

**ハッ場スマートモビリティプロジェクト  
2021 年度 事業報告書**

2022 年 5 月

ITbook ホールディングス株式会社

## 目次

1. 自動運航 AI の確立.....	1
1-1. 船体の改造.....	1
1-2. センサー部・機械学習.....	1
1-2-1. カメラ.....	1
1-2-2. LiDAR.....	1
1-2-3. ソナー.....	1
1-2-4. GNSS/ジャイロセンサー.....	1
1-2-5. 風向/風速計.....	1
1-3. 船側ユーザインタフェース.....	2
1-4. 動揺対策、自己位置推定.....	2
1-5. 障害物距離検出.....	2
1-6. 障害物回避経路生成.....	2
1-7. 経路追従.....	2
1-8. 船舶・車両制御.....	2
2. 遠隔操作技術の確立.....	2
2-1. 遠隔操作側ユーザインタフェース.....	2
2-2. ローカル 5G 通信.....	3
3. リスク分析.....	3

## 〈事業の進捗状況〉

本事業においては、2022年3月に水陸両用船の無人運航の公開実証実験を実施した。本報告書では、公開実証実験のための1.自動運航AIの確立、2.遠隔操作技術の確立、3.リスク分析、に関する事業実施状況を報告する。

### 1. 自動運航 AI の確立

水陸両用船への改造・機器搭載とソフトウェア開発を行った。

#### 1-1. 船体の改造

2020年12月から2021年4月にかけて、自動運航AI及び遠隔操作に関わる機器の取り付けを行った。

運転席周りには、スイッチパネル、カメラ、アクチュエータ、ディスプレイなどを設置した。

船内には、Autowareを搭載したPC、制御ボード、IMU（慣性計測装置）を設置した。船外には、ソナー、LiDAR、風速計、GNSS（準天頂衛星）、5Gアンテナを設置した。

#### 1-2. センサー部・機械学習

##### 1-2-1. カメラ

実証実験では、カメラ画像を障害物検知に利用した。障害物検知用カメラはLUCID Vision Lab社のTriton TRI245Sを2台使用した。学習フレームワークとしてdarknetを利用し、学習アルゴリズムはYoloV3で学習を実施した。

また、監視・遠隔制御カメラとして、船内、船外に合わせて7つのカメラを設置し、船内モニターに表示した。

##### 1-2-2. LiDAR

LiDARは、Velodyne社製のVLS-128とVLS-32Cを使用した。

##### 1-2-3. ソナー

ソナーはTELEDYNE社製M900を使用した。水陸両用船の前方バンパー下に設置した。

ソナーから取得した水中の画像データをdarknet/YoloV3で学習し、水中障害物として検出する機能を開発した。

##### 1-2-4. GNSS/ジャイロセンサー

高性能GNSS受信機+光ファイバージャイロセンサー+ネットワークRTKという構成を採用した。水上での性能も陸上と変わらない精度で動作することを確認した。

##### 1-2-5. 風向/風速計

水陸両用船に設置する風向/風速計の計測機能を開発した。

### 1-3. 船側ユーザインタフェース

船側ユーザインタフェースを開発した。

### 1-4. 動揺対策、自己位置推定

水面の動揺の影響で正確な自己位置が取得できないことを想定(特に入水時)し、LIO-SAM(自己位置推定と環境地図作成を同時に行う SLAM: Simultaneous Localization and Mapping の一種)を使用し、NDT マッチング(NDT: Normal Distributions Transform によるアルゴリズム) による自己位置推定ができることを確認した。

### 1-5. 障害物距離検出

ソナー、カメラ(前方左右2台)、LiDARのセンサーフュージョン機能を開発した。ソナー及びカメラの障害物検知については、darknetのYoloV3を使用し、LiDARの3次元点群データでの物体検出については、ユークリッドクラスター分析アルゴリズムを使用した。

ソナー画像の障害物距離については、ソナー画像のレンジより算出しており、LiDARの3次元点群データとのフュージョン処理はしていない。

### 1-6. 障害物回避経路生成

障害物回避経路生成は、回避経路探索にA\*アルゴリズムを利用してコストマップを作成し、回避経路を生成する機能を開発した。

### 1-7. 経路追従

経路追従機能では、Pure Pursuitとモデル予測制御(MPC)の2つのアルゴリズムを用意した。

### 1-8. 船舶・車両制御

水陸両用船に、キャプテンハンドル、スロットルレバー、車両ステアリング、アクセル・ブレーキペダルを制御するアクチュエータを4機搭載し、それぞれをAutoWare側で制御する機能、船舶エンジンの始動・停止、スクリュウ降下・上昇、車両シフトレバーの制御機能を開発した。

## 2. 遠隔操作技術の確立

遠隔操作拠点と水陸両用船との通信は、ローカル5GとLTEの2回線を使用し、どちらかの通信が途絶えても、問題なく遠隔操作できるよう並列で通信を実現した。

### 2-1. 遠隔操作側ユーザインタフェース

遠隔操作側のユーザインタフェースの開発を行った。

## 2-2. ローカル 5G 通信

総務省より、ローカル 5G の実験試験局免許を受領した。

ローカル 5G の通信機器として、エイビット社製 AU-510 を採用した。

水陸両用船側に 4K アクションカメラ(GoPro 9)を設置し、4K 画像の通信試験を実施した。

ローカル5Gの通信エリア内で、入水から運航までの操作を遠隔で実施した。

## 3. リスク分析

運航シナリオに基づき、タスク別のリスク分析を行った。

コンソーシアムメンバーに加えて、外部識者と HAZID 会議を実施した。

ハッ場スマートモビリティプロジェクト 完了報告書  
発行日：2022年5月

以上