

離島航路における高速船導入の可能性に関する研究*

The study on possibility of speedy craft introduction in solitary island sea route *

福村 周郎**・大枝 良直***・角 知憲****

By Shuro FUKUMURA・Yoshinao OEDA・Tomonori SUMI

1. はじめに

近年我が国ではゆとりと豊かさを実感できる社会を構築することが求められている。特に地方圏は活力ある国土づくりの重要な鍵といえる。離島地域においては、昭和28年に離島振興法が制定されて以来、各種の施策が実施されてきた。しかし、人口減少・高年齢化の進行・高度情報化の展開等の急速な環境変化のなかで、環海性・隔絶性等の制約条件の環境にある離島は、所得や生活面などの面で依然として本土との格差が解消していないというのが現状である。また、そのような環境にある離島では、交通の便の悪さは離島の過疎化を引き起こす大きな原因となっており、離島航路において交通改善は最大の課題となっている。

そこで、離島間の高速化と効率化を図るため、離島航路における高速船の導入が進んでおり、その競争力の高さが注目されている。また、新規需要も見込める交通機関として期待されている。高速船導入により大きな成功をした航路がある一方で、採算面で厳しい状況に置かれているものも多く、中には交通機関としての存続が困難となっているものもあるのが現状である。これは、離島航路によって高速船導入に有利な航路、不利な航路があることがわかる。

そこで本研究では、離島航路における需要予測を行うために、現在の離島航路におけるデータを用いて、移動時間の短縮や料金の变化などの関係性を評価した交通手段の選択を予測できるモデルを利用した。そして、このようにして求めた交通手段選択モデルを用いて高速船導入のフィージビリティ調査を行い、年間コストと採算計算より導入の可能性を検討した。一般に高速船はその重力支持法により、浮力支持、空気圧力支持および揚力支持方式に大別できる。

今回は高速船を揚力型に属し、水中翼を海中に全没させてその揚力により船体を持ち上げて航行すること

により波浪の影響をあまり受けず、早くて、揺れない画期的な高速船として離島航路間での導入が進んでいる全没翼型水中翼船「ジェットfoil」とした。

2. 本論

(1) 交通機関分担モデル

交通手段選択において、複数の選択肢が存在する場合、それぞれの選択肢を利用することにより異なる非効用が生じると考えられる。非効用は時間や費用で表される関数とする。

本研究では高速船、フェリーなどを対象にしているので、外生的要因が選択の枠組みを決定することの多い通勤・通学などに使われる交通とは異なり、個人の好みが重要視されると考えられるため、個人差を考慮したモデルが適当であると判断した。そこで、交通手段の所要時間の変動に対する予測に対して有効なモデルと考えられる犠牲量モデルを用いた。このモデルを用いて各交通機関の選択率を求める。今回はフェリー、高速船、飛行機の交通機関を考えそれぞれのコスト C を以下に示すように仮定し、利用者はこのコストが最小となる交通機関を選択すると仮定した。また各交通機関のその概要を図-1に示す。

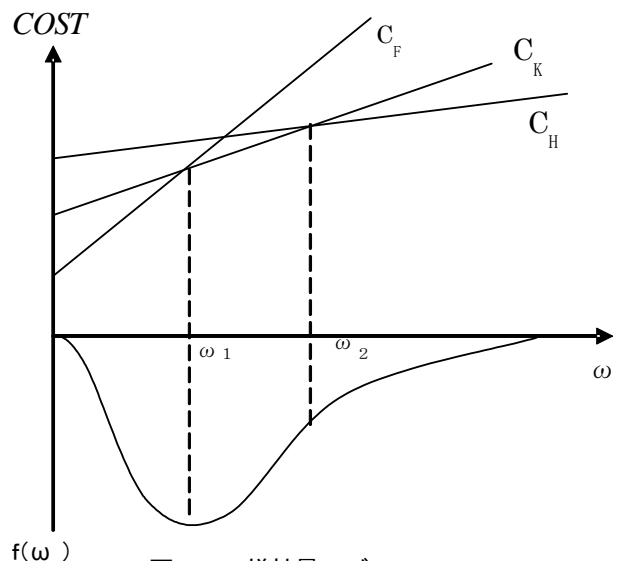


図 - 1 犠牲量モデル

*キーワード：交通手段選択

** 学生員，工修，九州大学大学院工学府
(福岡県福岡市西区元岡 744, TEL092-802-3403)

*** 正会員，九州大学工学研究院
(福岡県福岡市西区元岡 744, TEL092-802-3404)

****正会員，九州大学工学研究院
(福岡県福岡市西区元岡 744, TEL092-802-3405)

$$\text{フェリー} \quad C_F = R_F + \omega \cdot T \quad \dots (1)$$

$$\text{高速船} \quad C_K = R_K + \omega(\alpha \cdot T_K) \quad \dots (2)$$

$$\text{飛行機} \quad C_H = R_H + \omega(\beta \cdot T_H) \quad \dots (3)$$

ω : 時間価値 (円/分)

T : 所要時間 (分)

R : 目的地までの費用 (円)

α : 高速船の特性値

β : 飛行機の特性値

ここで α , β を各交通機関の特性値とし、フェリーの特性値を相対的に 1 とした。そしてこの特性値を各交通機関の所要時間にかけることにより、それぞれのコストを仮定した。また、この定数は交通機関を利用することで一意的に発生すると仮定し、各交通機関で特有の値とした。

また、時間価値 ω に機関選択に対する人の行動の個人差を導入し対数正規分布に従うものとした。次式にこの ω の分布式を示す。

$$f(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\xi\omega}} \exp\left\{-\frac{(\ln\omega - \lambda)^2}{2\xi^2}\right\} \quad \dots (4)$$

$$(0 \leq \omega < \infty)$$

ここに $\lambda = E(\ln \omega)$, $\xi = \sqrt{\text{Var}(\ln \omega)}$ はそれぞれ $\ln \omega$ の平均値と標準偏差を表すパラメータである。図 - 1 より、各交通機関の選択率は(4)を積分することによって求めることができ、交通機関 F の選択率 P_F は 0 から ω_0 まで、交通機関 K の選択率 P_K は ω_0 から ω_1 まで、交通機関 H の選択率 P_H は ω_2 から ∞ までを積分することによって求めることができる。

$$P_F = \int_0^{\omega_0} f(\omega) d\omega \quad \dots (5)$$

$$P_K = \int_{\omega_0}^{\omega_1} f(\omega) d\omega \quad \dots (6)$$

$$P_H = \int_{\omega_2}^{\infty} f(\omega) d\omega \quad \dots (7)$$

時間価値分布 $f(\omega)$ の平均 λ , 標準偏差 ξ , 特性値 α , β を変動させて求まる各交通機関の選択率の理論値と実測データによる選択率との二乗誤差が最小になるパラメータを最適パラメータとする。本研究では各航路を短距

離航路、中距離航路にわけてそれぞれの場合での交通機関分担モデルを確立した。ここで言う、短距離航路とは航路長が 100km 未満の航路とし、中距離航路とは航路長が 100km 以上 300km 未満の航路とする。

(2) データの利用

本研究では離島航路における交通手段選択モデルを構築するために、離島航路の中でも 1 つの航路に複数の交通手段選択があり、ある程度の需要を獲得している 21 の離島航路を選び、それらのデータを用いることにした。そのために各離島航路の交通手段ごとの運賃、運行本数、所要時間、旅客数を用いた。フェリーの運賃は 1 等席、2 等席で料金が大きく変わるので、それぞれの座席数を考慮した平均的な運賃をフェリーの運賃とした。運行本数も各交通機関で季節ごとに変更されており、ジェットフォイル、フェリー、飛行機ともに年間の平均の運行本数を用いた。年間の乗客数とは大人を 1 人、子供を 0.5 人として数え、1 年間にその交通機関を利用して本土から離島または離島から本土に移動した人の合計とした。そして、その旅客数より交通機関ごとの分担率を算出した。

(3) パラメータの推定結果

21 の離島を短距離航路か中距離航路かに分け、それぞれの場合での時間価値分布を求めた。犠牲量モデルにより推定したパラメータを表 - 1 に示す。また各交通機関の特性値は航路長に関係なく一定としている。そして求められたパラメータを用い、犠牲量モデルから航路ごとの選択率の理論値求めた。

このとき、理論値と実測値との相関係数は短距離航路の場合が 0.947、中距離航路の場合が 0.882 となり、本研究で確立した交通手段選択モデルは両方の場合で信頼できると判断した。理論値と実測値との比較を図 - 2、図 - 3 に示す。

表 - 1 パラメータ推定結果

航路長	平均 λ	標準偏差 ξ	高速船の 特性値 α	飛行機の 特性値 β
短距離 航路	3.3	1.84	1.24	1.71
中距離 航路	4.15	1.22		

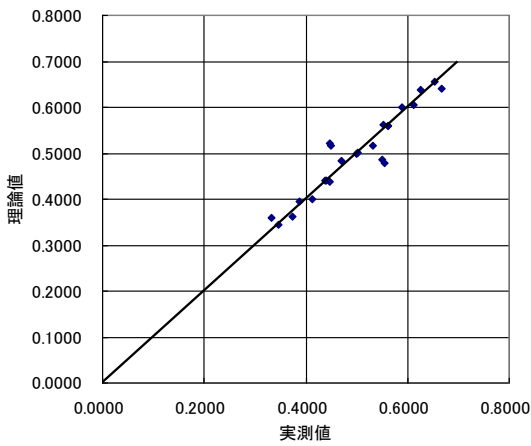


図 - 2 相関図 (短距離航路)

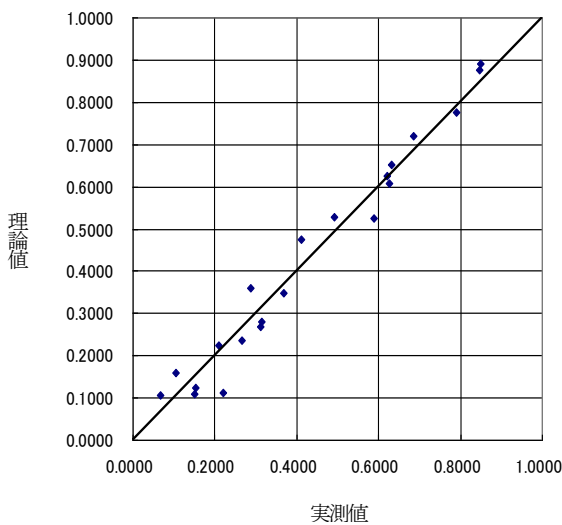


図 - 3 相関図 (中距離航路)

(3) 需要予測と採算計算

需要予測はジェットフォイルの運賃を変動させ犠牲量モデルを用いて推定し、それぞれの時間価値に対応する需要を犠牲量が最も小さくなる交通機関が獲得するとして実施した。各交通機関の犠牲量は時間価値の1次関数であり、犠牲量の関数の交点を求め、その交通機関が最小となる区間の需要密度関数を積分し、現在の全体の旅客数にかけることで各交通機関の需要を求める。

ジェットフォイルの船体の形式は1つに限られるので、公表されている値を用いることにし、ジェットフォイルの一般的な諸量を表-3に示した。ジェットフォイルの年間のコストは年間の固定費にメンテナンス費、保険、資産税、減価償却費、利息を船価に比例させて決定した。これに船員費、事務所維持費、その他の費用を加えて年間固定費 Cost1 とした。さらに、燃料費を機関馬力に比例させて決定し、その他の港湾施設利用費を加えて一日あたりの運行費用 Cost2 として決定し、表-4に示す一覧の費用²と仮定する。

ここで、運賃を変動させたとき年間の運賃収入(運賃×旅客数)が表-4のコスト計算から求められる年間コスト

に年間コストの15%の船会社の利益を加えたものと一致する、または上回る運賃が存在するかを複数の航路において検討し、ジェットフォイル導入の可能性を評価した。

表 - 3 ジェットフォイルの諸量

排水量 (ton)	機関馬力 (ps)	航海速度 (knot)	乗客数 (人)
166	3800×2	43	270

表-4 ジェットフォイルのコスト

年間固定費 (円)	人件費	8(百万)×乗組員
	保険	船価×0.57%
	減価償却費	船価×0.97/15
	資産税	船価×0.75%
	維持費	船価×2.27%
	事務費	100(百万)
	その他	4(百万)
1日あたりの運行費 (円)	燃料費	9.5/kw/時
	港湾利用費	0.4(百万)/日

(4) 各航路における導入結果

ジェットフォイルは一般的なフェリーよりも年間固定費、燃料費などのオペレーションコストがかかるため、ある程度以上の旅客数を確保できる航路でないと、採算をとることは難しいと判断して、本研究では21の離島航路から短距離航路から4島、中距離航路では3島を選んだ。各航路において運賃を変動させたときのジェットフォイルの選択率と運賃の関係を表-5に示した。その結果と各離島における年間コストの関係から、各離島でのジェットフォイルの導入の可能性を検討した。その結果を表-6に示す。

表-5 ジェットフォイルの運賃と選択率

Route	Occupation ration			
	20%	30%	40%	50%
A島	¥9,300	¥6,850	¥5,500	¥4,800
B島	¥10,800	¥7,900	¥6,450	¥5,900
C島	¥11,400	¥9,800	¥7,800	¥6,450
D島	¥3,850	¥2,650	¥1,950	¥1,550
E島	¥11,500	¥8,550	¥6,500	¥5,400
F島	¥19,800	¥15,400	¥13,850	¥12,800
G島	¥10,800	¥8,150	¥7,650	¥6,200

表-6 各航路における導入結果

	航路長	旅客数	結果
A島	67km	318000	×
B島	63km	482000	○
C島	83km	1619000	○
D島	25km	809000	×
E島	125km	616000	○
F島	288km	409000	×
G島	133km	561000	○

まず短距離航路ではフェリーとの競争となり、運賃を比較的下げないとシェアを獲得することは難しく、そのため採算をとるためには全体の旅客数がある一定以上必要なことが分かった。具体的に A 島の 31800 人では採算がとれず B 島の 482000 人ではある範囲の運賃では採算をとることができた。一方で航路長 25 km と短い D 島の旅客数は 800000 人以上確保しているが、フェリーの運賃が航路長が短いと低くなっているため、ジェットフォイルの運賃も低くしないとフェリーと競争することができなかつたこと、またフェリーと所要時間に大きな違いが生じなかつたことが考えられる。中距離航路では飛行機との競争も考える必要があつた。旅客数が多くても F 島のように航路長が 200km をこえると飛行機のシェアが大きくなってしまふこと、また燃料費などのコストも大きくなってしまふため導入が難しいという結果になつた。ことから、高速船導入には旅客数のほかに、航路長が大きく影響していることがわかる。

(5) 航路長とジェットフォイルのシェアの関係

7 航路の以外の複数の航路においてもジェットフォイルの導入を検討したところ、高速船は航路長 100km 未満の航路では航路で特に強い競争力を持ち、100km 以上の航路でもある一定以上のシェアを獲得していた。しかし 150km 以上の航路では飛行機の競争力が圧倒的に強くなってくる。これは前節でも述べたように、ジェットフォイルは一般的なフェリーよりも年間固定費、燃料費などのオペレーションコストがかかること、また所要時間が飛行機に比べて長すぎることなどがあげられる。また、40km 以下の航路ではフェリーのシェアが大きくなっていく傾向が見られた。これはこのような航路ではフェリーの運賃が安くなっていることや、所要時間に大きな差がないことなどが関係していると考えられる。

3. おわりに

本研究では離島航路における高速船導入の可能性についての研究をおこなつた。そのために現在の各航路の実績値から、航路を短距離航路、中距離航路にわけてそれぞれの場合で交通機関選択モデルを作成した。相関係数などから全体的に観測値と理論値を妥当に示せていることが分かつた。この交通機関選択モデルを用いて複数の航路におい

て年間コストと需要予測の関係から、ジェットフォイルの導入を検討することができ、高速船が適当な条件下では十分な競争力を持つことを確認できた。

今後の課題としては、ジェットフォイルの導入による誘発需要の考慮、また旅客数だけではなく、車などの物資の流動を考慮する必要があると思う。また、今回用いた犠牲量モデルに乗り心地の心理的要因、またアクセス時間などの関係を組み込むことにより、より精度の高いモデルを構築できるのではないかと考えられる。

4. 謝辞

本研究は平成 21 年度文部科学省科学研究費補助金(課題番号: 19360233) を得て実施した。また、本研究の実施にあたって、各船会社また各市役所の協力によるところが大きく、ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 埋田 真弥: 離島航路における所要時間の変化に伴う機関選択行動に関する研究 2002
- 2) 池田 良穂, 中林恵美子: 離島航路における最適交通機関の決定手法と超高速カーフェリーのフィージビリティ調査 関西造船協会論文集
- 3) 笈下 雅章, 角 知憲: 犠牲量モデルによる手段選択に関する研究, 第 51 回年次学術講演会講演概要集第 4 部
- 4) ロジスティクスの歴史的变化と環境負荷分に基づくモーダルシフトの可能性について 科学研究費補助金基盤研究 (C)(2)研究成果報告書 平成 11~13 年
- 5) 室町 泰徳, 原田 昇: 誘発交通量の算定に関する基礎的考察, 土木計画学研究・講演集 No.19 (1)
- 7) 航空統計要覧 2007 年度版
- 8) JTB 時刻表 2008
- 9) 九州運輸要覧 2008