

## 論文

## 航空輸送ネットワークの形成と航空機材の選択

山崎 文徳\*

## 要旨

本論文では、航空輸送会社による航空輸送ネットワークの形成要因を、航空機材の選択に着目して明らかにした。航空規制緩和後の欧米では、LCC は低価格戦略をとり、大手航空輸送会社はハブ・アンド・スポーク型の路線網を形成して、ハブ空港と地方空港を結ぶために小型機を用いて多頻度運航を行なった。一方、主要都市間の距離が遠く、海洋に隔てられた東アジアでは、大型機の運航が多い。北米と欧州、アジアを結ぶ長距離国際線では、1960 年代末から既存のプロペラ機経由便がジェット化され、1980 年代半ばから大圏コース直行便が超大型機によって実現された。さらには、双発機の洋上運航規制が緩和されると、2000 年代後半からは 3～4 発機が双発機に代替された。主要地域間が長距離国際線で結ばれ、主要都市からはハブ・アンド・スポーク型の路線網が広がる航空輸送ネットワークは、それを技術的に実現する航空機材の発達によって成立したのである。

## キーワード

航空需要、ハブ・アンド・スポーク、LCC、直行便、規制緩和、航空自由化

## 目次

1. はじめに
2. 航空需要の地域特性と航空輸送会社の使用機材
  - (1) 主な航空需要地域における地域内需要と地域間需要
  - (2) 北米の小型機需要とアジアの大型機需要
  - (3) 欧米とアジアの航空輸送会社による航空機材の選択
3. 地域内運航にみる北米の小型機運航とアジアの大型機運航
  - (1) 北米地域内における小型機材による多頻度運航
  - (2) 欧州地域内における小型機材による多頻度運航
  - (3) 東アジア地域内における大型機材の運航
4. 地域間運航にみる長距離洋上飛行における直行便の実現：日本航空の場合
  - (1) 最短距離をとる大圏コース経由便の実現（1960 年代末～）
  - (2) 超大型 4 発機 747 による大圏コース直行便の実現（1980 年代前半～）
  - (3) エンジン双発機による長距離洋上飛行と規制緩和（2000 年代後半～）
5. おわりに

\* 立命館大学経営学部准教授

## 1. はじめに

戦後の航空需要は基本的に増え続けており、北米に加えて欧州、アジアが主な航空需要地域として成長してきた。1960年代にプロペラ機からジェット機への移行が始まり、1970年代末からの航空自由化によって新規の需要が掘り起こされ、航空需要が増大した。アジアでは、とりわけ冷戦崩壊後の経済成長が目覚ましく、北米・欧州との経済交流や貿易、生産の国際分業が活発になり、ビジネス客やレジャー旅客、物流が増大してきた。

これらの航空需要に対して、大手の航空輸送会社は、複数のハブ空港を拠点とする北米やアジア、欧州地域内のハブ・アンド・スポーク型の路線網と、それら地域間を長距離国際線で結びつける航空輸送ネットワークを形成してきた。このネットワークは、航空機メーカーによって路線に適合的な航空機材が提供されなければ成り立たない。

航空機材を供給する航空機産業を対象とする Newhouse (2007) や Lynn (1995) の研究では、エアバスとボーイングによる製品群ごとの市場競争を論じている。数多くの航空輸送会社の異なる要求に対して、ボーイングやエアバスといった民間航空機を供給する少数の航空機メーカーは、機体の大きさごとに小型 (100 席級)・中型 (200 席級)・大型 (300 席級)・超大型 (400 席級) という 4 種類の製品群を供給している。さらに原型機を元に派生型や発展型を開発することで、個別のユーザーや路線に適合する航空機材を供給する。

航空機材を使用する航空輸送会社に関する研究としては、塩見英治 (2006) や戸崎肇 (1995)、吉田茂・高橋望 (2002) が、航空規制緩和とその影響について論じている。航空輸送会社の機材選択・路線展開については、地域特性に着目する Taneja (1988) や、航空輸送会社の保有機材や路線ネットワーク、機材・運航特性などの関係を分析する国土交通省の国土技術政策総合研究所の一連の研究が参考になる。

航空機材を供給するメーカーと使用するユーザーのそれぞれの研究は存在するが、ユーザーである航空輸送会社が形成する航空輸送ネットワークが、どのような航空機材を選択することで実現したのか、という研究は十分にはなされていない。

本論文では、航空輸送会社が、ハブ・アンド・スポーク型の路線網や、アジアと北米や欧州を結ぶ長距離路線を含む航空輸送ネットワークを形成できた理由を、航空機材の選択に着目して明らかにする。その際に、主な航空需要地域である北米、欧州、アジアの航空需要を域内需要と域外需要 (地域間航空需要) に区別する。とりわけ地域間航空需要は、長距離のアジア・欧州路線やアジア・北米路線では航続距離の長い航空機材でなければ直行便で結ぶことができない。航空機材の発達が、地域間航空需要を結びつけ、ハブ・アンド・スポーク型の路線網を成り立たせるための鍵を握るのである。

以下では、第2節で航空需要を地域内需要と地域間需要に区別して使用機材の地域的傾向を整理する。第3節では、主な航空需要地域である北米、欧州、アジアの地域内運航について機材と路線展開の特徴を分析する。第4節では、地域内運航を結びつける地域間運航の路線展開と航空機材の変遷を、日本航空株式会社（以下、日本航空）を事例として分析する。

## 2. 航空需要の地域特性と航空輸送会社の使用機材

戦後世界の航空需要は、基本的には一貫して増大してきた。しかし、航空需要と航空輸送会社の機材選択には、地域的な特性がみられる。以下では、北米、欧州、アジアという3つの主要な航空需要地域における航空需要の地域特性と機材選択の特徴を整理する。

### (1) 主な航空需要地域における地域内需要と地域間需要

表1に、航空需要の地域的構成や国内線と国際線の構成の変遷を示す。第二次世界大戦後、世界の航空需要の多くは北米に集中していたが、各国・地域の経済成長とともに欧州とアジアでも航空需要が増大してきた。とりわけ北米とアジアは対照的である。全体に占める旅客需要が、1960年代に10%未満だったアジア太平洋が2010年代には30%を超える一方で、1960年代に60%以上を占めていた北米が2010年代には30%以下にまで減少した。その結果、2016年の時点では北米が24%（うち国内線16%）、欧州が24%（うち国際線22%）、アジア太平洋が33%と合計で81%の旅客輸送実績を示しており、3つの主要な航空需要地域の形成に至った。

ある国や地域の航空需要は国際線需要と国内線需要から構成される。全体としては、1992年以降は国内線需要が国際線需要を上回っているものの、地域によってその比率は異なる<sup>1)</sup>。

北米の国内線需要の絶対量は増え続けており、北米の航空需要が国内線に牽引されていることに変わりはない。北米地域内でみても、旅客需要に占める国内線の比率は相対的に縮小しているものの7～8割と大部分を占める。ただし、世界全体の旅客需要に占める北米の国内線需要は、1960年の50%から2016年には16%にまで落ち込んでいる。

国内線需要が大きい北米に対して、アジアと欧州は国際線需要の方が大きい。アジアでは、国際線需要と国内線需要の比率が1970年代前半に逆転し、2000年には国際線需要が7割を占めた。ただし、2000年代は911同時多発テロや新型肺炎SARSの影響もあって国際線需要が伸び悩む一方で国内線需要が順調に成長した。それでも、国際線需要が大きいことには変わりがない。欧州では、もともと多くを占める国際線需要が1990年代半ばからさらに増大し、国際線需要が9割を占めるようになった。欧州の航空需要は、歴史的に国際線に牽引されており、1990年代以降はその傾向を強めている。

表 1：定期航空の地域別輸送実績の変遷

旅客キロ／定期輸送 (10 億人 km)

|             | 北米    |     | 欧州<br>(ソ連除く) |     | アジア<br>太平洋 |     | 他     |    | 合計    |    |
|-------------|-------|-----|--------------|-----|------------|-----|-------|----|-------|----|
|             | 値     | 割合  | 値            | 割合  | 値          | 割合  | 値     | 割合 | 値     | 割合 |
| (国際線・国内線合計) |       |     |              |     |            |     |       |    |       |    |
| 1960        | 69    | 63% | 24           | 22% | 7          | 7%  | 9     |    | 109   |    |
| 際           | 14    | 13% | 20           | 18% | 3          | 3%  | 4     |    | 41    |    |
| 内           | 55    | 50% | 4            | 4%  | 4          | 4%  | 5     |    | 69    |    |
| 1970        | 226   | 49% | 85           | 19% | 38         | 8%  | 33    |    | 460   |    |
| 際           | 46    | 10% | 72           | 16% | 19         | 4%  | 23    |    | 162   |    |
| 内           | 180   | 39% | 13           | 3%  | 20         | 4%  | 9     |    | 297   |    |
| 1980        | 445   | 41% | 205          | 19% | 160        | 15% | 118   |    | 1,089 |    |
| 際           | 99    | 9%  | 175          | 16% | 105        | 10% | 78    |    | 466   |    |
| 内           | 346   | 32% | 30           | 3%  | 55         | 5%  | 40    |    | 622   |    |
| 1990        | 783   | 41% | 350          | 18% | 344        | 18% | 176   |    | 1,894 |    |
| 際           | 221   | 12% | 296          | 16% | 236        | 12% | 123   |    | 893   |    |
| 内           | 562   | 30% | 54           | 3%  | 108        | 6%  | 53    |    | 1,001 |    |
| 2000        | 1,177 | 39% | 762          | 25% | 733        | 24% | 302   |    | 3,018 |    |
| 際           | 355   | 12% | 662          | 22% | 519        | 17% | 225   |    | 1,779 |    |
| 内           | 822   | 27% | 100          | 3%  | 215        | 7%  | 77    |    | 1,239 |    |
| 2010        | 1,412 | 30% | 1,198        | 26% | 1,283      | 27% | 683   |    | 4,685 |    |
| 際           | 459   | 10% | 1,088        | 23% | 735        | 16% | 538   |    | 2,874 |    |
| 内           | 952   | 20% | 110          | 2%  | 548        | 12% | 144   |    | 1,811 |    |
| 2016        | 1,699 | 24% | 1,712        | 24% | 2,341      | 33% | 1,196 |    | 7,124 |    |
| 際           | 582   | 8%  | 1,571        | 22% | 1,285      | 18% | 966   |    | 4,481 |    |
| 内           | 1,117 | 16% | 141          | 2%  | 1,056      | 15% | 230   |    | 2,643 |    |

貨物トンキロ／定期輸送 (10 億トン km)

|             | 北米  |     | 欧州<br>(ソ連除く) |     | アジア<br>太平洋 |     | 他   |    | 合計  |    |
|-------------|-----|-----|--------------|-----|------------|-----|-----|----|-----|----|
|             | 値   | 割合  | 値            | 割合  | 値          | 割合  | 値   | 割合 | 値   | 割合 |
| (国際線・国内線合計) |     |     |              |     |            |     |     |    |     |    |
| 1960        | 1   | 55% | 0.5          | 24% | 0.2        | 9%  | 0.3 |    | 2   |    |
| 際           | 0.4 | 17% | 0.4          | 20% | 0.1        | 4%  | 0.1 |    | 1   |    |
| 内           | 1   | 38% | 0.1          | 4%  | 0.1        | 5%  | 0.1 |    | 0.3 |    |
| 1970        | 6   | 53% | 3            | 29% | 0.9        | 9%  | 1.0 |    | 10  |    |
| 際           | 2   | 18% | 3            | 27% | 1          | 7%  | 1   |    | 4   |    |
| 内           | 4   | 34% | 0            | 1%  | 0          | 2%  | 0   |    | 1   |    |
| 1980        | 9   | 31% | 8            | 28% | 6          | 19% | 3.7 |    | 29  |    |
| 際           | 4   | 13% | 6            | 21% | 5          | 17% | 7   |    | 16  |    |
| 内           | 5   | 18% | 0            | 1%  | 1          | 2%  | 1   |    | 4   |    |
| 1990        | 16  | 27% | 17           | 30% | 16         | 28% | 6.3 |    | 59  |    |
| 際           | 9   | 15% | 17           | 29% | 15         | 25% | 18  |    | 38  |    |
| 内           | 8   | 13% | 0            | 1%  | 2          | 3%  | 2   |    | 5   |    |
| 2000        | 32  | 27% | 34           | 29% | 40         | 34% | 11  |    | 118 |    |
| 際           | 20  | 17% | 33           | 28% | 36         | 31% | 43  |    | 81  |    |
| 内           | 11  | 10% | 0            | 0%  | 3          | 3%  | 4   |    | 5   |    |
| 2010        | 41  | 24% | 43           | 25% | 63         | 36% | 25  |    | 173 |    |
| 際           | 25  | 14% | 39           | 23% | 56         | 32% | 74  |    | 121 |    |
| 内           | 16  | 9%  | 3            | 2%  | 7          | 4%  | 8   |    | 12  |    |
| 2016        | 40  | 20% | 46           | 23% | 80         | 39% | 38  |    | 205 |    |
| 際           | 24  | 11% | 45           | 22% | 71         | 35% | 103 |    | 153 |    |
| 内           | 17  | 8%  | 1            | 1%  | 10         | 5%  | 10  |    | 12  |    |

注 1：旅客 1 名を 1km 輸送すると 1 旅客キロ，貨物 1 トンを 1km 輸送すると貨物 1 トン km という。

注 2：「際」は国際線，「内」は国内線の略である。それぞれ国際・国内線全体に対する割合を示す。

注 3：不定期輸送は含めていないが，例えば 2005 年は旅客輸送 189 億人 km，貨物輸送 50 億トン km であった。

注 4：欧州のデータには，ソ連及び CIS (旧ソ連) のデータを引いて産出している。

出所：日本航空協会 (2017)，22～23，33 ページ。日本航空協会 (2009)，28～29 ページ。日航航空 (1997)，26～27 ページ。日本航空 (1987)，26～27 ページ。日本航空 (1979)，36～41 ページ。原出所は，1999 年までは ICAO (International Civil Aviation Organization) の “Civil Aviation Statistics of the World”，2000 年からは ICAO の “Annual Report of the Council” である。

ただし，これら国際線需要には，地域内の国際線需要と地域間の国際線需要が含まれている。旅客輸送実績は，有償旅客数と各飛行区間の大圏距離（地球表面に描いた大円に沿う最短距離）を乗じた有償旅客キロ（単位：人 km）で示しているため，距離が遠くなるほど旅客輸送実績は大きくなり，距離が短いほど小さくなる。そのため，長距離国際線の場合，有償旅客キロは大きくなるが，旅客数は相対的に小さくなる。地域内需要は，長距離国際線に比べて有償旅客キロは相対的に小さくなるが，旅客数は大きくなる。

表 2 に，3 つの航空需要地域を結ぶ地域間需要（地域間国際線）と航空需要地域の地域内需要（地域内国際線及び国内線）の変遷を示す。地域間需要としては，北米・欧州路線（北大西洋路線）とアジア・欧州路線，アジア・北米路線（太平洋路線）が，主要な需要地域間を結ぶ長距離国際線であり，有償旅客キロで見ると 1995～2010 年に需要全体の 20～29% を，旅客数でみ

ると5～8%を占めている。一方の地域内需要としては、3つの航空需要地域内の航空需要（域内の国際線と国内線）が、有償旅客キロでは北米17%、アジア17%、欧州9%と合計で43%、旅客数では北米21%、アジア27%、欧州19%と合計67%に上っている。

世界の航空需要は、北米、欧州、アジアで8割を占め、この3地域を結ぶ地域間需要（長距離国際線）で3割、3地域の地域内需要で4割を構成しているのである。

表2：航空需要の地域別変遷（有償旅客キロ：10億万人 km）

|                |                | 有償旅客キロ（10億万人 km） |           |           |           | 旅客数（百万人）  |         |         |         |         |
|----------------|----------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|
|                |                | 1995             | 2000      | 2005      | 2010      | 1995      | 2000    | 2005    | 2010    |         |
| 地域間            | 国際線            | 北米－欧州（北大西洋）      | 189 9%    | 347 13%   | 361 13%   | 438 12%   | 28 3%   | 52 4%   | 52 4%   | 62 4%   |
|                |                | アジア－欧州           | 112 5%    | 195 7%    | 224 8%    | 309 9%    | 15 1%   | 25 2%   | 29 2%   | 38 2%   |
|                |                | アジア－北米（北中太平洋）    | 115 6%    | 180 7%    | 229 8%    | 207 6%    | 15 1%   | 23 2%   | 27 2%   | 24 2%   |
| 地域内            | 国際線            | 北米域内             | 9 0%      | 25 1%     | 17 1%     | 19 1%     | 6 1%    | 15 1%   | 9 1%    | 8 1%    |
|                |                | アジア域内            | 75 4%     | 136 5%    | 177 6%    | 233 7%    | 33 3%   | 42 3%   | 83 6%   | 114 7%  |
|                |                | 欧州域内             | 102 5%    | 171 6%    | 168 6%    | 200 6%    | 103 9%  | 168 12% | 148 12% | 176 11% |
|                | 国内線            | 北米               | 564 28%   | 684 25%   | 616 22%   | 557 16%   | 404 36% | 457 32% | 365 28% | 309 20% |
|                |                | アジア              | 89 4%     | 149 5%    | 153 6%    | 349 10%   | 118 11% | 170 12% | 176 14% | 313 20% |
|                |                | 欧州               | 44 2%     | 85 3%     | 79 3%     | 102 3%    | 84 8%   | 141 10% | 127 10% | 119 8%  |
|                | 合計             | 北米域内（国内・国際線）     | 573 28%   | 708 26%   | 633 23%   | 577 16%   | 410 37% | 472 33% | 374 29% | 317 21% |
|                |                | アジア域内（国内・国際線）    | 165 8%    | 286 10%   | 330 12%   | 582 16%   | 151 14% | 211 15% | 259 20% | 426 28% |
|                |                | 欧州域内（国内・国際線）     | 146 7%    | 256 9%    | 247 9%    | 302 9%    | 188 17% | 309 22% | 276 21% | 295 19% |
|                | 全 IATA 合計（国際線） |                  | 1,200 59% | 1,710 62% | 1,834 66% | 2,398 68% | 352 32% | 502 36% | 515 40% | 671 44% |
| 全 IATA 合計（国内線） |                | 829 41%          | 1,031 38% | 941 34%   | 1,130 32% | 755 68%   | 909 64% | 774 60% | 870 56% |         |

注：IATAは民間航空輸送会社から構成される国際機関であり、非加盟であったり、データを未提出企業のデータは含まれていない。データ捕捉率は90%未満とされる。上記からは旅客量の少ない地域のデータは除いているが、合計には含めている。

出所：日航財団（2005）、60～63ページ、日本航空協会（2009）、60～63ページ、日本航空協会（2013）、60～61ページ。原典はIATAの“World Air Transport Statistics”である。

## （2）北米の小型機需要とアジアの大型機需要

3つの主要な地域を中心にした航空需要は、どのような航空機材によって満たされているのであろうか。ここでは航空機材の納入実績から、地域ごとに導入される航空機材の傾向を分析する。表3は、1999年までのデータに限られるものの、民間ジェット機市場の形成期（1958～1979年）から更新期（1980～1999年）にかけての地域別納入機数の推移を示している<sup>2)</sup>。

第1に、製品群ごとにみると小型機の割合が増えている。1979年までの市場形成期には29%（1,555機）を占めていた小型機は、市場更新期には55%（5,303機）を占めるようになった。その一方で、中型機は57%（3,053機）から28%（2,735機）に減少した。地域別にみると多くの小型機が北米に納入された。1958～1999年の全期間にわたって北米地域に納入された合計7,489機のうち、約91%が中型機（3,500機）と小型機（3,282機）であった。市場形成期から更新期への北米における変化をみると、中型機は2,126機から1,374機に減少したのに対して、小型機は802機から2,480機（3.1倍）に増え、同製品群の半分（47%）を占めている。

北米で市場形成期に導入された中型機 (707 や 727, DC-8) の多くは, 更新期には小型機に代替されたと考えられる。小型機の納入は, 欧州でも 390 機から 1,689 機 (4.3 倍), アジアでも 154 機から 836 機 (5.4 倍) に伸びているが, 絶対数において北米が圧倒的である。

表 3 : 民間航空機の地域別・メーカー別納入機数の推移

|                            | 狭胴小型機 |       |     |       | 狭胴・広胴中型機 |     |     |       | 広胴大型機 |     |     |       | 広胴超大型機 |     |     |       | 全体    |       |       |       |        |
|----------------------------|-------|-------|-----|-------|----------|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-------|--------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                            | 北米    | 欧州    | ア   | 計     | 北米       | 欧州  | ア   | 計     | 北米    | 欧州  | ア   | 計     | 北米     | 欧州  | ア   | 計     | 北米    | 欧州    | ア     | 他     | 計      |
| <b>市場形成期 (1958 ~ 79 年)</b> |       |       |     |       |          |     |     |       |       |     |     |       |        |     |     |       |       |       |       |       |        |
| Boeing                     | 289   | 112   | 71  | 623   | 1,760    | 313 | 174 | 2,497 |       |     |     |       | 164    | 110 | 90  | 414   | 2,213 | 535   | 335   | 451   | 3,534  |
| Douglas                    | 513   | 278   | 83  | 932   | 366      | 118 | 50  | 556   | 155   | 76  | 44  | 299   |        |     |     |       | 1,034 | 472   | 177   | 104   | 1,787  |
| 合計                         | 802   | 390   | 154 | 1,555 | 2,126    | 431 | 224 | 3,053 | 155   | 76  | 44  | 299   | 164    | 110 | 90  | 414   | 3,247 | 1,007 | 512   | 555   | 5,321  |
| (製品群別)                     | 52%   | 25%   | 10% | 100%  | 70%      | 14% | 7%  | 100%  | 52%   | 25% | 15% | 100%  | 40%    | 27% | 22% | 100%  |       |       |       |       |        |
| (全体)                       | 15%   | 7%    | 3%  | 29%   | 40%      | 8%  | 4%  | 57%   | 3%    | 1%  | 1%  | 6%    | 3%     | 2%  | 2%  | 8%    | 61%   | 19%   | 10%   | 10%   | 100%   |
| <b>市場更新期 (1980 ~ 99 年)</b> |       |       |     |       |          |     |     |       |       |     |     |       |        |     |     |       |       |       |       |       |        |
| Boeing                     | 1,363 | 897   | 472 | 2,874 | 1,194    | 346 | 298 | 1,993 | 69    | 36  | 103 | 239   | 116    | 208 | 430 | 813   | 2,742 | 1,487 | 1,303 | 387   | 5,919  |
| Douglas                    | 689   | 411   | 167 | 1,330 |          |     |     |       | 160   | 72  | 73  | 339   |        |     |     |       | 849   | 483   | 240   | 97    | 1,669  |
| Airbus                     | 428   | 381   | 197 | 1,099 | 180      | 214 | 231 | 742   | 43    | 103 | 108 | 289   |        |     |     |       | 651   | 698   | 536   | 245   | 2,130  |
| 合計                         | 2,480 | 1,689 | 836 | 5,303 | 1,374    | 560 | 529 | 2,735 | 272   | 211 | 284 | 867   | 116    | 208 | 430 | 813   | 4,242 | 2,668 | 2,079 | 729   | 9,718  |
| (製品群別)                     | 47%   | 32%   | 16% | 100%  | 50%      | 20% | 19% | 100%  | 31%   | 24% | 33% | 100%  | 14%    | 26% | 53% | 100%  |       |       |       |       |        |
| (全体)                       | 26%   | 17%   | 9%  | 55%   | 14%      | 6%  | 5%  | 28%   | 3%    | 2%  | 3%  | 9%    | 1%     | 2%  | 4%  | 8%    | 44%   | 27%   | 21%   | 8%    | 100%   |
| <b>合計 (1958 ~ 99 年)</b>    |       |       |     |       |          |     |     |       |       |     |     |       |        |     |     |       |       |       |       |       |        |
| Boeing                     | 1,652 | 1,009 | 543 | 3,497 | 2,954    | 659 | 472 | 4,490 | 69    | 36  | 103 | 239   | 280    | 318 | 520 | 1,227 | 4,955 | 2,022 | 1,638 | 838   | 9,453  |
|                            | 47%   | 29%   | 16% | 100%  | 66%      | 15% | 11% | 100%  | 29%   | 15% | 43% | 100%  | 23%    | 26% | 42% | 100%  | 52%   | 21%   | 17%   | 9%    | 100%   |
| Douglas                    | 1,202 | 689   | 250 | 2,262 | 366      | 118 | 50  | 556   | 315   | 148 | 117 | 638   |        |     |     |       | 1,883 | 955   | 417   | 201   | 3,456  |
|                            | 53%   | 30%   | 11% | 100%  | 66%      | 21% | 9%  | 100%  | 49%   | 23% | 18% | 100%  |        |     |     |       | 54%   | 28%   | 12%   | 6%    | 100%   |
| Airbus                     | 428   | 381   | 197 | 1,099 | 180      | 214 | 231 | 742   | 43    | 103 | 108 | 289   |        |     |     |       | 651   | 698   | 536   | 245   | 2,130  |
|                            | 39%   | 35%   | 18% | 100%  | 24%      | 29% | 31% | 100%  | 15%   | 36% | 37% | 100%  |        |     |     |       | 31%   | 33%   | 25%   | 12%   | 100%   |
| 合計                         | 3,282 | 2,079 | 990 | 6,858 | 3,500    | 991 | 753 | 5,788 | 427   | 287 | 328 | 1,166 | 280    | 318 | 520 | 1,227 | 7,489 | 3,675 | 2,591 | 1,284 | 15,039 |
| (製品群別)                     | 48%   | 30%   | 14% | 100%  | 60%      | 17% | 13% | 100%  | 37%   | 25% | 28% | 100%  | 23%    | 26% | 42% | 100%  |       |       |       |       |        |
| (全体)                       | 22%   | 14%   | 7%  | 46%   | 23%      | 7%  | 5%  | 38%   | 3%    | 2%  | 2%  | 8%    | 2%     | 2%  | 3%  | 8%    | 50%   | 24%   | 17%   | 9%    | 100%   |

注 1 : 地域の略号で, 「ア」はアジアを示す。Douglas は, McDonnell Douglas であり, 1997 年に Boeing に吸収合併された。

注 2 : 小型・中型・大型・超大型機の地域別表示では「その他」の地域は省略し, 合計欄にまとめている。

注 3 : ボーイング及びマクダネル・ダグラスは 1999 年 9 月 30 日, エアバスは 99 年 10 月 31 日時点のデータである。エアバスの元データは時期区分がなく, 74 年に就航した A300 の 80 年までの納入数はそれほど多くないので, すべて 80 年以降の納入として表示している。ロッキード L-1011 は上記に含んでいないが, 生産機数は 250 機である。

出所: 青木 (2000), 328-331, 337 ~ 341 ページより筆者作成。

第 2 に, 大型・超大型機に着目すると, アジアへの納入数は市場更新期にも多く, 欧米と対照的である。アジアでは, 市場形成期から更新期にかけて大型機は 44 機から 284 機 (6.5 倍) に増えて大型機全体 (867 機) の 33% を占め, 超大型機は 90 機から 430 機 (4.8 倍) に増えて超大型機全体 (813 機) の 53% を占めた。広胴大型機 777 は, 1995 年の就航以来, 4 割がアジアに納入され, 1989 年に就航した 747-400 も多くがアジアに納入された。対照的に北米では, 市場形成期から更新期にかけて, 大型機は 155 機から 272 機 (1.8 倍), 超大型機は 164 機から 116 機 (0.7 倍) と減少すらしている。ただし欧州では, 大型機が 76 機から 211 機



(2.8倍)、超大型機が110機から208機(1.9倍)と北米に比べると増加の傾向がみられる。

第3に、航空機メーカーによる市場競争に着目すると、ボーイングとマクダネル・ダグラス、ロッキードによる限定された製品群における市場競争の構造は、ボーイングとエアバスによる全製品群にわたっての市場競争に置き換わった。

市場形成期は小型機と中型機でボーイングとマクダネル・ダグラス、大型機でロッキードとマクダネル・ダグラスというアメリカメーカーが競合し、ボーイング以外は最終的に市場からの撤退を余儀なくされた。一方で欧州企業のエアバスは、2007年にA380を就航させたことで、すべての製品群でボーイングと全面的に競争する体制を整えた。単年度の受注機数は2001年にエアバスが339機、ボーイングが314機となり、納入機数は2003年にエアバスが305機、ボーイングが281機となってエアバスがボーイングを上回る実績を出した<sup>3)</sup>。

メーカー別の納入機数を地域別にみると、ボーイングとマクダネル・ダグラスの納入機数が北米向けに5割以上(4,955機と1,883機)であるのに対して、エアバスは北米向けが3割(651機)に留まり、欧州(698機で33%)とアジア(536機で25%)への納入が相対的に多い。ただし、大型機と超大型機については、ボーイングとエアバスのいずれもがアジアに最も多くを販売している。ボーイングは大型機239機の43%(103機)、超大型機1,227機の42%(520機)、エアバスは大型機289機の37%(328機)をアジアに販売している<sup>4)</sup>。

### (3) 欧米とアジアの航空輸送会社による航空機材の選択

地域別の航空機材の納入傾向は、北米の小型機需要とアジアの大型機需要が特徴的で、欧州はそのどちらの傾向もみられた。次に、3つの航空需要地域における主要な航空輸送会社をとりあげて、それぞれの機材構成を確認する。航空輸送会社にとって、航空機材の選択は企業利益を左右するだけでなく、1機の価格が高額であるため、既存機種の新機種の購入は慎重に判断される。

表4に世界の主要な航空輸送企業の保有機材の変遷を、表5に各社の大型機と小型機の割合を示す。10～20年単位で旧式化した航空機が更新されているが、更新の際には既存機種の派生型・発展型が導入される場合と、同じメーカーの異なる機種、あるいは異なるメーカーの機種が導入される場合がある。旧型機よりも大型もしくは小型の機種が後継に選ばれることもある。

航空輸送会社ごとにみると、地域ごとに大きく3つの傾向がみられる。

第1に、アメリカン航空、デルタ航空、ユナイテッド航空という北米の企業は、保有する絶対数が多い中で、小型機の割合が1990年には40%程度、2016年には65%を超えている。ただし、自社内では相対的に保有数が少なくても、他社と比べると中型機や大型機の保有数も多い。また、アジア企業でもカンタス航空は北米企業に似た傾向を示す。

表 4 : 世界の主要な航空輸送企業の保有機材の変遷

日本航空

|     |          | 80 | 90  | 00  | 10  | 16 |
|-----|----------|----|-----|-----|-----|----|
| 小 型 | 737      |    |     | 4   | 37  | 50 |
|     | MD-80/90 |    |     | 42  | 18  |    |
| 中 型 | 727      | 2  |     |     |     |    |
|     | DC-8     | 29 |     |     |     |    |
|     | 767      |    | 16  | 22  | 29  | 39 |
|     | 787      |    |     |     |     | 30 |
| 大 型 | A300     |    |     | 36  | 18  |    |
|     | DC-10    | 13 | 16  | 12  |     |    |
|     | MD-11    |    |     | 10  |     |    |
| 超大型 | 777      |    |     | 17  | 46  | 40 |
|     | 在来型 747  | 36 | 56  | 39  |     |    |
|     | 747-400  |    | 10  | 41  | 14  |    |
| 合計  | 80       | 98 | 223 | 162 | 159 |    |

キャセイ・パシフィック航空 (香港)

|     |          | 90 | 00  | 10  | 16 |
|-----|----------|----|-----|-----|----|
| 大 型 | L-1011   | 17 |     |     |    |
|     | 777      |    | 12  | 35  | 70 |
|     | A330/340 |    | 26  | 47  | 44 |
|     | A350     |    |     |     | 10 |
| 超大型 | 在来型 747  | 17 | 4   |     |    |
|     | 747-400  | 6  | 22  | 46  | 7  |
|     | 747-8    |    |     |     | 14 |
| 合計  | 40       | 64 | 128 | 145 |    |

アメリカン航空 (米)

|     |          | 80  | 90  | 00  | 10  | 16  |
|-----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 小 型 | 737      |     | 18  | 51  | 152 | 284 |
|     | MD-80/90 |     | 213 | 266 | 222 | 57  |
|     | A320     |     |     |     |     | 375 |
| 中 型 | 707/727  | 226 | 164 | 60  |     |     |
|     | 757      |     | 26  | 102 | 124 | 51  |
|     | 767      |     | 45  | 79  | 73  | 30  |
|     | 787      |     |     |     |     | 21  |
|     | A300     |     | 25  | 35  |     |     |
| 大 型 | DC-10    | 34  | 59  |     |     |     |
|     | MD-11    |     |     | 8   |     |     |
|     | A330     |     |     |     | 27  | 47  |
| 超大型 | 777      |     |     |     |     | 67  |
|     | 在来型 747  | 11  | 2   |     |     |     |
| 合計  |          | 276 | 552 | 703 | 618 | 909 |

ブリティッシュ・エアウエイズ (英)

|     |         | 80  | 90  | 00  | 10  | 15  |
|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 小 型 | A320    |     | 10  | 29  | 86  | 130 |
|     | 737     | 18  | 47  | 55  | 19  |     |
| 中 型 | 707     | 11  |     |     |     |     |
|     | 757     |     | 34  | 50  |     |     |
|     | 767     |     | 9   | 21  | 21  | 12  |
|     | 787     |     |     |     |     | 13  |
| 大 型 | L-1011  | 71  | 12  |     |     |     |
|     | DC-10   |     | 8   |     |     |     |
|     | 777     |     |     | 40  | 49  | 58  |
| 超大型 | 在来型 747 | 30  | 34  | 15  |     | 3   |
|     | 747-400 |     | 16  | 56  | 50  | 40  |
|     | A380    |     |     |     |     | 10  |
| 合計  |         | 176 | 228 | 311 | 225 | 266 |

カンタス航空 (豪)

|     |         | 80 | 90 | 00  | 11  | 16  |
|-----|---------|----|----|-----|-----|-----|
| 小 型 | 737/717 |    |    | 42  | 86  | 95  |
|     | A320    |    |    |     | 68  | 79  |
| 中 型 | 767     | 15 |    | 43  | 25  |     |
|     | 787     |    |    |     |     | 11  |
| 大 型 | A330    |    |    |     | 29  | 28  |
|     | 在来型 747 | 21 | 21 | 8   |     |     |
| 超大型 | 747-400 |    | 9  | 26  | 25  | 11  |
|     | A380    |    |    |     | 12  | 12  |
|     | 合計      | 21 | 45 | 119 | 245 | 236 |

大韓航空

|     |         | 80 | 90  | 00  | 10  | 16 |
|-----|---------|----|-----|-----|-----|----|
| 小 型 | 737     |    |     | 8   | 30  | 39 |
|     | MD-80   |    | 8   | 8   |     |    |
| 中 型 | 707/727 | 13 | 12  |     |     | 2  |
|     | 767     |    |     |     |     |    |
|     | A300    | 8  | 20  | 19  | 8   |    |
| 大 型 | DC-10   | 5  | 3   |     |     |    |
|     | MD-11   |    |     | 4   |     |    |
|     | 777     |    |     | 9   | 27  | 49 |
|     | A330    |    |     | 14  | 20  | 29 |
| 超大型 | 在来型 747 | 13 | 13  | 9   |     |    |
|     | 747-400 |    | 12  | 35  | 42  | 19 |
|     | 747-8   |    |     |     |     | 14 |
|     | A380    |    |     |     |     | 10 |
| 合計  | 44      | 72 | 116 | 127 | 162 |    |

デルタ航空 (米)

|     |          | 80  | 90  | 00  | 10  | 16  |
|-----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 小 型 | 737/717  |     | 72  | 120 | 83  | 243 |
|     | DC-9     | 36  | 36  |     |     |     |
|     | MD-80/90 |     | 67  | 136 | 136 | 181 |
|     | A320     |     |     |     | 126 | 141 |
| 中 型 | 727      | 128 | 129 | 81  |     |     |
|     | DC-8     |     | 13  |     |     |     |
|     | 757      |     | 61  | 118 | 180 | 117 |
|     | 767      |     | 37  | 112 | 92  | 85  |
| 大 型 | L-1011   | 36  | 40  | 13  |     |     |
|     | MD-11    |     | 2   | 15  |     |     |
|     | 777      |     |     | 7   | 18  | 18  |
|     | A330     |     |     |     | 32  | 40  |
| 超大型 | 747-400  |     |     |     |     | 16  |
|     | 合計       | 213 | 444 | 602 | 683 | 832 |

エールフランス (仏)

|     |          | 80  | 90  | 00  | 10  |
|-----|----------|-----|-----|-----|-----|
| 小 型 | A320     |     | 14  | 97  | 140 |
|     | 737      |     | 19  | 41  |     |
| 中 型 | 707/727  | 42  | 21  |     |     |
|     | 767      |     |     | 5   |     |
|     | A300/310 | 17  | 26  | 10  |     |
| 大 型 | 777      |     |     | 14  | 56  |
|     | A330/340 |     |     | 21  | 32  |
|     | 在来型 747  | 27  | 36  | 25  | 5   |
| 超大型 | 747-400  |     |     | 13  | 10  |
|     | A380     |     |     |     | 4   |
| 合計  |          | 104 | 121 | 230 | 247 |

全日本空輸

|     |         | 90  | 00  | 10  | 16  |
|-----|---------|-----|-----|-----|-----|
| 小 型 | A320    | 2   | 32  | 29  | 14  |
|     | 737     | 15  |     | 52  | 61  |
| 中 型 | 767     | 44  | 53  | 62  | 49  |
|     | 787     |     |     |     | 57  |
| 大 型 | L-1011  | 11  |     |     |     |
|     | 777     |     | 21  | 49  | 55  |
| 超大型 | 在来型 747 | 22  | 15  |     |     |
|     | 747-400 | 2   | 23  | 12  |     |
|     | 合計      | 108 | 144 | 204 | 236 |

シンガポール航空

|     |          | 80 | 90 | 00 | 10  | 16  |
|-----|----------|----|----|----|-----|-----|
| 小 型 | A320     |    |    | 1  | 1   |     |
|     | 707/727  | 8  |    |    |     |     |
| 中 型 | A300/310 | 3  | 13 | 14 |     |     |
|     | DC-10    | 4  |    |    |     |     |
| 大 型 | 777      |    | 19 | 72 | 54  |     |
|     | A330     |    |    | 19 | 26  |     |
|     | A350     |    |    |    | 9   |     |
|     | A340     |    |    | 13 | 5   |     |
| 超大型 | 在来型 747  | 15 | 20 |    |     |     |
|     | 747-400  | 7  | 44 | 20 | 8   |     |
|     | A380     |    |    | 11 | 19  |     |
|     | 合計       | 30 | 40 | 90 | 128 | 117 |

ユナイテッド航空 (米)

|     |         | 80  | 90  | 00  | 10  | 16  |
|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 小 型 | 737     | 42  | 179 | 182 | 0   | 325 |
|     | A320    |     |     | 100 | 152 | 158 |
| 中 型 | 727     | 173 | 104 | 75  |     |     |
|     | DC-8    | 43  | 19  |     |     |     |
|     | 757     |     | 24  | 98  | 96  | 77  |
|     | 767     |     | 19  | 54  | 35  | 51  |
|     | 787     |     |     |     |     | 30  |
| 大 型 | DC-10   | 42  | 54  | 3   |     |     |
|     | 777     |     | 48  | 52  | 76  |     |
| 超大型 | 在来型 747 | 18  | 31  |     |     |     |
|     | 747-400 | 8   | 44  | 25  | 20  |     |
|     | 合計      | 318 | 438 | 604 | 360 | 737 |

ルフトハンザドイツ航空 (独)

|     |          | 80 | 90  | 00  | 10  | 15  |
|-----|----------|----|-----|-----|-----|-----|
| 小 型 | A320     |    | 17  | 80  | 120 | 145 |
|     | 737      | 28 | 70  | 76  | 66  | 14  |
| 中 型 | 727      | 26 | 19  |     |     |     |
|     | 707      | 8  |     |     |     |     |
| 大 型 | A300/310 | 15 | 29  | 18  |     |     |
|     | DC10     | 11 | 10  |     |     |     |
|     | MD-11    |    |     | 12  | 18  | 14  |
|     | 777      |    |     | 30  | 65  | 61  |
| 超大型 | A330/340 |    |     |     |     |     |
|     | 在来型 747  | 11 | 21  | 16  |     |     |
|     | 747-400  |    | 16  | 26  | 29  | 13  |
|     | 747-8    |    |     |     |     | 19  |
| 合計  | A380     |    |     |     | 4   | 14  |
|     | 合計       | 99 | 182 | 328 | 302 | 285 |

注 : 合計には個別の記載を省略した機種 (リージョナルジェット機など) を含めている。日本航空には 2006 年に合併した日本エアシステム (JAS) のものを含む。

出所 : 日本航空協会 (2017), 106 ~ 114 ページ, 日本航空協会 (2012), 140 ~ 143 ページ, 日航財団 (2002), 142 ~ 145 ページ, 日本航空 (1993), 144 ~ 146 ページ, 日本航空 (1983), 212 ~ 214 ページ。



表 5：世界の主要な航空輸送企業における大型機と小型機の割合

|                | 1990年 |     |      | 2016年 |     |      |
|----------------|-------|-----|------|-------|-----|------|
|                | 小型    | 中型  | 大型   | 小型    | 中型  | 大型   |
| 日本航空           | 0%    | 7%  | 84%  | 31%   | 43% | 25%  |
| 全日本空輸          | 16%   | 38% | 22%  | 32%   | 45% | 23%  |
| カンタス航空         | 0%    | 13% | 67%  | 74%   | 5%  | 22%  |
| 大韓航空           | 11%   | 28% | 39%  | 24%   | 1%  | 75%  |
| キャセイパシフィック     | 0%    | 0%  | 100% | 0%    | 0%  | 100% |
| シンガポール航空       | 33%   | 0%  | 68%  | 0.9%  | 0%  | 99%  |
| アメリカン航空        | 42%   | 37% | 11%  | 79%   | 11% | 10%  |
| デルタ航空          | 39%   | 38% | 9%   | 68%   | 24% | 8%   |
| ユナイテッド航空       | 41%   | 27% | 21%  | 66%   | 21% | 13%  |
| ブリティッシュ・エアウェイズ | 25%   | 14% | 31%  | 49%   | 9%  | 42%  |
| エールフランス        | 27%   | 20% | 30%  | 57%   | 0%  | 43%  |
| ルフトハンザ航空       | 48%   | 15% | 26%  | 56%   | 0%  | 44%  |

注：リージョナルジェットなどの機数を含んでいないため、小型・中型・大型（超大型を含む）を合計しても100%にならない場合がある。なお、エールフランスの2016年は2010年、ブリティッシュ・エアウェイズとルフトハンザ航空の2016年は2015年の数値である。

出所：表4と同じ。

グループとしてみると、100席以下のリージョナルジェット機やビジネスジェット機も多数保有している。2005年には、100席以下の機材を、アメリカン航空グループは359機、ユナイテッド航空グループは349機、デルタ航空グループは424機保有していた。他方、規制緩和後に出現したLCC（Low Cost Carrier：低コスト航空輸送会社）は特定の小型機を用いた低価格戦略で成長を遂げてきた。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機保有していた<sup>5)</sup>。

第2に、ブリティッシュ・エアウェイズやエールフランス、ルフトハンザドイツ航空といった欧州の企業は、大型機と小型機の両方を多く保有している。2016年には小型機が5～6割を占めるが、大型機も4割程度を占めている。ただし、傾向としては小型機を増やす傾向にある。

第3に、アジア企業は、傾向的に数多くの大型機を保有してきた。キャセイ・パシフィック航空（香港）、シンガポール航空はほぼすべての航空機材が大型機である。大韓航空でも2016年には大型機が75%を占めている。ただし、傾向としては小型機や中型機の保有機数を増やしてきている。全日本空輸も、2000年には4割が大型機だったが、中型双発機787を大量に購入して中型機の比率を大きくした。日本航空も、2000年代までは過半数の機材が大型機であったが、2010年の経営破たんまで超大型機747を手放して中型機の比率を大きくした。

以上より、北米の国内需要には小型機、欧州の国際線需要（地域間需要と地域内需要）には小型機と大型機、アジアの国際線需要と国内線需要には大型機が相対的に多く使われていることがわかる。次節では、3つの主要な航空需要地域について、域内の航空需要を満たす航空機材を航空政策と地理的環境の違いから考察する。

### 3. 地域内運航にみる北米の小型機運航とアジアの大型機運航

前節までに航空需要の地域特性と使用機材の傾向を確認したが、その機材が使用されている理由もしくは運航の仕方は十分に考察できていない。たとえば、欧州とアジアは地域間と地域内を含めた国際線需要が大きいという点では似ているが、航空機材の導入傾向は異なっている。そこで、本節ではまず 3 つの航空需要地域の使用機材と地域内運航の関係を、主に欧米で進められた航空自由化（航空政策）と東アジアの経済成長、地理的環境に着目して分析する。続いて次節で、地域間運航と航空機材の関係を明らかにする。

#### (1) 北米地域内における小型機材による多頻度運航

アメリカでは、航空自由化によって航空輸送会社間の低価格競争が激しくなり、ハブ・アンド・スポーク型の路線網が形成されることで小型機による多頻度運航が広がった。

1970 年代までの国際航空輸送は、シカゴ・バミューダ体制に支配されていた。これは、路線（乗り入れ地点）や運輸権（当事国間輸送や以遠権）、輸送力（便数、機材）、参入企業数、運賃設定方式などの国際線の航空権益が、二国間で均衡するように取り決められた競争制限的なものだった。1970 年代に石油価格高騰や世界的な経済不況により航空需要が低迷すると、イギリスなどアメリカ以外の国は輸送力のさらなる規制を望んだ。それに対して、多数の航空機を保有して複数の国際線運航企業を擁するアメリカでは、競争制限的な体制への反発が広がり、アメリカ政府は航空自由化を図るために政策を転換した<sup>6)</sup>。アメリカ政府は国際的にはオープンスカイ政策を推進し、国内では航空規制緩和を進めたのである。

1978 年までのアメリカの航空輸送会社は、CAB (Civil Aeronautics Board) の規制政策のもと、価格規制によって同一距離・同一運賃が守られ、参入・退出規制によって新規企業の参入と既存企業の新路線参入が厳しく制限されていた。ところが、1978 年 10 月に航空規制緩和法が成立し、1981 年に路線認可制、1983 年に運賃認可制が廃止され、1985 年に CAB が解散となった<sup>7)</sup>。

航空自由化の結果、多数の新規企業が参入した。アメリカでは 1978 年に定期航空事業を行なう 29 社の航空輸送会社が存在したが、1988 年までに 137 社が参入し、競争の末に 1991 年には 66 社が生き残った<sup>8)</sup>。業界再編の過程では、有力企業であっても経営状態を悪化させて市場からの退出を迫られる一方で、特定企業による市場シェアの占有率が高くなった。上位 8 社の定期航空輸送会社が占める市場シェアは、1978 年には 83.3% であったが、2001 年には 94.8% にまでに高まっており、上位 12 社では 99.5% にまで達した<sup>9)</sup>。

欧米では 1980 年代以降に多くの小型機が導入されたが、その理由は航空自由化後の路線網

の展開にある。航空自由化によって、低い人件費とサービスの簡略化、特定の小型機を用いた低価格戦略で LCC（Low Cost Carrier：低コスト航空輸送会社）が成長した。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 機保有していた<sup>10)</sup>。運賃が低く抑えられたことで、それまでは航空輸送を利用しなかった所得階層の顧客が新たな需要として掘り起こされた。

一方で大手航空輸送会社は、LCC の低価格戦略に対抗して、路線展開によって顧客を囲い込もうとした。各社は、ハブ・アンド・スポーク型の路線網を構築し、アメリカでは全域をカバーできるように複数のハブ空港を設定した。単一ハブからの放射状ネットワーク、さらには複数ハブ拠点をつなぐ大規模で複雑な路線網を形成したのである。ハブ空港は、多くの国内・国際線と接続することが重要であったため、地方の小さな需要を集めると同時に、複数ハブ拠点をつなぐ大規模路線網の結節点として機能した。

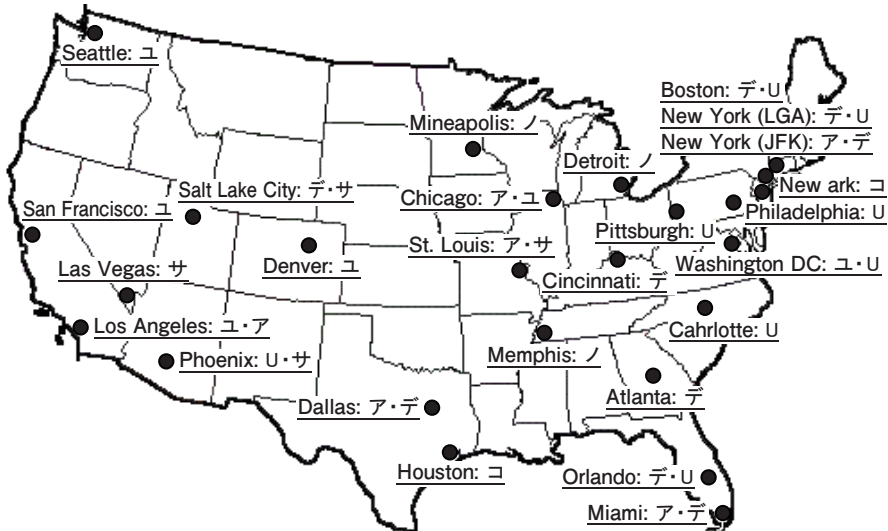
複雑な路線網のメリットを生かすため、各社はコンピュータ予約システム（CRS）の開発にも力を入れ、代理店で自社の端末を利用させた。1986 年には、アメリカン航空のセイバー・システムは、利用代理店数の約 40%、設置端末数の約 35% を占めて他社を圧倒し、ユナイテッド航空もアポロ・システムで代理店数の約 25%、端末数の約 30% を占めた。その他にはテキサス・エアのシステム・ワン、TWA のパーズ、デルタ航空のデータス II というシステムが存在した<sup>11)</sup>。

図 1 に、2001 年時点で総旅客数上位 25 位に入っていたアメリカ国内の空港を示す。規制緩和後は、市場シェアだけでなく、空港でも特定企業による占有率が高くなった。スロット（発着枠）シェア率でみると、最も小さなニューヨーク JFK 空港でもアメリカン航空が 24.3% を占め、最大のシンシナティ空港ではデルタ航空が 94.3% を占めた。この上位 25 空港のうちでスロットシェア率が 10% 以上を占める空港は、アメリカン航空は 6 つ、デルタ航空は 9 つ、ユナイテッド空港は 6 つある。ハブ空港は、地理的にアメリカ全域をカバーできるように配置されているが、デルタ航空は東海岸、ユナイテッドは西海岸に比較的多くのハブ空港をもっている。航空輸送会社は競合企業との重複を避けるようにハブ空港を設定し、路線網の特色を出してきたのである。

さらに大手企業は、国際線では外国の大手企業との企業提携（グローバルアライアンス）を結び、国内線ではローカル企業との関係を深めた。企業提携には世界の主要航空輸送会社が巻き込まれ、スカイチーム、スターアライアンス、ワンワールドなどの航空連合が形成された<sup>12)</sup>。

こうして、ハブ空港から広がる近距離路線が増えるにしたがい、地方の需要は小型機の多頻度運航によって吸収されるようになり、航空輸送会社からは 100 席級の狭胴小型機やそれ以下のリージョナル・ジェット機などが大量に求められるようになったのである。

図 1: アメリカ国内の主要なハブ空港 (2001 年現在)



注 1: 省略記号は, ア: アメリカン航空, デ: デルタ航空, ユ: ユナイテッド航空, コ: コンチネンタル航空, U: US エアウェイズ, ノ: ノースウエスト航空 (2010 年にデルタと経営統合), サ: サウスウエスト航空を示す。

注 2: 記載した空港は, 1999 ~ 2000 年の旅客数上位 25 位のアメリカ国内の空港である (ホノルルは除く)。メンフィスは総旅客数では上位に入らないが, フェデックスが取扱貨物を集めるハブ空港となっている。航空輸送会社は, 各空港で発着枠占有 (スロットシェア) 率が 10% 以上のものを記載した。

注 3: フェニックスをハブ空港としていたアメリカウエスト航空は, 2007 年に US エアと統合し, セントルイスをハブ空港としていた TWA が, 2001 年にアメリカン航空に吸収合併されたため, 吸収後の企業名を表記している。シアトルは, アラスカ航空もハブ空港としている。

出所: 塩見 (2006), 177 ページより作成。

## (2) 欧州地域内における小型機材による多頻度運航

欧州では 1990 年代に域内の航空自由化が進んだ。ヨーロッパの交通政策の起源は 1958 年に締結されたローマ条約にさかのぼり, かつての EEC (欧州経済共同体) は, 欧州域内の経済発展のために鉄道, 道路, 河川運航などの交通政策で統一政策をとった。しかし, 海運とともに航空分野では各国の領空主権の原則を定めた競争制限的なシカゴ・バミュダ体制ののっとり, 域内での統一政策はとられなかった。ところが, アメリカ国内では航空自由化によって航空需要が増大したことから, 欧州域内でも 1990 年代に航空自由化が段階的に進められた。1992 年の EC 閣僚会議における自由化政策の合意を前後して, 運賃や市場参入, 輸送力, 運輸権, 共通免許規定などでの自由化が段階的に進み, 1997 年からは EU (欧州連合) 加盟国内の域内航空が完全自由化された。また, 1992 年にオランダ政府がアメリカ政府とオープンスカイ協定を結んでから, 二国間のレベルで国際的な航空自由化が進んでいる<sup>13)</sup>。

1980 年代には, ロンドンから放射状に広がるネットワークが形成されていたが, 1990 年代以降はパリ, フランクフルト, アムステルダムを経由する路線が増え, 2000 年代にはそれら

4都市を中心とする複雑なネットワークが形成された<sup>14)</sup>。表6に、欧州域内の大規模路線（年間20万人以上）を示しているが、そこに占めるロンドン発着路線は1981年の45%から2001年には29%に減少していることがわかる。

表6：欧州域内の大規模路線における路線・旅客・週便数の推移

|       | 路線数          |             | 旅客数<br>(万人) | 航空機の規模別週便数（便/週） |                   |                   |                |                | 1便当たり<br>旅客数<br>(人) | 路線<br>当たり<br>週便数 |
|-------|--------------|-------------|-------------|-----------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|---------------------|------------------|
|       | ロンドン<br>発着路線 |             |             | 大型機<br>(300席以上) | 中型機<br>(200～300席) | 小型機<br>(100～200席) | RJ機            | 合計             |                     |                  |
| 1981年 | 42           | 19<br>45.2% | 1,547       | 194<br>8.9%     | 259<br>11.9%      | 1,361<br>62.7%    | 356<br>16.4%   | 2,172<br>100%  | 136.9               | 51.7             |
| 1986年 | 69           | 25<br>36.2% | 2,774       | 217<br>6.7%     | 598<br>18.5%      | 2,101<br>65.0%    | 211<br>6.5%    | 3,233<br>100%  | 165.0               | 46.9             |
| 1990年 | 92           | 28<br>30.4% | 4,124       | 160<br>3.2%     | 817<br>16.3%      | 3,366<br>67.3%    | 420<br>8.4%    | 5,004<br>100%  | 158.5               | 54.4             |
| 1995年 | 124          | 33<br>26.6% | 5,514       | 63<br>0.8%      | 815<br>11.0%      | 5,605<br>75.6%    | 586<br>7.9%    | 7,412<br>100%  | 143.1               | 59.8             |
| 2001年 | 152          | 44<br>28.9% | 7,309       | 74<br>0.5%      | 2,108<br>15.0%    | 9,538<br>67.8%    | 1,997<br>14.2% | 14,062<br>100% | 100.0               | 92.5             |

注1：ICAO “Traffic by flight stage”において、欧州域内で概ね年間20万人以上を輸送する路線のデータが抽出されている。航空機の週便数は、OAG Worldwide “OAG flight guide”の各年度版から抽出されている。「1便当たり旅客数」は、週便数合計を52倍（1年52週と考える）したもので旅客数を割り算して求めた。「路線当たり週便数」は、週便数の合計を路線数で割り算して求めた。

注2：RJ機はリージョナルジェット機である。プロペラ機の週便数は省略し、合計数に入れている。

注3：大型・中型・小型の分類は、必ずしも本論文と同じではないが、概ね同じと考えてよい。

出所：千田他（2004）、4～6ページより作成。

表6からは、路線数と旅客数が1981年から2001年にかけて4～5倍に増えていることもわかるが、週便数は、ヨーロッパで航空規制緩和が進んだ1990年代後半に急増し、2001年には1981年の7倍近くと旅客数よりも大きく伸びた。ここで特徴的なのは、大型機の割合が減少したのとは対照的に、増大する需要は小型機とリージョナルジェット機によって吸収されたことであり、両者の週便数が全体の8割以上を占めるようになったことである。その結果、1便当たり旅客数は、1986年に165人に増えた後、2001年には100人にまで減少する一方で、路線当たり週便数は、1986年の46.9便から2001年には92.5便に倍増した。

したがって、北米域内と同様に欧州域内でも、増大する需要が小型機材の多頻度運航で吸収されてきたことがわかる<sup>15)</sup>。欧州域内の国際線は、主要都市間の距離が近いという意味で、地理的にアメリカ国内線に似ているとも考えられる。ただし、欧州域内でもイギリスと大陸間では洋上運航が必要であり、さらには欧州からアジア、中南米、アフリカ、中東などの地域間にまたがる長距離国際線が存在するので、一定数の大型機も保有している。

### (3) 東アジア地域内における大型機材の運航

アジア太平洋地域の航空需要は、東アジア経済の急成長にともなって増大した。航空輸送には派生需要という特徴があり、移動そのものが目的ではなく、商品流通や人の交流、観光など

他の目的を達成する際に派生して需要が発生する。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、多国籍企業の国際分業に組み込まれた。それにともない域内・域外貿易が活性化され、航空需要が増大したのである。さらに、中国やアセアン諸国が生産拠点だけでなく消費市場として急成長したことで、輸送時間の短縮が求められる生鮮食品などの他、電子部品など高付加価値の部品や製品といった航空貨物による高速輸送が有効な商品の輸送が増えてきたと考えられる<sup>16)</sup>。表 1 に示したように、アジア太平洋における航空貨物需要の割合は旅客輸送よりも相対的に大きく、1990 年に北米を、1993 年に欧州を追い抜いた<sup>17)</sup>。物流だけでなく、アジア域内での企業活動や経済交流が盛んになることでビジネス客も増え、国民経済の成長にともなってレジャー旅客も増大したと考えられる。

表 7 に、タイ以东の東アジアの主要 35 都市を結ぶ路線数・旅客数・週便数の推移を示す。1990～1995 年には、路線数はほぼ同数だが旅客数が約 1.5 倍に増え、2000 年にかけて旅客数だけでなく路線数も 2 倍近くに増えている。

しかし、欧米とは対照的に、週便数に占める大型機の割合が 6～7 割と圧倒的に多く、小型機の割合も増えてはいるが 1 割程度にとどまり、リージョナルジェット機はほとんど使用されていない。1 便当たり旅客数は、200 人前後で推移し、路線当たり週便数は 30～50 便であり、欧州域内よりも多くの旅客を、少ない便数で大型機材により輸送していることがわかる。アジアでは需要の多い路線では大型機材が、運航回数の少ない路線では小型機材が用いられているのである<sup>18)</sup>。

表 7：東アジアの主要 35 都市間の路線・旅客・週便数の推移

|        | 路線数 | 旅客数<br>(万人) | 航空機の規模別週便数 (便/週) |                    |                    |               | 1 便当たり<br>旅客数<br>(人) | 路線<br>当たり<br>週便数 |
|--------|-----|-------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------|----------------------|------------------|
|        |     |             | 大型機<br>(300 席以上) | 中型機<br>(200～300 席) | 小型機<br>(100～200 席) | 合計            |                      |                  |
| 1990 年 | 68  | 2,553       | 1,940<br>78.8%   | 485<br>19.7%       | 40<br>1.6%         | 2,464<br>100% | 199.3                | 36.2             |
| 1995 年 | 70  | 3,634       | 2,448<br>68.1%   | 634<br>17.7%       | 448<br>12.5%       | 3,592<br>100% | 194.6                | 51.3             |
| 2000 年 | 122 | 4,440       | 2,536<br>63.5%   | 885<br>22.2%       | 447<br>11.2%       | 3,993<br>100% | 213.8                | 32.7             |

注 1：ICAO “Traffic by flight stage” より、タイ以东の東アジア主要 35 都市間の路線データが抽出されている。週便数は年間総便数を 52 週で割り算することで求めた。「1 便当たり旅客数」は、年間総便数を年間旅客数で割り算して算出した。「路線当たり週便数」は、週便数の合計を路線数で割り算して求めた。

注 2：航空機の週便数には、RJ (リージョナルジェット) 機と不明機の記載は省略し、合計数に入れている。

注 3：大型・中型・小型の分類は、必ずしも本論文と同じではないが、概ね同じと考えてよい。

出所：千田他 (2004) より作成。なお、元データは、ICAO “Traffic by flight stage” の各年度版。

表 8 には、日本航空のアジア路線における運航機材と週便数の変遷を示している。東京・シンガポール (5,345km) や東京・シドニー (7,790km) という中長距離の国際線だけでなく、東京・ソウル (1,263km) や東京・香港 (2,938km) といった近距離国際線においても、1970



年代には DC-8、1980 年代からはそれに加えて超大型機 747 や大型機 DC-10、1990 年代には超大型機 747-400 や大型機 MD-10、2000 年代半ばからは大型機 777 や中型機 767 が同じように投入されてきた。

表 8：日本航空のアジア路線における運航機材と週便数の変遷

| アジア路線                  | 1972 |      | 1976 |      | 1980 |        | 1985 |       | 1990 |       | 1995 |       | 2001 |      | 2005 |      | 2010 |      | 2014 |     |
|------------------------|------|------|------|------|------|--------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
|                        | 週    | 機    | 週    | 機    | 週    | 機      | 週    | 機     | 週    | 機     | 週    | 機     | 週    | 機    | 週    | 機    | 週    | 機    | 週    | 機   |
| 東京⇄ソウル<br>(1,263km)    | 7    | DC8  | 7    | 747  | 7    | DC8/62 | 4    | DC8   | 1    | -400  | 2    | -400  | 2    | -400 | 8    | -400 | 7    | 777  | 14   | 737 |
|                        |      |      |      |      |      |        | 7    | 747   | 9    | 747   | 5    | 747   | 5    | 747  | 5    | 747  | 14   | 767  | 21   | 767 |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       | 9    | 767   |      |       |      |      | 1    | DC10 |      |      |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       |      |       |      |       |      |      | 7    | 767  |      |      |      |     |
| 日本国内発着便<br>(東京以外)      | 7    | DC8  | 14   | DC8  | 7    | 747    | 7    | DC10  | 7    | DC10  | 7    | DC10  | 14   | DC10 | 6    | -400 | 21   | 767  | 7    | 737 |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       |      |       |      |       |      |      | 1    | 747  |      |      |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       |      |       |      |       |      |      | 2    | 727  |      |      |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       |      |       |      |       |      |      | 8    | 727  |      |      |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       |      |       |      |       |      |      | 16   | 767  |      |      |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       |      |       |      |       |      |      | 19   | 767  |      |      |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       |      |       |      |       |      |      | 19   | 767  |      |      |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       |      |       |      |       |      |      | 21   | 767  |      |      |      |     |
| 東京⇄香港<br>(2,938km)     | 7    | 747  | 7    | 747  | 14   | 747    | 17   | 747   | 3    | 747   | 7    | 747   | 5    | 747  | 4    | 747  | 7    | 777  | 7    | 777 |
|                        | 6    | *DC8 | 6    | *DC8 |      |        |      |       | 11   | -400  | 7    | -400  | 14   | -400 | 10   | -400 | 7    | -400 | 7    | 767 |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       | 7    | DC10  |      |       | 1    | DC10 | 4    | DC10 |      |      |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       | 1    | 767   | 14   | MD11  |      |      | 3    | 777  |      |      |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |     |
| 日本国内発着便<br>(東京以外)      |      |      |      |      |      |        |      |       | 11   | 767   | 7    | 767   | 7    | 767  | 14   | 767  | 7    | 767  |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       | 3    | DC10  | 4    | DC10  | 7    | DC10 |      |      |      |      |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       | 7    | 747   | 7    | -400  |      |      |      |      |      |      |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |     |
| 東京⇄シンガポール<br>(5,345km) | 7    | *DC8 | 6    | *DC8 | 6    | *DC10  | 2    | *DC10 | 1    | *DC10 | 1    | *DC10 |      |      |      |      |      |      |      | 7   |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       | 6    | DC10  | 2    | DC10  |      |      | 11   | 777  | 14   | 777  |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       | 7    | -400  | 7    | -400  | 7    | -400 |      |      |      |      |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       |      |       |      |       | 4    | MD11 | 7    | MD11 | 3    | 767  |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |     |
| 日本国内発着便<br>(東京以外)      |      |      |      |      | 1    | DC10   | 1    | DC10  | 6    | DC10  | 7    | -400  | 7    | MD11 | 7    | 767  | 7    | 767  |      |     |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       |      |       |      |       | 2    | DC10 |      |      |      |      |      |     |
| 東京⇄シドニー<br>(7,790km)   |      |      | 3    | DC8  | 3    | DC10   | 4    | 747   | 7    | 747   | 7    | 747   | 7    | 747  | 14   | -400 |      |      |      | 7   |
|                        |      |      |      |      |      |        |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |     |

注 1：南アジア・中東・欧州諸国へ接続（南回り欧州線の一部）する場合は「☆」、東アジア・南アジア・オセアニア諸国への接続や日本国内の経由・接続を含む場合は「★」と記している。  
 注 2：「東京」は基本的には「成田」であるが、2014 年からは「羽田」も使用されるようになり、たとえば東京－ソウルの 767 便や東京－香港の 777 便は「羽田」である。東京－シドニーは、プリズベン接続を含む。  
 注 3：-400 は 747-400 であり、747 はそれ以前の在来型 747 (747-100/200/300 など) を意味する。DC-8 は、航続距離延長型の DC-8-62 とそれ以外の DC-8 を区別している。  
 注 4：距離は大圏コースを通る最短距離を示している。経路便は技術着陸を含める。都市に複数の空港がある場合は、その合計数が示されている。  
 注 5：便数は、日本航空が運航する旅客便であり、他社との共同運航便や貨物便は含まない。  
 出所：国土交通省航空局監修『数字でみる航空』の 1972 年、1977 年、1981 年、1986 年、1991 年、1996 年、2001 年、2005 年、2010 年、2014 年版における「日本の国際定期航空の運航状況」の項目より。都市間の距離は ICAO のホームページより (<https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Pages/default.aspx>, 2018 年 7 月 5 日閲覧)。

東アジアで大型機が多用される理由は、第 1 に地理的要因が挙げられる。東アジア域内の路線網は、北東アジアの東京（成田）、東南アジアのシンガポール、その中間に位置して両者の結節点となっている香港を中心に形成されてきた。その位置関係は、縦に長く、加えて東アジアには島や半島を国土とする国が多い。陸続きで隣の国や州までの距離が相対的に近い欧米とは異なり、東アジアは、隣国までの距離が遠く、海洋に隔てられて洋上飛行が必要な地域が多いのである。北米では、シカゴーロサンゼルスが 2,800km、ニューヨークーシカゴが

1,188km, ロサンゼルスーニューヨークが 3,972km, マイアミーニューヨークが 1,757km, ヨーロッパでは, フランクフルトーパリが 450km, フランクフルトーロンドンが 653km, ロンドンーパリが 346km であり, 主要都市が 4,000km の範囲に収まっている。それに対して, 東京ー香港は 2,961km, 香港ーシンガポールは 2,562km, 東京ーシンガポールは 5,354km, 東京ーシドニーは 7,825km と, 東アジアでは主要都市が 2,000 ~ 8,000km も離れている。1983 年時点では, アジアで直行便のある 2 地点間の 60% が, 最低 2,000km 離れた運航であった<sup>19)</sup>。それに対して, 北米では 1,000 ~ 4,000km, 欧州でも 1,000 ~ 3,000km 程度の範囲内に主要都市が収まる。

さらに, 欧米にとってはアジアと結ぶ国際線が重要ではあるものの, 依然として最重要な国際線は欧州・北米路線であり, ロンドンーニューヨーク間は 5,536km の距離である。それに対して, アジアにとっては北米や欧州との国際線が重要であり, アジア・北米路線の東京ーニューヨーク (10,828km) やアジア・欧州路線の東京ーロンドン (9,587km) は, 1 万 km 級の長距離洋上路線である。

その他の個別的な理由として, 日本の場合は空港の利用制限があげられる。日本では, 成田国際空港や東京国際空港 (羽田空港) のような混雑な空港では処理容量の問題から運航便数が制限されてきた。大型機は, 運航頻度が限られる空港でも少ない離着陸回数で多くの輸送を行うことができる。日本との路線を多く開設する韓国企業でも, 多くの大型機材が保有されている<sup>20)</sup>。

ただし, 日本以外では航空需要の拡大にともなって大規模国際空港の建設が相次ぎ, 中国では上海浦東国際空港 (1999 年), 広州新白雲空港 (2004 年), 韓国ではソウル仁川国際空港 (2001 年), タイでは新バンコク国際空港 (スワンナプーム国際空港) (2006 年) が開港し, 3,000 ~ 4,000m 級の滑走路を複数もつ空港が整備されてきた<sup>21)</sup>。

もう 1 つの日本の特殊的要因として, 日米貿易不均衡解消を目的としたアメリカ政府の政治的圧力が, 日本政府を介して航空機購入圧力となったことが指摘できる。高額の大規模機材が購入された結果, 表 4 に示したように 1990 年には超大型機 747 のみで機材構成の 67% を占めるに至ったのである<sup>22)</sup>。

日本以外では, シンガポール航空やキャセイ・パシフィック航空は国内線に相当するものが存在せず, 欧米行きの大規模路線が相対的に重要視されて, 保有機材のほぼ 100% が大型機・超大型機である。韓国も 1970 年代半ばから国際線の割合が 80 ~ 95% を占めている。

ただし, 国内線需要が多い国では小型機材も一定数保有されている。日本は国内線需要と国際線需要が同程度存在し, 国内線を中心に展開してきた全日本空輸は, 小型機を積極的に導入してきた。オーストラリアは, 1970 年代半ばからの国際線需要が 55 ~ 70% 程度であるが, 国内線需要も比較的大きく, カンタス航空は小型機保有数も増やしている。中国では 1970 年

代半ば以降の国際線需要が 20～35% と小さく、小型機の保有数が多い。

市場更新期の欧米とアジアでは、ともに航空需要が量的に増大したが、航空政策や地理的・地域的要因の違いから、導入機材は対照的な傾向がみられた。欧米では、ハブ・アンド・スポーク型の路線網における小型機の多頻度運航が行なわれているが、東アジアでは大型機による運航が特徴的なのである。

#### 4. 地域間運航にみる長距離洋上飛行における直行便の実現：日本航空の場合

欧米におけるハブ・アンド・スポーク型の路線網では、ハブ空港と地方空港を結ぶ近距離路線では小型機による多頻度運航がなされる。一方で、ハブ空港間もしくは地域間では長距離運航が必要になる。本節では、最も距離が長いアジア・北米路線とアジア・欧州路線にジェット化の初期段階から航空機材を投入してきており、長距離国際線の路線展開を典型的に示す日本航空の事例に着目する。表 9 に日本航空におけるアジア・北米路線とアジア・欧州路線機材の変遷を示す。ここから各路線に投入されてきた航空機材、週便数、経由便と直行便の変遷などを読み取ることができる。

##### (1) 最短距離をとる大圏コース経由便の実現（1960 年代末～）

###### ① 既存のプロペラ機経由便のジェット化

ジェット化以前のアジア・北米路線は、ウェーキ島やホノルルなど中部太平洋を經由してサンフランシスコやロサンゼルスなどアメリカ西海岸に到着し、そこからアメリカ内部の都市やニューヨークなど東海岸に接続するという中部太平洋横断経由便が主であった。日本航空の国際線運航は、1954 年にダグラスのプロペラ機 DC-6B によって東京－ウェーキ島（給油着陸）－ホノルル－サンフランシスコ路線が、1959 年には DC-7C によって東京－ホノルル－ロサンゼルス路線が開設された<sup>23)</sup>。しかし、プロペラ機の場合、たとえば DC-6B は最大巡航速度 507km/h で 44 席と、ジェット機に比べて輸送能力と飛行速度が大きく劣った<sup>24)</sup>。

ジェット化の意味は高速化と大型化を通じた運航コストと実質運賃の抑制にある。高速化によって飛行時間が短縮し、機材の 1 日当たりの輸送距離と時間当たりの輸送量が増す。また、大型化によって一度の輸送能力を増やして輸送量当たりのコストを削減したり、燃料を増やして航続距離を延長することができる。日本航空はダグラスのジェット機 DC-8 (DC-8-30) を 1960 年に就航させ、所要時間は DC-6B の 26 時間や DC-7C の 23 時間から平均 12 時間余りに半減させて、搭載量を約 2 倍とした<sup>25)</sup>。さらに、最初に購入した DC-8-30 ではウェーキ島へ寄航せざるを得なかったが、DC-8 の派生型機であるエンジン換装・航続距離延長型の DC-8-53 は東京－ホノルル間を直行できた<sup>26)</sup>。

表 9 : 日本航空におけるアジア・北米路線とアジア・欧州路線機材の変遷

| 太平洋路線                   | 1972 |      | 1976 |         | 1980 |                     | 1985 |                | 1990 |                | 1995 |                | 2001 |                | 2005 |      | 2010 |                | 2014 |               |
|-------------------------|------|------|------|---------|------|---------------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|------|------|----------------|------|---------------|
|                         | 週    | 機    | 週    | 機       | 週    | 機                   | 週    | 機              | 週    | 機              | 週    | 機              | 週    | 機              | 週    | 機    | 週    | 機              | 週    | 機             |
| 東京⇄ニューヨーク<br>(10,811km) | 7    | ↑DC8 | 7    | ↑DC8-62 | 1    | ↑DC8-62<br>7: ↑DC10 | 1    | ↑747<br>7: 747 | 5    | -400<br>7: 747 | 7    | -400           | 11   | -400           | 9    | -400 | 7    | 777<br>2: -400 | 7    | 777<br>7: 787 |
| 東京⇄ロサンゼルス<br>(8,765km)  | 7    | *747 | 7    | *747    | 7    | 747                 | 12   | 747            | 14   | 747            | 7    | -400<br>3: 747 | 10   | -400<br>3: 747 | 11   | -400 | 7    | 777            | 7    | 777           |

(ア) アンカレッジ経由 (ホ) ホノルル経由

| 欧州路線                    | 1972 |                 | 1976 |                    | 1980 |                    | 1985 |                 | 1990 |                           | 1995 |                 | 2001 |                | 2005 |                | 2009 |                | 2014 |     |
|-------------------------|------|-----------------|------|--------------------|------|--------------------|------|-----------------|------|---------------------------|------|-----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|-----|
|                         | 週    | 機               | 週    | 機                  | 週    | 機                  | 週    | 機               | 週    | 機                         | 週    | 機               | 週    | 機              | 週    | 機              | 週    | 機              | 週    | 機   |
| 東京⇄ロンドン<br>(9,587km)    | 2    | ↑DC8<br>2: *DC8 | 4    | ↑747<br>2: *DC8-62 | 5    | ↑747<br>2: *DC8-62 | 7    | ↑747<br>1: *747 | 7    | 747<br>1: *747            | 5    | ↑747<br>7: -400 | 7    | -400           | 2    | 747<br>7: -400 | 7    | 777<br>7: -400 | 7    | 777 |
| 東京⇄パリ<br>(9,713km)      | 3    | ↑747<br>2: *DC8 | 5    | ↑747<br>2: *DC8-62 | 7    | ↑747<br>2: *DC8-62 | 7    | ↑747<br>1: *747 | 7    | 747<br>3: ↑747<br>1: *747 | 3    | 747<br>7: -400  | 1    | 747<br>7: -400 | 2    | 777<br>7: -400 | 7    | 777            | 7    | 787 |
| 東京⇄フランクフルト<br>(9,368km) | 1    | ↑DC8            | 2    | ↑747<br>1: *DC8-62 | 3    | ↑747<br>1: *DC8-62 | 3    | ↑747<br>1: *747 | 7    | 747                       | 7    | -400            | 7    | -400           | 7    | -400           | 7    | 777            | 7    | 777 |

(ア) アンカレッジ経由 (北回り欧州路線) (モ) モスクワ経由

| 南回り欧州路線<br>(アジア・中東経由) | 1972 |     | 1976 |                  | 1980 |     |
|-----------------------|------|-----|------|------------------|------|-----|
|                       | 週    | 機   | 週    | 機                | 週    | 機   |
| 東京⇄ロンドン               | 4    | DC8 | 2    | 747              | 3    | 747 |
| 東京⇄パリ                 | 2    | DC8 | 1    | 747<br>2: DC8-62 |      |     |

注 1: 「東京」は基本的には「成田」であるが、2014 年からは「羽田」も使用されるようになり、たとえば東京ーパリは「羽田」である。

注 2: -400 は 747-400 であり、747 はそれ以前の在来型 747 (747-100/200/300 など) を意味する。DC-8 は、航続距離延長型の DC-8-62 とそれ以外の DC-8 を区別している。

注 3: 距離は大圏コースを通る最短距離を示している。経由便は技術着陸を含める。都市に複数の空港がある場合は、その合計数が示されている。

注 4: 便数は、日本航空が運航する旅客便であり、他社との共同運航便や貨物便は含まない。

注 5: 太平洋路線において、ロサンゼルス路線はラスベガス経由 (2000 年と 05 年)、サンパウロ・リオデジャネイロ接続 (1985 ~ 2000 年, 2010 年)、ニューヨーク路線はサンパウロ接続を含む。欧州路線において、アンカレッジ経由ロンドン路線は、コペンハーゲンもしくはパリ接続を含む。アンカレッジ経由パリ路線は、コペンハーゲン、デュッセルドルフ、ロンドン、アムステルダム、ハンブルクいずれかの経由便、もしくはチューリッヒへの接続便を含む。アンカレッジ経由フランクフルト路線は、ハンブルクもしくはデュッセルドルフを経由した。南回り欧州路線において、ロンドン行きは、1972 年は東京 ⇄ 香港 ⇄ バンコク ⇄ ボンベイ/ニューデリー ⇄ (テヘラン) /カラチ ⇄ (ペイルート/カイロ) ⇄ ローマ ⇄ (パリ/フランクフルト) ⇄ ロンドン。76 年は、東京 ⇄ 香港 ⇄ バンコク ⇄ (ニューデリー) ⇄ テヘラン ⇄ ローマ ⇄ ロンドン。1980 年は、東京 ⇄ バンコク ⇄ ニューデリー ⇄ アブダビ ⇄ カイロ ⇄ ローマ ⇄ ロンドン ⇄ アブダビ。ローマ ⇄ アブダビもある。南回り欧州路線において、パリ行きは、72 年は、東京 ⇄ 香港 ⇄ バンコク ⇄ ニューデリー ⇄ テヘラン ⇄ ペイルート/カイロ ⇄ (アテネ) ⇄ (ローマ) ⇄ パリ。76 年は、東京 ⇄ バンコク ⇄ ニューデリー/ボンベイ ⇄ テヘラン/カラチ ⇄ ローマ/カイロ ⇄ (アテネ) ⇄ パリ。

出所: 国土交通省航空局監修『数字でみる航空』の 1972 年, 1977 年, 1981 年, 1986 年, 1991 年, 1996 年, 2001 年, 2005 年, 2010 年, 2014 年版における「日本の国際定期航空の運航状況」の項目より。都市間の距離は ICAO のホームページより (<https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Pages/default.aspx>, 2018 年 7 月 5 日閲覧)。

長距離国際線に続いて、近距離国際線の東南アジア路線でもジェット化が進み<sup>27)</sup>、1961 年からは国内線でもジェット化が始まった。日本航空では、貨物便を除いて国際線は 1960 年までに、国内線も 1969 年までにプロペラ機は姿を消し、ジェット化が完了した。国際線では主に DC-8、国内線では主にボーイングのジェット機 727 を運航した<sup>28)</sup>。

既存のアジア・北米路線と東南アジア路線がジェット化される一方で、1960 年代からは新

たな長距離国際線であるアジア・欧州路線が開設された。日本航空は、DC-8-53によって1961年にアンカレッジ経由欧州路線（北回り欧州路線）を開設し、1万3000kmを19時間（寄航時間1時間を含む）で結んだ。1962年には、CV880によって南回り欧州路線を開設し、1万6800kmを片道31時間（飛行時間21時間）で運航した。1966年には、念願のニューヨーク路線（東京－ホノルル－サンフランシスコ－ニューヨーク）をDC-8で開設したことで、1967年に世界一周路線を実現した<sup>29)</sup>。これら複数地点経由便は、年を経るごとに航空機の航続性能が発達して経由地が少なくなり、1980年代以降は南回り欧州路線が廃止された。

## ②アジア・北米路線における大圏コース経由便

航空輸送は、それ自体が目的ではなく、何らかの目的を達成するための手段である。交通機関の中でも航空輸送は、長距離を短時間で移動できることが最大の魅力である。特定の都市間を最短時間で飛行するためには、地球上の二地点間の最短距離である大圏コースをとるのが有効である。メルカトル図法による通常の地図では、アジア・北米路線は中部太平洋を横断するのが最短距離に見えるが、地球儀上では、東京から北海道、カムチャッカ半島、アラスカ、カナダに沿うコースが最短距離である。そのため、航空機の航続性能改善とともに、東京・ホノルル路線とアジア・北米路線は区別されるようになり、後者はアラスカ州のアンカレッジやフェアバンクスを経由するようになった。

日本航空のアジア・北米路線は、1954年の開設以来、中部太平洋を横断する経由便で運航されていた。ところが、DC-8-30/53/55に代わる新たな国際線用機材の選定が進む1964年には、主要都市間を無着陸飛行で結ぶ国際ビームライン化が構想されており、それを実現できる航続距離をもつ機材が求められた。東南アジアでも、航空協定の制約下で航空需要の増大に対応するため、増便なしに需要を満たせる大型機が求められた。

その頃、マクダネル・ダグラス（1967年にマクダネルと合併）は、DC-8-55をベースにした派生型機を開発した。胴体を11.17m延長させたDC-8-61は最大257席となり、主翼の空力性能を改善して主翼内の燃料タンク容量を92トンに増やした航続距離延長型DC-8-62は、最大航続距離1万1350kmを可能にした<sup>30)</sup>。日本航空は、1968年にはDC-8-62を「東京－サンフランシスコ間を直行で結びニューヨークに至る路線に投入」し、「従来のホノルル経由に比べると、東京－ニューヨーク間の所要時間を約3時間短縮した」。1969年からはDC-8-61を東南アジア路線に、DC-8-62を東京－香港－マニラ－シドニーという長距離路線に投入した<sup>31)</sup>。

1972年には、従来の東京－アンカレッジ－サンフランシスコ－ニューヨーク路線線に加えて、DC-8-62によって新たにアンカレッジ経由ニューヨーク路線を開設し、東京－ニューヨーク間を西行便で約4時間、東行便で約1時間短縮した。東京－ニューヨーク間では、以前からノー

スウェスト航空とパンナム航空が、アンカレッジやフェアバンクスを経由する大圏コース路線で 707 を運航していた。日本－ニューヨーク間の航空需要が、中部太平洋横断経由便よりも、所要時間の短い大圏コース路線に移りつつある中で、1970 年代以降はアンカレッジ経由の大圏コースがアジア・北米路線の主流になったのである<sup>32)</sup>。

### ③アジア・欧州路線における大圏コース経由便と政治的条件

アジア・欧州間でも、大圏コースを通る経由便が開設されるが、そのためには政治的問題に対処する必要があった。東京－ロンドンや東京－パリ間で大圏コースをとるには、ソ連（現在のロシア）上空を通らねばならないが、米ソが激しく政治的に対立していた当時、ソ連上空の通過は厳しく制限された。航空輸送は、商業上の利用だけでなく、軍事的にも利用されうる。1983 年の大韓航空機撃墜事件では、ソ連領空内でのスパイ行為を疑われた大韓航空機 747 が、ソ連軍の戦闘機のミサイル攻撃で撃墜された。

日ソ両政府間では、1958 年から航空交渉が続いて 1966 年に日ソ航空協定が正式調印され、1970 年から日本航空はシベリア上空を飛行する自主運航を始めた。1970 年に開設されたモスクワ経由パリ路線は日本－パリ間の所要時間を 14 時間 17 分とし、従来の北回り欧州路線を約 2 時間短縮した<sup>33)</sup>。しかし、モスクワ経由欧州路線は、モスクワ経由を義務付けられたもので、運航本数や航空路が制限されて上空通過料を取られた<sup>34)</sup>。表 9 に示したように、1980 年代末までは、アジア・欧州間はアンカレッジ経由欧州路線（北回り欧州路線）が運航の中心であった。

## (2) 超大型 4 発機 747 による大圏コース直行便の実現（1980 年代前半～）

航空機の航続性能の改善は、中部太平洋横断路線からアンカレッジ経由の大圏コース便への移行を実現し、さらにはボーイングの超大型 4 発機 747 はアンカレッジを経由せず、東京・ニューヨークを結ぶ直行便を実現した。

アジア・北米路線では、1970 年代には 707 や DC-8、747 といった 4 発機によって運航がなされており、便数は徐々に 747 が多くなった。1980 年代からは、需要の大きさによって DC-10 や L-1011 といったエンジン 3 発の広胴大型機を各社が投入し、707 や DC-8 は姿を消した。

747 は、2 つの意味で航空輸送会社の路線・機材戦略にとって画期的な機材であった。

第 1 に、707 や DC-8 では最大で 250 席程度の座席数だったのに対し、747 は 300 ～ 400 席以上と輸送能力を大幅に高めた。そのため、羽田空港や伊丹空港のように発着制限のある空港や、東南アジアのように便数制限に縛られた路線で、増便なき輸送力増強が可能になった。

1965 年当時の 747 の予定価格は 61 億円と桁外れであったが、1966 年にパンナム航空がア



ジア・北米路線向けに 25 機を発注すると、DC-8 による運航は圧倒的な不利になることが予想された。そのため日本航空も対抗して 747 を発注し、1970 年の東京・ホノルル路線に続いて、ホノルル経由ロサンゼルス路線とホノルル経由サンフランシスコ路線、羽田・サンフランシスコ路線に投入した。また表 8 に示したように香港路線やグアム路線、ソウル路線などの近距離路線にも 747 を投入し、増便なき輸送力の増大を図った。短い路線であっても、航空需要が多ければ 747 が投入されることが日本では特徴的であり、ボーイングは日本国内線用に 747SR を特別に開発した<sup>35)</sup>。

第 2 に、機体の大型化によって従来よりも多くの燃料を搭載できたことで、航続距離を大幅に延長できた。それに加えて、派生型機開発で燃料タンクの増槽や低燃費エンジンへの換装が行われたことで、航続距離をさらに延長できた。

DC-8-62 で直行便が可能になったのは、アジア・北米路線では大圏コースで 8,224km の東京・サンフランシスコ路線までであり、1 万 828km の東京・ニューヨーク路線は基本的にアンカレッジ経由で運航された。

ニューヨーク路線で直行便が就航するのは 1983 年 7 月以降であり、アンカレッジ経由の大圏コース便よりも所要時間が往路で 1 時間半、復路で 2 時間短縮された<sup>36)</sup>。747 の導入後もアンカレッジ経由便が長く続いた理由の 1 つは、十分な後続性能をもたない 747 では、長距離を直行するためには燃料を満載しなければならず、それだけ乗客や貨物の搭載量が制限されるというデメリットである。アンカレッジで給油をすれば、燃料重量を減らした分だけ旅客や貨物を搭載できる。もう 1 つは、初期の機体とエンジン性能では、747 でもニューヨーク路線のような長距離を日常的に直行するには、標準装備では難しかったことである。原型機の 747-100 は航続距離が 7,600km であり、ニューヨーク路線を給油なしに飛ぶことはできなかった<sup>37)</sup>。ニューヨーク直行便を実現できたのは、床下貨物室に燃料タンクを増設した特別仕様の 747-200B や 747-300（1983 年就航）であった。初めて標準装備で乗客と貨物をフルにのせられたのは 1989 年に就航する 747-400 であった<sup>38)</sup>。747-400 は、低燃費・高推力エンジンの採用や、重量軽減、主翼改良、コンピュータによる飛行制御の採用などによって、それまでの在来型 747 と区別ができ、747-300 よりも燃料効率が約 9% 向上し、水平尾翼内燃料タンクが装着されたこともあって航続距離が約 1,500km 延長された<sup>39)</sup>。

1960 年代までの中部太平洋経由便は、1970～1980 年代に多くがアンカレッジ経由の大圏コース便となり、1990 年代にはアンカレッジを経由しない直行便が増えたのである。それを実現したのはジェット化し、大型化した航空機材であった。表 9 に示したとおり、日本航空では 1980 年にロサンゼルス路線が直行便のみで運航されていたが、1985 年にニューヨーク路線で経由便よりも直行便が多くなり、1995 年にはすべて 747-400 による直行便に代替された。ただし、アジア・北米路線そのものはアンカレッジ上空付近を飛行している<sup>40)</sup>。

一方、アジア・欧州路線では、政治的条件により直行便の実現もアジア・北米路線より遅れた。日ソ政府間の航空交渉により、1985年によく日本航空によるソ連上空通過・欧州直行便が正式に認可され、1986年からシベリア上空通過ルートによる東京・パリ路線と東京・ロンドン路線が直行便によって開設された。これによって成田ーロンドン間は約12時間で運航され、所要時間は最大で約6時間短縮された<sup>41)</sup>。表9に示したように、1980年代の欧州路線はアンカレッジ経由便が最も多いが、1990年代には直行便が最大になった。

### (3) エンジン双発機による長距離洋上飛行と規制緩和 (2000年代後半～)

表9に示したように、1990年代には長距離国際線の機材として超大型4発機747が使用されるようになったが、2000年代後半からは大型双発機777や中型双発機787が用いられるようになった。エンジン4発の超大型機が双発の大型機もしくは中型機に置き換えられることで、エンジンの整備コストを抑制し、路線の需要にみあった機材を投入できるようになったのである。

双発化実現のためには、まず、エンジンのさらなる大推力化が必要であった。747は、機体サイズこそ超大型であるが、エンジンを4基搭載するので1基あたりの推力はそれほど大きくない。エンジン1基あたりでは、大型双発機の方が大きな推力を求められたのである。大型双発機向けには、GEがGE90、P&WがPW4000、RRがTrent700/800というバイパス比が5以上で推力30t以上の超高バイパス比ターボファンエンジンを開発した。

双発化実現のためには、技術開発だけでなく、洋上運航規制緩和という社会制度的な面での条件も必要であった。

双発機は、3～4発機に比べて1基のエンジン停止がもたらす危険が大きいので、着陸可能な代替飛行場から飛行時間が60分の範囲内を飛行しなければならない。この60分ルールは、FAA (Federal Aviation Administration : アメリカ連邦航空局) が1953年に定めた。ただし、「個別に認可を取得すれば、その適用が一部緩和される」という規定があり、代替飛行場から60分を超えた範囲を運航することをETOPS (Extended-range Twin-engine OperationS) と呼ぶ<sup>42)</sup>。

当初はすべての民間航空機に60分ルールが適用されたが、3発機の727 (1964年に就航) が適用除外とされ、代替飛行場の少ない中長距離洋上路線でエンジン3発以上の航空機が用いられるようになった。エンジン整備費の点では経済的な双発機だが、60分ルールのもとで、とくに洋上では海岸線に沿うような迂回航路をとらねばならなかった。そもそも、1960年代には巨大な機体を2基のエンジンで推進できるだけの大型推力エンジンは存在せず、長距離国際線には3～4基のエンジンが搭載された。

ところが、1970年代に推力20t級のエンジンが超大型機用に開発されると、中型機以上で

も双発化が可能になり、3～4発機を双発機に代替することを望む航空輸送会社は、航空当局に対して双発機の洋上運航規制緩和を求めた。その結果、FAAは双発機の洋上運航規制を1985年に緩和し、条件をクリアすれば代替飛行場から60分の範囲内の運航という制限を、120分に拡張できるようにした。こうして、双発機による洋上運航は、まず北米・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線で実現された。たとえば、ニューヨークーロンドン路線（5,536km）では、4発機（707や747）から双発機（767や777、A300、A310）への代替が進み、双発機運航比率は、1990年の2.3%から、1995年には37.6%、2000年には51.1%と過半数を占めるに至った<sup>43)</sup>。

1990年代には、アジア・北米路線のような6,000km以上の長距離洋上路線でも双発機が求められた。その背景には、東アジアの経済発展にともなう航空需要の増大があった。長距離洋上路線における双発機運航のためにはさらなる規制緩和が必要であり、FAAは1988年12月に180分ルールを定めた。ボーイングの大型双発機777に至っては、開発で先を越されたMD-11やエアバスの大型機A330/340からニューヨークーロンドンや東京ーシドニーのような長距離路線の顧客を奪うために、就航と同時に180分ルールでの運航が目指された。本来であれば、一定の運航実績がなければETOPSは認められないが、1994年にFAAがETOPSの早期取得（Early ETOPS）を認めたことにより、ユナイテッド航空の777は1995年5月の就航と同時に180分ルールが認められた<sup>44)</sup>。こうして、アジア・北米間やアジア・欧州間という長距離路線でも双発機運航が可能になった。

さらに、シンガポールーロサンゼルスのような長距離路線では207分ルールが求められた。その理由は、シンガポール航空が、シンガポールーロサンゼルス路線の直行便の運航機材として1998年5月に大型4発機A340-500を選んだことにある。ジェット気流の影響により、とくに東西間を移動する路線の最短距離は季節によって異なり、シンガポールーロサンゼルス路線では、冬季最適コースは問題ないが、夏期最適コースをとるためには、当時のETOPS運航では難しかった。ETOPSフリーの4発機A340が約1万4096kmの大圏コースをとれるのに対し、ETOPS運航では670km長いコースをとらなければならなかった。さらに、この路線では、アラスカやアリューシャン列島、極東ロシアの代替飛行場が少なく、火山の噴火や悪天候によりそれらが閉鎖されると運航は中止になる。そのため、大陸間の洋上を飛行する路線には3発以上のETOPSフリーの航空機が有効な場合もある<sup>45)</sup>。

シンガポール航空からの受注競争に敗れたボーイングは、航続距離延長型の777-300ERの開発延期を余儀なくされた。そこで、4発機に対抗して受注を得るために、ボーイングはETOPSの15%（27分）延長を求め、それに応じたFAAが2000年3月に207分ルールを制定した。ETOPSが延長されるにしたがって、アジア・北米路線における双発機と4発機の運航上の違いがなくなるのである<sup>46)</sup>。

777 の航続距離延長型である 777-300ER は、世界で最も輸送力が大きく長距離路線で運航される航空機の 1 つである。エンジンには世界最大級の推力をもつ GE90-115B (最大推力 52.2t, 2002 年型式承認) が搭載され、航続距離は 1 万 3590km である。表 9 に示したように日本航空の場合、2000 年の段階では、東京・ロンドン路線 (9,587km) や東京・パリ路線 (9,713km)、東京・ニューヨーク路線 (10,811km) といった長距離路線では超大型 4 発機 747-400 の運航が主であったが、2009 年までに大型双発機 777 が運航の中心になっている。

以上のように、大推力エンジンの開発という技術的条件や政府間交渉という政治的条件に加えて、双発機の洋上運航規制緩和という社会制度的な条件によって、中長距離路線で 3 ~ 4 発機が双発機に代替されるようになったのである。

## 5. おわりに

本論文では、航空輸送会社が、ハブ・アンド・スポーク型の路線網や、アジアと北米や欧州を結ぶ長距離路線を含む航空輸送ネットワークを形成できた理由を、航空機材の選択に着目して明らかにした。

第 2 節では、航空需要地域ごとに導入されてきた航空機材の傾向を明らかにした。3 つの主要な航空需要地域について、北米では国内需要、アジアと欧州では地域間と地域内を含めた国際線需要が大きな割合を占めている。アジアでは国内線需要の割合も大きくなってきた。それらの需要に対して、北米では小型機、ヨーロッパでは小型機と大型機、アジアでは大型機が相対的に多く導入されてきた。

第 3 節では、3 つの主要な航空需要地域の地域内運航において、各地域の航空需要を満たしてきた航空機材とその運航方法を、航空政策や地理的・地域的要因の違いから明らかにした。とりわけ航空規制緩和後の欧米では、LCC が低価格戦略をとる一方で、大手航空輸送会社はハブ・アンド・スポーク型の路線網を形成し、ハブ空港と地方空港を結ぶために小型機が多頻度運航を行うようになった。一方、東アジアは主要都市間の距離が離れているだけでなく海洋に隔てられており、空港の制限などもあって大型機による運航が特徴である。

第 4 節では、地域間の航空需要を吸収した航空機材とその変遷に着目した。長距離国際線は、技術的、政治的、社会制度的な条件をクリアすることで、かつての経由便が直行便に置き換えられてきた。

長距離国際線は、1960 年代末に既存のプロペラ機経由便がジェット化され、1960 年代末からは北米はアンカレッジ、欧州はモスクワを経由する大圏コース便に置き換えられた。1980 年代半ばからは、最短距離をとる大圏コース直行便が超大型 4 発機 747 によって実現された。さらには、双発機の洋上運航規制が緩和されたことで、2000 年代後半からは 3 ~ 4 発機が双

発機に代替された。長距離洋上飛行を行う大型機によって地域間航空需要が吸収され、双発機の洋上運航規制が緩和されたことで路線ごとに適した大きさの航空機材によって長距離運航を担えるようになった。ハブ・アンド・スポーク型の航空輸送ネットワークは、それを技術的に実現する航空機材が発達したことによって成立したと言える。

以上のように、本論文では航空輸送会社の路線展開における要求が、航空機メーカーによって提供される航空機材によって実現されたことを明らかにした。残された研究課題としては、路線ごとにさらに細かく異なる航空輸送会社の要求に対して、数少ない航空機メーカーがいかに対応して希望に沿ったカスタマイズされた航空機を提供できているのかを明らかにすることがあげられる。

#### <注>

- 1) 2008年の世界の旅客数23億人のうち、国際線9億人、国内線14億人であるが、国際線は国内線よりも距離が長いので、旅客キロで見ると両者の数値は逆転している。航空輸送では、運賃やコストが飛行距離によって変わるので、旅客キロが用いられることが多い。なお、「国内線」は各国の国内需要の合計であり、「国際線」は地域内及び地域間の国際線需要である（日本航空協会、2009、27ページ）。
- 2) 山崎（2010）では、「1950年代末から70年代半ばまでに開発された民間航空機は、4層に区分される第1期の航空機市場を形成し」、「新たな技術を取り入れた後継機が4層のそれぞれで開発され、第2期の航空機市場が形成された」と説明した。本論文では、第1期、第2期に変えて、市場形成期、市場更新期という表現を用いている。また、4層に変えて、4つの製品群という表現を用いており、おおまかに100席級の狭胴小型機、200席級の狭胴中型機と250席級の広胴中型機、300席級の広胴大型機、400席級の広胴超大型機と区分している（山崎、2010、61、64ページ）。
- 3) 日本航空機開発協会（2017）、II-3、II-4、II-7、II-8ページ。
- 4) A330は122機中60機（49%）がアジア向けだったが、A340は167機中77機（46%）が欧州向けである。
- 5) 千田他（2006）、108、122、124、126、128ページ。
- 6) 河原（2010）、143～146ページ。
- 7) 塩見（2006）、113、120、127、135ページ。
- 8) 塩見（2006）、169ページ。その後、1992年以降は再び参入企業が増え、1995年に95社、2001年には100社の水準まで増えた。
- 9) 塩見（2006）、172ページ。国内線の大手企業であったイースタン航空は1991年に倒産し、国際線の主要企業であったパンナム航空は1991年に倒産した。さらに国際線の主要企業であったTWAは2001年にアメリカン航空に吸収合併され、ノースウエスト航空は2010年1月にデルタ航空と経営統合した。
- 10) 千田他（2006）、122～128ページ。
- 11) Taneja（1988）、p.17（邦訳、21ページ）。
- 12) 1990年代半ばから大西洋（北米・欧州）路線の航空需要を囲い込むために、2000年代にはアジア諸国をも巻き込むためにグローバルアライアンスが形成された。その結果、デルタ航空、エールフランス、KLMオランダ航空、大韓航空、中国南方航空、アリタリアなど20社が加盟するスカイチーム、ユナイテッド航空、ルフトハンザドイツ航空、シンガポール航空、タイ国際航空、全日本空輸、中国

- 国際航空, アシアナ航空など 27 社が加盟するスターアライアンス, アメリカン航空, ブリティッシュ・エアウェイズ, キャセイ・パシフィック航空, カンタス航空, 日本航空, カタール航空など 13 社が加盟するワンワールドが形成された (日本航空 [https://www.jal.co.jp/oneworld/global\_network.html#gn01], ANA [https://www.ana.co.jp/ja/jp/amc/reference/tameru/flightmile/tk/], デルタ航空 [https://www.skyteam.com/ja/about/delta-airlines/] の各社ホームページ, 2018 年 7 月 1 日閲覧)。
- 13) 戸崎 (1995), 79 ~ 84 ページ。吉田・高橋 (2002), 182 ~ 183 ページ。ANA 総合研究所編 (2008), 51 ~ 52 ページ。東アジアでも, アメリカ政府と各国がオープンスカイ協定を結ぶことで航空自由化が進んでいる (河原, 2010)。
  - 14) 千田他 (2004), 5 ページ。
  - 15) 深澤他 (2003), 20 ページ。
  - 16) 吉田・高橋 (2002), 234 ~ 235 ページ。
  - 17) 世界全体では, 旅客輸送が輸送量の 7 ~ 8 割, 営業収支の 8 ~ 9 割を占めており, 航空機開発では既存の旅客機を転用して貨物機を開発することが多いので, 本稿では基本的に旅客機を対象に検討している (日本航空協会, 2009, 21, 68 ~ 69 ページ)。
  - 18) 深澤他 (2004), 23, 25 ページ。
  - 19) Taneja (1988), 126 (邦訳, 144 ページ)。本論文において, 都市間の距離は ICAO のホームページを参照した (https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Pages/default.aspx, 2018 年 7 月 5 日閲覧)。
  - 20) 深澤 (2004), 1, 7 ページ。
  - 21) 国土技術政策総合研究所 (2007), 7 ページ。
  - 22) 『経済』編集部 (2010), 142 ページ。
  - 23) 高山編 (1964), 30 ページ。戦後の日本では, GHQ により民間航空活動が禁止されて 1947 年から外国企業が東京に乗り入れていた。1951 年に日本航空株式会社が発足すると, 当初はノースウエストに運航を委託し, 1952 年から自主運航を始めた (高山編, 1964, 6 ~ 8 ページ)。東京-サンフランシスコ路線に用いた DC-6B は, 36 席でデラックス・クラスが 650 ドル (23 万 4000 円), ツーリスト・クラスが 488 ドル (17 万 5700 円) だった (日本航空, 1964, 11 ページ)。サンフランシスコ路線の乗客の約 4 分の 1 がロサンゼルスを最終目的地としていたことから日本側はロサンゼルス乗り入れを希望していた (日本航空株式会社広報部編纂, 2002, 「東京=ホノルル=ロサンゼルス線を開設 (DC-7C)」の項目)。
  - 24) 青木 (2000a), 98 ページ。
  - 25) 高山編 (1964), 32 ページ。
  - 26) 日本航空株式会社広報部編纂 (2002), 「DC-8-53 型 1 号機が東京国際空港 (羽田) に到着」の項目。DC-8-53 は, それまでの P&W (Pratt & Whitney) 製 JT-3C ターボジェットエンジンに対して, 前方にファンを取り付けた JT-3D ターボファンエンジンに換装することで燃料消費率を改善した。燃費改善により航続距離を延長できた。
  - 27) 日本航空株式会社調査室編 (1974), 229 ~ 232, 275 ページ。キャセイ・パシフィック航空が導入した中型ジェット機のロッキード・エレクトラに対抗して, コンベア CV880 を購入したが, 予想以上に需要が大きかったためより大型の DC-8 が投入された。
  - 28) 日本航空株式会社統計資料部編 (1985), 11, 13 ページ。日本航空株式会社広報部編纂 (2002), 「国際線のジェット化」及び「国内線のジェット化」の項。
  - 29) 日本航空株式会社広報部編纂 (2002), 「世界一周航路の設立: 北回り欧州線を開設」及び「世界一周航路の設立: 南回り欧州線を開設」及び「ニューヨーク線を開設」の項。北回り欧州路線は, 東京-アンカレッジ-コペンハーゲン-ロンドン-パリ-コペンハーゲン-アンカレッジ-東京, 南回り欧州路線は, 東京-香港-バンコク-カルカッタ-カラチクウェート-カイロ-ローマ-フランクフルト-ロンドンであった。
  - 30) 青木 (2000a), 101 ページ。日本航空株式会社広報部編纂 (2002), 「DC-8-62 型 1 番機が東京国際



- 空港（羽田）に到着」の項。
- 31) 日本航空株式会社広報部編纂（2002）、「DC-8-62 型機により太平洋線を直行化」「DC-8-61 型機が東南アジア線に就航」及び「シドニー線を開設」の項。DC-8-61 の就航路線は、東京－台北－香港線、東京－香港－バンコク－シンガポール－ジャカルタ線や、東京－香港－バンコク－クアラルンプール－ジャカルタ線であった。
  - 32) 日本航空株式会社広報部編纂（2002）、「DC-8-62 型機により太平洋線を直行化」及び「アンカレッジ経由ニューヨーク線開設」の項。
  - 33) 日本航空株式会社広報部編纂（2002）、「モスクワ経由パリ線の自主運航を開始」及び「モスクワ経由ロンドン線を開設」の項。1970 年に開設されたモスクワ経由ロンドン路線でも 2 時間ほどが短縮された。
  - 34) 国土交通省のホームページの「主要運輸事情調査報告書（欧州、中近東、アフリカ地域、国際機関等）」における「ロシア連邦」の項（[http://www.mlit.go.jp/kokusai/kokusai\\_mn2\\_000006.html](http://www.mlit.go.jp/kokusai/kokusai_mn2_000006.html), 2018 年 7 月 19 日閲覧）。
  - 35) 日本航空株式会社広報部編纂（2002）、「大量輸送の時代：747-100/200」の項。
  - 36) 日本航空株式会社広報部編纂（2002）、「ニューヨーク直行便の運航開始」の項。
  - 37) 国土交通省航空局監修（1980），41～42 ページ。
  - 38) 藤田（1991），84 ページ。イカロス出版（2009），49 ページ
  - 39) 日本航空株式会社広報部編纂（2002）、「パイロット 2 名編成の B747-400 型機導入を決定」の項。747-400 では、767 開発で用いられた電子技術を大胆に取り入れたことを理由に、運航乗務員が従来の 3 名編成から 2 名編成に削減され、人件費の面でも航空輸送会社のコスト低減につながった。
  - 40) 重要な経由地となったアンカレッジ空港には、給油を含めた空港機能と、2 時間前後の経由時間中に乗客がショッピングを楽しむため、大規模な商業施設が建設された。
  - 41) 日本航空株式会社広報部編纂（2002）、「世界初のシベリアルートによる欧州直行便就航」及び「欧州直行便のテスト飛行を実施」の項。
  - 42) 米谷（2002），23 ページ。櫻井（1994），62 ページ。ETOPS は Extended Range Operation with Twin-engine Airplanes と表現されることもある。戦前のアメリカでは 100 マイル・ルールが存在し、飛行予定の航空路上では、100 マイル（約 160km）以内に着陸可能な場所がなければいけなかった。
  - 43) ICAO（2004）及び各年度版より。なお、このデータは自主申告にもとづく ICAO の統計であり、申告されなかった航空輸送会社の運航は含まれていない。
  - 44) ETOPS 運航が認められるには、一定の運航実績が必要であり、機体（Design Approval）と航空輸送会社（Operational Approval）に関する要件を満たさねばならない。つまり、当該機のエンジンの信頼性が、エンジン飛行時間（＝飛行時間×装着エンジン数）や世界平均エンジン飛行中停止率（IFSDR: In-Flight Shut Down Rate）によって実証されることと、当該機による航空輸送会社の運航経験や運航・整備体制が実証されることである。777 では、運航前に条件をクリアするため、機体要件は ETOPS 運航経験の教訓を設計・開発段階で組み込んで設計し、エンジンの作動試験や飛行試験を追加で行うことで、航空輸送会社要件は他の型式の飛行機の ETOPS 運航実績を代用することで、ETOPS 取得期間を短縮（Accelerated ETOPS）させた（米谷，2002，24，27 ページ，櫻井，1994，66 ページ）。
  - 45) 原田（1998），41 ページ。
  - 46) エアバスは 270 分や 240 分という超長時間の ETOPS の認可には反対しているが、ボーイングはさらに ETOPS を 270 分まで拡張することを求めている（青木，2000b，102 ページ）。

## &lt;参考文献&gt;

- ICAO, International Civil Aviation Organization (2004) *Traffic by flight stage 2002*, International Civil Aviation Organization.
- Lynn, Matthew (1995) *Birds of Prey: Boeing vs. Airbus: A Battle for the Skies*, London: William Heinemann (清谷信一監訳, 平岡護, ユール洋子訳『ボーイング vs エアバス: 旅客機メーカーの栄光と挫折』アリアドネ企画, 2000 年)。
- Newhouse, John (2007) *Boeing versus Airbus: the inside story of the greatest international competition in business*, New York: A.A. Knopf.
- Taneja, Nawal K. (1988) *The international airline industry: trends, issues, and challenges*, Lexington, Mass: Lexington Books (吉田邦郎訳『国際航空輸送産業: その現状とサバイバル戦略』成山堂書店, 1989 年)。
- 青木謙知 (2000a) 『旅客機年鑑 2000-2001』イカロス出版。
- (2000b) 「世界最大の航続性能を可能にした ETOPS という『魔法』」『エアライン』2000 年 6 月号, 102 ページ。
- イカロス出版 (2009) 『JAL JET STORY』イカロス出版。
- ANA 総合研究所編 (2008) 『航空産業入門: オープンスカイ政策からマイレージの仕組みまで』東洋経済新報社。
- 河原葵 (2010) 「アメリカのオープンスカイ戦略と日本」『経済』第 176 号, 5 月, 143 ~ 154 ページ。
- 『経済』編集部 (2010) 「航空業界の現場はいま: 労働と安全の実態から 津恵正三さんに聞く」『経済』第 175 号, 4 月, 141 ~ 146 ページ。
- 国土技術政策総合研究所 (2007) 「東アジアの航空ネットワークの将来展開に対応した空港整備手法に関する研究」『国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告』第 8 号, 3 月, i ~ ii, 1 ~ 32 ページ。
- 国土交通省航空局監修 (2014) 『数字でみる航空 2014』一般財団法人航空振興財団。
- (2010) 『数字でみる航空 2010』一般財団法人航空振興財団。
- (2005) 『数字でみる航空 2005』一般財団法人航空振興財団。
- (2001) 『数字でみる航空 2001』一般財団法人航空振興財団。
- (1996) 『数字でみる航空 1996』一般財団法人航空振興財団。
- (1991) 『数字でみる航空 1991』一般財団法人航空振興財団。
- (1986) 『数字でみる航空 1986』一般財団法人航空振興財団。
- (1981) 『数字でみる航空 1981』一般財団法人航空振興財団。
- (1980) 『数字でみる航空 1980』一般財団法人航空振興財団。
- (1977) 『数字でみる航空 1977』一般財団法人航空振興財団。
- (1972) 『数字でみる航空 1972』一般財団法人航空振興財団。
- 米谷豪恭 (2002) 「特集 ETOPS の歴史とエアラインの取り組み」『航空技術』第 573 号, 12 月, 23 ~ 29 ページ。
- 櫻井一郎 (1994) 「双発機による長距離進出運航の長時間化・早期取得の動向について」『日本ガスタービン学会誌』第 21 巻第 84 号, 3 月, 62 ~ 69 ページ。
- 塩見英治 (2006) 『米国航空政策の研究: 規制政策と規制緩和の展開』文眞堂。
- 千田奈津子・石倉智樹・杉村佳寿・石井正樹 (2006) 「エアラインの保有機材特性」『国土技術政策総合研究所資料』第 315 号, 6 月, 101 ~ 153 ページ。
- 千田奈津子・杉村佳寿・石倉智樹・石井正樹・深澤清尊 (2004) 「80 年代以降の欧州航空ネットワークの変遷に関する分析」『国土技術政策総合研究所資料』第 190 号, 9 月, i ~ iii, 1 ~ 36 ページ。
- 高山吉郎編 (1964) 『日本航空 10 年の歩み: 1951-61』日本航空株式会社。

- 戸崎肇（1995）『航空の規制緩和』勁草書房。
- 中田秀樹（1998）「ETOPSの動向と信頼性要求」『日本ガスタービン学会誌』第26巻第101号，6月，9～14ページ。
- 日本航空（1964）『つばさとともにJAL』日本航空株式会社。
- 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』日本航空株式会社。
- 日本航空株式会社調査室編（1974）『日本航空20年史：1951-1971』日本航空株式会社。
- 日本航空株式会社統計資料部編（1985）『日本航空社史：1971-1981』日本航空株式会社。
- 日本航空株式会社編（1997）『航空統計要覧1995-96年版』日本航空協会。
- 日本航空株式会社リサーチセンター編（1993）『航空統計要覧1991-92年版』日本航空協会。
- 日本航空機開発協会（2017）『平成28年度版民間航空機関連データ集』（<http://www.jadc.jp/data/associate/>，2018年3月27日閲覧）。
- 日本航空協会（2017）『航空統計要覧2017年度』日本航空協会。
- （2013）『航空統計要覧2013年度』日本航空協会。
- （2012）『航空統計要覧2012年度』日本航空協会。
- （2009）『航空統計要覧2009年版』日本航空協会。
- 日航財団監修（2005）『航空統計要覧2005年版』日本航空協会。
- （2002）『航空統計要覧2002年版』日本航空協会。
- 日本航空国際室調査部編（1987）『航空統計要覧1986-87年版』日本航空協会。
- 日本航空統計資料部編（1983）『航空統計要覧1982-83年版』日本航空協会。
- 日本航空調査室編（1979）『航空統計要覧1978-79年版』日本航空協会。
- 原田哲夫（1998）「エアバス社の現状と将来展望」『航空情報』8月，36～47ページ。
- 深澤清尊・杉村佳寿・石倉智樹・滝野義和（2004）「東アジア航空ネットワークにおける機材・運航特性分析」『国土技術政策総合研究所資料』第175号，6月，i～iv，1～35ページ。
- （2003）「東アジア内の旅客ODのクロスセクション分析及び時系列分析」『国土技術政策総合研究所資料』第131号，12月，i～iv，1～17ページ。
- 藤田勝啓（1991）「日本航空機種選定の歴史」『企業研究Books日本航空（月刊エアライン臨時増刊）』イカロス出版，80～84ページ。
- 山崎文徳（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。
- 吉田茂・高橋望（2002）『新版 国際交通論』世界思想社。

## Formation of Air Transport Network and Selection of Aircrafts

Fuminori Yamazaki \*

### Abstract

In Europe and the United States after the Airline Deregulation, LCC adopted a low price strategy. Major air transport companies formed a hub-and-spoke type network, and small aircraft operated frequently in order to connect the hub airports to the regional airports. On the other hand, in East Asia, the distance between major cities is far and they are separated by the ocean. Therefore, many large aircrafts are used. On long-distance international routes connecting North America, Europe and Asia, existing propeller aircrafts have been jettied since the end of the 1960s. Since the mid-1980s, direct flights taking great circle courses were realized by super large aircrafts. Since the late 2000s, three or four engine aircrafts were replaced by twin engine aircrafts as the restrictions on the over water flight by twin engine aircrafts were relaxed. An air transport network, where major regions are connected by long-distance international routes and within the region hub-and-spoke routes are spread, was technologically realized by aircraft development.

### Keywords:

Air demand, hub-and-spoke, LCC, direct flight, deregulation, liberalization of air transportation

---

\* Associate Professor, College of Business Administration, Ritsumeikan University