

【類型6 イームズロボティクス株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の概要】

対象業務（法令）	(1) 自然環境保全法第28条、第31条、第47条に係る実地調査 (2) 自然公園法第33条、第62条、第76条及び、自然公園法施行規則第13条の5に係る実地調査
実証の全体像	<p>現在、人が法令に基づく実地調査の中で実施している「けもの道の探索」について、デジタル技術の活用が可能であるかを実証する。</p> <p>従来の「けもの道の探索」は、調査員が5～10kmの森と平原の境目にある草木が踏まれている場所を歩いて、固定カメラを設置し、長時間撮影された動画データを目視確認して特定している。</p> <p>ドローンとカメラを組み合わせた以下の技術実証によりデジタル技術が、実地調査の精度向上や効率化や省人化につながるかを確認する。</p> <p>①複数個所の固定赤外線カメラの撮影データから、けもの道と推定される場所、野生動物の出現時間を調べ、当該場所・時間帯でドローン搭載熱赤外線カメラで上空から動物の痕跡（体熱の残存）を検知できるかどうかを検証する(図1)。周辺環境と残存時間の関係を把握するため、地上から野外サーモカメラによる撮影を行う。</p> <p>②動物の痕跡（残存熱）が撮影できた場所で、ドローン搭載マルチスペクトルカメラの撮影データにより、野生動物の踏み跡と周辺との植物の生育状態の違いから、けもの道が検知できるかどうかを検証する(図2)。</p>
実施体制	イームズロボティクス株式会社：実証事業の運営、熱赤外カメラ、マルチスペクトルカメラ搭載ドローン撮影 福島大学：固定赤外線カメラ設置・データ回収・確認、マルチスペクトルカメラデータ解析
実施期間	2023年10月26日～2024年1月31日

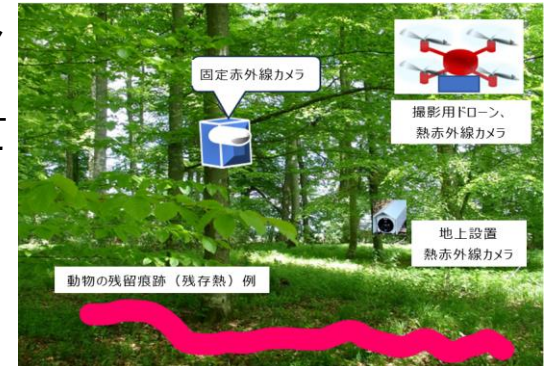


図1 ドローン・熱赤外線カメラによる残存熱の検知

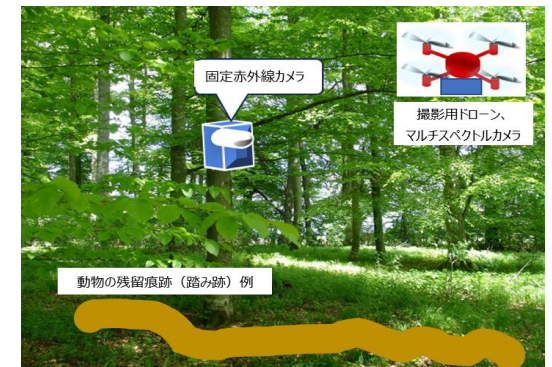


図2 ドローン・マルチスペクトルカメラによる踏み跡の検知

【類型6 イームズロボティクス株式会社】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
	ドローンと熱赤外線カメラの適用性検証	<p>①固定赤外線カメラの設置 森林等でイノシシ等が掘り返した地点（図3）を探し、固定赤外線カメラを設置する。</p> <p>②固定赤外線カメラによる動物撮影と「けもの道の探索」対象場所の選定 固定赤外線カメラ（※1）により2～3週間24時間自動撮影（図4）により、イノシシの出現率が最も高い地点、「けもの道の探索」対象場所と時間帯を見つける。 ※1 近赤外線LEDを照射した物体からの反射光を撮影</p> <p>③野外サーモカメラによる動物の痕跡撮影 「けもの道の探索」対象場所の地上に野外サーモカメラ（※2）を設置（図5）し、イノシシ等の出現時間帯の2時間半、数秒間隔で静止画撮影し、動物とその痕跡を検出する。 ※2 熱赤外線カメラ。物体からの放射熱・遠赤外線を撮影</p> <p>④ドローン用熱赤外線カメラによる動物の痕跡撮影 「けもの道の探索」対象場所の周辺で、ドローン搭載熱赤外線カメラ（※3）により、イノシシ等の出現時間帯に上空から10分程度動画撮影し、動物の痕跡（残存熱の軌跡＝けもの道）（図6）を検出する。 ※3 物体からの放射熱・遠赤外線を撮影</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>図3 イノシシ等が掘り返した地点（赤丸部分）</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図4 固定赤外線カメラによるイノシシ等の定点撮影</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図5 野外サーモカメラによるイノシシ等とその痕跡（残存熱）撮影</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図6 ドローン用熱赤外線カメラによる痕跡（残存熱と軌跡）撮影</p> </div> </div>

【類型 6 イームズロボティクス株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の詳細】

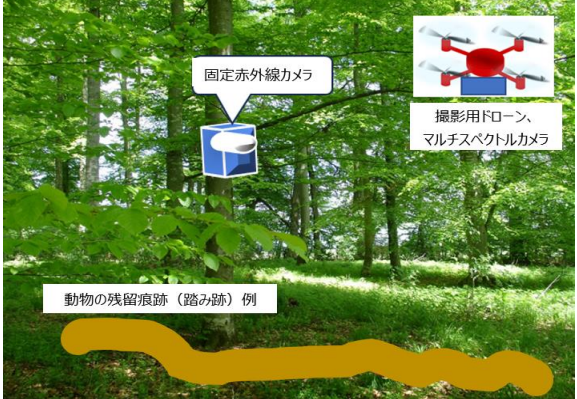
技術実証の方法	技術実証項目	実証内容
	ドローンとマルチスペクトルカメラの適用性検証	<p>ドローン用熱赤外線カメラによりイノシシ等の痕跡（残存熱と軌跡）を撮影した場所で、熱赤外線カメラの代わりにマルチスペクトルカメラによる撮影を行い、撮影データから植物の生育度合い（正規化植生指数※4）を算出する。イノシシ等の歩いた痕跡（踏み跡）と周辺との指数の差異から、けもの道を検出する（図7）。</p> <p>※4 正規化植生指数：NDVI値(Normalized Difference Vegetation Index) 植物からの近赤外波長域の反射率と赤色波長域の反射率から算出</p> 
	熱赤外線カメラの適用範囲の確認	<p>野外サーモカメラによるイノシシ等と残存熱の撮影時刻の差から熱の残存時間として算定する。撮影時の環境条件（地面や草木の様子、気象）を調査し、残存時間との関係を整理する。</p> <p>技術実証期間内や撮影時間内に動物が出現しないなど、イノシシ等や残存熱が撮影できなかった場合は、「けもの道の探索」対象場所と同等の場所で、人（手のひら）の体熱の残存に関する調査を行う。実施場所の環境条件も調査し残存時間への影響も整理する。</p>

図7 ドローン・マルチスペクトルカメラによる痕跡（踏み跡）撮影

【技術実証の詳細】

実証場所 福島県双葉郡浪江町加倉、津島、南相馬市

本技術実証の場所は、以下の条件を満たす必要がある。

- ・野生動物の出現が確認されている
- ・森林と平原の境界線が比較的長く（5～10km）「けもの道」形成の可能性が高い
- ・各種検証用の機材等の搬入やカメラ設置場所探索が可能な場所

上記条件とイームズロボティクスと福島大学の立地や活動拠点も踏まえて、野生動物出現が多数確認されている福島県浜通り地区の浪江町加倉地区（図8）・津島地区（図9）、及び南相馬市小高地区（図10）を実証場所と選定した。これらの地区に立入調査し、けもの道の可能性のある10か所（図中のCT01～CT10）を固定赤外線カメラ設置場所とした。

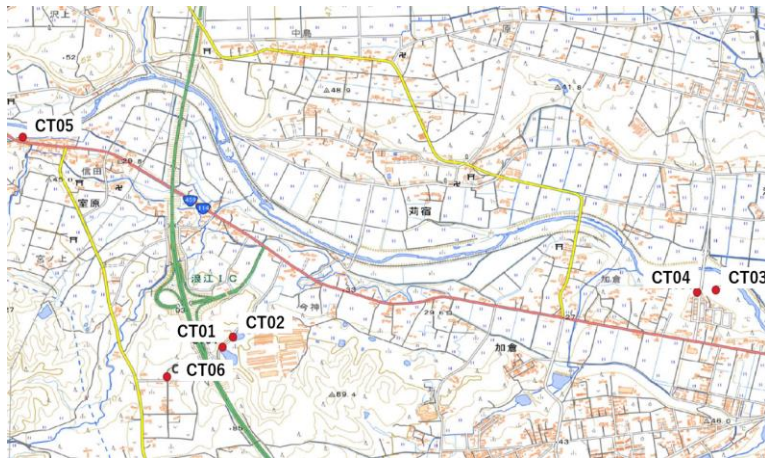


図8 浪江町加倉地区 6か所



図9 浪江町津島地区 2か所

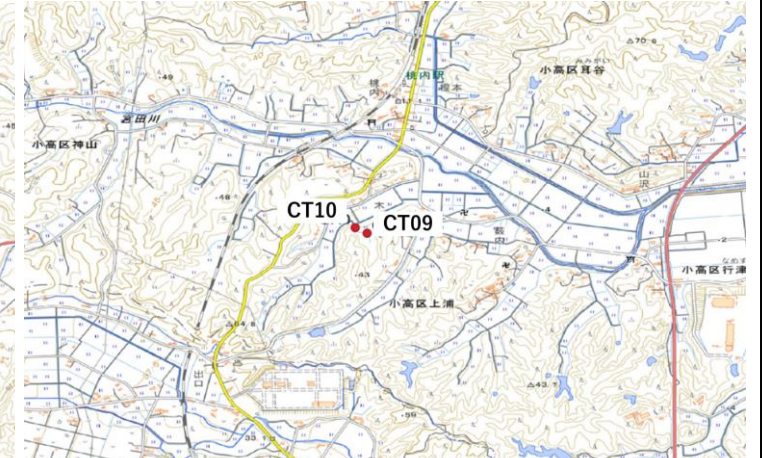


図10 南相馬市小高地区 2か所

【技術実証の詳細】

実施条件

■ 実証項目毎の条件

① ドローンと熱赤外線カメラの適用性検証の計測条件

- ・対象とする野生動物は、熱量の観点から大型野生動物（イノシシ）を対象
- ・固定赤外線カメラ撮影は、10か所で30日～50日間、1日24時間自動撮影。撮影データからイノシシ出現率の高い場所と時間帯特定
- ・出現率で特定した場所と時間帯(夕方)を対象に、ドローン・熱赤外線カメラで残存熱撮影。持続時間や広がりから「けもの道の探索」
- ・出現率で特定した場所と時間帯に、地上設置・野外サーモカメラで動物と残存熱撮影し持続時間と範囲を把握

② ドローンとマルチスペクトルカメラの適用性検証の計測条件

- ・出現率の高い場所で、植物反射光撮影に適する晴天の日中に撮影
- ・撮影データを画像処理した植生生育状況（NDVI値）から「けもの道の探索」

③ 熱赤外線カメラの適用範囲の確認

- ・動物撮影と残存熱撮影データと環境条件（地面や草木の様子、気温）を測定、「けもの道の探索」に適用可能な条件を整理
- ・動物撮影ができなかった場合、人の手の体熱による草、枯草、地面の温度上昇、残存時間と環境条件から適用可能な条件整理

■ 利用機材（図11）

- ① 固定赤外線カメラ：Bushnell製、トローフィーカムXLT（最大3200万画素、動画解像度；最大1920×1080ピクセル、4K動画、単三電池；最大360日）
- ② ドローン：イームズロボティクス製E470（重量4.7kg、最大離陸重量7.8kg、飛行時間約40分、最大飛行速度80km/h、最大飛行高度約4000m）
- ③ 熱赤外線カメラ：日本アビオニクス製（開発中製品）
- ④ 野外サーモカメラ：日本アビオニクス製N50シリーズネットワークサーモカメラ（画素数320×249、測定温度-20℃～120℃、温度精度±2℃）
- ⑤ マルチスペクトルカメラ：MicaSense RedEdge（撮影波長帯：：Blue,green,red,rededge,nearIR）

図11 技術実証に利用した機器
左から、固定赤外線カメラ、ドローン、
熱赤外線カメラ、野外サーモカメラ、マルチ
スペクトルカメラ



【技術実証の結果】

<p>結果の評価の観点</p>	<p>(1)デジタル技術により取得するデータや「けもの道の探索」の精度向上 (2)デジタル技術の活用による「けもの道の探索」作業の効率化・省人化の効果 (3)デジタル技術の「けもの道の探索」への活用の実用性</p>
	<p>(1)デジタル技術により取得するデータや「けもの道の探索」の精度向上 ①「けもの道の探索」取得データ（熱赤外線カメラ、マルチスペクトルカメラで撮影された野生動物やその活動痕跡）の精度が人の目視の精度以上であることを確認する。 ②「けもの道の探索」に活用する野生動物の移動痕跡（残存熱や植生変化）が、けもの道の特定（出現場所と時間帯の特定）に十分に資することを確認する。 ③従来の測定方法に比べて「けもの道の探索」の精度（けもの道の特定精度）が向上することを確認する。</p> <p>(2)デジタル技術の活用による「けもの道の探索」作業の効率化・省人化の効果 本技術実証の「けもの道の探索」に要した作業時間や人数、時間と移動範囲（歩く距離など）の従来方法からの削減状況により効率化・省人化効果を確認する。</p> <p>(3)デジタル技術の「けもの道の探索」への活用の実用性 ①適応性と耐久性 ドローンや熱赤外線カメラ、マルチスペクトルカメラ等機材の安定動作と長期間の使用耐久性の確認 ②データ取得性能 広大な面積、複雑地形、森林や暗所等、生態調査の特有環境でのドローンや熱赤外線カメラによる撮影データ取得の確認 ③遠隔操作の信頼性 遠隔地からの操作が安定して行える信頼性（通信切断や遅延、制御不能を最小限に抑制できる）を確認 ④生態系への影響 固定赤外線カメラ設置場所やドローン撮影の作業前後で周囲の自然環境への影響（地形や植生損傷）がないことを確認</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																																																								
	ドローンと熱赤外線カメラの適用性検証	<p>①固定赤外線カメラによるイノシシ撮影と「けもの道の探索」場所選択 10か所中4台のカメラでイノシシ撮影（図12）、最も出現率（※5）の高いCT03（表1）を選択（図13）した。 ※5 撮影時間中のイノシシ撮影時間の割合</p> <p>表1 固定赤外線カメラのイノシシ出現率</p> <table border="1" data-bbox="675 478 1268 656"> <thead> <tr> <th>カメラ場所</th> <th>撮影期間</th> <th>イノシシ撮影時間</th> <th>出現率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CT01</td> <td>1,152 時間</td> <td>4 分</td> <td>0.006%</td> </tr> <tr> <td>CT03</td> <td>1,152 時間</td> <td>52 分</td> <td>0.08%</td> </tr> <tr> <td>CT06</td> <td>816 時間</td> <td>5 分</td> <td>0.01%</td> </tr> <tr> <td>CT09</td> <td>816 時間</td> <td>10 分</td> <td>0.02%</td> </tr> </tbody> </table> <p>図12 固定赤外線カメラ（CT03）撮影画像</p> <p>図13 CT03「けもの道の探索」対象場所周辺</p> <p>②野外サーモカメラによる動物の痕跡撮影 CT03地点で2日間撮影（表2）したがイノシシの出現がなく撮影できなかった。ネズミらしき小動物（図14）の撮影データがあり、野外サーモカメラで野生動物の体熱撮影が可能であることは確認できた。</p> <p>表2 野外サーモカメラの撮影条件</p> <table border="1" data-bbox="606 871 1508 1002"> <thead> <tr> <th>カメラ</th> <th>対象地域</th> <th>日付</th> <th>開始時刻</th> <th>撮影時間</th> <th>気象条件</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>野外サーモカメラ</td> <td>CT03</td> <td>12月18日</td> <td>15:00 頃</td> <td>約 150 分</td> <td>晴れ、気温 6～7℃</td> </tr> <tr> <td></td> <td>CT03</td> <td>12月19日</td> <td>14:00 頃</td> <td>約 150 分</td> <td>晴れ、気温 4～6℃</td> </tr> </tbody> </table> <p>図14 野外サーモカメラの撮影画像</p> <p>③ドローン用熱赤外線カメラによる動物の痕跡撮影 CT03地点上空から2日間撮影（表3）したが、イノシシの痕跡（残像熱）は撮影できなかった（図15）。</p> <p>表3 ドローン・熱赤外線カメラの撮影条件</p> <table border="1" data-bbox="606 1210 1508 1335"> <thead> <tr> <th>カメラ</th> <th>対象地域</th> <th>日付</th> <th>開始時刻</th> <th>撮影時間</th> <th>気象条件</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ドローン用熱赤外線カメラ</td> <td>CT03</td> <td>12月18日</td> <td>17:20</td> <td>9 分</td> <td>晴れ、気温 6～7℃</td> </tr> <tr> <td></td> <td>CT03</td> <td>12月19日</td> <td>16:07</td> <td>9 分</td> <td>晴れ、気温 4～6℃</td> </tr> </tbody> </table> <p>図15 ドローン・熱赤外線カメラの撮影画像</p>	カメラ場所	撮影期間	イノシシ撮影時間	出現率	CT01	1,152 時間	4 分	0.006%	CT03	1,152 時間	52 分	0.08%	CT06	816 時間	5 分	0.01%	CT09	816 時間	10 分	0.02%	カメラ	対象地域	日付	開始時刻	撮影時間	気象条件	野外サーモカメラ	CT03	12月18日	15:00 頃	約 150 分	晴れ、気温 6～7℃		CT03	12月19日	14:00 頃	約 150 分	晴れ、気温 4～6℃	カメラ	対象地域	日付	開始時刻	撮影時間	気象条件	ドローン用熱赤外線カメラ	CT03	12月18日	17:20	9 分	晴れ、気温 6～7℃		CT03	12月19日	16:07	9 分	晴れ、気温 4～6℃
カメラ場所	撮影期間	イノシシ撮影時間	出現率																																																							
CT01	1,152 時間	4 分	0.006%																																																							
CT03	1,152 時間	52 分	0.08%																																																							
CT06	816 時間	5 分	0.01%																																																							
CT09	816 時間	10 分	0.02%																																																							
カメラ	対象地域	日付	開始時刻	撮影時間	気象条件																																																					
野外サーモカメラ	CT03	12月18日	15:00 頃	約 150 分	晴れ、気温 6～7℃																																																					
	CT03	12月19日	14:00 頃	約 150 分	晴れ、気温 4～6℃																																																					
カメラ	対象地域	日付	開始時刻	撮影時間	気象条件																																																					
ドローン用熱赤外線カメラ	CT03	12月18日	17:20	9 分	晴れ、気温 6～7℃																																																					
	CT03	12月19日	16:07	9 分	晴れ、気温 4～6℃																																																					

【類型 6 イームズロボティクス株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

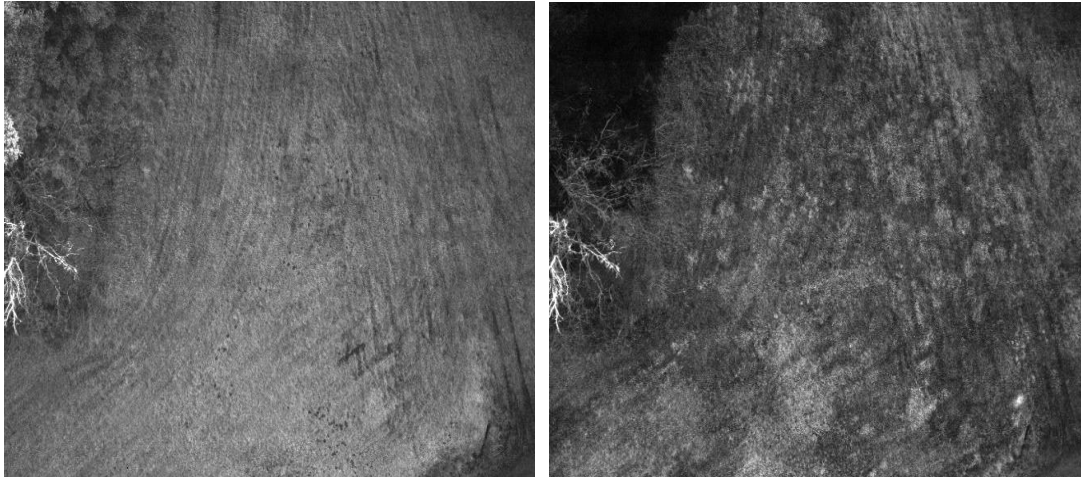
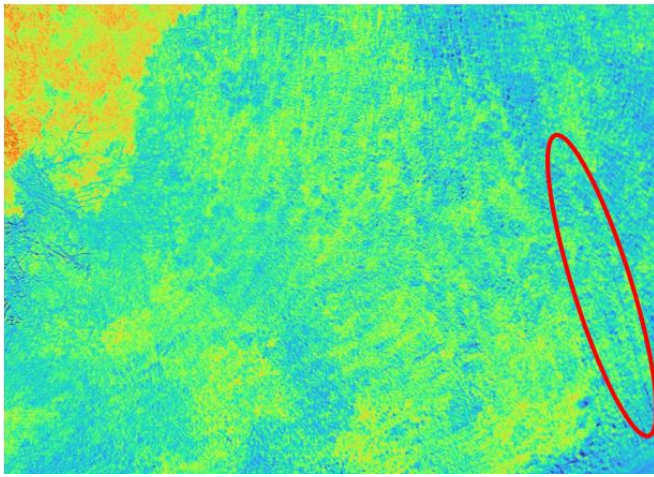
実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	ドローンとマルチスペクトルカメラの適用性検証	<p>CT03ではイノシシの痕跡（残存熱）を撮影できなかったため、別な地点CT09（※6）（図16）の上空からマルチスペクトルカメラによる撮影（1月12日の日差しが出ている時間帯14:00頃）を実施し、近赤外波長域の画像と赤色波長域の画像（図17）からNDVI値分布（図18）を算出した。</p> <p>イノシシの踏み跡のような形状は確認することができなかったが、車両タイヤ痕や農業機械の痕跡と思われる植生変化（図18赤枠）を確認できた。</p> <p>※6 CT03に比して緑草が多く、踏み跡が残りやすい</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>図17 マルチスペクトルカメラ撮影データ（近赤外波長域（左）と赤色波長域（右））</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図18 マルチスペクトルカメラ撮影画像に基づくNDVI値の分布</p> </div> </div>



図16 CT09周辺

【類型6 イームズロボティクス株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果																																					
	<p>熱赤外線カメラの適用範囲の確認</p>	<p>ドローン用熱赤外線カメラ、野外サーモカメラ何れでもイノシシやイノシシの痕跡の撮影ができなかった。このため、人の手のひらの体熱で代替した残存熱、残存時間の計測（※7）を実施し、環境条件（表4・図19）の影響を確認した。</p> <p>※7 緑草、枯れ草、地面に手の平をあてる時間と熱の残存時間を計測</p> <p>1月11日（曇り）に実施した計測結果を表5にまとめた。2秒間（※8）手をあてた場合の残存熱の持続時間では、緑草や地面で10秒程度、枯れ草で20秒程度となった。緑草で接触時間を30秒以上に伸ばしても、持続時間は1分以下であった（図20）。また、1月12日（晴天）での計測では、接触対象の温度が高くなったことから残存熱の識別が困難（図21）となった。</p> <p>体表面から熱が周辺環境（緑草、枯草、地面）に移り残存することは確認できたが、持続時間が短いこと、環境条件の影響が大きいこと、野生動物と自然環境との接触の仕方の違うことなど課題も明らかとなった。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="1345 496 2484 702"> <p>図19 計測撮影環境と対象（左から、計測場所1月11日曇り、1月12日晴天、緑の草むら、枯れ草、露出地面）</p> </div> <div data-bbox="1559 268 2484 488"> <p>表4 野外サーモカメラによる手のひらの残存熱の撮影条件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>カメラ</th> <th>対象地域</th> <th>日付</th> <th>開始時刻</th> <th>撮影</th> <th>気象条件</th> <th>手の平の接触対象</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">野外サーモカメラ</td> <td rowspan="2">南相馬市内 緑草が残る 緑地</td> <td>1月11日</td> <td>10:00頃</td> <td>2秒間隔 静止画撮影</td> <td>曇り、気温 4~5℃</td> <td>緑の草むら、枯れ草、 露出地面</td> </tr> <tr> <td>1月12日</td> <td>10:00頃</td> <td>2秒間隔 静止画撮影</td> <td>晴れ、気温 10℃</td> <td>緑の草むら、枯れ草、 露出地面</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: flex-end; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="573 1011 1686 1249"> <p>図20 手のひらの残存熱の撮影状況（1月11日曇り、緑草、接触時間36秒） 左から接触中、離れた直後、20秒後、52秒後</p> </div> <div data-bbox="1702 1011 2484 1249"> <p>表5 手のひらの熱の残存時間（1月11日実施）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>測定対象</th> <th>手を当てる時間</th> <th>熱の残存時間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">緑の草むら</td> <td>2秒</td> <td>12秒</td> </tr> <tr> <td>36秒</td> <td>52秒</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">枯れ草</td> <td>2秒</td> <td>20秒</td> </tr> <tr> <td>8秒</td> <td>36秒</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">露出地面</td> <td>2秒</td> <td>10秒</td> </tr> <tr> <td>4秒</td> <td>12秒</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div> <div data-bbox="1686 1263 2484 1328"> <p>図21 1月12日晴天での残存熱の撮影状況</p> </div>	カメラ	対象地域	日付	開始時刻	撮影	気象条件	手の平の接触対象	野外サーモカメラ	南相馬市内 緑草が残る 緑地	1月11日	10:00頃	2秒間隔 静止画撮影	曇り、気温 4~5℃	緑の草むら、枯れ草、 露出地面	1月12日	10:00頃	2秒間隔 静止画撮影	晴れ、気温 10℃	緑の草むら、枯れ草、 露出地面	測定対象	手を当てる時間	熱の残存時間	緑の草むら	2秒	12秒	36秒	52秒	枯れ草	2秒	20秒	8秒	36秒	露出地面	2秒	10秒	4秒	12秒
カメラ	対象地域	日付	開始時刻	撮影	気象条件	手の平の接触対象																																	
野外サーモカメラ	南相馬市内 緑草が残る 緑地	1月11日	10:00頃	2秒間隔 静止画撮影	曇り、気温 4~5℃	緑の草むら、枯れ草、 露出地面																																	
		1月12日	10:00頃	2秒間隔 静止画撮影	晴れ、気温 10℃	緑の草むら、枯れ草、 露出地面																																	
測定対象	手を当てる時間	熱の残存時間																																					
緑の草むら	2秒	12秒																																					
	36秒	52秒																																					
枯れ草	2秒	20秒																																					
	8秒	36秒																																					
露出地面	2秒	10秒																																					
	4秒	12秒																																					

【類型 6 イームズロボティクス株式会社】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	技術実証項目	評価結果
	ドローンと熱赤外線カメラの適用性検証	<ul style="list-style-type: none"> ● 熱赤外線カメラを使って、離れた場所や草木の陰であっても、野生動物の体熱の撮影が可能であることは確認できた。 ● ただし、野生動物の痕跡（残存熱）の撮影とそれに基づく「けもの道の探索」が可能かどうか確認できなかった。また、従来方法に比べて精度向上や効率化となるか直接確認できなかった。
	ドローンとマルチスペクトルカメラの適用性検証	<ul style="list-style-type: none"> ● マルチスペクトルカメラを使って、農機ではあるが植生変化を撮影可能であることは確認できた。 ● ただし、野生動物の踏み跡による植生変化の撮影、それに基づく「けもの道の探索」が可能かどうか確認できなかった。 ● 冬季のような草木が枯れた状況では、野生動物の踏み跡か否かの区別がつきにくいことから、マルチスペクトルカメラによる撮影は、植物の生長・繁茂する季節に行うことが望ましい。
	熱赤外線カメラの適用範囲の確認	<ul style="list-style-type: none"> ● 体表面の熱が短時間であっても草や地面に蓄積し残存すること、接触時間が長くなることで残存時間が延びることが確認できた。 ● ただし、残存時間が1分程度であり、ドローン・熱赤外線カメラ撮影による「けもの道の探索」への適用は難しい。 ● 測定条件が、実際の野生動物の移動時の環境とは異なる（周辺の草木の繁茂状況）こと、草や地面の温度が気温や日射に大きく影響されたことなどが、残存時間を短くした可能性もある。 ● 熱赤外線カメラの適用範囲の確認には、以下の条件での検証が課題である。 <ul style="list-style-type: none"> ・ドローン撮影に最低限必要な時間（撮影場所までの最短時間） ・環境条件（気温やけもの道周辺の温度） ・野生動物の出現しやすい時間帯と残存熱を識別しやすい時間帯

【技術実証の結果】

実証の結果分析

(1)「けもの道の探索」の精度向上について

①取得するデータの精度

- ・熱赤外線カメラやマルチスペクトルカメラにより草木の中や遠方の野生動物やその痕跡を目視以上に把握可能と考えられる。
- ・熱赤外線カメラやマルチスペクトルカメラは、人の目では判別が困難な痕跡データ（残存熱や踏み跡）が取得可能であり、有用性は高い。
- ・ただし、これらの撮影データ取得では撮影条件の設定に十分な事前調査（気象条件や時間帯など）が必須である。

②「けもの道の探索」に活用する野生動物の移動痕跡の測定精度

野生動物の移動経路を判定できる痕跡データ取得ができなかった。測定精度の評価には以下のデータ取得が必要である。

- ・移動痕跡に基づく出現場所・時間帯の特定
- ・ドローン撮影を十分に可能とする熱残存時間の把握
- ・けもの道の経路上の植生変化

③従来の測定方法に比べた「けもの道の探索」の精度

- ・ドローン・熱赤外線カメラでは、上空から動物の痕跡を直接撮影するため、野外調査経験が浅くとも経験者と同等の精度を確保できる。

(2)効率化・省人化の効果について

①効率化

- ・従来方法のけもの道の探索に要する時間（10日）が、ドローン用熱赤外線カメラにより3日に短縮、7割程度の効率化が図れる。
- ・従来方法は撮影画像の不鮮明さによる再調査の可能性がある。熱赤外線カメラは熱の撮影のため不鮮明さの影響は少ない。

②省人化

- ・10か所程度の調査では、従来方法の作業人数は4人程度、ドローン用熱赤外線カメラでは1人で可能、7割以上の省人化が図れる。

③移動に関する効果

- ・従来方法では、灌木や草木のある中を5 km～10 kmを長時間歩く必要があるが、ドローン用熱赤外線カメラによる調査ではドローン発着場所までの移動に短縮される。
- ・山中等の長時間・長距離移動が抑制されることで、体力面や人体への危険（熱中症、害虫、植物かぶれ、大型野生動物、豪雨・落雷等）が抑制できる。

【技術実証の結果】

実証の 結果分析

(3)デジタル技術の「けもの道の探索」での実用性について

①適応性と耐久性

- ・使用した各機材は、技術実証期間中を通じて十分な性能と安定的稼働を維持できた。
- ・カタログスペックや過去の活用事例からも動物移動の観測など自然物の特有の状態でも正確な情報取得が可能である。

②データ取得性能

- ・熱赤外線カメラやマルチスペクトルカメラは、人の目で捉えられない痕跡を撮影できるため目視調査以上のデータ取得が可能である。
- ・ドローンを使う動物痕跡追跡技術により、広大かつ複雑な地形など目視では確認しにくい環境下で痕跡データの取得が容易になる。
- ・ただし、樹木が多い森林中でのドローン飛行や暗い場所でのマルチスペクトルカメラ撮影などには、技術的制約がある点に留意する。

③遠隔操作の信頼性

- ・使用したドローンは、スペック上は、風速10m/s、気温0℃から40℃域でも安全に飛行が可能。プログラムによる樹木等の回避設定、電波遮断時の自動帰還、自動離着陸、ウェイポイント飛行、強制着陸指示等の安全機能を持ち、操作の信頼性は高い。

④生態系への影響

- ・使用したデジタル機材や情報収集方法では、頻繁な立入りの回避、車両や重機など不使用、大掛かりな機材の搬入・搬出回避（各機材2kg程度）、軽量かつ落下・衝突防止措置のあるドローン活用、樹木へのカメラ設置に布テープ等の使用、など、自然環境への影響を最小限に抑制可能。