

国内貨物輸送への飛行船の導入可能性

The Possibility of Introducing Dirigibles for Domestic Freight Traffic

*曹 立今 **鹿島 茂

By Lijin CAO Shigeru KASHIMA

The purpose of this paper is to study the possibility of introducing dirigibles for domestic freight transportation. Dirigibles can be thought of as a mix between a land transportation and air transportation mode. From an economical viewpoint, it is desirable that a dirigible's speed and capacity be 100-200 km/h and 100-200 tons, respectively.

In this paper, we estimate the freight demand for dirigibles using a disaggregate logit model. From the results of the calculations, we discovered that the characteristics of freight had very high explanatory power. However, these variables can not be used as is when estimating the demand for a new facility not yet in existence. Thus, this paper transformed these variables into generic variables, which were then applied and tested with a model. The model was then used to determine the probability of a dirigible being chosen, the amount of freight transported by dirigible, and the number of dirigible flights.

1. 研究の背景と目的

現在、国内の貨物輸送はトラックを中心として、鉄道、船、飛行機を併用しているのが現状である。今後の輸送手段の多様化ニーズに応じて、特に長距離輸送において飛行機やトラックより大量輸送ができ、船や鉄道より輸送スピードが早く、輸送コストもそれらの中間にある低公害の新しい貨物輸送機関として、飛行船を貨物輸送に導入することが考えられる。そのため、本論文は先ず貨物輸送に使用する飛行船の条件（船体の大きさ、積載量、運行速度、運賃レベル）を検討する。その次に、非集計ロジッ

トモデルを用いて国内貨物輸送における機関選択構造を明らかにして、これを用いて飛行船の貨物輸送需要量を推定し、導入の可能性を検討する。

2. 飛行船の特性

ここでは飛行船が貨物輸送機関としての可能性を有するかどうかを検討するために、貨物輸送に於いて重要と考えられる速度、運賃、積載量について検討を行う。

2.1 飛行船の速度と運賃

飛行船を今後貨物輸送に導入するため、どのような運賃レベル、運行速度を有すべきか、既存の輸送機関と比較した場合の位置付けを図-1に示す。

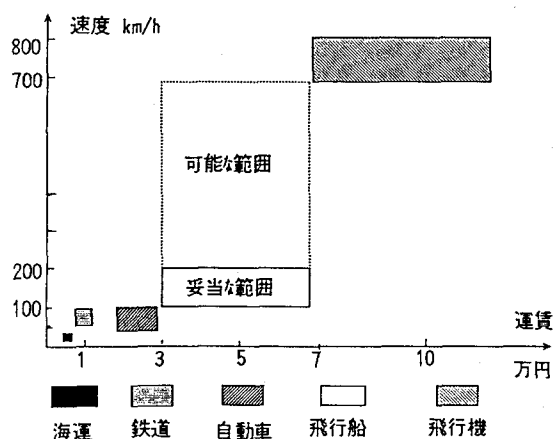
図-1は各機関ともに貨物1トンを600~1200km輸送する時の運賃を示したものである。

キーワード：貨物輸送、飛行船

*正会員 工修 中央大学技術員 理工学部土木工学科

**正会員 工博 中央大学教授 理工学部土木工学科

〒112 東京都文京区春日 1-13-27



注：
トラックは一般路線貨物自動車運賃で1トンを送る時の基本料金を用いた。
鉄道はJ R 5トンコンテナ貨物1トンあたりの基本料金を用いた。
飛行機は国内航空貨物小口運賃の基本料金を用いた。
各機関の速度はそれぞれの平均運行速度で表す。

図-1 飛行船の速度と運賃の位置付け

図-1に示すように、飛行船の運賃レベルは飛行機を基準にしてその運賃の0.4～0.8倍の程度であることが必要である。また飛行船の運行速度は後述するように速いほど有効搭載重量1トンあたりの必要馬力が大きくなり、揚抗比（浮揚力と抵抗力の比）も急激に低下し不経済となるので、100～200km/hとするのが適当であると考えられる（参考文献²¹⁾を参照）。

2.2 飛行船の分類

飛行船はいわゆる空気より軽い航空機(Lighter Than Air :LTA)である。従来の研究により、表-1に示すように飛行船は大別して、4種類に分けられている。この中でハイブリット式は他の型式の長所を兼ね備え、従来の飛行船に他の航空機の仕組みを加えたもので、飛行船の主流であり、今後の貨物輸送に適していると考えられる。

2.3 飛行船の基本要素

ここで、貨物輸送に用いる飛行船の性質を検討する。

表-1 飛行船の分類

分類	特徴	構造
1.軟式	船体が軽、軟で小、中型に限定	ガスは直接船体に収める単層構造
2.半硬式	中型	軟式と硬式の組み合わせ
3.硬式	船体が硬く、重くなるが大形化ができる	船体は骨格を組み、中にガス房を収める二重構造
4.ハイブリット(複合式)	付属装置により操縦性が向上し、大型化が可能となる	硬式構造で、強力な推進装置を持つ。

飛行船は航続距離、積載重量、運行速度に応じ、必要なガス容積、船体重量、推進系（発動機）重量、燃料重量が異なる。これらの要素の間の関係は参考文献²¹⁾により経験的に以下の式で表される。

総浮力(H) = 総重量

$$= \text{空虚重量}(T) + \text{推進系重量}(M) + \text{有効浮力}(L) \quad \dots\dots (1) \text{式}$$

ここで：

$$H = a W \quad \text{— 総浮力 (kg)} \\ T = k W^{4/3} \quad \text{— 空虚重量(真の船体重量) (kg)} \quad \dots\dots (2) \text{式}$$

$$M = i c W^{2/3} V^3 \quad \text{— 推進系重量(発動機重量) (kg)} \quad \dots\dots (3) \text{式}$$

$$L = B (\text{燃料重量}) + Q (\text{積載重量}) \quad \text{— 有効浮力 (kg)}$$

$$B = \frac{e c W^{2/3} V^2 S}{3600} \quad \dots\dots (4) \text{式}$$

よって、以下の式が成り立つ。

$$a W = k W^{4/3} + i c W^{2/3} V^3 + \frac{e c W^{2/3} V^2 S}{3600} + Q \quad \dots\dots (5) \text{式}$$

式中：a：単位容積のガス浮力（ $\text{A} \text{リタ}$ a=1.06kg/m³）

W：ガス容積(m³)

k：船体係数（k=3kg/m^{3/3}を取る）

c：推進効率（c=3×10⁻⁵kgsec²/m⁴を取る）

e：燃料係数（e=0.214kg/HPを取る）

i：発動係数（i=4kg/HPを取る）

V：飛行船の速度(m/sec)

S：航続距離(m)

Q: 積載重量 (kg)

この(5)式により、以下の図-2～図-5に示すように飛行船のガス容積（飛行船の体積）、推進系重量、燃料重量と飛行船の航続距離、運行速度、積載重量間の関係が求められる。

貨物の積載重量と船体のガス容積の関係を速度別に（航続距離を $S=600\text{km}$ とする）(5)式により計算する。結果を図-2に示す。

同様に(3)式により、推進系重量と速度の関係を図-3に、また(4)式により、燃料重量と速度の関係を図-4に示す。

次に飛行船の大きさを検討する。参考文献⁴⁾より、飛行船は船体の長さ L と直径 D の比（細長比）が4～5となる時、運行中に受ける抵抗が最小になる。よって、まず飛行船の体積を求め、次に飛行船を円柱型と考え、細長比を5として、速度別に飛行船の長さ L と直径 D を計算した。それに基づいた飛行船の長さ L と積載重量 Q の関係を図-5に示す。

貨物輸送への飛行船の導入における技術上の問題は主に風などの悪天候に弱いことと荷物積み卸時の係留問題などが挙げられる。

3. 貨物輸送問題に於ける機関選択モデル

3.1 モデルの作成と結果の検討

本研究は図-6に示す手順に従い、非集計ロジットモデルを用いて検討を行う。

モデルの作成にあたって、1.対象地域が広い（全国をカバーする）2.非集計ベース（フレート単位）で分析を行うことの二点を考慮して、昭和60年度全国貨物純流動調査（運輸省、3日間調査）を使用データとした。

モデル作成の前提条件を表-2に示す。使用データに基づいて、以下のように考えた。

a) 選択機関と対象地域

選択機関はトラック、鉄道、飛行機とする。船については運賃水準、輸送速度、主要輸送品目で飛行船と競合対象になりにくいと考えて本研究では考慮しない。

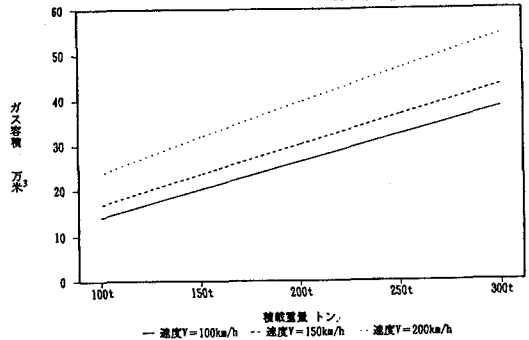
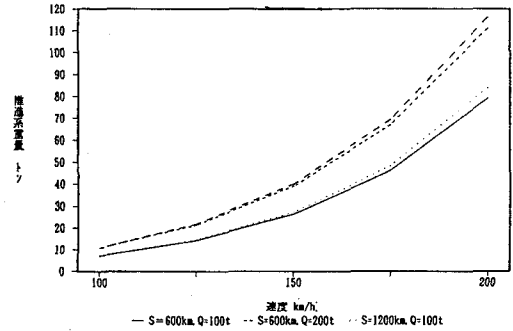
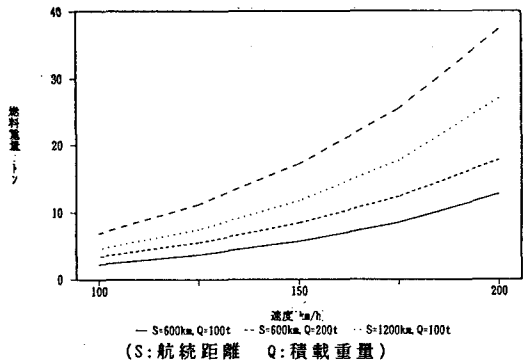


図-2 積載重量と船体容積の関係



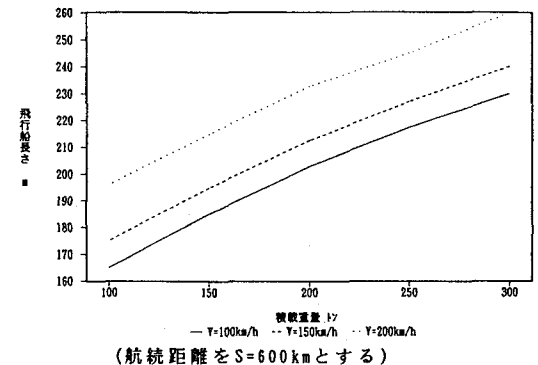
(S: 航続距離 Q: 積載重量)

図-3 推進系重量と速度の関係



(S: 航続距離 Q: 積載重量)

図-4 燃料重量と速度の関係



(航続距離を $S=600\text{km}$ とする)

図-5 飛行船の積載重量と長さの関係

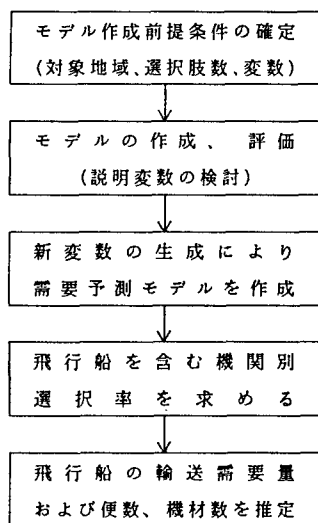


図-6 貨物輸送における機関選択モデル及び
飛行船輸送需要量の検討手順

表-2 モデル作成の前提条件

選択肢 対象機関	1.トラック 2.鉄 道 3.飛 行 機
対象地域 (80航空 ルート)	東京発(26W-ト)、大阪発(20W-ト) 名古屋発(13W-ト)、福岡発(10 W-ト)、北海道発(11W-ト)
輸送機関 共通変数	運行時間(分) 運賃率(円/トン)
貨物特性 変 数	ロットサイズ、コンテナ利用 の有無、積み替えの有無
事 業 所 特性変数	従業者数、敷地面積、 出荷販売額

対象地域については上記の輸送機関が共に輸送で
きる地域を選定するよう、対象地域は主要定期航空
路線に基づいて主要大都市を含め、航空貨物発生量
が多い80路線を選んだ。

b)説明変数

貨物輸送に於ける機関選択に関して、影響要因と
しては選択肢となる輸送機関のサービス水準を反映
する共通変数、荷主である事業所の特性を表示する
事業所特性変数、輸送対象である貨物の特性を表す
貨物特性変数の三つに分けられる。

共通変数として、最も基本的且つ重要である要因
には費用、時間、距離がある。本研究では輸送費用
としては各機関とも80ルート別に1トンあたりの運
賃である運賃率を用いる。これによって距離の要素
が内生されたと考えられる。運行時間は機関ごとの
距離をその機関の平均時速(トラック:60km、鉄道
:40km、飛行機:700kmとする)で割り、求めた。但
し、トラックについては8時間毎に1時間の休憩時間
を、飛行機については3時間の空港での待ち時間を加
算する。距離については都市間輸送の場合、機関別
の距離に大きな差が無いので、本研究では考慮しな
かった。

貨物の特性を表す貨物特性変数は3日間調査デー
タにある項目から、最も機関選択に影響を与えるも
のと考えられる以下の三つの項目を選ぶ。

ロットサイズとはこの3日間調査1件につき輸送
された貨物の重量である。

コンテナ利用の有無とは全輸送過程において、コ
ンテナを使ったかどうかである。

積み替えの有無とは輸送途中で積み替えがあった
かどうかである。

荷主の性格を反映する事業所変数は3日間調査デー
タより、従業者数、敷地面積、出荷販売額の三つ
を選んだ。

この他に品目は重要な影響要因である。貨物純流
動調査は貨物を8分類しているが、その中に、非集計
ロジットモデルの推定に十分なサンプルの抽出がで
きない品目があり、推定したモデルのパラメータの
安定性に問題があるので、本研究は飛行船において
輸送対象外とする林産品、鉱産品、化学工業品の石
油・石炭及びその製品、特殊品のくず、肥料、容器
類を除いた品目を一つとして扱い、検討を行う。ま
た、業種区分も同じ理由で一つにする。

3.2 モデルによる計算結果の検討

本研究は選択機関のサービス変数(共通変数とす
る)、荷主特性変数、貨物特性変数(社会経済変数
とする)それぞれの影響度を検証するため、二つの
ステップに分けてモデルを作り、計算を行う。

表-3 荷主特性検討モデル

モデル	①	②	③	④
共通変数	運賃率 (円/ト) -0.256E-5 (1.12)	-0.183E-5 (0.80)	0.206E-5 (0.91)	0.458E-5 (1.91)
時間 (分)	-0.641E-4 (-0.38)	-0.251E-3 (-1.45)	-0.121E-3 (-0.72)	-0.135E-3 (-0.75)
特性変数	log(従業者数) 1	-0.394E+0 (-6.84)	—	-0.509E+0 (-5.82)
	2	-0.102E+0 (-1.84)	—	-0.724E+0 (-7.88)
	log(敷地面積) 1	—	-0.779E-1 (-2.17)	0.142E+0 (2.99)
	2	—	0.332E+0 (8.53)	0.621E+0 (11.69)
	log(出荷販売額) 1	—	-0.210E+0 (-4.79)	-0.447E-1 (-0.85)
	2	—	-0.236E-1 (-0.54)	0.307E-1 (0.53)
	定数項 1	2.61 (7.36)	1.21 (3.53)	2.30 (5.45)
	2	1.06 (2.97)	-2.63 (-6.67)	0.71 (1.60)
	モ デ ル 精 度	尤度比 0.02	0.05	0.01
	的中率	39 %	47 %	37 %
	トラック	62 %	62 %	56 %
	鉄道	29 %	65 %	37 %
	飛行機	25 %	8 %	15 %

表中 1:機関1(トラック) 2:機関2(鉄道)を表す。以下同。

3.2.1 事業所特性変数についての検討

荷主特性変数についての検討結果を表-3に示す。

表-3に示すモデル①～④により、荷主特性変数は個別の変数として例えば従業者数はt値が高く、符号がマイナスとなる。これは荷主の従業者数(事業所の規模)が少ないほど、運賃の高い飛行機(選択肢3)を使わない傾向が見られるものと考えられる。しかし、モデル全体の精度(尤度比、的中率)から見れば、荷主特性変数によるモデルの説明力は低い。

3.2.2 貨物特性変数についての検討

貨物特性変数についての検討を表-4に示す。

表-4に示すモデル⑤～⑧により、ロットサイズはt値が最も高く、符号がプラスになる。これは一回で運ぶ貨物量はどの機関を選択するかに対して相当な影響力があり、一回での輸送量が多いほどトラック

表-4 貨物特性検討モデル

モデル	⑤	⑥	⑦	⑧
共通変数	運賃率 (円/ト) 0.614E-5 (2.25)	0.231E-5 (1.00)	0.724E-6 (0.28)	0.102E-4 (2.80)
時間 (分)	-0.162E-3 (-0.79)	-0.605E-4 (-0.35)	0.125E-3 (0.65)	0.760E-3 (2.81)
特性変数	log(積替え) 1	0.464E+0 (11.64)	—	0.464E+0 (7.78)
	2	—	—	0.872E+0 (16.50)
	積替えの有無 1	—	-0.108E+2 (-0.62)	-0.896E+1 (-0.54)
	2	—	-0.105E+2 (-0.60)	-0.602E+1 (-0.36)
	コンテナ利用の有無 1	—	—	-0.679E+1 (-9.43)
	2	—	—	-0.853E+0 (-5.12)
	定数項 1	-0.687 (-3.41)	11.1 (0.64)	1.71 (9.65)
	2	-2.86 (-10.85)	10.8 (0.62)	0.672 (3.41)
	モ デ ル 精 度	尤度比 0.23	0.03	0.27
	的中率	58 %	33 %	60 %
	トラック	41 %	16 %	99 %
	鉄道	68 %	48 %	2 %
	飛行機	66 %	35 %	78 %

や鉄道が使われるものと考えられる。コンテナ利用の有無はt値が高いが、これは選択肢間の利用率にはっきりした差がある(トラック:0.2%,鉄道:64%,飛行機:78%である)からである。このような変数は当然説明力があると思われる。積み替えの有無は選択機関に大きな差がないので(トラック:88%、鉄道:91%、飛行機が100%)当然説明力が低いと考えられる。

表-3、表-4を見れば、共通変数の運賃率、時間のt値が低く、パラメータが不安定となった。それより共通変数の説明力が低いと考えられる。また、表-4を表-3と比較すると、荷主特性変数によるモデルより、貨物特性変数によるモデルの方が変数自身(特にロットサイズとコンテナ利用)のt値も高く、モデルの精度も高い。以上の分析に基づいて、モデルの精度と簡略性(変数の数)を両方考慮して、表-5に示すモデルを既存機関選択モデルとする。

表-5 既存機関選択モデル

共通変数	運賃率 (円/トン)	0.102E-4 (2.86)
	時間 (分)	0.819E-3 (3.11)
特性変数	1 LOG (ロットサイズ) ²	0.610E+0 (11.08) 0.880E+0 (16.89)
	1 コンテナ	-0.747E+1 (-10.08)
	2 利用	-0.200E+1 (-7.60)
	定数項 1	0.254E+0 (0.96)
モデ ル 精 度	2	-0.228E+1 (-7.22)
	尤度比	0.49
	的中率	76 %
	(トラック) 鉄道 飛行機	91 % 60 % 76 %

3.3 新しい機関の選択率推定のためのモデル作り

以上の分析により、既存機関の選択モデルとして、これまで考えた説明変数で概ね良好な精度のあるモデルが得られたと言っても良い。しかしこれらのモデルに貨物特性のような特性変数が含まれているので、現在まだ存在しない新しい機関の選択確率を推定するモデルとしてこのような変数をどう扱うかは問題となる。ここではこれらの変数を何らかの形で共通変数の形に変える方法を試みた。得られた結果を表-6に示す。

表-6のモデルを表-5のモデルと比較すると、精度が若干落ちたが説明変数の符号も正しく、t値も高く、良好なモデルと言える。このモデルを飛行船の選択率予測モデルとする。

表-6に示す説明変数の運賃率と時間は表-5のモデルと同じ意味である。変数L₁は各サンプルのロットサイズ(1フレートでの輸送貨物重量)を機関別平均ロットサイズで割ったもので、各機関の輸送効率を

表-6 飛行船選択率予測モデル

変数名		表示 符号	パラメータ値 (t値)	
共通変数	運賃率 (トン/円)	U ₁	-0.119E-4 (-5.62)	
	時間 (分)	J ₁	-0.158E-2 (-8.18)	
	ロット サイズ / A	L ₁	-0.144E+0 (-7.71)	
	コンテナ 利用 / B	C ₁	-0.238E-1 (-7.57)	
モデル 精度	尤度比		0.35	
	的全体		67 %	97 %
	中 (トラック)		68 %	462
	鉄道		57 %	491
	飛行機		79 %	391

表中に A:機関別平均ロットサイズ

B:機関別平均コンテナ利用割合。

表す。即ち、同じ重さの貨物を輸送するため、各機関は何回の輸送を必要とするかを意味するものであり、当然マイナスの変数となる。変数C₁は各サンプルがコンテナを使うか使わないか(1か0)を各機関の平均コンテナ利用割合で割ったもので、各機関の輸送手軽さを表す。コンテナを使わずに輸送できるものほど、輸送が手軽になるので、これもマイナスの変数になる。よって、すべての変数の符号が論理的であると考えられる。モデルの精度としては以前のモデルに比べれば、若干落ちた(特に鉄道の的中率が低かった)が、新しい機関の飛行船の選択率を推定するのに使用できるモデルであると考えられる。

4. 飛行船の導入可能性の検討

各輸送機関の選択確率は既存3機関に飛行船を加え4機関についてそれぞれ求める。飛行船の説明変数は飛行機の同じ変数の値をベースにして設定したものである。検討方法として、表-6に示す飛行船の4変数の一つずつ(他の変数を固定して)変化させて、それに応じて各機関から飛行船への転換分担率の変化を求める。飛行船の運賃率を飛行機の運賃率の0.4~0.8倍の間で1割りずつ変化させると同時に、飛

行船の速度を100、200km/h、飛行船の平均ロットサイズを飛行機の平均ロットサイズの20倍、50倍と設定した時の各機関から飛行船への転換率の変化を図-7に示す。

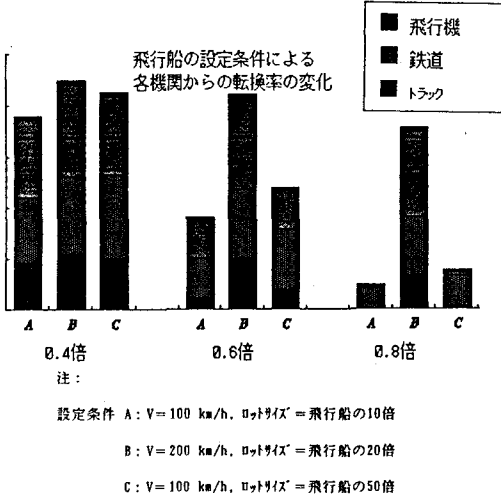


図-7 各機関から飛行船への転換率の変化

飛行船の導入可能性を検討するため、本論文では飛行船の運賃率を $U_4 = 0.6 \times U_3$ (飛行機運賃率の6割) とし、運行速度を100km/hとし、飛行船貨物のロットサイズを飛行機貨物の10倍とし、100%でコンテナを使うとして、現存各機関から飛行船への選択転換率を推定する。

一般的にモデルの的中率が極めて高い(例えば90%以上)時、既存機関から新しい機関への転換率は的中率そのものを使えば良いが、今回は作成したモデルの精度を考えて、飛行船への選択転換率を求める方法としては以下の三通りを検討した。

表-6に示すモデルを用いて、まず現存3機関に対して実際3選択肢と推定3選択肢の的中率マトリックスを求め、その要素を Q_{ij} とする。次に飛行船導入後について、実際3選択肢と推定4選択肢の対応関係のマトリックスを算出し、その要素を Q'_{ij} とする。尚、実際選択肢ごとのサンプル数を SJ とし、推定選択肢ごとのサンプル数を SI とする。(ここで I は推定選択肢を表し、 J は実際選択肢を表す)。

1) 実際選択肢別に飛行船への選択転換件数を実際選択肢ごとのサンプル数で割る。即ち: Q'_{i4} / SJ で
トラック: 9% 鉄道: 26% 飛行機: 40% となる。

2) 推定選択肢別に飛行船への選択転換件数を推定し、選択肢ごとのサンプル数で割る。即ち: Q'_{i4} / SI で

トラック: 13% 鉄道: 18% 飛行機: 38% となる。

3) 的中率に基づいて求める。即ち両マトリックス対角線の各要素の減少値を飛行船への選択転換件数と見なす。即ち $(Q_{ii} - Q'_{ii}) / Q_{ii}$ で

トラック: 8% 鉄道: 16% 飛行機: 39% となる。

この三つの方法ではほぼ同程度の選択転換率が得られた。以下の分析は3)の値を用いて行う。

各機関から飛行船への件数ベースの転換率が求まれば、飛行船の重量ベースの輸送分担量は以下の手順で推定できる。

1) 母集団上での件数ベース転換率を求める。サンプルは3機関について無作為抽出したので、各ルート別に i 機関の母集団における推定輸送件数 N_{i4} から機関4の飛行船への転換率 N_{i4} / n_i をサンプル (n_i) 上での転換率 n_{i4} / n_i と同じものとする。

即ち: $n_{i4} / n_i = N_{i4} / N_i$, $N_{i4} = n_{i4} / n_i \times N_i$

2) 母集団上で各ルート機関別に1件あたりの推定輸送重量(平均ロットサイズ) $\Sigma Q_{i4} / N_{i4}$ を求めて、それを1)で求めた飛行船への転換件数 N_{i4} に掛けて、飛行船のルート別に各機関から転移してくる輸送分担重量を求める。(但し、飛行船において輸送対象外とする品目は除いた)

3) 飛行船は積載重量が200トンである船型(最低積載率を75%とする)で1日1便以上の輸送を行うと考える。この条件で、2)で求めた各ルートの飛行船の輸送分担量より、往復運行ができるルートを決める。

4) ルート別に運行便数(1往復を1便とする)とし必要な機材数を算出する。但し、往復ルートにおいても両方向の輸送量が異なるので、推定1は輸送量が少ない方向に基づいて便数を算出し、推定2は輸送量が多い方向に基づいて便数を算出する。運行のために必要な機材数はルート別に輸送距離によって1日に何往復運行できるかを推定して求める。

一つの例として飛行船の運賃率を飛行機の6割とし、運行速度を100km/hとし、飛行船貨物のロットサイズを飛行機貨物の10倍として、換算便数、換算輸送トン数及びそのための必要機材数を算出した。結果を表-7に示す。

表-7 飛行船運行便数(1日あたり)

推定方法区分	換算便数 (往復)	必要 機材数	換算輸送 トン数
推定 1	13	9	5100
推定 2	32	20	8600

表-7の結果より分かるように往復の輸送需要量がかなり異なるので、どちらの量に基づいて算出するかによって便数及び必要機材数はかなり違う値となる。また図-7を見て分かるように、各機関から飛行船への転換率は飛行船の運賃率、運行速度、貨物のロットサイズの設定水準により大きく変化するため、当然設定水準によっても便数、機材数も大きく変化する。

5. 結論と今後の課題

本研究では飛行船の国内貨物輸送への導入可能性を検討した。まず飛行船の条件(船体の体積、運賃レベル、速度、積載重量)について検討を行い、その上で非集計ロジットモデルを用いて飛行船の輸送需要量を推定した。また、モデルの構築の際に貨物特性説明変数の取扱い方について検討を行った。結果として、以下の4点が得られた。

1. 飛行船を貨物輸送に用いる場合、速度が100~200km/hで、積載重量が100t~300tであるのが適切であると考えられる。

2. 貨物輸送における機関分担モデルにおいては選択機関のサービス水準を反映する共通変数よりも貨物の特性を表す貨物特性変数の方が説明力が高い場合がある。

3. 以上の特徴より、現存しない輸送機関の導入可能性を検討するため非集計ロジットモデルを構築する際、貨物特性変数のような要因の説明力が大きい場合、そのような変数を何らかの方法で共通変数に変換して、モデルを作成することが有効な方法であると考えられる。

4. 飛行船はサービス条件(運賃、輸送速度)が妥当な値を取れば、導入の可能性があると考えられる。

今後の研究の課題として、以下のことが考えられる。

1. 貨物輸送問題におけるモデルの構築に当たり、説明力が高い特性変数を共通変数に変換することを考案したが、今後このような方法によるモデルの作成について検討を行い、より精度の良いモデルについて検討する必要がある。

2. 貨物輸送問題を研究対象とする場合、一般的に貨物の品目、荷主の業種などは重要な影響要因となるが、今回の研究ではそれらについての検討が行われておらず、今後の研究では品目または業種の区分を考慮した2検討を行う必要がある。

【参考文献】

- 1) 鶴 英策、平江 良成：飛行船の導入可能性
89、90年度中央大学 理工学部卒業研究
- 2) 関根 仁：飛行船工学
- 3) 木村秀政：飛行船と飛行機
- 4) 牧野光雄：飛行船にはたらく空気力
- 5) L T A 航空機システムに関する調査・報告要旨
(昭和50年)
- 6) 日本航空学会：航空工学便覧
- 7) 7-WT-ETC-1：航空貨物マニュアル(昭和58年)
- 8) 近鉄エクスプレス社：航空運賃表(昭和59年)
- 9) 日本貨物鉄道株式会社：90JR貨物営業案内
- 10) 運輸図書：一般路線貨物自動車運輸事業 運賃早見表(昭和57年)