイング社もこの方式を採用すれば、エバレット工場を拡張する必要ないというメリットもあった。

川崎重工は、B777 の前方貨物ドア、耐圧床、竜骨、後方主脚室、圧力隔壁、主翼桁間小骨、前胴パネル、中胴パネル、圧力隔壁後方貨物ドア等を製造を担当した。岐阜工場ではスキン・ストリンガーの組み立て、シル・ラダー・隔壁のサブ組み立て、名古屋第 1 工場に運び、前胴パネル、中胴パネルの結合、圧力隔壁の組み立て作業をおこない、この B777 では、B767 に比べ 30% のコストダウンを達成した。

帝人製機の事例をみると、同社（優先権のあるチーム）はボーイング社から装備品の中でも重要なフライト・コントロール・システムを受注し、プライマリー・コントロールを獲得した。この際、帝人製機はプロダクト・サポート体制の充実を図ることを目的としてパーカーハネウインをチームに加え、フライ・バイ・ワイヤシステムを納入した。この帝人製機のプライム獲得に対しては全く新しいシステムを老舗メーカー以外の企業が獲得できたのは奇跡に近いといわれた。さらに、同社は設計権を含めた契約を獲得している¹⁷⁾。基本構想の初期の段階で、ボーイング社は数十のデザインビルトチーム（DBT）を結成したが、このうちの 1 つにフライトコントロールのチームがあり、帝人製機はここから参加した。帝人製機が参加した段階は、機体の外観、大きさ、人数が決定されていたが、非常に大ざっぱなコンセプトであった。基本構想段階から、米国に技術者を派遣していたが、詳細設計段階になると派遣されていた人員は自社に戻り、CATIA を用いて設計した。

設計変更の費用負担（ゲート）については、契約条項の中に個々のデリバティブ（設計作業、工程変更、部品形状変更、治工具変更）をもち、設計（変更）責任については、詳細設計まで日本の機体メーカーが分担し、量産段階でボーイングに委譲するケースが一般的である。

しかし、詳細設計までの日本の設計についても、「日本に駐在するボーイングの社員の承認が必要で、実質的な権限はボーイングが握り、責任は日本メーカーが負うことになる。ボーイングに設計責任が委譲されてからは、その後の設計変更はボーイング社内で設計変更が完結できるが、日本側が設計変更を主張する場合はボーイングの承認を得られないと変更できない。派生型についても同様であるが、生産規模の少ないものに関してはすべてボーイングが設計責任

をもって作業を進める¹⁸⁾。

航空機の開発・製造に関する参画形態の一つであるサブコントラクター（sub - contractor）は、これまで B747、B737 で採用された。サブコントラクターとして参画する日本企業群は、プライム企業としてのボーイング社が発注した図面通りに製造・納品し、設計における権限などは全てボーイング社がもつことになる。

この B747、B737 の部品製造企業として参画した企業群は、ボーイング社（プライム企業）が供給する図面に（貸与図 = Drawing Supplied）従って、部品を製造する貸与図メーカーとしてのサプライヤーである。この貸与図のサプライヤーは基本的に、取り引きされる部品に関する製造能力だけを提供している。

しかし、B777 の開発・製造に参画する企業は、図面を当のサプライヤー自身が作成し、その図面がプライム企業から承認され、これに基づいて部品を製造するメーカー = 「承認図 (Drawing Approved)」である。この承認図のサプライヤーは、製品開発能力を提供していることが前者と異なっている¹⁹⁾。

航空機開発プロジェクト全体で重要になる点は、製品仕様企画（マーケティングと市場判断）、基本設計、試作、飛行試験、型式認証であるが、さらに、航空事業全体では、これらに、販売やプロダクトサポートが加わる。しかし、こうした重要工程には、日本航空機体メーカーはほとんど関わっていない。量産においてもファイナルアセンブリーには関わっていない。プライム企業は、自ら企画した航空機を販売し、利益を確保していくことが必要であるため、必然的に開発費用を回収し、利益をだす強い販売責任を負っている。この点が、パートナーとして関与するわが国航空機産業と大きな違いがある。

わが国の航空機メーカーの担当部位は、胴体部品とドア部品が中心であり、とくに、航空機の肝となるコクピット（制御上の要）と主翼（構造上の要）については、ボーイング社はわが国の機体メーカーには担当させていない。日本の機体メーカーの担当する事業領域は詳細設計と量産が中心である。これまでのこの国際共同開発の実態については以下のとおりである。

これまでのわが国機体メーカーとボーイング社の国際共同開発の特徴を顧みると、82年に就航した B767 の共同開発では、共同開発とは名ばかりで「やや上等な下請けの 1 社」（わが国の航空機企業の 3 社関係者）として、ボーイング社の指示に従い、胴体部分など全体の 15%（最初は 50% のワークシェアを提案）を製造したにすぎなかった。その後、95年に就航した B777 の開発（20% のワークシェアを獲得）ではボーイング社の対応にやや変化が見られ基本設計を作成する段階から、三菱重工業など 3 社を含めた機体・部品メーカーと共同のプロジェクトチームを作り、製造工程の効率化などの改善点について話し合うようになった。さらに、B747X の開発（現在は凍結中である）では、「基本設計にいる前の段階から、日本の 3 社を巻き込み、ど

うすれば双方に効果をもたらすことができるかを真剣に話し合うという態度がみられる（三菱重工業の谷岡常務）というように日本の3社の役割が重くなってきた。こうしたボーイング社の姿勢の変化が主翼の外注化につながっている。

こうしたボーイング社の姿勢の変化は、「最終組み立ては自社でやるが、機体や部品の製造はコストの安いところにまかせてかまわない」と幹部の話のなかに現れている。これこそ、同社のいう「リーン・マニファクチャリング（効率的な製造）」であり、コストダウンにつながる限り、従来内製していた部品を外注化し自からはより付加価値の高い開発・設計や最終組み立てに特化する。この先にコンデイトCEOが「サービスやソフト事業を新たな収益の柱にする」と見据える“超・製造業”の姿がある²⁰⁾。

ボーイング社が既存の「B767」の更新需要を狙う次世代旅客機 B7E7（座席数 200～250、中型旅客機）では、主翼の開発・製造を三菱重工業が担当することに決まった。この主翼は、操縦室をふくむ内部の飛行システムなど電子機器を別にすると、機体で最も重要な部分で、高度な技術が必要になる。これまでは、主翼はボーイング社が自社で手掛けてきたものを、なぜ、三菱重工業に任せただか。それは、B7E7 は、燃費効率を売り物にする予定で、主翼や胴体などの主要構造に初めて炭素繊維と樹脂を組み合わせた複合材を採用するため、国産支援戦闘機「F2」で実績のある日本企業の参加は不可欠だった。

この航空機での主翼担当で、日本機体メーカーの国際的な評価が高まり、今後の日本の機体企業の受注拡大と、国産初の30席クラスの小型ジェット旅客機の開発にもこの主翼の開発・製造によってボーイング社から得られるノウハウを生かせるというメリットがある。三菱重工業にとっても、旅客機を一貫生産し、「一機丸ごとの製造・販売のビジネスとして成功させる」という同社の悲願が現実味を帯びることになってきた²¹⁾。

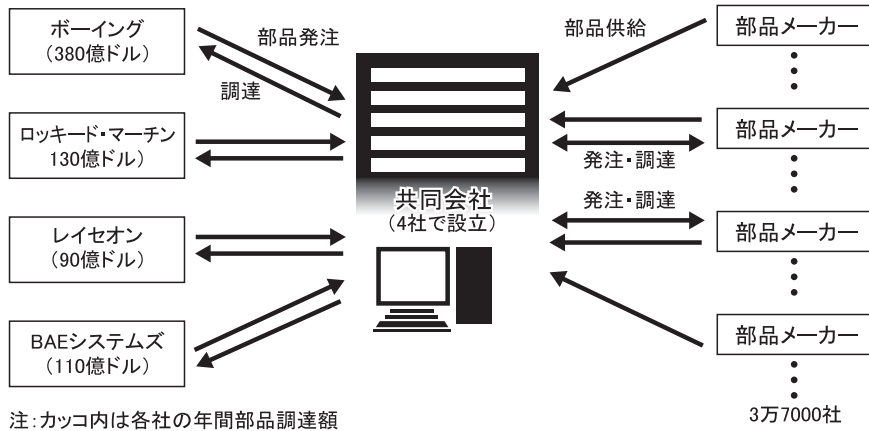
結論的には、ボーイング社が作り上げたグローバル・ネットワークは、同社を中心に圧倒的な意思が貫徹するように作り上げられている。

4．グローバル・ネットワークによる補修部品調達

ボーイング社の21世紀戦略としてコンデイトCEOは、製造部門ではコストダウンを図るために外注化を推進して、自らは高付加価値の開発・設計や、最終組み立てに特化し、今後、成長の期待される商業衛星の打ち上げなど宇宙・通信事業の強化や、さらに、「サービスやソフト事業を新たな収益の柱にする」と超・製造業の姿を見据えている。（図3）

今後、20年間に航空機関連市場が約4兆ドル（420兆円）、この航空機を販売した後に発生するサービス市場が2兆6,000億ドル（273兆円）と新航空機市場1兆5,000億ドル（157兆円）を上回ると予測している。各社は、コア事業である運行業務に専念しなければならず、保守・

図3 ボーイングなど4社の電子商取引事業



出典)「超・製造業への急旋回」『日経ビジネス』、2000年9月18日、49ページ。

整備などの業務は外注化し負担を軽減することになってきた。現在、顧客サービス事業は、売上高の現在5%弱に過ぎないが将来は15%~20%にしたい。10年後には、航空会社向けのサービス事業が100億ドル(1兆500億円)に上ると見込んでいる。ザビス事業の柱となるのは2000年5月に開設した航空会社向けのオンラインサービス(「Myboeingfleet.Com(マイボーイングフリート・ドット・コム)である。このウェブサイトは、保守・整備情報や運航データなど、各社の保有機にする情報を一元管理しているのが特徴で、ノート型パソコンで駐機場などの整備現場からあらゆる情報にアクセスできる。従来は整備士が何百ページもある分厚いマニュアルを何冊も抱えて問題の解決方法を探さなければならなかったが、短時間で効率的に正確な原因を突き止められるようになった。民間航空機グループのブラッド・ベトビッチ副社長兼カスタマー・サポート・ゼネラルマネージャーはこう指摘する。「例えば、B777の電波高度計のアンテナに故障が生じたとする。整備担当者は、まず整備マニュアルアクセスしてどこをどう修理すればいいか把握する。つぎに、部品交換が必要になった場合、B777の図解部品カタログのページを参照し、その部品番号によってボーイングの在庫の有無を確認し、その場で発注することができる」²²⁾という。

ボーイング社は、ネット上のサービスの導入と平行してリアルな世界の部品配送システムも整備した。本社のワシントン州のシアトルのほか、ロンドン、シンガポールなど世界8カ所に部品センターを設置し、常時40万点に部品を用意している。受注した交換部品は通常は翌日、緊急の場合は受注後2時間以内に出荷する。これで、航空会社は余分な在庫を抱える必要がなくなった。また、97年7月には整備上の運航中断に対処する「ラピッド・レスポンス・センター」

を設立した。同社は、整備上発生した問題に対応するため、24時間体制で構造部の技術者やシステムの故障修理の専門家、スベア部品の担当者ら約10～12人の技術スタッフを待機させ、航空会社の問い合わせに対応している²³⁾。

ボーイング社は、年間の受注件数というフローではエアバスにキャッチアップされているが、納入済み機材85%(2000年9月現在)という高いシェアを生かしながら、さらに一層のエアラインの囲い込みにサービス事業を有効に生そうとしている。「保守・整備などのサポート契約を結べば新たに導入する機材も自然と、ボーイング社製に限られ、ストックの強みを生かしたサービス事業が奏効すれば、新造機の受注戦でも優位に立てるかも知れない。」と考えている。

ボーイング社は、「単なる航空機メーカーでなくなり、航空機の運航サービスも行なえる企業になる。これが実現したとき、ボーイング社は従来の製造業の概念を超えた超・製造業へと生まれかわる。」という。2001年後半からスタートした「コネクション・パイ・ボーイング」は、機上の通信サービスは既存の通信衛星を経由して電話回線を使うインターネット並みの速さでネットやテレビなどのデータを送受信する仕組みである。システムの開発には、三菱電機や松下電機産業の関連会社である松下アビオニクス・システムズ(米、ワシントン州)も参加している²⁴⁾。

狙いは2つである。第1は乗客サービスだ。現状では、映画や音楽などのあらかじめ用意されたエンターテインメントソフト中から選択するしかないが、このシステムでは乗客の望む様々なソフトを楽しめるようになる。利用客は、利用時間に応じて通信料を支払う

有料サービスとなるが、課題は通信コストだ。これを地上の携帯電話の利用料にちかづけたいという。こうしたサービスを提供することで競合他者との違いを打ち出すことが可能になる。第2の狙いは、運航中の航空機の状況モニターなど、航空会社への直接的なサービスだ。この「コネクション」と補修・整備関係のサポート事業を強化するシステムの「マイ・ボーイング・ドット・コム」が、飛行中の航空機の様々なデータをリアルタイムに地上の整備士に送信し、航行中に生じた不具合などの原因をその場で把握し、目的地に着陸した時点ですぐ補修作業に取りかかることができ、従来の駐機している航空機だけでなく、飛行中の航空機のサポートまで手がけることになった。こうしたサービスで整備不良による遅延が減り、航空会社には大きなメリットとなり、ボーイング社には大きな売り物を獲得したことになる。こうしたIT技術を駆使したサービスを同社は、資材調達、生産、経営のあらゆる面でに及びつつある。

その一つがインターネットを利用した企業間(BtoB)の電子商取引である。2000年3月、ボーイング社は競合3社(米国ローキード・マーチン、米国レイセオン、英国BAEシステムズ)と共同会社を設立し、ウェブサイトでの資材調達を行なうという²⁵⁾。

資材調達は、ボーイング社だけで年間約380億ドル(4兆円、2000年9月の為替相場で換算)

に上り、4社を合計すると700億ドル(7兆3500億円)以上に達する。この4社と世界中でグローバル「多層」のネットワークに統合された約37,000社の部品会社が、約800の航空会社、各国政府などをインターネット結ばれることで調達コストの削減や納期短縮を図っている。これまで、BAEシステムズは、ボーイング社と提携関係はあったが、米国内の大手3社が手を組むのは始めてである。

このような業界横断的なネット上の共同調達システムは、自動車業界でも米国ビッグ3が中心になって手掛けているが、この航空機製造会社による部品企業間の取り引きも含めた4,000億ドル(42兆円)という市場規模はこれを凌ぐことになった。将来的には、「資材の調達をすべてこのウェブ上で処理したい(ベンチャーズ部門のアニル・シュリカンデ副社長)」という。

ボーイング社のネットを通じた交換部品の販売は、96年から開始され、現在では、航空会社などのユーザーがこのサイトに接続すると、必要な部品の価格や在庫の有無、納期などが調べられ、ウェブ上で発注書に登録するだけで購入できる。99年には、ネットを通じた部品の販売額は4億ドル(420億円)に達している。ロッキードなどの競合メーカーまでも巻き込んだネット上の資材調達事業は、この部品販売を拡充したものであると考えられている。このウェブ上の「取引所」は、航空機関連の部品メーカー同士の取り引きにも公開され、航空機に関わる全ての企業が参加できるシステムになっている。

ボーイング社は、「コネクション」などの先端事業の技術開発のために「ファントム・ワークス」と名付けた全社的な横断的な仮想組織を設置した。同社の各部門の垣根を超えて、開発テーマごとにプロジェクトチームを組んでいるのが特徴なしている。これは、97年に合併したMD社にあった研究開発部門を踏襲したもので、19万人の全従業員の2%にあたる4000人が携わっている²⁶⁾。

同組織は、10年後、20年後を睨んだ研究プロジェクトだけでなく、設計の効率化や製造コストの削減といった製造工程の改善への取り組みも、この組織の重要な役割である。現在、「ファントム・ワークス」には、軍用機の設計期間を短縮したり、高コストのプロトタイプの製造を不要にするように開発されたCAD(コンピュータによる設計)を使った「3次元(3D)モデリングシステム」は、B747X、B7E7などの民間航空機開発にも応用が検討されている。高速で回転する円筒形のヘッドを押しつけ、その摩擦熱を利用して金属を接合する「フリクション・スター溶接」は、ロケットの燃料タンクの加工のために開発した技術であるが、従来の溶接よりも30%も強度があり、作業時間が1/3で航空機などの部品製造に生かすことが検討されている²⁷⁾。

ボーイング社の21世紀戦略は、航空機の製造だけでは成長が続けられないという危機感を持ち、サービス事業へ領域を広げているところに同社の強さの源泉がありそうだ。

・エアバス社のグローバル・ネットワーク

1. EADS社の成立とその構成企業²⁸⁾

欧州の産業間では最近、米国に対抗し、グローバル競争で生き残るために企業間の合併・統合がドラスチックに展開されている。そのような中の2000年7月にフランスのアエロスパシアル・マトラ社、ドイツのダイムラー・クランスラー・エアロスペース AG (DASA) 社、スペインの Construcciones Aeronauticas SA (CASA) 社の合併によって EADS 社が成立した。この EADS 社 (オランダ・アムステルダムに登記、フランクフルト、パリ、マドリッドに上場) は、売上高でボーイング社、ロッキード・マーチン社につぐ世界第3位、欧州最大の航空宇宙防衛企業となった。この EADS 社は、傘下に エアバス社 (80%の株式を所有)、 軍用輸送機部門 = Eurofighter 社 (43%)、 航空機部門 = (a) Eurocopter 社 (100%) (b) EADS ATR 社 (リージョナル機メーカー) (c) EADS Socata 社 (フランス軽航空機メーカー) (d) EADS Sogerma 社 (機体やエンジンのメンテナンス)、 宇宙部門 = (a) Astrium 社 (75%) (b) EADS Launch Vehicle 社 (アリアンロケットなどの宇宙機メーカー) (c) EADS CASA 社 (スペインの航空・宇宙メーカー) (d) EADS Sodern 社 (フランスの宇宙機センサーメーカー)、 防衛および民間システム部門 = ミサイルシステム・メーカー・MBDA 社 (37.5%) を所有した。

EADS 社の資本構成は、フランスのラガデル(Lagardere)・グループの持株会社が 30.13%、ドイツのダイムラー・クライスラー社が 30.13%、スペインの SEPI (政府法人) 5.51%、残りの 34.23% が EADS 社の従業員をふくむ一般となっている。

《エアバスの沿革》

この EADS 社の最大の構成企業であるエアバス社の沿革を見ることにしよう。60年代の初期、ヨーロッパ各国の航空機メーカーは大きな潜在需要があると予想された短中距離旅客機の研究を行っていた。しかし、これらの開発を1国だけの開発で行なうにはリスクが余りにも大き過ぎるため、67年にフランス、ドイツ、イギリスの三国政府間で機体とエンジンの共同研究に関する予備協定が調印され、それにもとづいて機体とエンジンの開発メーカーが一国一社ずつ選定された。

選定されたメーカーは、フランスのシュドアビアシオン(Sud Aviation)、イギリスのホーカーシドレー (Hawker Siddeley)、ドイツのドイツエアバス (Deutsche Airbus) / MBB (Messerschmitt - Bolkow - Blohm) と VFW - Fokker の合併の3社、エンジンはフランスのスネクマ (Sneema) 社とイギリスのロールスロイス (Rolls - Royce) 社、ドイツの MTU (Motoren Turbinen Union) の3社で、この開発計画はエアバス A300 と名付けられた。

しかし、イギリス政府とRR社はロッキード L 1011 用のエンジン RB211 の開発に全力を集中するために、この計画から脱退し、ホーカーシドレー (現在のBAe Systems) は独自に協力するこ

となり、エアバスA300計画はフランスとドイツがイニシアをとって進められることになった。その結果、69年5月、仏独間で協定が調印され翌70年12月、エアバス・インダストリーが発足することになった。その後、71年にスペインのCASA、79年にイギリスのBaeがフルパートナーとして参画した。同社の出資比率は、フランスのAerospatiale matra(仏国)37.9%、DASA(ドイツ)37.9%、Bae Syetems(イギリス)20%、スペインのCASA4.2%となった。このエアバス・インダストリーは、フランス商法によるGIE(Groupement D'interet Economique)で、すなわち“相互経済利益団体”と呼ばれる組織体であり、決算報告書も存在しなかった。欧米間の長い補助金論争の過程で、エアバス・インダストリー内部の構成会社や政府からもその健全化が求められ、財務情報の公表を含めた機構の改革が検討され、エアバス構成4社は97年1月13日に株式会社化のMOUに調印した。なお、エアバス・インダストリーの株式会社化に先立ち、2000年7月にパートナー3社が合併して親会社のEADS(European Aeronautic Defence and Space Company; 欧州航空防衛宇宙株式会社)が設立され、そこでも株式会社化が再確認された。2001年1月8日にEC(欧州委員会)がこれを承認し、同年7月初に全ての手続きを終えエアバスSAS(Aibus Societe par Action Simplifiee)が設立された。出資比率は、EADSが80%、Bae Systems20%となった²⁹⁾。

2. 国際共同開発と生産分担

70年12月の創業以来、世界の民間空機産業を二分するまでに成長したエアバス・インダストリーであるが、こうした事業的な成功のほかに、航空機産業と民間旅客機の発展に寄与した功績も多い。その一つは国際共同開発であり、他はテクニカルファーストとよばれる新技術の実現である。具体的には、ワイドボディ機の双発化、機体構造への複合材の採用、大型機のツーマンクルー化、などが挙げられる。さらに、技術上の大きな特徴としては、リア・ローディング型の主翼の翼型の開発である³⁰⁾。

今日では、民間航空機・軍用機の両分野で国際共同開発はごく当たり前の常識となっているが、エアバス社の形成以前には69年の民間旅客機F28(60座席)と軍用機トランザールC160(63年2月)があったが、世界市場を目指して本格的な国際共同開発で実現させたのはエアバス社が最初であった。国際民間航空機市場にボーイング社=巨大企業の牙城が形成されつつあった70年代にスタートしたエアバス社が、米国の巨大メーカーに立ち向かうためにはこれより他にはなかった。また、小さな国がひしめき合うヨーロッパという地政が可能にしたのかも知れない³¹⁾。

《フルライン化と開発機種》

エアバス社は、これまで107席から335席まで8機種を揃えていたが、2000年末に同社の品

揃えのうち唯一の空白機種であった超大型の 555 席の A380 をファミリーに加え、グローバル市場で巨人ボーイング社を急逐する品揃え＝フルライン化を達成した。エアバス社は、99 年に受注機数でボーイング社を超え 2000 年にはまた逆転されたが、2001 年は再度逆転した。また、納入機数で 1 / 3 以上で、就航機数は 10 数%のシェアを年々着実に増やしている。

3 . エアバスの開発と生産のグローバル「多層」ネットワーク

エアバス社の国際共同開発の生産分担は、8 機種の開発によって異なるが、アエロスパシャル＝最終組み立てライン（A321 と A319 を除く）、前部胴体（コックピット部）、主翼中央部（主翼接続部）、エンジンパイロンの設計製造、ダイムラーベンツ・エアロスペース・エアバス＝胴体、垂直尾翼、キャビン内艙装（ツールズ）から機体を空輸して実施する）、主翼の縦組み立て、最終組み立て（A321 と A319 のみ）、ブリティッシュ・エアロスペース＝主翼ボックス・セクション。CASA＝水平尾翼、脚ドア、乗降口、フォツカー＝スラット、スポイラー、エアブレーキ、フェアリング類。ベルエアバス＝スラット、クルーガーフラップ（A310 の）、A300 / A310 / A320 / A330 / A340 の最終組立はツールズの工場、A319 と A321 の最終組立はハンブルグの工場で行なわれている。

スーパーグッピー（BELUGA）＝胴体、主翼、尾翼、その他の機体構造をイギリス・ドイツ・ベルギー・オランダなどのエアバスグループのメーカーの間と、ツールズの最終組み立てラインを結ぶ専用輸送機である。

開発のフルパートナーは、アエロスパシャル（仏）、ダイムラーベンツ・エアロスペース・エアバス（独）、ブリティッシュ・エアロスペース（英）、CASA（ベルギー）である。製造パートナーは、フォツカー（オランダ）、ベルエアバス（ベルギー）、アレニア（伊）である。

以上、7 社が機体構造の各部分の製造を分担しているが、各社は分担部位の設計と製造に関する能力を持っている。すなわち、設計も分担している。例えば、主翼についてはブリティッシュ・エアロスペース社が設計から製造を分担している。

これらの構造部品は、それぞれの工場からブレーメン、チエスター（英）、ハンブルグ、マドリッドおよびサンナザールのサブアセンブリー工場に運ばれて、サブアセンブリーが完成となり、スーパーグッピー（輸送機）でツールズの最終組み立てラインに空輸される。このサブアセンブリーの工程では、たとえば主翼についてはボックス・セクションに前縁、後縁、スラットなどを取り付けて主翼組み立てとするが、その段階で主翼内の機能部品、配線、配管など全ての取り付けまで完成させる（造船業でいう先行艙装を行なっている）³²⁾。

97 年 9 月現在、全機種の累計受注機数 2,474 機、138 カスタマー（エアライン）累計納入機数 1,619 機である。エアバス機の製造に携わって人員はパートナー会社だけで約 30,000 人、サ

ブコントラクターが同じく 30,000 人で、合計 60,000 人にのぼる。

部品のサプライヤーは、約 1,500 社、27 ケ国に及んでいる。少し古いですが、95 年の会計年度のパートナー会社の総売上高は 256 億ドル（約 2 兆 8,000 億円）にのぼる。

エアバス社は、ツールーズの本社に 2,100 名（74 年の本社開設時には 350 人）の社員が在籍し、その国籍は 25 カ国に及んでいる。その他に、ハンブルグの部品センター（エアスペア社）に 400 名、米国に 200 名、全世界 40 カ国、60 カ所をカバーしている技術駐在員が 150 名もいる³³⁾。

4 . A380 で採用された新素材と新工法³⁴⁾

この A380 は、これまで世界最大であった B747 の 1.5 倍のキャパシティをもつ超大型旅客機として開発され、この 500 席級（最大座席数 840 席）の機材によってエアバス社のフルライン化が達成されることになった。大きな旅客機は、小さな旅客機をそのまま拡大すると重量はより大きくなり、むしろ効率が悪くなる。これを歴史的に顧かえると、B707 は最大離陸重量は 151 トンに対して、自重は 64 トン（最大離陸重量に占める自重の割合は約 41%になる）、さらに、B747-100 は最大離陸重量は 335 トンに対して自重は 170 トン（約 51%）になり、前者に比べて B747 が約 10%大きくそれだけ燃料や貨物、乗客を運べる割合が減少した。これに対して、B747 が B707 以上の経済性を獲得できたのは、効率の良い大バイパスターボファンエンジンによるところが大きかった。ところで、A380 自重は 277 トンで、これを最大離陸重量の 50%以下（554 トン）に抑えている。このように軽い機体を作れたのは、軽くて丈夫な複合材の大幅採用にあった。とくに、炭素繊維強化プラスチック（CFRP）は、尾翼、圧力隔壁、アッパーデッキの横梁のほか、主翼中央部のウイングボックスにこの材料を採用した初めての旅客機となっている。

また、胴体上部の外板には、グレア（GLAR）というアルミ合金シートとガラス繊維強化プラスチック（GFRP）の積層板が使われている。GLAR はアルミニウムより軽く疲労や損傷、腐蝕などにも強いという新素材である。この GLAR は、人工的に作られた破損に数千時間に相当する負荷を与えても破損がそれ以上に進行しない強度もそなえ、アルミ合金と同じように修理ができ、今後は航空機への採用が増えると期待されている。

製造面では、従来のリベットにかわってレーザービーム溶接が大幅に取り入れられ、重量軽減と作業の効率化が図られている。こうした工法で 10～15 トンもの重量軽減が達成された。

エンジンは、大型航空機の開発の成否を左右するコアの重要機能部品である。これまで、初期の B747 - 100 の開発では、重量増加とエンジンの性能不足から計画通りの性能を発揮することができず難航した。また、ロッキード、トライスターの開発では、RR 社の RB211 エンジンのつまづきが原因で計画が遅れ、その不振によって結局、同社は一度倒産した。これに対して、

A380 はエンジン関係のリスクはないといわれている。世界最大の航空機とはいえ、エンジン一基あたりに要求されている推力は 32 トン程度に過ぎない。同じ 4 発機の B747-400 に装備されている 26 トンクラスのエンジンよりは強力であるが双発機の B777-300 に装備されている 38 トンクラスのエンジンよりずっと小さく、少なくとも B747 用のエンジン開発時のような未知のハイパワーに挑むようなリスクは殆どない。

A380 のエンジンとしては、RR 社のトレント 900、エンジンアライアンス (GE 社と P&W 社の提携) の GP7200 が搭載されるという。これら両エンジンは、より騒音や窒素酸化物の量が削減され、燃費性能も向上している。燃費では、A380 が一人の乗客を 100 キロメートル運ぶのに必要な燃料は 3 リットル以下と計算されている。これによると、リッター 30~40 キロで、ホンダのスーパーカブにはまだ及ばないが、特別に低燃費をうたっていない標準的な乗用車を凌駕している。

5 . A380 の開発・製造分担

A380 (表 4) も他のエアバス旅客機と同様、ヨーロッパ各国のエアバス関連工場で分担部位ごとに製造され、フランスのトゥールーズ (toulouse) で最終組み立てされ、完成機に仕立て上げられる。担当部位は、大雑把にいうと主翼がイギリス (BAE システムズ社)、前胴と後胴、垂直尾翼がドイツ (ダイムラー・クライスラー・エアロスペース社)、機首や中央翼、エンジンパイロンなどがフランス (エアロスパシアル・マトラ社)、水平尾翼がスペイン (CASA 社) となっている。エアバス社のヨーロッパ各地の製造拠点と製造分担は、フランス、ドイツ、イギリス、スペインの 4 カ国に設計開発センター (4 カ所)、製造工場 16 で航空機部品の製造をし、トゥールーズ (フランス) では A320 と A330 / A340 の最終組立工場があり、さらに A380 の最終組立工場が建設中である。さらに、ハンブルグ (ドイツ) では A318、A319、A321 の最終組立工場がある (図 4)。これ以外にも、世界各国の航空部品メーカーが製造に参画している。日本からはジャムコ (垂直尾翼部材およびアッパーデッキ用の梁)、三菱重工業 (前後カーゴドア)、富士重工業 (垂直尾翼前後縁および垂直尾翼端など)、日本飛行機 (水平尾翼端)、新明和工業 (主翼胴ヒレット・フェアリング)、横浜ゴム (貯水タンクおよび廃棄物タンク)、日機装 (スラストリバーサーのカスケード) などが製造に参加している。さらに、東レと東邦テナックス が炭素繊維素材を、住友金属が純チタニウムシート材を納入、横河電機 (コックピットのディスプレイ・モジュール)、カシオ計算機 (TFT 液晶パネル)、牧野フライス製作所 (主翼製造のための高性能マシニング・センター) を納入した。これら、A380 の製造に参画する日本企業は、エアバス社から詳細な仕様をあたえられ、自ら図面を作成する承認図メーカーとして各部位の部品を納入するサプライヤーである。また、エンジンメーカーの石川播磨重工業が搭載エンジン

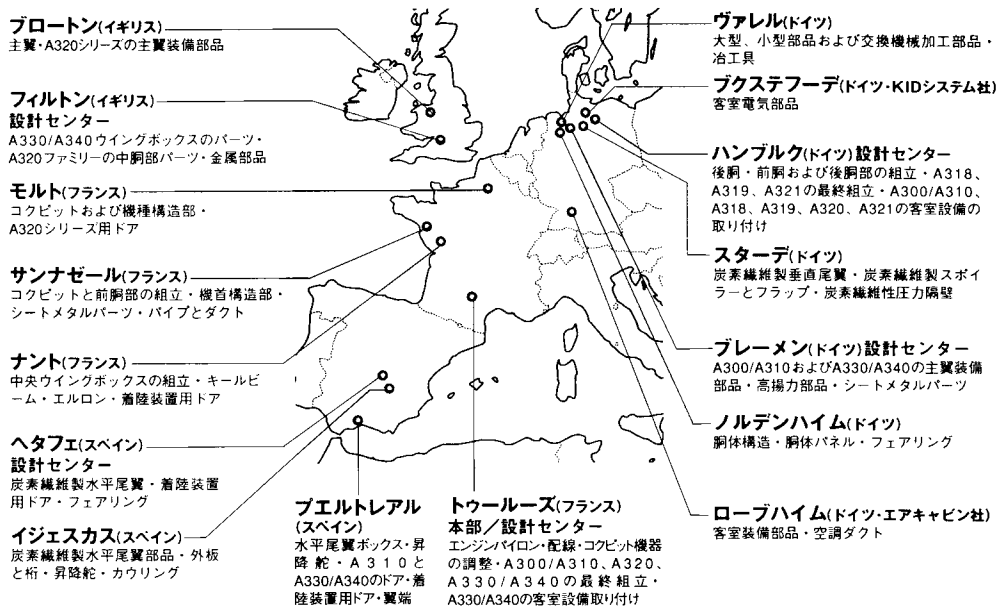
表4 エアバス A380 機体製造企業

A380	<ul style="list-style-type: none"> ・ Risk Sharing Partner AIRCABIN ALENIA BELAIRBUS BAE SYSTEMS CTRM EUROCOPTER EADS EADS SOCATA EADS SOGERMA FINAVITEC FOKKER GAMESA GKN FUJI HEAVY INDUSTRIES JAMCO LABINAL LATECOERE RUAG SAAB SABCA SONACA 	<ul style="list-style-type: none"> (伊) (ベルギー) (英) (マレーシア) (独) (蘭) (仏) (仏) (フィンランド) (蘭) (スペイン) (英) (日) (日) (仏) (スウェーデン) (ベルギー) 			
	<ul style="list-style-type: none"> ・ Major Equipment Supplier HAMILTON SUNDSTRAND PRATT & WHITNEY CANADA THALES THALES/TRW GOODRICH HONEYWELL FR HITEMP. PARKER AND INTERTECHNIQUE EATON AIRCELLE LIEBHERR/HONEYWELL LIEBHERR/PARKER AND TRW HAMILTON SUNDSTRAND HONEYWELL/DUNLOP 	<ul style="list-style-type: none"> (米) (米) (仏) (仏/米) (米) (米) (独/米) (独/米) (米) (米/米) 	<ul style="list-style-type: none"> AIR CONDITIONING AUXILIARY POWER UNIT COCKPIT DISPLAYS ELECTRICAL POWER GENERATION EVACUATION SLIDES FLIGHT MANAGEMENT SYSTEM FUEL CELL HYDRAULICS NACELLES PNEUMATICS PRIMARY FLIGHT CONTROL RAM AIR TURBINE WHEELS AND BRAKES 		
	<ul style="list-style-type: none"> ジャムコ 新明和工業 住友金属工業 東邦テナックス 東レ 日機装 日本飛行機 富士重工業 三菱重工業 横浜ゴム 		<ul style="list-style-type: none"> 二階席用フロアクロスビーム、垂直尾翼用構造部材 翼胴フィレット・フェアリング 純チタンシート PAN (ポリアクリルニトリル)系炭素繊維 PAN (ポリアクリルニトリル)系炭素繊維 逆噴射装置用部品 (カスケード) 水平尾翼端 垂直尾翼前縁・後縁、垂直尾翼端及びフェアリング 前部貨物庫、後部貨物庫 貯水タンク、浄化槽タンク 	サブコン又はサブライヤー	

Source: Flight International 16-20 July 2002.

出典) 財団法人日本航空機開発協会 『民間航空機関連データ集』、2002年 -20、 -25。

図4 ヨーロッパ各地に点在するエアバスの製造拠点と部品製造分担



出典)『エアライン』、イカロス出版、2003年4月、40ページ。

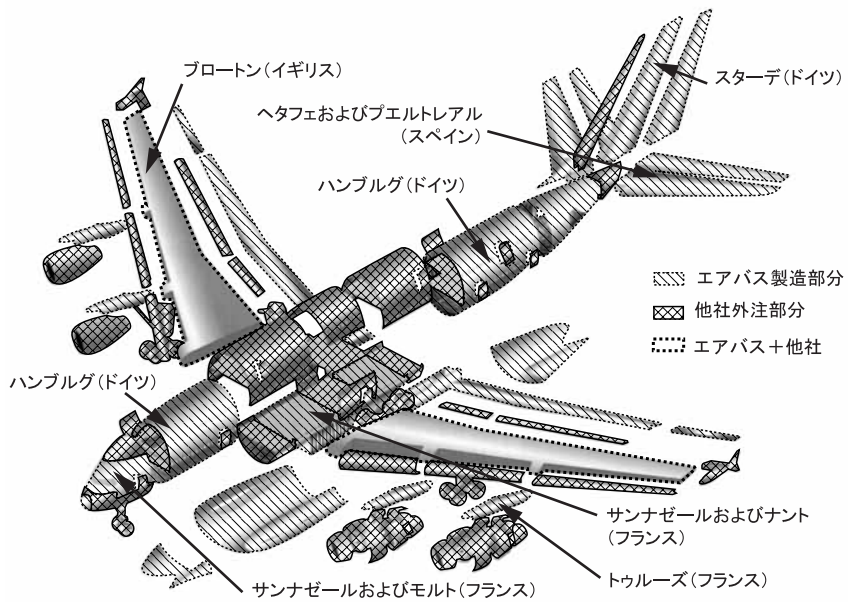
の一つであるRR社のトレント900の制御システムの開発製造に参加している(図5、6)。

また、エアバス社といえば、アメリカに対抗するヨーロッパのイメージが強いが、実際にはアメリカの航空部品企業800社以上もエアバス機の製造に参加している。これを製造原価で見ると、エアバス1機あたり、約40%がアメリカ製の航空部品であり、その経済効果は年間約50億ドルになるという。この点から、エアバスは、ヨーロッパ共同というより、世界共同の航空機メーカーになった。

以上が、A380の航空機の開発とその製造分担のグローバル「多層」ネットワークの実態である。

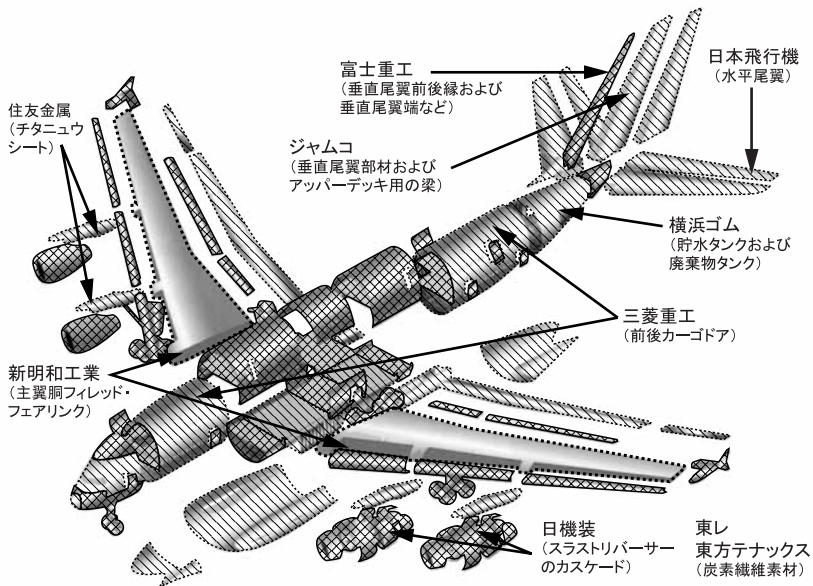
「エアバス社は、マーケティングと設計では進んでいるが、製造では効率性が著しく低いと言うのが定評になっていた」³⁵⁾。エアバスの効率的な製造システムは、競争力の源泉である。各地で製造されるコンポーネントは、単なるドンガラ(エアフレーム)としてではなく、半完成品として納入されるのもエアバス機の特徴をなしている。例えば胴体なら「その枠組みだけでなく、油圧配管や電線、各種ケーブルや断熱材までは、組み込まれた状態でトゥールーズに運び込まれる。したがって、トゥールーズでは、プレハブ工法のように各部を組み合わせで仕上げるだけでよく、さほど大規模な設備を用意する必要はないのである」³⁶⁾。

図5 A380の工場別製造分担図



出典)『月刊エアライン』、2003年4月、27ページ。

図6 日本メーカーが製造するA380の部品



出典)『月刊エアライン』、2003年4月、27ページ。

「トゥールーズでは、各地で組み立てられたコンポーネントを一つにまとめあげるだけで済み、ボーイング社のエバレット工場よりはだいぶ規模が小さい。エバレット工場は、細かな部品を組み上げる段階から一つの工場で作業しているから大規模になっている。エアバス社のアデル工場は、飛行機がだんだん作られていくという実感はない。ボーイング社のエバレット工場はさながらプラモデルを作るかのように飛行機が形を成していく様子が見えるが、ここアデル工場では、半完成品のコンポーネントをただつなげていくだけあり、プラモデルというよりはガシャポンやキャンディーツイの半完成品をくっつけていくような印象だ。国際共同開発を航空機開発に持ち込んだ最初の会社はエアバス社であった。

6. エアバス社のグローバル「多層」ネットワークの特徴

エアバス社の法人格は、現在のジョイントベンチャー方式(joint-venture)と異なり、フランスのGIEという法律に基づく組織体である。GIEは単なる当事者間の契約ではなく、法律に基づいて設立された法人であり、コンソーシアムの機能を持つものである。

この組織体は、相互経済的利益グループと呼ばれるもので、GIEの目的はGIE自身の利益が目的ではなく、GIE参加メンバーの収益性を高めることにありとされている。エアバス社は、資本金をはじめ、資金は一切持っていない。製造、販売、プロダクトサポート、人件費など全ての資金は分担比率に応じて各国政府＝国が出しており、5カ国の機体メーカー、その他に支払われる。航空機の売り上げは、出資比率に従って売上配分(リスクレベニューシェア)が決められ、参画企業間の関係はシェアの基に対等であり、出資国に還元される。

このエアバス社の航空機の開発と生産では、本部・設計センターとコックピットおよび最終組み立てを分担するトゥールーズ(フランス)を有する「アエロスパシアル」と設計センターとA321・A319の最終組み立てをラインを分担するハンブルグ(ドイツ)を有する「ダイムラー・エアロスペース・エアバス」と主翼の設計と開発を分担するフィルトン・プロトン(イギリス)を有する「ブリティッシュ・エアロスペース」、「CASA」がフルパートナーとして中心的な役割を果たし、「フォッカー」や「ベルエアバス」がサプライヤーである。確かに航空機の開発と生産のイニシアチブはアエロスパシアルが持っている。

1) 財団法人日本航空機開発協会『民間航空機関連データ集(平成13年度)、平成14年3月、19～24ページ。

2) 「視界不良の航空ビジネス(上)」『日経産業新聞』、2003年4月30日付

3) 財団法人日本航空機開発協会、前掲書、3～14ページ

4) 「進化するエアバス」『エアワールド』、2003年7月号、20～28ページ。

5) 財団法人日本航空機開発協会、前掲書、19～41ページ。7)(『日経新聞』、2003年6月17日付)

6) 『世界の航空宇宙工業』、2002年、14ページ。

7) 「ボーイング777」『エアワールド』、1996年1月別冊、84ページ。

-
- 8) (社団法人・日本航空宇宙工業会、『国際競争力比較についての評価』、99年2月、139～140ページ)。
 - 9) 同上、129ページ、140ページ。
 - 10) 『日本の航空宇宙工業』、平成14年、202～207ページ。
 - 11) 『国際競争力比較についての評価』、128～131ページ。
 - 12) 『国際競争力』72～75ページ。
 - 13) 同上、128～31ページ。
 - 14) 国際競争力、75ページ。
 - 15) 『サプライヤー・システム』、14ページ。
 - 16) 「超・製造業へ急旋回」『日経ビジネス』、2000年9月18日、45～46ページ。
 - 17) 同上、47～49ページ。
 - 18) 社団法人日本航空宇宙工業会『我が国の航空機産業の国際競争力の比較についての評価』、2001年2月、75ページ。
 - 19) 藤本隆宏、西口敏宏、伊藤秀史『サプライヤー・システム』、有斐閣、14ページ。
 - 20) 「超・製造業への急旋回」『日経ビジネス』、2000年9月18日、45～46ページ。
 - 21) 『日経新聞』、2003年6月17日付。
 - 22) 「超・製造業への急旋回」『日経ビジネス』、2000年9月18日、47ページ。
 - 23) 同上論文、47ページ。
 - 24) 同上論文、48ページ。
 - 25) 同上論文、48ページ。
 - 26) 同上論文、49ページ。
 - 27) 同上論文、49ページ。
 - 28) 財団法人日本民間航空機開発協会、前掲書、42～44ページ。
 - 29) 財団法人日本航空機開発協会『民間航空機関連データ集(平成13年度)』、平成14年3月、-42、44ページ。
 - 30) 『エアバス・インダストリー』18～23ページ。
 - 31) 同上、110ページ。
 - 32) 『エアバス・インダストリー』、『エアワールド』、1998年5月別冊、108～9ページ。
 - 33) 同上、111ページ。
 - 34) 『エアライン』、イカロス出版、April、2003、34～37ページ。
 - 35) 『ボーイングとエアバス』、アリアドネ企画、265ページ。
 - 36) 『エアライン』、イカロス出版、April、2003、26～28ページ。

《追記》

本稿は、専修大学研究助成の「グローバルマーケットにおける『トップシェア』企業の研究」(平成16年度)の成果の一部である。

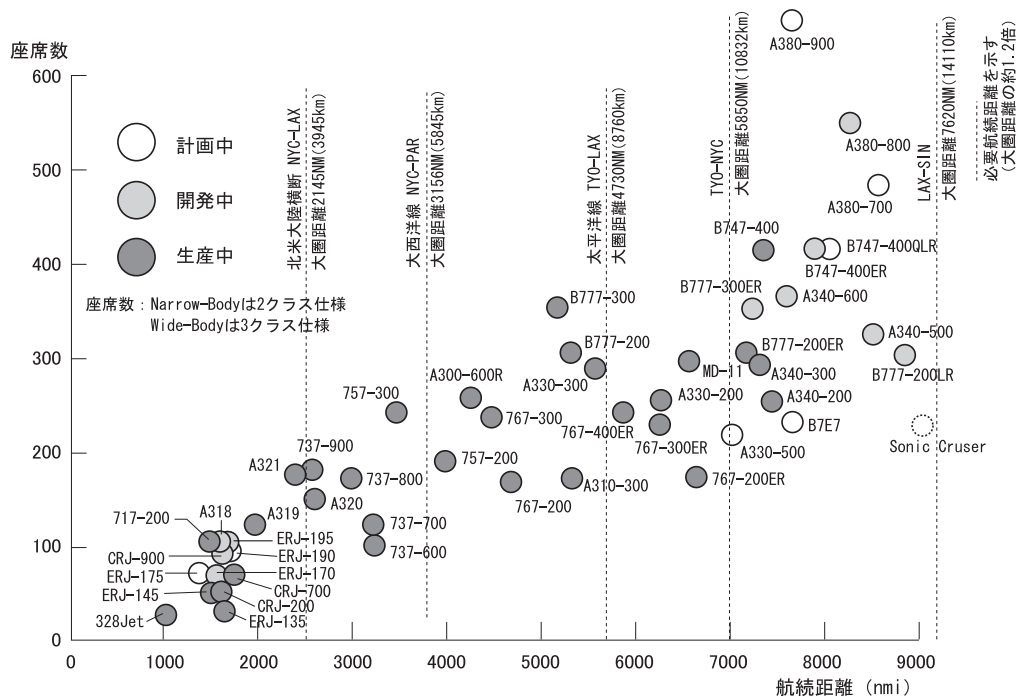
付表2 主要ジェット輸送機の地域別運航機数(2002年末)

Mfr	At Type	座席数	北米	中南米	西欧	東欧	アフリカ	中東	豪州	中国	日本	アジア	総計
Aerospatiale	Carvelle	80		2			1						3
	Concorde	100			4								4
	合計			2	4		1						7
Airbus	A300	266	120	5	73		18	34		20	36	61	367
	A310	196-228	50	5	34	4	14	27	1	3		38	176
	A319	124	273	28	136	4	10			15		4	470
	A320	150	360	110	370	6	32	35		76	25	60	1,074
	A321	185	44	3	152		4	2		16	7	19	247
	A330	265-296	22	9	80		5	32	4	29		57	238
	A340	263-265	9	12	116		13	11	5	28		17	211
合計			878	172	961	14	96	141	10	187	68	256	2,783
Antonov	An-124	貨物機					1						1
	合計						1						1
BAE SYSTEMS (BAC)	Concorde	100			5								5
	合計				5								5
Boeing	707	153		7		1	23	9					40
	717	117	63		7				14			4	88
	727	115-145	385	93	25	4	73	26	10	1		14	631
	747	296-569	168	5	216		40	51	44	52	125	231	932
	757	194-240	635	25	192		11	9	1	55		12	940
	767	193-287	406	46	109	7	28	15	50	19	88	37	805
	777	278-394	129	2	77		5	47		31	40	87	418
	737-100/200	106	181	146	47	5	101	14	1	5		77	577
	737-300/400/500	106-146	733	69	479	86	46		67	152	52	145	1,829
	737-600/700/800/900	106-160	479	48	335	7	57	14	57	84		68	1,149
合計			3,179	441	1,487	110	384	185	244	399	305	675	7,409
Boeing (MDC)	DC-8	234	109	10	4		14					1	138
	DC-9	80-105	318	105	8	2	16					14	463
	DC-10	285-315	128	9	18	1	9			15		11	191
	MD-11	285	73	14	55		1	4		6	6	20	179
	MD-80	110-145	587	81	301	2	7			26	26	22	1,052
	MD-90	153	16		8		1	29		22	16	13	105
合計			1,231	219	394	5	48	33		54	63	81	2,128
Ilyushin	Il-62	168		4			2	1				4	11
	Il-76	90				8	16	15		16		4	59
	合計			4		8	18	16		16		8	70
Lockheed	L-1011 TriStar	260-302	21	3	4		5					2	35
	合計		21	3	4		5					2	35
Tupolev	Tu-154	136				23	1	11				7	42
	Tu-204	186			2		3						5
	合計				2	23	4	11				7	47
Yakovlev	Yak-42	114		3		7	1	1				11	23
	合計			3		7	1	1				11	23
総計			5,309	844	2,857	167	558	387	254	656	436	1,040	12,508

出典) Airclaim CASE Database (CISを除く)

出典) 財団法人日本航空機開発協会『民間航空機データ集』、平成14年度、-15ページ。

付表3 主要民間輸送機の座席数と航続距離



出典) 財団法人日本航空機開発協会 『民間航空機関連データ集』、平成 14 年版、 -29 ページ。