

# 観光トリップに着目した水上飛行機導入による 交通機関分担率の推定

黒崎 実布由<sup>1</sup>・轟 朝幸<sup>2</sup>・川崎 智也<sup>3</sup>・阿川 洋平<sup>4</sup>

<sup>1</sup>学生会員 日本大学大学院 社会交通工学専攻 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1 744号室)

E-mail:csmi14009@g.nihon-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 日本大学教授 交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1 744号室)

E-mail:tdoroki.tomoyuki@nihon-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 日本大学助教 交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1 744号室)

E-mail:kawasaki.tomoya@nihon-u.ac.jp

<sup>4</sup>非会員 元日本大学 社会交通工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1 744号室)

わが国では、新幹線や空港から離れた高速交通体系の未整備な地域が全国に多数点在しているため、目的地によっては大幅に移動時間を要する場合がある。そこで本研究では東日本地域を対象とし、既存の高速交通体系ではアクセスが困難な観光地を目的地とした路線において水上飛行機導入を想定する。既存の交通手段である鉄道・幹線バス、自動車と本研究で想定する水上飛行機の三肢の交通手段選択問題とし、表明選好法を用いた交通手段選択モデルを構築した。本研究の交通手段選択モデルではトリップ目的を観光とし、各交通手段の費用と時間に加え、水上飛行機の遅延率、遅延時間、欠航率を説明変数として考慮した。また、構築した交通手段選択モデルを用いて感度分析を行い、水上飛行機のサービスレベルが変化した際の利用者の交通機関選択確率を算出した。

**Key Words :** *water airport, seaplane, transportation mode choice, stated preference*

## 1. はじめに

新幹線や航空機など、わが国の高速交通体系ではアクセスが困難な地域が全国各地に点在している。それを解消するために、筆者らが参加している研究会などにおいて、水上飛行機を活用した航空ネットワーク構築が提案されている。水上飛行機導入により、高速交通体系が未整備な地域においても移動時間の短縮が期待できる。また、水上で離発着するため、大規模な空港を必要としない。さらに、新たな企業立地等が期待され、地域全体も活性化すると考えられる。

実際にわが国においても、大正から昭和40年代にかけて、西日本を中心として水上飛行機による国内定期便が就航していた。海外では、カナダやアメリカの西海岸で入り江や湖沼、河川を利用した20人程度が搭乗可能な水上飛行機による旅客輸送が活発である。また、近年になってクロアチアやイギリスなどのヨーロッパや香港などのアジアでも水上飛行機輸送事業が始まっている<sup>1)</sup>。

水上空港の知見としては、新機械システムセンター<sup>2)</sup>が、水上飛行機の運航に関わる諸条件を整理し、全国各

地において水上飛行場の設置可能性を詳細に検討している。その結果、日本各地の沿岸や湖沼などには、水上飛行場設置の適地が多数存在することを明らかにしている。角田ら<sup>3)</sup>は、海外の水上飛行場の利用実態を明らかにし、日本への導入における検討課題と水上空港設置の立地条件についてまとめている。その結果、わが国でも水上飛行機を展開できる可能性は十分あると結論づけている。

本研究の先行研究において筆者ら<sup>4)</sup>は、水上飛行機を東日本の太平洋沿岸の港湾、湖沼を中心に導入した際の水上飛行機のサービスレベルに対する利用者の行動変化に関する感度分析を行い、水上飛行機のサービスレベルのあり方に関して基礎的な考察を行っている。その結果、既存交通の便が悪い地域に水上飛行機を導入することが効果的であることが明らかとなった。また、運航採算性を十分に確保するためのロードファクターを達成するためには、鉄道・幹線バスのラインホール本数が少ない地域ほど水上飛行機の運航本数を多く設定しなければならないことがわかった。この先行研究では、交通手段を水上飛行機、鉄道・幹線バスとし、旅客純流動調査のRPデータを用いてモデル構築を行ったが、OD間での利用

数が高い自動車を含めた分析は行っていない。さらに、航空機データを水上飛行機利用者の行動と仮定しパラメータ推定を行っている。水上飛行機の特徴を踏まえた利用動向分析は今後の課題となっていた。

そこで本研究では、既存の交通手段である鉄道・幹線バス、自動車と本研究で導入を想定する水上飛行機の三肢の交通手段選択問題として、表明選好法を用いた交通手段選択モデルを構築する。その上で、水上飛行機のサービスレベルが変化した場合の利用者の交通手段選択確率の変動を明らかにすることを目的とする。

## 2. 東日本復興水上空港ネットワーク構想

日本大学理工学部において、伊澤岬名誉教授を中心とした「東日本復興水上空港ネットワーク構想研究会<sup>5)</sup>」が2011年に立ち上がった。この研究会では、計画地域における各種ニーズ、これまでの高速交通体系や総合交通体系の構築に向けた取り組みを踏まえたうえで、地域特性に合致した新たな交通体系として、水上空港整備ならびに水上飛行機を活用した航空輸送の導入、航空ネットワーク構築の可能性について研究を進めている。さらに、東日本における水上空港ネットワーク構築の可能性の調査・考察を行い、具体的なプランとして検討している。

本研究は当研究会の活動の一環として、水上飛行機を導入した場合の利用者行動変化について分析する。

## 3. 対象地域

本研究では、「東日本復興水上空港ネットワーク構想研究会」で提案している東日本エリアを中心とした宮古・猪苗代湖・小名浜・中禅寺湖・東京・下田の6地域



図-1 水上空港構想位置

を対象とした。水上空港は東日本の太平洋沿岸の入江、港湾、湖沼を中心に設置されるとし、東京湾を除いてはいずれも新幹線や陸上空港から離れた地域を結ぶものである。ただし、宮古に関しては、出発地の東京湾から距離が遠いため塩竈を経由地として利用する。本研究の水上空港想定位置を図-1に示す。

## 4. 交通手段選択モデル

### (1) 分析手法

水上飛行機導入による交通行動の変化を分析するにあたり、個人が交通機関を選択する上での行動原理や意思決定構造を分析・考察することが可能である非集計モデルを採用する。本研究では、対象地域において目的地まで一般的な移動手段として考えられる鉄道・幹線バス、自動車と水上飛行機を対象とした多項ロジットモデル及びネステッドロジットモデルを使用し、良好な値が算出された方のモデルを採用する。本研究で使用する多項ロジットモデル及び効用関数を式(1)、(2)に、ネステッドロジットモデルを式(3)に示す。

$$P_{in} = \frac{\exp(V_i)}{\sum_n \exp(V_n)} \quad (1)$$

$$V_i = \beta_1 Z_{1i} + \beta_2 Z_{2i} + \dots + \beta_k Z_{ki} \quad (2)$$

$P_{in}$ : 個人 $n$ が交通手段 $i$ を選択する確率

$V_i$ : 交通手段 $i$ の選択による効用の定数項

$\beta_k$ :  $k$ 番目の説明変数に関する未知パラメータ

$Z_{ik}$ : 交通手段 $i$ に関する $k$ 番目の説明変数

$$P(m|p) = \frac{\exp(V_p + V_m)}{\sum_m \exp(V_p + V_m)} \quad (3)$$

$P(m|p)$ : 個人 $n$ が交通手段 $m$ を選択する確率

$V_m$ : 交通手段 $p$ の選択による効用の定数項(上位レベル)

$V_p$ : 交通手段 $m$ の選択による効用の定数項(下位レベル)

### (2) 使用データ

全国幹線旅客純流動調査2010年(以下、純流動調査)で行われたアンケート個票に示されているODと経路を利用する。なお、出発地・目的地は全国の都道府県を207ゾーンに区分したゾーンを用いて、ゾーンの中心都市の市役所、町役場とした。また、各経路利用の所要時間、運賃、運航頻度においては「JTB時刻表2014年8月」のデータ、「Googleマップ」、「NAVITIME」にて検索した結果をデータとしてを使用した。

### (3) 水上飛行機交通前提条件

水上飛行機の総所要時間、総費用は、先行研究で設定した東京都市圏から宮古市へアクセスする際の前提条件の総所要時間180分、総費用30,000円を基本とし、表-1の通り原単位を設定する。また、欠航率、遅延率については、風速7m以上、視界は管制区・管制圏では最低視程3マイル、非管制区では1マイルで欠航もしくは遅延とした。本研究では、これらの条件を基本ケースとする。

### (4) アンケート調査

アンケート調査の概要を表-2に示す。本アンケート調査では、各地域にパターンを3つ設置した。パターン1は水上飛行機基本ケースより値を大きくしたもの、パターン2は水上飛行機基本ケース、パターン3は水上飛行機基本ケースより値を小さくしたものとした。なお、アンケート調査よりサービスレベルを変動した際の交通手段選択確率の結果を表-3に示す。各地域のパターン1とパターン2を比較すると水上飛行機の選択確率は大きな変動は得られなかったが、パターン2とパターン3を比較するとパターン3の水上飛行機の選択確率はパターン2の2倍以上選択される結果となった。

### (5) パラメータ推定結果

多項ロジットモデルのパラメータ推定結果を表-4、ネスティッドロジットモデルのパラメータ推定結果を表-5に示す。すべての説明変数についてのt値（絶対値）が2.50以上であり、99%有意水準を満たしており、符号条件も想定と合致している。二つのモデルを比べると、ネスティッドロジットモデルは多項ロジットモデルより尤度比において良好な値が算出されたため、こちらのパラ

表-1 水上飛行機サービスレベル原単位の設定条件

サービスレベル	水上飛行機
速度(km/min)	2.5
総費用(円/km)	60
欠航率(%)	15
遅延時間(min)	45

表-2 アンケート調査概要

項目	内容
被験者	東京都在住の20～60代の男女
実施期日	2014年1月10・11日
調査方法	webアンケート
サンプル数	400
対象地域	出発地:東京 目的地:宮古・猪苗代湖・小名浜・中禅寺湖・下田
調査内容	①交通機関選択 水上飛行機基本ケースでの交通機関選択を調査 ②基本ケースの変動 水上飛行機基本ケースを変動させた際の交通機関選択を調査

メータを採用する。ネスティッドロジットモデルのパラメータ推定結果より、欠航率のt値が-4.76、パラメータ値は-1.35と一番大きく、本モデルの影響度合いが最も高いことがわかる。

## 5. 水上飛行機交通条件の変化に伴う感度分析

水上飛行機の総費用、欠航率を変化させた際、水上飛行機がどの程度選択されるかを明らかにするため、構築したモデルを用いて感度分析を行う。

表-3 サービスレベル変動による交通手段選択確率

到着地	パターン	(数値の単位:%)		
		水上飛行機	鉄道・幹線バス	自動車
宮古	1	12	58	31
	2	13	57	30
	3	28	41	31
猪苗代湖	1	7	51	42
	2	6	56	28
	3	24	41	35
小名浜	1	7	50	43
	2	7	51	42
	3	21	40	39
中禅寺湖	1	8	47	45
	2	13	46	41
	3	31	32	37
下田	1	14	44	43
	2	17	45	39
	3	36	29	36

表-4 多項ロジットモデルパラメータ推定結果

説明変数	パラメータ値	t値
総費用	-0.000108	-9.87
総所要時間	-0.00487	-9.08
遅延時間	-0.0131	-6.6
欠航率	-3.09	-3.13
水上飛行機 定数項	0.0141	0.09
自動車 定数項	0.584	3.23
公共交通	—	—
サンプル数	6000	
尤度比	0.089	

表-5 ネスティッドロジットモデルパラメータ推定結果

説明変数	パラメータ値	t値
総費用	-0.00000183	-4.84
総所要時間	-0.00165	-5.4
遅延時間	-0.00846	-6.4
欠航率	-1.35	-4.76
水上飛行機 定数項	0.283	5.12
自動車 定数項	0.248	2.1
公共交通	5.55	6.08
サンプル数	6000	
尤度比	0.099	

### (1) 総費用変化による感度分析

水上飛行機の総費用を変化させた際の感度分析の結果を表-6に示す。パターン1は水上飛行機基本ケースの1.5倍額、パターン2は水上飛行機基本ケース額、パターン3は水上飛行機基本ケースの半額とした。その結果、基本ケースより1.5倍に値上げした場合、水上飛行機の選択確率は約2%低くなるが、半額に値下げをすると約3%高くなる結果となった。

### (2) 欠航率変化による感度分析

水上飛行機の欠航率を変化させた際の感度分析の結果を表-7に示す。パターン1は水上飛行機基本ケースの+10%、パターン2は水上飛行機基本ケース、パターン3は水上飛行機基本ケースの-10%とした。その結果、基本ケースから10%低くすると、水上飛行機を選択確率が約3%高くなるが、基本ケースから10%高くすると水上飛行機を選択確率が約2%低くなることがわかった。大きな変動は得られなかったのは、パラメータ推定した際の定数項に含まれる要因が強く影響していると考えられる。

表-6 総費用変化による感度分析

(数値の単位: %)

到着地	パターン	水上飛行機	鉄道・幹線バス	自動車
宮古	1	24	54	22
	2	29	51	21
	3	34	47	19
猪苗代湖	1	24	51	25
	2	26	50	24
	3	29	48	23
小名浜	1	23	46	31
	2	25	45	30
	3	27	44	29
中禅寺湖	1	27	48	25
	2	28	47	25
	3	30	46	24
下田	1	27	49	24
	2	29	48	23
	3	30	47	23

表-7 欠航率変化による感度分析

(数値の単位: %)

到着地	パターン	水上飛行機	鉄道・幹線バス	自動車
宮古	1	26	52	21
	2	29	51	21
	3	32	49	20
猪苗代湖	1	24	52	25
	2	26	50	24
	3	29	48	23
小名浜	1	23	47	31
	2	25	45	30
	3	28	43	29
中禅寺湖	1	26	49	26
	2	28	47	25
	3	31	45	24
下田	1	26	50	24
	2	29	48	23
	3	32	46	22

## 6. おわりに

本研究では水上飛行機の手段選択モデルを構築し、構築したモデルを用いて鉄道・幹線バス、自動車と水上飛行機を選択確率を感度分析より明らかにした。その結果、水上飛行機の総費用、欠航率を変動させても大きな変動は得られなかった。水上飛行機の需要を確保するためには、料金設定をいかに鉄道・幹線バスに近づけるかが重要であると考えられる。

今後は、水上飛行機が充実したネットワークを確立するために、東日本地域だけではなく西日本地域にも着目し、分析を行う必要がある。また、アンケート調査より利用者は安全性を最も重要視していることが明らかとなったため、安全性を考慮したものや、事業採算性を検討し、より実現性のある分析を行う必要がある。

**謝辞:** 本研究を進めるにあたり、水上空港ネットワーク構想研究会から貴重なアドバイスを頂きました。また、本研究は理工学部応用科学研究助成金の支援を受けて実施されたものである。ここに感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) Giangi Gobbi, Barry Lightening, Bernd Sträter, Andrzej Majka: Report on current strength and weaknesses of existing seaplane/ amphibian transport system as well as future opportunities including workshop analysis, FUSETRA,2011.
- 2) 新機械システムセンター：『新海洋交通システムに関するフィージビリティ・スタディ報告書』，機械振興協会，1987.
- 3) 角田健：水上飛行機の利用実態及び水上飛行場の設置基準に関する研究，日本大学理工学部社会交通工学科卒業論文，2004.
- 4) 黒崎実布由，轟朝幸，川崎智也：水上飛行機導入による交通手段選択確率の推定，土木計画学研究講演集，Vol.50，2014
- 5) 伊澤岬，轟朝幸，江守央，畔柳昭雄，居駒知樹，青木義男：東日本復興水上空港ネットワーク構想，第56回日本大学理工学部学術講演会。

(?)