

# 【類型6 株式会社NTT e-Drone Technology】技術実証 最終報告サマリー

## 【技術実証の概要】

<b>対象業務（法令）</b>	南極地域の環境の保護に関する法律施行規則第15条に係る南極環境構成要素の目視調査							
<b>実証の全体像</b>	<p>(概要)                      南極地域の環境を保護するため、公的機関等の職員が実施している南極環境構成要素（自然物等）の観測又は測定のうち、南極に生息・生育する動植物等の把握において、人が実施する双眼鏡やカメラによる調査から、カメラを搭載したドローンによる遠隔での調査に代替が可能であるか検証した。</p> <p>(手法)                      寒冷条件（南極での使用想定環境である-10℃相当）でも飛行可能なドローンを用いて、低温・積雪がある南極に類似した環境において「雪氷」「岩石」「地形」「構造物」「動植物」を空撮した。</p> <p>(評価)                      ドローンの空撮と人による地上からの撮影を基に、「安全性」、「効率性」、「付加価値」、「自然環境への影響」の4点から比較検証を行った。特に、「付加価値」については、観測精度のみならず、様々な角度からの撮影や三次元立体構造データ化の観点からも検証を行った。</p>							
<b>実施体制</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="619 965 1462 1029">事業者名</th> <th data-bbox="1462 965 2333 1029">実施業務・役割</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="619 1029 1462 1108">(株) NTT e-Drone Technology</td> <td data-bbox="1462 1029 2333 1108">技術実証の実施、評価、報告書とりまとめ</td> </tr> <tr> <td data-bbox="619 1108 1462 1222">(株) エヌ・ティ・ティ・エムイー (NTT e-Drone Technologyからの再委託)</td> <td data-bbox="1462 1108 2333 1222">ドローン飛行のための支援などを実施</td> </tr> </tbody> </table>		事業者名	実施業務・役割	(株) NTT e-Drone Technology	技術実証の実施、評価、報告書とりまとめ	(株) エヌ・ティ・ティ・エムイー (NTT e-Drone Technologyからの再委託)	ドローン飛行のための支援などを実施
事業者名	実施業務・役割							
(株) NTT e-Drone Technology	技術実証の実施、評価、報告書とりまとめ							
(株) エヌ・ティ・ティ・エムイー (NTT e-Drone Technologyからの再委託)	ドローン飛行のための支援などを実施							
<b>実施期間</b>	2023年10月26日から2024年1月31日まで							



# 【類型6 株式会社NTT e-Drone Technology】技術実証 最終報告サマリー

## 【技術実証の詳細】

技術実証の方法	技術実証項目	実証内容														
	<p>環境耐久試験 (使用機材)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ANAFI USA (Parrot社製)</li> <li>• iPad mini (第6世代) (Apple社製)</li> </ul>	<p>低温環境を再現できる施設(人工気象室)を使用して、-10℃から-40℃の環境でドローンがホバリング飛行可能か検証した。 温度は-10℃ずつ下げながら4段階で実施した。 今回使用するiPad miniについてもプロポ(ドローンを操縦するコントローラ)をつけたまま-10℃~-30℃の環境で15分放置し、使用できるか検証した。本検証も-10℃刻みで実施した。</p>														
	<p>現地調査 (使用機材)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ANAFI USA (Parrot社製)</li> <li>• 一眼レフカメラ a7r4 (SONY製)</li> <li>• Pix4D (Pix4D社製写真測量アプリ)</li> <li>• iPad mini (第6世代) (Apple社製)</li> <li>• AirTag (Apple社製)</li> </ul>	<p>極地環境でのドローンによる情報取得という観点から、現地調査として南極に類似した環境でのフライト及び撮影を実施した。具体的には、下記表のとおり目標物と状況を組み合わせて、ドローンと人でそれぞれ撮影し、評価した。</p> <table border="1" data-bbox="1437 733 2244 1165"> <thead> <tr> <th>目標物</th> <th>状況</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>地形</td> <td>俯瞰撮影</td> </tr> <tr> <td>岩石①(一枚岩)・植物</td> <td>360度撮影</td> </tr> <tr> <td>岩石②(小粒な岩)</td> <td>状況把握撮影</td> </tr> <tr> <td>雪氷</td> <td>状態変化撮影</td> </tr> <tr> <td>構造物</td> <td>上部撮影</td> </tr> <tr> <td>動物</td> <td>高低差撮影</td> </tr> </tbody> </table> <p>また、南極でドローンが落下したことを想定し、捜索を実施し発見が可能かを実証した。</p>	目標物	状況	地形	俯瞰撮影	岩石①(一枚岩)・植物	360度撮影	岩石②(小粒な岩)	状況把握撮影	雪氷	状態変化撮影	構造物	上部撮影	動物	高低差撮影
目標物	状況															
地形	俯瞰撮影															
岩石①(一枚岩)・植物	360度撮影															
岩石②(小粒な岩)	状況把握撮影															
雪氷	状態変化撮影															
構造物	上部撮影															
動物	高低差撮影															

## 【技術実証の詳細】

**実証場所①** 埼玉県産業技術総合センター内 人工気象室  
(埼玉県川口市上青木3-12-18 (SKIPシティ内))

### ■ 環境耐久試験

本施設の人工気象室は-40℃まで低温環境を実現が可能な装置を備えている。  
装置を利用して、-10℃、-20℃、-30℃、-40℃の4段階でドローンが飛行可能か検証した。

### 実証スケジュール

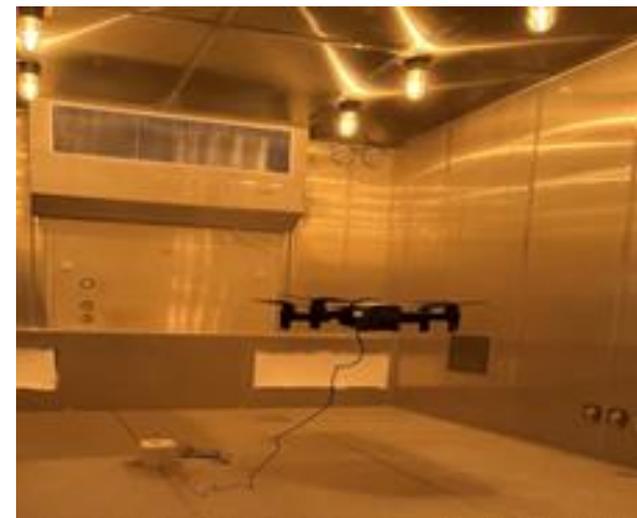
2023年11月9日 9:00~16:00

日程	内容
9:00~9:30	冷却時間
9:30~10:30	-10℃試験
10:30~11:00	冷却時間
11:00~12:00	-20℃試験
12:00~13:00	冷却時間
13:00~14:00	-30℃試験
14:00~14:30	冷却時間
14:30~15:30	-40℃試験

人工気象室外観



人工気象室内試験画像



## 【技術実証の詳細】

**実証場所②** 北海道上川町層雲峡  
(黒岳ロープウェイ付近)

### ■現地調査

2023年11月20日から22日に下見調査を実施し、寒冷条件が満たせる北海道上川町層雲峡にある黒岳ロープウェイ付近の層雲峡駅付近の砂防と五合目駅付近を実証場所とした。下見調査で確認した場所において、目標物を人とドローンで撮影し、比較検証を実施した。

また、ドローンが落下したことを想定した搜索対応の実証を実施した。ドローンにAirTagを装着し、AirTagが発するBluetoothを目印に搜索を実施した。

層雲峡駅付近の砂防



五合目駅付近の様子



### 12月5日スケジュール

日程	内容
9:30~10:30	【岩石②】実施
10:30~11:00	【雪氷】実施
12:30~13:30	【構造物】実施
13:30~14:30	【搜索対応】実施

### 12月6日スケジュール

日程	内容
9:50~10:30	【動物】実施
10:30~11:30	【岩石①・植物】実施
12:15~13:30	【地形・雪氷】実施

## 【技術実証の詳細】

<b>実施条件</b>	<p>(1)南極に類似した条件下での飛行 (ア) ドローンが使用されると想定される南極の夏期間（12月～翌2月）に類似した気温（平均-2℃、最低-10℃）であること。 (イ)積雪、降雪が見込める場所であること。</p> <p>(2)ドローンの飛行条件 (ア) ドローンの飛行が困難な天候でないこと。（濃霧、大雨、大雪等） (イ) ドローン飛行は風速5m以下で実施すること。</p> <p>(3)許認可 下見調査及び現地調査にあたっては、場所が国有林内であるため、無人航空機を飛行するための許可が必要であった。許可の種類は「入林届」であり、飛行する日時や場所、人員の申請が必要であったため、申請し、許可を得た。 提出先は上川中部森林管理署であり、本実証では、申請書提出から許可までに7日営業日が必要であった。 なお、環境省現地管轄事務所にも確認し、自然公園法観点の許可取得は不要とのことであった。</p>
-------------	---

## 【技術実証の結果（環境耐久試験）】

<b>結果の評価の観点</b>	<b>環境耐久試験</b> ドローンが南極に類似した低温下でも稼働が可能かを評価した。								
<b>結果の評価のポイント・方法</b>	<p>■ 評価ポイント                  ドローンの電源投入から飛行（ホバリング）、カメラ、ジンバル（手振れを補正する回転台）の操作、撮影まで低温下で可能かを判断した。</p> <p>■ 評価方法                  試験の評価については下表のとおりを実施した。</p> <table border="1" data-bbox="619 715 2339 993"> <tr> <td data-bbox="619 715 741 993">                     寒冷環境での運用性能試験                 </td> <td data-bbox="741 715 945 993">                     ドローン及びプロポの性能試験                 </td> <td data-bbox="945 715 1072 993">                     ドローン及びプロポの動作試験                 </td> <td data-bbox="1072 715 1429 993">                     温度条件-10℃～-40℃にて満足に動作すること。                 </td> <td data-bbox="1429 715 2339 993">                     人工気象室に実機を保管し、下記の順に従い動作試験を実施する。                      ① 機体本体の電源投入の可否                      ② 機体本体の通電時における状態の確認（電源投入から着陸までの様子を観察）                      ③ 機体の動作確認（前後左右方向への姿勢制御の確認）                      ④ カメラジンバルの動作確認（上下最大角度の確認）                      ⑤ 赤外線カメラ及び光学カメラ動作時における各ジンバル角度の静止画撮影の確認（上下最大角度及び0度の各1枚ずつの撮影（合計6枚））                 </td> </tr> </table>				寒冷環境での運用性能試験	ドローン及びプロポの性能試験	ドローン及びプロポの動作試験	温度条件-10℃～-40℃にて満足に動作すること。	人工気象室に実機を保管し、下記の順に従い動作試験を実施する。 ① 機体本体の電源投入の可否 ② 機体本体の通電時における状態の確認（電源投入から着陸までの様子を観察） ③ 機体の動作確認（前後左右方向への姿勢制御の確認） ④ カメラジンバルの動作確認（上下最大角度の確認） ⑤ 赤外線カメラ及び光学カメラ動作時における各ジンバル角度の静止画撮影の確認（上下最大角度及び0度の各1枚ずつの撮影（合計6枚））
寒冷環境での運用性能試験	ドローン及びプロポの性能試験	ドローン及びプロポの動作試験	温度条件-10℃～-40℃にて満足に動作すること。	人工気象室に実機を保管し、下記の順に従い動作試験を実施する。 ① 機体本体の電源投入の可否 ② 機体本体の通電時における状態の確認（電源投入から着陸までの様子を観察） ③ 機体の動作確認（前後左右方向への姿勢制御の確認） ④ カメラジンバルの動作確認（上下最大角度の確認） ⑤ 赤外線カメラ及び光学カメラ動作時における各ジンバル角度の静止画撮影の確認（上下最大角度及び0度の各1枚ずつの撮影（合計6枚））					

## 【技術実証の結果（現地調査）】

<b>結果の評価の観点</b>	<b>現地調査</b> ドローンと人が同一の目標物を撮影した場合の工程や成果物を比較し、安全性・効率性・付加価値・自然環境への影響を軸に評価した。
<b>結果の評価のポイント・方法 (1/2)</b>	<b>■評価ポイント</b> (1)安全性 目標物の撮影において、調査員の安全が確保されているか、人による調査と比較した。 (2)効率性 目標物の撮影までの所要時間について、人による調査と比較した。また、調査に最低限必要な人員数も比較した。 (3)付加価値 厳しい環境（広大、極寒、積雪、粉じん、悪天候など）下においても、遠隔操作により、人による調査等と同等以上の精度を維持できるか、広大な面積、複雑な地形など自然物の特有の状態でも取得する情報の正確性を確保できるかも確認し、その上で、ドローンによる撮影以外に目標物調査の付加価値があるか確認した。 (4)自然環境への影響 実証時の自然への影響や「南極における遠隔操縦航空機システム（RPAS)運用に関するガイドライン」（以下、「運用ガイドライン」）を遵守できたかを確認した。

## 【技術実証の結果（現地調査）】

### 結果の評価の ポイント・方法 (2/2)

#### ■評価方法

下記表に基づきドローンと人との結果を比較することで、ドローンによる調査の優位性を検証した。

		ドローン	人
安全性の比較	目標への経路の 安全性 障害物の有無	操縦者が安全に操縦できたか。	人が安全に調査できたか。
効率性の比較	撮影所要時間  必要人員数	●●分●●秒  ●人	●●分●●秒  ●人
付加価値の比較	活用環境を踏まえた精度  成果物の比較	厳しい環境下でも人による調査と比較して同等以上の精度を維持できるか。 自然物の特有の状態等の取得する情報の正確性を確保できるか。  成果物に付加価値があるか。	ドローンと比較して優位点があるか。
自然環境への影響	撮影時の影響	調査時の自然への影響及び「南極における遠隔操縦航空機システム（RPAS）運用に関するガイドライン」を遵守できたか確認する。	調査時の自然への影響を確認する。

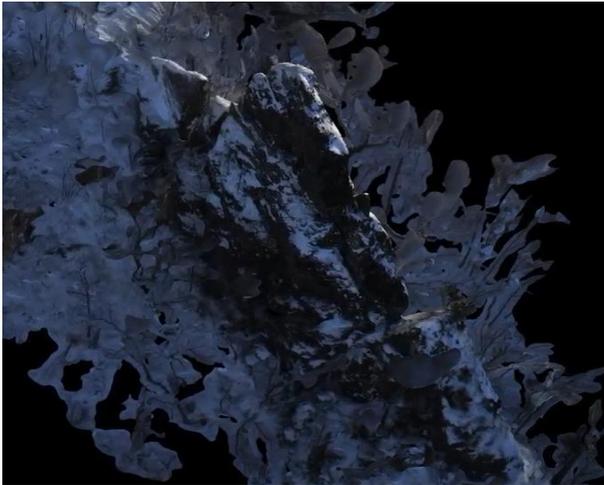
## 【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果																														
	環境耐久試験	<p>(低温での動作)                      -10℃、-20℃、-30℃、-40℃の各温度下でドローンは通電できた。また、機体の動作（ホバリング飛行）やカメラジンバルの操作、撮影も各温度下で正常に作動した。</p> <p style="text-align: center;">低温での動作確認結果</p> <table border="1" data-bbox="1098 522 2288 883"> <thead> <tr> <th></th> <th>-10℃</th> <th>-20℃</th> <th>-30℃</th> <th>-40℃</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①機体の電源投入の可否</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>②機体本体の通電時における状態の確認（電源投入から着陸までの様子を観察）</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>③機体の動作確認（ホバリング・前後左右方向への姿勢制御の確認）</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>④カメラジンバルの動作確認（上下最大角度の確認）</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>⑤赤外線カメラ及び光学カメラ動作時における各ジンバル角度の静止画撮影の確認</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">○：満身に動作したことが確認できた</p> <p>(バッテリーの消耗)                      -10℃～-40℃で、バッテリー残量が15%になるまでいずれも20分程度飛行でき、常温時と比較し、低温下での著しいバッテリー消費量の増加は見られなかった。                      ただし、飛行直前までバッテリーは常温であることが条件である。また、実運用では不測の事態に備え、バッテリー残量が30%付近で着陸することを推奨する。</p> <p>(追加検証：プロポ等の低温環境下放置後の起動・動作の確認)                      -10℃、-20℃、-30℃の各温度下で、プロポとiPad miniを15分通電状態で放置後、正常に電源が起動し、ドローンアプリの起動から飛行までの一連の動作を行えた。</p>		-10℃	-20℃	-30℃	-40℃	①機体の電源投入の可否	○	○	○	○	②機体本体の通電時における状態の確認（電源投入から着陸までの様子を観察）	○	○	○	○	③機体の動作確認（ホバリング・前後左右方向への姿勢制御の確認）	○	○	○	○	④カメラジンバルの動作確認（上下最大角度の確認）	○	○	○	○	⑤赤外線カメラ及び光学カメラ動作時における各ジンバル角度の静止画撮影の確認	○	○	○	○
	-10℃	-20℃	-30℃	-40℃																												
①機体の電源投入の可否	○	○	○	○																												
②機体本体の通電時における状態の確認（電源投入から着陸までの様子を観察）	○	○	○	○																												
③機体の動作確認（ホバリング・前後左右方向への姿勢制御の確認）	○	○	○	○																												
④カメラジンバルの動作確認（上下最大角度の確認）	○	○	○	○																												
⑤赤外線カメラ及び光学カメラ動作時における各ジンバル角度の静止画撮影の確認	○	○	○	○																												

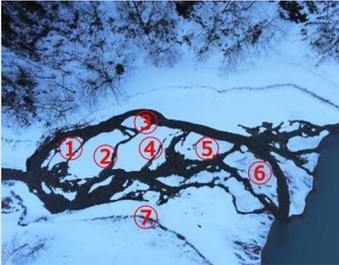
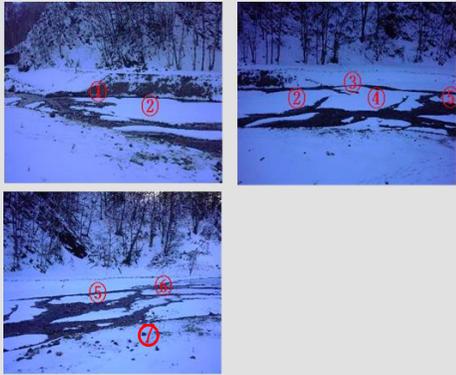
## 【技術実証の結果】

実証の 評価結果	技術実証項目	評価結果
	環境耐久試験	<p>-10℃～-40℃の環境においても、起動・ホバリング・ジンバルの稼働・撮影を十分行えることを確認でき、南極環境での使用に耐えることを検証できた。</p> <p>追加検証により、ドローンを操作するためのプロポ及び操作アプリを起動するiPad miniについても-30℃に15分放置しても、起動からドローンの操作まで可能であった。</p> <p>これらの結果から、今回使用するドローン（ANAFI USA）は極地環境での使用に耐えられる性能であり、現地調査での使用も問題がないことを確認した。</p>

## 【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	現地調査	<p>                         目標物である【地形】【岩石①・植物】【岩石②】【雪氷】【構造物】【動物】の撮影を、ドローンによる調査と人による調査で実施できた。                          ドローンについては低温かつ積雪の状況でも適切に動作し、目標物を撮影することができた。                          また、落下想定捜索の実証を3回実施し、いずれも発見することができた。                          現地調査で取得した画像から3Dモデル化ができることも確認した。                     </p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>実証の様子</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>3Dモデル化</p>  </div> </div>

## 【技術実証の結果】

実証の 評価結果 (1/14)	技術実証項目	評価結果		
		地形	ドローン	人
	現地調査 (1)地形×俯瞰	安全性の比較 目標への経路	ドローン進路上に障害物はなし。 操縦者も安全な場所から操作した。	地形の撮影のために、崖を降りて撮影した。
		効率性の比較 撮影所要時間 必要人員数	平均：2分15秒（試行3回） 2人（操縦者・補助者）	平均：1分23秒（試行3回） 1人
		付加価値の比較 活用環境を 踏まえた精度 成果物の比較	人がカメラによって撮影した目標物を撮影可能であった。 	
		自然環境への影響 撮影時の影響	ドローンの離着陸地点確保のため整地（雪を踏み均す）した。	目標物の撮影のために崖を降りて近づく必要があり、経路上で自然への影響を与えた。

## 【技術実証の結果】

実証の 評価結果	技術実証項目	評価結果
<p>(2/14)</p>	<p>現地調査 (1)地形×俯瞰</p>	<p>【安全性の比較】 ドローンでは安全に調査が実施できた。</p> <p>【効率性の比較】 ドローンの方が撮影に時間を要した。理由は、俯瞰撮影のために高度を上げる必要があり、上昇と下降に時間を要したためであった。</p> <p>また、人員については、ドローンは「運用ガイドライン」の「操縦者及び必要に応じて少なくとも1名の観測員で運用しなければならない。」を遵守したため2名で運用した。人による調査は1名のため、ドローンによる調査は、人による調査よりも1名増で運用しなければならない。</p> <p>【付加価値の比較】 ドローンでも、人がカメラによって撮影した目標物（前ページ写真中の①～⑦）をすべて撮影できているうえ、①～⑦について1枚の画像に収めることができた。</p> <p>【自然環境への影響】 ドローンが自然へ与える影響は軽微であった。 人による調査は足跡や手をついた跡などドローンと比較して自然に影響を与えた。 ドローンについては運用ガイドラインを遵守した調査が実施できた。</p>

## 【技術実証の結果】

実証の 評価結果 (3/14)	技術実証項目	評価結果		
		岩石①・植物	ドローン	人
	現地調査 (2)岩石①・植物×360 度	安全性の比較 目標への経路	操縦者は安全な場所から 操作した。	目の前が崖であるため接近不可能で あった。
		効率性の比較 撮影所要時間 必要人員数	平均：5分39秒（試行3回） 2人（操縦者・補助者）	平均：1分23秒（試行3回） 1人
		付加価値の比較 活用環境を 踏まえた精度  成果物の比較	人がカメラによって撮影した目標物を撮 影可能であった。  3Dモデル  	目標物正面から撮影  
		自然環境への影響 撮影時の影響	ドローンの離着陸地点確保のため整地 （雪を踏み均す）した。	自然環境への影響が軽微だが、反対 側の撮影を試みる場合は、斜面の雪の 流出による雪崩など自然環境への影響 が大きいと想定される。
				写真より劣るが3Dモデルでも藻を確認 できた。

## 【技術実証の結果】

実証の 評価結果	技術実証項目	評価結果
<b>(4/14)</b>	現地調査 (2)岩石①・植物×360 度	<p>【安全性の比較】                      ドローンの調査では、操縦者は安全に実施できた。人による調査では、目標物は崖の途中に存在し、危険であるため全体を撮影することは困難であった。</p> <p>【効率性の比較】                      3Dモデル化するための360度撮影は平均5分39秒で実施できた。</p> <p>【付加価値の比較】                      人がカメラで撮影した目標物について、人では撮影が困難な画角からの写真を含めて、同等以上の範囲で撮影ができた。                      また、3Dモデル化することもできた。</p> <p>【自然環境への影響】                      人とドローンのどちらも自然への影響は軽微であった。                      ドローンについては運用ガイドラインを遵守した調査が実施できた。</p>

## 【技術実証の結果】

実証の 評価結果 (5/14)	技術実証項目	評価結果		
		岩石②	ドローン	人
	現地調査 (3)岩石②×状況把握	安全性の比較 目標への経路	ドローン進路上に障害物はなし。操縦者も安全な場所から操作した。	目標物へ接近する時に、障害物（斜面・川）があった。調査員が斜面を登る時には滑るなど危険性があった。
		効率性の比較 撮影所要時間 必要人員数	平均：2分28秒（試行3回） 2人（操縦者・補助者）	平均：6分33秒（試行3回） 1人
		付加価値の比較 活用環境を 踏まえた精度  成果物の比較	人がカメラによって撮影した目標物を撮影可能であった。  ズーム 	接写 
		自然環境への影響 撮影時の影響	ドローンの離着陸地点確保のため整地（雪を踏み均す）した。	接写のため斜面・川を歩いたことで、自然（土・植物・氷）への影響があった。

## 【技術実証の結果】

実証の 評価結果	技術実証項目	評価結果
<b>(6/14)</b>	現地調査 (3)岩石②×状況把握	<p>【安全性の比較】                      本目標物を人が接写撮影する場合は、障害物があり、ドローンと比較すると危険性があった。</p> <p>【効率性の比較】                      撮影時間は、ドローンが人による調査より短時間であったため、効率的だといえる。</p> <p>【付加価値の比較】                      人がカメラで撮影した目標物と同等の範囲で撮影が可能であった。また、ドローンは俯瞰からのズーム撮影が可能である。ただし、画質は一眼レフカメラに劣るため、画質を求める目標物については使い分けが必要となる。</p> <p>【自然環境への影響】                      ドローンの自然環境への影響は軽微であった。                      人が目標物を接写するために、斜面を下り、川を渡河して中洲に上陸した。人の撮影はドローンに比べると、経路上に足跡を残すため自然への影響は大きいと判断する。                      また、運用ガイドラインに遵守した撮影が可能であった。</p>

# 【類型6 株式会社NTT e-Drone Technology】技術実証 最終報告サマリー

## 【技術実証の結果】

実証の 評価結果 (7/14)	技術実証項目	評価結果		
		雪氷	ドローン	人
	現地調査 (4)雪氷×状態変化	安全性の比較 目標への経路	ドローン進路上に障害物はなし。操縦者も安全な場所から操作した。	雪氷までの接近は危険であると判断し、離陸地点で撮影した。
		効率性の比較 撮影所要時間 必要人員数	平均：2分24秒（試行6回） 2人（操縦者・補助者）	安全面から接写せず 1人
	付加価値の比較 活用環境を 踏まえた精度  成果物の比較	人がカメラによって撮影した目標物よりも全体が把握できる画像が得られた。		
		12月5日 	12月5日 	
		12月6日 	12月6日 	
	自然環境への影響 撮影時の影響	ドローンの離着陸地点確保のため整地（雪を踏み均す）した。	離陸地点からの撮影であり大きな影響はない。	

## 【技術実証の結果】

実証の 評価結果	技術実証項目	評価結果
<b>(8/14)</b>	現地調査 (4)雪氷×状態変化	<p>【安全性の比較】 ドローンも人も離着陸地点での撮影のため安全性に大きな違いはなかった。</p> <p>【効率性の比較】 不安定な場所でもドローンであれば上空から撮影し、成果物の取得が可能であった。</p> <p>【付加価値の比較】 ドローンにより上空から撮影した写真を比較することで、温度変化による雪氷の大きさや状態の変化を正確に捉えることが可能であった。</p> <p>【自然環境への影響】 ドローンと人のどちらも撮影のために自然に大きな影響を与えていない。また、運用ガイドラインを遵守した運用ができた。</p>

## 【技術実証の結果】

実証の 評価結果 (9/14)	技術実証項目	評価結果		
		構造物	ドローン	人
	現地調査 (5)構造物×上部	安全性の比較 目標への経路	ドローン進路上に障害物はなし。操縦者も安全な場所から操作した。	雪氷までの接近は危険であると判断し、離陸地点で撮影した。
		効率性の比較 撮影所要時間 必要人員数	平均：4分18秒（試行3回） 2人（操縦者・補助者）	安全面を考慮して接写せず 1人
		付加価値の比較 活用環境を 踏まえた精度  成果物の比較	人がカメラによって撮影した目標物と同等以上の範囲を撮影できた。	接写
			<p style="text-align: center;">構造物上部</p> 	 <p>屋根を撮影するには工具等が必要となる。</p>
		自然環境への影響 撮影時の影響	ドローンの離着陸地点確保のため整地（雪を踏み均す）した。	接写のために雪道を歩いたため土への影響があった。岩石②の歩行による影響と比べると軽微な影響であった。

## 【技術実証の結果】

実証の 評価結果	技術実証項目	評価結果
<b>(10/14)</b>	現地調査 (5)構造物×上部	<p>【安全性の比較】                      ドローンも人も大きな危険はなかった。                      ドローンについては、本飛行後に調整のために低空でホバリングしていたところ、ドローンから異音の発生と挙動に異変があったため点検を実施した。原因はドローンのプロペラ下部に霜氷が付着したことによるものであった。事象発生時は降雪かつ低気温であったために発生したと思われる。</p> <p>【効率性の比較】                      ドローンでは上昇下降に時間を要したため、人よりも撮影に要する時間がかかった。</p> <p>【付加価値の比較】                      ドローンでは、構造物上部を安全に撮影することができる。また、構造物の点検や異常の確認に必要な情報を取得できる。</p> <p>【自然環境への影響】                      ドローンも人も自然環境への大きな影響はなかった。                      また、運用ガイドラインに遵守した運用が可能であった。</p>

## 【技術実証の結果】

実証の 評価結果 (11/14)	技術実証項目	評価結果		
		動物	ドローン	人
	現地調査 (6)動物×高低差	安全性の比較 目標への経路	飛行進路上に障害物なし、操縦者は安全な場所から操作した。	目標物に接近するには40cm程度の積雪を進む必要があった。ルートが雪で埋没していたため慎重な進行が求められた。
		効率性の比較 撮影所要時間 必要人員数	平均：3分50秒（試行3回） 2人（操縦者・補助者）	平均：6分27秒（試行3回） 1人
		付加価値の比較 活用環境を 踏まえた精度  成果物の比較	人が撮影した目標物を撮影可能であった。  ズーム   ペンギンのぬいぐるみ	接写  
		自然環境への影響 撮影時の影響	ドローンの離着陸地点確保のため整地（雪を踏み均す）した。	接写のためにはルートを開拓する必要があり、雪を踏み固めながら進んだことで自然への影響があった。

## 【技術実証の結果】

実証の 評価結果	技術実証項目	評価結果
(12/14)	現地調査 (6)動物×高低差	<p>【安全性の比較】 ドローンは前方に木々があったため離陸直後に25m程度上昇する必要があった。人は高低差を避けるため迂回するルートを選択する必要があった。</p> <p>【効率性の比較】 人は崖の迂回に時間を要したため、ドローンと比較して時間がかかった。</p> <p>【付加価値の比較】 人の撮影と比較してドローンでは、動物に近づくことなく俯瞰視点で撮影可能なため個体数の確認に優れている。</p> <p>【自然環境への影響】 「運用ガイドライン」を遵守しドローンの離着陸は、野生生物の群生地から見えない風下に位置し、可能な限り野生生物から遠く離れるよう考慮した。</p>

## 【技術実証の結果】

### 実証の 結果分析 (13/14)

#### (環境耐久試験)

ドローンが-40℃でもホバリングし、撮影できたことから、南極のような寒冷地でも活用できることが確認できた。  
ただし、寒冷地で飛行する場合は、運用前の機体や交換用の予備バッテリーは直前まで外気に触れさせないことが推奨される。  
特にバッテリーは寒さに弱いので注意が必要である。

#### (現地調査)

##### (1)安全性

ドローンの操縦者は安全な地点を確保し、ドローンを操作し撮影ができた。一方で人による調査は斜面の上り下りや川の渡河などが必要であった。そのため、ドローンの方が安全性が高いといえる。

##### (2)効率性

【岩石②】や【動物】でのドローンによる調査と人による調査を比較するとドローンの所要時間は短時間であるが、目標物までの距離や障害物の有無などによっては手段を検討する必要がある。

##### (3)付加価値

南極の夏期間に類似した環境での現地調査を通じて、基本的には、厳しい環境下においても、遠隔操作により、人による調査等と同等以上の精度を維持できた。また、広大な面積、複雑な地形など自然物の特有の状態でも取得する情報の正確性を確保できた。

さらに、人による撮影と比較して3Dモデル化や俯瞰画像など付加価値がある成果物を得られた。  
ただし、人による撮影（一眼レフカメラ）に劣る部分もあり、目標物によっては使い分けが必要である。

## 【技術実証の結果】

### 実証の 結果分析 (14/14)

#### (4)自然環境への影響

全項目を通して、ドローンは目標物に接近しないため、影響は軽微であった。また、動物の撮影ではガイドラインで考慮を求められている動物上空の飛行を避けながら目標物の撮影ができた。

#### (5)南極での運用について

環境耐久試験及び現地調査の結果から、南極での動作については問題ないと判断する。また、効率性では人による調査を上回る結果もあった。付加価値では人による調査と同等以上の精度の成果物を獲得でき、3Dモデルの作成なども可能であるため、人による調査からの代替は可能であると判断する。

#### (6)寒冷地向けマニュアルの整備について

弊社がドローン運用時に注意している点や本実証を通して判明した注意点をまとめて、安全に飛行するためのマニュアルを作成した。以下は注意すべき点の抜粋である。

- 気温が0°以下はプロペラに霜氷が付着し、飛行時に危険な挙動をする可能性がある。  
降雪時や湿度が高い状況では注意すること。飛行前確認ではプロペラの後ろ側を目視し、霜氷がないことを確認すること。
- ドローンの発進/着陸サイトは、野生生物の群生地から見えない風下に位置し、可能な限り野生生物から遠く離れるよう考慮すること。
- 発進および飛行中にドローンから出る騒音のレベルを考え、発進/着陸サイトおよび飛行高度を決定すること。  
また地上での騒音に影響する風の状態を考慮すること。
- 可能であれば、不必要に野生生物の上空を飛行せずに目標高度に達するよう考慮すること。