

広域生活圏に含まれない地域の航空サービス運用施策に関する分析モデルの提案*

Construction a Model for Air Transport Operation outside Sphere of Wide-area Communities*

井田直人**・有村幹治***・田村亨****

By Naoto IDA**・Mikiharu ARIMURA***・Tohru TAMURA****

1. はじめに

現在、国土計画の議論において「二層の広域圏」の概念が提案されている。これは、複数の都道府県から構成される「地域ブロック」と、その内部を交通1時間圏・人口30万人前後の圏域で日常生活の行動圏としてまとまりのある地域としてみる「生活圏域」により、新たな国土構造の形成を図ろうとするものである。ここで、地域ブロックの中には、定住面や交通面などで十分な条件が整っていないために生活圏域を形成しにくい地域（以下、「自然共生地域」と呼ぶ）が存在する。例えば中山間地や離島などが該当する。そして、この自然共生地域を分類すると、1) 生活圏域隣接地域、2) 農業や観光などにより自立可能な地域、3) 遠隔に位置し深い自然に囲まれた地域に分類されよう。このうち2) に該当する地域では、各地域の機能を維持・向上させるための地域づくりが必要であり、それを支える交通施策が求められる。

ここで、わが国の空港配置状況をみると、自然共生地域とされている地域においても、離島を中心に空港整備が進んでいる。その一方で、航空規制緩和により航空会社の内部補助の仕組みが崩壊し、自然共生地域にある空港に就航する多くの路線は、その維持が難しい状況にある。このうち離島路線については、島民の生活路線維持のために運航補助、機材購入補助、公租公課の軽減といった政策措置が講じられている。

平成14年度において、離島路線（28路線）全てが補助対象となっている（ここでいう離島路線とは、代替交通手段で移動すると概ね2時間以上かかる有人離島に就航する航空路線を指す）。一方、離島以外の自然共生地域においても、離島同様に代替の高速交通手段が未整備である地域が存在する。しかし、これらの地域への就航に対する公的補助はなく、市場原理に委ねられている。

現在、航空輸送市場はA) 黒字路線、B) 赤字路線であるがシビルミニマムの観点から存続が適当である路線、C) 潜在需要はあるものの運航頻度、運賃などから需要が顕在化せず、航空市場に乗りにくい路線の3つに分けて考えることが出来る（図-1）。ここで、本研究で対象とするC) については、明確な基準により存続させるべき路線を峻別し、その上で需要が安定し自立的経営が行えるようになるまでの時限的措置として、航空事業育成を意図した補助等の施策が必要となる。

そこで本研究の目的は、生活圏域から空間的に遠い自然共生地域における航空サービス運用制度についての考察を行うことである。特に本稿では、1) 航空輸送市場を利用者、航空会社、政府の3主体間におけるゲームであると設定し、補助制度を内包した航空輸送市場をモデル化する、2) このモデルによる分析から、競争的環境が整備された市場における公的補助制度の適切な運用に関しての知見を得ることを目的としている。

*keywords：空港計画、公共交通計画、補助制度、GA

**学生員、修（工）室蘭工業大学大学院工学研究科

建設工学専攻 博士後期課程

（北海道室蘭市水元町27番1号、TEL0143-46-5289、

E-Mail: s0921010@mmm.muroran-it.ac.jp）

***正員、工博、北海道開発土木研究所道路部

****正員、工博、室蘭工業大学工学部建設システム工学科

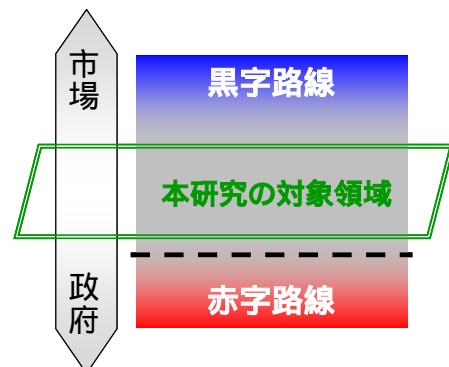


図-1 航空輸送の事業性と研究対象領域

2. モデルフレーム

(1) 研究レビュー

航空輸送市場をモデル化した既往研究は多数ある。例えば、黒田ら¹⁾は国内航空市場においてキャリアを先手、利用者を後手としたシュタッケルベルグ均衡問題として定式化している。また、自治体による運航補助については、喜多ら²⁾が地方自治体の航空路線誘致行動におけるネットワーク形成過程を、利用者と航空会社の需要供給均衡モデルを用い、n人非協力ゲームとして定式化している。

(2) 問題設定

本研究では、航空輸送市場を利用者、航空会社、政府の3主体間によるゲーム状態にあるとして問題を設定する。

ここで、各主体が取り得る戦略、及び利得をまとめると、以下ようになる。

a) 利用者

戦略・・・航空路線を利用する / 利用しない
 利得・・・待ち時間や旅行取りやめに伴う負担を考慮した一般化費用

b) 航空会社

戦略・・・ある路線に参入する / 撤退する
 利得・・・航空サービス提供による利潤

c) 政府

戦略・・・運航補助額
 利得・・・社会的便益

(3) モデルフレーム

本研究では前項の問題設定に対して、並列GA(遺伝的アルゴリズム)の適用により航空市場をモデル化する。並列GAとは、GAの処理プロセスである交叉・淘汰処理を複数の個体群(各主体間)で行い、個体群毎に分けられたGA同士が相互の戦略に対応して、自己の戦略の最適化を行うアルゴリズムである。

図-2にモデルフレームの概念を示す。航空会社と利用者については、既往研究にアライアンスのネットワーク構造を戦略として利用者を奪い合う、アライアンス間のn人非協力ゲームとおき、これにGAによる最適化モデルを適用しているものがある(参考文献3)。本研究では、政府という第3の主体を導入し、3

主体間のゲームとして問題設定し、これを戦略ゲーム型GA(以下、GASGと呼ぶ)の適用により解く。

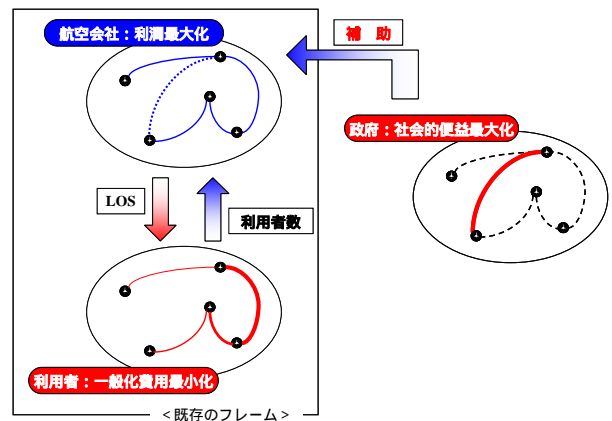


図-2 モデルフレーム

(4) 戦略ゲーム型GAの概念

適用するGASGについて、その概念を示す。これは、(1)式に示されるような問題を扱う。

$$G = (N, \{S_i\}_{i \in N}, \{f_i\}_{i \in N}) \quad (1)$$

ここで、

N : プレイヤー集合、 S_i : プレイヤー*i*の選択可能な戦略集合、 f_i : プレイヤー*i*の利得関数で直

積集合

ここで、 S_i の戦略集合は、離散要素 I_i によって記述されるものとする。各プレイヤーに割り当てられたGAは、各々の利得を最大化するような戦略の探索を行う。この問題は(2)式のように定式化できる。

$$\left. \begin{aligned} &F_i(\{I_i, I_{-i}\}_{i \in N}) \rightarrow \max \\ &g_i(I_i) \leq 0 \\ &g(I_i, I_{-i}) \leq 0 \\ &I_i \in S_i \\ &I_i = \{I_1, I_2, \dots, I_{m_i}\} \\ &\text{or} \\ &I_i = \{I_1, I_2, \dots, I_k, \dots, I_{m_i}\}, \forall I_k \in \{0, 1\} \\ &\text{ただし } I_i \in PSZ_i \subset X_i \end{aligned} \right\} \rightarrow \text{for } GA_i \quad (2)$$

ここで、

GA_i : プレイヤー*i*に割り当てられたGA、 F_i :

プレイヤー*i*の目的関数値(利得)、 g_i : プレイヤ

i の制約条件式、 g : 全プレイヤーのゲームにおける制約条件式、 N : プレイヤー集合、 I_i : プレイヤー i の戦略集合、 I_{-i} : プレイヤー i 以外の戦略集合、 m_i : プレイヤー i の戦略要素数、 X_i : プレイヤー i の全戦略集合、 PSZ_i : プレイヤー i の遺伝子線列集合

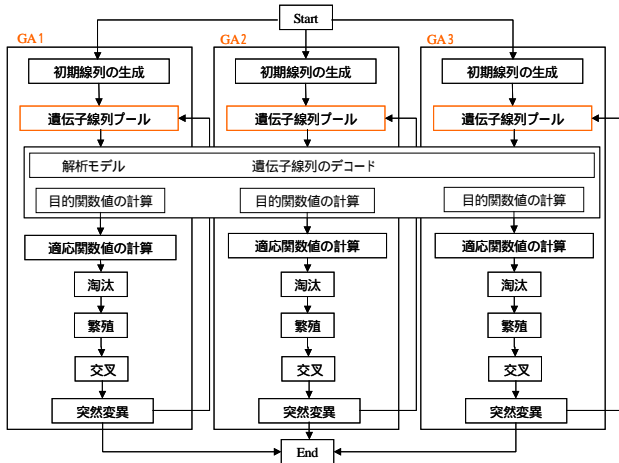


図 - 3 GASG のフローチャート (概念図)

3. 目的関数の定式化

(1) 利用者

本研究では、潜在需要を持つ人を含めて利用者とする。利用者は、提供される航空路線のサービスレベルから決定される一般化費用を最小化する行動をとる。対象地域は航空以外の代替交通手段が確保できないものとする。従って、出発希望時刻、あるいは許容待ち時間内に航空便の設定があり搭乗可能な人が旅客、それ以外の搭乗不可能な人が潜在需要者となる。潜在需要者については、旅行取りやめにより機会費用の損失があったと考える。

ここで旅客数 $PAX_{ij,s}$ は(3)式により求められる。

$$PAX_{ij,s} = \sum_t \{D_t \cdot (1 - K_s \cdot |t - s|)\} \quad (3)$$

ここで、

s : 航空便の出発時刻、 t : 利用者の出発希望時刻、 $PAX_{ij,s}$: 出発時刻 s の便で i - j 間を移動する

旅客数、 D_t : 出発希望時刻が t の利用者、 K_s : パラメータ

また、旅客の一般化費用 p_{ij}^p は、(4)式で算出される。

$$p_{ij}^p = fair_{ij} + (t_{ij} + t_d) \cdot \tau \quad (4)$$

ここで、

$fair_{ij}$: i - j 間の航空運賃、 t_{ij} : i - j 間の所要時間、

t_d : ディスプレイメント時間、 τ : 時間価値

一方、潜在需要者の機会費用 p_{ij}^h は、(5)式で算出される。

$$p_{ij}^h = fair_{ij} + (t_{ij} + t_d^c) \cdot \tau \quad (5)$$

ここで、

t_d^c : フライトをキャンセルした時点におけるディスプレイメント時間

以上から、利用者の目的関数は(6)式で表わされる。

$$P = \sum_{i,j} \sum_s \left(2 \int_0^{OT/2N_{ij}^f} p_{ij}^p \cdot PAX_{ij,s} dt + 2 \int_0^{OT/2N_{ij}^f} p_{ij}^h (D_t - PAX_{ij,s}) dt \right) \rightarrow \min \quad (6)$$

ここで、

OT : 空港運用時間、 N_{ij}^f : i - j 間の便数

次に、出発希望時刻が t の利用者 (需要) D_t を考える。本研究では、需要と運航頻度が S 字型の関係にあると考える。このとき、 i - j 間の 1 日の需要は(7)、(8)式で表される。

$$D_{ij}^d = 2N_{ij}^f \cdot \int_0^{OT/2N_{ij}^f} X(\rho) dt = \int D_t dt \quad (7)$$

$$\rho = fair_{ij} + h_1(t) + h_2(t) + g(N_{ij}^f, L_{ij}) \quad (8)$$

ここで、

D_{ij}^d : i - j 間の 1 日の需要、 ρ : 負の効用、 $h_1(t)$: 希望時刻に出発する便がないことによる負の効用、 $h_2(t)$: 希望する便に乗れないことによる負の効用、

$g(N_{ij}^f, L)$: どの便にも乗れないことによる負の

効用、 L_{ij} : i - j 間のロードファクター

(2) 航空会社

市場内に競合する航空会社や代替交通は存在しない。航空会社は1種類の機材を保有し、任意の2空港間に路線を設定でき、参入や撤退は1期毎に自由に行うものとする。また今回は、スロットや機材・乗務員のスケジューリングなどの制約は考慮しない。

まず、航空会社が得る収入は(9)式により算出する。

$$B_{carrier} = \sum_{i,j} \lambda_{ij} (PAX_{ij} \cdot fair_{ij}) \quad (9)$$

ここで、

$B_{carrier}$: 航空会社の総運賃収入、 λ_{ij} : i - j 間の路

線設定を表わす定数 ($\lambda_{ij} = 0$: 就航していない、

$\lambda_{ij} = 1$: 就航している)、 PAX_{ij} : i - j 間の旅客数

また、運航費用は、参考文献6)により導出された供給関数をもとに、(10)~(12)式により算出する。

$$C_{carrier} = \sum_{i,j} \lambda_{ij} \left(\frac{A_{ij} \times N_{ij}}{D_{ij}^y} + k_3 \right) \quad (10)$$

$$A_{ij} = k_1 \times \gamma_{ij} \times \frac{L_{ij}}{S} + k_2 \times \gamma_{ij} + k_4 \quad (11)$$

$$\gamma_{ij} = \frac{P_{ij}}{N} \quad (12)$$

ここで、

$C_{carrier}$: 航空会社の総運航経費、 N_{ij} : i - j 間への

機材投入数、 D_{ij}^y : i - j 間の年間需要量、 L_{ij} : i - j

間の路線距離、 S : 機材の速度、 P_{ij} : 年間着陸回

数、 k_1 : 年間運航時間に比例する費用の原単位、

k_2 : 年間着陸回数に比例する費用の原単位、 k_3 :

年間輸送人・キロに比例する費用の原単位、 k_4 :

機材1機当たり資本回収費

従って、航空会社の目的関数は(13)式となる。

$$profit_{carrier} = B_{carrier} - C_{carrier} + \sum_{i,j} subsidy_{ij}^{N_f} \rightarrow \max \quad (13)$$

ここで、

$profit_{carrier}$: 航空会社の利潤、 $subsidy_{ij}^{N_f}$: i - j

間に N_f 便就航した時に受け取る政府からの補助金

(3) 政府

政府は、航空会社に対してサービスレベルの改善を要求するため、運航補助を行う。本研究では、運航補助をシナリオとして外生的に与えるものとする。航空会社は自己の戦略に照らして補助を受けるか否か決定し、受けた場合は路線への参入(すでに就航している場合は便数の増加)としてサービスレベルを変化させる。なお今回は、政府から利用者への直接補助については取り扱わない。

4. おわりに

本研究では、利用者、航空会社、政府の3主体間におけるゲームを設定し、補助制度を内包した航空輸送市場を表わすモデルを構築した。具体的には、戦略ゲーム型GAを用いてモデルフレームを示した。また、各主体の目的関数を定式化した。

さらに、北海道内の航空路線を対象にモデル分析を行った結果は、講演時に発表する。

参考文献・参考資料

- 1) 黒田勝彦、竹林幹雄、三保木悦幸：「シュタッケルベルグ均衡による国内航空ネットワーク分析」、土木計画学研究・論文集 14、pp.757-763、1997
- 2) 喜多秀行、坂田裕彦・谷本圭志：「航空ネットワークの形成に及ぼすエアポートセールスの効果に関するモデル分析」、土木計画学研究・論文集 Vol.19 No.4、pp.745-750、2002
- 3) 有村幹治：「遺伝的アルゴリズムによる社会基盤整備評価モデルの構築に関する研究」、室蘭工業大学大学院博士学位論文、pp.108-117、2000
- 4) 田村亨、稲野茂：「地域航空における機材の最適スケジューリング」、土木計画学研究・論文集 5、pp.155-162、1987
- 5) 田村亨：「地域航空サービスにおける社会的最適便数についての考察」、土木計画学研究・講演集 12、pp.613-618、1989
- 6) 森地茂、田村亨、近藤淳一：「我が国における地域航空サービスの導入可能性」、土木計画学研究・講演集 6、pp.121-126、1984