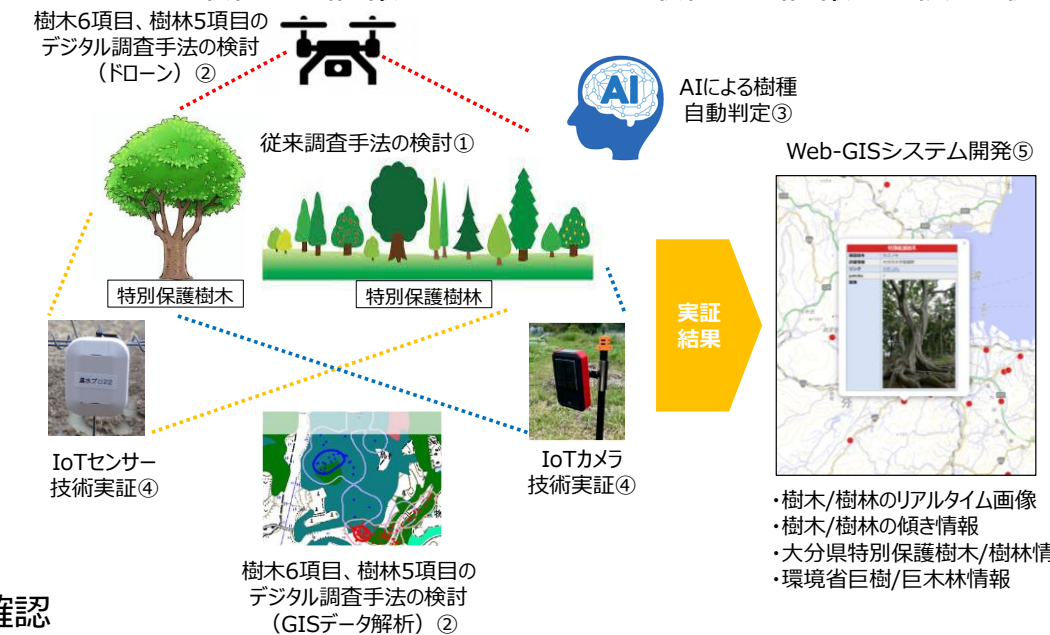


【類型6 アイオーネイチャーラボ株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の概要】

対象業務(法令)	大分県環境緑化条例第23条に係る実地調査
実証の全体像	<p>大分県環境緑化条例第23条に係る実地調査では、保護樹木や保護樹林の指定又は保全その他緑化に関し、貴重な樹木等の保護を図るため、樹木の状態（高さ、樹齢、幹回りの寸法等）や樹林を構成する樹種等について、現地に立ち入って調査がなされている。そこで本実証では、保護樹木や保護樹林の指定等に係る実地調査について、以下①～⑤の各手法を通じて、動植物の個体群又は群集若しくは群落の生息状態又は生育状態について、カメラやセンサー等の遠隔操作により情報を取得するとともに、取得した情報について、過去に取得した情報と比較し、状況変化の検出を自動で行う。</p> <p>①従来調査手法の検討：デジタル手法との比較検討のため、大分県環境緑化条例に基づき指定している4か所（特別保護樹木2か所及び特別保護樹林2か所）において、人による樹木・樹林の毎木調査・目視確認を実施</p> <p>②樹木・樹林指定の際のデジタル調査手法の検討：ドローンによるレーザ測量・高解像度撮影画像の解析及びGIS解析によるデジタル代替可能か確認</p> <p>③AIによる樹種自動判定：ドローン等で取得した測量結果や画像を用い、汎用型Web-AIによる樹種自動判別システムを構築可能か確認</p> <p>④IoTセンサー及びカメラ技術実証：低コストなIoTセンサー、IoTカメラによって遠隔地からの樹木(樹林)確認及び継続監視可能か確認</p> <p>⑤Web-GISシステム開発：センサー、カメラ情報をWeb-GIS（ウェブ公開マップ）を活用して、防災、観光資源等にも多面的に活用可能か確認</p> 
実施体制	<ul style="list-style-type: none"> アイオーネイチャーラボ株式会社：実証事業の運営、報告書等取り纏め、IoTセンサー技術実証 九州電力株式会社：ドローン調査、Qsol株式会社（九州電力からの再委託先）：広葉樹AI樹種自動判定手法開発 株式会社セレス：従来調査手法検討、GISデータ等解析・評価 MSR合同会社：IoTカメラ技術実証 株式会社プルスコンサルティング：Web-GISシステム開発、葉によるAI樹種解析
実施期間	<ul style="list-style-type: none"> 令和5年10月17日から令和6年1月31日

【類型 6 アイオーネイチャーラボ株式会社】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
	<ul style="list-style-type: none">従来調査手法の検討	<ul style="list-style-type: none">デジタル手法との比較検討のため、大分県環境緑化条例に基づく特別保護樹木及び樹林のうち4か所において、人による樹木・樹林の毎木調査・目視確認を実施
	<ul style="list-style-type: none">樹木・樹林指定の際のデジタル調査手法の検討	<ul style="list-style-type: none">ドローンによるレーザ測量・高解像度撮影画像の解析により、樹木3項目と樹林5項目のデジタル代替可能か確認GIS解析による樹木3項目のデジタル代替可能か確認
	<ul style="list-style-type: none">AIによる樹種自動判定	<ul style="list-style-type: none">ドローンによるレーザ測量・高解像度撮影画像を用いてAIによる樹種自動判別システム構築可能か確認ドローンによる高解像度撮影画像及び地上からの撮影画像等を用いて、汎用型Web-AIシステムによる5種樹木の葉による樹種判別可能か確認
	<ul style="list-style-type: none">IoTセンサー及びカメラ技術実証	<ul style="list-style-type: none">傾きを検知できるIoTセンサーを対象樹木に設置して、一定時間ごとに送信されるデータを親機にて受信、携帯電波を通じてインターネット接続、無料レンタルサーバーにて受信して可視化可能か確認対象樹木をIoTカメラで一定時間毎に撮影し、画像をインターネット上のWebサーバーに送信、保存することで、遠隔地から対象樹木の状況を可視化可能か確認
	<ul style="list-style-type: none">Web-GISシステム開発	<ul style="list-style-type: none">静的な空間データ（ポイントとポリゴン）と動的フィールドで収集されたデータ（IoTカメラとIoTセンサー）の両方をブラウザベースの対話型マップシステムで表示するWeb-GISを開発可能か確認国土地理院のオンラインタイルデータの標準地形図及び航空画像を背景データとして使用して位置確認に活用可能か確認

【類型 6 アイオーネイチャーラボ株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の詳細】

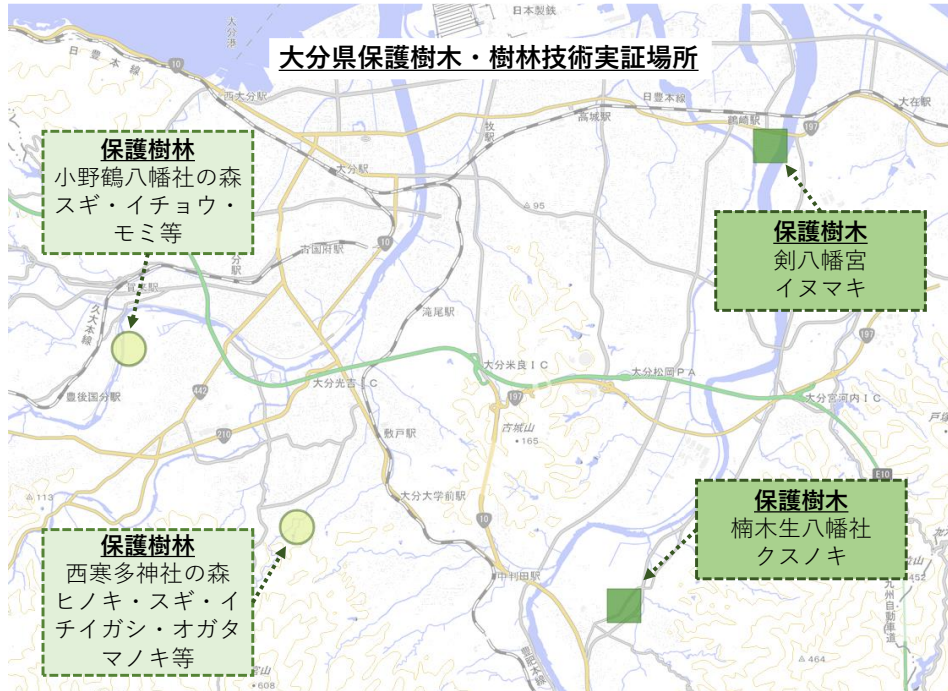
実証場所	<ul style="list-style-type: none"> 保護樹木2カ所（楠木生八幡社のクスノキ、剣八幡宮のイヌマキ）、保護樹林2カ所（小野鶴八幡社内樹林0.9ha、西寒多神社内樹林1.5ha）
-------------	--

現地実証スケジュール

	10/30(月)		10/31(火)		11/1(水)		11/2(木)		11/3(金)~5(日)	
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM
楠木生八幡社 [樹木]		■	■				■	■		
剣八幡宮 [樹木]				■			■	■		
小野鶴八幡社 [樹林]			■	■	■	■				
西寒多神社 [樹林]					■	■	■	■		

■ ドローン(九電) ■ IoT(IoNL,MSR,プレース) ■ 従来手法(セレス)

※作業内容
 ドローン(九電)：ドローンによるレーザー測量・高解像度画像の撮影
 IoT(IoNL,MSR,プレース)：センサー、カメラの設置及び葉によるAI判別のトレーニング画像撮影
 従来手法(セレス)：人による樹木・樹林の毎木調査・目視確認を実施



ドローンレーザー測量作業



3軸加速度
センサー内蔵IoT



IoT
カメラ



作業工数推定用調査

【類型 6 アイオーネイチャーラボ株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の詳細】

- | | |
|------|---|
| 実証場所 | ・ アイオーネイチャーラボ株式会社（千葉県市川市市内）関係者一般住宅内樹木とMSR合同会社（兵庫県川西市黒川農地）によるIoTセンサー及びカメラの継続観測 |
|------|---|



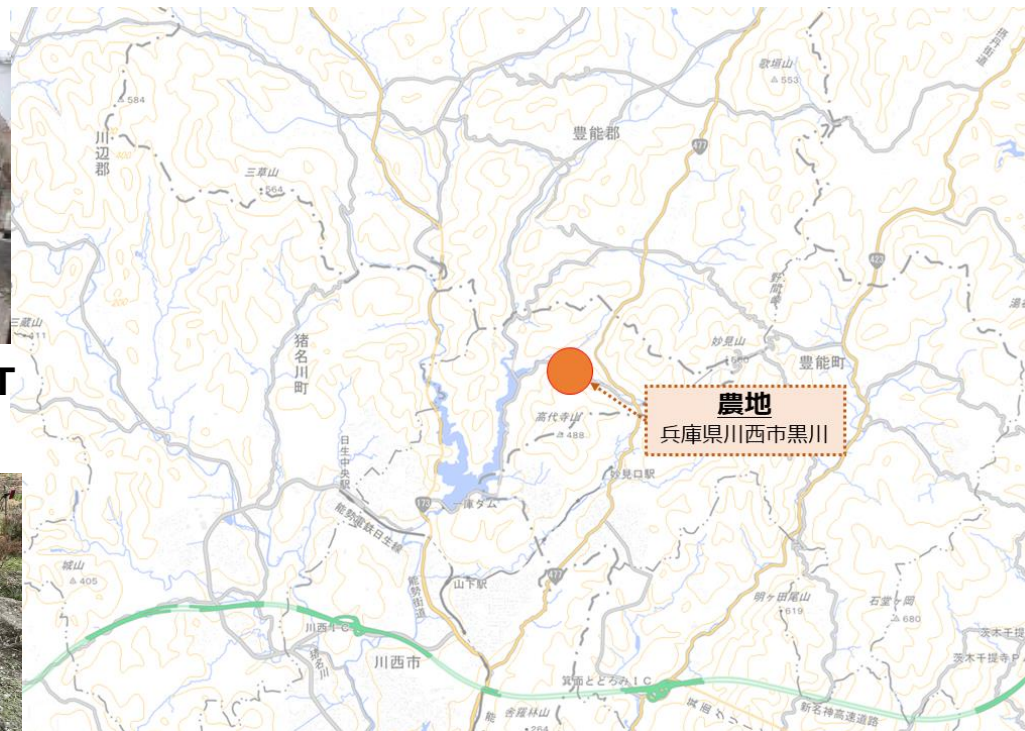
IoTセンサー継続観測技術実証場所



3軸加速度センサー内蔵IoT



IoTカメラ



IoTカメラ継続観測技術実証場所

【技術実証の詳細】

実施条件

- 厳しい環境下での精度維持
厳しい環境（広大、極寒、積雪、粉じん、悪天候下、通信環境制限等）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ことが求められていたところ、「広大」に関しては樹林面積が大きい西寒多神社にて検証できた。
また、IoT機器による保護樹木等の傾きの監視は、雨天等含む気象条件下で実施するため、子機及び親機ともに防水には十分注意して実証を実施した。
その他の極寒、積雪、粉じん、悪天候下、通信環境制限等における条件下については、本実証では検証できなかったが、気温低下によるバッテリー不良、水分や粉じんのドローン内部侵入による飛行停止等のリスクが考えられる。なお、ドローンは強風や大雨でのフライトは困難であることから、比較的安定した気象条件にてフライトを実施する予定としていたが、結果的に、好天、微風の条件下で技術実証を実施している。
- 自然環境に配慮した機材・収集方法
自然環境（特に生物）への影響に配慮したデジタル機材や情報収集方法については、人による現地調査では樹林内に入る必要があり、生物への影響が少なからず存在するが、ドローンにより樹林内に入ることなく調査が可能なることから、十分に配慮した方法といえる。但し、ドローンの落下や飛行時の樹木への接触等、配慮するとともに、使用するドローン等の性能やサイズ（規格）の選定に際しては、ドローンに搭載する機器の重量に対応しつつ、軽量のドローンを選定した。
- 正確性を確保した機材・収集方法
広大な面積、複雑な地形、見通しが悪い森林や暗所、動物移動の観測等自然物の特有の状態でも取得する情報の正確性を確保することが可能なデジタル機材や情報収集方法とすることも求められていたところ、厳しい環境下での精度維持と同様に、樹林面積が大きい西寒多神社にて検証することができた。

【技術実証の結果】 ①従来調査手法の検討

結果の評価の観点	従来から実施している手法の評価ポイント等を以下に示す。	
結果の評価のポイント・方法	特別保護樹木	
	歴史的価値・学術的価値	推定樹齢100年以上、貴重なみどりとしての残存価値[資料調査]
	文化的価値	県民に広く親しまれる、由緒由来がある[資料調査]
	景観的価値	地域のシンボル、景観に優れる[現地調査]
	胸高周囲	特別保護樹木の選定基準に沿う[現地調査]
	持続性	適切な管理が持続的に行われる見込み[現地調査]
	将来性	健康状態が良好[現地調査]
	特別保護樹林	
	集団的緑地保全価値	市街地周辺にあり、保全する必要がある樹林[資料調査・現地調査]
	樹林面積500㎡以上	樹林をなす区域面積[資料調査]
	樹林占有率60%以上	区域面積に対する樹林の占有率[資料調査]
	立木密度300本/ha以上	樹林部における立木密度[現地調査]
	中高木平均胸高直径25cm以上	樹林内の中高木の平均標高直径[現地調査]

【技術実証の結果】 ①従来調査手法の検討



実証の 実施結果	実証結果
	<p>特別保護樹木（楠木生八幡社のクスノキ、剣八幡宮のイヌマキ）については、6項目について評価を実施し、選定基準をほぼ満たしていた。ただ、持続性や将来性については、今後の維持管理に改善点があることや樹勢の衰えもみられた。</p> <p>特別保護樹林（小野鶴八幡社内樹林0.9ha、西寒多神社内樹林1.5ha）では、5項目について評価を実施し、特別保護樹林の選定基準をほぼ満たしていることがわかった。</p> <div data-bbox="754 615 2270 1182"></div> <p data-bbox="1319 1196 1658 1239">従来調査作業風景</p>

【技術実証の結果】 ② 樹木・樹林指定の際のデジタル調査手法

結果の評価の観点	特別保護樹木のデジタル調査手法での評価ポイント等を以下に示す		
結果の評価のポイント・方法	デジタル評価手法の評価ポイント・方法（GIS）		
		評価項目	評価ポイント・方法
	特別保護樹木	歴史的価値・学術的価値	<ul style="list-style-type: none"> ・現地調査や資料調査と同等の情報を得ることができるか ・従来手法と比較して安全か ・従来手法より低いコストで実現できるか
		文化的価値	
		持続性	
	デジタル評価手法の評価ポイント・方法（ドローン）		
		評価項目	評価ポイント・方法
	特別保護樹木	景観的価値	<ul style="list-style-type: none"> ・広大、ドローン運航規程内での風速下でも、樹木の高さ、幹回りの寸法、健康状態等や樹林を構成する樹種、樹林の占有率を正確に取得できるか ・50cm単位での木の高さの判別、5cm単位での木の太さの判別、葉の有無の識別、枯れた状態（緑と茶色の識別等）の識別等が可能な画像データが得られるか
		胸高周囲	
		将来性	
特別保護樹林	集団的緑地保全価値	<ul style="list-style-type: none"> ・従来手法と比較して安全か（デジタル技術の活用により、樹木等に悪影響を及ぼしていないか） ・従来手法より低いコストで実現できるか ・広大な面積、複雑な地形、見通しが悪い森林や暗所など自然物特有の状態でも、樹木の状態（高さ、樹齢、幹回りの寸法等）を、ドローンにより、従来手法より正確に取得できるか 	
	樹林面積500m ² 以上		
	樹林占有率60%以上		
	立木密度300本/ha以上		
	平均胸高直径25cm以上		

【類型 6 アイオーネイチャーラボ株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】 ② 樹木・樹林指定の際のデジタル調査手法 (GIS)

実証の実施結果	評価項目	実証結果
	特別保護樹木 歴史的価値・学術的価値	<p>巨樹巨木林調査(環境省)データを地理院地図にのせて、対象樹木の有無を確認した結果、2地点ともデータに含まれていることを確認した。</p>  <p>GIS登録状況 (剣八幡宮イヌマキ)</p>
	特別保護樹木 文化的価値	<p>対象樹木から半径100m以内の寺社の有無を確認した結果、2地点とも半径100m以内に存在することを確認した。</p>  <p>剣八幡宮イヌマキから半径100mのバッファ</p>

【技術実証の結果】 ② 樹木・樹林指定の際のデジタル調査手法（ドローン）

実証の実施結果	評価項目	実証結果													
	特別保護樹木 景観的価値	<p>保護樹木の3D画像を作成し、保護樹木が2地点とも神社のシンボリックな存在となっていることを確認した。</p> <table border="1" data-bbox="1116 486 1447 708"> <thead> <tr> <th>保護樹木</th> <th>判定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>楠木生八幡神社 クスノキ</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>剣八幡宮 イヌマキ</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table>		保護樹木	判定	楠木生八幡神社 クスノキ	○	剣八幡宮 イヌマキ	○						
保護樹木	判定														
楠木生八幡神社 クスノキ	○														
剣八幡宮 イヌマキ	○														
	特別保護樹木 胸高周囲	<p>保護樹木の3D点群を作成し、その3D点群から胸高周囲を算出し、2地点とも基準を上回っていることを確認した。</p> <table border="1" data-bbox="1116 915 1768 1136"> <thead> <tr> <th>保護樹木</th> <th>胸高周囲</th> <th>判定</th> <th>基準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>楠木生八幡神社 クスノキ</td> <td>12.3m</td> <td>○</td> <td>3.0m以上</td> </tr> <tr> <td>剣八幡宮 イヌマキ</td> <td>2.7m</td> <td>○</td> <td>2.0m以上</td> </tr> </tbody> </table>		保護樹木	胸高周囲	判定	基準	楠木生八幡神社 クスノキ	12.3m	○	3.0m以上	剣八幡宮 イヌマキ	2.7m	○	2.0m以上
保護樹木	胸高周囲	判定	基準												
楠木生八幡神社 クスノキ	12.3m	○	3.0m以上												
剣八幡宮 イヌマキ	2.7m	○	2.0m以上												






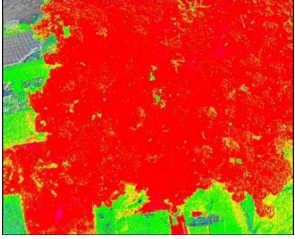
3D画像（楠木生八幡神社）





樹木3D点群（楠木生クスノキ）

【類型 6 アイオーネイチャーラボ株式会社】技術実証 最終報告サマリー


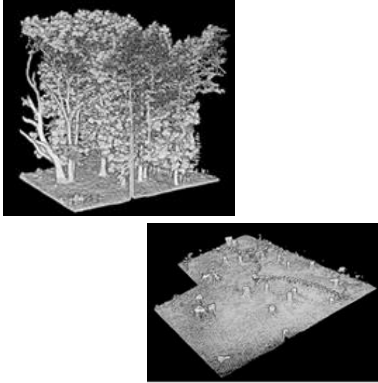
【技術実証の結果】 ② 樹木・樹林指定の際のデジタル調査手法（上段GIS、下段ドローン）

実証の実施結果	評価項目	実証結果						
	特別保護樹木 持続性	<p>過去と現在の空中写真を比較し、樹木と周辺状況の変化から、持続性を評価した。</p> <p>楠木生八幡社では、樹木の伐採等の形跡は見られず、持続性が高いと判断した。</p> <p>剣八幡宮では本殿周囲の樹木が伐採された形跡があったため、持続性が低いと判断した。</p> <table border="1" data-bbox="1174 644 1510 868"> <thead> <tr> <th>保護樹木</th> <th>判定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>楠木生八幡神社 クスノキ</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>剣八幡宮 イヌマキ</td> <td>×</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <div style="text-align: right;">1974~1978</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <div style="text-align: right;">2020</div> </div>	保護樹木	判定	楠木生八幡神社 クスノキ	○	剣八幡宮 イヌマキ	×
保護樹木	判定							
楠木生八幡神社 クスノキ	○							
剣八幡宮 イヌマキ	×							
	特別保護樹木 将来性	<p>保護樹木のNDVIを測定し、光合成の活性度から、2地点とも健康状態に問題がないことを確認した。</p> <table border="1" data-bbox="1174 1072 1510 1296"> <thead> <tr> <th>保護樹木</th> <th>判定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>楠木生八幡神社 クスノキ</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>剣八幡宮 イヌマキ</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; margin-top: 10px;">   </div> <p style="text-align: center; margin-top: 5px;">可視画像 NDVI画像 楠木生クスノキ</p>	保護樹木	判定	楠木生八幡神社 クスノキ	○	剣八幡宮 イヌマキ	○
保護樹木	判定							
楠木生八幡神社 クスノキ	○							
剣八幡宮 イヌマキ	○							


【技術実証の結果】 ② 樹木・樹林指定の際のデジタル調査手法（ドローン）

実証の実施結果	評価項目	実証結果											
	特別保護樹林 集团的緑地保全価値	<p>保護樹林のオルソ（正射投影）画像を作成し、樹林の周辺状況を確認から 2地点とも緑地として保全する価値があると評価。</p> <table border="1" data-bbox="1156 549 1493 709"> <thead> <tr> <th>保護樹木</th> <th>判定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>小野鶴八幡神社</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>西寒多神社</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table>  <p>オルソ画像（小野鶴八幡神社）</p>	保護樹木	判定	小野鶴八幡神社	○	西寒多神社	○					
保護樹木	判定												
小野鶴八幡神社	○												
西寒多神社	○												
	特別保護樹林 区域面積500㎡以上	<p>保護樹林のオルソ画像から樹林の区域面積を抽出した結果、2地点とも区域面積が500㎡以上あることを確認した。</p> <table border="1" data-bbox="1156 1015 1842 1175"> <thead> <tr> <th>保護樹林</th> <th>区域面積</th> <th>判定</th> <th>基準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>小野鶴八幡神社</td> <td>15,605㎡</td> <td>○</td> <td rowspan="2">500㎡以上</td> </tr> <tr> <td>西寒多神社</td> <td>26,436㎡</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table>  <p>区域面積（小野鶴八幡神社）</p>	保護樹林	区域面積	判定	基準	小野鶴八幡神社	15,605㎡	○	500㎡以上	西寒多神社	26,436㎡	○
保護樹林	区域面積	判定	基準										
小野鶴八幡神社	15,605㎡	○	500㎡以上										
西寒多神社	26,436㎡	○											

【技術実証の結果】 ② 樹木・樹林指定の際のデジタル調査手法（ドローン）

実証の実施結果	評価項目	実証結果																	
	特別保護樹林 樹林占有率60%以上	<p>保護樹林のオルソ画像から樹林の占有面積を抽出した結果、2地点とも保護樹林の占有率が60%以上あることを確認した。</p> <table border="1" data-bbox="1116 525 1867 775"> <thead> <tr> <th>保護樹林</th> <th>区域面積 (赤枠)</th> <th>占有面積 (青枠)</th> <th>占有率</th> <th>判定</th> <th>基準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>小野鶴八幡神社</td> <td>15,605㎡</td> <td>14,228㎡</td> <td>91.2%</td> <td>○</td> <td rowspan="2">60%以上</td> </tr> <tr> <td>西寒多神社</td> <td>26,436㎡</td> <td>18,492㎡</td> <td>70.0%</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table>  <p>区域/占有面積 (小野鶴八幡神社)</p>	保護樹林	区域面積 (赤枠)	占有面積 (青枠)	占有率	判定	基準	小野鶴八幡神社	15,605㎡	14,228㎡	91.2%	○	60%以上	西寒多神社	26,436㎡	18,492㎡	70.0%	○
	保護樹林	区域面積 (赤枠)	占有面積 (青枠)	占有率	判定	基準													
小野鶴八幡神社	15,605㎡	14,228㎡	91.2%	○	60%以上														
西寒多神社	26,436㎡	18,492㎡	70.0%	○															
特別保護樹林 立木密度300本/ha以上	<p>保護樹林の3D点群を作成し、調査区画内の樹木数を算出。 調査区画内の樹木数をhaあたりの樹木数に換算し、2地点とも立木密度が300本/ha以上あることを確認した。</p> <table border="1" data-bbox="1116 1086 1803 1243"> <thead> <tr> <th>保護樹林</th> <th>立木密度</th> <th>判定</th> <th>基準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>小野鶴八幡神社</td> <td>490本/ha</td> <td>○</td> <td rowspan="2">300本/ha以上</td> </tr> <tr> <td>西寒多神社</td> <td>1,050本/ha</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table>  <p>3D点群 (小野鶴八幡神社)</p>	保護樹林	立木密度	判定	基準	小野鶴八幡神社	490本/ha	○	300本/ha以上	西寒多神社	1,050本/ha	○							
保護樹林	立木密度	判定	基準																
小野鶴八幡神社	490本/ha	○	300本/ha以上																
西寒多神社	1,050本/ha	○																	

【技術実証の結果】 ②樹木・樹林指定の際のデジタル調査手法（ドローン）

実証の実施結果	評価項目	実証結果											
	特別保護樹林 平均胸高直径25cm以上	<p>保護樹林の3D点群を作成し、樹林内の各樹木の胸高直径を算出。 各樹木の胸高直径の平均を算出し、2地点とも平均胸高直径が25cm以上あることを確認した。</p> <table border="1" data-bbox="1133 554 1775 739"> <thead> <tr> <th>保護樹林</th> <th>平均胸高直径</th> <th>判定</th> <th>基準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>小野鶴八幡神社</td> <td>46cm</td> <td>○</td> <td rowspan="2">25cm以上</td> </tr> <tr> <td>西寒多神社</td> <td>45cm</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table>  <p>胸高直径（小野鶴八幡神社）</p>	保護樹林	平均胸高直径	判定	基準	小野鶴八幡神社	46cm	○	25cm以上	西寒多神社	45cm	○
保護樹林	平均胸高直径	判定	基準										
小野鶴八幡神社	46cm	○	25cm以上										
西寒多神社	45cm	○											

【技術実証の結果】 ②樹木・樹林指定の際のデジタル調査手法（GIS）

実証の 評価結果	評価ポイント・方法	評価結果	コメント
	現地調査や資料調査と同等の情報を得ることができるか	△	・現地の管理状況などGISのデータからでは読み取れない情報もある
	従来手法と比較して安全か	○	・現地調査の必要が無く、安全である
	従来手法より低いコストで実現できるか	○	・GISを利用できるPCとインターネット環境があれば作業可能であり、作業時間も短縮できる

【技術実証の結果】 ② 樹木・樹林指定の際のデジタル調査手法（ドローン）

実証の 評価結果	評価ポイント・方法	評価結果	コメント
	広大、ドローン運航規程内での風速下でも、樹木の高さ、幹回りの寸法、健康状態等や樹林を構成する面積樹種、樹林の占有率を正確に取得できるか	○	<ul style="list-style-type: none"> ・広大、ドローン運航規程内の風速下でも、ドローン撮影・測量により、樹木の状態（樹木全体、幹回り寸法、健康状態）や樹林の状態（景観、占有面積、立木密度等）を正確に取得できる ・5cm単位のデータ精度で、樹木の高さや幹回りの太さを取得できる ・葉の有無や枯れた状態の識別が可能な画像を得られる
	50cm単位での木の高さの判別、5cm単位での木の太さの判別、葉の有無の識別、枯れた状態（緑と茶色の識別等）の識別等が可能な画像データが得られるか	○	
	広大な面積、複雑な地形、見通しが悪い森林や暗所など自然物特有の状態でも、樹木の状態（高さ、樹齢、幹回りの寸法等）や樹林を構成する樹種等を、ドローンにより、従来手法より正確に取得できるか	○	
	従来手法と比較して安全か（デジタル技術の活用により、樹木等に悪影響を及ぼしていないか。）	○	
	従来手法より低いコストで実現できるか	×	

【技術実証の結果】 ③AIによる樹種自動判定

結果の評価の観点	点群データによる樹種自動判定、葉画像による樹種自動判定の2項目については、評価のポイントは以下の通り。
結果の評価のポイント・方法	<ul style="list-style-type: none">ドローン等を用いて取得した画像や点群データから樹種の自動判定を精度よく行える技術であるか（具体的には、実運用可能と思われる正解率80%以上（誤差20%以下）で樹林を構成する広葉樹種自動判定ができるか）かかる工数等も踏まえ、従来手法より低いコストで実現できるか

【技術実証の結果】 ③AIによる樹種自動判定（点群データによる樹種自動判定）

実証の 実施結果

- ・イチイガシ5本、その他樹種109本に対してAIによる樹種自動判定を実施し、正解率は49.1%。**自動判定可能と評価する80%に未達。**
- ・イチイガシを見逃すことはなかったものの、過剰にイチイガシと判定する傾向を示した

【内訳】

- ・西寒多神社：イチイガシ5本、その他樹種50本
- ・小野鶴神社：イチイガシ0本、その他樹種59本

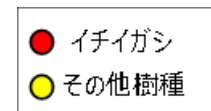
樹種	実数 [本]	AIによる判定結果[本]		再現率 [%]
		イチイガシ	その他	
イチイガシ	5	5	0	100
その他	109	58	51	46.9
適合率[%]		7.9	100	正解率 49.1%



西寒多神社



小野鶴神社



※図はいずれもAIによる判定結果

【技術実証の結果】 ③AIによる樹種自動判定（点群データによる樹種自動判定）

実証の評価結果	評価ポイント・方法	評価結果	コメント
	・誤差20%以下で樹林を構成する樹種、樹林の占有率の計測に基づく自動判定ができたか	×	・自動判定結果は、正解率が49.1%で、80%（誤差20%以下）に未達
	・従来手法より低いコストで実現できるか	×	・開発コストおよび精度向上に伴うコストが必要

実証の結果分析	
	<p>・イチイガシ（広葉樹）のAI樹種自動判定は、再現率は100%でイチイガシを見逃すことはなかったが、適合率は7.9%で、誤検知の多いモデルとなった。針葉樹は樹頂点や葉の形状の特徴がはっきりしているため、樹冠画像から自動判定を行いやすいが、広葉樹は樹頂点や葉の形状の見分けが難しいため、今回のような結果になったと推察される。</p> <p>・実フィールドで使用できる精度ではないため、イチイガシのAI樹種自動判定の精度向上が必要。精度を向上させる方策として以下が考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① イチイガシの精度向上 <ul style="list-style-type: none"> - イチイガシの学習データや検証データを増やす ② その他樹種の精度向上 <ul style="list-style-type: none"> - その他樹種が1ラベルなので、その他樹種を数ラベルに増やす - イチイガシ以外の広葉樹種の教師データを整備 <p>・コスト面では、開発コストおよび精度向上に伴うコストが必要。</p>

【技術実証の結果】 ③AIによる樹種自動判定（葉画像からの樹種自動判定）

実証の 実施結果

外部ソースから取得した一連のテスト画像を使用し、学習（トレーニング）したモデルの精度を検証した。

葉画像（各樹種でトレーニング用に100枚前後、テスト用に10枚前後用意）からの樹種認識テスト結果

テスト画像 ソース	学習した樹木種類	識別された 樹木種類	テスト画像の 信頼度[%]	評価結果
ウィキペディア、他	イチョウ (ginkgo-biloba)	イチョウ	93%	信頼度80%以上達成
ウィキペディア、他	カヤ (Japanese-yew)	カヤ	53%	信頼度80%未達
ウィキペディア、他	クスノキ(camphor)	主にカヤ	0%※	※主にカヤに誤認
ウィキペディア、他	イヌマキ (yew plum pine)	主にカヤ	0%※	※主にカヤに誤認
ウィキペディア、他	モミジ (maple)	モミジ	85%	信頼度80%以上達成

信頼度は、トレーニング画像の品質を示している（※）。本実証では、「イチョウ」及び「カエデ」は優れた画像を持っていたためテストの結果が高かった(93%、85%)。「クスノキ」、「イヌマキ」は、画像の品質が不鮮明等のため「カヤ」と誤認してしまった。

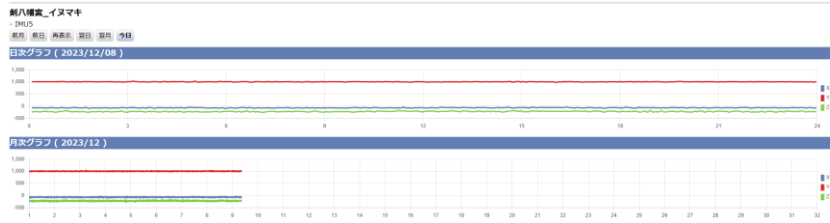

※信頼度は、それぞれの葉に対して算出される適合度の、各樹種における平均値。
適合度は、Tensorflow/Kerasソフトウェアによって自動的に算出されている。

【技術実証の結果】 ③AIによる樹種自動判定（葉画像からの樹種自動判定）

実証の 評価結果	評価ポイント・方法	評価結果	コメント
	<ul style="list-style-type: none"> 誤差20%以下で樹林を構成する樹種、樹林の占有率の計測に基づく自動判定ができたか 	△	<ul style="list-style-type: none"> 自動判定結果は、信頼度が53～93%にわたり、3つの内、2つの樹種で80%を達成。ただし、正解率とは異なる指標であることに留意が必要。
	<ul style="list-style-type: none"> 従来手法より低いコストで実現できるか 	○	<ul style="list-style-type: none"> オープンソース利用のため、手法及びシステムが確立できれば低コスト化が可能
実証の 結果分析	<ul style="list-style-type: none"> 精度面では、クスノキとイヌマキをWeb-AIモデルに学習させた際に、その特徴がカヤと似てしまったことが原因と考えられる。AI自動判定の精度を向上させるには、葉の特徴を明確に学習させるために、撮影角度や方向を変える、色を認識させるために明るい環境下で撮影する、紅葉する場合には、時期を変えて撮影する等の工夫が必要といえる。 コスト面では、鮮明な画像をいかに効率的に多数取得できるかが課題である。コストを抑えるための手法として、市民や学生等から画像取得をクラウドソーシングすること等も考慮する必要がある。 		

【技術実証の結果】 ④ センサー、カメラによる継続監視の検討

結果の評価の観点	<ul style="list-style-type: none">低コストで安定的に樹木等の確認及び継続監視が可能か。
結果の評価のポイント・方法	<ul style="list-style-type: none">インターネット接続する際に途切れないなど円滑な通信が可能か。通信会社に制約されずに操作可能か。樹木の傾き等の状況変化を自動検出できるか。樹木等に悪影響を及ぼしていないか。従来手法より低いコストで実現できるか。自然物特有の状態でも安定的なデータ取得が可能か。

実証の実施結果	<ul style="list-style-type: none">樹木傾きデータ(IoTセンサー)及び画像データ(IoTカメラ)を定期的に自動取得し、インターネット送信・保存できた。 <div data-bbox="1065 839 1890 1059"></div> <p style="text-align: center;">IoTセンサー樹木傾き検知データ例</p> <div data-bbox="1956 753 2288 1059"></div> <p style="text-align: center;">IoTカメラ樹木画像データ例</p>
---------	---

【技術実証の結果】 ④センサー、カメラによる継続監視の検討

実証の 評価結果	<ul style="list-style-type: none">IoTセンサー：12台中2台に一時異常値が発生が概ね正常に稼働。異常値発生機器は、製造元にて無料交換可能。IoTカメラ：12台中8台が実証終了時まで正常に稼働。データ送受信親機：4台全てが一斉停止(メンテナンス実施して対応)、その後は4台中3台が実証終了時まで正常に稼働。以上の結果から、評価のポイントである「インターネット接続する際に途切れないなど円滑な通信が可能か」、「通信会社に制約されずに操作可能か」、「樹木の傾き等の状況変化を自動検出できるか」、「樹木等に悪影響を及ぼしていないか、従来手法より低いコストで実現できるか」、「自然物特有の状態でも安定的なデータ取得が可能か」は達成可能と考えられる。
実証の 結果分析	<ul style="list-style-type: none">本技術を1年間運用する、また従来手法を年間8回以上実施すると仮定した場合、本技術の方が低コスト。樹木等の継続監視に活用可能。一部機器の停止は携帯電話回線の通信障害（停止直前のデータ送信状況を確認することにより判断）及びソーラーパネルの発電電力量不足（停止時の電源電圧を確認することにより判断）によるもの。

【技術実証の結果】 ⑤ Web-GISシステム技術実証の評価ポイント・方法

結果の評価の観点	<ul style="list-style-type: none"> Web-GISがスムーズに作動し、IoTセンサーやカメラのデータを画面上に簡単に表示できたか。
結果の評価のポイント・方法	<ul style="list-style-type: none"> 評価ポイントは、IoTセンサーとカメラのデータをリアルタイムに表示できるかどうか、保護樹木、樹林のデータ及び環境省の巨樹・巨木林のデータと合わせて表示されることで、観光振興等に活用可能かどうかとする。

<p>実証の実施結果</p>	<ul style="list-style-type: none"> Web-GISシステムのデモンストレーションを実行し 計画どおりに機能した。アクセスURLは以下の通りである（2024年1月31日時点）。 https://yd8g45vxph.s3.amazonaws.com/index.html <div data-bbox="741 882 843 911" data-label="Section-Header"> <p>記号説明</p> </div> <div data-bbox="741 939 1166 1143" data-label="List-Group"> <ul style="list-style-type: none"> [1] ポップアップダイアログバナー [2] 属性名 [3] 属性データ [3a] センサー 外部 URL [3b] カメラ 外部 URL [4] IoTカメラのライブフィード(10分毎)画像 [5] アクティブレイヤーを表示の地物 </div> <div data-bbox="741 1168 1166 1225" data-label="Text"> <p>クリックすると、[3a] および [3b] の外部リンクが Webブラウザの新しいタブで開く</p> </div> <div data-bbox="741 1268 1363 1306" data-label="Text"> <p>Web-GISポップアップダイアログ – 詳細情報</p> </div> <div data-bbox="1421 739 2160 1320" data-label="Image"> </div>
-----------------------	---

【技術実証の結果】 ⑤Web-GISシステム結果及び評価・分析

実証の 評価結果	評価ポイント・方法	評価結果	コメント
	・IoTセンサーとカメラのデータをリアルタイムに表示できるかどうか	○	・接続停止等発生せず、リアルタイムに表示できた
	・保護樹木、樹林のデータ及び環境省の巨樹・巨木林のデータと合わせて表示されることで、観光振興等に活用可能かどうか	○	・パソコンではわかりやすく表示することができた。今後、スマートフォン等でわかりやすく利用出来るように、プログラミング修正等が必要と考えられる。
	<p>今後の展望</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 災害監視では、地滑りやその他の自然災害が発生しやすい地域の既存の既存(街灯柱や電柱)、道路沿い、橋の近く、または近隣に新しく設置されたインフラストラクチャ設置しておけば良い。自然災害による変化がないかそれらの構造物や地域の変化等監視することができ、データは地方自治体や県当局が閲覧することができる。 2. 不法投棄が行われている地域にIoTカメラを設置し、活動を監視する等に使用することは可能である。 3. 観光関連のモニタリングでは、IoTカメラを観光地に設置し、特定のエリアや通りの観光客の数をモニタリングすることは可能である。観光客はデータを閲覧することで、観光地のリアルタイムの様子や観光スポットの混雑状況を知ることができる。法執行機関は地方自治体や県当局とともにこれらのスポットを監視し、群衆規制の緩和を強化する必要があるかどうかを判断できる。しかし、個人情報保護法等の兼ね合いも勿論考慮しなければならないと考えられる。 		

【技術実証の結果】 樹木・樹林指定の際の従来手法とデジタル調査手法の比較（まとめ）

調査方法の比較

- ・デジタル手法が従来手法に対して、データ精度（信頼性）、安全性、コストの面で比較した結果をまとめた。
- ・併せて、デジタル手法が従来手法に対して、代替可能な技術であるかもまとめた。

技術	信頼性	安全性	コスト	コメント	代替可能
ドローン	◎	○	×	・信頼性が非常に高い ・技術進展によるコスト低減が見込まれる	○
GIS	△	－	－	・一部情報が取り込めない	△
AI(点群)	×	○※1	×	・自動樹種判定の精度向上が必要	×
AI(画像)	△	○	○	・画像品質が向上すると、AIマッチング結果は向上する	×
IoTカメラ IoTセンサー	△	◎	△	・保守コスト要、従来手法より高い頻度での監視が可能	△
Web-GIS	○	○	△	・観光・防災や環境監視等に利用可能	×

※1 データ精度向上が条件

凡例 ◎非常に高い ○高い －同等 △やや劣る ×劣る