

令和元年5月27日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04432

研究課題名(和文) 安心安全運航のための水上飛行機離発着場整備に関する研究

研究課題名(英文) Study on improvement of seaplane base for safe and secure operation

研究代表者

轟 朝幸 (TODOROKI, Tomoyuki)

日本大学・理工学部・教授

研究者番号：60262036

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,290,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、普及が期待される水上機離着水エリアの運用方法の検討および支援システムの開発を行ったものである。

(1)海外での水上飛行場の調査の結果、水上機が多いエリアでは一定のルールが定められ、気象等の情報を提供する仕組みが存在した。(2)国内の水面利用調査では、過密に船舶が航行している東京湾においても、離着水が可能なエリアが存在することがわかった。(3)離着水に必要な要件を整理し、離着水に適したエリアの抽出方法を提案した。(4)離着水運航支援システムの開発を行い、製作した試作システムを実際に水上機を飛行させて検証したところ、パイロットから安全安心に寄与するシステムであるとの評価を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我が国では、水上機特有の運航に関わるノウハウが不足している。本研究で整理した離着水の諸条件は、水上機離着水場の設置・運用において参考になるものと考えられる。また、開発した運航支援情報提供システムは、運航者の不安を取り除く効果がある。つまり、安全安心な水上機の運航に大きく寄与できる知見が本研究で得られたと考えている。

研究成果の概要(英文)： In this study, the operation method of seaplane base areas was examined and the support system was developed.

(1) As a result of the survey of the abroad, a certain rule was defined in the areas with many seaplane operation, and some systems to provide information such as weather are existed. (2) From the water area usage survey of domestic, it was found that there were areas to be able to take off and land water even in Tokyo Bay where vessels are congested. (3) Necessary conditions for taking off and landing water were organized, and a method of extracting suitable areas for taking off and landing sea was proposed. (4) An operation support system of taking off and landing are developed, and it was verified by flying a seaplane actually. The pilot evaluated that the system was useful to safety and security for taking off and landing.

研究分野：交通工学・国土計画

キーワード：水上飛行機 水上飛行場 航空機運航支援

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

海外では、水上機(事業用・個人用)がごく普通に空を飛び交っている。カナダ・アメリカ西海岸では、バンクーバーを拠点として水上機運送ネットワークが充実している。ヨーロッパやオセアニア・アジアなどでも水上機運送事業が普及してきている。日本においては1960年代まで水上機定期運送が西日本を中心に行われていたが、飛行機の大型化・ジェット化、陸上空港の整備進捗などの理由により、日本の空からは消えていった(海上自衛隊保有機を除く)。

最近になって、当研究グループらや地方自治体などで復活を求める声があがり、実際に瀬戸内において、2016年より水上機による周遊フライト事業が開始された(研究開始当初は予定)。このように急速に水上機が普及する気運が高まってきている。

当研究グループらは、水上機の普及を目指して、水上機導入時の需要予測に関する研究を行ってきた。海外での事業化動向なども調査し、需要面からは一定の事業性が見込めることを明らかにしてきた。また、先行研究である科学研究費挑戦的萌芽研究「水上飛行機の離発着場整備に関する基礎調査」で実施した海外(カナダ等)の水上機事業会社などを対象として現地調査より、水上機の運航、特に離着水における水域の安全確保の重要性がわかった。その水域の波浪や風況などの気象・水象状況、さらには船舶など障害物の状況を、熟練パイロットが的確に判断して運航している。一方、日本においては、水上機の熟練パイロットは皆無であり、安全安心な運航に懸念が示されている。

日本での普及に向けて、水上機を安全安心に運航するため、離着水エリア等様々な環境情報を運航者へ的確に伝える必要がある(図-1参照)。そのために、まず運航に必要な水域情報の種類やそれらの入手方法・提供方法・運用方法などについて整理する必要がある。また、水面利用区域や利用ルールなどの水域利用方法についても検討が必要である。それらを踏まえ、運航者に適切に情報提供できれば、水域において安全安心な運航を支援できる。情報通信技術の進展により、簡易に情報提供できる可能性がある。



図-1 運航支援情報提供のイメージ

2. 研究の目的

本研究では、水上機の離着水に関わる安全安心のための施策等について検討してきた。そこで、主に以下の事項について研究を進めてきた。

- (1) 海外での水上機の離着水エリアに関する運用方法などの実態の把握
- (2) 日本での水上機離着水の想定エリアにおける船舶等の利用実態の把握
- (3) 水上機の利用水域の条件把握
- (4) 水上機の運航支援システムの開発

3. 研究の方法

- (1) 海外での水上機の離着水エリアに関する運用方法などの実態の把握

世界の先進事例から、水上機の離着水の実態を探るため、世界最大の定期便ネットワークが形成されているカナダ・アメリカ西海岸地域(バンクーバー・ビクトリア・シアトルなど)、世界最大規模の水上機離着水場があるアンカレッジ、世界有数のリゾートとして水上機による諸島間輸送が行われているモルディブを対象として、現地調査を実施した。現地において運用実態を見聞するとともに、安全安心運航のための施策などに関して関係者へのインタビュー調査を実施した。

- (2) 日本での水上機離着水の想定エリアにおける船舶等の利用実態の把握

大型船舶は衝突防止を目的とした識別情報を発信しており、航行位置をリアルタイムで把握可能である。一方、小型船舶は識別情報を発信している船舶は少なく、航行の把握が困難である。そこで、船舶航行が盛んな水域の事例として東京湾を対象に、遊漁船およびプレジャーボートなどの小型船舶の運航状況を把握する。そのため、湾内にあるマリーナを対象として、船舶の運航実態に関してインタビュー調査を実施した。

- (3) 水上機の利用水域の条件把握

水上機を含む一般の小型機の運航条件に加え、水上機特有の運航条件を把握するため、ICAOやFAA、国土交通省などが公表している水上機の運用に関する規定類などを収集して整理した。また実際に水上機を運航している国内外の事業者や個人などへのインタビュー調査を実施した。

- (4) 水上機の運航支援システムの開発

水上機を安全安心に運航するために必要な水域の環境情報について、運航者などを対象としてインタビュー調査を実施した。それらをもとに、乗法を運航者に提供するシステムの要件定義を行い、試作システムを開発した。また、開発した試作システムを検証するため、実際に水上機による試行試験を実施した。

4. 研究成果

(1) 海外での水上機の離着水エリアに関する運用方法などの実態の把握

米国・カナダ西海岸には、水上機が離発着できる入り江や湖・河川などの水辺空間が多数存在している。水上機の離着水は、入り江内などの限られた一部エリアを指定している場合が一般的である。そのエリアを占有することなく、船舶と共用していた。船舶も水上機もトラフィック（運航回数）が数分に1回程度であり、お互いに水面空間と時間を譲り合って運航することで、事故などの危険性は低いことがわかった。その中でビクトリアでは、狭い水域を大型船舶からカヌーなどの小さなボートまで多様な使われ方をしており、水域利用区域の設定や運用ルールを定めたマニュアルを策定していた（図-2 参照）。また、多くの水上空港では、近傍にあるヘリポートから気象や周辺での航空機の運航情報の提供が行われていることがわかった。また、モルディブでは、環礁の中の静穏な水域を離着水に利用していた。ビーチ周辺でのリゾートアクティビティを邪魔しないよう、またビーチのコテージへの騒音に配慮し、沖合に浮桟橋を浮かべて乗降していた。これらのように、水面を利用する多様な利用者に配慮しながら、水上機の離着水が行われていることがわかった。また、水上機が離発着するためのローカルルールや施設・設備は離着水の需要規模に応じて柔軟に整備され、それらの情報はAIP（航空路誌）などで広く公開されていた。それらにより、水上機が安全安心できることがわかった。



図-2 ビクトリア湾のトラフィックスキーム 出典：TransportCanada 資料に加筆

(2) 日本での水上機離着水の想定エリアにおける船舶等の利用実態の把握

東京湾を航行するプレジャーボートなどの小型船舶の運航状況について把握するため、湾内の13のマリーナへのインタビュー調査を実施した。その結果、いくつかのマリーナでモデルコースを持っており、それらから航行頻度が高い水域が存在することがわかった。図-3は、モデルコースをとりまとめたものである。マリーナ周辺や湾奥の青海や豊洲地区での航行は頻度が高く、一方で船艇50m超の船舶が航行できない湾奥の三枚州地区は比較的航行頻度が低い傾向であった。

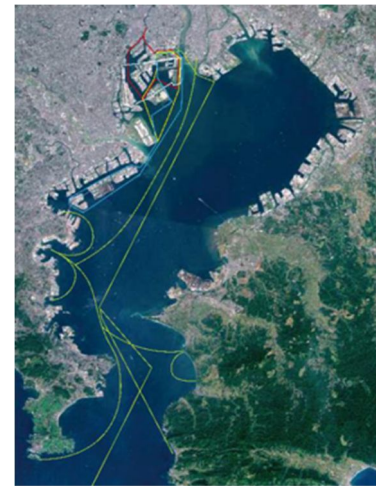


図-3 東京湾のプレジャーボートのモデルコース

(3) 水上機の利用水域の条件把握

航空法79条には、水上機が離着水できないのは「国土交通省令で定める場所」のみとあり、ほとんどの水域に離着水可能である。航空法以外にも、水上機の運航整備や施設・離着水エリアの設置に係る法令・規則・規定等があり、それらを整理した（表-1 参照）。

表-1 水上機運航に関連する法規等 出典：水上機システム導入ガイドブック（制作協力）

項目	区分	内容	関連法令、規則、規定等
運航関係	安全	安全管理規程、安全報告書の公表、輸送安全性の向上等	航空法、航空法施行規則等
	運航	運航規程、整備規程、最低安全高度、フライトプラン等	航空法、航空法施行規則、運航規程、審査要領細則等
海上交通・港湾関係	安全	衝突予防、各種船舶間の航法等	海上衝突予防法、海上交通安全法等
	運航	港湾内での制限対象、係留等の制限等	港則法等
施設・離着水エリア関係	安全	桟橋等の係留設備、整備規程、給油施設等	航空法、航空法施行規則、港則法、消防法、危険物船舶輸送及び引越規定等
	運航	離着水エリアの場所、港湾区域内の工事、水域占用等	航空法、航空法施行規則、港湾法、海岸法、河川法、自然公園法等

水上機特有の運航条件としては、水面状況（波浪、潮流、うねり、潮位など）、水域利用状況（船舶航行、漁業など）、環境状況（水質負荷、生態系負荷など）など、離着水において配慮すべき事項を整理した。

それらの情報をもとに、離着水に適したエリアの抽出例を作成した（図-4 参照）。

(4) 水上機の運航支援システムの開発

離着水時におけるパイロットや運航管理者の不安を緩和するために、運航に必要な情報を提供するシステムを開発した。システム構成イメージを図-5に示す。またシステムに必要な要件定義を行った（表-2 参照）。それに基づき風況および波浪を把握するセンサー、通信システム、情報提供アプリを試作した。試作したシス

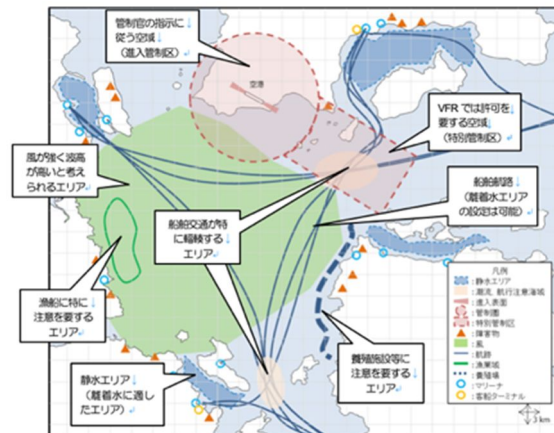


図-4 離着水エリアの抽出例 出典：水上機システム導入ガイドブック（制作協力）

システム構成は図-6 に示すとおりである。情報提供アプリの画面を図-7 に示す。

実際に水上機（超軽量飛行機）を用いて、試作システムの検証試験を霞ヶ浦にて実施した（図-8 参照）。その結果、試作システムはほぼ想定通りに稼働し、情報を受け取ったパイロットから、離着水エリアの風況・波浪情報が得られることで、離着水の不安が和らぐなどの効果があるという高い評価を得られた。

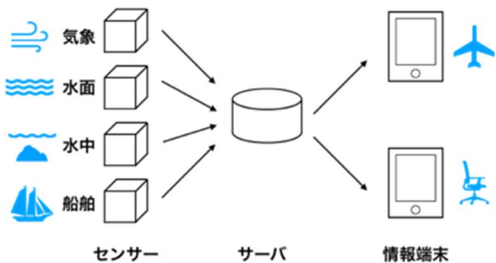


図-5 運航支援情報提供システムのイメージ

表-2 システムの要件定義（抜粋）

該当	手段	概要
(ア)	航空気象の実況	視程、雲量、気温、は、無人機器を用いて、自動音声放送す
	航空気象の遠隔取得	出発地での離陸前に運航可否・プラン立を含む、水面警告な
(イ)	水面警告	水面下の岩礁は水位き、水底地形データ水底地形データは、ておく。スキャン装で構成する。水面にたドローンで撮影し水上バイク等の船舶確認する必要がある
(ウ)	送電線の警告	飛行進路上の送電弱画面に表示する(G
	風況の監視	風の向き状況は、才速計から解析し、画

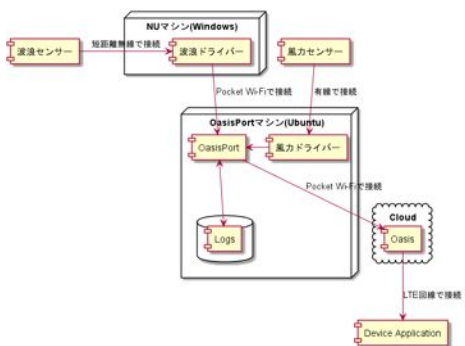


図-6 試作システムの構成

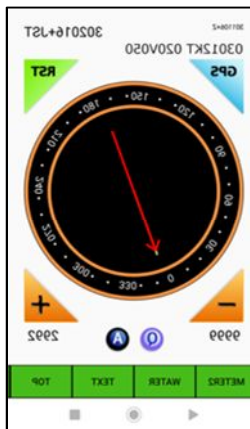


図-7 試作アプリの画面



図-8 実証試験飛行

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

轟朝幸, 水上飛行機の活用による離島交通イノベーション, 国際交通安全学会誌 IATSS Review, Vol.43/2, pp.28-35, 2018. 査読無(招待).

轟朝幸, 水上機による高速交通イノベーション 地方創生と国土強靱化のために, 測量, 2018年6月号, pp.12-17, 2018. 査読無(招待).

伊澤岬・轟朝幸・江守央・小林直明・桐島弘之・畔柳昭雄・加藤毅三, 水上機による地方創生ネットワーク構想 3.11復興・オリンピック後の新たな社会システムの構築をめざして, ていくおふ, Vol.153, pp.56-65, 2018. 査読有.

〔学会発表〕(計4件)

小宮山春菜・轟朝幸・稲垣具志, 交通手段の観光魅力を考慮した観光ツアー選択モデルの構築 - 水上飛行機に着目して -, 土木学会第46階関東支部技術研究発表会, 2019.

江守央・轟朝幸・川崎智也, 水上飛行機の活用に向けた北米における水域利用の実態と課題, 日本交通学会第76回研究報告会, 2017.

轟朝幸・居駒知樹・江守央, 海外事例に学ぶ水上空港の整備 - 水上空港ネットワーク構想の実現に向けて -, 平成28年度日本大学学部連携研究シンポジウム「N.レスキュー」~日本大学の総合力は松花堂弁当の如く~, 2017.

小宮山春菜・轟朝幸・兵頭知, 水上飛行機導入の交通手段選択確率の推定 - 西日本を対象として -, 第60回日本大学理工学部学術講演会, 2016.

〔図書〕(計2件)

伊澤岬・小林直明・轟朝幸, 彰国社, 2018年, 「3・11 復興プロジェクトの挑戦とその射程 建築・土木、エネルギーの融合の活動から」, p.195.

水上飛行機システム研究会(座長: 轟朝幸, 委員: 居駒知樹, 江守央, 川崎智也ほか), 一般財団法人みなと総合研究財団, 2018年, 「THE SEAPLANES 水上飛行機システム導入ガイドブック」, p.143.

〔その他〕

(受賞)

伊澤岬・轟朝幸・江守央・小林直明・桐島弘之・畔柳昭雄・加藤毅三, ていくおふ(ANA 総研発刊) 創刊40周年記念企画懸賞論文・優秀賞, 2018

(講演)

轟朝幸, 「3・11 復興プロジェクトの挑戦とその射程」出版記念講演会, 水上空港ネットワーク研究会ほか, 2019.

轟朝幸, 第53回海洋教育フォーラム in 千葉, 日本船舶海洋工学会, 2019.

轟朝幸, 第52回研究交流会, 国際自動車コンプレックス研究会, 2018.

轟朝幸, 第36回海洋教育フォーラム in 久慈, 日本船舶海洋工学会, 2017.

轟朝幸, 未来の空港・航空システム研究会, 一般財団法人みなと総合研究財団, 2016.

6. 研究組織

(1) 研究協力者

研究協力者: 居駒知樹

ローマ字氏名: (IKOMA, Tomoki)

研究協力者: 江守 央

ローマ字氏名: (EMORI, Hisashi)

研究協力者: 川崎智也

ローマ字氏名: (KAWASAKI, Tomoya)

研究協力者: 青木義男

ローマ字氏名: (AOKI, Yoshio)

研究協力者: 大竹智久

ローマ字氏名: (OTAKE, Tomohisa)

研究協力者: 小林直明

ローマ字氏名: (KOBAYASHI, Naoaki)

研究協力者: 兵頭 知

ローマ字氏名: (HYODO, Satoshi)

研究協力者: 桐島弘之

ローマ字氏名: (KIRISHIMA, Hiroyuki)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。