

離島航路におけるバスフロート船導入時の移動負担感に関する研究

荒谷 太郎¹・宮崎 恵子²

¹正会員 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 運航・物流系
(〒105-0001 東京都三鷹市新川6-38-1)

E-mail:aratani@nmri.go.jp

²非会員 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 運航・物流系
(〒105-0001 東京都三鷹市新川6-38-1)

E-mail:okuzumi@nmri.go.jp

わが国には多くの離島が存在している。それらの島々の多くは橋で結ばれてきているが、未だに本土との交通はフェリーのみで島も少なくない。離島の多くは高齢化が進んでおり、本土にある病院等との行き来には、路線バスとフェリーを乗り継いで行かなければならない。

本研究では、離島居住者が海陸連結型交通システム（バスフロート船）を利用した際及び従来のフェリーを利用した際にどの程度、移動に負担を感じるかを、一般化時間を用いて明らかにした。一般化時間の算出に必要な等価時間係数、心理的負担時間は、離島居住者を対象に移動負担感調査を実施し求めた。その上で、バスフロート船で移動した場合及び従来のフェリーと路線バスを乗り継いで移動した場合の一般化時間を算出した。その結果、バスフロート船を利用して移動した方が一般化時間は短くなり、バスフロート船の効果が確認できた。

Key Words: Ferry, Generalized time index, Mobility burden, Remote islands routes, Seamless ship transportation system

1. はじめに

わが国における離島の高齢化率は高く、過疎化が進行している。わが国全体の高齢化率（人口に占める65歳以上人口の割合）は、23.0%であるのに対し、わが国の全離島の平均高齢化率は43.9%（2011年10月1日人口推計）と高い水準にある。離島居住者は、通院や買い物などの日常生活において、本土との往来を行う必要があり、移動にはフェリーや旅客船を利用しなければならない。特に高齢者にとっては、待ち時間や交通結節点内での移動など、離島と本土の往来は大きな負担となっている。

このような中、国土交通省は、海陸連結型交通システムとして、平成27年4月より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のできるカーフェリー（バスフロート船）を認めることとなった。これにより離島と本土とを結ぶ直通的な路線バスの運行が期待され、離島居住者の本土への利便性が向上すると考えられる。

本研究では、離島航路にバスフロート船が導入された際の移動負担感について、一般化時間を用いて明らかに

することを目的とする。具体的には、離島航路のフェリーにおいて移動負担感調査を実施し、一般化時間の算出に必要な等価時間係数、心理的負担時間を求めた。その上で、バスフロート船で移動の場合及び従来のフェリーと路線バスを乗り継いで移動した場合の一般化時間を算出し、バスフロート船導入の効果を移動負担軽減の観点から明らかにした。

2. 既往研究と本研究の位置づけ

離島航路に関する研究では、離島航路の現状に焦点を当てた研究^{2,3,4}が多くみられる。離島航路の多くは、航路維持やサービス改善に苦勞していることから、国や自治体の補助金投入に関する分析をした研究⁵や離島航路維持政策の枠組みについて整理したもの⁶、サービス改善に関する研究^{7,8}、離島航路のあり方について歴史的経緯や諸外国の状況をもとに検討を行った研究⁹などがある。海外では、スコットランドにおける航路サービスの効率性に関する研究¹⁰や南西フィンランドにおける離島航路のパフォーマンスを分析している研究¹¹などがある。離島居住者が離島と本土を往来する際に特に負担とな

るのはターミナルでの乗換である。乗換時の負担に関する研究では、乗換抵抗値に関する研究は多く見られるが、本研究では乗換時の負担について一般化時間を用いて明らかにすることとした。この理由として、一般化時間は、歩行速度等の乗換行動の調査から簡便かつ定量的に負担感を把握できる指標であるためである。一般化時間を用いた研究では、鉄道駅の乗換を評価した研究^{12,13}がみられる。また一般化時間の等価時間係数を徒歩、バス、タクシー、鉄道間で比較し、高齢者の交通行動時の負担感を明らかにした研究¹⁴がある。著者らは、離島居住者が離島航路を利用した際の移動における負担感に関する研究¹⁵を実施しているが、一般化時間の算出に必要な等価時間係数や心理的負担時間は既存の調査結果¹³を用いて算出していた。特にフェリーや旅客船（高速船を含む）が就航している離島では、本土に比べて高齢化が著しく、船の利用を前提とした生活をしているなど、本土とは違った生活形態がみられる。路線バスとの乗り継ぎについては、ターミナルとバス停が隣接していないことも多く、案内の数も、駅等に比べて少ない。本研究は、これら離島航路特有の乗換行動を反映した移動負担感調査を実施し、その調査を基に等価時間係数や心理的負担時間を求め、離島航路にバスフロート船が導入された際の効果を移動負担感として求めた点に特色があると考えている。

3. 一般化時間の算出方法

(1) 一般化時間について

本研究において一般化時間とは、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いる。図-1は、一般化時間を構成する要素を示したものである。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。肉体的な負担は、歩行など水平移動している時間の他に、階段の上り下りや待ち時間などの負担を示している。心理的な負担は、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を示している。それぞれの値は、

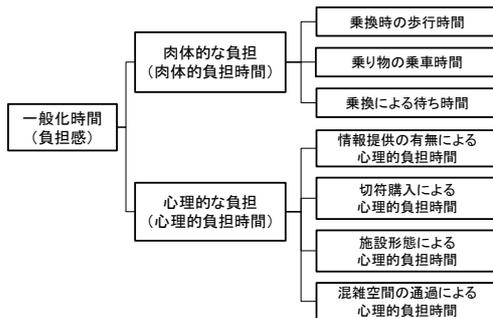


図-1 一般化時間による負担感の構成要素

式(1)のとおりに算出される。

$$G_j(\text{一般化時間}) = \sum_i g_{ji} = \sum_i (W_{ji} \times T_{ji}) + \sum_i I_{ji} \quad \text{式(1)}$$

G_j : 利用者属性が j の場合の経路全体の一般化時間

g_{ji} : 利用者属性が j の場合の i 番目の区間における一般化時間

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

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

(2) 等価時間係数 W 、心理的負担時間 I の計測

等価時間係数 W 、心理的負担時間 I を求めるために、離島と本土間を移動する離島居住者を対象に移動負担感調査を実施した。実施場所は、広島県大崎上島（白水港・垂水港）と竹原市を結ぶ竹原～大崎上島航路のフェリー内にて行った。この航路において実施した理由は、①本土とは橋で結ばれておらず、本土との往来は海上交通を利用しなければならない島であること、②島内に路線バスがあること、③島の人口が 8,353 人（平成 22 年国勢調査）であり離島としては比較的人口が多く、分析に必要なサンプル数が期待できるからである。移動負担感調査の概要を表-1 に示す。移動負担感調査は、2015 年 9 月 3 日～5 日の 3 日間、フェリー利用者自記式にておこなった。

移動負担感調査においてフェリー利用者に調査した内容を表-2 に示す。等価時間係数については、既往研究と同様に上り階段、下り階段について調査するとともに、バス車内・フェリー船内での待ちについては、空間の広さが異なることからそれぞれ調査することにした。心理的負担時間については、瀬戸内における複数の離島航路のターミナル施設の実態調査を通じてフェリー利用者へ調査する項目を設定した。なお、事前の実態調査にて、多くの離島航路でフェリー到着時に利用客が降り口付近へ集中することによる混雑が日常的に発生していたため、

表-1 移動負担感調査の概要

項目	内容
実施場所	竹原～白水・垂水間フェリー内
実施日	2015年9月3日～5日(3日間)
	9月3日 10:30～17:55(竹原～白水)
	9月4日 8:55～18:37(竹原～垂水) 9月5日 10:30～18:37(竹原～白水・垂水)
実施方法	フェリー利用者自記式にて実施 ① フェリー出港後、調査員がフェリー利用者に調査票(ボールペン付き)を配布 ② フェリー利用者が乗船中(20～25分間)に調査票を記入(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 回答終了の頃合を見て、調査員が回収

表-2 移動負担感調査の概要

項目	内容
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項目	フェリー船内の着座における負担 バス車内の着座における負担 上り階段における負担 下り階段における負担
心理的負担時間に関する項目	乗換案内の有無 出発案内の有無 料金支払い 待ち空間・雨宿り場所の有無 待合ベンチの有無 駐車場利用
その他	フェリー下船時における混雑

その他の調査項目として、このような混雑したフェリーの下船時は、スムーズな下船よりどの程度時間がかかると感じるかを調査した。

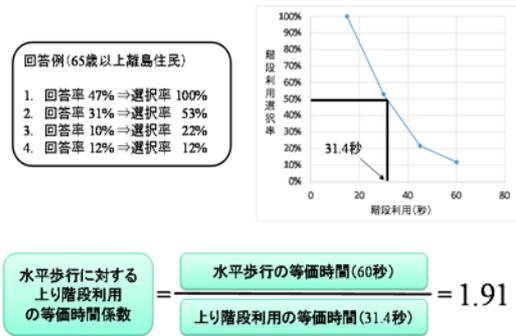
(3) 等価時間係数Wの求め方

等価時間係数 W を算出するために、移動負担感調査において、フェリー利用者に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じる行動を選択肢の中から選択し回答してもらった。設問例を図-2に示した。その後、回答結果は集計し、本研究では塚田ら¹³⁾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た（図-3）。図-3の設問例の場合、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、上述のとおり基準となる水平歩行の等価時間は60秒であるため、等価時間係数Wは1.91となる。

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)

図-2 等価時間係数 W を求める際の設問例



(4) 心理的負担時間の求め方

心理的負担時間 I の算出については、移動負担感調査において表 2 に示した各種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%となる点を評価値、すなわち該当する心理的な負担としての損失負担時間とした。移動負担感調査の設問例を図-4にその結果を図-5に示した。移動に関わる情報の有無について評価値を算出する場合、図-5のとおり、フェリー利用者の選択率が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な損失負担時間となる。なお、下船時の混雑については、フェリー利用者によってばらつきが大きくなることが想定されたため、損失時間を直接調査し、平均値を採用することとした。

(5) 計測の結果について

3日間の移動負担感調査では、離島に居住するフェリー利用者 210 人から結果が得られた。この回答結果を用いて、離島居住者の等価時間係数 W、心理的負担時間 I を求めた。

表-3は、等価時間係数 W を求めた結果である。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少ないことを示している。

非高齢者、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少ない結果になった。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。次に、下り階段より上り

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

図-4 心理的負担時間の設問例

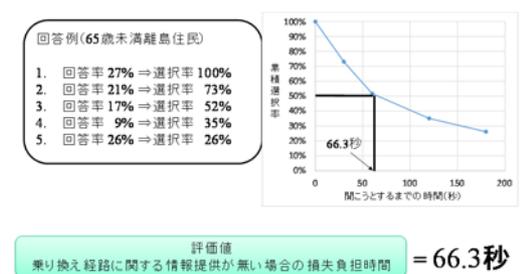


表-3 等価時間係数の算出結果

等価時間	フェリー船内(着座)	離島居住者		検定
		非高齢者	高齢者	
フェリー船内(着座)	0.27	0.33	*	
バス車内(着座)	0.40	0.41		
上り階段	1.88	1.91		
下り階段	1.61	1.77		

*5%有意水準
**1%有意水準

表-4 心理的負担時間の算出結果

心理的負担時間	乗換案内有無(秒)	離島居住者		検定
		非高齢者	高齢者	
乗換案内有無(秒)	66	33	**	
出発案内有無(秒)	73	47	**	
料金支払い(秒)	10	8		
待ち空間雨宿り(秒)	33	30	*	
待ちベンチ(秒)	13	17		
駐車場(秒)	129	120		
その他 下船時混雑(平均秒)	35.52	26.27		

*5%有意水準
**1%有意水準

階段の方が等価時間係数 W の値が大きくなった。通常非高齢者であれば、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 W の算出結果についても同様の結果となった。高齢者においても同様に上り階段が下り階段より等価時間係数 W が大きい結果となった。非高齢者と高齢者について等価時間係数 W の値を比較すると、上り階段が 1.88 と 1.91、下り階段が 1.61 と 1.77 であり、高齢者の方が共に値が大きい結果となった。これは高齢者の方が水平方向と比較して上り階段、下り階段の負担感が大きいことを意味しているといえる。

非高齢者と高齢者の等価時間係数に違いがあるかをカイ二乗検定により検定を行った。その結果、フェリー船内(着座)のみ 5%有意水準の差が認められた。上り階段及び下り階段は高齢者の方が値は大きい、有意な差は認められなかった。

表-4 は、心理的負担時間 I を求めた結果である。乗換案内有無は、高齢者より非高齢者の方が心理的負担時間は長くなった。これは、高齢者は乗換経路が分からない場合は、直ぐに周りの人に聞く傾向があるものと考えられる。出発案内有無は、非高齢者の方が高齢者より心理的負担時間は長くなった。これは非高齢者の方が時間を気にして、遠くの場所まで出発時間を確認したいものだと考えられる。待ちベンチは、高齢者の方が非高齢者より心理的負担時間は長くなり、少し遠く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 120 秒程度となり、少々離れてい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。また、下船時混雑については、平均値が高齢者は 26.27 秒、非高齢者が 35.52 秒となり、非高齢者の方が長く待たされ

ていると感じていることがわかった。

非高齢者と高齢者の値の違いがあるかをカイ二乗検定により検定を行った。その結果、乗換案内有無と出発案内有無に 1%有意水準の差が認められ、待ちベンチは 5%有意水準の差が認められた。

4. バスフロート船導入の効果算出

本章では、竹原～大崎上島間のフェリーにバスフロート船が導入された際に、離島居住者の移動負担感がどの程度変化するかを、表-3、表-4 で示した等価時間係数 W 、心理的負担時間 I を用いて一般化時間を算出した。往路はバスフロート船で移動し、復路は路線バスとフェリーを乗り継いで移動(フェリー利用)した場合についてそれぞれ算出した。

大崎上島は、前述のとおり人口が 8,353 人の広島県の離島であり、高齢化率が 43.0% (平成 22 年国勢調査) と高い。本土とは竹原市及び東広島市へフェリー及び高速船で結ばれており、他にも大崎下島(本土との橋梁あり)、大三島(本土との橋梁あり)、愛媛県今治市とのフェリーも就航している。大崎上島の居住者の多くは竹原～大崎上島(垂水港・白水港)の航路を利用している。そこで、竹原～大崎上島間における一般化時間を算出した。なお、対象とする行程として、大崎上島(離島側)の出発地・到着地は比較的住宅が立ち並ぶ西原下バス停とし、竹原市(本土側)の出発地・到着地は総合病院のある中通りバス停とした。

表-5 は、分析における前提条件を示している。各前提条件等は、平成 26 年度に実施した写真-1 に示すシームレス小型船システム¹¹⁾の実験船による社会実験¹⁶⁾をベースに値を定め、さらに実地調査を行った上で、各時間や距離について設定を行った。

図-6 は、表-5 の前提条件に基づいて一般化時間を算出した結果である。非高齢者の一般化時間は、フェリー利用が 2,141 秒であるのに対し、バスフロート船は 1,757 秒であった。高齢者の一般化時間は、フェリー利用が 2,301 秒であるのに対し、バスフロート船は 1,778 秒であ



写真-1 シームレス実験船によるバスフロート船
(平成 26 年度の社会実験時)

表-5 分析における前提条件

NO	項目	路線バス+フェリー		バスフロート船	備考
		竹原 (本土側) 出発	大崎上島 (離島側) 到着		
1	バス乗車時間	15分	17分	15分+17分	離島側は西原下～大崎上島町役場、本土側は竹原フェリー～中通りの区間
2	フェリー待ち時間	10分			10分前までにチケットを購入する必要があるため
3	バス待ち時間		3分		
4	雨宿り場所	有	無		出発側フェリー乗り場の待ち空間、到着側はバス停の待ち空間
5	待合ベンチ	有	無		
6	出発案内	有	無		
7	バス停→チケット売り場	40.5m			大崎上島白水港の最寄りバス停は大崎上島町役場。歩行速度は、注)を参照
8	チケット売り場→浮揚橋	101.5m			注)を参照
9	浮揚橋→バス停		219.4m		本土側のバス停は東側のバス停を利用
10	下船時の混雑		有		
11	乗換案内の有無	無	無		
12	料金支払い	2回	1回	1回	出発側はバス下車時と船乗船時に料金を支払うため2回、到着側はバス下車時の1回
13	上り階段		有		客室が2Fにあるため
14	下り階段		有		
15	フェリー航行時間		30分	30分	
16	バスの乗下船時間			5分+5分	ピーチング装置による乗下船の時間

注) 距離の部分は、歩行速度(非高齢者1.04m/秒、高齢者0.81m/秒)より歩行時間に換算して算出している。
なお歩行速度は平成26年度における社会実験時に測定したものである。

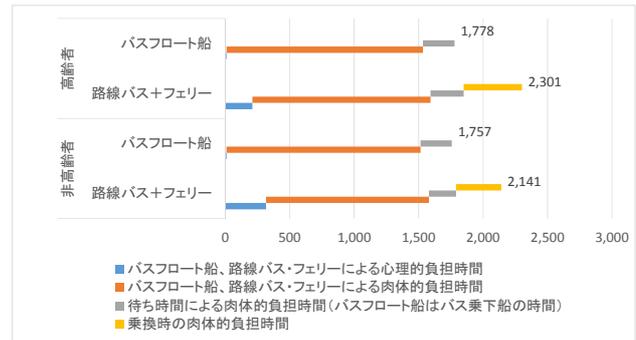


図-6 一般化時間の内訳

った。バスフロート船による移動負担感の軽減効果は、非高齢者で 17.9%、高齢者で 22.7%であった。フェリー利用では、路線バス・フェリーの心理的負担時間及び乗換時の肉体的負担時間が長いために、一般化時間が長くなったのに対し、バスフロート船の場合は乗換が無いために、一般化時間が短くなる結果となった。一方でバスフロート船では、バス車内に旅客が留まるために、車内空間がフェリーに比べて狭いことが影響し、路線バス・フェリーの肉体的負担時間が長くなっている。つまり、長時間、海上移動しなければならない離島航路では、車内空間が狭いとその点での移動負担感が大きくなる可能性があるが、瀬戸内海の離島のような比較的本土と近接している離島では、他の心理的な負担や乗換時の肉体的負担が軽減され、効果が確認できる結果となった。

5. まとめと今後の課題

本研究では、移動負担感調査により離島居住者における等価時間係数・心理的負担時間を求めた。その上で、バスフロート船で移動した場合及び従来のフェリーと路線バスを乗り継いで移動した場合の一般化時間を算出した。その結果、バスフロート船を利用した方が一般化時間は短くなり、移動負担感が少なくなる結果となった。また、一般化時間は非高齢者よりも高齢者の方が長くなり、高齢化が進んでいる離島地域では、バスフロート船の導入により、移動負担感を軽減させる可能性があることが確認できた。

なお、本研究における等価時間係数・心理的負担時間は、大崎上島を対象にした移動負担感調査より求めたが、今後は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る。これらを確認することによって、より精緻に離島航路における移動の負担感を算出することが可能になるといえる。

謝辞：本研究は、平成25年度から平成27年度交通運輸技術開発推進制度における研究開発業務「離島の交通支援のためのシームレス小型船システムの開発」の成果の一部である。また、移動負担感調査にあたっては広島商船高等専門学校の岡山正人教授及び同校の学生にご協力いただいた。ここに謝意を表す。

注

[1] 船に搭載する車両（バス）が旅客室となり、乗客が交通機関の乗り換えをせずに目的地まで移動できる海上交通と陸上交通間の円滑化が図られたピギーバック型の旅客船

参考文献

- 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 2016年7月14日閲覧
- 山本裕：わが国の離島交通と離島物流、長崎県立大学経済学論集、第46巻第2号、pp.71-86、2012。
- 岡山正人：パーソントリップ調査による島内在住者の交通行動実態分析-大崎上島を事例として-、沿岸域学会誌 Vol.22、No.2、pp.63-76、2009。
- 中条潮：離島航路補助政策再考、三田商学研究、第25巻、第6号、pp.835-854、1983。
- 中出貴大、竹林幹雄：本土との接続性を考慮した離島・島嶼地域における交通サービスに関する実証分析、運輸と経済、第75巻第12号、pp.67-78、2015。
- 寺田一薫：ユニバーサルサービス維持策としてみた離島交通政策課題-鹿児島・奄美の離島を中心として-、運輸と経済、第75巻、第2号、pp.50-57、2015。
- 福村周郎、大枝良直、角知憲：離島航路における高速船導入の可能性に関する研究、土木計画学研究・講演集、Vo. 39、CD-ROM、2009。
- 永岩健一郎、鶴田三郎、黒川久幸、苦瀬博仁：近接離島の生活航路における運航サービス改善に関する研究-単独航路について-、日本航海学会論文集、第106号、pp.261-270、2015。
- 長谷知治：離島航路を巡る環境変化と政策、海事交

- 通研究、第 61 集、pp.45-54、2012.
- 10) Alfred J. Baird: “Comparing the efficiency of public and private ferry services on the Pentland Firth between mainland Scotland and the Orkney Islands” *Research in Transportation Business & Management*, Volume 4, Pages 79-89, 2012.
 - 11) T. Makkonen, M.Salonen and S. Kajander: “Island accessibility challenges: Rural transport in the Finnish archipelago”, *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, Issue 13(4), pp. 274-290, 2013.
 - 12) 飯田克弘、新田保次、森康男、照井一史：鉄道駅における乗換行動の負担感とアクセシビリティに関する研究、土木計画学研究・講演集、Vol. 19(2)、pp. 705-708、1996.
 - 13) 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/siryou/tnn/tnn0297pdf/ks0297.pdf>、2006。2015 年 6 月 11 日確認
 - 14) 新田保次、三星昭宏、森康男：モビリティ確保の視点からみた高齢者対応型バス計画についての一考察、土木学会論文集 No.518/IV-28、pp. 43-54, 1995.
 - 15) 荒谷太郎、宮崎恵子：一般化時間による離島居住者の海上交通移動の負担感に関する分析、交通学研究、第 59 号、pp. 173-180、2016.
 - 16) （独）海上技術安全研究所、（独）交通安全環境研究所、ヤンマー株式会社、ワイエム志度株式会社：離島の交通支援のためのシームレス小型船システムの開発成果報告書、平成 26 年度交通運輸技術開発推進制度における研究開発業務、2015 年 3 月.