

## 空域の混雑と航空会社の機材選択

湧口清隆  
YUGUCHI, Kiyotaka

外国論文研究会  
相模女子大学学芸学部人間社会学科講師

航空輸送事業の規制緩和に伴い、欧米では低運賃を売りにする新規参入企業が大きく伸長し、大規模な既存事業者の経営を圧迫している。このような市場環境の中で、新規参入企業による直行便の運行が急増するとともに、既存事業者もハブ&スポーク型へのネットワークの再編や多頻度運行で対抗する図式が生まれている。航空の自由化から四半世紀が過ぎ市場が比較的安定した米国に対し、EUの統合、拡大で事業者が規制緩和の恩恵を受けやすい欧州で特にこの図式が一層強められているようである。その中で近年問題視されているのが空域の混雑とそれに伴う航空機の遅延の拡大、事故の可能性の増大である。

今回紹介するRaffarin論文は、空域の混雑をもたらす一因として、現行の欧州航空管制システムにおける航空管制料の料金設定方法に問題があるために、航空会社の機材小型化、多頻度運行を促していると指摘し、新たな料金設定方法を提案している<sup>1)</sup>。しかし一方で、航空管制料がこのような問題を招く一因であるとしても、それが運行費用に占める割合はさほど大きなものではないので、仮に機材の小型化が進んでいるとすれば、航空会社にとってそれ以外の費用面での優位性があるのではないかと考えてしまう。そこで、Wei & Hansen論文を通じて、機材の大きさや費用節約に関して検討してみたい<sup>2)</sup>。なお、前者が欧州を後者が米国を扱っていることから分かるように、両者の論文には直接つながりがないことを付け加えておく。

空港の混雑問題や空港の発着枠(スロット)については、規制緩和後の新規参入事業者に対する参入障壁問題や、空港民営化に伴う新空港や新ターミナルへの投資問題との関連で、かなり昔から経済学的にもアプローチされてきた。それに対し、空域の混雑問題へのこの種の分析は比較的新しいテーマで、ネット上で検索する限り、ディスカッション・ペーパーを中心に何点か見つかるだけである<sup>3)</sup>。わが国では、現役管制官で政策科学分野の修士号を持つ西澤宏員氏が2002年に日本交通学会第61回研究報告会で報告した「空域の混雑とピークロード・プライシング」が記憶に新しい。

適切な料金設定を通じて、空域をはじめとする希少な公共

資源を割り当てるという議論を展開する際に注意しなければならない点は、アプローチが混雑税・混雑料金なのか、ピークロード・プライシングなのかの区別である。電力、無線周波数、路上駐車場、二酸化炭素排出(権)なども空域や空港スロットと同様に希少な公共資源と位置づけられることが多いが、同様の点が問題となる。「公共資源」の「公共」という言葉に気をとられがちであるが、少なくとも利用権、あるいはその取引が云々されている限り、利用権には排他性、排除性、競争性が存在しており、私的財のアプローチとなる。そのため、利用権の料金設定に当たり、ネットワーク外部性による効果や混雑、大気汚染などの第三者への外部不経済が生ずることはそこでの議論の対象から外されているのである。それに対し、Raffarin論文は、極めて単純な形であるが混雑の外部費用を社会的余剰の認識の上で明確化する(裏返すと空域通過権に触れない)ことによって、混雑料金的な航空管制料を提案するものとなっている。

さて、Raffarin論文では、前半に欧州における航空管制の現状と現行の航空管制料金システムが紹介、分析され、後半でそれらの課題を踏まえた新たな料金システム案が提案されている。

著者は論文の冒頭で、CODAの分析を引用して、1999年に欧州航空管制区域内で15分超の遅延を出した航空便は3分の1を超え、遅延理由のほぼ23%が航空管制に起因することを明らかにしている。その要因として、欧州航空管制組織は各国の主権を妨げないように組織されており、各国がそれぞれ装置一式を所有し自国言語で運用するために、作業が高度に複雑化し、ある国の管制から他国の管制へ変わる際には時間の浪費が発生していることを指摘する。一方でまた、航空管制の需要者である航空会社の側にもネットワークの形状や多頻度運航など、空域の混雑を生み出す要因があることも挙げている。これらの要因が相互作用して、空域の混雑とそれに伴う遅延が年々悪化している。欧州委員会もそれを重要視し、遅延改善のためのプロジェクトを進めている。その中で、航空管制サービスの新しい統治構造、交通流に応じた新しい航空路設定、新しい航空管制料システムが提

案されている。

欧州航空管制組織の加盟国 ( $i$ ) が受け取る現行の航空管制料 ( $R_i$ ) は次の式によって定義されている。ただし、 $T_i$  は各国の単位料率、 $D_i$  は各管制空域の通過距離 (単位: km)、 $M$  は最大離陸重量 (単位: t) である。

$$R_i = T_i \times \frac{D_i}{100} \times \sqrt{\frac{M}{50}}$$

管制料収入は航空管制費用を回収するために徴収されているが、国によって装置費、賃金及び生産性に違いがあることから、費用と収入の乖離を調整する変数として  $T_i$  が設けられている。2002年の調整変数はキプロスの26.21ユーロからベルギー・ルクセンブルクの90.47ユーロとなっている。また、現在の規定では、通過距離は、実際の飛行経路における各管制空域への進入点－退出点間の大圏航路に基づいている。

1971年に確立されたこの現在の管制料設定式は、本質的に衡平性 (equity) を重視するICAO (国際民間航空機関) が勧告する指針が原案であるとされている。もちろん、その時代には混雑が問題視されていない時代であった。著者は、Morrisonの空港発着料の衡平性と効率性に関する分析を援用して、この管制料設定式を考察している<sup>4)</sup>。航空管制システムが収穫逓増性を備え供給費用回収制約を受けている点で空港発着料と同様の構造にあることに着目して、この設定式から導出される各航空機の航空管制料はラムゼイ・ボトロー・プライシングになっていると指摘する。すなわち、いくつかの категорияに分類される航空機単位での課金に関し、収支制約下で航空会社の余剰を極大化する料金設定を実施した場合、各カテゴリーの航空機 (フライト) に課される管制料はフライトの料金弾力性に反比例する。さらに、Morrisonに従って、この料金弾力性が、航空旅客の需要の運賃弾力性と、航空管制料が当該フライトの総運航費用に占める割合との積に等しくなると仮定すると、このような航空管制料は、一方で航空管制の限界費用に、他方で航空会社の管制料を除く当該フライトの費用に比例する。その結果、衡平性の観点から算出される航空管制料は、現行の料金が示すとおり、大型の機材を利用するフライトや料金弾力性の低い長距離フライトほど高く、小型の機材を用いて多頻度運航する短距離フライトほど安くなりがちで、空域の混雑を招くものになっている。

著者はさらに、現行の料金システムの問題点として、①収支均衡目的で単位料率が盛り込まれているが、コスト管理上、効率性問題を生んでいる、②航空管制サービスの生産量 (管制官の負担) は航空機の航行 (進行方向、速度など) の異質性に依存するが、管制を受けた飛行距離で測定されている、③大型機に比べ小型機を優遇する料金制度となっているために空域の混雑を一層悪化している、④航空会社がハブ&スポーク・システムを採用するために特定の時間帯に発着の集中を招いているがピークロード・プライシングが導入されて

いないため、発着時間の効率的な配分ができない、という4点を指摘する。

著者は以上のような問題点を踏まえて、新しい料金システムを提案する。それは、航空管制サービスの供給者、航空会社、旅客の垂直的な関係、複占的な航空市場、混雑の外部費用を考慮したモデルに基づいている。ここでは、複占状態にある2つの航空会社が、①航空管制当局が航空管制料の料金設定ルールを定める、②このルールに基づき、航空会社は便数を決定する、③最後に航空会社が航空運賃を決定するという3段階からなる逐次手番ゲームを展開すると仮定する。それ故、逆向き推論法によって、第1段階の最適な航空管制料を導出することになる。

代表的な旅客の効用関数として各社から購入した座席数と便数を変数とする2次関数を仮定し、予算制約下での効用極大化問題から、この旅客のフライトに関する線型の需要関数 ( $d_i = A - a p_i + b p_j + c F_i - d F_j$ ; ただし、 $d_i$ :  $i$ 社の便の座席需要量;  $p_i, p_j$ :  $i$ 社、 $j$ 社の便の運賃;  $F_i, F_j$ :  $i$ 社、 $j$ 社の便数の平方根、 $A, a, b, c, d$ : 定数) を導出する。この需要関数を前提として航空各社は利潤を極大化する運賃及び便数を決定する。なお、航空会社の費用は、航空機の座席数に対して増加関数となる費用 (容量費用) と航空管制料から構成されていると仮定している。次に、利潤極大化の運賃を前提として、旅客の効用、航空会社の利潤及び航空管制当局の利潤を単純に足し合わせ、そこから便数に対して線型の混雑費用を差し引いた社会的余剰関数を置き、社会的余剰を極大化する便数を求める。その上で、社会的余剰を極大化する便数と利潤を最大化する便数が等しくなるように航空管制料を設定する。

このようにして求めた航空管制料は、航空機の座席数に対して減少関数となる。一方、この航空管制料を航空会社の費用及び利潤極大化便数を定義する式に戻すと、航空会社の費用は座席数に関して増加関数、利潤極大化便数は座席数に関して減少関数である、すなわち座席数と便数との間にはトレード・オフの関係が存在することが分かる。旅客の需要関数も考慮すると、複占状態では座席数の少ない機材を用いる、すなわち便数の多い航空会社がより多くの収入を得ることになるので、座席数に対して減少関数となる航空管制料を通じて、機材の大型化による航空会社の費用増加を部分的に相殺していると解釈することが可能であると指摘している。

Raffarin論文を読んでみると、航空会社は積極的に小型の機材を選択している印象を受ける。しかし、多くの文献で航空機の大型化が旅客1人又は積載貨物1トン当たりの費用を下げたと指摘されており、単に航空会社の費用面だけを見るならば、航空会社の実際の選択は必ずしも合理的なものとは言えないのではないかという疑問が生じてくる<sup>5)</sup>。そこで次に、Wei & Hansen論文を通じて、機材の大きさ、航行距離

及び航空機の費用の関係を検討してみたい。

著者は、航空機の費用を機材の購入費用と運航費用に分けて、これらの関係を分析した。

まず、機材の購入費用に関して、Janeの航空年鑑及びPyramid Media Groupのウェブサイト上にあるエアバス製とボーイング製の商業ジェット機25モデルの1997年～2000年の平均購入価格データをもとに、log linearモデルを用いて回帰分析を実施した。その結果、座席数と航続距離を独立変数とする場合には、座席数に関してわずかに(係数：0.87)規模の経済性が見られるものの、航続距離が長い(9,000kmを超える)767ERと777シリーズを除いて座席数のみを独立変数として回帰すると、係数は1.23となり、座席数に関して規模の経済性が見られないことが分かったと指摘している。

次に直接運航費用に関して、米国運輸省の書式41に基づいて報告される航空会社の運航費用に関する1987年第1四半期から1998年第4四半期までのデータをもとに、de-mean translogモデルを用いて分析している。ここでは、機材の大きさと関係づけることが難しい間接運航費用は分析の対象から外している。1座席マイル当たりの直接運航費用は、座席数と航行距離に依存している。航行距離が1,200マイルまでは、航行距離が伸びるほど、1座席マイル当たりの直接運航費用は著しく小さくなるが、それより長い距離では航行距離の影響はほとんど受けなくなる。各航行距離に関して、1座席マイル当たりの直接運航費用は座席数に応じたU字型の形状をしており、最小費用を表わすU字型の底となる座席数は、パイロットの費用を外生的に与える場合は186(400マイル)～312(2,800マイル)、内生的に与える場合は114(400マイル)～257(2,800マイル)と、航行距離が長くなるほど多くなることが明らかになった。また、パイロットの費用を内生的に与える、すなわち機材の大きさに応じて人件費が変わる場合の

ほうが、同一航行距離で1座席マイル当たりの直接運航費用が最小になる座席数が少なくなることも分かった。米国の国内線において実際に使われている平均的な機材と費用を最小化する機材との関係を航行距離別に比較すると、機材の大きさによってパイロットの人件費が変わるとするならば、運航距離が800マイル未満の近距離フライトを除き、実際の機材よりも大型の機材を用いるほうが1座席マイル当たりの直接運航費用が下げられるという結果が得られた。

この結果は、機材の購入費用における座席数に関する規模の不経済性と併せて考えると、なぜ米国では航空会社が航空旅客需要の増加に機材の大型化ではなくフライトの増加で対応する傾向にある理由を説明している。

もちろん米国と欧州では航空市場や航空インフラの状況が大きく異なるが、両地域において主要都市周辺に複数の空港が存在し、都市単位で見た場合にスロット制約にある程度対応することが可能だろうという事情を考慮するならば、Wei & Hansen両氏による米国での計量分析結果は欧州においても当てはまる可能性が高い。もしそうならば、空域の混雑を解消する有効な手立ては、Raffarin氏が提案する混雑料金の導入か、あるいはピークロード・プライシングなどによる通過フライト数の制限しかないのかもしれない。今後の研究が待たれるところである。

#### 参考文献

- 1) M. Raffarin (2004) "Congestion in European Airspace, A Pricing Solution?," *Journal of Transport Economics and Policy*, 38 (1); pp.109-126.
- 2) W. Wei & M. Hansen (2003) "Cost Economics of Aircraft Size," *Journal of Transport Economics and Policy*, 37 (2); pp.279-296.
- 3) 例えば、Nathalie Lenoir & Jean-Claude Hustache (1997) "ATC Economic modeling," <http://atm-seminar-97.eurocontrol.fr/hustache.htm>.
- 4) S.A. Morrison (1987) "The Equity and Efficiency of Runway Pricing," *Journal of Public Economics*, 34; pp.45-60.
- 5) 例えば、藤井彌太郎・中条潮編(1992)『現代交通政策』、東京大学出版会、初版；p.167.