

## 離島航路利用者における移動負担感と 海上タクシーによるデマンド運航化

荒谷 太郎\*, 宮崎 恵子\*, 平田 宏一\*\*

### **Mobility Burden on Remote Island Route Passengers and On-Demand Service by Water Taxi**

by

Taro ARATANI, Keiko MIYAZAKI and Koichi HIRATA

#### Abstract

Japan has over 400 small remote islands. In these remote islands, population is decreasing, and aging is remarkable. This trend is especially prevalent on remote islands in Japan, where 39.0% of the population is aged 65 years or older. The rate of population change is -0.8% nationwide from 2010 to 2015, and that of remote island is -9.3%. Thus, the remote islands are declining in population rapidly. In remote island routes in Japan, business continuity is becoming difficult due to a decrease the passengers in declining population in the remote island. In this paper, the authors report the actual situation of remote island and remote route in Japan that the authors investigated and analyzed. Firstly, for the elderly residents in a remote island, it is a burden to wait for a long time for the bus or the ferryboat and to change transportation vehicles at the transport hub. The authors describe to evaluate the burden by the generalized time. Secondly, the authors describe fundamental study of On-Demand services by water taxi considering for remote island routes with few passengers. The result shows that the average number of people who will be 50% suspended service rate are between 0.6 and 0.7.

---

\* 知識・データシステム系

\*\* 環境・動力系

原稿受付 平成30年10月29日

審査日 平成30年12月19日

## 目 次

1. はじめに	26
2. 離島航路の実態	27
2.1 離島の実態	27
2.2 離島航路の現状	28
2.3 離島航路に関する調査・研究の整理	29
3. 離島居住者の移動負担感に関する評価指標	30
3.1 一般化時間の算出方法	30
3.2 等価時間係数の算出方法	30
3.3 心理的負担時間の算出方法	32
3.4 移動負担感調査の概要	32
3.5 移動負担感調査の結果	34
3.6 等価時間係数と心理的負担時間の算出結果	34
3.7 居住場所による比較	35
3.8 まとめ	35
4. 海上タクシーによるデマンド運航化の基礎的分析	36
4.1 海上タクシーについて	36
4.2 海上タクシーのサービス実態	36
4.3 海上タクシーを活用したデマンド運航化の基礎的分析	37
4.4 海上タクシーのバリアフリー化	38
5. まとめと今後の課題	39
謝辞	40
参考文献	40

## 1. はじめに

わが国には、400 を超える有人離島があり、これらの離島では人口減少及び高齢化が顕著である。離島の高齢化率は39.0%<sup>1</sup>であり、わが国の総人口に占める65歳以上人口の割合26.6%<sup>2</sup>と比較しても高い水準にある。人口減少を示す人口増減率は、2010年から2015年が全国の-0.8%に対し、離島振興法対象地域は-9.3%であり、離島地域は本土を圧倒的に越える速度で人口減少が進んでいる。離島居住者は本土の中心市街地へ行く場合は、路線バスやフェリーなど複数の交通機関を乗り継ぐ必要があり、特に高齢者にとっては、バスやフェリーなどの乗り降り、乗り継ぎ時の移動、待ち時間などが負担となっている。

離島と本土を結ぶ離島航路の多くは、人口減少等を主要原因とする利用者の減少により、いわゆる赤字航路となっている。しかし、離島航路は離島居住者の足として、生活物資の輸送手段として重要な役割を担っているため、国や自治体が補助金を交付してその維持を図っている<sup>3</sup>。国土交通省は2008年に輸送需要が著しく低い離島航路補助の対象航路において、定員12名以下の船舶、いわゆる海上タクシーと呼ばれる小規模な船舶で、定期運航あるいは定期運航に替わるデマンド運航<sup>4</sup>を図る<sup>2</sup>としており、2015年より補助対象である旅客定期航路事業の離島航路から旅客不定期航路事業のデマンド型運航（海上タクシー）事業へ転換するケースについて、引き続き離島航路補助の対象とすることになった。

<sup>1</sup> 2016年離島統計年報より2015年総務省国勢調査に基づく離島振興法で指定された離島の高齢化率。

<sup>2</sup> 2015年総務省国勢調査に基づく高齢化率。

<sup>3</sup> 2015年総務省国勢調査による算出。

<sup>4</sup> 利用者の事前予約に応じて、運航（運行）する形態をとる交通のことを指す。

このように離島居住者において欠かすことのできない離島航路を取り巻く環境は厳しくなっている。本稿では、著者らが調査・分析してきた離島及び離島航路の実態について解説するとともに、離島航路の課題解決に向けた手法等の策定及び基礎的分析を行った結果について述べる。第2章では、離島航路の実態について概説する。第3章では、高齢化率の高い離島における居住者が、離島と本土との往来時に発生する乗換がどの程度負担になっているのかを評価できる指標について述べる。第4章では、利用者が少ない離島航路において検討が進められている海上タクシーによるデマンド運航化の基礎的分析について述べる。最後に第5章でまとめと今後の課題を示す。

## 2. 離島航路の実態

### 2.1 離島の実態

図1は日本の島の構成を示している。わが国には有人島・無人島を含めて6,852島存在している。このうち258島が離島振興法による離島振興対策実施地域となっている。離島振興法では、人の往来及び生活に必要な物資等の輸送に要する費用が他の地域に比較して多額である状況を改善するとともに、産業基盤及び生活環境等に関する地域格差の是正を図ること等が目的として記載されている。これらの島々は、本土と海を隔てた場所にあるため、産業基盤や生活環境等に関する地域格差が課題となっており、人口減少や高齢化が進展している状況である。

図2は人口規模別の離島の構成を示したものである。7割以上が500人未満の離島であり、人口規模の小さい離島が多いことがわかる。特に500人未満の離島では、高齢化率が平均47.1%<sup>5</sup>と、離島振興法における離島の平均39.0%やわが国の平均26.6%と比較しても著しく高い水準となっている。

1 (内水面離島：滋賀県沖島)		418 (有人島)	309 (法対象)	258 (離島振興法)	71 (特定有人国境離島)
6,852 (全島嶼)	6,847 (離島)			39 (沖縄振興特措法)	8 (奄美群島振興開発特措法)
		109 (法対象外)		6,430 (無人島)	
5 (本州・北海道・四国・九州・沖縄本島)					

図1 日本の島の構成<sup>2)</sup>

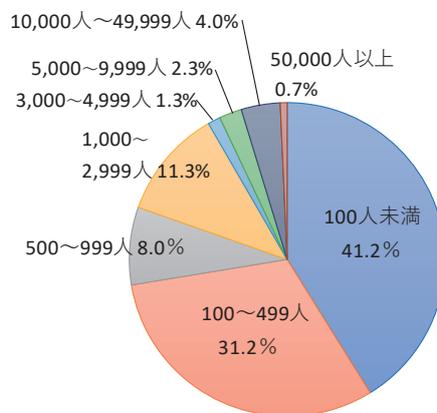


図2 人口規模別の離島構成<sup>3)</sup>

<sup>5</sup> 離島統計年報 2016年を用いて算出。

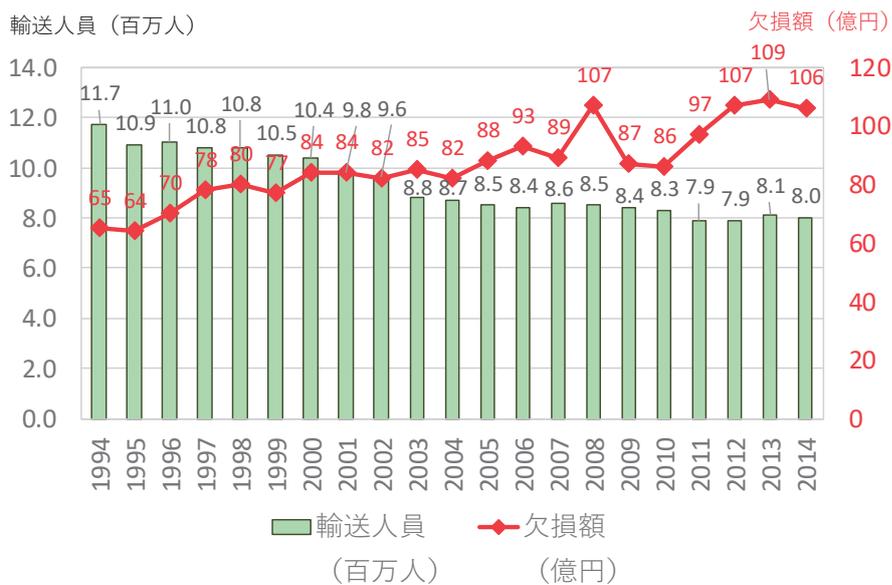
## 2.2 離島航路の現状

離島航路整備法による離島航路は、本土と離島とを連絡する航路、離島相互間を連絡する航路、船舶以外には交通機関がない地点間、または船舶以外の交通機関によることが著しく不便である地点間を連絡する航路のことをいう。離島航路を必要とするような有人離島は、長崎県が最も多く、次いで沖縄県、愛媛県、鹿児島県の順になっている。図3は離島航路の分類を示したものである。2017年現在、離島航路は296航路あり、そのうち補助航路は120航路となっている。図4は離島航路の補助航路の輸送人員と欠損額を示している。離島航路は少子高齢化に伴う人口減少等により、輸送人員の減少が続いており、欠損額が年々増加傾向を示していることがわかる。図5は人口100人以下の離島における運航便数をみたものである。運航便数は2往復4便以下が多く、離島によっては1日1往復2便の航路も存在している。例えば1日1往復の航路では、本土発・離島発どちらかは日帰りできないことになり、通院や買い物等に支障をきたす便数である。また、運航便数が1日10便を超える離島は、概ね本土と距離が近い離島であった。距離が近いため、所要時間が短く運航便数を多くすることが可能になっている。

離島航路 296	生活航路 232	唯一の交通機関 143		唯一の航路 または 不便な航路 182	補助航路 120
		他に交通機関あり 89	船舶以外の交通機関によることが著しく不便と認められる航路 39		その他航路 62
	その他航路 50				
	その他航路 64				

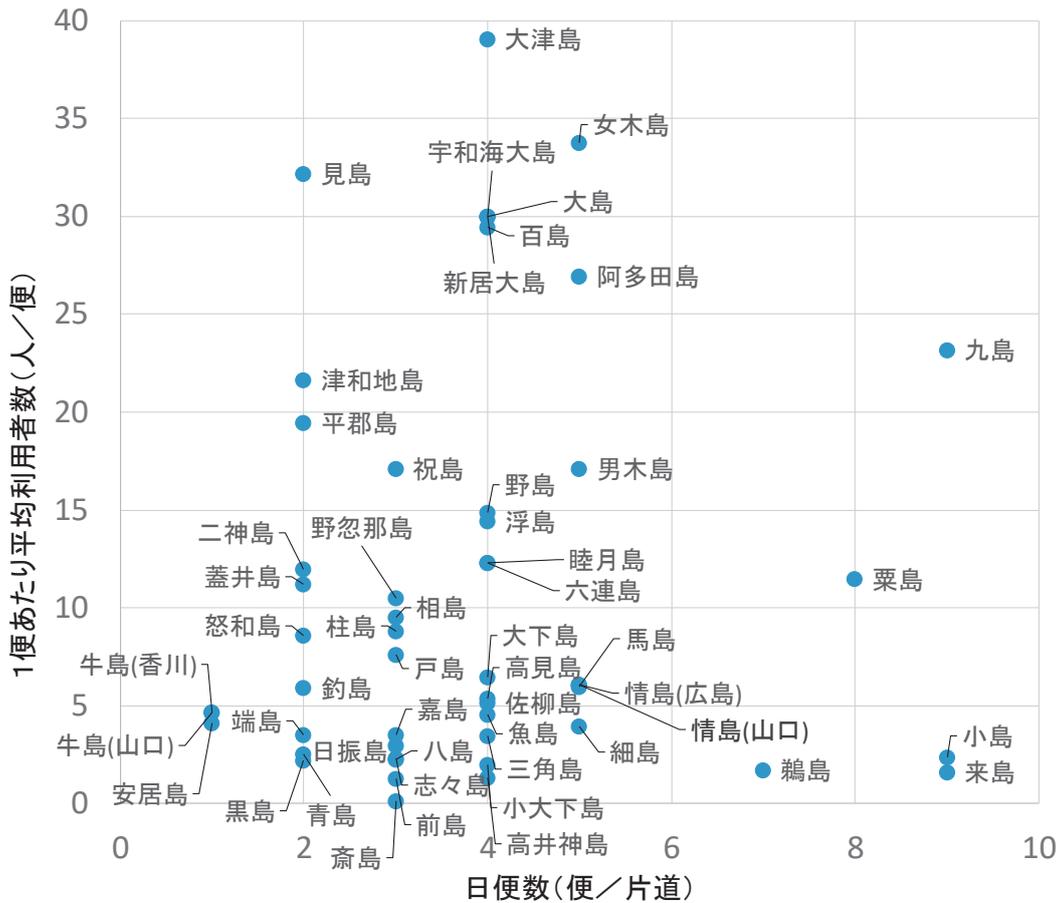
(出典：国土交通省資料より著者作成)

図3 離島航路の分類



(出典：海事レポート2017)

図4 補助航路の輸送人員と欠損額



(出典：各社ホームページ及び離島統計年報より著作作成)

図5 離島航路の日便数と平均利用者数

### 2.3 離島航路に関する調査・研究の整理

国内における離島航路の実態は、国や地方自治体による離島振興計画<sup>3)</sup>や航路改善計画<sup>4)</sup>によってまとめられている。離島航路のサービスでは、広島県大崎上島町地域公共交通網形成計画<sup>5)</sup>及び広島県江田島市地域公共交通網形成計画<sup>6)</sup>によると、島内路線バスの改善要望は、それぞれ「船とバスの乗り継ぎ時間を短くする」「船との乗り継ぎ待ち時間を改善する」が1位であり、乗り継ぎ待ち時間が利用者にとって負担となっている。香川県伊吹～観音寺航路改善計画<sup>7)</sup>における住民意向の分析では、航路改善の内容として、「港での乗船をし易く」が多くを占める結果となっている。そのため乗換時の負担を減らすことは重要な課題になっている。

海外における離島航路でも同様の問題を抱えている。例えば香港では、離島において、収益の高い航路と低い航路をパッケージにして、1つの会社によって運営させる方式をとっている<sup>8)</sup>。これにより、フェリー会社の規模や船舶サイズなどを考慮してサービス全体の利益最大化を目指している。スコットランドの離島では、2016年～2017年にかけて船舶や港湾などのフェリー運航に関わるサービスに対して約209.7百万ポンド(約309.6億円<sup>6)</sup>)の補助金が支払われている。限られた財政状況の中で、利用者ニーズを満たす持続可能な対応が課題となっている<sup>9)</sup>。フィンランドの南西にある離島では、フェリーネットワークの維持コストの高さ及び人口減少により、離島居住者の利便性に課題が生じており、人口分布や交通ニーズに見合った計画が必要とされている<sup>10)</sup>。このように海外においても、離島人口の減少、利用者の減少、航路事業の継続等に課題が生じていることがわかる。

<sup>6)</sup> 2016年の年間の平均レート1ポンド147.62円で換算した値。

### 3. 離島居住者の移動負担感に関する評価指標

本章では、高齢化率の高い離島における居住者が、離島と本土との往来時に発生する乗換がどの程度負担になっているのかを評価する指標について述べる。前述したとおり、離島を有する自治体の地域公共交通網形成計画や航路改善計画では、「船とバスの乗り継ぎ時間を短くする」や「港での乗船をし易く」といった意見が多く、乗換時の負担が課題となっている。これまで著者らは、広島県竹原市と大崎上島町を結ぶ航路において、移動負担感調査により一般化時間を用いて評価を行ってきた<sup>11)</sup>（以下、これを2015年調査とする）。しかし、一般化時間の算出の際に用いる等価時間係数と心理的負担時間は、当該航路の移動負担感調査より求めたものであり、これらの値が他の離島においても同様に扱えるのかどうか検証が必要であった。特に離島は本土や他の離島と海を隔てて離れており、島ことばに代表されるように独自の文化を形成していることも多い<sup>12)</sup>。そこで本章では、広島県江田島市における航路においても2015年調査と同様の調査を行い（以下、これを2016年調査とする）、居住場所による違いがあるかを明らかにした内容を述べる。なお本章の内容は荒谷・宮崎の文献<sup>13)</sup>を編纂<sup>7)</sup>したものである。

#### 3.1 一般化時間の算出方法

ここで示す一般化時間とは、移動に関わる全ての負担感について水平歩行時間に置き換えて表した指標と定義しており、式(1)に従って求められる。なお一般化時間の算出方法は、詳しくは荒谷らの文献<sup>11)</sup>を参考にされたい。一般化時間は、肉体的な負担（肉体的負担時間）ならびに心理的な負担（心理的負担時間）の2つに大きく分けられる。肉体的負担時間は、平らな場所の徒歩移動である水平歩行している時間の他に、階段の上り下りや待ち時間などにおいて発生する時間を示している。なお階段の上り下りや待ち時間に関しては、区間の通過時間と等価時間係数の積を求めることで水平歩行時間に置き換えを行う。心理的負担時間は、乗換時の情報提供の有無や切符購入の煩わしさ、雨や風よけに配慮した施設整備状況などにおいて発生する心理的な負担感を時間換算した値である。

$$G_i(\text{一般化時間}) = \sum g_i = \sum_j (W_{ij} \times T_{ij}) + \sum_k I_{ik} \quad (1)$$

$G_i$  : 利用者属性が  $i$  の場合の経路全体の一般化時間

$g_i$  : 利用者属性が  $i$  の場合の各区間における一般化時間

$W_{ij}$  : 利用者属性が  $i$  の場合の  $j$  番目の区間における移動形態に該当する利用者属別の等価時間係数

$T_{ij}$  : 利用者属性が  $i$  の場合の  $j$  番目の区間の通過による利用者属性別の所要時間

$I_{ik}$  : 利用者属性が  $i$  の場合の  $k$  番目の区間における心理的負担時間

#### 3.2 等価時間係数の算出方法

等価時間係数は、個々の移動形態に要する所要時間を水平歩行時間に置き換えるために用いる係数である。等価時間係数は、移動負担感調査においてフェリー利用者に対し基準となる水平移動（平らな部分を60秒歩く）と比較し、同じくらい負担と感ずる行動を設問の選択肢の中から回答し、それを基に算出される。設問例を図6に示した。本研究では塚田ら<sup>14)</sup>の研究にならいフェリー利用者の選択率が50%となる点を等価とし、回答結果を集計して、等価時間係数を求めた。図6の設問例では、上り階段利用の等価時間（フェリー利用者の選択率50%）が31.4秒となり、基準となる水平歩行の等価時間は60秒としているため、等価時間係数は1.91となる。

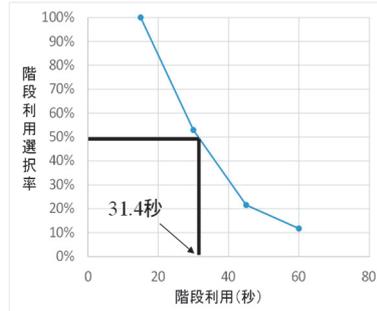
<sup>7)</sup> 公益財団法人国際交通安全学会では、著作者が自己の論文等を編纂する場合においては、許諾を得ることなく著作物を利用でき、その件について国際交通安全学会に確認済である。

**設問例**  
 平らな部分を60秒歩く体力と同じくらい疲れを感じるものについて、次の中から選んでください。

1. 上り階段を15秒のぼる(1階くらい)
2. 上り階段を30秒のぼる(2階くらい)
3. 上り階段を45秒のぼる(3階くらい)
4. 上り階段を60秒(平らな部分と同じ)のぼる(4階くらい)

**回答例(65歳以上離島住民)**

1. 回答率 47% ⇒ 選択率 100%
2. 回答率 31% ⇒ 選択率 53%
3. 回答率 10% ⇒ 選択率 22%
4. 回答率 12% ⇒ 選択率 12%



$$\frac{\text{水平歩行に対する上り階段利用の等価時間係数}}{\text{水平歩行の等価時間(60秒)}} = \frac{\text{上り階段利用の等価時間(31.4秒)}}{60} = 1.91$$

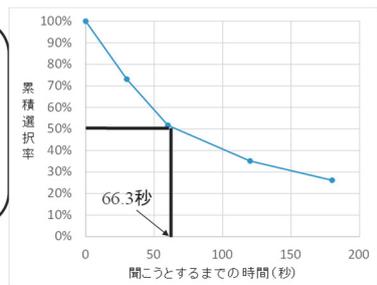
図6 等価時間係数の設問例と算出方法

**設問例**  
 フェリー乗り場にて、乗り換えるバス停の位置がわからない場合の行動について、最も近いもの1つを選んでください。

1. わからなければすぐに周りの人に聞こうとする
2. 30秒くらいでわからなければ周りの人に聞こうとする
3. 1分くらいでわからなければ周りの人に聞こうとする
4. 2分くらいでわからなければ周りの人に聞こうとする
5. 3分くらいでわからなければ周りの人に聞こうとする

**回答例(65歳未満離島住民)**

1. 回答率 27% ⇒ 選択率 100%
2. 回答率 21% ⇒ 選択率 73%
3. 回答率 17% ⇒ 選択率 52%
4. 回答率 9% ⇒ 選択率 35%
5. 回答率 26% ⇒ 選択率 26%



$$\frac{\text{評価値}}{\text{乗り換え経路に関する情報提供が無い場合の損失負担時間}} = \frac{66.3 \text{秒}}{66.3} = 1.0$$

図7 心理的負担時間の設問例と算出方法

### 3.3 心理的負担時間の算出方法

心理的負担時間は、施設形態や利用形態において発生する心理的な負担感を時間換算した値である。心理的負担時間は、移動負担感調査においてフェリー乗換時の心理的な負担に関する質問を行い、フェリー利用者の選択率が50%となる点を心理的負担時間とした。移動負担感調査の設問例を図7に示す。図7では、移動に関わる情報の有無について評価値を算出しており、選択率が50%となる点の評価値66.3秒が、乗換経路に関する情報提供が無い場合の心理的負担時間となる。

### 3.4 移動負担感調査の概要

等価時間係数と心理的負担時間を求めるため、広島県江田島市と広島市・呉市を結ぶフェリーの利用者を対象にした移動負担感調査を実施した。

江田島市は人口27,023人、高齢化率35.8%の自治体である。江田島市を構成する江田島・能美島は1973年に早瀬大橋が完成し呉市と架橋で結ばれ、本土との間に常時陸上交通が確保されたことにより1980年に離島振興法の指定解除がされている。しかし、早瀬大橋は江田島市の南側に位置しており、江田島市と呉市の市街地とは倉橋島を経由するルートになるため、大幅な迂回ルートとなる。そのため日常から船の利用が多い。また同様の理由から、江田島市から広島市へも船の利用が多い。そのため、移動負担感調査を実施した場合に等価時間係数と心理的負担時間を算出するに十分な回答数が期待できると考えた。また、調査を実施した航路(図8参照)は、呉～江田島(小用港)、広島(宇品港)～江田島(切串港)、広島(宇品港)～江田島(三高港)の3航路であるが、この3航路はいずれも航行時間が20分～30分程度であり、2015年調査で実施した航路と航行時間がほぼ等しく、使用船舶(図9参照)の形態が同じである。そのため移動負担感調査はこの3航路で実施した。

移動負担感調査の概要を表1に示す。移動負担感調査は、2016年8月25日～27日の3日間、フェリー利用者が配布されたアンケートに自ら回答する乗船者自記式にて行った。調査票は個人属性の居住地の選択肢以外は2015年調査と同様のものを用いた。移動負担感調査においてフェリー利用者へ調査した内容を表2に示す。



図8 調査対象航路



図9 調査対象航路

表1 移動負担感調査の概要

項目	内容
実施場所	江田島～呉・広島間のフェリー内
実施日	2016年8月25日～27日 (3日間) 8月25日 呉～江田島 (小用) 8月26日 広島 (宇品) ～江田島 (切串) 8月27日 広島 (宇品) ～江田島 (三高)
実施方法	乗船者自記式にて実施 ① 出港するフェリーの港にて、調査員が乗船する旅客にアンケート調査票 (ボールペン付き) を配布 ② 乗船中 (20～25分間) にアンケートに回答してもらう (後で記入したい人のために、返信用の封筒も一緒に配布) ③ 到着するフェリーの港にて、調査員が下船する旅客から調査票を回収

表2 移動負担感調査の設問項目

項目	設問項目
個人属性	性別・年齢・居住地区・普段の利用目的
等価時間係数に関する設問	フェリー船内での着座の肉体的負担 (フェリー船内 (着座))
	バス車内での着座の肉体的負担 (バス車内 (着座))
	上り階段利用時の肉体的負担 (上り階段)
	下り階段利用時の肉体的負担 (下り階段)
心理的負担時間に関する設問	乗換案内が無い場合の心理的負担 (乗換案内の有無)
	出発案内が無い場合の心理的負担 (出発案内の有無)
	料金の支払いの煩わしさの心理的負担 (料金の支払い)
	上屋が無い場合の心理的負担 (上屋の有無)
	ベンチが無い場合の心理的負担 (待合ベンチの有無)
	駐車場が離れている場合の心理的負担 (駐車場)

### 3.5 移動負担感調査の結果

3 日間における移動負担感調査において、304 枚の回答が得られた。集計結果を表 3 に示す。離島居住者から 233 枚、本土居住者からは 65 枚の回答が得られた。居住地別では江田島市の回答が最も多かった。本土居住者は広島市が最も多く、その他本土では近隣県や関東関西からの回答もみられた。2016 年調査はこれら移動負担感調査の 65 歳以上の離島居住者（以下、高齢者）及び 65 歳未満の離島居住者（以下、非高齢者）の回答を用いて、等価時間係数及び心理的負担時間を求めた。

表 3 移動負担感調査の集計結果

		65歳以上 (高齢者)	65歳未満 (非高齢者)	未回答	合計
離島 居住者	江田島市	85	146	1	232
	その他離島	1	0	0	1
本土 居住者	広島市	5	25	0	30
	呉市	2	8	0	10
	その他本土	3	22	0	25
未回答他		2	2	2	6
合計		98	203	3	304

### 3.6 等価時間係数と心理的負担時間の算出結果

#### 3.6.1 等価時間係数の算出結果

表 4 は、2015 年調査と 2016 年調査の等価時間係数を比較したものである。等価時間係数の値は、1 より大きければ水平歩行より負担感が大きく、1 より小さければ水平歩行より負担感が小さいことを示している。

2015 年調査及び 2016 年調査の高齢者、非高齢者ともにバス車内（着座）より、フェリー船内（着座）の方が値は小さくなった。つまりフェリー船内の方が負担感は小さい結果になった。これは、フェリー船内はバス車内より空間的に広く自由に動くことができるためと考えられる。また、2015 年調査及び 2016 年調査ともに下り階段より上り階段の方が等価時間係数の値が大きくなった。通常においても、上り階段の方が下り階段より負担感が大きいと考えられ、等価時間係数の算出結果についても同様の算出結果となった。

表 4 等価時間係数の算出結果

		2015年調査 大崎上島町	2016年調査 江田島市	P値
65歳以上 離島居住者 (高齢者)	フェリー船内(着座)	0.33	0.40	0.44
	バス車内(着座)	0.41	0.51	0.39
	上り階段	1.91	1.73	0.24
	下り階段	1.77	1.59	0.16
65歳未満 離島居住者 (非高齢者)	フェリー船内(着座)	0.27	0.22	0.47
	バス車内(着座)	0.40	0.34	0.50
	上り階段	1.88	2.20	0.05 *
	下り階段	1.61	1.82	0.40

\* 5%有意水準

### 3.6.2 心理的負担時間の算出結果

表5は、2015年調査と2016年調査の心理的負担時間を求めた結果である。乗換時に発生する心理的に負担と感じることに對して時間に換算したもので、秒で表している。なお、心理的負担時間は、値が大きいほど心理的な負担が大きいことを表している。2015年調査及び2016年調査は同じ傾向を示しており、以下、項目ごとに算出結果について述べる。

乗換案内の有無は、非高齢者の方が高齢者より心理的負担時間の値が大きくなった。これは、非高齢者は自ら乗換経路を探そうとする傾向が高齢者より強いと考えられ、心理的負担時間の値が大きくなったといえる。出発案内の有無は、非高齢者の方が高齢者より心理的負担時間の値が大きくなった。これは非高齢者の方が時間を気にして、遠くにある案内の場所まで行ってでも出発時間を確認したい傾向があると考えられる。待合ベンチの有無は、高齢者の方が非高齢者より心理的負担時間の値が大きくなり、待合ベンチが遠くにあるとしても座りたい傾向があることが考えられる。駐車場は非高齢者、高齢者とも100秒～130秒程度となり、少々駐車場が離れていたとしても車を利用して港へアクセスしたいと考えていることがわかる。

表5 心理的負担時間の算出結果

		(単位:秒)		
		2015年調査 大崎上島町	2016年調査 江田島市	P値
65歳以上 離島居住者 (高齢者)	乗換案内の有無	32.65	53.33	0.00 *
	出発案内の有無	47.14	50.29	0.58
	料金の支払い	8.45	10.00	0.75
	上屋の有無	30.00	29.36	0.23
	待合ベンチの有無	16.58	13.81	0.86
	駐車場	120.00	113.33	0.39
65歳未満 離島居住者 (非高齢者)	乗換案内の有無	66.25	70.00	0.70
	出発案内の有無	72.75	60.00	0.02 *
	料金の支払い	10.10	9.82	0.01 *
	上屋の有無	33.10	24.55	0.05 *
	待合ベンチの有無	12.71	11.49	0.14
	駐車場	128.94	98.71	0.28

\* 5%有意水準

### 3.7 居住場所による比較

居住場所による等価時間係数及び心理的負担時間の相違を調べるためにカイ二乗検定を行った(表4, 5のP値を参照)。等価時間係数では、非高齢者の上り階段のみ5%有意水準の差が認められたが他は居住場所による違いは認められなかった。心理的負担時間では、高齢者の乗換案内の有無と非高齢者の出発案内の有無、料金の支払い、上屋の有無において5%有意水準の差が認められた。非高齢者では複数の項目において有意な差が認められる結果となり、特に心理的負担時間については、非高齢者において施設形態や利用形態の違いといった項目は心理的負担時間において居住場所による違いが生じる項目であることが明らかになった。

### 3.8 まとめ

本章では、一般化時間の算出に必要な等価時間係数及び心理的負担時間について居住場所による違いがあるか2015年調査と2016年調査を比較することにより明らかにした。居住場所による違いでは、65歳以上の離島居住者では、有意な差が認められる項目が少なく居住場所による違いはほぼみられなかった。一方、65歳未満の離島居住者の心理的負担時間について有意な差が認められる項目が複数存在した。そのため65歳未満の離島居住者に関連するデータを扱う場合は留意する必要があるといえる。

離島居住者の移動負担感における課題として、移動負担感調査では、瀬戸内における複数の離島航路ターミナルの実態調査を通じて代表的と考えられる項目を中心に行った。しかし乗換部分については、さらにどのような

項目が等価時間係数や心理的負担時間により影響するのか等を詳細に分析することが必要であると考え、これにより、限られた費用の中でのターミナルの改造や案内設置等の整備の優先順位等を決定することができ、離島航路利用者の移動負担感の減少にもつながるものと考えられる。

#### 4. 海上タクシーによるデマンド運航化の基礎的分析

多くの離島航路では、利用者の減少が続き事業継続が困難となっている。国土交通省では、2008年に輸送需要が著しく低い離島航路補助の対象航路において、定員12名以下の船舶、いわゆる「海上タクシー」的な規模で、定期運航あるいは定期運航に替わるデマンド運航化を図る<sup>2)</sup>としており、2015年度より、補助対象である旅客定期航路事業の離島航路から旅客不定期航路事業のデマンド型運航（海上タクシー）事業へ転換するケースについて、引き続き離島航路補助の対象とした<sup>15)</sup>。本章では、今後も増加していくと考えられる海上タクシーについて、運航の実態とデマンド運航化に関する基礎的分析を行った結果について述べる。なお本章の内容は、荒谷・宮崎の文献<sup>16)</sup>を編纂したものである<sup>8)</sup>。

##### 4.1 海上タクシーについて

海上タクシー事業は、一般に海上運送法第20条第2項に定める「人の運送をする不定期航路事業」を行う非旅客船（旅客定員12人以下の船舶）のことを指し、不特定の人々の需要に応じ、不特定の範囲の人の運送を行う事業のことをいう<sup>17)</sup>。簡単にいえば、陸上のタクシーと同様に、利用者の都合に合わせて目的地まで運航される船のことである。定期航路がある地域で多く運航されており、定期船が運航されていない時間帯などに利用できる、いわばタクシーのような船ということである。陸上のタクシーやチャーター船との違いは、行き先によりある程度料金が表示されており、乗合を前提としていることである。定期船が海象状況によっては早めに欠航となる場合が多い離島航路では、海上タクシーは天候悪化のぎりぎりまで運航する場合もあり、海象が悪い状況でも海上の往来が必要な利用者にとって不可欠な交通手段となっている。

##### 4.2 海上タクシーのサービス実態

図10は、ホームページを開設している海上タクシーを対象に区間距離と航路数の関係を示したものである。6km～8km程度の距離でサービスしている海上タクシーが最も多く、それ以降は徐々に少なくなっている。但し、60km以上を超える航路も一部で存在していた。これらの航路は、例えば、長崎県長崎市と五島市を結ぶ航路や香川県高松市と香川県の西側の島を結ぶ航路で見られた。

図11は、海上タクシーについて乗船距離と料金の関係を示したものである。なお、参考までに東京、ロンドン、ニューヨークの陸上タクシーの料金も示している。なお、海上タクシーの料金は人数ごとに料金を決めている会社もあるが、ここでは1人で乗船した場合を示している。

陸上のタクシーの場合、1回当たりの利用距離は4km程度<sup>18)</sup>であるが、海上タクシーの場合は、本土と離島を結ぶ場合が多く、その就航距離は比較的長い傾向にある。料金については短距離であれば、陸上タクシーと海上タクシーは同程度の料金も見られるが長距離になればなるほど陸上タクシーとの差は広がる傾向が見られた。

<sup>8)</sup> 公益社団法人日本航海学会より著作物一部活用転載について許可を得ている。

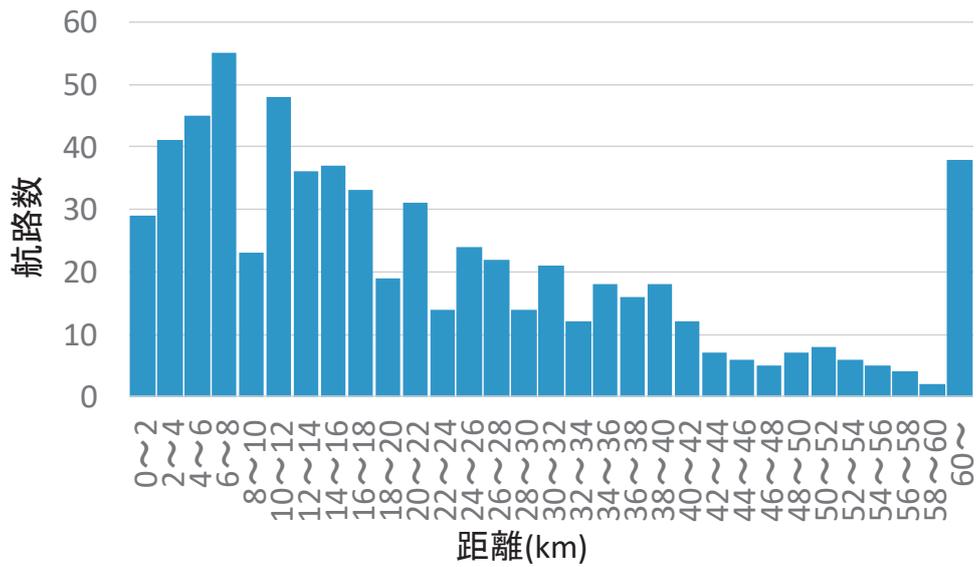


図10 海上タクシーの区間距離と航路数 (N=656 航路)

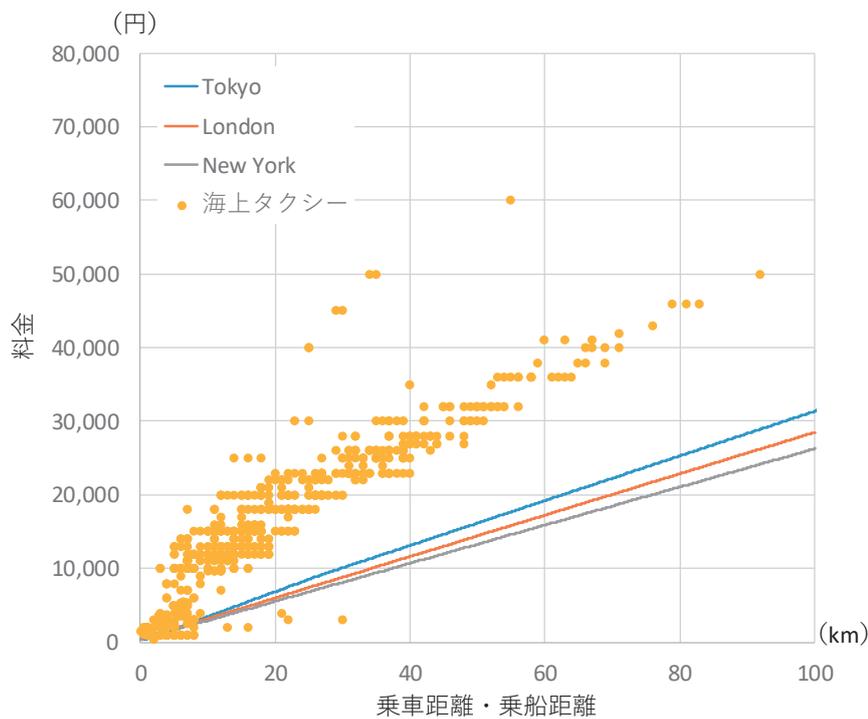


図11 乗車距離・乗船距離と料金の関係

### 4.3 海上タクシーを活用したデマンド運航化の基礎的分析

海上タクシーを活用したデマンド運航に転換した場合、定期航路で決まっている便数のうち、利用者がいなくて運航する必要がない便は運休にすることが可能<sup>9</sup>となる。すなわち、運休になった分だけ運航コスト(燃料費等)を節約することが可能となる。そのため、離島航路のデマンド運航化へ転換する際の判断として、事前に船が動

<sup>9</sup> 定期航路の場合は利用客が0人の場合でも運航する必要がある。

かない回数（運休回数）がどの程度あるかを検討しておくことは重要である。なお、デマンド運航の場合、発着の本土側・離島側のどちらかに利用者がいる場合は運航されるため、運休するケースは本土側・離島側の双方に利用者がいないケース、つまり往復1運航当たりの利用者数が0人の時に運休となる。そのため往復1運航当たりの利用者数を仮定し、その利用者数から運休確率を求めた。

算出方法は、利用者がランダムに到着すると仮定し、単位時間中にある事象が発生する平均回数を $\lambda$ とすると、単位時間中にその事象が $n$ 回発生する確率密度 $P_{(n)}$ は、ポアソン分布に従うとした。ポアソン分布は、一定時間にある出来事が起こる回数、頻度、個数などを説明する際に利用される離散型の確率分布である。式(2)にならって運休確率を求めた。運休確率は利用者数が0人の場合の確率となるため、往復1運航当たりの利用者数別の $P_{(0)}$ を求めることとする。表6がその結果である。1運航当たり5人( $\lambda=5$ )の利用者数がいた場合、運休確率は0.7%となり、殆どの場合、運休せずに運航されることがわかった。この場合、デマンド運航化せずに定期便の方がよい可能性もある。運休確率が約50%になる時の利用者数は、1運航当たり0.6人~0.7人であった。

$$P_{(n)} = \frac{\lambda^n}{n!} e^{-\lambda} \quad (2)$$

$P_{(n)}$  : 1運航当たりの利用者数が $n$ 人となる確率

$\lambda$  : 往復1運航当たりの利用者数

表6 往復1運航当たりの人数と運休確率

往復1運航当たりの利用者数 ( $\lambda$ )	運休確率 $P_{(0)}$
0.5	60.7%
0.6	54.9%
0.7	49.7%
0.8	44.9%
0.9	40.7%
1	36.8%
2	13.5%
3	5.0%
4	1.8%
5	0.7%

#### 4.4 海上タクシーのバリアフリー化

今後、海上タクシーによるデマンド運航が離島航路の一部を補完するような形で普及した場合、船舶のバリアフリー化についても検討する必要がある。現在、バリアフリー基準（移動等円滑化基準）<sup>19)</sup>では、2002年5月15日以降、定期航路に就航する総トン数5トン以上の旅客船はバリアフリー基準に適合する必要がある。現時点では、海上タクシーは不定期航路船なので、適合する必要はない。しかし、陸上のタクシーでは、社会の要請により、2006年に制定されたバリアフリー法において、福祉タクシーが新たに適合義務の対象として含まれ、2007年に改正されたバリアフリー整備ガイドラインを受けてユニバーサルデザインタクシー等の普及に至った<sup>20)</sup>。海上タクシーについても、社会の趨勢として同様の対応が望まれる可能性があり、特に、離島の定期航路を補完するような海上タクシーによるデマンド運航が普及していった場合には、適合義務化は加速すると思われる。

現在の海上タクシーは、海上運送法上、旅客定員12人以下の小型の船舶が殆どであるが、バリアフリー基準は、前述のとおり総トン数5トン以上なので、サイズとしては適合義務対象の船も存在している。しかし実際に

は、小型船の限られた配置でのバリアフリー化トイレの設置や車いすスペースの確保などは課題があり、総トン数 19 トンの小型旅客船を対象に、車いすを使用しても利用できる省スペースのトイレの試設計等の検討がなされている<sup>21)</sup>。海上タクシーの小型船舶と定期航路の小型旅客船では、サイズ及び船型が異なるため、これらの成果をそのまま海上タクシーに適用することは難しいが、海上タクシーによるデマンド運航を検討していく上では、効率面だけでなく、バリアフリー化についても同時に検討し、必要な整備をしていく必要があると考える。

## 5. まとめと今後の課題

本稿では、離島航路を取り巻く環境が厳しくなっている中、離島及び離島航路の実態について示し、離島居住者が離島と本土との往来時に発生する乗換がどの程度負担になっているのかを評価可能な一般化時間について述べた。さらに、今後、導入事例が増えてくると考えられる海上タクシーによるデマンド運航化について基礎的分析結果及び課題について述べた。

多くの離島航路は国や地方自治体が補助金を交付してその維持を図っており、多額の費用をかけて離島航路利用者の利便性向上を図ることは困難であるのが実情である。そのような中でも、一部航路ではバスフロート船<sup>10)</sup>が認められ<sup>22)</sup>、バス、タクシー、乗用車等の運転者、同乗者等の旅客が航行中もフェリーの暴露甲板上の車内にとどまることができ、乗換が発生せず移動負担感が少なくなる交通システムが導入されている。一方、最近では離島航路の採算性が厳しい背景から、フェリー型の船舶から旅客船へと小型化の方向に変わりつつある。旅客船の場合は車のまま乗り込むことはできず、港での乗換が発生するため、移動負担感が増加する傾向がある。このような移動負担感を等価時間係数と心理的負担時間を用いた一般化時間で評価する場合、船舶の形状やターミナルの状況から実際に移動負担感調査を行うことが最もよいが、本研究で示した値を用いることで簡便に求めることが可能である。船舶が代替される場合やターミナルの建て替えまたは設備変更は、地方自治体を中心となって計画を策定するが、その際、経済性と利便性の両面から評価することが重要であると考えられる。本研究の結果は、離島航路に就航する船舶の代替建造による設備面の変化やターミナルのバリアフリー化など環境の変化が予想される場合に離島航路利用者の利便性を簡便に定量的に評価できる点で有用であると考えられる。

海上タクシーを活用したデマンド運航化の基礎的分析では、運休確率が 50%になる平均利用人数は 0.6 人～0.7 人の間であった。そのため、平均利用人数が多い状態でデマンド運航化した場合は、利用者は毎回電話等で乗船を知らせなければならず、利便性の低下につながる可能性もある。2018 年現在、海上タクシーによるデマンド運航が実施されている長崎県の五島市宮航路は、五島市富江港と黒島を結ぶ航路及び五島市奈留島港と前島を結ぶ航路と 2 航路であり、どちらも二次離島<sup>11)</sup>の航路である。そのため人口も少なく<sup>12)</sup>デマンド運航には適していると考えられる。

一般化時間の算出に必要な移動負担感調査は、瀬戸内における複数の離島航路ターミナルの実態調査を通じて代表的に考えられる項目を中心に行った。しかし乗換部分については、さらにどのような項目が等価時間係数や心理的負担時間により影響するのか等を詳細に分析することが必要であると考えられる。これにより、限られた費用の中でのターミナルの改造や案内設置等の整備の優先順位等をさらに明確に決定することができ、離島航路利用者の移動負担感の減少にもつながるものと考えられる。

また今後、海上タクシーによるデマンド型運航が離島航路の一部を補完するような形で普及していった場合、船舶のバリアフリー化等の問題も出てくると考えられる。海上タクシーは、一般に海上運送法第 20 条第 2 項に定める「人の運送をする不定期航路事業」を行う非旅客船による事業を行っている会社が多く、旅客定員 12 人以下の船舶が殆どである。これら小型の船舶に対してどのようにバリアフリー化を施していくのが課題となる。

<sup>10)</sup> バスフロート船とは、海陸連結型交通システムとして、一定の要件を満たし、安全性が確保されると船長が判断した場合に、バス等の運転者、同乗者等の旅客が航行中も車内にとどまることができるカーフェリーのことである。

<sup>11)</sup> 二次離島とは、本土(北海道・本州・四国・九州・沖縄本島のいずれか)と直接の交通手段のない離島をいう。

<sup>12)</sup> 2015 年総務省国勢調査に基づく五島市黒島の人口は 2 人、五島市前島の人口は 23 人である。

さらに、離島航路のデマンド運航化については運航コストがどの程度低減されるかなどの分析も今後必要である  
と考える。

## 謝 辞

移動負担感調査にあたっては呉海運株式会社、瀬戸内シーライン株式会社、上村汽船株式会社、江田島汽船株式会社（現瀬戸内シーライン株式会社）、江田島市企画部企画振興課、広島商船高等専門学校の岡山正人教授及び同校の学生の協力を頂いた。また、移動負担感調査の回答は、江田島市在住の方々を始めとする多くの方々から頂いた。関係各位に深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 国土交通省九州運輸局：九州離島航路経営改善ガイド～離島航路の安定的な維持・活性化に向けて～，2012.
- 2) 国土交通省：離島航路補助制度改善検討会中間とりまとめ2008年8月，  
<http://www.mlit.go.jp/common/001012409.pdf>（2018年10月10日閲覧）.
- 3) 国土交通省：離島振興計画（平成25年度～平成34年度）  
[http://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/chirit/kokudoseisaku\\_chirit\\_fr\\_000005.html](http://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/chirit/kokudoseisaku_chirit_fr_000005.html)（2018年10月10日閲覧）.
- 4) 九州運輸局海事振興部：航路改善計画の概要について  
<http://www.tb.mlit.go.jp/kyushu/gyoumu/kaiji/file13.htm>（2018年10月10日閲覧）.
- 5) 大崎上島町：大崎上島町地域公共交通網形成計画，平成28年3月.
- 6) 江田島市：江田島市地域公共交通網形成計画，平成28年3月.
- 7) 伊吹観音寺航路改善協議会：伊吹～観音寺航路改善計画（概要），  
<http://www.tb.mlit.go.jp/shikoku/soshiki/kaiji/img/island/08.pdf>（2018年10月10日閲覧）.
- 8) M.F. Lai and Hong K. Lo: Ferry service network design: optimal fleet size, routing, and scheduling, *Transportation Research Part A Vol.38*, pp.305-328, 2004.
- 9) Audit Scotland: Transport Scotland's ferry services, 2017.
- 10) Teemu Makkonen, Maria Salonen and Sakari Kajander: Island accessibility challenges: Rural transport in the Finnish archipelago, *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, Issue 13(4), pp. 274-290, 2013.
- 11) 荒谷太郎，宮崎恵子：一般化時間を用いたシームレス小型船システム導入時の移動負担感に関する研究，海上技術安全研究所報告第16巻第4号特集号，pp.41-51，2017.
- 12) 木部暢子，三井はるみ，下地賀代子，盛思超，北原次郎太，山田真寛：文化庁委託事業 危機的な状況にある言語・方言の実態に関する調査研究事業報告書，（オンライン），  
[http://www.bunka.go.jp/seisaku/kokugo\\_nihongo/kokugo\\_shisaku/kikigengo/jittaichosa/pdf/kikigengo\\_kenkyu.pdf](http://www.bunka.go.jp/seisaku/kokugo_nihongo/kokugo_shisaku/kikigengo/jittaichosa/pdf/kikigengo_kenkyu.pdf)（2018年10月10日閲覧）.
- 13) 荒谷太郎，宮崎恵子：離島航路利用者における移動負担感，*IATSS Review*, Vol.43, No.2, pp.88-95, 2018.
- 14) 塚田幸広，河野辰男，田中良寛，諸田恵士：一般化時間による交通結節点の利便性評価手法，国土技術政策総合研究所資料，国総研資料第297号（オンライン），  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryounn/tnn0297pdf/ks0297.pdf>（2018年10月10日閲覧）.
- 15) 国土交通省海事局：海事レポート2017～人と技，たくましい「海」へ～，pp.54-59，2017.
- 16) 荒谷太郎，宮崎恵子：海上タクシーの実態及び離島航路のデマンド運航化に関する基礎的検討，日本航海学会講演予稿集，Vol.6, No.2, pp.131-134，2018.
- 17) 国土交通省中国運輸局ホームページ：<http://www.tb.mlit.go.jp/chugoku/kaiji/kaijou05.html>（2018年10月10日閲覧）.

- 18) 一般社団法人東京ハイヤー・タクシー協会：東京のタクシー2018,  
<http://www.taxi-tokyo.or.jp/datalibrary/pdf/hakusyo2018all.pdf> (2018年10月10日閲覧).
- 19) 国土交通省海事局安全基準課監修：旅客船バリアフリーガイドライン 旅客船バリアフリー～設計マニュアル  
改訂版, 2007.
- 20) 国土交通省総合政策局安心生活政策課監修：バリアフリー整備ガイドライン 車両等編, 2013.
- 21) 公益財団法人交通エコロジー・モビリティ財団：小型旅客船のバリアフリー化と標準化モデルの検討報告書,  
2018.
- 22) 国土交通省海事局安全政策課：海陸連結型交通システム (バスフロート船) の実用化に係る安全管理規程の  
設定について, [http://www.mlit.go.jp/maritime/maritime\\_mn6\\_000005.html](http://www.mlit.go.jp/maritime/maritime_mn6_000005.html) (2018年10月10日閲覧).