

水空合体ドローンの開発

○西谷明彦 川田亮一 小島淳一 三輪昌史 (株KDDI 総合研究所)

松木友明 博野雅文 (KDDI 株式会社)

1. はじめに

漁業や港湾事業、あるいはダム等のインフラ管理においては、水中点検ニーズが増加している[1]一方で、潜水士の担い手不足[2][3][4]、潜水作業の危険といった問題があり、作業の効率化や安全確保が課題となっている。このため、人による潜水作業の代わりをなすシステムとしてドローンの活用が着目されている。現在では、水面上の様子を観測するための空中ドローンの活用や、水中の様子を観測するための水中ドローンの活用が進みつつあり、目的に応じて、空中ドローン、水中ドローンそれぞれが個別に運用されつつある。

現状では、水中観測に水中ドローンを活用する場合、対象水域に水中ドローンを人が船で運び込み、船上からの遠隔操作で水中を観測するといった作業が行われている。そこで筆者らは、船舶の運用コストや人件工数を含めた全操業コストの削減と、作業の安全確保を目的として、無人で迅速に対象水域に向かい、水中の様子を遠隔地に届けることを可能とするドローンシステムの必要性を認識し、遠隔管制で飛行から潜航観測までの一連の運用を可能とする、水空合体ドローンを試作した。

2. 水空合体ドローンの概要

2.1 システム構成概要

機体前方上部から見た機体全景写真を図1に示す。水面での浮力を保つために6式のローター下部には浮力体を設置している。機体中央下部には水中ドローンを格納しており、水中ドローンが空中ドローンと繋がるテザーケーブル(水中通信用ケーブル)は、機体後方の巻取装置に収納されている。機体前方上部には、水中ドローン制御ユニットおよび音響測位装置(親機)を装備し、機体左舷のローターアームには音響測位のための4式のハイドロフォンを円状に配置しており、水中ドローンから発信される音響信号を受波する。



図1 水空合体ドローン機体写真

機体の主要諸元を表 1 に示す. 空中ドローン本体は, 株式会社プロドローン[8]の協力により製作した. 水中ドローン本体は QYSEA 社 FIFISH V6 を使用している.

表 1 主要諸元

項目	仕様	補足
全長・全高	1140mm・670mm	ブレード含まず
プロペラ直径	540mm	
重量	18.5kg	
飛行速度	40km/h	巡航
水中ドローン	潜水深度:最大 20m 重量:4.12kg	QYSEA 社 FIFISH V6

水空合体ドローンのシステム構成概要を図 2 に示す. 水/空双方のドローンは, LTE 回線を介した通信によりそれぞれ制御/管制されている.

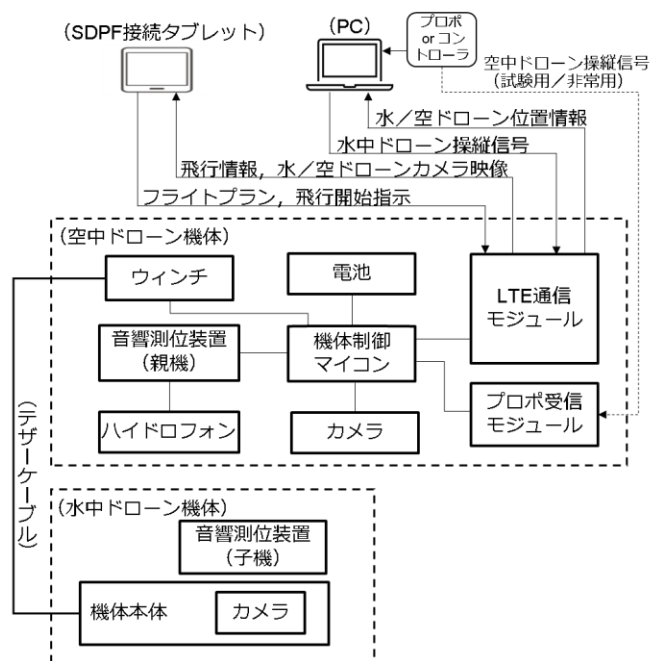


図2 システム構成概要

2.2 モバイル網（LTE 回線）での自動飛行機能

KDDI スマートドローンプラットフォーム（以下SDPF. モバイル通信でドローンの目視外飛行や遠隔監視・制御が可能）[5] [6]に対応したタブレットにて、あらかじめ飛行ルートを設定を行うことにより、指定したルートに沿った自動飛行を可能としている。図3に、自動飛行中のカメラ映像がタブレットに表示されている様子を示す。画面右下には飛行予定ルートと航跡が表示される。



図3 自動飛行中の機体からの映像と飛行情報

2.3 水面着水・分離潜航・回収合体・浮上飛行機能

飛行状態から水面に着水後は、遠隔マニュアル操作により水中ドローンを分離・回収する。図4に、水面にて分離、発進した水中ドローンが潜航する様子を示す。分離した水中ドローンと空中ドローン間は20mのテザーケーブルで接続されており、回収時は空中ドローンに搭載される巻取装置（ウィンチ）と水中ドローンの遠隔操作により、テザーケーブルを巻き取り水中ドローンを回収・合体させる。合体後は水面から浮上し自動飛行により帰還する。

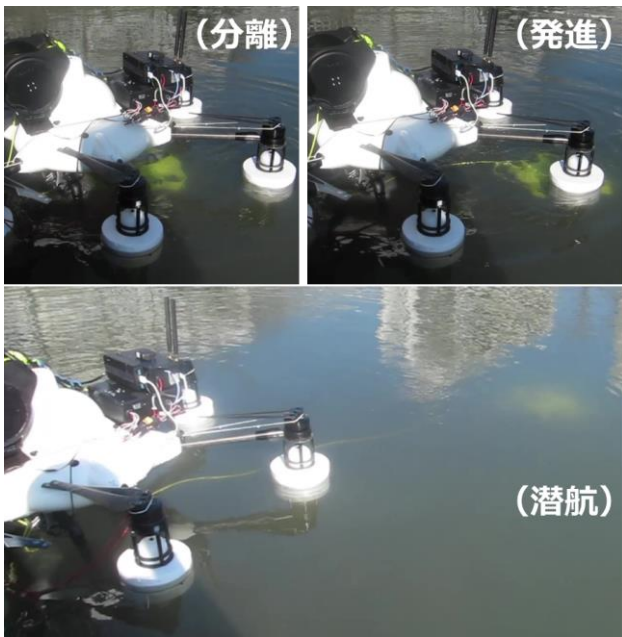


図4 水面にて分離、発進した水中ドローンが潜航する様子

2.4 水中ドローン映像伝送機能

水中ドローン付属カメラによる実時間映像を、テザーケーブルを介して空中ドローンに送信し、空中ドローンからLTE回線により伝送し、操縦者の端末上に表示可能としている。

2.5 水中音響測位機能

SSBL (Super Short Base Line) 音響測位技術[9]をベースに、小型音響測位装置を内製し、機体の実装した。水中ドローン側に取り付けたピンガーから定期

的に発信する音響信号を、空中ドローン側に取り付けたハイドロフォンにより受信し、受信した音響信号情報から音響測位装置にて水中ドローンの緯度経度等の情報を算出し、結果をLTE回線を介して操縦者に伝送している。操縦者側のPCでは、地図[10]上に水／空双方のドローンの位置が表示される(図5)。

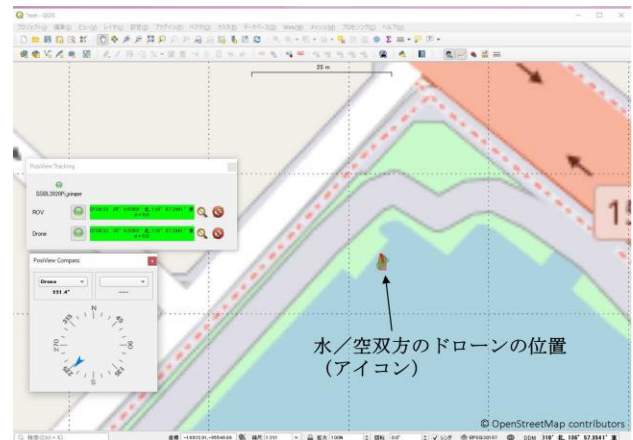


図5 地図上での水／空双方のドローン位置表示

3. 今後の方向性

今回の開発では、プロトタイプを試作し、実用化へ向けての課題を洗い出した。今後は、この水空合体ドローンをSDPFの水域拡張の商用ラインナップとして加え、水域での無人点検のニーズに応じていく予定である。図6に水空合体ドローンの利用イメージを示す。船を出すことなく遠隔で水中の点検が可能となり、養殖場の水中点検、沖合の船舶の船底の点検、ダムにおける水中点検といった作業での活用を想定している。また、レスキュー、遺失物捜査、エンタメ／教育用の映像取得、密漁／侵入者監視といった分野での活用も可能と考えている。

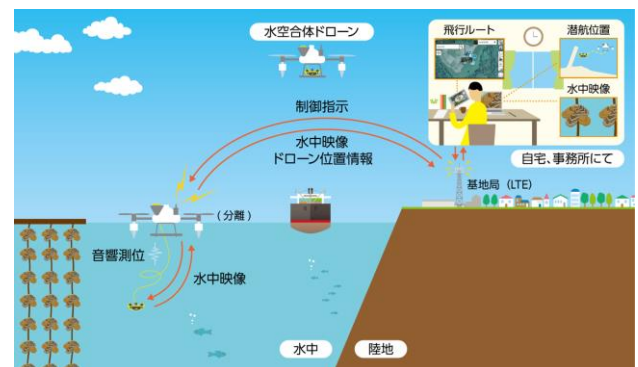


図6 水空合体ドローンの運用イメージ

4. おわりに

今回、水空合体ドローンに実装した機能としては、1)LTE回線を介した遠隔地からの管制により、目視外の自動飛行を可能とする機能、2)水面着水後の水中ドローンの分離・潜航、および水中ドローンの回収(合体)後の浮上飛行機能、3)LTE回線を介した遠隔地からの水中ドローン制御および水中ドロー

ンから遠隔操作者への実時間映像伝送機能，4) 水中ドローンの位置を計測・表示可能とする機能が主である。

飛行試験および水域での試験においては，これらの機能の動作を確認出来，今後は，インフラ点検や水産業現場での実証実験を計画している。

具体的には，操作性を改善するとともに長時間航行の実現（電池の大容量化）等の課題に対応したうえで，各用途に応じた実証実験を行い，商用化に向かっていく。その先では更に，水中ドローン管制の無線化／自律航行／複数機同時航行といった運用の実現も目指している。

将来，人類の活躍の場を海中にまで広めることを目指した「海中生活圏・経済圏構想」[7]のもと，水中光無線通信も含めて関連する研究開発を加速し，海中や湖沼での作業といった分野でのドローンの新たな市場創出を推進していきたい。

参 考 文 献

- [1] 国交省・経産省：“ICT,データ活用等による戦略的なインフラメンテナンス等”，2018年3月2日
- [2] 内閣府：“我が国の水産業の現状と課題”，2017年9月
- [3] 株式会社東京久栄：水中ドローン未来予想図講演“老舗海洋企業が見据える，水中ドローンへの期待”，2021年1月27日
- [4] 一般社団法人 日本潜水協会：“潜水士後継者育成・技術伝承基本方針”，平成29年9月
- [5] KDDI スマートドローンウェブサイト，
<http://smartdrone.kddi.com/>，2021/7/2 アクセス
- [6] 博野雅文，杉田博司，松木友明，大橋朋紘，田中和也：“スマートドローン実現に向けた取り組み”，日本機械学会-電子情報通信学会合同特別企画 ～5G・IoT時代のキカイ～，2019/03/19
- [7] TIME&SPACE(KDDI)ウェブサイト，
<https://time-space.kddi.com/au-kddi/20200103/2820>，
2021/7/2 アクセス
- [8] プロドローン社ウェブサイト，
<https://www.prodrone.com/jp/>，2021/7/2 アクセス
- [9] 海洋音響学会テキスト，“海洋音響の基礎と応用”，
“19.2.3 SSBL (Super Short Base Line) 方式”，pp.
241-243，海洋音響学会，2004年04月
- [10] QGIS ウェブサイト，<https://qgis.org/ja/site/>，2021/7/8
アクセス