

ドローン先行的利活用業務 「テーマC」

実施概要報告

株式会社ミライト・テクノロジーズ

2021年3月18日

(1)ドローンの利活用による産業創出、行政サービスの向上

兵庫県および神戸市連携のもと、全庁横断的に多様な分野で最新技術を用いたドローンを先行的に利活用し、その効果を示すことで、県内企業を中心に民間分野での利活用を促進し、次世代産業の創出、県民の更なる安全安心な暮らし、行政サービスの向上・業務効率化の実現を目指す。

(2)AI技術の活用による業務の効率化、省力化

AI技術を活用した水道施設の維持管理に関する画像取得方法の調査として、日常的な点検業務などの定型的な業務の効率化や省力化を図るべく、水道施設の効率的な遠方監視方法について検討する。

事業の内容

神戸市水道局が有する水道施設において、IoT機器の特性を調査し、AI技術を活用した効率的な遠方監視方法を検討する。

(1) 画像解析処理による異常検知の可否判断

⇒監視項目（ひび割れ、サビ、塗装材の剥がれ等）の画像解析処理の可能性確認

(2) 効果的なIoT機器の選定条件

⇒点在する水道施設において、施設規模や構造形式を考慮した上での最適なIoT機器を用いた画像取得方法を検討

(3) IoT機器の設置台数検討

⇒水道施設8箇所をモデル施設として選定し、IoT機器を定点カメラと想定する場合における監視に必要な台数を調査し、各水道施設において、どのIoT機器による監視方法が有効かを検討

(4) 上記以外におけるドローン利活用の可能性調査

⇒ドローンの機動性を活かし、平常時の巡回・点検以外の付加価値について可能性を調査

(5) 効果的な画像取得方法の総合的調査

⇒AIによる施設監視を視野に、効果的な画像取得方法について総括する特に、ドローンについては、将来の無人飛行も視野に入れて効果を検討

実施した作業内容

IoT機器を用いた画像取得結果より、**AI技術**を用いることで、点検業務に適した解析結果が得られるかを確認し、現状の点検手法と比較・検討することで、**点検業務の効率化や省力化の可能性を検討する。**

実際に行った作業は以下の通りである。

- ドローンによる撮影(4箇所)
　　コンクリート構造物:2箇所
　　鋼構造物:2箇所
- ドローンで撮影した画像の解析作業
　　AIによるひび割れ(クラック)の自動検出
　　AIによるサビ(赤錆)の自動検出
　　画像の差分解析による地物の変化点の自動検出
- 定点カメラ設置検討およびドローンとの適応領域の検討
- 現状の点検手法との比較および報告書の作成

実施スケジュール

項目	作業概要	実施時期		
		10月	11月	12月
ドローンによる撮影作業①	奥平野浄水場にてコンクリート構造および鋼構造の配水タンクの撮影作業を実施	10月2日 		
ドローンによる撮影作業②	大日が丘特1高層配水池(コンクリート構造)及び東白川特2高層配水池(鋼構造)の撮影作業を実施	10月14日 		
画像解析作業	AIによるひび割れ、サビの検出、画像解析による差分検出を実施	10月中旬～11月中旬 		
現地調査(定点カメラ)	定点カメラ設置検討のため、現地調査(計6箇所)を実施	10月22,27日 		
点検手法の比較・検討	撮影・解析作業及び現地調査より得た結果を基に、報告書の作成に着手・完了	10月末～11月末 		

【撮影機材】

機体 : DJI MATRICE 210
カメラ : DJI Zenmuse X5S



ドローンによる撮影作業

○撮影対象となる設備の側面をGPS制御による
自動飛行を行い、撮影を実施した。

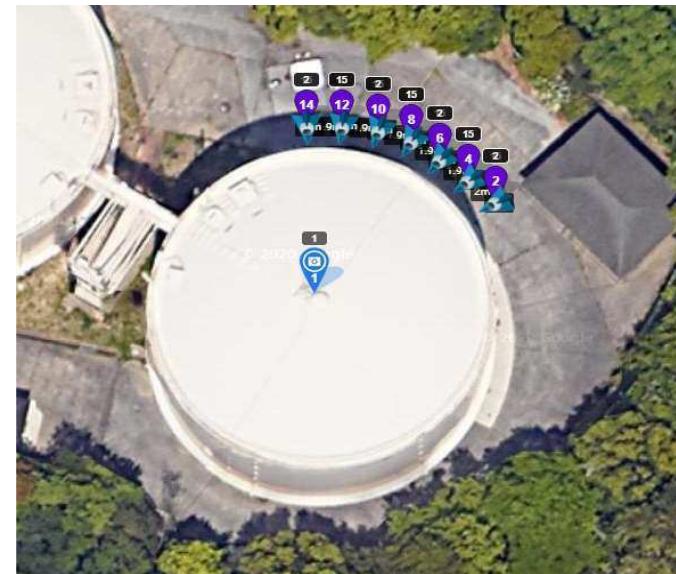
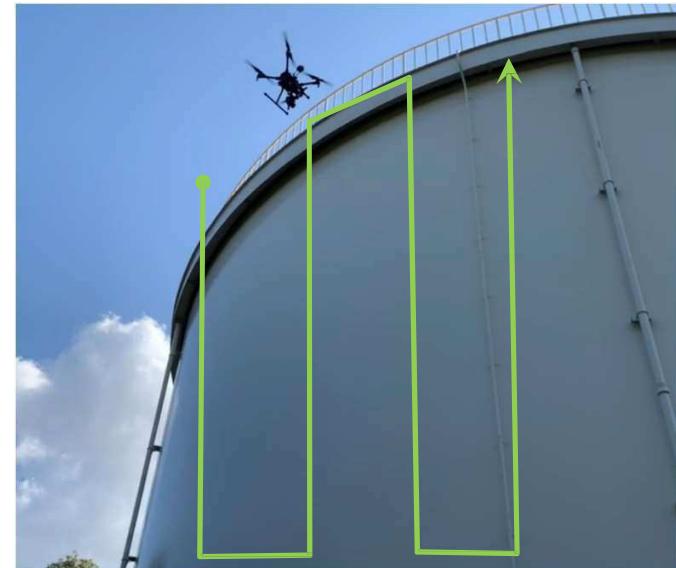
○ドローン搭載カメラで、AIによる解析に適した
高精細な画像取得のため、**対象物との離隔を
3～5m程度**で撮影を実施した。

○撮影する現地の状況により、一部、手動による
撮影も実施した。

(事例)

- ・GPSの取得が困難な狭所（構造物や斜面に
挟まれる場所等）
- ・樹木等の繁茂によりドローンの飛行は困難
な箇所

（自動飛行ルート）



画像解析の実施概要

○ひび検出

AIによる画像解析技術を用い、コンクリートを対象としたひび割れ等を自動検出し図面化を行うクラウドサーバ型のシステム。

画像の精度により、**最大0.1mmまでのひび割れの検出が可能であり、本業務では、0.2mmのひび割れの検出を目標とする。**

また複数の画像データをアップロードすることで、AIが自動的に合成し、1枚の画像データにすることも可能。

○サビ検出

AIによる画像映像解析技術を用い、サビ・腐食等を自動検出し、劣化度によるスコアリングを行うクラウドサーバ型のシステム。

強みとして、「精度向上・スコア化の独自技術」、「多くの企業の声を聞いたノウハウ」、「安心のセキュリティ」、「高度な技術者」、「カメラやドローン撮影も提案可能」が挙げられている。検出対象となるサビの種類は「赤サビ」となる。

○差分検出

2枚の画像の比較による差分を検出する技術。現時点ではサービス化されている技術ではないため、本業務では画像データを提供し、解析依頼を行った。

一定数以上の画素の変化を差分として検出し、マーキングすることが可能。

本業務では、不法投棄を模した環境を再現し、検出を行った。

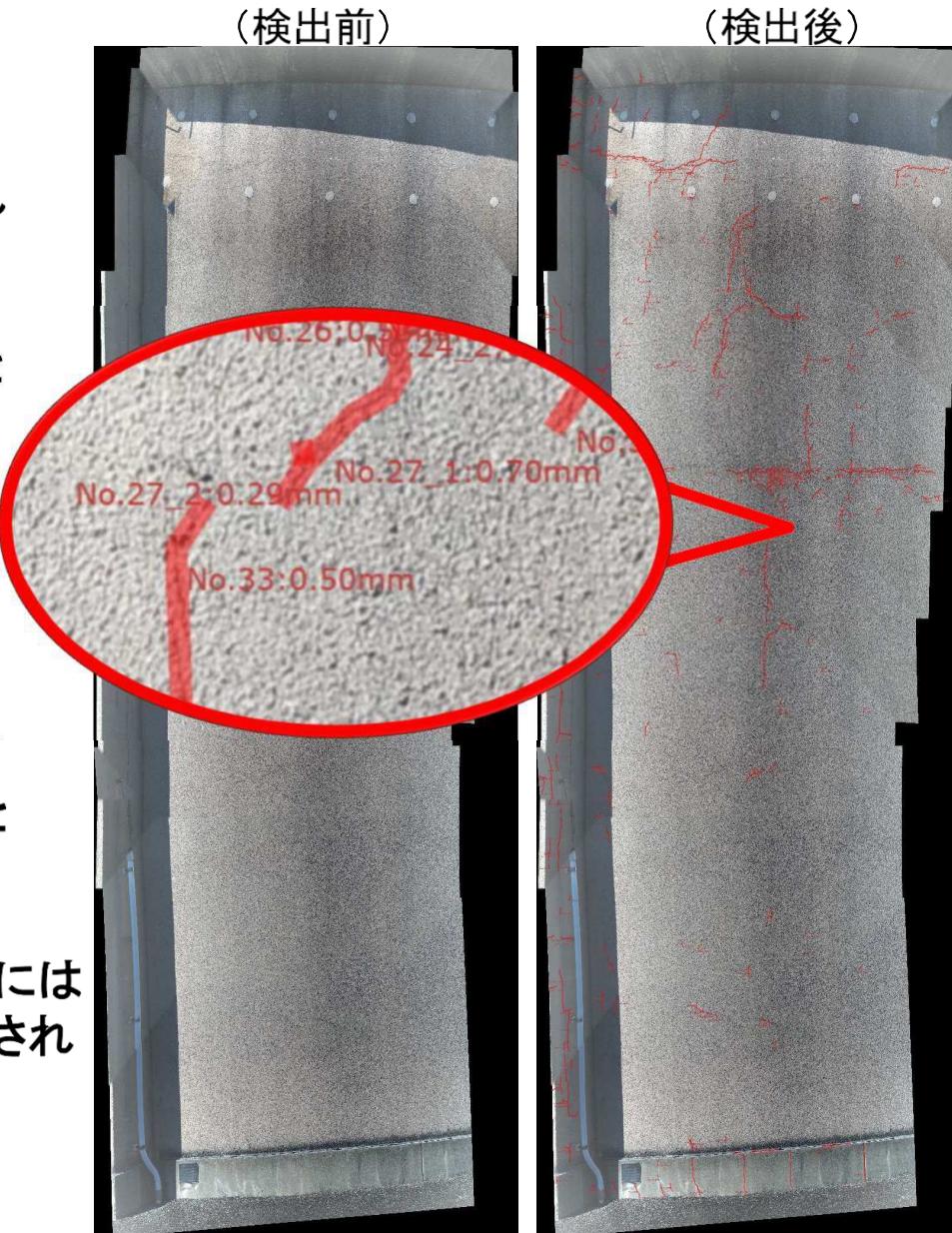
解析結果(ひび割れ)

<ひび割れ検出結果>

- AI解析による画像解析より、複数枚の静止画を1枚の画像に統合し、ひび割れを検出。
- 本業務では、0.2mmまでのひびを対象とし、問題なく検出ができた。
(一部、0.1mm台のひびまでの検出を確認)
- 湾曲部分や立体構造物は検出が困難。

<評価>

- 本業務で目標としていた、0.2mmのひび割れを検出できたため、有効性があると判断する。
- 塗装材での検出精度を向上させるためにはAIによるデータの蓄積・学習により改善されることが見込まれる。



解析結果(サビ)

<サビ検出結果>

○撮影した静止画像をAI解析ソフトにアップロードすることにより、サビを自動検出。

○劣化度合により、3段階の評価に分類する。

(劣化度 「高:赤色」「中:橙色」「低:黄色」)

<評価>

○従来の人による目視点検では、劣化度の評価は点検者に委ねられるため、
自動で検出・分類されることは有効性があると判断する。



(検出前)



(検出後)

解析結果(差分検出)

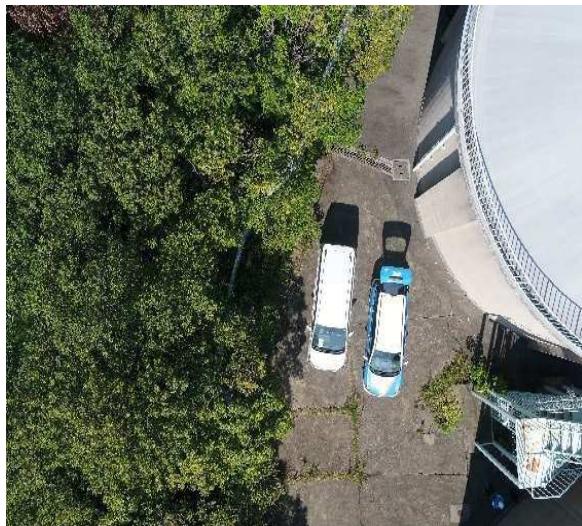
<差分検出結果>

○2枚の画像を比較し、その変化点を検出。

○検証として、意図的に物を設置し、その変化前/後の静止画を解析・比較。
(右図は比較物の設置位置の参考)

<評価>

○設置物は差分として検出されたが、影や樹木まで検出されたため、
業務での活用の場合の課題となると判断する。



(差分無)



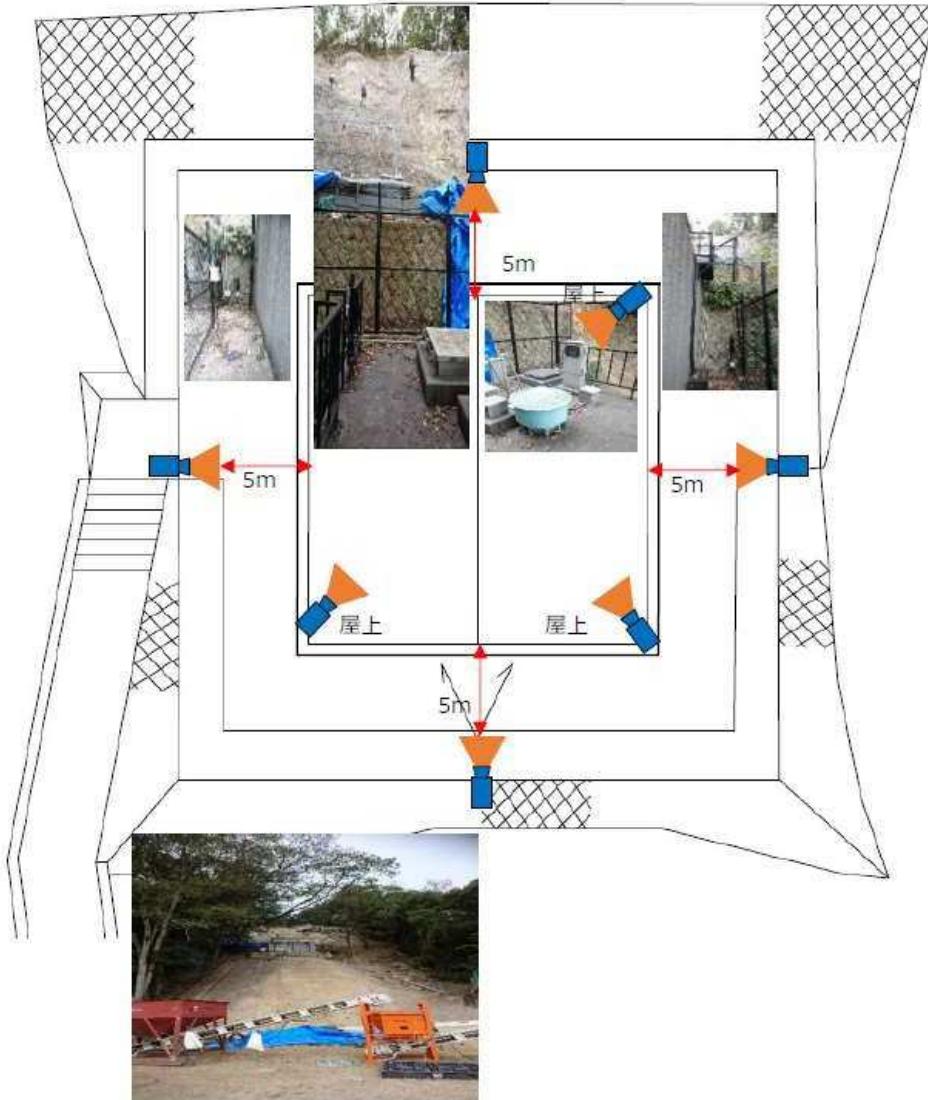
(差分有)



(検出部分の拡大)

定点カメラの設置位置・台数検討

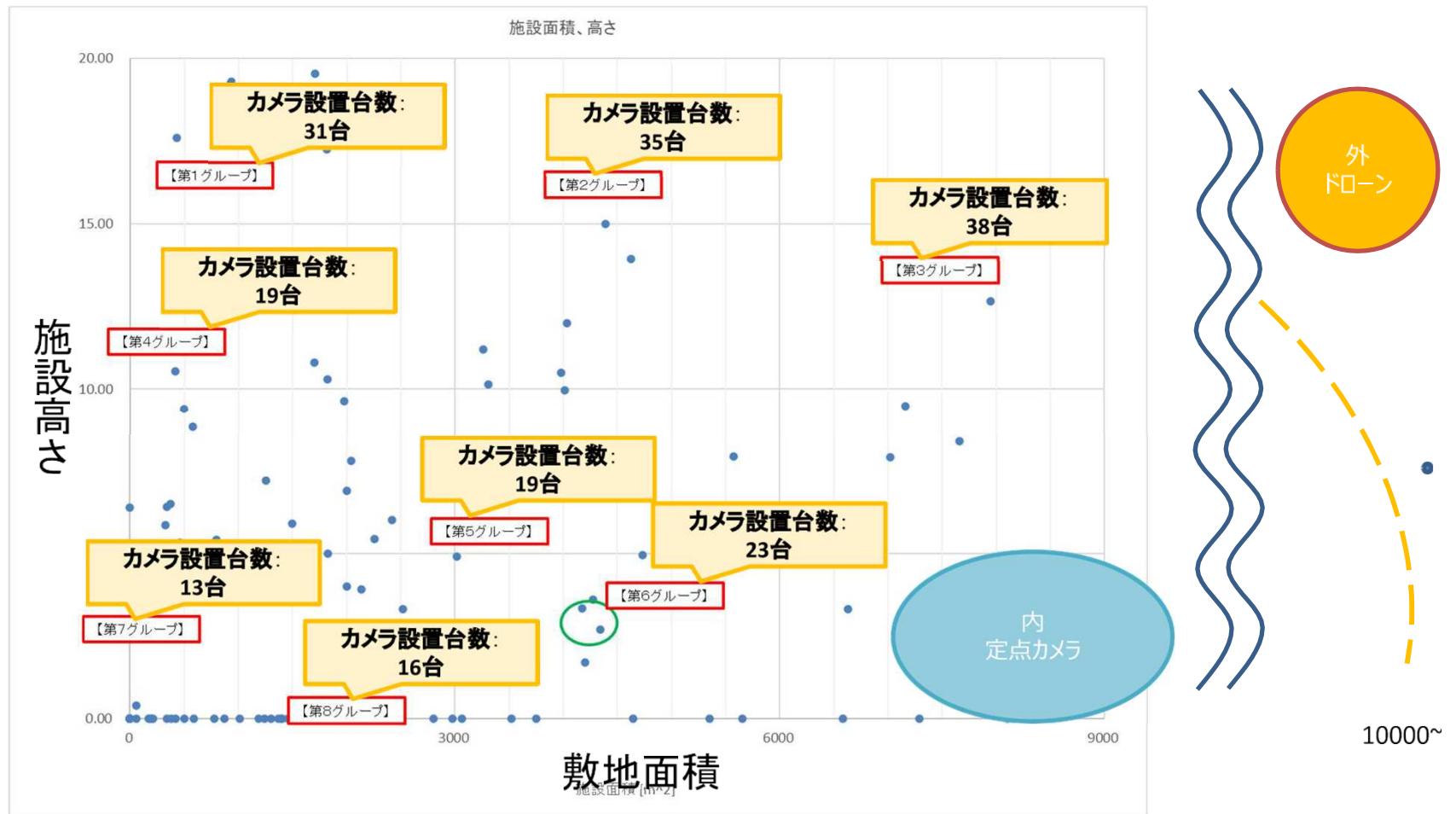
- 現地調査の結果より、定点カメラの設置位置や点検に必要やカメラの設置台数の検討を行った。
- 検討結果をモデルケースとなる8箇所の施設において、右図と同様の資料を作成している。



モデルケース(8箇所)の分布図

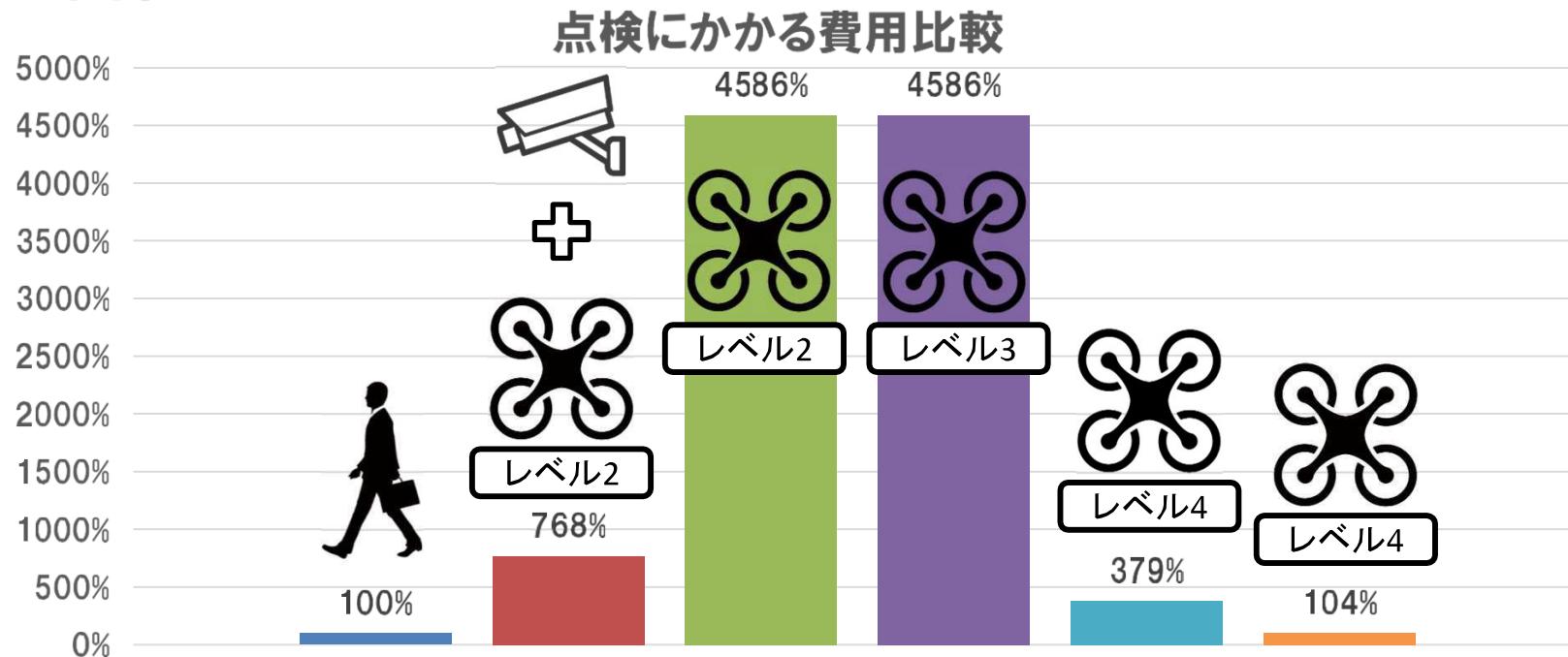
○下図はモデルケースとして選定された8箇所において、定点カメラの設置台数の平均値を算出したものである。

○点検対象となる敷地面積が広大となる施設においては、定点カメラと比較した場合に、ドローンの活用が適していると判断する。



各種点検方法の費用比較

- ドローンの活用では、事前周知等や飛行の安全性の担保に時間を要するため、1日に点検できる施設数が限られることや、週に1度の頻度で実施する点検では、ドローンの運用(委託)費用が現在の点検費用を大幅に上回る結果となる。
- 定点カメラの活用では、点検が必要なエリア全体を網羅するためのカメラの設置台数が膨大となるため、初期導入費用が高額となる。また、AIによる画像解析や画像の差分解析で推奨されるカメラ性能を満たさない。その対策はカメラ設置台数を増やす以外に方法がないため費用が現在の点検費用を大幅に上回る結果となる。



※図中にある「レベル」とは、空の産業革命に向けたロードマップ2020における社会実装で記載されたレベルを指す。

検討結果概要

- ドローンや定点カメラでの撮影および取得画像の解析により施設の点検を行うことができるため、目視点検における担当者毎の判定結果のバラつきが防止できる。
- ドローンや定点カメラ、或いは双方を活用するハイブリット方式での費用と現在の点検手法の費用を比較すると、いずれも導入・運用費用が現在の点検手法を大幅に上回ることが想定され、導入は時期早尚である。
- 今後の法制度(※1)や機体の性能向上(※2)により、遠隔地から全ての施設の点検を実施することが可能となれば、人による巡回が不要となり現在の点検費用と同等あるいは下回る可能性がある。

※1 法制度の改正

レベル4(有人地帯での目視外飛行)が可能となる。

※2 ドローン飛行・撮影の可用性向上

自動離発着機能、ドローンの飛行時間の増大。

(参考)各手法の比較

	現在の点検手法 (水道局職員直営)	IoT機器を用いた点検 (定点カメラ+ドローンの ハイブリッド) (導入・委託費用)	IoT機器を用いた点検 (ドローンレベル2) (委託費用)	IoT機器を用いた点検 (ドローンレベル3) (委託費用)	IoT機器を用いた点検 (ドローンレベル4実装初期) (委託費用)	IoT機器を用いた点検 (ドローンレベル4経年後) (委託費用)
点検項目	○施錠状態 ○門扉、フェンス（変形、破損、腐食状況） ○樹木、植栽、雑草（繁茂状況） ○外構【舗装、法面、排水設備】 ○不法投棄、不法占用 ○水密構造物からの漏水					
1施設当たりの大凡の点検時間	15分～30分程度	【定点カメラ】 現地での対応は不要 【ドローン】 2～3時間程度	2時間～3時間程度	2時間～3時間程度	2時間程度 ※充電時間含む	1時間～2時間程度 ※充電時間含む
メリット	○現地状況に応じて臨機に点検できる ○点検結果に応じて、その場で応急処置をすることができます	○施設に適したIoT機器（定点カメラもしくはドローン）を使用可能 ○同一箇所を同じアングルから撮影することが可能になる ○定点カメラではインターネット環境が整っている場合、現地に人が行く必要がない	○一度設定した飛行経路の使い回しが可能なため、人が行う作業を短縮し、自動で飛行・撮影することが可能 ○人の目では確認できないアングルから点検することが可能になる ○AIおよび差分解析による点検結果の定量的な評価が可能になる	○ドローン レベル2と同等の内容が可能 ○無人地帯では、一部補助者なしの目視外飛行が可能になる	○ドローン レベル3と同等の内容が可能 ○完全自動化による撮影が実装されるため、人為的なミス（ドローンの操縦ミスや画像の撮り忘れ等）が無くなる ○点検作業に掛かる人件費が不要となり、全て遠隔地からの制御が可能になるため、現地に人が行く必要がない ○人為的な事故の発生が無くなる（移動中の事故や情報書類の紛失等）	○ドローン レベル4と同等の内容が可能 ○実装初期と比べ、初期導入コストの低減の可能性がある ○機体性能の向上が見込める ○飛行時間の向上により点検時間を短縮できる可能性がある
デメリット	○点検者によって、異状有無の感覚が異なり、評価にはばらつきが生じる ○点検者によって、写真の撮影方法にはばらつきがある ○点検施設数が多いことから、十分に点検できない場合もある ○高所等、人の目では十分に確認できない箇所がある ○現地に人が行く必要がある	○定点カメラでは塗装・法面・排水設備等、簡易点検に必要な項目を確認する場合に、解像度が荒く、求められる点検ができない恐れがある ○定点カメラでは撮影するアングルに自由度が無くなる ○ドローンを飛行させるために、現地に人が行く必要がある	○飛行させるために、現地に人が行く必要がある ○撮影に要する時間がかかるため、1日に点検できる施設数が限られる	○飛行させるために、現地に人が行く必要がある ○撮影に要する時間がかかるため、1日に点検できる施設数が限られる ○神戸市水道局が有する施設では、レベル3の飛行は殆ど該当しない	○点検結果に応じた、現地での応急処置ができない ○機体の定期的なメンテナンスのため、点検時以外に現地に行く稼働が掛かる	○点検結果に応じた、現地での応急処置ができない ○機体の定期的なメンテナンスのため、点検時以外に現地に行く稼働が掛かる ○技術革新が行われる保証がない
比較結果	○費用比較としては、現在の点検手法が最も安価となっている ○画像解析を行う場合、費用が発生するが、同一アングルからの画像を解析にかけることができるため、定点カメラ・ドローンでは定量的な評価が可能となる ※ただし、定点カメラでの画像解析は差分検出のみとなる <総合評価> ○費用面では現在の点検手法を下回るものはないが、ドローンのレベル4（経年後）では、現在の点検手法の同程度の費用で点検結果定量的な評価が行えるようになることが想定される ○現在の点検手法では確認できていない高所の確認や敷地の俯瞰からの確認を行えるため、点検の質が向上する。完全無人化の運用では人為的なミスや点検作業中の労働災害等のリスクの低減が期待できる					

事業評価シート

事業名	ドローン先行的利活用業務（テーマC）		
現在の実施状況	<input type="checkbox"/> 外部委託で実施 <input checked="" type="checkbox"/> 社員・職員自身が実施 <input type="checkbox"/> 未実施		
現行手法の概要	水道局の職員が水道施設を巡回し、点検を実施		

区分		成果		課題	
政策施策面	国の規制への適合性	大	航空法の申請を行い、許可・承認を得ることで対応可能	検討待ち	コストダウンのためには、下記のとおり、航空法の見直しが必要
	地域規則の準備状況				
	実施手続きの容易性	大	神戸市水道局の管理する敷地・設備のため、職員が本業務を実施する場合は、実施手続きは容易だと判断する		
事業面	ビジネスモデルの明確性	大	神戸市水道局が管理する施設において、維持管理を目的とした、データの取得・解析として十分に活用できると判断する		
	費用対効果の優位性	小	現在の手法と比較した場合に、現時点では大幅な増額となることが想定される	検討待ち	抜本的なコストダウンのためには、航空法の見直し（目視外飛行、都市部上空の飛行等）、完全自動飛行（自動給電、自動データ転送含む）、安全性能（衝突回避や撮影離隔の担保）の向上が必要
		(従来のコストを100%とした場合) 現在のドローンによる費用は約4600%増となる ※神戸市水道局が管理する全施設を対象とした場合			
技術面	機体性能の充足性	中	取得した画像は点検に十分な品質であったが、GPSの捕捉状況や撮影対象の周辺環境により、自動フライトが困難な箇所もある。	検討待ち	撮影対象物との距離の担保した非GPS環境による自動飛行の技術開発や地図データとの差分を考慮したGPS制御の高度化が必要
	インフラの整備状況				
	データの活用可能性	中	取得データの解析は問題無く出力できたが、効果の対象が限定的（ひび割れはコンクリートが対象等）であることや、一部誤検出が見受けられた	解決中	AIによる解析を行っているため、検出対象とする素材等の教師データの蓄積・学習により改善されることが想定される
利用普及面	地域住民の受容性	大	実施前に周辺環境へのPR活動を行った結果、飛行中のクレーム等も無かったことから、本業務内の受容性は高いと判断する		
	他地域への展開可能性			検討待ち	神戸市水道局の現行手法との費用対効果を考えた場合、大幅な増額が想定されることから、今後の技術革新を待ち、展開を検討することが現実的だと判断する