

交通運輸技術開発推進制度
研究成果報告書
(ダイジェスト版)

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

平成28年3月

(国研) 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

研究成果報告要約

作成年月	平成28年3月
研究テーマ名	地域における公共交通の確保維持改善
研究課題名	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
研究代表者名	(国研) 海上技術安全研究所 田中 信行
研究期間	平成25年7月26日～平成28年3月22日
研究の目的	<p>離島では、急速に高齢化が進んでおり、高齢者の本土への移動負担を少なくし、公共交通を維持していく必要がある。一方、離島の自然等には魅力があるものの、本土からのアクセスやコスト面がネックとなり、観光客数は減少傾向にある。</p> <p>そのため、離島航路の円滑な維持・改善・代替を通じた離島居住者の生活基盤の維持や離島観光等の周遊交通の活性化を目的として、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ピギーバック型のシームレス小型船システムを開発し、社会実験等を通じてシステムを評価する。また、EV車両とシームレス小型船間で、電池の充放電を可能とするシステム設計技術の検証を行う。</p>
研究成果の要旨	<p>(1) 平成25年度及び26年度に、設計、建造、調整、安全対策等を経て、シームレス小型船システムの実験船(以下、シームレス実験船)を完成させた。</p> <p>(2) 平成26年度に、シームレス実験船の基本性能及び安全対策の機能確認等を行い、選定した離島航路(竹原～大崎上島)において社会実験を実施し、シームレス小型船システムの受容性の確認等を行った。</p> <p>(3) 平成27年度に、シームレス小型船システムの実用化技術を構築するため、自動化・省力化技術の検討・開発を行った。また、EV車両とシームレス小型船間の充放電技術の開発(平成26年度)並びにEV充電制御技術の開発と海上試験等による機能確認を行った(平成27年度)。</p> <p>(4) シームレス小型船システムの適用効果に関する検討として、負担感を定量的に評価する手法を開発した(平成26年度及び27年度)。また、物流へ利活用の提案、離島周遊観光シミュレーション、費用対効果シミュレーションによる評価、導入効果向上のための要件整理を行った(平成26年度及び27年度)。</p> <p>(5) 平成27年度には、社会実験で得られた知見、各種シミュレーション結果に基づき、シームレス小型船システムのコンセプトのとりまとめを行った。</p>
知的財産権 取得状況	<p>特許出願 1件(3年間合計1件)</p> <p>特許出願(予定) 1件(3年間合計1件)</p> <p>著作権登録 0件(3年間合計0件)</p>
研究成果発表実績	<p>論文発表: 国内 6件、海外 0件(3年間合計国内8件、海外0件)</p> <p>口頭発表: 国内 0件、海外 0件(3年間合計国内0件、海外0件)</p> <p>その他 : ニュースレター掲載 1件(3年間合計1件)</p>

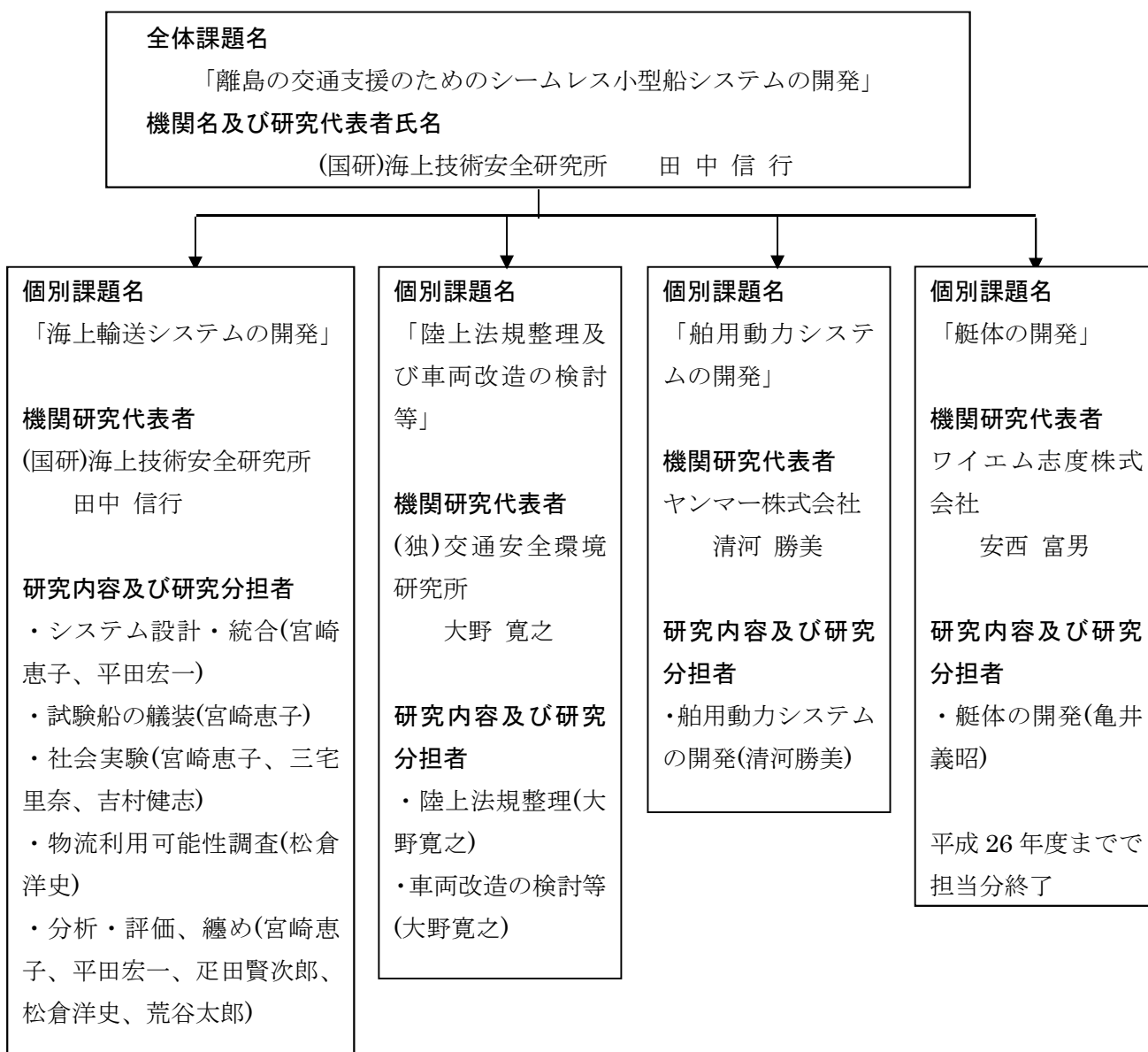
研究開発の目的と実施体制

研究開発の目的

離島航路の円滑な維持・改善・代替を通じた離島居住者の生活基盤の維持や離島観光等の周遊交通の活性化を目的として、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ピギーバック型のシームレス小型船システムを開発し、社会実験等を通じてシステムを評価する。また、EV 車両とシームレス小型船間で、電池の充放電を可能とするシステム設計技術の検証を行う。

研究実施体制

本研究は、(国研)海上技術安全研究所を総括研究機関とし、(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と共同して実施した。担当機関の研究実施の流れを示すチャートは以下の通りである。



研究開発成果

1. 序論

国土交通省では、交通運輸分野に係る政策課題の解決に資する研究開発を重点的に実施するため、平成 25 年度から「交通運輸技術開発推進制度」を創設している。本報告書は平成 25 年度に採択され 3 年計画で実施中の『研究テーマ：地域における公共交通の確保維持改善の「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」』について、平成 25 年度から 27 年度までの 3 年間の成果をとりまとめたものである。

2. 研究成果

2. 1 シームレス実験船の開発

離島航路の円滑な維持・改善・代替を通じた離島居住者の生活基盤の維持や離島観光等の周遊交通の活性化を目的として、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目的地まで移動できるピギーバック型のシームレス小型船システムの概念を構築した。これに基づき、シームレス小型船システムの実験船（以下、シームレス実験船）の設計、建造、調整、安全対策等を経て、シームレス実験船を完成させた（図 1、表 1 参照）。

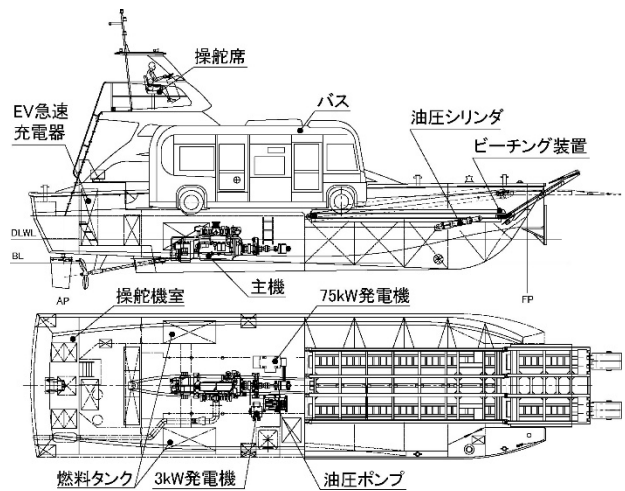


図 1 シームレス実験船の一般配置図

表 1 シームレス実験船の主要目

長さ(全長)	16.50m	深さ(型)	1.50m
長さ(垂線間)	14.90m	喫水(計画)	0.75m
幅(全幅)	4.60m	総トン数	約 17 トン

2. 2 シームレス実験船による社会実験

シームレス実験船の基本性能及び安全対策の機能確認等を行い、選定した離島航路（竹原～大崎上島）において離島居住者を主たる被験者にして社会実験を実施し、シームレス小型船システムの受容性の確認等を行った（図 2 参照）。



図 2 社会実験の状況

2. 3 システムの実用化技術に関する検討

2. 3. 1 自動化・省力化設備の要件の検討

シームレス実験船の離着岸試験、バスの乗下船試験、社会実験を通じて作業動線の解析をするとともに、操船者等からの意見を収集し、実用化のための自動化・省力化の要件を以下のようにまとめた。

- 船首から着岸する際、操舵席から船首部の状況が確認しづらく、操船者以外の作業者が船首部を確認する必要があった。そのため、船首から岸壁までの距離を操舵席で把握するための機器を取り付けることで省力化を図る。
- 係船作業の際、複数の作業者が係船ロープを巻き上げており、その負担が大きかった。そのため、操舵席で係船ロープの巻き取り及び解放ができ、しかも係船ロープの張力を自動制御することで係

船作業の自動化・省力化を図る。

- c. 車両乗下船装置の操作を操舵席で行うためのシステムを設置する。さらに、車両の重心移動に伴う船体上下動に対する乗下船装置の自動制御を行い、自動化・省力化を図る。
- d. 海上航行時の操船者の負荷を低減するため、機関の運転状況及び燃料消費状況をわかりやすく表示するシステムを搭載する。

2. 3. 2 自動化・省力化設備の検証

上記の検討結果に基づき、上記 a から d を実現するための船内 LAN を利用したシステムを開発し、模型実験及び陸上試験等でその動作を確認した。その後、シームレス実験船への実装を行い、岸壁及び海上航行においてその機能を検証した。図3から図5は、これらの自動化・省力化設備を操舵席で操作・表示するための画面である。



図3 離着岸支援システムの表示画面



図4 係船作業支援システムの操作画面



図5 乗下船装置自動制御システムの操作画面

2. 3. 3 シームレス船のEV充電制御システムに関する技術開発

EV車両とシームレス実験船間の充放電技術の開発を進めてきた。特に、実用化のために必要不可欠な運航時の負荷変動を伴う状況下での安定したEV充電を実現するため、充電制御のアルゴリズムに改良を加え、シームレス実験船の海上航行等により機能確認を行った(図6及び図7参照)。さらに、蓄電池を含む船内電気機器及びEV充電制御システムの様々な船上試験を実施し、安全性を検証した。



図6 海上航行でのEV充電試験

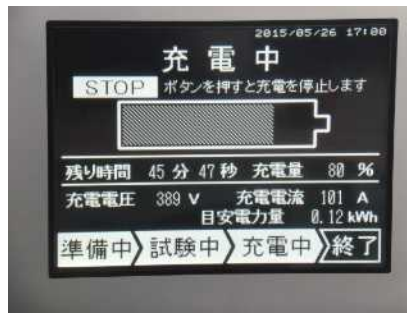


図7 EV充電制御システムの表示画面

2. 4 システムの適用効果に関する検討

2. 4. 1 複数航路における一般化時間の算定

シームレス小型船システムを離島航路に就航させた場合の効果について、利用者の時間的負荷低減の観点から検討するため、シームレス小型船システムを利用して移動した場合と、既存の公共交通(路線バス・フェリー等)を利用して移動した場合の負担感の違いを定量的に評価する手法を開発した(図8

参照)。

離島航路におけるアンケート調査により、交通機関の乗り換えの負荷を評価するために必要な等価時間係数・損失時間及び心理的負担時間の算出を行った。さらにそのデータを用いて、複数航路における一般化時間値を算出し、シームレス小型船システムの評価を行った。瀬戸内の離島における4航路において、一般化時間を算出したところ(図9参照)、すべての航路においてシームレス小型船システムを利用して移動した方が一般化時間の値が短く利用者の負荷が小さくなることが示され、シームレス小型船システムを導入した際の効果が確認できた。その効果は非高齢者より高齢者の方が高く、高齢化が進んでいる離島地域において有効な交通手段となることが確認できた。

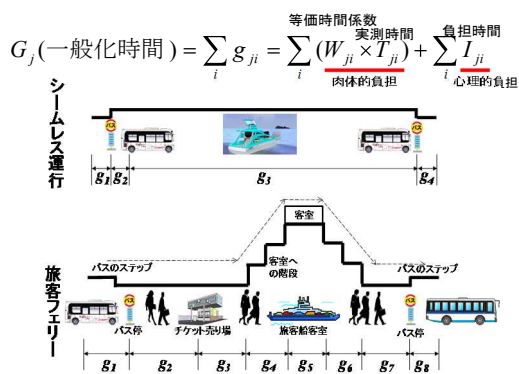


図8 一般化時間によるシームレス小型船システムと既存の公共交通との負担比較の概要

航路	利用者	現状の移動方法 (A)	シームレス小型船導入 シームレス運航バス (B)	効果1 効果1 (C)=(A)-(B)	効果2 効果2 (D)=(C)/(A)
竹原～大崎上島	非高齢者 (65歳未満)	路線バス+フェリー	シームレス運航バス	384秒	17.9%
	高齢者 (65歳以上)	2141秒	1757秒	523秒	22.7%
丸亀～本島	非高齢者 (65歳未満)	路線バス+フェリー	シームレス運航バス	182秒	11.2%
	高齢者 (65歳以上)	1624秒	1442秒	347秒	19.2%
須田～粟島	非高齢者 (65歳未満)	路線バス+フェリー	シームレス運航バス	182秒	19.6%
	高齢者 (65歳以上)	1340秒	1078秒	466秒	29.9%
観音寺～伊吹島	非高齢者 (65歳未満)	路線バス+旅客船	シームレス運航バス	254秒	18.1%
	高齢者 (65歳以上)	1405秒	1151秒	409秒	26.0%

図9 複数航路における一般化時間の算出結果

2. 4. 2 物流への利活用ルートシミュレーション

中小規模の離島では、過疎化、高齢化、卸売・小売業の推定、航路数の減少が進んでいる。そのため、上記離島居住者はいわゆる買い物弱者となりつつあり対策が急務である。そこでシームレス小型船システムを利用した買い物支援策として店舗物流の代替となる移動販売事業を提案し、費用対効果等々を評価した。

本移動販売事業は、個人事業主が地元スーパーを商品供給元とし、軽自動車等を用いて行うものを基本型とする。事前検討により離島地域だけでは採算の点で厳しいこと等を考慮し、図10左側にように離島訪問日(週2日を想定)の午前あるいは午後に離島で販売を行い、他時間帯あるいは他移動販売日(週4日)は山間部や都市部の買い物困難地域を回るルートで策定した。行政の支援としては販売用軽自動車の初期投資、車両航送料、当初3年間の採算支援(通減)のみを想定している。

上記事業の評価を行った結果、今回策定したルートでは図10右側に示すように、事業が安定する4年目以降において事業者及び地元スーパーは事業継続可能な利益を上げ、離島居住者の便益評価においても効果が見込めることがわかった(本土側の移動販売による住民の便益も加味可能)。

以上により、シームレス小型船システムを用いることで、有用かつ持続可能な移動販売事業を大きな行政負担なしに離島居住者に提供可能であることを示した。

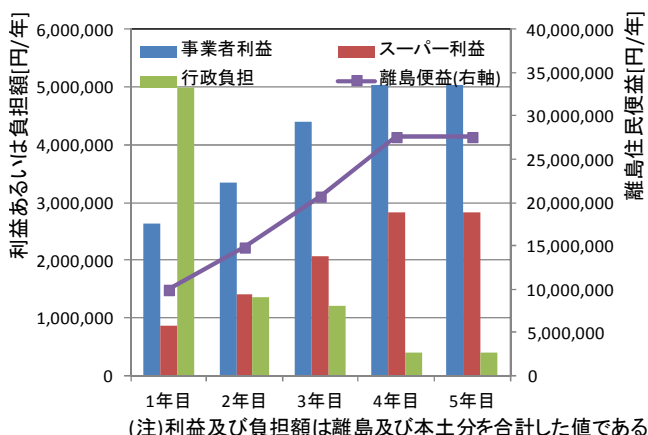
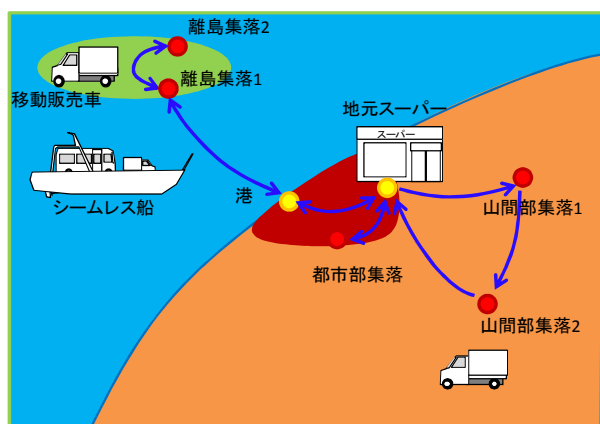


図10 移動販売事業案の概要(左)と評価例(右)

2. 4. 3 離島周遊観光シミュレーション

シームレス小型船システムを離島の周遊観光に利用した場合について、福岡県志賀島・能古島周遊並びに香川県豊島・直島周遊について、観光客の行動範囲や滞在時間等の観点から効果を検討した。いずれも、乗換回数の減少や乗船・乗車時間と乗換待ち時間が減少し、身体的・心理的な苦痛や負担が軽減する結果となった。また、本土側の主要駅から港までや、各島での観光の交通手段が船から連続したバスとなり、徒歩はもちろん単独の路線バスよりも身体的負担が少なくなることがわかった。また、行動範囲や滞在時間の拡大にもつながり、観光客の利便性が向上するだけでなく、観光客が消費活動を行う時間と範囲が拡大するため、自治体や離島居住者の経済面でも期待できるといえる。

シームレス小型船システムの運用の面において、出航時刻を任意に設定できる場合は、各島での滞在時間を自由に設定することで、観光客のニーズに適した観光スケジュールを組みことが可能になると考えられる。

2. 4. 4 費用対効果シミュレーション

シームレス小型船システムを既存の離島航路へ就航させた場合の費用対効果について確認するシミュレーションシステムとして、運航事業者が既存航路において作成している損益計算書の費用項目等の値を入力することにより、同システムの導入効果を事業採算性及び利用者利便を示す一般化費用から把握できるシステムを構築した。そのシステムを基に、評価期間を20年として、離島における島の人口減少を加味し、中心市街地までの交通サービス水準をケーススタディごとに設定した上で、上記について算出を行った。図11は瀬戸内海における航路を例として、図11(左)はフェリーをシームレス小型船システムに変更した場合の経常損益を示している。この航路では、シームレス小型船システムを導入した場合、1年目から11年目までは黒字で運航できることがわかった。11年目以降については、人口減少を加味した運航便数を調整することで、黒字を維持できる可能性がある。図11(右)は、旅客船をシームレス小型船システムに変更した場合を示している。この航路では、シームレス小型船システムに変更する際、1便あたりの乗客が乗船できるように約2倍に運航便数を増やしたケースで比較しているが、この場合は黒字に転換させることは難しいが、最も経常損失を少なくできる結果となり、なおかつ運航便数も増えているため利便性も向上する結果となった。

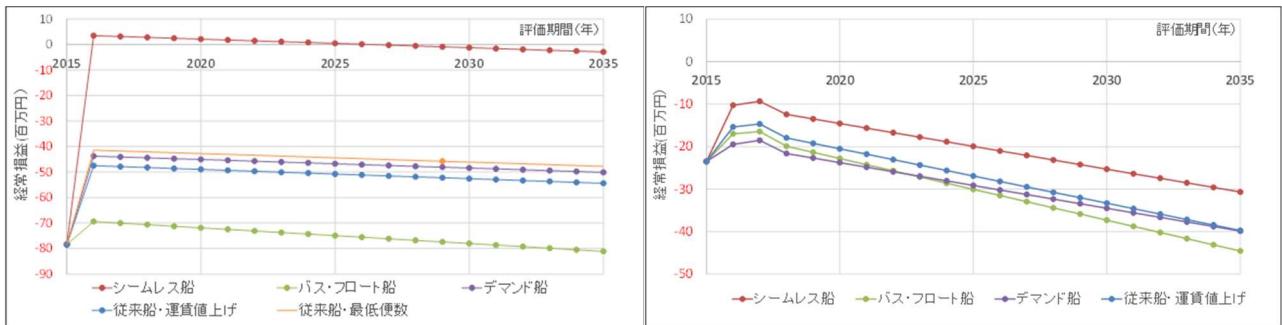


図 1.1 離島航路における経常損益の試算（左）フェリーA 航路の例、（右）旅客船 B 航路の例

2. 4. 5 シームレス小型船システムの導入に関する検討

シームレス小型船システムの導入における法令上の課題であったフェリーの現行の指針である「旅客が離岸後着岸するまでの間、車両内にとどまることは原則禁止」に対して、平成26年度までの本研究の成果に基づき、国（海事局）の安全管理規程の策定指針の改訂の検討がなされた。その結果、平成27年4月から、安全管理規程の設定・変更により、「平水区域を超えないこと等の条件を満たし、安全が確保されると判断される場合には、船長は旅客に対して航行中も自動車内にとどまることを認めることができる」こととなり、シームレス小型船システムの導入における法令上の課題が解消された。

また、シームレス小型船システムは、海陸を連携したシステムであることから、海上旅客交通、陸上旅客交通、物流等に関連する法令、補助制度、関連する事業者及び地域連携の実例等について文献調査を行い、システム導入時の方策検討に参考となる情報を整理した。

2. 5 システムのコンセプトのまとめ

平成26年度に実施した各種実船試験や離島居住者へのアンケート調査、上記の自動化・省力化設備の要件の検討結果並びにシミュレーションによるシステムの適用効果に関する検討結果に基づき、離島の交通支援のためのシームレス小型船システムのコンセプトを取りまとめた。その概念図を図1.2及び図1.3に示す。

バスの乗下船試験より、本システムに低床構造の小型ノンステップバスを搭載する際、バスの底部が本船のランプウェイ上の凸凹に干渉しやすいといった課題が確認された。図1.2は、この課題を改善するために、船体を全長方向に伸ばして、バスが移動したときのトリム変化を減少させた例である。また、車両乗下船装置の先端可動部の長さをバスのホイールベース以上の長さにするすることで、バスの底部を接触しにくくしている。このことにより、車両乗下船装置の操作・制御が簡素化でき、省力化を図ることができる。図1.3は、旅客の多様な要望に応えるための例であり、社会実験に用いた定員36人（座席数11席）の小型バスの代わりに14人乗りのマイクロバスを搭載している。さらに、その後方に旅客室を設けることで、より使いやすいシームレス小型船システムとし、汎用性を高めている。

また、これまでの調査・検討結果を踏まえて、関係事業者及び地方自治体を主対象に、離島航路の多様な状況に対応したシームレス小型船システムの円滑な導入方策を取りまとめた。

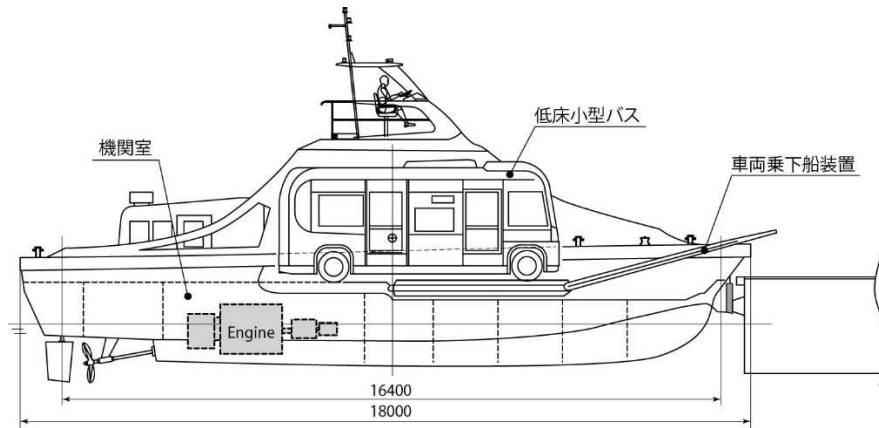


図 1 2 トリム変化最小化・ランプウェイ形状最適化のイメージ

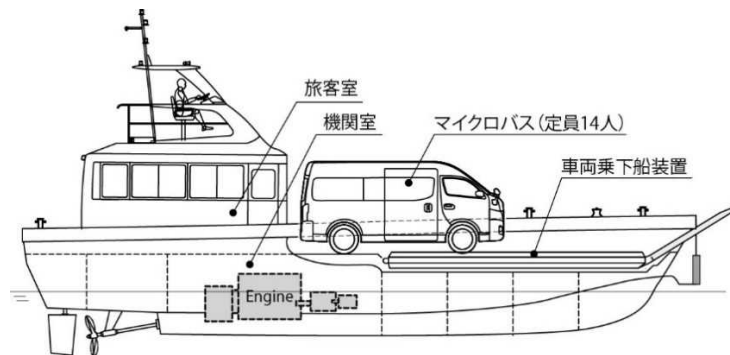


図 1 3 マイクロバスを搭載する旅客席付きシームレス船のイメージ

3. 結論

離島航路の円滑な代替・維持・改善を通じた離島の生活基盤・観光業の維持・活性化を目的として、シームレス小型船システムの概念を構築し、シームレス実験船の設計、建造、調整、安全対策等を経て、シームレス実験船を完成させた。基本性能及び安全対策の機能確認等を行い、社会実験を実施し、シームレス小型船システムの受容性の確認等を行った。

自動化・省力化設備の要件を抽出し、これらを実現するシステムを開発し、模型実験、シミュレーション及びシームレス実験船への実装並びに海上航行実験を実施し、機能の効果を確認した。また、EV車両とシームレス実験船間の充電技術の開発、実運航時の機関の負荷変動にも対応した充電制御技術の開発を行った。

適用効果については、離島航路に適合した一般化時間の算定システムの構築並びに複数航路における効果の算出、物流へ利活用の提案と評価、離島周遊観光シミュレーション及び費用対効果シミュレーションによる評価を行った。さらに、導入効果向上のための関連事項の整理、シームレス小型船システムのコンセプトのとりまとめを行った。

なお、アウトカムとして、本研究成果は、平成27年度の海陸連結型交通システム（バスフロート船：バス等の乗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）の指針策定に貢献した。

4. 知的財産権取得状況

特許出願 1件

[1] 平田宏一、車両乗下船装置及び車両乗下船装置を備えた船舶、平成 27 年 12 月

5. 研究成果発表実績

1) 論文発表

国内 8件、海外 0件

[1] 宮崎恵子・平田 宏一・松倉洋史・吉村健志・三宅里奈・田村兼吉、離島航路のためのシームレス小型船研究開発、平成 26 年度（第 14 回）海上技術安全研究所 研究発表会 講演集、2014 年 6 月

[2] 宮崎恵子・平田宏一、離島航路適用を目指した小型海上交通システム、日本機械学会第 23 回交通・物流部門大会講演論文集、2014 年 12 月

[3] 宮崎恵子・平田宏一・疋田賢次郎・松倉洋史・吉村健志・三宅里奈・西崎ちひろ・仁木洋一・荒谷太郎・田中信行、離島航路のためのシームレス船の社会実験による受容性等評価、平成 27 年度（第 15 回）海上技術安全研究所 研究発表会 講演集、2015 年 6 月

[4] 大野寛之・平田宏一・宮崎恵子・田中信行、旅客移動の陸海をつなぐシームレス小型船の研究、交通安全環境研究所 フォーラム 講演集、2015 年 11 月

[5] 荒谷太郎・西崎ちひろ・三宅里奈・宮崎恵子、離島航路におけるシームレス運航バスのニーズに関わる調査、土木計画学研究・講演集 Vol. 52、2015 年 11 月

[6] 宮崎恵子・荒谷太郎・松倉洋史・平田宏一、離島航路適用を目指した小型海上交通システム小型海上交通システムの離島航路での受容性等の検討、日本機械学会第 24 回交通・物流部門大会講演論文集、2015 年 12 月

[7] 平田宏一・宮崎恵子、小型シームレス実験船に用いる車両乗下船装置の開発、日本機械学会第 24 回交通・物流部門大会講演論文集、2015 年 12 月

[8] 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、日本交通学会 交通学研究第 59 号、2016 年 3 月

2) 口頭発表

国内 0件、海外 0件

3) その他（研究内容報告書、機関誌発表、プレス発表等）

・日本機械学会交通・物流部門ニュースレター No.51、2016 年 3 月