

【類型3 一般財団法人 日本建築設備・昇降機センター】最終報告サマリー

対象業務（法令）	建築基準法第12条（第88条で準用する場合を含む）、建築基準法施行規則第5条及び第5条の2、第6条、第6条の2、第6条の2の2及び第6条の2の3に基づく特定建築物等の定期調査・点検														
実証の全体像	<p> 検査対象とする遊戯施設(コースターや観覧車)の外観(損傷、劣化等を含む。)の状態をドローンの遠隔操作により撮影し、画像データを取得し、検査対象の遊戯施設の損傷や劣化の状態(表面、内部)等について、有資格者である昇降機等検査員（以下「検査員」という。）による現状の目視検査（以下「人的検査」という。）と同等以上の判断をすることができるか実証を行った。実証の全体像のイメージを図1に示す。 </p> <p> 1) 検査員による定期検査(人的検査)の実証 建築基準法に基づく遊戯施設の定期検査項目のうち、構造物、軌条、軌道等の腐食、変形、き裂、破損の状況の検査では、検査員が高所作業車などを用いて人的検査を行っているが、実際にどのような検査を行っているかを調査した。 </p> <p> 2) 遊戯施設におけるドローン検査の技術実証 実際の遊戯施設において、人的検査を行った構造部材や軌道部分を対象に、カメラや解像度・倍率、距離、安全ガードなどを考慮したうえで、ドローンで状態を撮影し、検査員が判断できるか確認する。また、遊戯施設は形状が特異であるため、そのような施設に対する手動検査の難易度等の課題に対して3D点群データを取得して、当該データを利用した自動での飛行及び撮影についても実証した。 </p> <p> 3) 実証結果の分析・整理 実証結果を踏まえ、人的検査と同等と考えられる精度や安全性、効率化、コスト等を分析し、ドローン撮影画像により判断可能な遊戯施設の定期検査項目、画像により検査結果を判断する際の条件等を確認した。 </p> <div data-bbox="1337 806 2509 1292" style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"> 現状のアナログ手法 本実証で目指すデジタル手法 </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">確認及び方法</th> <th style="width: 60%;">遊戯施設の定期検査項目のうち画像判断が可能と考えられる検査事項</th> <th style="width: 20%;">確認及び判断方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">検査員が高所作業車等を用いて対象部分に近づき、目視により緩み確認マーク（合マーク）や腐食、き裂等を確認し、判断する。</td> <td> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">検査項目</th> <th style="width: 70%;">検査事項</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>構造物</td> <td>構造物材及び補助部材の取付けの状況、腐食の状況、変形、偏位、き裂及び破損の状況、接合部分の緩み</td> </tr> <tr> <td>軌条、軌道、水路及び滑走路</td> <td>軌条、軌道及び水路のき裂及び変形の状況、錆及び腐食の状況、接合部の緩み及びき裂の状況</td> </tr> <tr> <td>避雷設備</td> <td>突針、支持金物、引下げ導線等の取付けの状況</td> </tr> </tbody> </table> </td> <td style="text-align: left;">検査員がドローンにより撮影した画像を確認し、緩み確認マーク（合マーク）や腐食、き裂等を判断できるか実証する。</td> </tr> </tbody> </table> </div>	確認及び方法	遊戯施設の定期検査項目のうち画像判断が可能と考えられる検査事項	確認及び判断方法	検査員が高所作業車等を用いて対象部分に近づき、目視により緩み確認マーク（合マーク）や腐食、き裂等を確認し、判断する。	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">検査項目</th> <th style="width: 70%;">検査事項</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>構造物</td> <td>構造物材及び補助部材の取付けの状況、腐食の状況、変形、偏位、き裂及び破損の状況、接合部分の緩み</td> </tr> <tr> <td>軌条、軌道、水路及び滑走路</td> <td>軌条、軌道及び水路のき裂及び変形の状況、錆及び腐食の状況、接合部の緩み及びき裂の状況</td> </tr> <tr> <td>避雷設備</td> <td>突針、支持金物、引下げ導線等の取付けの状況</td> </tr> </tbody> </table>	検査項目	検査事項	構造物	構造物材及び補助部材の取付けの状況、腐食の状況、変形、偏位、き裂及び破損の状況、接合部分の緩み	軌条、軌道、水路及び滑走路	軌条、軌道及び水路のき裂及び変形の状況、錆及び腐食の状況、接合部の緩み及びき裂の状況	避雷設備	突針、支持金物、引下げ導線等の取付けの状況	検査員がドローンにより撮影した画像を確認し、緩み確認マーク（合マーク）や腐食、き裂等を判断できるか実証する。
確認及び方法	遊戯施設の定期検査項目のうち画像判断が可能と考えられる検査事項	確認及び判断方法													
検査員が高所作業車等を用いて対象部分に近づき、目視により緩み確認マーク（合マーク）や腐食、き裂等を確認し、判断する。	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">検査項目</th> <th style="width: 70%;">検査事項</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>構造物</td> <td>構造物材及び補助部材の取付けの状況、腐食の状況、変形、偏位、き裂及び破損の状況、接合部分の緩み</td> </tr> <tr> <td>軌条、軌道、水路及び滑走路</td> <td>軌条、軌道及び水路のき裂及び変形の状況、錆及び腐食の状況、接合部の緩み及びき裂の状況</td> </tr> <tr> <td>避雷設備</td> <td>突針、支持金物、引下げ導線等の取付けの状況</td> </tr> </tbody> </table>	検査項目	検査事項	構造物	構造物材及び補助部材の取付けの状況、腐食の状況、変形、偏位、き裂及び破損の状況、接合部分の緩み	軌条、軌道、水路及び滑走路	軌条、軌道及び水路のき裂及び変形の状況、錆及び腐食の状況、接合部の緩み及びき裂の状況	避雷設備	突針、支持金物、引下げ導線等の取付けの状況	検査員がドローンにより撮影した画像を確認し、緩み確認マーク（合マーク）や腐食、き裂等を判断できるか実証する。					
検査項目	検査事項														
構造物	構造物材及び補助部材の取付けの状況、腐食の状況、変形、偏位、き裂及び破損の状況、接合部分の緩み														
軌条、軌道、水路及び滑走路	軌条、軌道及び水路のき裂及び変形の状況、錆及び腐食の状況、接合部の緩み及びき裂の状況														
避雷設備	突針、支持金物、引下げ導線等の取付けの状況														

図1 アナログ手法からデジタル手法への置き換えイメージ

【類型3 一般財団法人 日本建築設備・昇降機センター】最終報告サマリー

【技術実証の概要】

実施体制	<p style="text-align: center;">【実施主体】</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 0 auto; width: fit-content;">一般財団法人 日本建築設備・昇降機センター</div> <p style="text-align: center;">↓ 【再委託】</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"><div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: 45%;"><p style="text-align: center;">サノヤスライド株式会社</p><p>【実施業務・役割】 実証方法の検討、模擬劣化サンプル品制作、人的定期検査の実施、ドローン撮影指示、結果の分析・取まとめ。</p></div><div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: 45%;"><p style="text-align: center;">ブルーイノベーション株式会社</p><p>【実施業務・役割】 実証方法の検討、高解像度カメラを取り付けたドローンの操作・撮影、結果の分析。</p><p>【有識者の指導・助言】 遊戯施設に係る調査・研究や、法令解説書「遊戯施設技術基準の解説」の編集委員会委員長でもある、日本大学の青木教授に本実証の方法、進め方等について指導・助言を受け、実施した。</p></div></div>
実施期間	令和5年10月2日から令和6年2月16日まで

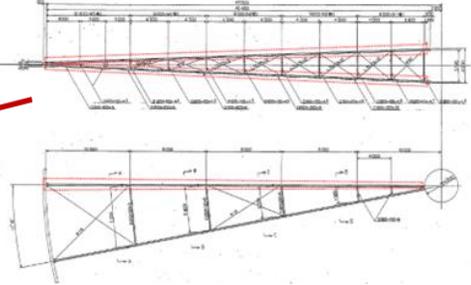
図2 実施体制図

【類型3 一般財団法人 日本建築設備・昇降機センター】最終報告サマリー

【技術実証の詳細】1/7

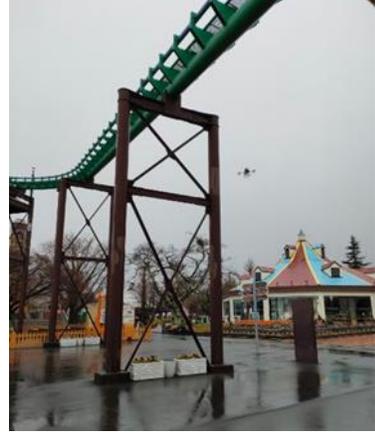
技術実証の方法	技術実証項目	実証内容
	(1) 検査員による定期検査実証の方法	<p>(ア) 模擬劣化サンプル品に対する人的検査の実証 城島高原パーク内に模擬劣化サンプル品（図3）を設置し、検査員が通常どおり人的検査をする場合の傷、錆、ボルトの緩み（合いマークのズレ）の見方や目視可能な距離を確認した。</p> <div data-bbox="1498 319 2484 672"> </div> <p style="text-align: center;">図3 実証に使用した模擬劣化サンプル品の外観</p>
		<p>(イ) コースターにおける検査員による定期検査(人的検査)の実証 城島高原パークに設置されたコースター（スーパーL&Sコースター）について、遊戯施設の定期検査告示（平成20年国交省告示第284号）の検査項目について、実際にどのような手法で人的検査を行っているのか調査した。 また、実施にあたっては、時間的な制限があることからコースターの直線部分（A1）とスパイラル部分（A2）及び避雷設備について実証した（図4）。</p> <div data-bbox="1592 792 2484 1292"> </div> <p style="text-align: center;">図4 コースターの実証部分</p>

【技術実証の詳細】2/7

技術実証の方法	技術実証項目	実証内容																
	<p>(1) 検査員による定期検査実証の方法</p>	<p>(ウ) 観覧車における検査員による定期検査（人的検査）の実証 グリーンランドに設置された観覧車（レインボー）の構造体について、実際にどのような手法で人的検査を行っているのか調査した（図5）。 また、準備時間も含め検査に要した時間をストップウォッチで測定するとともに、検査に要した費用等についても調査した。</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;">  <p>構造体（スポーク部の上面図、側面図）</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">図5 観覧車の実証部分</p>																
	<p>(2) ドローンによる定期検査実証の方法</p>	<p>(ア) 模擬劣化サンプル品に対するドローン検査の実証 城島高原パーク内に設置した模擬劣化サンプル品をドローン（ELIOS3、Matrice300RTK、Mavic3）に登載したカメラにより撮影（図6）し、傷、錆、ボルトの緩み（合いマークのズレ）に関して検査員による目視検査と同等と考えられる撮影距離や倍率等、カメラに要求される性能を確認した。 また、十分な明るさが確保できない状況においてもドローンを活用した検査が可能か確認するため、日没後に同様の実証を行った。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Matrice300RTK (Zenmuse H20T)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Mavic3 (標準搭載カメラ)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ELIOS3 (標準搭載カメラ)</p> </div> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Matrice300RTK (Zenmuse H20T)</th> <th>Mavic3 (標準搭載カメラ)</th> <th>ELIOS3 (標準搭載カメラ)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>センサーサイズ</td> <td>1/1.7インチCMOS (ズームカメラ)</td> <td>1/2インチ CMOS (望遠カメラ)</td> <td>1/2.3インチ CMOS</td> </tr> <tr> <td>画素数</td> <td>5184 x 3888</td> <td>4000 x 3000</td> <td>4000 x 3000</td> </tr> <tr> <td>焦点距離(mm)</td> <td>6.83~119.9</td> <td>30 (固定)</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">図6 本実証で使用したドローン</p>		Matrice300RTK (Zenmuse H20T)	Mavic3 (標準搭載カメラ)	ELIOS3 (標準搭載カメラ)	センサーサイズ	1/1.7インチCMOS (ズームカメラ)	1/2インチ CMOS (望遠カメラ)	1/2.3インチ CMOS	画素数	5184 x 3888	4000 x 3000	4000 x 3000	焦点距離(mm)	6.83~119.9	30 (固定)	3
	Matrice300RTK (Zenmuse H20T)	Mavic3 (標準搭載カメラ)	ELIOS3 (標準搭載カメラ)															
センサーサイズ	1/1.7インチCMOS (ズームカメラ)	1/2インチ CMOS (望遠カメラ)	1/2.3インチ CMOS															
画素数	5184 x 3888	4000 x 3000	4000 x 3000															
焦点距離(mm)	6.83~119.9	30 (固定)	3															

【類型3 一般財団法人 日本建築設備・昇降機センター】最終報告サマリー

【技術実証の詳細】3/7

技術実証の方法	技術実証項目	実証内容
	(2) ドローンによる定期検査実証の方法	<p>(イ) コースターにおけるドローン検査の実証 城島高原パークに設置されたコースター（スーパーL&Sコースター）について、人的検査を行った構造部材や軌道部分を対象に、検査員立ち会いのもと、手動操作によりドローン（ELIOS3）で状態を撮影し、人的検査を同等の精度で確認できるか実証した。併せて、ドローン（Elios3）で取得したデータから測量グレードの3D点群データを作成し、事前にプログラムしたルート自動で飛行し、登録ポイントを自動で撮影できるか実証した（図7）。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>手動検査の様子 (ELIOS3)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>自動検査の様子 (Matrice300RTK)</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図7 コースターにおけるドローン検査の様子</p>
		<p>(ウ) 観覧車におけるドローン検査の実証 グリーンランドに設置された観覧車（レインボー）について、遊戯施設の定期検査告示の検査項目のうち、主に構造部分について、検査員立ち会いのもと、手動操作によりドローン（Matrice300RTK）で状態を撮影し、人的検査を同等の精度で確認できるか実証した（図8）。 また、準備時間も含め検査に要した時間をストップウォッチで測定するとともに、検査に要した費用等についても調査した。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>検査の様子</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Matrice300RTK</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図8 観覧車におけるドローン検査の様子</p>

【類型3 一般財団法人 日本建築設備・昇降機センター】最終報告サマリー

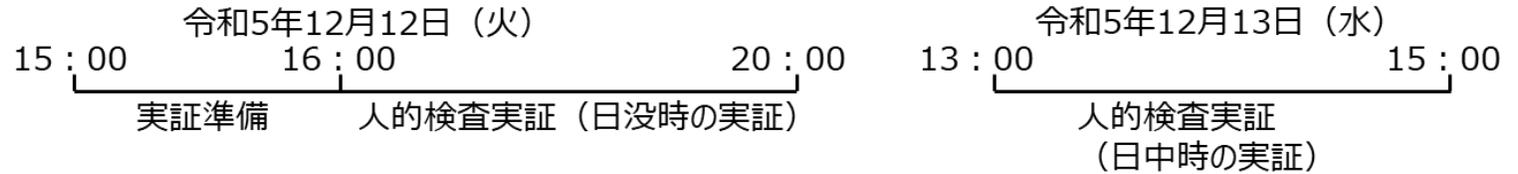
【技術実証の詳細】4/7

実証場所①

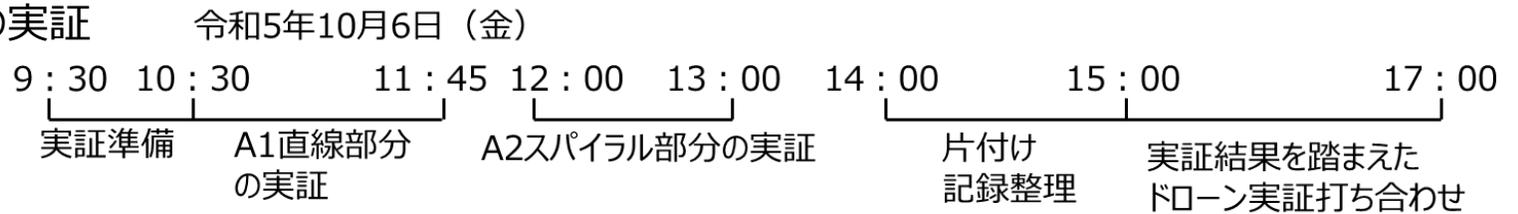
城島高原パーク（コースター：スーパーL&Sコースター）タイムスケジュール

(1) 検査員による定期検査の実証

(ア) 模擬劣化サンプル品に対する 人的検査の実証

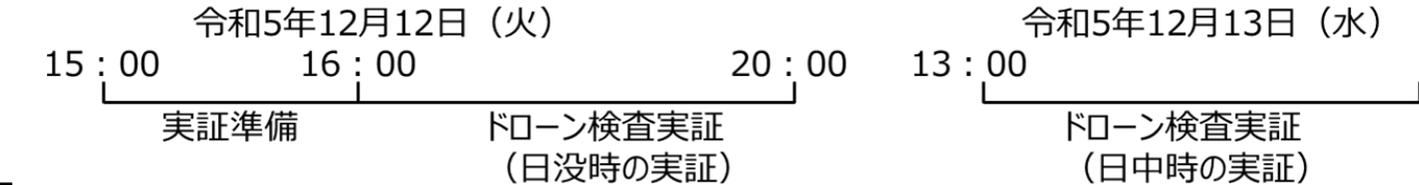


(イ) コースターにおける人的検査の実証

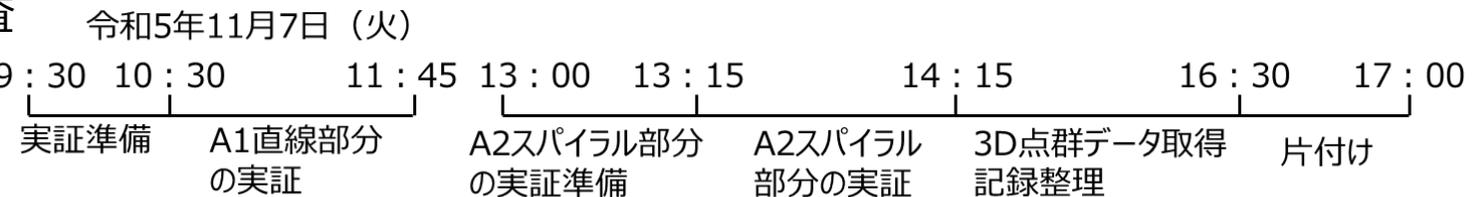


(2) ドローンによる定期検査の実証

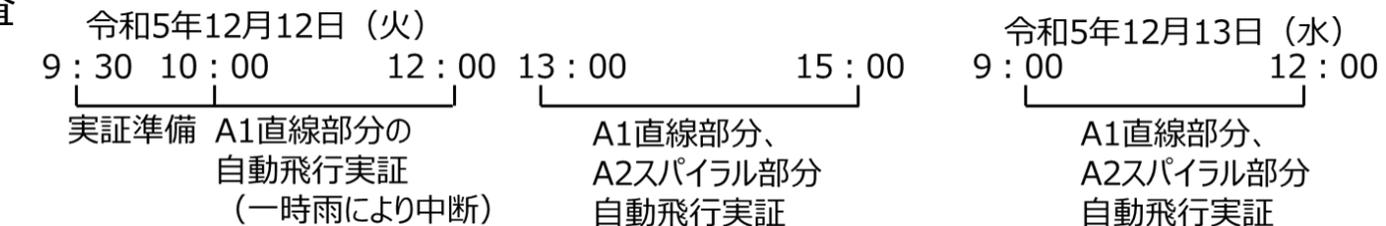
(ア) 模擬劣化サンプル品に対する ドローン検査の実証



(イ) コースターにおけるドローン検査 (手動検査) の実証



(ウ) コースターにおけるドローン検査 (自動検査) の実証

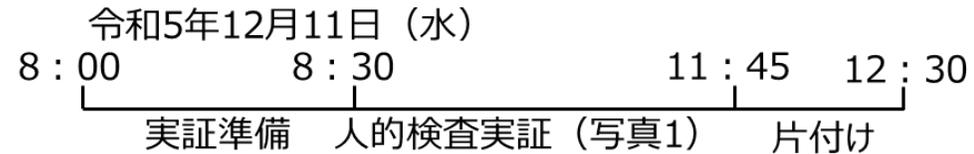


【技術実証の詳細】5/7

実証場所① | グリーンランド（観覧車：レインボー）タイムスケジュール

(1) 検査員による定期検査の実証

(ア) 観覧車における検査員による定期検査（人的検査）の実証



(2) ドローンによる定期検査の実証

(イ) 観覧車におけるドローン検査の実証

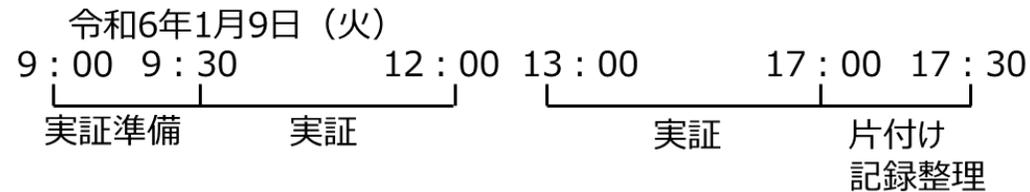


図9 観覧車における人的検査の様子



図10 観覧車におけるドローン検査の様子

【技術実証の詳細】6/7

実施条件

(1) 検査員による定期検査の条件

周囲への安全面、検査員の安全を考慮し、以下の条件の場合は検査を見送ることとした。

- ・10分間の平均風速が10m/s 以上の場合
- ・1回の降雨量が50mm以上の降雨
- ・1回の降雪量が25cm以上の積雪
- ・気象注意報等が発せられ、悪天候となることが予想される場合
- ・上記以外においても作業の実施について危険が予想される場合

(2) ドローンによる定期検査の条件

(ドローンの飛行条件)

周囲への安全面、ドローンの故障を考慮し、以下の条件の場合は飛行を見送る。

- ・10分間平均風速が5m/s 以上の場合
 - ・雨、雪、雹（ひょう）などが降り、ドローンの飛行に影響を与える可能性がある場合
 - ・飛行経路が十分な視程が確保できない雲や霧の中に入る場合
 - ・目視外飛行中に日没となりそうな場合（＝夜間の目視外飛行。個別申請要）
- また、飛行可能状態にあっても以下の場合はその状態が解消されるまで飛行を中止
- ・飛行経路内に第三者が立ち上がった場合
 - ・飛行前に飛行機やヘリコプターを確認した場合

実際に12月12日に行ったコースターにおけるドローン検査（自動検査）実証の際は、10分間平均風速が5m/s以上で、雨によりドローン機体やカメラに影響を与える可能性があったため、風や雨の状況を見ながら上記飛行条件にあたらぬ時間帯に実証を行った。

（根拠：国土交通省航空局標準マニュアル② 令和4年6月20日版）

【技術実証の詳細】7/7

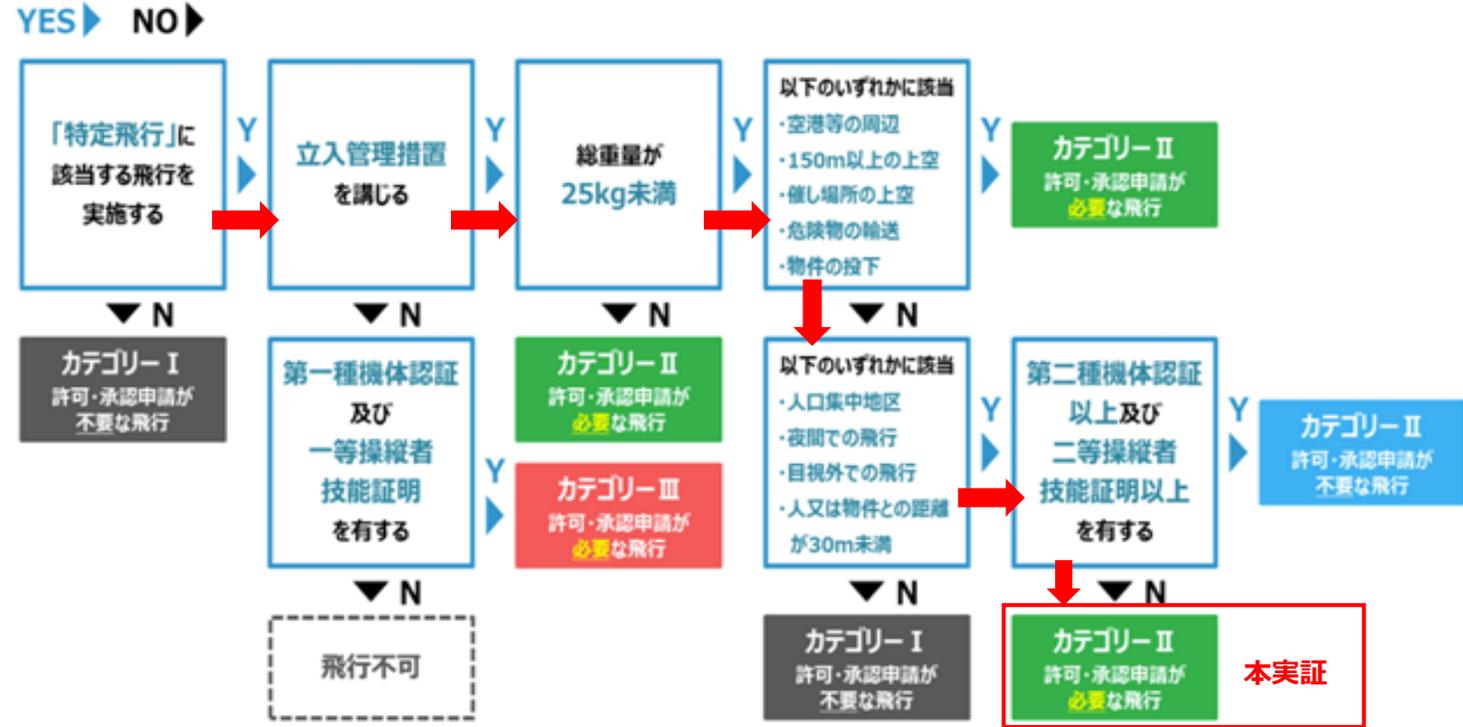
実施条件

(ドローンの飛行届の提出)

今般の実証に際し、以下図11に示す「許可・承認申請要否確認チャート」に従って許可・承認申請の要否を判断した。

本実証におけるドローンの飛行は特定飛行に該当するが、必要となる許可・承認申請は包括申請で対応可能であるとの判断に至った。

よって実際にドローン情報基盤システム (DIPS2.0) を通じて包括申請を行い、実証実験の準備に入った。



※特定飛行とは「空港周辺」、「高度 150m以上」、「人口集中地区」、「催し上空」、「目視外飛行」、「夜間飛行」、「人や物から 30m 未満」、「物件投下」「危険物搭載」での飛行のこと。

図11 許可・承認申請要否確認チャート

(出典：国土交通省ウェブサイトhttps://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000042.html)

【類型3 一般財団法人 日本建築設備・昇降機センター】最終報告サマリー

【技術実証の結果】1/17

結果の評価の観点	本技術実証の対象となる9つの定期検査項目に対して（1）検査精度、（2）安全性、（3）効率化の3つの観点からドローンによる撮影画像で人的検査と同等以上の判断ができるか評価し、まとめる。																	
結果の評価のポイント・方法	<p>■ 評価ポイント</p> <p style="text-align: center;">表1 評価ポイントの全体概要</p> <table border="1" data-bbox="667 479 2440 1336"> <thead> <tr> <th data-bbox="667 479 937 554">検査項目</th> <th data-bbox="937 479 1378 554">検査事項</th> <th data-bbox="1378 479 1773 554">（1）検査精度</th> <th data-bbox="1773 479 2117 554">（2）安全性</th> <th data-bbox="2117 479 2440 554">（3）効率化</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="667 554 937 958"> 一 構造物 （五）構造物 </td> <td data-bbox="937 554 1378 958"> 構造部材及び補助部材の取付けの状況 構造部材の腐食の状況 補助部材の腐食の状況 構造部材の変形、偏位、き裂及び破損の状況 構造部材の接合部分の緩み及びき裂の状況 </td> <td data-bbox="1378 554 1773 958" rowspan="3"> ドローンによる撮影画像で人的検査と同等以上の検査ができること </td> <td data-bbox="1773 554 2117 958" rowspan="3"> ドローンの検査に使用する際の飛行安全性が確保できること </td> <td data-bbox="2117 554 2440 958" rowspan="3"> 人的検査とドローンによる検査で、検査時間、費用面から効率化できること </td> </tr> <tr> <td data-bbox="667 958 937 1243"> 二 軌道部分 （一）軌条、軌道、水路及び滑走路 </td> <td data-bbox="937 958 1378 1243"> 軌条、軌道及び水路のき裂及び変形の状況 軌条、軌道及び水路の錆及び腐食の状況 軌条、軌道及び水路の接合部の緩み及びき裂の状況 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="667 1243 937 1336"> 九 電気設備 （四）避雷設備 </td> <td data-bbox="937 1243 1378 1336"> 突針、支持金物、引き下げ導線等の取付けの状況 </td> </tr> </tbody> </table>				検査項目	検査事項	（1）検査精度	（2）安全性	（3）効率化	一 構造物 （五）構造物	構造部材及び補助部材の取付けの状況 構造部材の腐食の状況 補助部材の腐食の状況 構造部材の変形、偏位、き裂及び破損の状況 構造部材の接合部分の緩み及びき裂の状況	ドローンによる撮影画像で人的検査と同等以上の検査ができること	ドローンの検査に使用する際の飛行安全性が確保できること	人的検査とドローンによる検査で、検査時間、費用面から効率化できること	二 軌道部分 （一）軌条、軌道、水路及び滑走路	軌条、軌道及び水路のき裂及び変形の状況 軌条、軌道及び水路の錆及び腐食の状況 軌条、軌道及び水路の接合部の緩み及びき裂の状況	九 電気設備 （四）避雷設備	突針、支持金物、引き下げ導線等の取付けの状況
検査項目	検査事項	（1）検査精度	（2）安全性	（3）効率化														
一 構造物 （五）構造物	構造部材及び補助部材の取付けの状況 構造部材の腐食の状況 補助部材の腐食の状況 構造部材の変形、偏位、き裂及び破損の状況 構造部材の接合部分の緩み及びき裂の状況	ドローンによる撮影画像で人的検査と同等以上の検査ができること	ドローンの検査に使用する際の飛行安全性が確保できること	人的検査とドローンによる検査で、検査時間、費用面から効率化できること														
二 軌道部分 （一）軌条、軌道、水路及び滑走路	軌条、軌道及び水路のき裂及び変形の状況 軌条、軌道及び水路の錆及び腐食の状況 軌条、軌道及び水路の接合部の緩み及びき裂の状況																	
九 電気設備 （四）避雷設備	突針、支持金物、引き下げ導線等の取付けの状況																	

【技術実証の結果】2/17

結果の評価の ポイント・方法

■ 評価方法

(1) 検査精度の評価ポイント・方法

次の（ア）模擬劣化サンプル品の実証の方法に基づき、ドローンのカメラに要求される性能を明らかにし、その上で（イ）コースターにおける定期検査の実証方法、（ウ）観覧車における定期検査の実証方法に関して当該要求性能を有するドローンによる撮影画像で、人的検査と同等に視認し、検査及び判定ができるか評価した。

（ア）模擬劣化サンプル品の実証の方法

コースターや観覧車など高所での検査が必要な遊戯施設の構造部分等を模した茶、白、黒の3色の構造体サンプル品にそれぞれ人工的にき裂や錆、緩み確認マーク（合いマーク）のズレ等を施した「模擬劣化サンプル品」を用いて、検査員が通常どおり人的検査をする場合のき裂や錆等の見え方や目視可能な距離等を確認し、ドローンにおける撮影距離や倍率などカメラに要求される性能について確認する。

（イ）コースターにおける定期検査の実証方法

① 検査員による定期検査(人的検査)の方法

(a) 取付け（緩み確認マーク（合いマーク）のズレ）の状況の検査

検査方法：テストハンマーによる打検又は目視による緩み確認マークの位置の確認その他ナットの緩みを確認できる方法により確認する。

判定基準：構造部材又は補助部材の取付けが堅固でないこと。

(b) 錆・腐食の状況の検査

検査方法：目視により確認し、腐食が認められた場合にあっては、腐食を除去して部材厚さが最も薄い箇所を測定する。

判定基準：要重点点検：著しい錆又は腐食があること。

要是正：腐食により部材の残存厚みが設置時の厚みの90%未満であること。

【技術実証の結果】3/17

結果の評価の ポイント・方法

- ② ドローンによる検査（手動検査）の方法
 - (a) 取付け（緩み確認マーク（合いマーク）のズレ）の状況の検査
 - 検査方法：ドローンにより構造部材及び補強部材の緩み確認マークを撮影する。
 - 判定基準：画像において緩み確認マーク（合いマーク）の確認をする。
 - (b) 錆・腐食の状況の検査
 - 検査方法：ドローンにより構造部材の腐食を撮影する。
 - 判定基準：画像において腐食の確認をする。
- ③ ドローンによる検査（自動検査）の方法
 - 自動検査の方法は、②と同等の内容を行うが、以下を自動検査特有の内容として以下を評価する。
 - ・指定したルートを正確に飛行できること。
 - ・構造物や検査対象に接触せず安全に飛行できること。
- (ウ) 観覧車における定期検査の実証方法① 検査員による定期検査(人的検査)の方法
 - ① 検査員による定期検査(人的検査)の方法
 - (a) 取付け（緩み確認マーク（合いマーク）のズレ）の状況の検査方法
 - 検査方法：テストハンマーによる打検又は目視による緩み確認マークの位置の確認その他ナットの緩みを確認できる方法により確認する。
 - 判定基準：構造部材又は補助部材の取付けが堅固でないこと。
 - (b) 錆・腐食の状況の検査
 - 検査方法：目視により確認し、腐食が認められた場合にあっては、腐食を除去して部材厚さが最も薄い箇所を測定する。
 - 判定基準：要重点点検：著しい錆又は腐食があること。
要是正：腐食により部材の残存厚みが設置時の厚みの90%未満であること。

【技術実証の結果】4/17

結果の評価の ポイント・方法

② ドローンによる検査（手動検査）の方法

(a) 取付け（緩み確認マーク（合いマーク）のズレ）の状況の検査

検査方法：ドローンにより構造部材及び補強部材の緩み確認マークを撮影する。

判定基準：画像において緩み確認マーク（合いマーク）の確認をする。

(b) 錆・腐食の状況の検査

検査方法：ドローンにより構造部材の腐食を撮影する。

判定基準：画像において腐食の確認をする。

(2) 安全性の評価ポイント・方法

9つの検査項目（内容は（1）に同じ。）に関して、検査員が目視にて行っている検査をドローンによる画像確認に代替が可能か否かを明確にすることで、安全に関わる検査員の高所作業等のリスクについて検討した。

また、ドローンを飛行する上で、以下の安全性に関するリスク対策を実施し、安全性を確保した上で行う必要がある。本実証においても以下を遵守した上で実施した。

(a) 屋外でのドローン飛行において通常考慮する点

- 場所の確保・周辺状況を十分に確認し、第三者の上空では飛行させない。
- 飛行場所に第三者の立ち入り等が生じた場合には速やかに飛行を中止する。

など

(b) 遊戯施設の検査においてドローンを使用する際、特に考慮する点

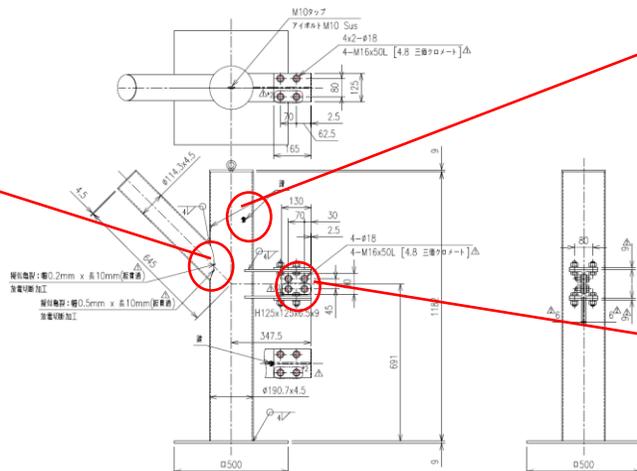
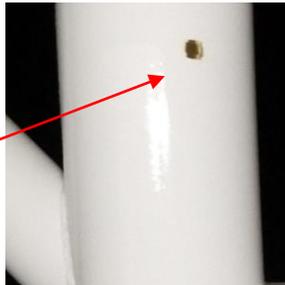
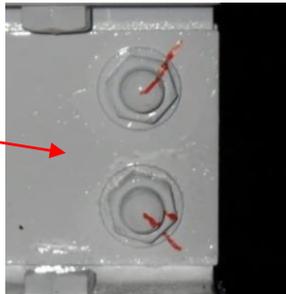
- 複雑な構造物が多いため、単純な構造物よりも衝突リスクが高い。よってケージを持つELIOS3のような耐衝突性がない機体を使用する場合は風の影響などを考慮し、離隔距離を十分にとって飛行させること。

など

(3) 効率化の評価ポイント・方法

9つの検査項目をについて、準備時間も含めて、検査員による検査時間とドローンを使用した際の検査時間、費用（一部人工比較）を比較し、どの程度効率化できるか評価した。

【技術実証の結果】5/17

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	<p>(1) 検査精度の分析 (ア) 模擬劣化サンプル品に対する実証結果</p>	<p>① 検査員による実証結果 模擬劣化サンプル品に以下のように施したき裂や錆、ボルトの緩み（合いマークのズレ）を60cm離れた場所から目視確認（近接目視）を行ったところ全て確認することができた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・き裂：幅0.2mmと0.5mmで各々長さ10mmの2種類 ・錆：25mm×20mm 内に収まる程度の赤錆 ・合いマークは、ボルト締結後に施しその後15度ナットを緩めることでずらした。 ・茶、白、黒の三体に、上述の模擬欠陥を同様に施した。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="952 711 1238 1008" style="text-align: center;">  <p>き裂</p> </div> <div data-bbox="1274 785 1911 1256" style="text-align: center;">  <p>図12 模擬劣化サンプル品</p> </div> <div data-bbox="2033 654 2318 939" style="text-align: center;">  <p>錆</p> </div> <div data-bbox="2053 999 2339 1293" style="text-align: center;">  <p>合いマーク</p> </div> </div>

【技術実証の結果】6/17

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	<p>(1) 検査精度の分析 (ア) 模擬劣化サンプル品に対する実証結果</p>	<p>① ドローンによる実証結果 人的検査と同様に、模擬劣化サンプル品に施したき裂や錆、ボルトの緩み（合いマークのズレ）を確認するために216パターンの画像を検査員が全て確認し、必要な分解能、視野角について確認した。</p> <p>a) 必要分解能 判別した結果、合いマークのズレ、き裂、錆の全てを画像にて確認するためには0.1から0.5mm/pixelの分解能が推奨されることが分かった。</p> <p>b) 視野角 模擬劣化サンプル品の構造部材（梁を模した部分）下面のボルトを撮像する際、Mavic3は望遠と広角の2つのカメラを標準搭載しているが、望遠カメラ（FOV：15°）では撮像できず、広角カメラ（FOV：84°）に切り替える必要があった。</p> <div data-bbox="912 986 2491 1258" style="text-align: center;"> <p>The figure shows a 2x3 grid of image samples. The top row is labeled '分解能 0.5' and the bottom row '分解能 0.1'. The columns are labeled '茶色' (Teal), '白色' (White), and '黒色' (Black). Each cell contains three small images showing different views of a mechanical assembly, demonstrating the clarity difference between the two resolutions.</p> </div>

図13 撮影画像の例（分解能0.5と0.1の比較）

【技術実証の結果】7/17

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	<p>(1) 検査精度の分析 イ) コースターにおける定期検査の実証 ① 検査員による定期検査(人的検査)の実施結果</p>	<p>施設に付帯する足場や高所作業車により構造・軌道部分(直線・曲線部 各1区画)、避雷設備(突針)に近づき、60cm程度の近接目視で検査していることが分かった(図14)。</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;">  <p>A1-1: 軌道直線部</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>腐食の状況： 塗膜の割れ、剥がれ有り 接合部分の緩み： 緩み確認マーク位置ずれ無し 構造部材・接合部分のき裂： 無し</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>突針の取付けの状況： 堅固である。</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>A2-1: 軌道曲線部</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>腐食の状況： 塗膜の剥がれ、大きな点錆有り 構造部材・接合部分のき裂： 無し</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>A3-1: 避雷設備</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図14 コースターにおける人的検査の様子</p>

【技術実証の結果】8/17

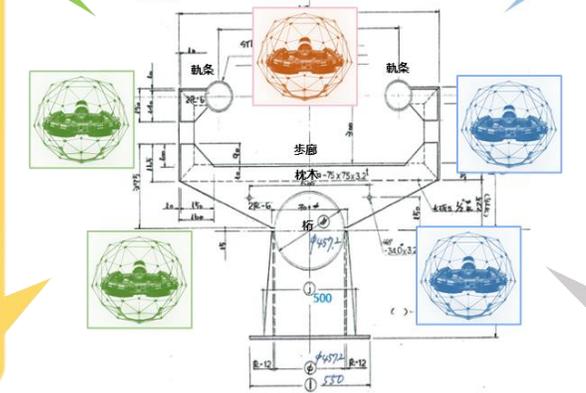
実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	<p>(1) 検査精度の分析 イ) コースターにおける定期検査の実証 ②ドローンによる定期検査の実施結果</p>	<div data-bbox="792 321 1439 378" style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; text-align: center;"> ドローンによる撮像結果 (A1部) </div> <p data-bbox="792 378 2530 471">手動検査であっても自動検査であっても必要分解能を満たして撮像されていれば判断は十分にできると考えられる。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="792 471 1363 878" style="width: 45%;"> <div data-bbox="792 471 1363 506" style="background-color: #006633; color: white; padding: 2px;">軌条北側</div> <ul data-bbox="792 506 1363 649" style="list-style-type: none"> 梁上面の合いマークは影になって確認できない。 軌条、枕木に錆などが5箇所確認できるが、一部暗くて見えにくい。 クレン&錆止め処理をした箇所も含めると錆や腐食の発生箇所が南側より多い。  </div> <div data-bbox="1363 471 1949 878" style="width: 45%;"> <div data-bbox="1363 471 1949 506" style="background-color: #ff6699; color: white; padding: 2px;">歩廊上部</div> <ul data-bbox="1363 506 1949 614" style="list-style-type: none"> 本飛行ルートにボルトはなし。 軌条に錆などが5箇所。 うち1箇所は塗装が剥がれ、めくれ上がっている。  </div> <div data-bbox="1949 471 2530 878" style="width: 45%;"> <div data-bbox="1949 471 2530 506" style="background-color: #006699; color: white; padding: 2px;">軌条南側</div> <ul data-bbox="1949 506 2530 649" style="list-style-type: none"> 柱・梁上面の合いマークは確認できるが、マークが付された向きによっては確認できないボルトもある。 軌条、枕木に錆などが5箇所確認できるが、一部暗くてその浸食具合が見えにくい。  </div> </div> <div data-bbox="792 878 1363 1306" style="width: 45%;"> <div data-bbox="792 878 1363 913" style="background-color: #ffcc00; color: black; padding: 2px;">13番柱・梁</div> <ul data-bbox="792 913 1363 1006" style="list-style-type: none"> 多数の合いマーク（ズレなし）がはっきりと確認できる。 腐食や錆、錆汁などが9箇所ではっきりと確認できる。  </div> <div data-bbox="1363 878 1949 1306" style="width: 45%;"> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="1363 878 1949 913" style="background-color: #ccccff; padding: 2px;">北側</div> <div data-bbox="1363 913 1949 1306" style="text-align: center;">  </div> <div data-bbox="1363 878 1949 913" style="background-color: #ccccff; padding: 2px;">南側</div> </div> </div> <div data-bbox="1949 878 2530 1306" style="width: 45%;"> <div data-bbox="1949 878 2530 913" style="background-color: #006699; color: white; padding: 2px;">14番支柱</div> <ul data-bbox="1949 913 2530 1056" style="list-style-type: none"> 露出補正によって合いマーク（ズレなし）が確認できている。 桁接合部分に1箇所、大きな腐食と錆汁がはっきりと確認できる。  </div>

図15 コースター (A1部) におけるドローン検査の様子

【技術実証の結果】9/17

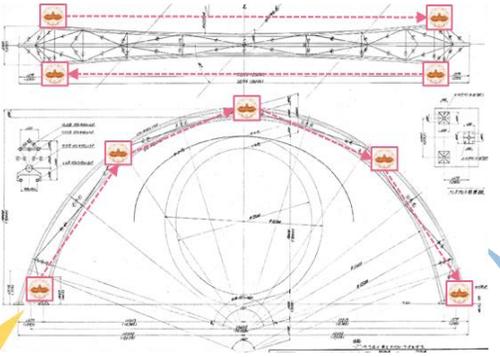
実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	<p>(1) 検査精度の分析 イ) コースターにおける定期検査の実証 ②ドローンによる定期検査の実施結果</p>	<div data-bbox="810 282 1462 329" style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; text-align: center;">ドローンによる撮像結果 (A2部)</div> <p data-bbox="759 348 2474 439">手動検査であっても自動検査であっても必要分解能を満たして撮像されていれば判断は十分にできると考えられる。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="759 462 1116 711" style="width: 30%;">  </div> <div data-bbox="1141 462 1854 711" style="width: 40%; background-color: #f0e6f0; padding: 10px;"> <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">アーチ状構造物</div> <ul style="list-style-type: none"> この飛行ルート上にボルトはない。 溶接した接合部がはっきりと確認できる 小規模なクレン&錆止め処理をした跡が散在するもの、現状で腐食や亀裂などは見つからない (0箇所)。 </div> <div data-bbox="1880 462 2491 711" style="width: 30%;">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="759 719 1360 1176" style="width: 30%; background-color: #fff9c4; padding: 10px;"> <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">軌条</div> <ul style="list-style-type: none"> この飛行ルート上にボルトはない。 スパイラル上部に腐食や錆が多くみられる。 腐食、著しい錆など、全部で6箇所確認できた。 スパイラル頂上部で目視検査では確認できなかった進行した腐食を確認できた。  </div> <div data-bbox="1370 719 1870 1176" style="width: 40%; text-align: center;">  </div> <div data-bbox="1895 719 2507 1200" style="width: 30%; background-color: #e1f5fe; padding: 10px;"> <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">枕木・桁</div> <ul style="list-style-type: none"> 桁とアーチ状構造物の溶接部分にクレン&錆止め処理をした跡が散在する。 枕木の著しい腐食をはじめ、錆など全部で10箇所確認できる。 スパイラル頂上部で目視検査では確認できなかった著しい腐食を確認できた。 <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> </div> </div>

図16 コースター (A2部) におけるドローン検査の様子

【技術実証の結果】10/17

実証の 実施結果	技術実証項目	実証結果
	<p>(1) 検査精度の分析 ウ) 観覧車における 定期検査の実証 ①検査員による定期 検査(人的検査)の 実施結果</p>	<p>施設に付帯する足場や高所作業車により構造部分に近づき、60cm程度の近接目視で以下の状況を検査していることが分かった。</p> <div data-bbox="863 539 2453 925"></div> <p>図17 観覧車における人的検査の様子</p>

【技術実証の結果】11/17

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	<p>(1) 検査精度の分析 ウ) 観覧車における定期検査の実証 ②ドローンによる定期検査の実施結果</p>	<p>観覧車における取付け（緩み確認マーク（合いマーク）のズレ）の状況は、必要分解能を満たして撮像されていれば判断は十分にできると考えられる。</p> <p>当日の撮影は、ドローンを手動で飛行させカメラ設定も現場調整により行った。観覧車から約20m距離をとり、ドローンに搭載したズームカメラの最大倍率（光学20倍）で撮影を行った。</p> <p>当日は晴天・無風の条件下であったため、影になる部分でも光量があり明るく、またズームカメラの最大倍率での撮影でも画像がブレることなく撮影できている。</p> <div data-bbox="848 761 1488 1239" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1508 576 1995 939" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1508 939 1995 1302" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="2015 576 2502 939" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="2015 939 2502 1302" data-label="Image"> </div>

図18 ドローンに搭載したズームカメラ（光学20倍）で撮影した画像

【技術実証の結果】12/17

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	(2) 安全性の評価・分析	<p>人的検査では以下のような危険性等があることが分かった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高所へのアクセスに際し、足を踏み外す懸念。 ・近年の検査員高齢化傾向においては、昇降における身体への負担が大きい。 ・高所において鳥虫による攻撃を受けることもある。 <p>これらの危険性に関して、検査をドローンに置き換えた場合、検査員や補助作業員に対して、転落や挟まれに関するリスクが大幅に軽減されることが考えられる。</p> <p>一方でドローンを使用した場合には検査員による検査とは別のリスク対策が必要となるため、以下を考慮し、安全性を確保した上で検査を行う必要がある。</p> <p>(a) 屋外でのドローン飛行において通常考慮する点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・場所の確保・周辺状況を十分に確認し、第三者の上空では飛行させない。 ・飛行場所に第三者の立ち入り等が生じた場合には速やかに飛行を中止する。 ・10分間の平均風速5m/s以上の状態、雨、曇りや霧の中では飛行させない。など <p>(b) 遊戯施設の検査においてドローンを使用する際、特に考慮する点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・複雑な構造物が多いため、単純な構造物よりも衝突リスクが高い。よってケージを持つ ELIOS3のような耐衝突性がない機体を使用する場合は風の影響などを考慮し、離隔距離を十分にとって飛行させること。 ・鉄骨造の構造物が多いため磁界の影響を受けやすい。耐磁界性のない機体を使用する場合は鉄骨造の構造物への接近のしすぎに注意する。 ・観覧車のような大きな構造物を検査対象とする場合、飛行ルートが高度150mという法的制限に抵触しないかどうかを確認する。 など

【類型3 一般財団法人 日本建築設備・昇降機センター】最終報告サマリー

【技術実証の結果】13/17

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果				
		(3) 効率化の評価・分析	人的検査とドローン検査でかかった時間と費用を表2に示す。			
表2 人的検査とドローン検査に係る時間・費用一覧						
機種			コースター		観覧車	
実証方法	人的検査	ドローン検査		人的検査	ドローン検査	
		手動飛行	自動飛行			
作業時間	【A1部】 準備 5.0分 検査 49.5分 片付け 5.0分 【A2部】 準備 5.0分 検査 40.0分 片付け 5.0分 合計 109.5分	【A1部】 準備 17.0分 検査 111.0分 【A2部】 検査 64.0分 片付け 20.0分 合計 212.0分	【A1部】 準備 15.0分 検査 86.0分 【A2部】 検査 121.0分 片付け 10.0分 合計 232.0分	準備 5.0分 検査 45.0分 片付け 5.0分 合計 55.0分	準備 11.0分 検査 51.0分 片付け 30.0分 合計 92.0分	
費用	【人工】 検査員 1名 兼 OP 1名 監視員 1名 合計 3名 【機材等】 高所作業車 3.1万円	【人工】 操縦者 1名 補助者 1名 検査員 1名 合計 3名 【機材等】 ドローン (ELIOS3) 5万円	【人工】 操縦者 1名 飛行管理 1名 補助者 1名 飛行計画 1名 合計 4名 【機材等】 ドローン (Matris300RTK) 1.3万円	【人工】 検査員 2名 兼 OP 1名 監視員 1名 合計 4名 【機材等】 高所作業車 4.5万円	【人工】 操縦者 1名 飛行管理 1名 補助者 1名 合計 3名 【機材等】 ドローン (Matris300RTK) 1.3万円	

【技術実証の結果】14/17

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	(3) 効率化の評価・分析	<p>ドローン（手動検査、自動検査ともに）を使用したことによる大幅な時間軽減までには至らなかった。この理由として、ドローンを用いた検査に関しても、撮影画像を検査員が確認する必要があり、確認する時間は人的検査と同等にかかるためである。</p> <p>ドローン検査は、高所作業車等の手配も不要なため、日常の保守点検にも活用でき、確認する頻度を増やせば、是正箇所を早期発見でき、その結果、修理費用の軽減にも繋がるものと考えられる。遊戯施設は大型でかつ曲線部分が多いものも多々あり、高所作業車を使用しても検査員の目視が困難な箇所が存在するが、ドローンを使用すれば効率よく、それらの箇所の検査を行うことができるため、これらのことを考慮すれば検査にドローンを導入することは効率化に繋がるものと考ええる。</p> <p>検査にかかる費用に関し、コースターの検査で考察すると、検査人員の人件費（人工）については人的検査とドローン検査で変わらないが、ドローンの機材費が高所作業車のレンタル費よりかかる結果となった。これも足場の設置が必要な遊戯施設を検査する場合は、規模にもよるが足場設置費用の方がかかることも想定され、また、日常の保守点検にドローンを使用した場合も減価償却費を考慮すると、使用頻度に応じてドローン検査の方が安価になることも考えられる。</p>

【技術実証の結果】15/17

実証の 結果分析

実証によって、以下の結果を得ることができた。

(ア) 検査精度について：ドローン搭載カメラが必要十分な分解能ならびに光度を確保することができれば、今回実証を行った検査項目に関して、人的検査と同等以上の検査精度を確保できることが実証できた。また、逆光や夜間などカメラにとって不利な条件下での検査について課題が残るが、このような条件は人的検査においても同じで現在は、そのような状況を避けて検査を行っている。

この課題に対して、赤外線カメラと組み合わせた遠隔検査を行うことで人的検査以上の精度を確保できる可能性もある。

(イ) 安全性について：高所あるいは高所作業車のような閉所での人的検査では、検査遂行にあたって転落や挟まれリスクが伴うだけでなく、遊戯施設の機種によっては検査員の目視が困難となる部位が存在することもあり、労働災害防止の観点から十分な安全対策を講ずる必要がある。ドローンによる遠隔検査ではドローンの落下や構造物への衝突などに対する対策が確保されていれば、検査員や補助員に対するリスクは大幅に軽減されるものと目される。

(ウ) 効率化について：遊戯施設の構造形態にもよるが、少なくとも高所作業車の届かない範囲での検査作業等については、足場設置などの手順や経費を考慮するとドローンによる遠隔検査の方が効率が良いものと考えられる。今回の実証結果（コースターならびに観覧車）では、人的検査とドローン検査の作業時間を比較すると、従来の人的検査の方が時間が短い結果となった。また、必要経費に対する比較でもドローン検査の方が高価となる結果だが、日常の保守点検にドローンを使用した場合、減価格償却費を考慮すると、使用頻度に応じてドローン検査の方が安価になることも考えられる。また、ドローンを使用した場合の間接的な効果としては、ドローンを使用した遠隔検査は、高所作業車等の手配も不要なため、日常の点検にも活用でき、点検頻度を増やせば、是正箇所を早期発見でき、その結果、修理費用の軽減にも繋がるものと考えられる。

【技術実証の結果】16/17

実証の結果分析

以上の結果から、カメラが十分な分解能ならびに光度を確保し、ドローンの落下や構造物への衝突などに対する対策が確保されていれば人的検査と同等以上の検査精度を確保できるものとする。このことから、遊戯施設定期検査告示（平成20年国土交通省告示第284号に示す9つの項目（検査事項））に示されている検査方法を「目視により確認する」から「目視等により確認する」へ改正することにより、ドローンに登載されたカメラによる撮影画像により十分に判断することも可能と考えられ、デジタル技術を活用したアナログ規制の見直しに資するものとする。

【遊戯施設定期検査告示の改正案】※下線部の改正（目視→目視等）を提案

一 構造部分

(い)検査項目	(ろ)検査事項	(は)検査方法	(に)判定基準
(五) 構造物	構造部材及び補助部材の取付けの状況	テストハンマーによる打検又は目視等による緩み確認マークの位置の確認その他ナットの緩みを確認できる方法により確認する。	構造部材又は補助部材の取付けが堅固でないこと。
	構造部材の腐食の状況	目視等により確認し、腐食が認められた場合にあっては、腐食を除去して部材厚さが最も薄い箇所を測定する。	イ 腐食により部材の残存厚みが設置時の厚みの90%未満であること。 ロ 著しい錆又は腐食があること。
	補助部材の腐食の状況	目視等により確認し、腐食が認められた場合にあっては、腐食を除去して部材厚さが最も薄い箇所を測定する。	イ 腐食により部材の残存厚みが設置時の厚みの90%未満であること。 ロ 著しい錆又は腐食があること。
	構造部材の変形、偏位、き裂及び破損の状況	目視等により確認する。	構造部材に変形、偏位、き裂又は破損があること。
	構造部材の接合部分の緩み及びき裂の状況	き裂を目視等により確認するとともに、テストハンマーによる打検又は目視等による緩み確認マークの位置の確認その他ナットの緩みを確認できる方法により確認する。	接合部に緩みがあること又は溶接部にき裂があること。

【技術実証の結果】17/17

実証の結果分析

【遊戯施設定期検査告示の改正案】※下線部（目視→目視等）の改正を提案

二 軌道部分

(い)検査項目	(ろ)検査事項	(は)検査方法	(に)判定基準
(一) 軌条、軌道、水路及び滑走路	軌条、軌道及び水路のき裂及び変形の状況	目視等により確認する。	き裂又は変形があること。
	軌条、軌道及び水路の錆及び腐食の状況	目視等により確認し、腐食が認められた場合にあつては、腐食を除去して部材の厚さが最も薄い箇所を測定する。	イ 腐食により部材の残存厚みが設置時の厚みの90%未満であること。 ロ 著しい錆又は腐食があること。
	軌条、軌道及び水路の接合部の緩み及びき裂の状況	き裂を目視等により確認するとともに、テストハンマーによる打検又は目視等による緩み確認マークの位置の確認その他ナットの緩みを確認できる方法により確認する。	接合部に緩みがあること又は溶接部にき裂があること。

九 電気設備

(い)検査項目	(ろ)検査事項	(は)検査方法	(に)判定基準
(四) 避雷設備	突針、支持金物、引下げ導線等の取付けの状況	目視等により確認する。	突針、支持金物、引下げ導線等の取付けが堅固でないこと。