SENDAI BOSAI TECH

仙台市BOSAI-TECHイノベーション創出促進事業 実証実験サポートプログラム(2021年2期) 実証実験成果報告書

ドローンを活用した 港湾設備等の遠隔点検・監視

丸紅株式会社

要約

タイトル:ドローンを活用した港湾設備等の遠隔点検・監視

会社名:丸紅株式会社

1. 背景と課題

- 近年、自然災害の激甚化へのレジリエンス の強化がより一層求められる一方、少子高 齢化を背景とした点検作業員の人員不足・ 高度経済成長期に整備されたインフラ設備 の老朽化の急速な進展への対応が課題と なっている。
- ・ 仙台塩釜港の仙台港区には、公共岸壁・荷 役施設等に加えて、民間企業の保有する 荷役機械・石油タンク等貯蔵施設が設置さ れている。これらの設備は、大地震・津波・ 高潮・強風等の自然災害の影響を受けや すい立地・環境にあるため、継続的な維持 管理・機動的な緊急時点検・巡視の実施が 求められる。
- そこで、ドローンを中心とした新技術を用い、 公共・民間の港湾周辺設備の点検・巡視業 務の高度化に活かすことで、仙台港におけ る産業活動の維持・発展および防災機能の 強化を目指すべく、本事業を計画した。

2. 実証実験の実施内容

- ・ドローンで撮影した以下のデータを遠隔地 事務所にリアルタイムデータ伝送し、内容を 確認する。
 - ①広域災害時の自動車事故現場
 - ②港湾道路上のクラック

<実証イメージ図>



3. 実証実験結果

- ① 港湾道路上の対象物・状況の確認 →自動車事故現場:達成 道路上のクラック:未達成(解像度低)
- ② 遠隔地へのリアルタイムデータ伝送 →達成
- ③ 運航管理システムによる飛行情報の管理 →達成

<遠隔地での確認データ>



<C.O.S.M.O.S上の表示画面>



4. 今後の展開

- 防災課題に対応するために新たなテクノロジーや企業を融合させ、防災関連事業の創出や社会実装に取り組んでいる仙台市にて、地区全体のレジリエンスの強化に向けた取り組みを引き続き検討したい。
- 民間企業のニーズを整理の上、公共団体/ 民間企業の防災・点検業務を同一のドロー ン運行管理システムによって操縦、管理することを目指す。
- 安全かつ確実なドローン管理体制を構築するため、Bosai Techプログラムでの実証機械等を活用しながらドローン技術の発展を推進する。

SENDAI BOSAI TECH

Marubeni

1. 背景と課題 (1/2)

本事業の背景

- 近年、自然災害の激甚化へのレジリエンスの強化がより一層求められる一方、少子高齢化を背景とした点検作業員の人員不足・高度経済成長期に整備されたインフラ設備の老朽化の急速な進展への対応が課題となっている。
- 開港から50年を迎えた仙台塩釜港の仙台港区には、公共岸壁・荷役施設等に加えて、民間企業の保有するアンローダ等の 荷役機械・石油タンク等貯蔵施設が設置されている。これらの設備は、大地震・津波・高潮・強風等の自然災害の影響を 受けやすい立地・環境にあるため、継続的な維持管理・機動的な緊急時点検・巡視の実施が求められる。

本事業の狙い

● ドローンを中心とした新技術を用い、公共・民間の港湾周辺設備の点検・巡視業務の高度化に活かすことで、仙台港における産業活動の維持・発展および防災機能の強化を目指すべく、本事業を計画した。

1. 背景と課題 (2/2)

現状課題および目標

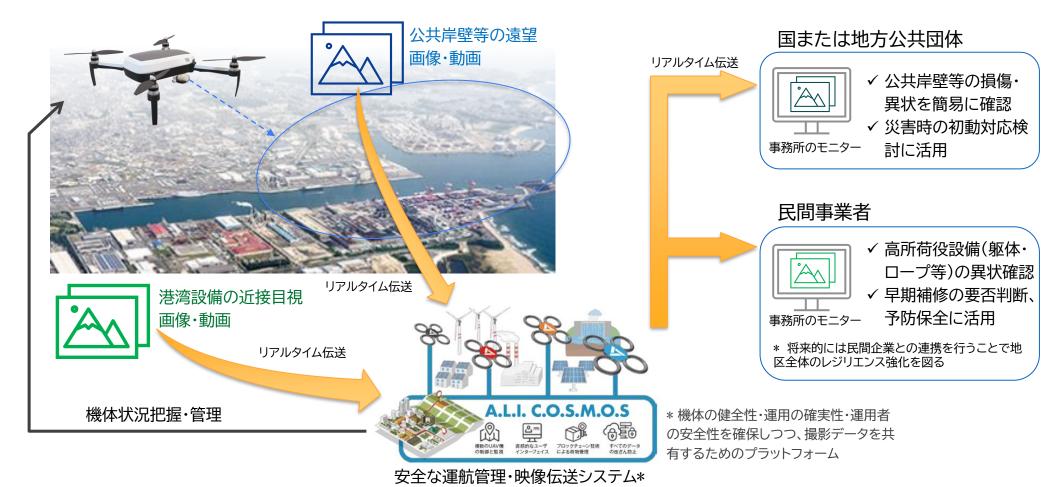
仙台港に立地する地方自治体・民間企業が抱える設備維持管理・防災・減災に関する現状の「課題」を整理。その上で、ドローン等新技術の導入により、実現しうる「目標」を以下の通り設定した。

対象者	テーマ	現状課題	目標
地方自治体	港湾施設管理、 防災・減災	✓ 地震や津波等の災害発生時に現場把握等の 緊急対応が必要な一方で、二次災害等の観 点から現場立入・把握が困難✓ 緊急対応時のみにドローンを使用する事は 体制維持の観点で負担が大	✓ 災害発生時、上空から広範囲の遠望確認を実施。人の立ち入りが困難な地点も安全に確認し、被害の全容を早期に把握✓ 平常時も定期的に飛行・撮影し、緊急時対応に役立てるほか、異状の早期発見により減災対策強化に寄与
民間企業	設備維持管理	✓ 高所設備の点検業務に伴う労災リスク✓ 少子高齢化に伴る熟練技術者の減少✓ 紙媒体による点検データ管理	✓ 高所の確認作業を省人化し、維持管理費用を合理化 (足場費用の圧縮など)✓ 撮影データを予防保全にも活用し、設備の長寿命化に寄与
地方自治体· 民間企業	公共・民間の連携	✓ 地区全体のレジリエンス強化のためには公共・民間の連携が不可欠✓ 航空法改正後は操縦ライセンス取得や機体登録制度に適したドローンの使用等、より厳重な管理体制が必要	 ✓ 隣接する事業者および行政間の連携による、より効率的・効果的な運用体制の確立 (撮影データ・飛行計画の一部共有、事前緊急時の相互利用) ✓ 航空法改正後のライセンス・機体登録制度に適した運用体制の整備 (社内有資格者の育成、機体管理システムの整備、および適切なスコープでの外部委託)

2. 実証実験の実施内容(1/5)

実証サマリー

ドローンで撮影したデータを遠隔地にリアルタイムデータ伝送し、内容を確認する。



2. 実証実験の実施内容(2/5)

実施日程:3月2日(火)~4日(水)

実施場所:仙台塩釜港湾事務所港湾道路

● 実施体制:下表参照

所属	内容
丸紅 (約3名)	実証現場でのプロジェクト管理 (各関係者とのスケジュール調整含)仙台市様事務所でのデータ確認サポート
ALI (約6名)	現場統括ドローン飛行(手動操作、C.O.S.M.O.S.操作)安全確保のための現場監視東京オフィスからZoomによる実証中継・解説
仙台市様 (約3名)	• 仙台市様事務所にてドローンによる撮影データを リアルタイムで確認
塩釜港湾事 務所様 (約2名)	実証現場の提供港湾事務所様施設(アクセル)にて撮影後に実証録 画データを確認

▶ 実施機材:下図参照



▼ドローン搭載カメラ



▼ドローン搭載ジンバル



2. 実証実験の実施内容(3/5)

当日(3月4日)のスケジュール

時間	丸紅・ALI対応	仙台市様対応(@仙台市役所会議室)	仙台塩釜港湾事務所様対応(@アクセル会議室)	
8:00~	関係者集合、当日作業確認			
8:30~	飛行準備、飛行ルート確認			
9:30~	気象状況最終確認、飛行前最終確認			
10:00~	【録画用】本番フライト			
10:30~	【録画用】撮影データ確認			
11:00~	本番フライト、 撮影データ確認	会議室集合、 実証概要紹介、リアルタイムデータ確認、 フィードバック		
12:00~	当日作業振り返り・撤収	終了		
12:30~	現場作業完了			
	アクセル会議室へ移動			
15:40~	仙台港湾事務所様へのご説明		会議室集合、 実証概要紹介 Zoom録画データを基に動画確認、フィードバック	
16:00~	全体作業終了		終了	

2. 実証実験の実施内容(4/5)

飛行ルート、実証方法

- 事前に設定した飛行ルート(黄色線)に沿って自動飛行・動画撮影を実施。(高度:60m、飛行速度:6m/s、全長691m)
- 要確認箇所(赤枠)ではドローンの操作方法をC.O.S.M.O.S.上からの操作に切り替え、ドローンの高度を調整しながら詳細の 状況を撮影し、遠隔地の事務所にて撮影データをリアルタイムで確認する。



① 広域災害時の自動車事故現場を想定 して、要救助者の捜索、状況の把握

② 港湾道路アスファルト上のクラック を確認

2. 実証実験の実施内容(5/5)

1自動車事故現場

- 港湾道路上に車両2台と人を配置し、カラースモークによって煙を 発生させることで自動車事故を模した現場を設定。
- ドローンは現場上空で一時停止させた後、高度40mまで下降。
- C.O.S.M.O.S.上の操作にて、ドローン搭載カメラを前後左右に動かし、現場の様子を撮影し遠隔地にライブ配信する。



②クラックの確認

- 港湾道路上には幅10~20mm程度の複数のクラックが存在。
- ▶ ドローンは現場上空で一時停止させた後、高度40mまで下降。
- C.O.S.M.O.S.上の操作にて、ドローン搭載カメラを前後左右に動かし、現場の様子を撮影し遠隔地にライブ配信する。



3. 実証実験結果(1/5)

以下の各項目について評価を実施。詳細は次項以降にて説明。

- ① 港湾道路上の対象物・状況の確認
- ② 遠隔地へのリアルタイムデータ伝送
- ③ 運航管理システムによる飛行情報の管理
- ④ 実証結果総括

3. 実証実験結果(2/5)

①港湾道路上の対象物・状況の確認

ドローンの撮影データが、地 震・津波・高潮・強風等によ る公共岸壁等港湾施設の異状 またはその兆候の確認に活か せる可能性がある

仮説

- 検証方法
- ✓ 一定の範囲の公共岸壁 等をドローンで撮影
- ✓ 撮影データを地上の職 員が確認

評価基準

- ✓ 確認したい箇所・様子を適 切な画角で撮影できるか
- ✓ 遠隔地へ伝送されたデータ は現場状況を把握するに値 する解像度であるか

- 検証結果
- ✓ 自動車事故現場についてはカメラの牛データ、伝 送データ共に、現場の状況を確認できた
- ✓ 港湾道路 トのクラックについてはカメラの牛デー タ、伝送データ共に解像度が荒く状況を確認がで きなかった

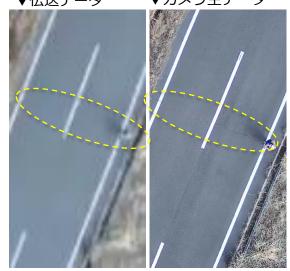
▼伝送データ





▼伝送データ

▼カメラ牛データ



考察・今後の課題

- 通信状況にもよるが、C.O.S.M.O.S.上にストリーミングされ た画像はカメラの生データと比較すると解像度が悪化するた め、現時点では詳細点検等への利用は困難と考える。
- クラック等の詳細状況を確認するためにはドローンの高度を 下げて撮影することや、データ通信技術やカメラ精度等の更 なる改善が必要と考える。

3. 実証実験結果(3/5)

②遠隔地へのリアルタイムデータ伝送

仮説

検証方法

評価基準

検証結果

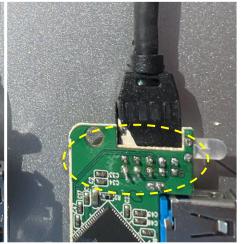
発災直後など、現場へのアクセスが 難しい場合には、遠隔地にいる担当 者に画像・動画データを伝送するこ とで、状況の把握・初動対応検討に 役立てられる ✓ リアルタイム映像伝送が 可能なシステムを用いて、 遠隔地の事務所で画像・ 動画を確認する ✓ ドローンによる撮影データが途切れることなくリアルタイムで遠隔地に伝送されるか

- ✓ 実証初日はハードウェアの不具合により撮 影データがC.O.S.M.O.S.上に映らず、遠 隔地でのデータ確認が出来なかった
- ✓ 実証最終日、USBハブを取り換えて実施したところ、予定した飛行ルートの撮影データを遠隔地にリアルタイム伝送できた

▼摩耗したUSBハブの基盤



▼新しいUSBハブの基盤



考察・今後の課題

- 撮影データの伝送が正しく行われなかった要因はカメラとラズベリーパイを接続するUSBハブの接触不良によるものと考えられる。左図のとおり、今回使用したUSBハブは内部の基盤に摩耗が生じていた。
- 今回使用したドローンは機体やカメラが大きく、強い振動が生じるため、 各部品に大きな負担が発生している。このような強い振動に対しても十 分耐えうるUSBハブやコネクターの代替が必要と考える。

3. 実証実験結果(4/5)

③運航管理システムによる飛行情報の管理

仮説

検証方法

評価基準

検証結果

地区内の複数の民間事業者・自 治体が同時にドローンを利用す る際、共通の運航管理プラット フォームの導入により、安全か つ効率的な情報・データ共有が 可能になる

✓ 複数機体の運航管理 が可能なシステムを 用い、機体の位置・ 状態が共有できるか 確認する

- ✓ 事前に設定した飛行ルートに沿って 安全な自動飛行およびC.O.S.M.O.S.上の操作切り替えが実施できたか
- ✓機体の飛行位置、状態が C.O.S.M.O.S.の画面上に正しく反 映することができるか
- ✓ 事前に設定した飛行ルートに沿って自動 飛行を実施し、C.O.S.M.O.S.上の操作 への切り替えも正しく行われた。
- ✓ C.O.S.M.O.S.上に表示画面によって機体の飛行位置、状態を確認することができた

▼C.O.S.M.O.S表示画面



考察・今後の課題

- 今回の実証では目視内飛行を前提としていたため、C.O.S.M.O.S. 上の操作は実証現場にて行ったが、技術的には目視外の遠隔操作 も可能であるため、来年度予定されているレベル4(有人地帯で の目視外飛行可能)解禁時には当技術のニーズがより高まると想 定。
- 一方で、遠隔操作の実現に向けてはドローンが周辺設備に接触しないためのより高精細な障害物センサ等、引き続き開発を進める必要がある。

3. 実証実験結果(5/5)

実証結果総括

対象者	仮 説	評価	現状課題
仙台市 ・防災・減災	✓ 災害発生時、上空から広範囲の 遠望確認を行うことで、人の立 ち入りが困難な地点も安全に確 認し、被害の全容を早期に把握 する。 ✓ 緊急対応時のみでなく平常時の 定期的点検等にも役立てること で、ドローンの利用頻度を向上	 ✓ 通信、制御、管制をカバーしており、システムとしては優れている。 ✓ 高所等、目視が難しい箇所の撮影を対象とした方が、地方公共団体のニーズに合いそう。 ✓ 今後はドローンが独自に判断して、異常個所に近づいていけるようにしてほしい。 ✓ 安全かつ確実に使える仕組みにする必要がある。 	 ✓ 伝送された画像は解像度が低下するため、詳細点検とリアルタイムでのデータ確認(状況把握)の使い分けが必要と考える。 ✓ 今後ドローンの自律飛行を実現するためには高精度カメラ及びAI解析等による検知技術の導入が必要である。 ✓ 技術開発や運用の見直しにより確実性・信頼度を高める必要がある。
<u>仙台塩釜港湾事務所</u> ・設備維持管理	させ、体制維持の負担を軽減さ せる。	✓ 映像ではクラックを確認することが困難。✓ 遠隔操作で防波堤や岸壁を確認したい。✓ 船からの油漏れや防波堤の釣り人を確認するためにドローンを活用できるのではないか。	 ✓ 伝送された画像は解像度が低下するため、詳細点検とリアルタイムでのデータ確認(状況把握)の使い分けが必要と考える。 ✓ 点検業務の中でも対象物によって必要となるデータの解像度や画角が異なるが、それらを一台のド
<u>民間企業(仮)</u> ・設備維持管理	✓ 高所の確認作業を省人化し、維持管理費用を合理化 (足場費用の圧縮など)✓ 点検結果をデータ化し予防保全にも活用することで、設備の長寿命化に寄与	✓ ドローンの自動飛行、遠隔地からの操作は現場の作業員の省人化や足場費用等の削減に貢献する可能性あり。✓ 画像の解像度が低く、異常等の点検業務への活用は現状困難。	ローンにて全て網羅することは現状困難。 ✓ 現場や施設毎にドローンを利用する際には導入コストや体制構築が負担となる。

※民間企業の評価は想定して記載

4. 今後の展開(1/2)

テーマ	現状課題	今後の動向
外部環境の変化	今後ドローン導入を推進する ためには法令改正や政府を主 導とした取り組みが必要	✓ 国土交通省がPORT2030を掲げたように、今後インフラ施設のスマート化は積極 的に推進されていくことが想定される。
		✓ また、レベル4(有人地帯での目視外飛行)解禁やドローンの免許制の導入等により、多数のドローンが行き交う時代が今後訪れることになる。
		✓ 今後、電車や飛行機と同じようにドローンにも運行管理・管制システムの実装・ 運用が促進される見込み。
メーカーの対応	安全かつ確実にドローンを利 用するためには機体技術・通 信環境の改善が必要	✓ 5 Gの通信サービスが普及することで、「高速大容量」、「超低遅延」、「多数同時接続」が期待されている。
		✓ 更に、有人地帯での遠隔操作等に対応すべく、更なるドローンの管理・管制機能、 各機器の精度向上が必要となると考えられる。
利用者の二一ズへの対応	求められるドローンの機能は 多岐に亘る	✓ 各自治体及び民間企業が現場の業務に対して抱える課題は夫々異なっている。✓ そのため、今後ドローンが普及した際にも、各現場がドローンに期待する機能・効果は夫々異なる事が想定される。(例:災害時対応、陸上/海上設備の点検、等)

4. 今後の展開(2/2)

現状課題

丸紅・ALIの今後の取り組み

今後ドローン導入を推 進するためには法令改 正や政府を主導とした 取り組みが必要

✓ C.O.S.M.O.S.の運行管理システムを活用することで各 現場の業務を効率化・高度化するだけでなく、各種公 共・インフラシステムのスマート化を積極的に推進す る。

仙台市での今後の展開

- ✓ 仙台市では、防災課題に対応するために新たなテクノロジーや企業を融合させ、防災関連事業の創出や社会実装に取り組んでいると認識している。
- ✓ 防災や設備点検分野での課題解決を図るべく、ドローン 運航管理システムを活用した地区全体のレジリエンスの 強化に向けた取り組みを引き続き検討したい。

安全かつ確実にドローンを利用するためには機体技術・通信環境の改善が必要

- ✓ 5 Gを活用することによって、ドローンが撮影した画像をより高画質かつリアルタイムで通信が可能となる。
- ✓ 障害物センサをはじめとした安全機能・技術の開発に 取り組む。
- ✓ 安全かつ確実なドローン管理体制を構築するためには引き続き技術検証が不可欠で考える。
- ✓ Bosai Techプログラムでの実証機会等を活用しながらドローン技術の発展を推進する。

求められるドローンの 機能は多岐に亘る

- ✓ 現状のC.O.S.M.O.S.は広域の状況把握が主な機能となるが、今後カメラ精度や通信技術の開発が進むことで、 防災や点検等、異なる複数の現場でドローンの一括管理・管制を目指す。
- ✓ そのことが飛行や監視等にかかる人員の削減、飛行・ 運用の効率化にも貢献すると考える。
- ✓ 今回の実証では民間企業を交えた実証を行う事が出来なかったが、地区全体のレジリエンス強化には公共団体と 民間企業の連携が必要と考える。
- ✓ **民間企業の二一ズを整理**の上、公共団体/民間企業の防災・点検業務を同一のドローン運行管理システムによって操縦、管理することを目指す。

5. APPENDIX - 各種許可・申請

丸紅対応事項

- ✓ 港湾施設用地内作業届(仙台塩釜港湾事務所様に提出)
- ✓ 港湾道路関係企業への連絡
 - ・宮城マリンサービス株式会社
 - ・塩釜港船舶給水株式会社
 - ・塩釜港湾・空港整備事務所
 - ・日建工業株式会社
 - · 東北電力新仙台火力発電所
 - ・七ヶ浜産業課

ALI対応事項

- ✓ 包括申請(DIPS:ドローン情報基盤システム)
- ✓ 宮城海上保安部への連絡(当日連絡含む)
- ✓ 漁港関係者への連絡(松ケ浜漁港)
- ✓ 警察署への連絡

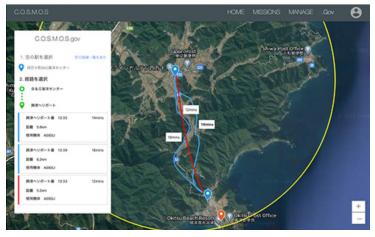
5. APPENDIX – 運航管理システムC.O.S.M.O.S

今回の実証では、ドローンの運航監視・管理およびリアルタイム映像伝送として、ALIの開発するプラットフォーム "C.O.S.M.O.S." を活用した。その概要は以下の通りであり、今回の実証に必要な機能を網羅している。

▼ C.O.S.M.O.S.の遠隔一元管理機能 (イメージ)



▼ 安定的な日常運用のための飛行経路管理画面



主な機能	目的・用途
飛行計画管理	地図上に予め飛行ルートを設定。必要な許可取得有無、操縦士のライセンス情報、 使用機材など、ドローン飛行管理に必要なあらゆる情報を一元的に集約して管理 可能
ライブモニタリング	現在進行中のフライトについて、ドローンの位置・高度、リアルタイムのカメラ映像を、遠隔で監視・管理できる。今後の規制緩和に応じて、遠隔操作もできる 体制を構築
複数台ドローン飛行の同時管理	複数台のドローンが同時に飛行する現場においても、各ドローンの飛行を同時に 管理可能。将来の規制緩和に伴い導入が見込まれる管制システムへの組み込みも 想定
撮影データ管理	撮影した画像・動画を、C.O.S.M.O.S.を通じてクラウドサーバーに格納。外部画像解析サービスとの連携により、異常箇所へのアノテーションの実施も可能
機体管理	航空法改正に伴う機体登録義務化に対応して、所有する機体(周辺機材も含む)の情報をC.O.S.M.O.S.上に一元管理するとともに、国交省へのフライト申請も可能
オペレーター管理	操縦者のライセンス情報、過去のフライト記録等を登録することで、組織内の登 録オペレータを一元管理可能