

水空合体ドローン

(代表事業者：KDDIスマートドローン、連携事業者：PRODRONE、KDDI総合研究所、KDDIテクノロジー他)

本事業を通じて
目指す姿

ドローン利活用による**点検・監視業務の省人化**を果たしながら**サステナブルな社会を実現**します。
[水中構造物の遠隔点検 (例) 洋上風力設備など]

事業概要

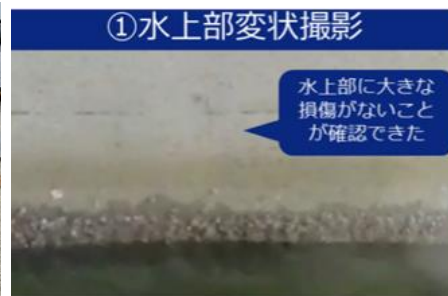
- 技術的な実証から始まり、**単一システムでの自律運航を確立**させつつ、**サービス提供に向けたオペレーション・撮像処理に関する検証**を進めています。
- 水中構造物の点検に当たっての**具体的なユースケースを定め**、実証を通じた実用に向けた**機能開発を進めつつ課題事項を明らかにし改善**を進めます。

これまでの取り組みと成果

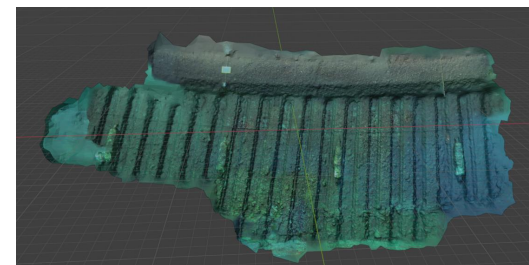
年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度
3か年の 取り組み	技術実証として、海の森水上競技場内の水中設備を対象に、遠隔で水中点検ができるかの検証を行いました。	実用化に向けた実証として、橋梁点検をスコープに、港湾設備点検要綱に基づく点検を実施することが可能か実証しました。	実運用を企図した実証として、島しょ部における水上・水中の広範囲の撮影に係る検証を行いました。
これまでの 成果	▼ ■ これまでの実証にて、防潮堤や橋脚の水中での状態を水空合体ドローンにて遠隔で撮影できることが確認できました。 ■ 今後の導入・運用に向け、最終年には運用性の課題を明確にし、改善することで現場への提案ができるよう取り組んでまいります。		



水空合体ドローン



橋脚水中点検実証 (撮影内容)



水中部のオルソ画像化

現状の課題と本事業終了後のアクション

現状の課題

- 水中自動航行による技術確立が十分でないことに加え、水中ドローンによる位置情報の正確性はさらなる検証が必要です。
- 点検基準等の既存技術（人）中心からドローン等の基準のシフトが求められます。
- 事業化していくにしても、水中ドローンの自動化による工数削減の明示が不足しており、現在の機体性能で十分な市場形成は難しいかと認識しています。加えて、点検対象物に対する点検方法の確立ができていない点も課題です。

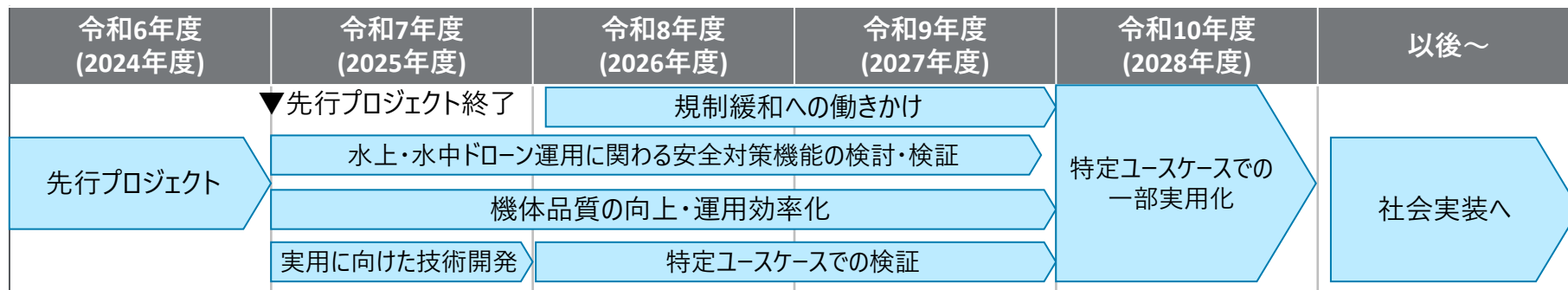


本事業終了後のアクション

- 技術を向上させていくためにも、継続的な機体開発および性能改善に向けた検証を推進します。
- 点検基準のシフトを見据え働きかけをしていくためにも、デジタル活用可能後の実証や課題を抽出してまいります。
- 水中ドローンの自動化を確立しつつ、検証対象を増加させるとともに、搭載物の多様化（マルチビームソナー・作業機材等）に取り組んでいきます。

今後のビジョン

- 今回のプロジェクトでの実績を基に2028年以降の社会実装を目指し、引き続き取り組んでいきます。



これまでの取り組みと成果に対する有識者からのコメント



東京都のニーズに応える形となっており興味深かった一方、現状抱えるリスクや技術課題ではなく法規制に関する課題に終始してしまっていると感じた。今後の実証では、技術を売り出していく中でどのようなリスクがあるかを洗い出す場にしていくのも良いかもしれない



ユースケースは東京都と親和性がありとても良かった一方で、社会実装に向けては規制緩和だけでなく、信頼性や安全性が十分に証明できていないことも大きな課題である。東京都としてドローンの重要性を打ち出し、事業としてのユースケースを創出するのが望ましい。

Appendix

既存技術に対して「準備の簡便さ」「潜航位置把握の正確性」「場所の柔軟性」による大きな優位性を確認

ファクトデータ：既存技術に対する優位性

水空合体ドローンと、モバイル通信を用いた、遠隔制御・自律飛行を可能とする運航管理システムを活用することにより、既存の水中ドローンに比べ、「潜航準備の簡便さ」「潜航位置把握の正確性」「飛行指示業務の場所の柔軟性」において技術優位性があることが確認できた。

	既存の水中ドローンにおける課題	水空合体ドローン＋ 運行管理システムによる優位性
一台での完結性	❑ 水中ドローンが潜航する箇所の近くまで、船でドローンを運搬する必要があり、船や操縦士の手配のための時間やコストを要する ❑ 水上構造物の点検の場合、空中ドローン・水中ドローンそれぞれの利用が必要になる	❑ 空中ドローンが潜航箇所近くまで水中ドローンを運搬するため、潜航までの準備の時間やコストが最小限に抑えられる ❑ 1台で空中・水上・水中全ての撮影を行う事が出来る
飛行指示業務の 場所の柔軟性	❑ 操縦者が毎回現場まで移動する必要があり、移動のための時間やコストを要する ❑ 水上上部点検は人の作業か別ドローンが必要	❑ 遠隔制御が可能であるため、操縦者が現場へ移動せずとも飛行・潜航指示が可能となり、操縦者の移動時間やコストも不要となる ❑ 空中から水中まで一つのドローンで利用が可能
潜航位置把握の 正確性	❑ 水中ドローンの位置を正確に把握し、潜航させることが難しい ❑ 水中ドローンの位置が予定からずれることも想定した場合、ダイバーも一緒に潜水する必要があり追加のコストを要する	❑ 音響測位装置により、水中ドローンの位置を空中ドローンとの相対位置で正確に把握することができる

空中ドローン・水中ドローンが一体化する事で、空中・水上・水中が一つのデバイスで撮影可能になる為、点検業務の効率性が高い

ファクトデータ：既存技術に対する優位性－1 台での完結性

2023年度の実証では水上部・水中部の撮影を実施した。護岸や湾岸設備・洋上発電施設等、水面の状態把握が必要な構造物には特に効果を発揮する。撮影データも画像処理を行う事で、付加価値を上げられる可能性を確認した。

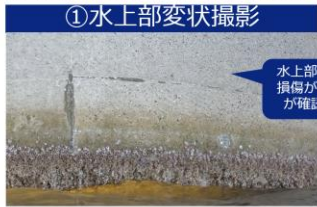
水中の撮影画像単体（2023年度）

水中の画像合成（2024年度）

4-3-4. 橋脚点検結果

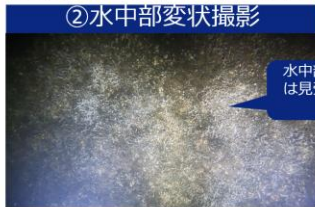
9月実証と同等の撮影を、2023年度モデルにて、遠隔で撮影できることが確認できた。

①水上部変状撮影



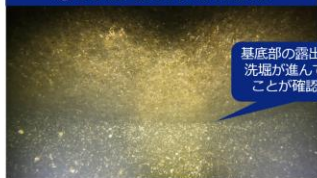
水上部に大きな
損傷がないことが
確認できた

②水中部変状撮影



水中部の滑落等
は見受けられな
い

③洗掘堆積状況撮影

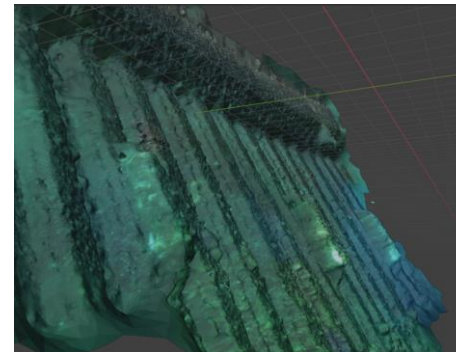
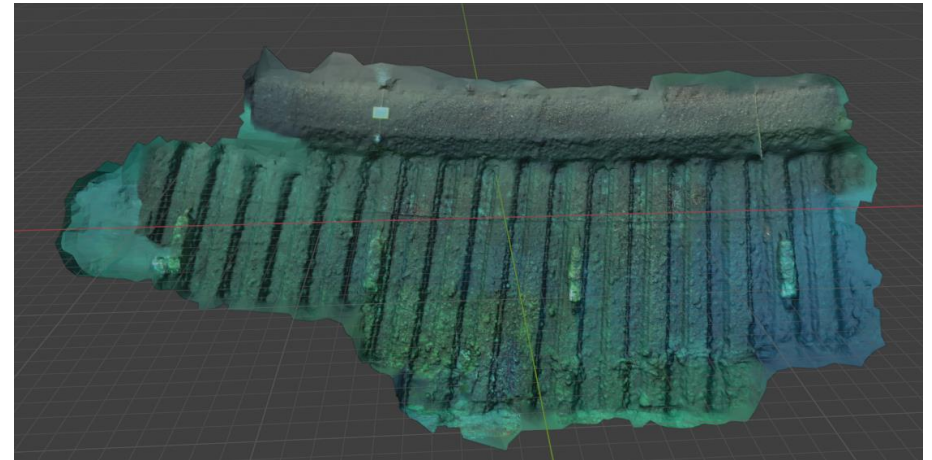


基底部の露出はなく、
洗掘が進んでいない
ことが確認できた

④鋼管杭/犠牲陽極撮影



犠牲陽極の腐食
状況が確認でき
た



LTEを用いることで遠隔での空中・水上・水中の操作が可能 船舶を出すことなく、水中の点検が行う事が出来る。

ファクトデータ：既存技術に対する優位性－飛行指示業務の場所の柔軟性

水中ドローンは有線での通信が必要となり、船で点検場所までの移動が必要になる。水空合体ドローンでは、全てを無線で行う事により操縦者は地上からの操作で行う事が出来る点に優位性がある。



4-2-1.実証状況

本実証では、中防大橋の水中橋脚部と水中鋼管の2か所の撮影を実施。
側道から飛行し着水、水上を橋脚に向かい移動し、水中ドローンにより橋脚水中を撮影
9月実証では水中ドローンは既製品のFIFISHを利用。

空中飛行の様子



水上移動の様子



使用水中ドローン（FIFISH）



実証期間中の機能改善として、潜航位置把握の正確性が向上 GNSS（GPS）が届かない水中でも、水中ドローンの場所が解る事により、操作性が向上

ファクトデータ：既存技術に対する優位性－潜航位置把握の正確性

通常の水中ドローンでの位置計測は水中の特性により、GPS情報が届かず、位置が不正確であった。これにより正しい位置での撮影が困難であるが、空中ドローンのGPSと音響位置測位装置により、正確な位置把握が可能となっている。

4-3-3. 統合運航管理システム

これまで個別に管理していた空中・水上・水中の映像・情報を1つのタブレットアプリに統合。タブレット上で水中ドローンの映像と位置を見ながら操作ができるようになった。



令和6年度は水空合体ドローンの水上・水中撮影の特性を活かして、画像処理を実施

ファクトデータ：技術優位性

令和6年度の実証では、岸壁等を対象として、水中部と水上部のオルソ画像の作成を検証する。
現状、2つのデバイスで取得している状態で、1枚になる事で、変状の確認や情報共有の容易性が向上し、利活用の幅が広がる

実証テーマ

水上部・水中部の
同時撮影

現状課題： 水上・水中合わせた全体像の把握力の向上
想定される効果： 正確な全体像の把握

水空合体ドローンを用いて、特定
設備の撮影検証における技術実
現性を検証

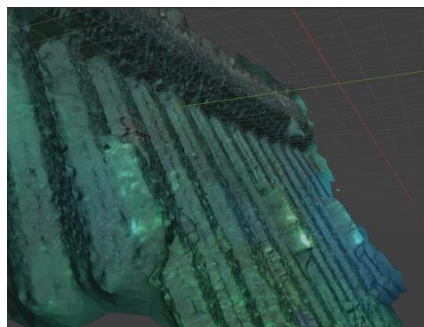
実施内容



【水空合体ドローン】

空中移動→着水→水中ドローンの操作が可能。空中から水中まで全てを撮影出来るため、一つのモビリティで様々な箇所の情報取得が可能。

- ・水上 & 水中の撮影検証
- ・実用化に向けた課題抽出



性能向上の余地はあるものの、実サービス展開にあたっては十分な性能向上を確認

ファクトデータ：性能向上

先行プロジェクト3か年での取組を通じて、水中でのドローンの位置維持機能や操作性など、性能向上、画質など実運用に耐えられる性能を確立した。

PJT実施初期

取組結果

水中での位置維持

機能なし



流れのある場所においても、音響即位での位置情報により、数メートルの誤差範囲で位置維持ができることを確認

主要機器の国産化度
合の向上

水中ドローンが既製品の
組み合わせ



筐体のみ購入し、内部システムをプロドローンで開発。主要装置の日本での開発が実施できた。

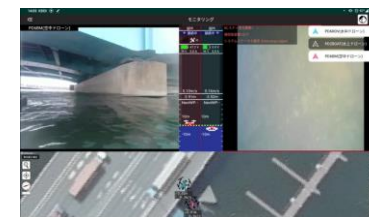


単一アプリケーションでの
操作

水中ドローンの位置情報表示が
別システム（2デバイス必要）



運航管理システムで全ての表示が完結し、UXが向上



国において、一対多運航の研究開発による、複数ドローンのオペレーション技術・管理するUTMの開発が進む

ファクトデータ：国による一対多運行の研究開発支援

経済産業省やNEDOが主導するReAMo（次世代空モビリティの社会実装に向けた実現プロジェクト）において、「複数ドローンの同時運航実現に向けた運用要件の策定および運航管理システムの開発」をKDDI・日本航空が企画し、研究開発および実証を進めている。

実施体制		最終目標 (2024年度)	
KDDI株式会社、日本航空株式会社		カテゴリ II 飛行での複数操縦者対複数機運航、複数空域の運航を実証	
事業内容		2023年度までの成果	
① 1対多運航のシステム要件及びオペレーション要件の検討		□ 現地にスキル人材を必要としない体制のために必要な要求及びリスク評価に基づく共有を洗い出し、優先度を設定したうえで、システム要件及びオペレーション要件を策定	
② 1対多運航に対応した運航管理システム開発		□ システム要件検討結果に基づき、ルート健全性確認機能、多数機対応画面改修、機体の健全性確認機能等を備えた運航管理システムを開発	
③ 飛行実証に向けた許可承認の取得		□ ドローンメーカーと連携し、カテゴリ II 想定 of 機体認証/操縦者技能証明を取得	
④ 複数空域における複数機同時飛行を想定した飛行実証		□ 物流領域では山間部における平時/有事のドローン物資輸送を想定。埼玉県秩父市吉田地区にて1人の遠隔操縦士が3機体の同時運航を実施 □ 警備領域では巡回・侵入の2ユースケースを想定。コードベースキミツにて1人の遠隔操縦士が2機体を同時に操縦する警備実証を実施	

アナログ規制の撤廃に向けた動きがあり、デジタル技術が利用しやすい環境へ

ファクトデータ：デジタル庁によるアナログ規制見直しの取組

政府における共通の指針であるデジタル原則の下、新たな付加価値を生み出しやすい社会を創るため、アナログ規制の一層に向けた取組が進んでいる。「目視規制」「実地監査規制」が代表的なアナログ規制の項目として挙げられており、ドローンによる遠隔制御・自律飛行での点検・監視も利用しやすい環境へ進展していくことが期待される。

構造改革のためのデジタル原則

第7層 新たな価値の創出		改革を通じて実現すべき価値 (デジタル社会を形成するための基本原則：①オープン・透明②公平・倫理③安全・安心④継続・安定・強靱⑤社会課題の解決⑥迅速・柔軟⑦包摂・多様性⑧浸透⑨新たな価値の創造⑩飛躍・国際貢献)	
アーキテクチャ		構造改革のためのデジタル原則	
第6層	業務改革・BPR／組織	原則① デジタル完結・自動化原則	書面、目視、常駐、実地参加等を義務付ける手続・業務について、デジタル処理での完結、機械での自動化を基本とし、行政内部も含めエンドツーエンドでのデジタル対応を実現すること。国・地方公共団体を挙げてデジタルシフトへの組織文化作りと具体的対応を進めること。
第5層	ルール	原則② アジャイルガバナンス原則 (機動的で柔軟なガバナンス)	一律かつ硬直的な事前規制ではなく、リスクベースで性能等を規定して達成に向けた民間の創意工夫を尊重するとともに、データに基づくEBPMを徹底し、機動的・柔軟で継続的な改善を可能にすること。データを活用して政策の点検と見直しをスピーディに繰り返す、機動的な政策形成を可能とすること。
第4層	利活用環境	原則③ 官民連携原則 (GtoBtoCモデル)	公共サービスを提供する際に民間企業のUI・UXを活用するなど、ユーザー目線で、ベンチャーなどの民間の力を最大化する新たな官民連携を可能とすること。
第3層	連携基盤	原則④ 相互運用性確保原則	官民で適切にデータを共有し、世界最高水準のサービスを享受できるよう、国・地方公共団体や準公共といった主体・分野間のばらつきを解消し、システム間の相互運用性を確保すること。
第2層	データ	原則⑤ 共通基盤利用原則	ID、ベースレジストリ等は、国・地方公共団体や準公共といった主体・分野ごとの縦割で独自仕様のシステムを構築するのではなく、官民で広くデジタル共通基盤を利用するとともに、調達仕様の標準化・共通化を進めること。
第1層	インフラ		

代表的なアナログ規制である7項目

目視規制	人が現地に赴き、施設や設備、状況等が法令等が求める一定の基準に適合しているかどうかを、目視によって判定すること（検査・点検）や、実態・動向などを目視によって明確化すること（調査）、人・機関の行為が遵守すべき義務に違反していないかどうかや設備・施設の状態等について、一定期間、常時注目すること（巡視・見張り）を求めている規制
実地監査規制	人が現場に赴き、施設や設備、状況等が法令等が求める一定の基準に適合しているかどうかを、書類・建物等を確認することによって判定することを求めている規制
定期検査・点検規制	施設や設備、状況等が法令等が求める一定の基準に適合しているかどうかを、一定の期間に一定の頻度で判定すること（第三者検査・自主検査）や、実態・動向・量等を、一定の期間に一定の頻度で明確化すること（調査・測定）を求めている規制
常駐・専任規制	(物理的に) 常に事業所や現場に留まることや、職務の従事や事業所への所属等について、兼任せず、専らその任にあたること（1人1現場の紐付け等）を求めている規制
対面講習規制	国家資格等の講習をオンラインではなく対面で行うことを求めている規制
書面掲示規制	国家資格等、公的な証明書等を対面確認や紙発行で、特定の場所に掲示することを求めている規制
往訪閲覧縦覧規制	申請に応じて、又は申請によらず公的情報を閲覧・縦覧させるもののうち、公的機関等への訪問が必要とされている規制