

水上ドローン「ARIVIA α-mini」の開発

九州職業能力開発大学校 寺内 越三・牟田 浩樹・久場 政洋
株式会社スペースワン 小林 康宏・植木 美佳
熊本職業能力開発促進センター 山崎 尊

1. はじめに

ドローンショーは、LED ライトを搭載した多数のドローンを飛行させることで、上空にイラストやアニメーションを表現するエンターテインメントである。近年その規模は拡大しており、国内では3,030機⁽¹⁾、ギネス世界記録においては11,787機⁽²⁾が同時に飛行するなど、数百機から1万機を超えるスケールで実施されている。

2024年10月、幕張メッセで開催された「CEATEC 2024」においてポスター展示を行っていた筆者は、株式会社スペースワン（以下、スペースワン）の代表取締役である小林氏より、ある映像を紹介された。その映像は、複数の球体状水上ドローン「ARIVIA（アリヴィア）」が発光しながら夜の都市河川に集結し、頂上部から水を噴出して水上ドローンショーを行うCGイメージであった。図1にARIVIAの外観（3次元モデル）を、図2に水上ドローンショーのCGイメージを示す。同氏より、



図1 ARIVIAの外観（3次元モデル）



図2 水上ドローンショーのCGイメージ

この水上ドローンの試作機開発について相談を受けたことが、本開発の契機である。

スペースワンは、福島県において空中および水中ドローンの販売・サポート事業等を展開する企業である。同社は、2025年1月にラスベガスで開催された世界最大の技術見本市「CES 2025」において、ARIVIAのモックアップ（外観模型）と前述の水上ドローンショーの映像を発表した。ARIVIAは、光・水・音の融合により「水上を新しいステージに変える」というコンセプトから生まれた、次世代の水上エンターテインメントデバイスである⁽³⁾。パイ型の機体に自律航行機能、LEDライト、噴水、およびカメラを備えた水上ドローンであり、複数台が連携することで、都市河川や観光地、リゾート施設などの水辺空間において、水上ドローンショーを展開する。また、観客のスマートフォンから機体の演出操作に参加できる機能や、搭載カメラによる映像配信機能も有している。

本開発では、発表されたモックアップと水上ドローンショーの構想の具現化を通して、機体構造、自

動航行、LED ライト、噴水、ならびに遠隔操作・映像配信機能などの実装技術を検証することを目的とし、当校が培ってきた海中ロボット技術を応用して水上ドローン「ARIVIA」の小型試作機「ARIVIA α-mini」を開発することを目標とした。

2. 共同研究の経緯と開発プロセス

「ARIVIA α-mini」の開発は、応用課程生産システム技術系の開発課題実習として実施した。本プロジェクトには、生産機械システム技術科（以下、機械科）、生産電気システム技術科（以下、電気科）、および生産電子情報システム技術科（以下、電子情報科）の各科から3名ずつ、計9名の学生が参画した。また、本実習はスペースワンとの共同研究として実施され、小林氏およびエンジニアの植木氏には定期的に来校いただいた。

はじめに仕様決定に向け、学生たちは実寸大模型（図3）を製作した。そして、2025年5月13日に開発方針と優先事項を確認するためのWeb会議を開催した。企業との意見交換の末、開発の優先順位として「自動航行」「LEDライトの制御」「噴水機能」の順で実装を進める方針が決定した。これら3要素が実現できれば、水上ドローンショーの基本構成が成立する。また、実装に向け、トップドームの材料選定、噴水ポンプの性能確認、および下部構造への制御システムの組み込み方法の3点が、技術課題であることが確認された。

次に、初めての対面ミーティングに向け、学生たちは3科合同にて航行実験装置（図4）を製作した。本装置は、機械科が市販のバケツとスラスタ（推進



図4 航行実験装置

器）を利用して製作した機体に、電気科が電源およびWi-Fiマイコン回路を配線し、電子情報科がスマートフォンによる遠隔操縦プログラムを実装したものである。そして、7月15日に設計内容と試作品を披露するためのミーティングを開催した。小林氏には実際に航行実験装置を操縦していただき意見を伺うとともに、機体の造形材料やLEDの点灯実験、操作画面の試作品を披露した。企業側からは想定を上回る開発スピードに高い評価をいただいた。

その後、各機能の本格的な開発が進行し、10月28日に試作した機能の実演を行うための第2回ミーティングを開催した。当日は小林氏および植木氏に対し、ドーム材料の紹介とLEDのアニメーション点灯、ポンプの噴出高さや自作ノズルを用いた噴水形状の変化、ならびに航行実験装置を用いた方位維持機能や操作内容の記録再生機能の実演を行った。企業側からは、ドーム点灯の美しさや自動航行システムの機能性について高い評価をいただき、すべての機能を1つの機体に組み込んだ姿へ強い期待が寄せられた。図5に操作内容の記録再生による自動航行の実演の様子を示す。

そして翌年2月9日、機体の造形および制御システムの組み込みが完了し、ついに「ARIVIA α-mini」が完成した。翌2月10日には最終ミーティングを開催した。当日は、機体構造を解説しつつ、ポンプや制御システムを組み込む組み立て手順を実演し、さらにLEDアニメーションの点灯や、演出シナリオに基づく自動航行を披露した。なお、ポンプの制御回路の不具合により、噴水機能の実演には至らなかった。企業側からは、コンセプトモデルの意匠を汲



図3 実寸大模型



図5 自動航行の実演の様子

んだ外観，航行動作の安定性，および発光パターンの独創性が高く評価される一方で，噴水機能の確実な動作と，機体のメンテナンス性の向上について指摘を受けた。図6に完成品披露の様子を示す。



図6 完成品披露の様子

3. 水上ドローン「ARIVIA α-mini」

水上ドローン「ARIVIA α-mini」は，航行機能に加え，発光と噴水による演出機能，演出操作機能，ならびに映像配信機能を備えた機体である。機体の外形寸法は614(W)×614(D)×600(H) mm，質量は15.2 kgである。機体は，上部から「トップドーム」「フロートリング」「メインハル」の3つの部位で構成される。メインハルの周囲には4基のスラスタが配置されており，内部の航行制御システムにより，8方向への移動および左右旋回が可能である。発光演出として，トップドームの頂上と内部，フロートリングの外周に計440個のフルカラーLEDを配置し



図7 「ARIVIA α-mini」の外観（製作品）



図8 内部詳細（3次元モデル）

ている。噴水演出としては，メインハル底面の吸水口からポンプで水を取り込み，トップドーム頂上のノズルから高さ3 mまで水を噴出させる機構を備えている。

機体は，Wi-Fi 接続されたPCからシナリオを受信し，音楽に同期した水上ドローンショーを実施できる。さらに，観客のスマートフォンから発光や噴水形状の演出操作に参加できる機能や，Webカメラによる映像配信機能も有している。図7に製作した「ARIVIA α-mini」の外観を，図8に3次元モデルによる内部詳細を示す。

4. 機体の設計・製作および制御回路の構築

機体の構成部品は，機械科の学生が3次元CAD（SolidWorks）を用いて設計を行い，その後，各部品を3Dプリンタによる樹脂造形やアルミ板の機械加工などにより製作した。さらに，電気科の学生が，制御回路基板の設計・製作および制御回路の組立・配線を行った。

4.1. トップドーム

機体上部のトップドームは、市販のボールライトのカバー部品を流用して製作した。下部のメインハルと組み合わせるために、旋盤を用いて一部分を切り落とす加工を施している。

トップドーム頂上には噴水装置を配置し、内部にはドーム表面を発光させるためのドームライトを備えている。

噴水装置のノズルは高精細3Dプリンタ（KEYENCE AGILISTA-3200）を用いて、アクリル系透明樹脂（AR-M2）にて造形した。ノズル下部の歯車・ねじ機構をモータで駆動することにより、噴出形状を直線から拡散へと調整することが可能である。また、ノズルの周囲には、噴水を照らすために20個のLEDからなる噴水ライトを備えている。図9に噴水装置の3次元モデルと製作品を示す。

ドームライトでは、ドーム内部を明るく均一に照らすため、300個の素子からなるテープLEDを、ドーム中央のマウントに配置した。マウントや下記メインハルなどの造形には高い耐水性と強度を備えたPETGフィラメントを採用し、大型3Dプリンタ（ELEGOO Neptune 4 MAX）を用いた。図10にドームライトの3次元モデルと製作品を示す。

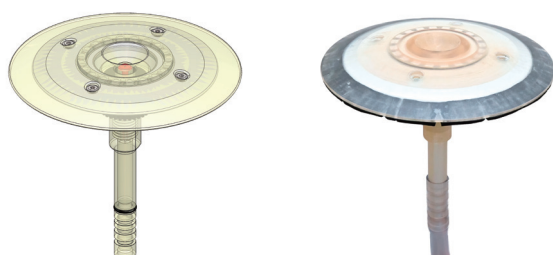


図9 噴水装置の3次元モデルと製作品



図10 ドームライトの3次元モデルと製作品

4.2 フロートリングとメインハル

フロートリングは、外径600mm、内径440mmの円環形状を6分割して3Dプリンタで造形したパーツを、円環状のアルミ板に固定・連結することで一体のリングとして構成した。リングの周囲には120個の素子からなるテープLEDを巻き付け、チューブライトカバーにより防水処理を施している。

メインハルは、スラスト固定枠と一体となったデザインを採用し、大型3Dプリンタを用いて一体造形した。造形には約213時間を要している。さらに、浸水を防ぐため表面全体にエポキシ樹脂を塗布し、耐水性を確保した。完成したフロートリングとメインハルは、8本の黒色の結束バンドを用いて接続している。そして、基板固定板にリポバッテリー、DC-DCコンバータ（5V、10A）、コンピュータなどを実装・配線し、メインハル内部に電源・制御回路を固定した。図11にフロートリングとメインハルの3次元モデルを、図12にその製作品を、図13に電源・制御回路の3次元モデルと製作品を示す。



図11 フロートリングとメインハルの3次元モデル



図12 フロートリングとメインハルの製作品

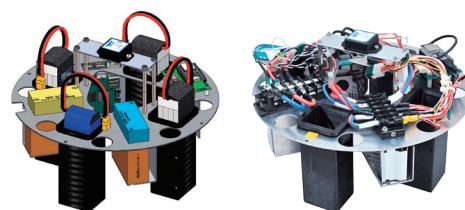


図13 電源・制御回路の3次元モデルと製作品

5. 制御システムの開発

水上ドローンの制御システムは、電子情報科の学生が開発を担当した。本システムは、ゲームパッドからの操作内容と発光・噴水演出を記録・再生する「演出制御システム」、操作内容に従い方位を維持しながら8方向への移動および左右旋回を行う「航行制御システム」、および発光・噴水演出の遠隔制御と機体カメラ映像の配信を行う「遠隔演出・映像配信システム」の3つから構成される。図14にシステム構成図を示す。

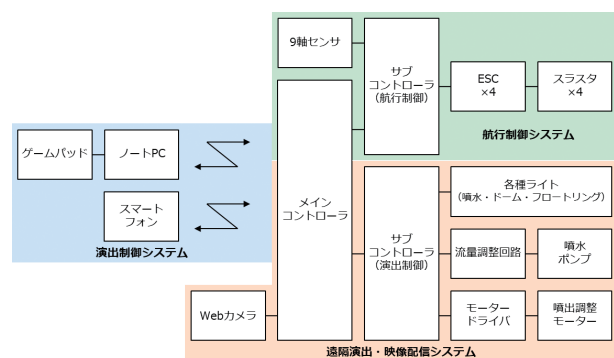


図14 システム構成図

5.1 演出制御システム

演出制御システムは、手動操縦による操作内容をログファイルに記録する「操縦入力ロギングプログラム」と、そのログをタイムライン形式で表示し、音楽と発光・噴水演出を追加して水上ドローンショーのシナリオとして編集・再生できる「操縦入力編集・再生プログラム」から構成される。

操縦入力ロギングプログラムは、20ms周期でゲームパッドからの移動・旋回操作を読み取り、Wi-Fi経由でメインコントローラへ送信するとともに、画面上にタイムライン形式で表示し、CSV形式のログファイルとして保存する。操縦入力編集・再生プログラムは、音楽トラックが表示されたタイムライン上に操縦ログファイルを読み込み、各種発光演出の開始時刻と点灯時間、噴水の強さや形状を追加して、ショーのシナリオを作成する。編集したシナリオを再生し、機体の移動方向と演出動作を随時メインコントローラへ送信することで、音楽に合わせたショーを実施することが可能である。図15に操縦入力ロギング画面を、図16に操縦入力編集・再生画面を示す。

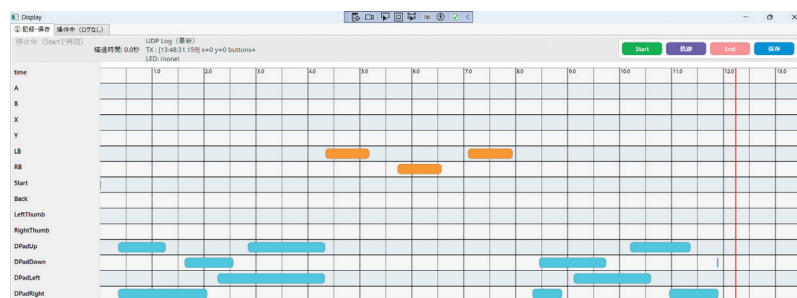


図15 操縦入力ロギング画面

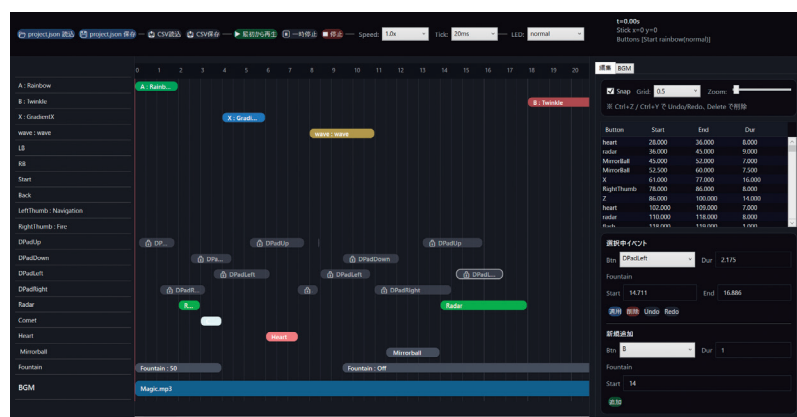


図16 操縦入力編集・再生画面

5.2 航行制御システム

航行制御システムは、9軸センサ、サブコントローラ（ESP32-DevKitC-32E, Espressif Systems）、および4基のESC（Electronic Speed Controller）とスラスタから構成される。本システムは、演出制御システムから受信した航行方位に基づき、4基のスラスタを協調して駆動し航行する。さらに、機体の急発進を防ぐソフトスタート機能や、目標方位へ正確に航行するためにPD制御を用いて自動補正を行う方位維持機能を備えている。

5.3 遠隔演出・映像配信システム

遠隔演出・映像配信システムは、Webカメラ、メインコントローラ（Raspberry Pi 5 8GB, Raspberry Pi Foundation）、サブコントローラ、LEDライト、噴水ポンプなどから構成される。

本システムは、演出制御システムから受信した機体の発光色や発光パターン、および噴水の高さや形状に基づき、3種類のLEDライトと噴水ポンプを制御する。演出機能として、発光演出はカラーピッカーを用いた単色点灯や虹色、グラデーションなど15種類の点灯パターンから選択できるほか、0%から100%までの輝度調整および3段階のアニメーション速度調整が可能である。また、噴水演出は、ポンプの出力を0%から100%まで調整できると

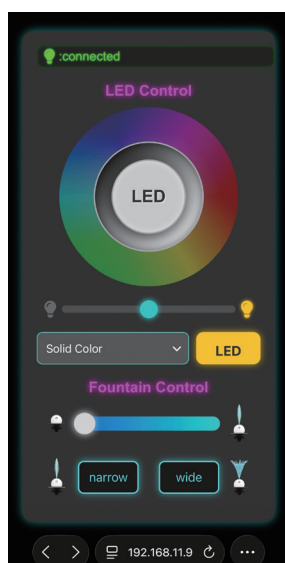


図17 観客向け演出操作画面

もに、噴水ノズルの形状を直線から拡散まで無段階で調整することができる。さらに、メインコントローラから観客のスマートフォンに向けて、発光・噴水演出の操作が可能なWebアプリケーションを提供するとともに、周辺警備を目的にWebカメラで撮影した映像を専用ページにて配信する。図17に観客向け演出操作画面を示す。

6. ポリテックビジョンと夜間における実証成果

水上ドローンの完成から約10日後、実証実験として、本校で開催された「ポリテックビジョン 2026 in 北九州」（2月20日・21日）の期間中の昼および午後、ならびに修了目前となる3月5日の夜間に、水上ドローンショーを実施した。図18にポリテックビジョンでの実演を、図19に夜間の水上ドローンショーの様子を示す。ショーの実施にあたり、学生たちの企画により邦楽2曲を選定し、楽曲のメロディと歌詞の展開に合わせて、発光パターンや発光色、噴水タイミングを制御する演出シナリオを作成した。



図18 ポリテックビジョンでの実演

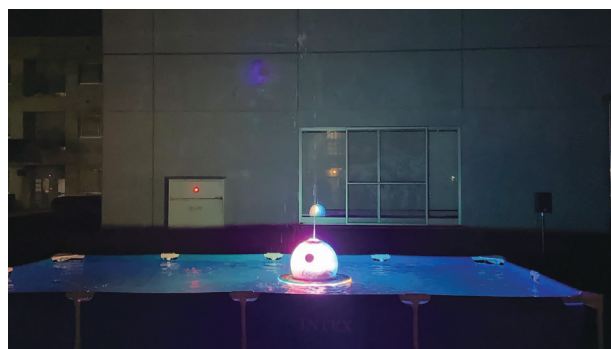


図19 夜間の水上ドローンショー

ポリテックビジョンの実証においては、予定していた計4回の公演のうち、無線LANアダプタの接続不良や、トップドーム頂上部からの浸水による9軸センサの故障といったトラブルが発生したため、2回は実施を見合わせた。しかし、1日目の午後の部および2日目の昼の部においては、多くの来場者に見守られる中、自動航行と発光・噴水演出による約12分間のショーを披露することができ、演技後は多くの拍手に包まれた。

また、3月5日の夜間に実施した実証実験では、噴水のライトアップ効果の検証に加え、トップドームの視認性を評価した。その結果、テーマパーク等での運用を想定した約70m離れた位置から十分な明るさを確認できた。当日、学内の一角は機体が放つ神秘的な光に包まれた。

実証実験を通して学生は「予定通りいかず悔しい思いをした時もあったが、試行錯誤の末に機体が水上で鮮やかに光り、プログラム通りに動いた瞬間の達成感と感動は、何物にも代えがたいものであった」と述べている。

一方で、本実証実験を通して今後の開発に向けた課題も確認された。具体的には、トップドーム頂上部からの浸水対策、制御回路の配線の整理および機体の整備性の向上、ならびにシナリオ送信から実際の発光・噴水動作までに生じる約2秒の通信遅延の改善である。

7. おわりに

本開発では、水上ドローン「ARIVIA」と水上ドローンショーの構想の具現化を通して、各種実装技術を検証することを目的に、水上ドローン「ARIVIA α-mini」を開発した。

約1年間にわたるプロジェクトにおいて、学生たちは企業と交流を重ねながら、提示されたCGイメージを基に機体の3次元モデルを設計し、そこからモデルに忠実に各部の造形および航行・演出機能の実装を行った。さらに、音楽に同期してこれらを制御するシステムを開発し、最終的に学生たちの企画による独自の水上ドローンショーを成功させること

ができた。

学生の報告書からは、「0から1を生み出すことの難しさを強く実感した」という感想や、「日々の開発において活発に意見交換を行い、互いの専門領域の知識を積極的に共有し合うことで、分野間にあった壁や心理的なハードルは次第に取り払われていった」という感想が挙げられた。CGイメージを具現化するという難易度の高い課題に向けて、メンバー同士が意見交換を通じて専門的・精神的な交流を深めるとともに、多くの観客が期待する中でショーの成功に向けて水上ドローンを運用した経験により、チームの結束力は大きく高まった。

今後は残された課題の克服とともに、RTK-GNSSを用いた自己位置推定による自律航行や、複数機体による編隊航行、視覚や嗅覚を更に刺激する新たな演出機能の開発に取り組むことが期待される。新たな水上エンターテインメントの発展に貢献していきたい。

〈参考文献〉

- (1) 株式会社レッドクリフ：3,030機で日本記録を更新！「DIG SHIBUYA 2026/Digital Garage DRONE SHOW “Earth-shot”」が日本最大のドローンショーに認定 (<https://red-cliff-inc.co.jp/pressrelease/digshibuya2026-new-japanese-record/>)
- (2) 株式会社ミンキュア：中国で11,787機のドローンを使ったショーを開催。ギネス世界記録が樹立される (<https://karapaia.com/archives/520590.html>)
- (3) 株式会社スペースワン：未来の水上エンタメをベルリンで初披露！スペースワン、水上ドローン「ARIVIA」でIFA 2025出展決定 (<https://spacexone.com/news/1313/>)

本文中で使用した会社名、製品・サービス名は、各社の商標または登録商標である。