

令和5年度

流域山地災害等対策調査（保安林適正管理手法調査）委託事業

報告書

令和6年3月

林野庁

目次

1.	業務概要	1
1. 1	業務の概要	1
1. 2	調査・検証箇所の選定	2
2.	高解像度のカラーオルソ画像データの作成	3
2. 1	高解像度衛星画像の詳細	3
2. 2	高解像度衛星画像のオルソ化	3
3.	画像データの比較による森林や土地利用の変化の抽出・分析	7
3. 1	変化箇所抽出のためのカラー合成画像作成	7
3. 2	新潟県変件事例の判読・検証	10
3. 3	栃木県変件事例の判読・検証	14
3. 4	高知県変件事例の判読・検証	21
4.	今後の保安林の管理における衛星画像データの活用にあたり必要な事柄	25
4. 1	解像度	27
4. 2	整備範囲	31
4. 3	撮影年	31
4. 4	雲量および積雪	32
4. 5	差分抽出ソフトウェア	32
4. 6	画像データの色調等	33
4. 7	オルソ化後の位置精度	33
4. 8	オルソ化した画像の納品図郭	33
4. 9	まとめ	34
参考	QGIS を利用した変化抽出箇所カラー合成画像の作成方法	36
1	はじめに	36
2	カラーオルソ衛星画像データの表示	37
3	二時期 NDVI 画像の作成	39
4	変化箇所抽出カラー合成画像の作成	41

1. 業務概要

1. 1 業務の概要

保安林の適正な管理を行うため、現在、保安林情報整備事業（衛星画像データ）業務として都道府県ごとに 1.5m 解像度の光学衛星画像を 10km メッシュに区切りオルソ化したものを定期的に整備し、別途整備しているソフトウェアにより、二時期の衛星画像データを比較し、開発等により変化があった保安林の箇所を自動的に抽出・表示できる仕組みを構築しており、保安林の無断開発や不法投棄等の監視に活用されている。

これに関して、撮影に使用されている人工衛星（SPOT-6 号および 7 号衛星、以下 SPOT 衛星）が打ち上げから 10 年以上経過し老朽化している一方で後継機が未定であるほか、この間、より解像度や撮影頻度が高い新たな人工衛星も打ち上げられている状況にあり、より高解像度の衛星画像の使用について検討を行う必要もある。

今後も保安林を適正に管理していくためには、現行の人工衛星の運用が終了した場合にも継続的に保安林の監視を行えるように、最新の人工衛星による撮影技術にも対応しながら、これまで蓄積してきた衛星画像データも活用できるようにする必要がある。

そこで、本業務は（1）高解像度のカラーオルソ画像データの作成および（2）画像データの比較による森林や土地利用の変化の抽出・分析を行い、今後の保安林の管理における衛星画像データの活用方法を検討する材料とするため、高解像度の衛星画像を用いた解析手法や、現行の 1.5m 解像度の衛星画像データとの互換性等について調査・検証を行うことを目的とする。

1. 2 調査・検証箇所の選定

森林や土地利用の変化を抽出し、その主なものについて、伐採や崩壊、盛土・切土など、具体的な変化の原因を判別できるかどうか分析するため、次の3箇所（①新潟県、②栃木県、③高知県）を調査・検証箇所として選定した。

選定した各調査・検証箇所について、変化時期前後二時期（期首・期末）の現行の SPOT 衛星および高解像度の Pleiades 衛星を調達した。

①新潟県

変化箇所：新潟県村上市および関川村

変化原因：山地災害

変化時期：2022年8月3日からの大雨等による山地災害

表1 調達した衛星画像の撮影年月日（新潟県）

	期首	期末
現行衛星 解像度1.5m (SPOT)	2021年5月15日	2023年8月13日
高解像度衛星 解像度50cm (Pleiades)	2022年7月6日	2022年9月14日

②栃木県

変化箇所：栃木県佐野市

変化原因：伐採及び植林

変化時期：2016年～

表2 調達した衛星画像の撮影年月日（栃木県）

	期首	期末
現行衛星 解像度1.5m (SPOT)	2016年10月26日	2022年10月20日
高解像度衛星 解像度50cm (Pleiades)	2017年5月8日	2022年6月30日

③高知県

変化箇所：高知県宿毛市

変化原因：小規模太陽光発電所開発

変化時期：2016年～

表3 調達した衛星画像の撮影年月日（高知県）

	期首	期末
現行衛星 解像度1.5m (SPOT)	2016年11月13日	2022年4月22日
高解像度衛星 解像度50cm (Pleiades)	2017年8月30日	2021年10月29日

2. 高解像度のカラーオルソ画像データの作成

2. 1 高解像度衛星画像の詳細

本業務では高解像度の衛星画像として、Airbus DS 社の Pléiades（プレアデス）衛星を選定した。Pléiades 衛星は4バンド（青・緑・赤・近赤外波長）で地表面を観測しており、空間分解能は現行 SPOT 衛星の 1.5m より詳細な 50 cmの性能を持っている。また、撮影能力は最大 70 万平方キロ、平均 50 万km²/日 を有している。表 4 に現行および選定した高解像度衛星の詳細を示す。

表 4 現行衛星と選定した高解像度衛星

衛星名	SPOT-6	Pléiades
解像度	1.5m	50cm
観測幅	60km	20km
バンド数	4バンド	4バンド
運用機関	Airbus DS (フランス)	Airbus DS (フランス)

2. 2 高解像度衛星画像のオルソ化

調達した以下の 3 地域の Pléiades 衛星画像は、現行衛星の仕様と同様の条件でオルソ化を行った。

- ①新潟県図郭番号：15080617
- ②栃木県図郭番号：09090803
- ③高知県図郭番号：39041003

(仕様)

- ・使用する座標系は世界測地系の平面直角座標系。
- ・オルソ化に当たっては、国土地理院発行の 1/25,000 地形図及び数値地図 10m メッシュ（標高）と同等以上の位置精度を基準としてオルソ化されている。また、1/25,000 地形図と同等以上の位置精度が取得できるように GCP 補正が行われている。
- ・別途指定する左上座標値 (X, Y) を基準とした 10km×10km のメッシュを南方向及び東方向に連続して設定されている。

作成した 50 cm高解像のカラーオルソ画像データ（Pléiades 衛星）および、同一地点の 1.5m 解像度のカラーオルソデータ（SPOT 衛星）を図 1～図 3 に示す。



期首2021年 SPOT衛星



期末2023年 SPOT衛星

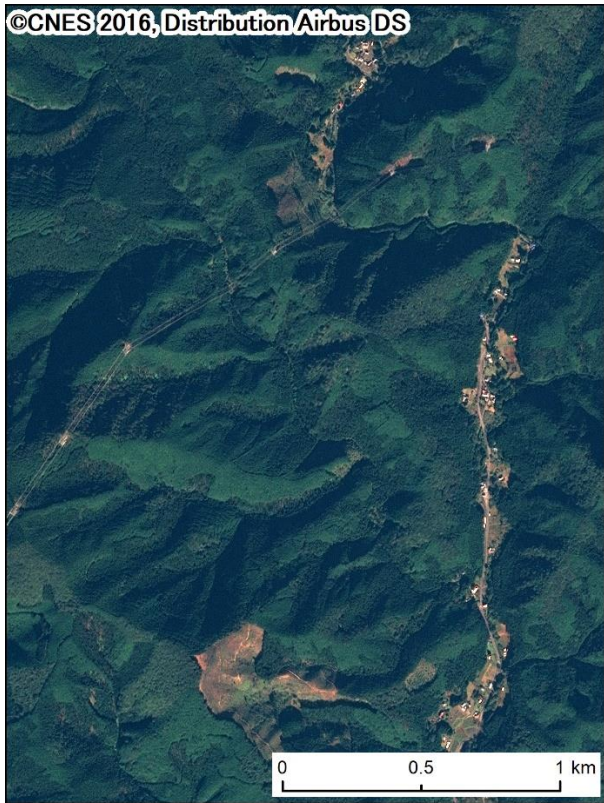


期首2022年 Pléiades衛星



期末2022年 Pléiades衛星

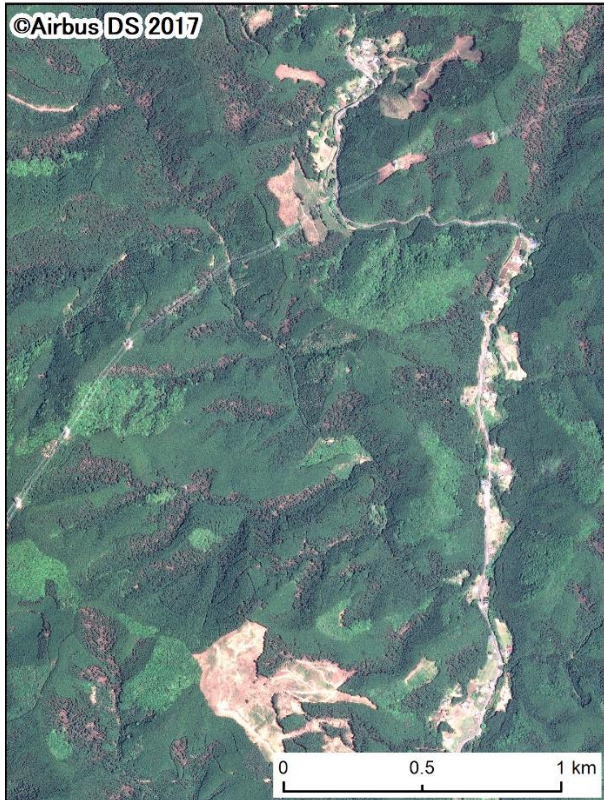
図1 オルソ化した1.5m解像度および50cm解像度カラーオルソ画像データ(新潟県)



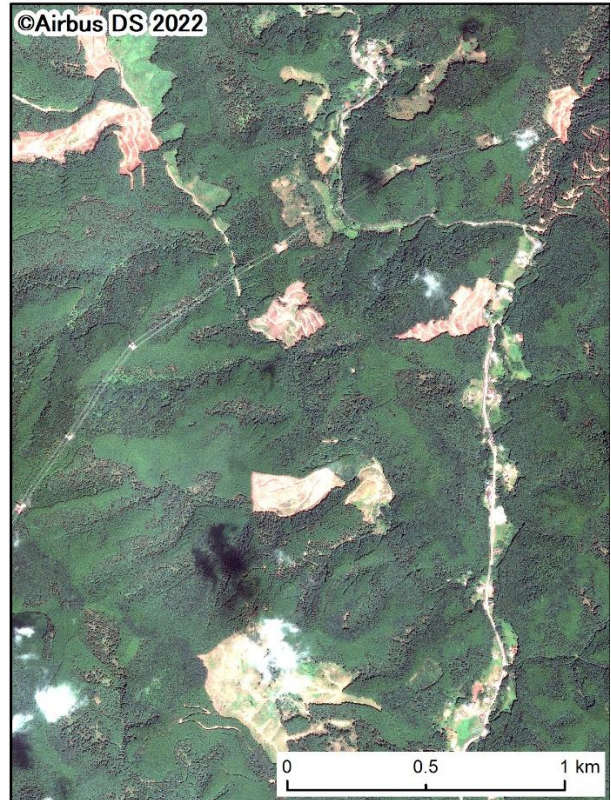
期首2016年 SPOT衛星



期末2022年 SPOT衛星

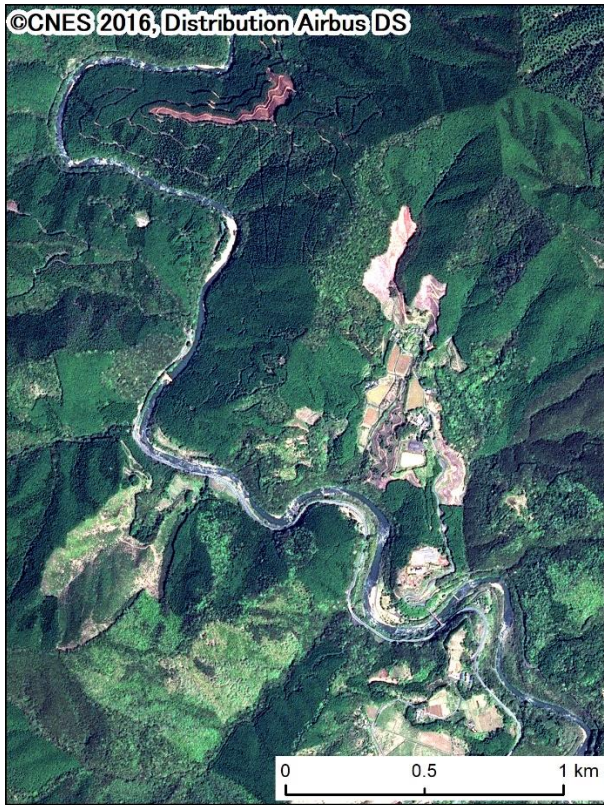


期首2017年 Pléiades衛星

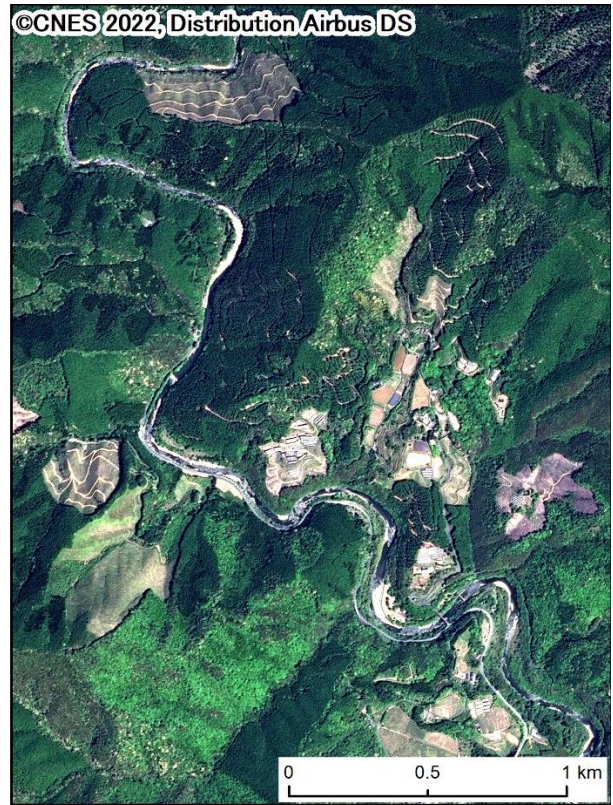


期末2022年 Pléiades衛星

図2 オルソ化した1.5m解像度および50cm解像度カラーオルソ画像データ(栃木県)



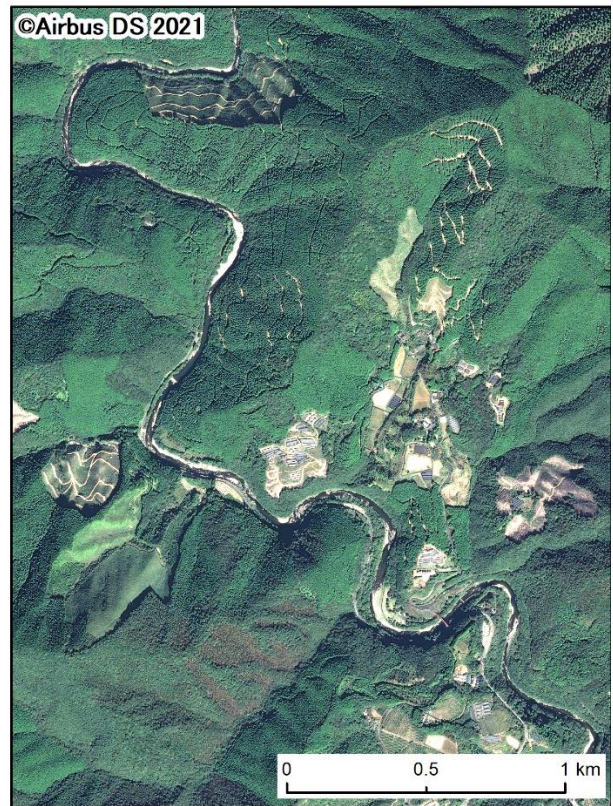
期首2016年 SPOT衛星



期末2022年 SPOT衛星



期首2017年 Pléiades衛星



期末2021年 Pléiades衛星

図3 オルソ化した1.5m解像度および50cm解像度カラーオルソ画像データ（高知県）

3. 画像データの比較による森林や土地利用の変化の抽出・分析

同一地点の変化箇所について現行衛星と高解像度衛星の比較を行うため、変化箇所抽出で使用する画像作成には入手が容易な汎用 GIS である QGIS を利用した。

森林や土地利用の変化の判読には、目視判読のほか衛星画像に格納されている赤波長および近赤外波長バンドから作成した二時期の正規化植生指標 (Normalized Difference Vegetation Index、以下 NDVI) 画像を作成してカラー合成した変化抽出箇所画像も利用した。

3. 1 変化箇所抽出のためのカラー合成画像の作成

緑葉は近赤外領域波長を強く反射する特徴がある。NDVI は、この特性を利用して植生の有無や活性度を把握でき、以下の式で計算できる。

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{近赤外波長}) - (\text{赤波長})}{(\text{近赤外波長}) + (\text{赤波長})}$$

NDVI 値が高い箇所は植生箇所、NDVI 値が低い箇所は伐採地・裸地などの非植生箇所である。NDVI 値が高い箇所を白色、低い箇所を黒色に着色した例を図 4 に示す。

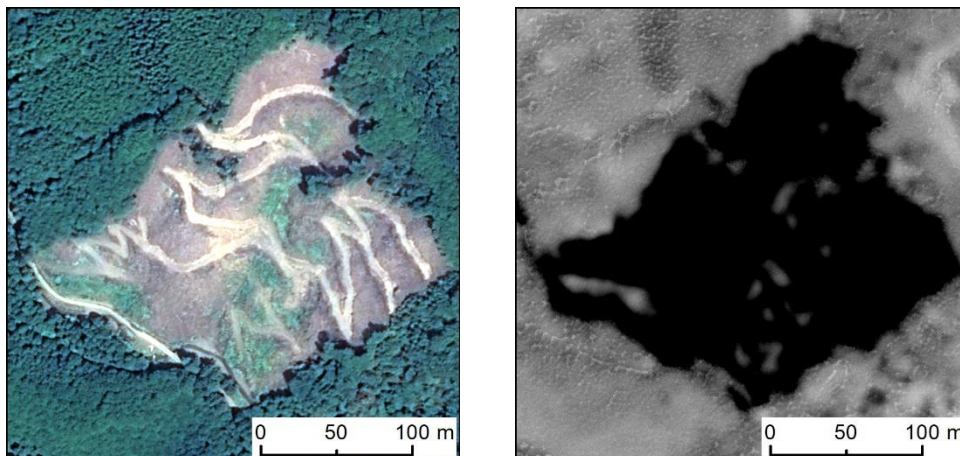


図 4 カラー画像と NDVI 画像

この NDVI 画像は衛星画像の撮影時点の土地被覆現況を表現しており、変化を判読することはできない。そこで、二時期の NDVI 画像を利用して、森林や土地利用の変化を判読するための変化箇所抽出カラー合成画像を作成した (図 5)。変化箇所抽出カラー合成画像の表示色と推定される土地被覆変化を表 5 に示す。

表 5 変化箇所抽出カラー合成画像上での表示色と推定される土地被覆変化

カラー合成画像上の色	二時期NDVI値変化	推定される土地被覆変化
白	NDVI値高い → NDVI値高い	植生→植生
赤	NDVI値高い → NDVI値低い	植生→非植生
青	NDVI値低い → NDVI値高い	非植生→植生
黒	NDVI値低い → NDVI値低い	非植生→非植生

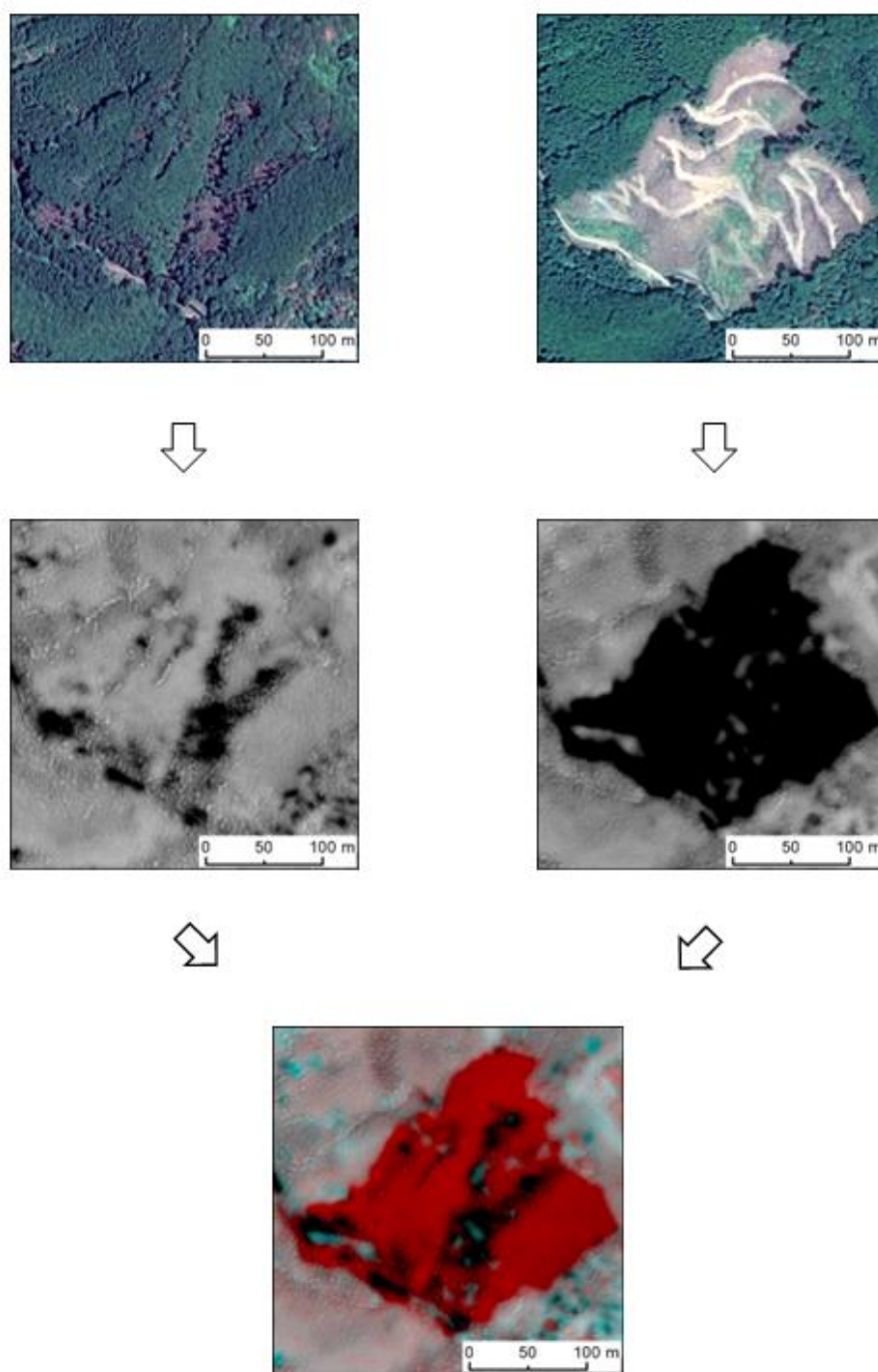


図5 期首期末二時期 NDVI 画像から作成した変化箇所抽出のためのカラー合成画像

カラー合成は二時期の NDVI 値の変化を利用しているため、森林域を対象とする場合は衛星画像の撮影時期に留意する必要がある。例えば期首新緑時期、期末落葉時期の広葉樹林を比較する場合は、新緑時期は NDVI 値が高く落葉時期は低くなるため、カラーオルソ画像を目視して伐採や山地災害等と誤判読しないよう注意が必要である。

図6 に二時期 NDVI カラー合成画像による土地被覆の変化表示事例を示す。

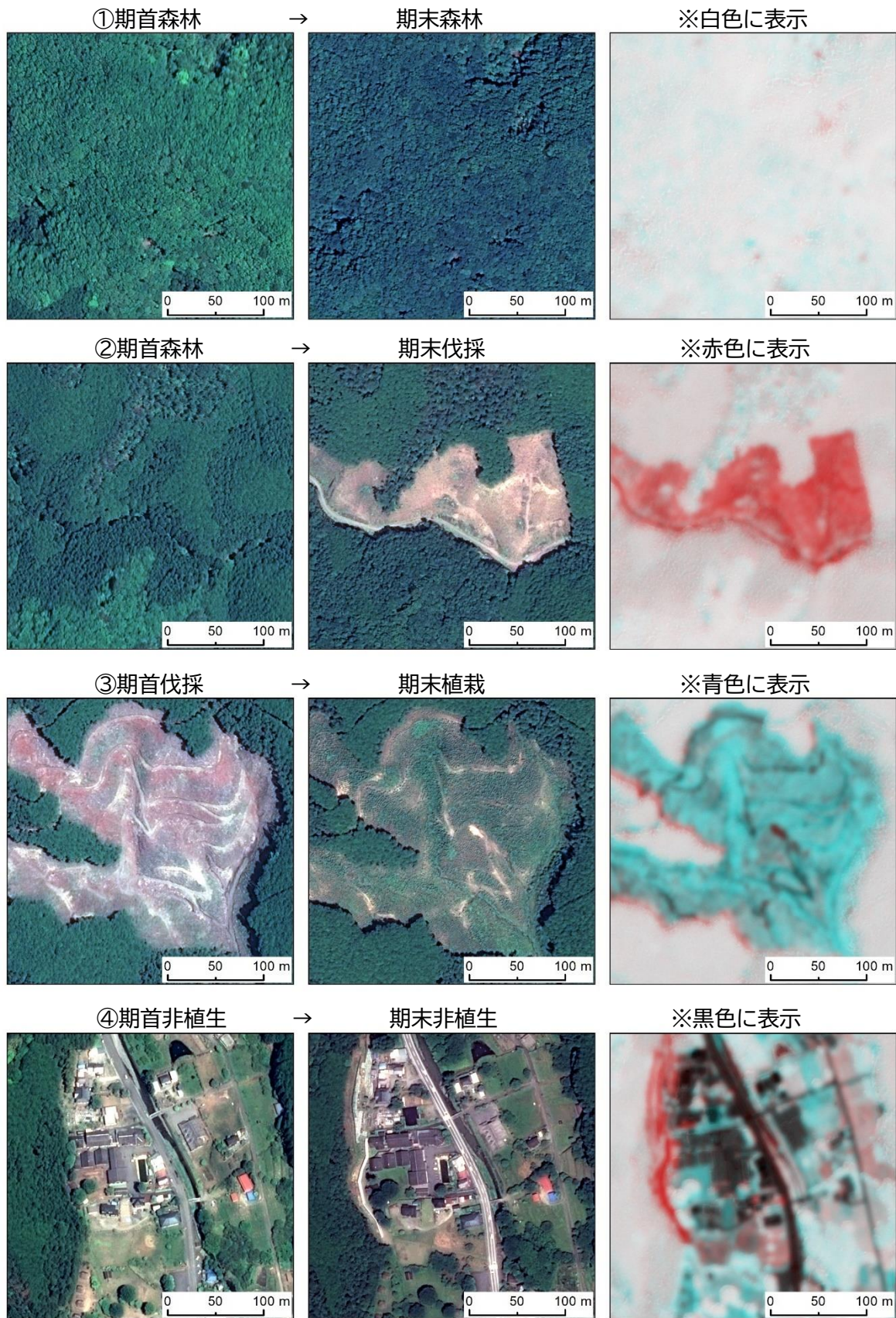


図6 二時期 NDVI カラー合成画像による土地被覆の変化表示事例

3. 2 新潟県変理事例の判読・検証

森林の変理事例（山地災害）として選定した新潟県村上市および関川村では、2022年8月3日からの大雨等による山地災害で、期首期末の二時期では森林内で斜面崩壊や崩壊土砂箇所が発生している。

発災前後二時期の SPOT 衛星および Pléiades 衛星画像の解像度の比較のため、山地災害箇所を図 7 に示す。

変化箇所：新潟県村上市および関川村

変化原因：山地災害

変化時期：2022年8月3日からの大雨等による山地災害

表 6 各衛星の撮影年月日（新潟県）

	期首	期末
現行衛星 解像度1.5m (SPOT)	2021年5月15日	2023年8月13日
高解像度衛星 解像度50cm (Pléiades)	2022年7月6日	2022年9月14日

衛星画像から土地被覆を判読する際、通常のカラ画像では撮影角度が大きい場合の斜め観測による立木の倒れこみや、撮影時期の太陽高度の違いによって影域増減で判読が難しい箇所も発生するが、NDVI 画像や変化箇所抽出カラー合成画像も利用することでより判読精度が向上可能である。

なお、SPOT 画像は発災翌年に撮影されており、発災直後に撮影した Pléiades 衛星と状況が違うことに留意する必要があるが、高解像度衛星では治山施設も判読可能で、より詳細を把握できる（図 8、9）。



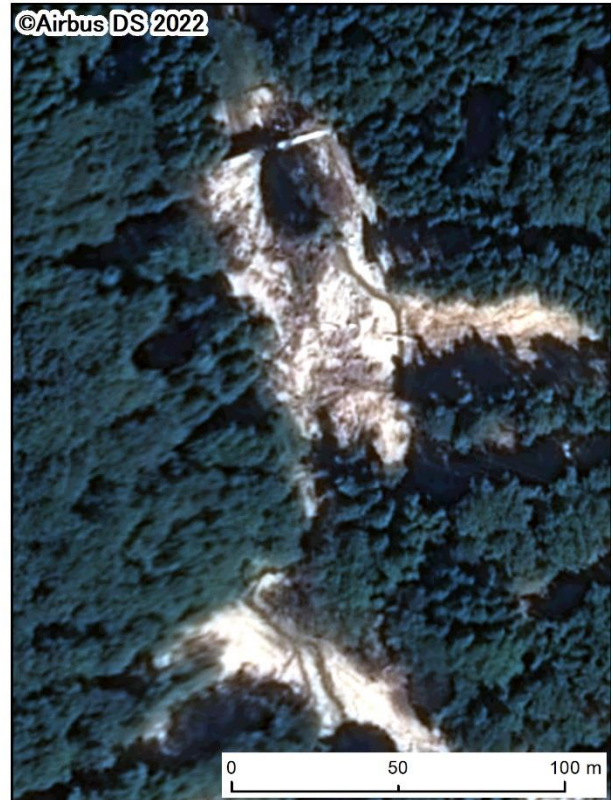
期首2021年 SPOT衛星



期末2023年 SPOT衛星



期首2022年 Pléiades衛星

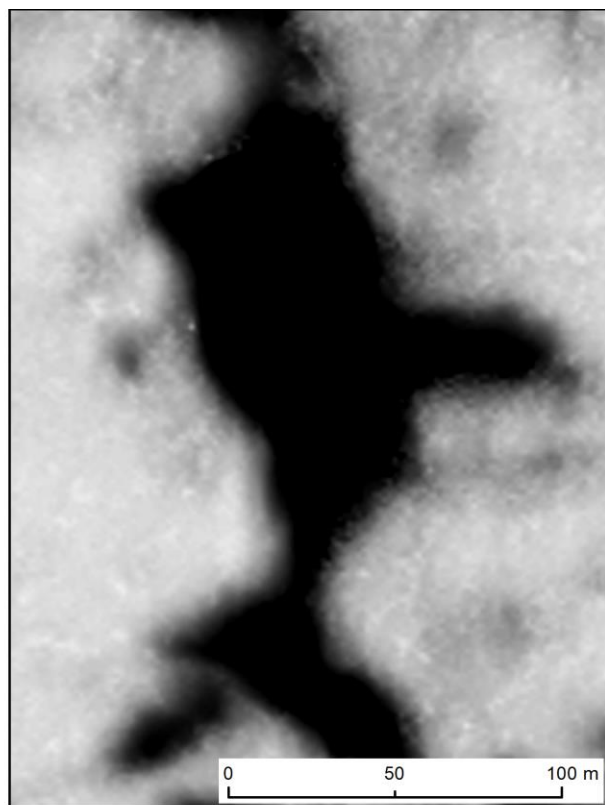


期末2022年 Pléiades衛星

图7 山地災害箇所（解像度比較）



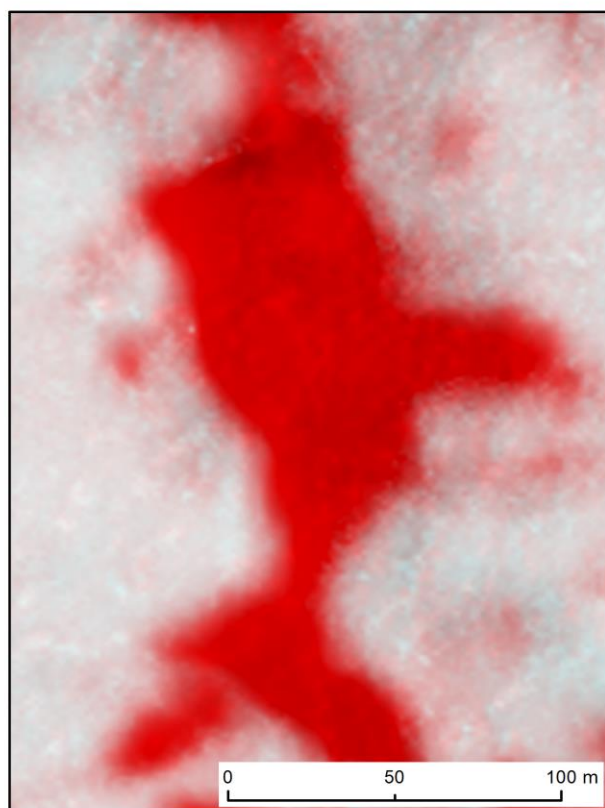
期首2021年 NDVI画像 (SPOT衛星)



期末2023年 NDVI画像 (SPOT衛星)

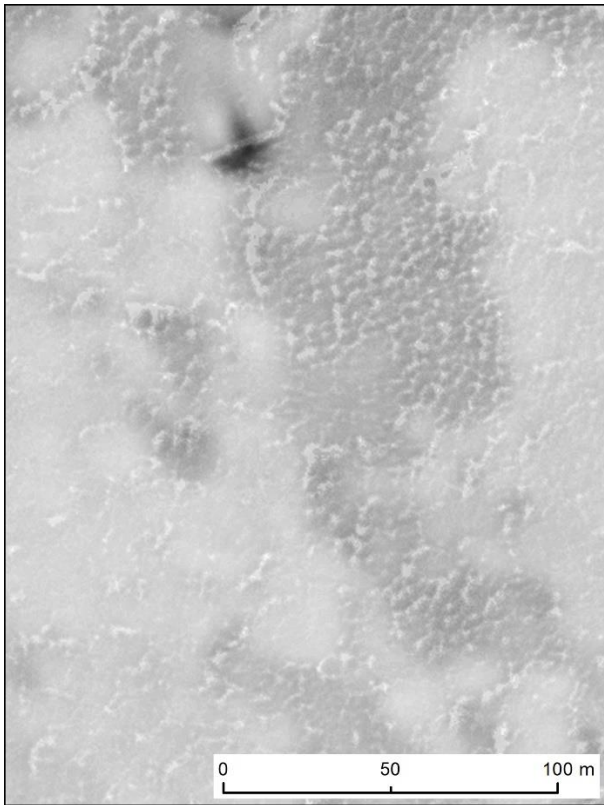


期末2023年 フォールスカラー合成画像



変化箇所抽出カラー合成画像

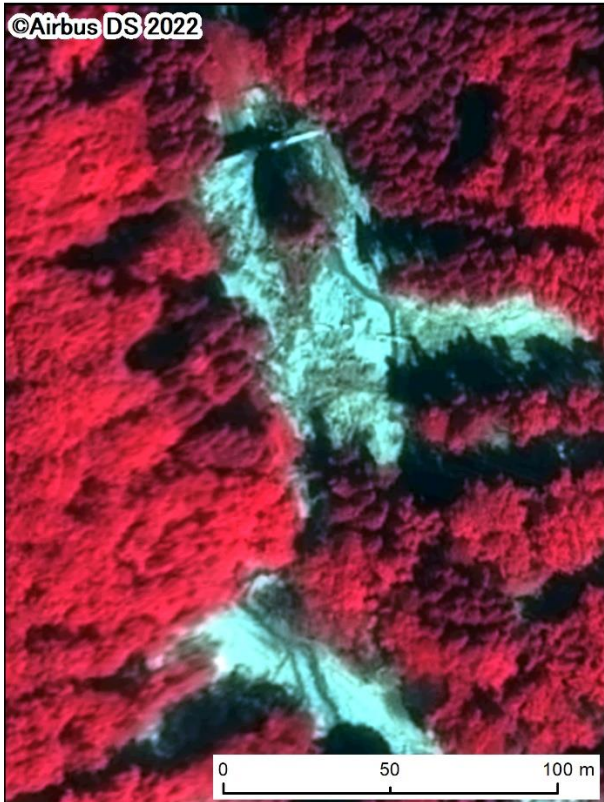
図8 山地災害箇所 (SPOT衛星画像)



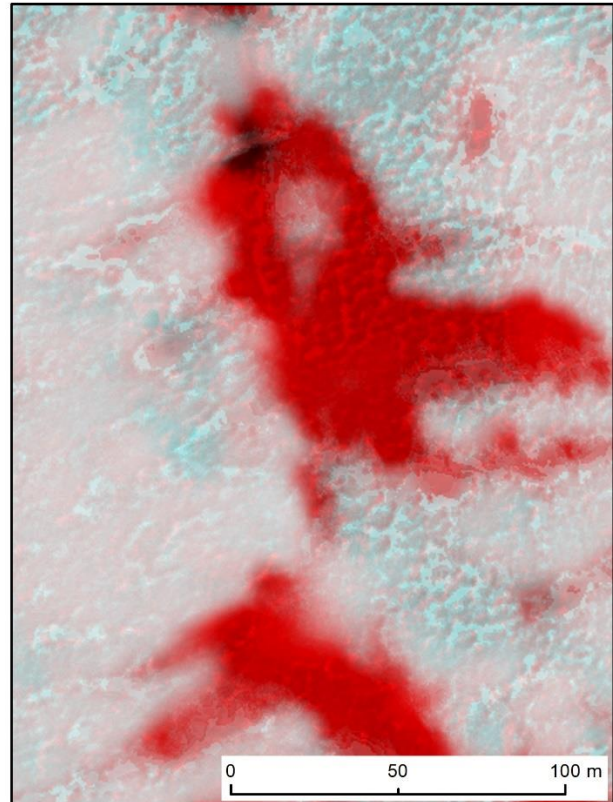
期首2022年 NDVI画像 (Pléiades衛星)



期末2022年 NDVI画像 (Pléiades衛星)



期末2022年 フォールスカラー合成画像



変化箇所抽出カラー合成画像

図9 山地災害箇所 (Pléiades 衛星画像)

3. 3 栃木県変化事例の判読・検証

森林の変化（伐採・植林）事例として選定した栃木県佐野市は、SPOT 衛星期首画像 2016 年から 2022 年の期間中に伐採や植林が行われている箇所である。

二時期の SPOT 衛星および Pléiades 衛星画像の解像度の比較のため、伐採箇所を図 10、植林箇所を図 11 に示す。

変化箇所：栃木県佐野市

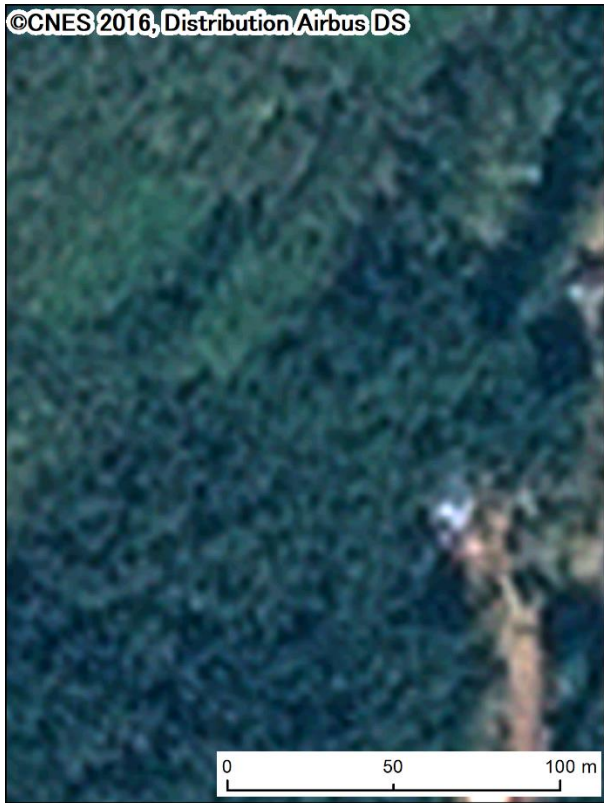
変化原因：伐採及び植林

変化時期：2016 年～

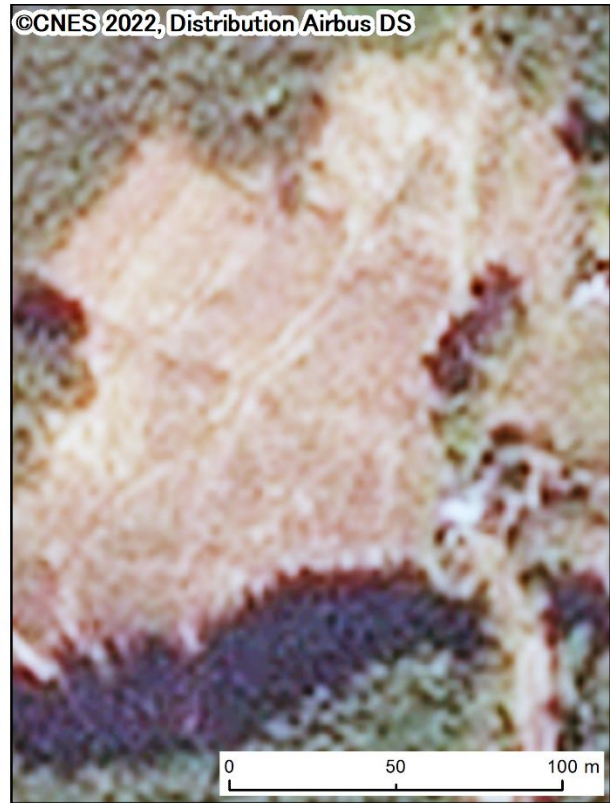
表 7 各衛星画像の撮影年月日（栃木県）

	期首	期末
現行衛星 解像度1.5m (SPOT)	2016年10月26日	2022年10月20日
高解像度衛星 解像度50cm (Pléiades)	2017年5月8日	2022年6月30日

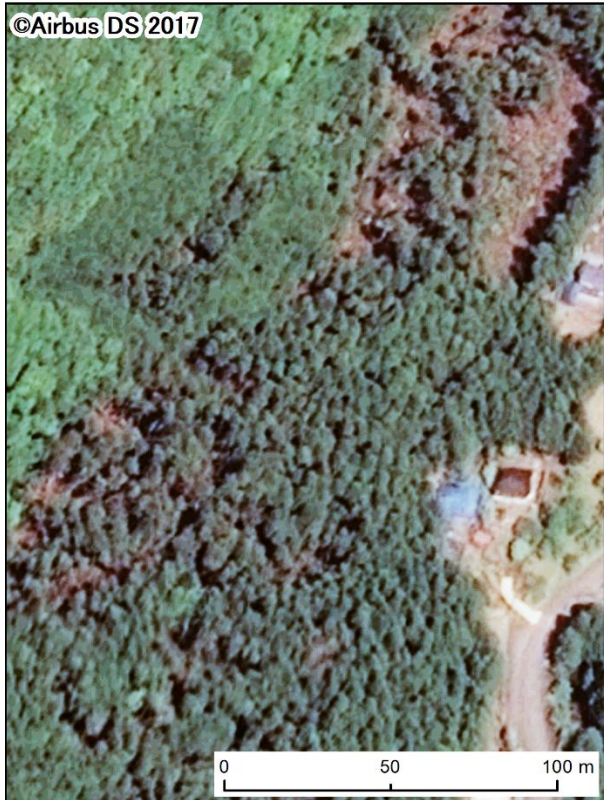
現行衛星では伐採跡地の NDVI 値が高くなった場合は、その原因が植林なのか広葉樹化等なのか判別が難しいが、高解像度衛星の目視判読を行うことで森林作業道や植栽木の状況がより詳細に把握できる（図 12～図 15）。



期首2016年 SPOT衛星



期末2022年 SPOT衛星

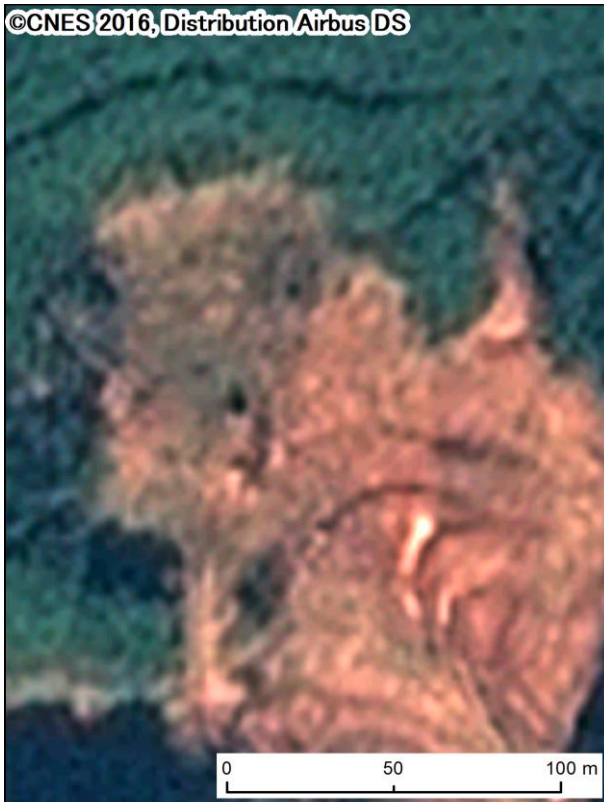


期首2017年 Pléiades衛星



期末2022年 Pléiades衛星

図10 伐採箇所（解像度比較）



期首2016年 SPOT衛星



期末2022年 SPOT衛星

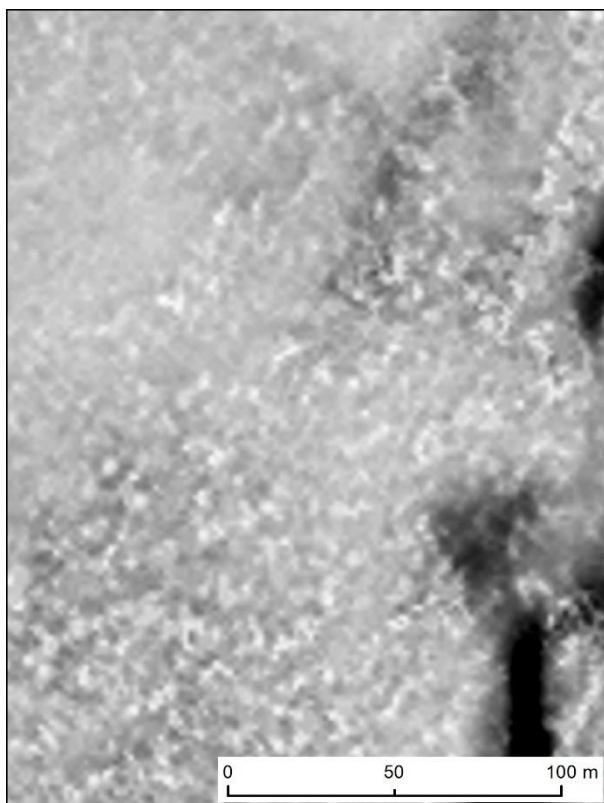


期首2017年 Pléiades衛星

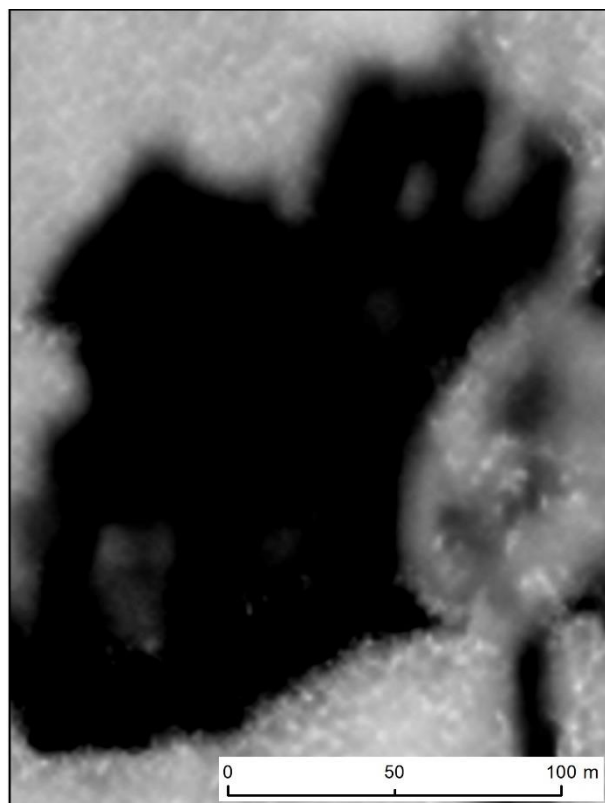


期末2022年 Pléiades衛星

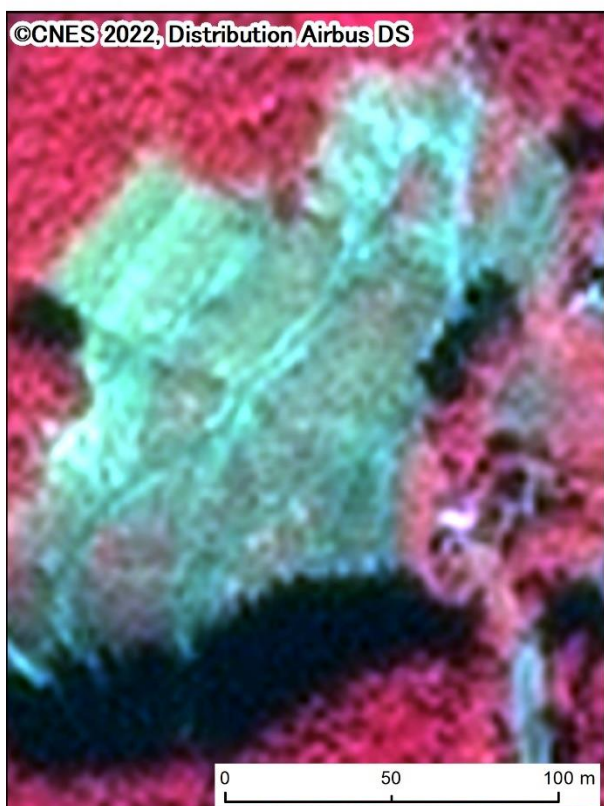
图 11 植林箇所 (解像度比較)



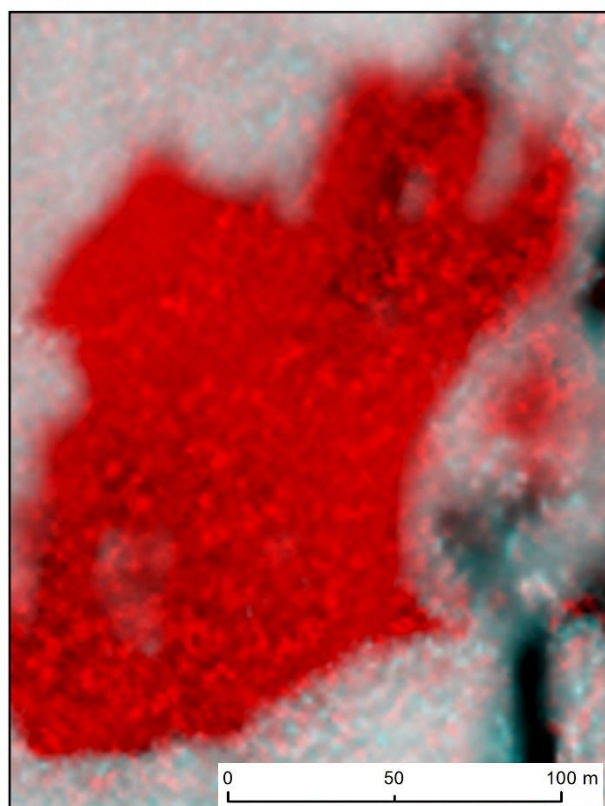
期首2016年 NDVI画像 (SPOT衛星)



期末2022年 NDVI画像 (SPOT衛星)

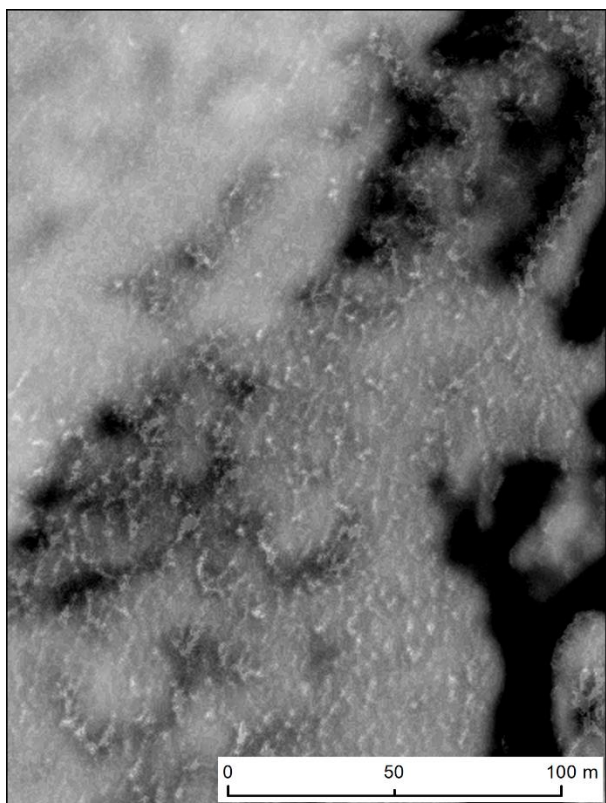


期末2022年 フォールスカラー合成画像



変化抽出箇所カラー合成画像

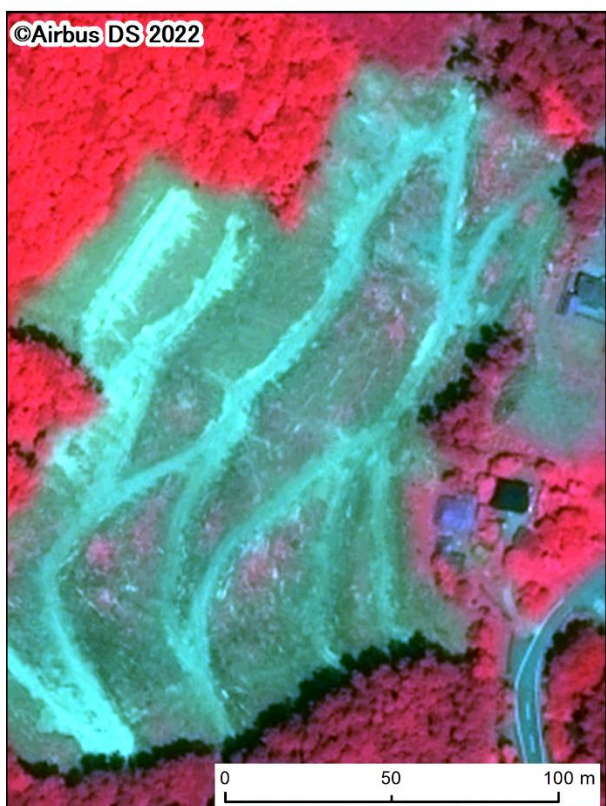
図 12 伐採箇所 (SPOT 衛星画像)



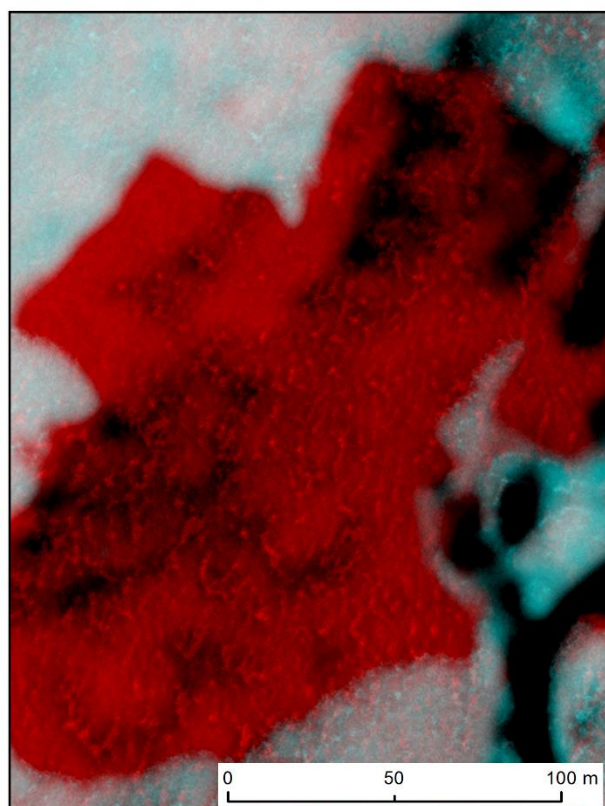
期首2016年 NDVI画像(Pléiades衛星)



期末2022年 NDVI画像(Pléiades衛星)

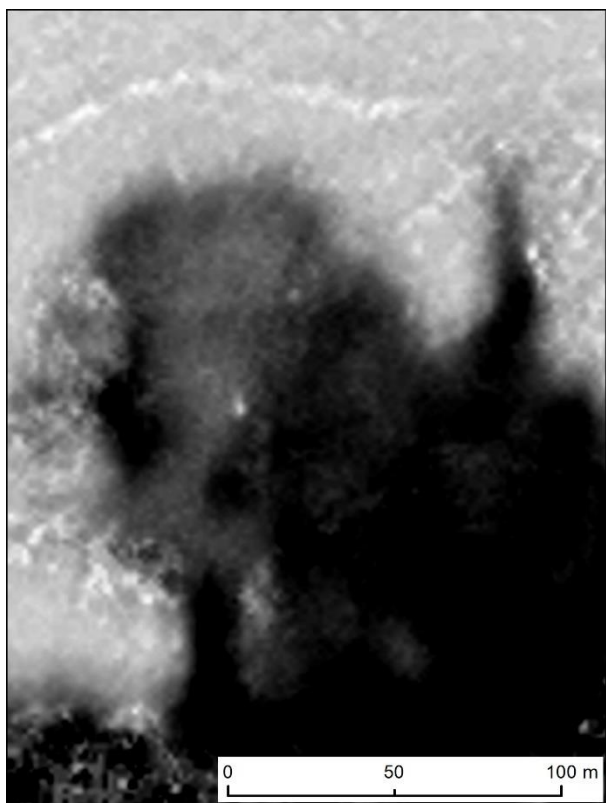


期末2022年 フォールスカラー合成画像



変化抽出箇所カラー合成画像

図13 伐採箇所(Pléiades衛星画像)



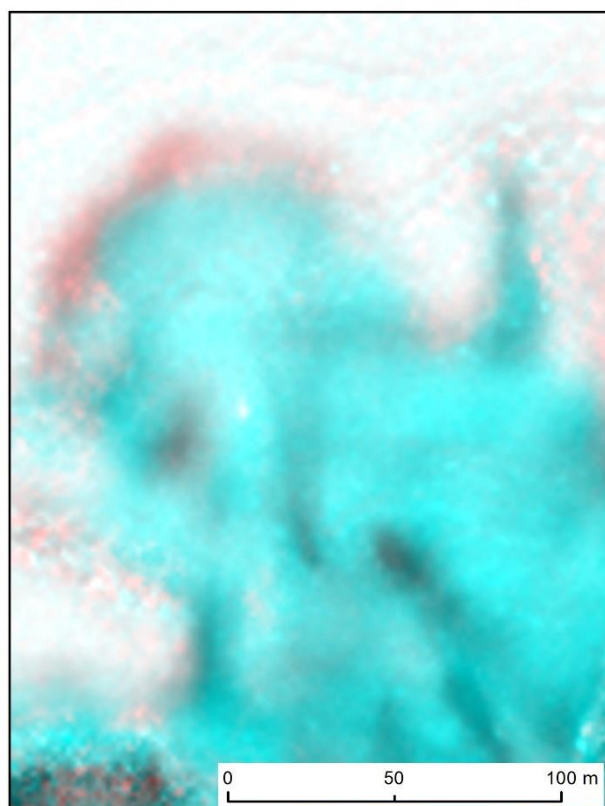
期首2016年 NDVI画像(Pléiades衛星)



期末2022年 NDVI画像(Pléiades衛星)

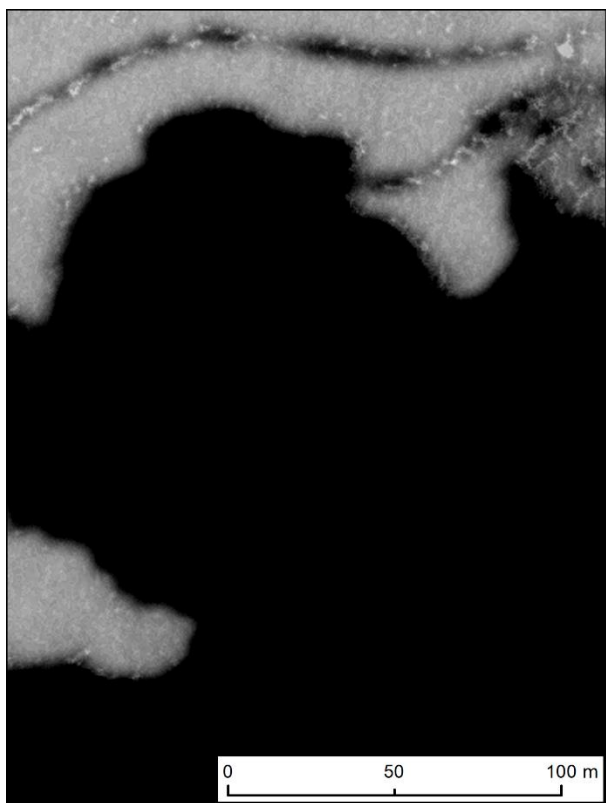


期末2022年 フォールスカラー合成画像

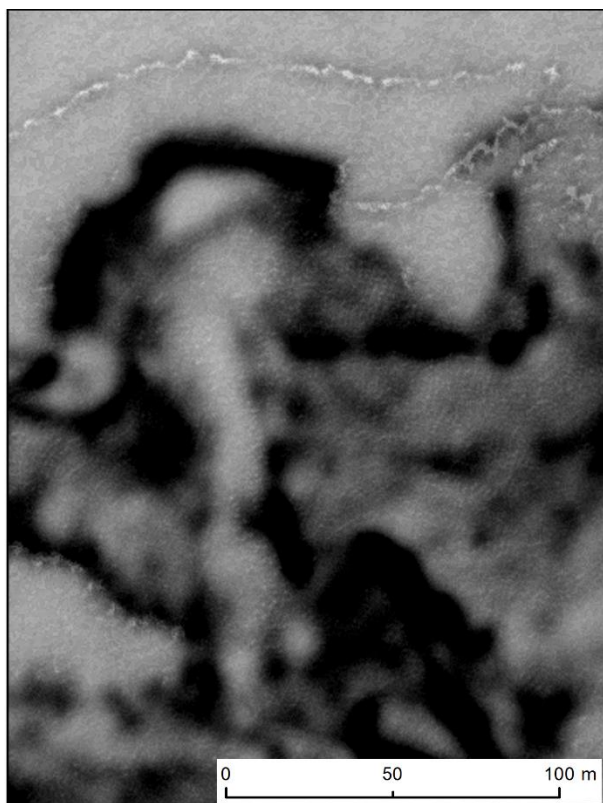


変化抽出箇所カラー合成画像

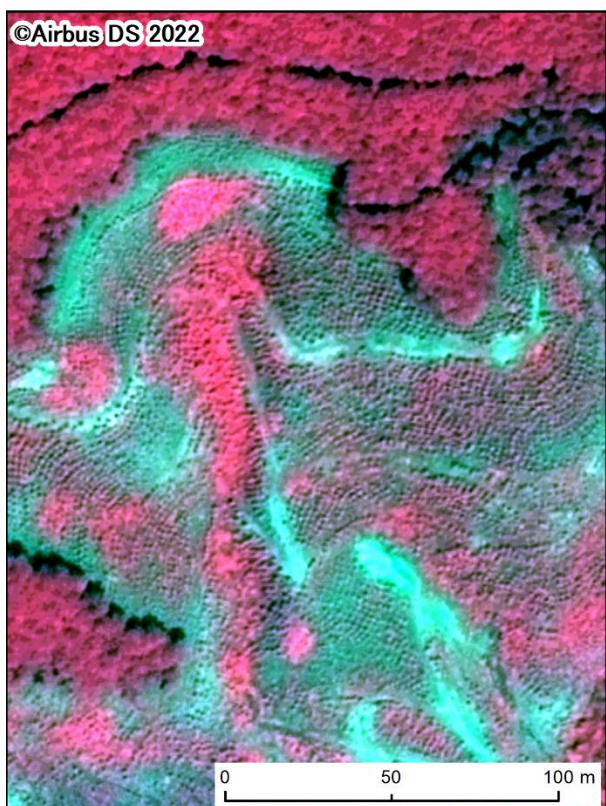
図14 植林箇所 (SPOT 衛星)



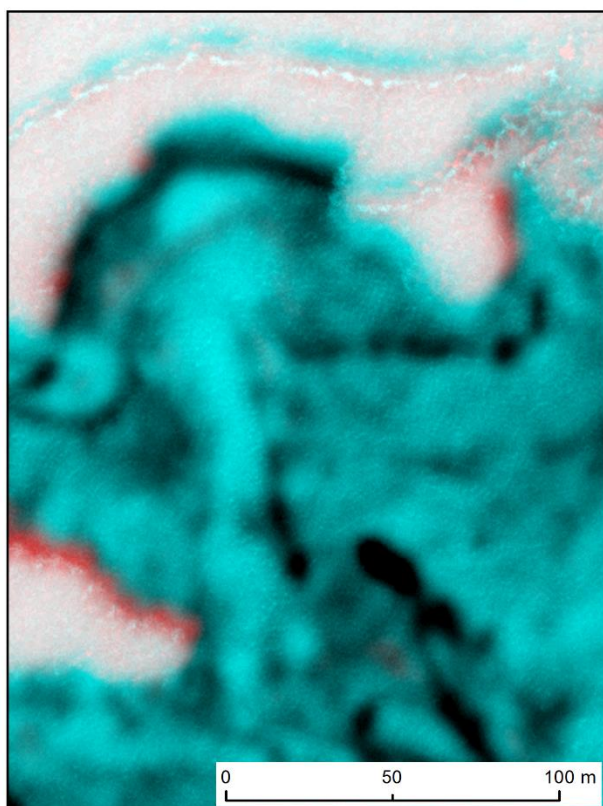
期首2016年 NDVI画像(Pléiades衛星)



期末2022年 NDVI画像(Pléiades衛星)



期末2022年 フォールスカラー合成画像



変化抽出箇所カラー合成画像

図15 植林箇所 (Pléiades 衛星画像)

3. 4 高知県変件事例の判読・検証

森林の変化（小規模太陽光発電所開発）事例として選定した高知県宿毛市は、SPOT 衛星期首画像 2016 年から 2022 年の期間中に森林を伐採した小規模な太陽光発電施設の開発や伐採が行われている箇所である。

二時期の SPOT 衛星および Pléiades 衛星画像の解像度の比較のため、小規模太陽光発電所開発箇所を図 16 に示す。

変化箇所：高知県宿毛市

変化原因：小規模太陽光発電所開発

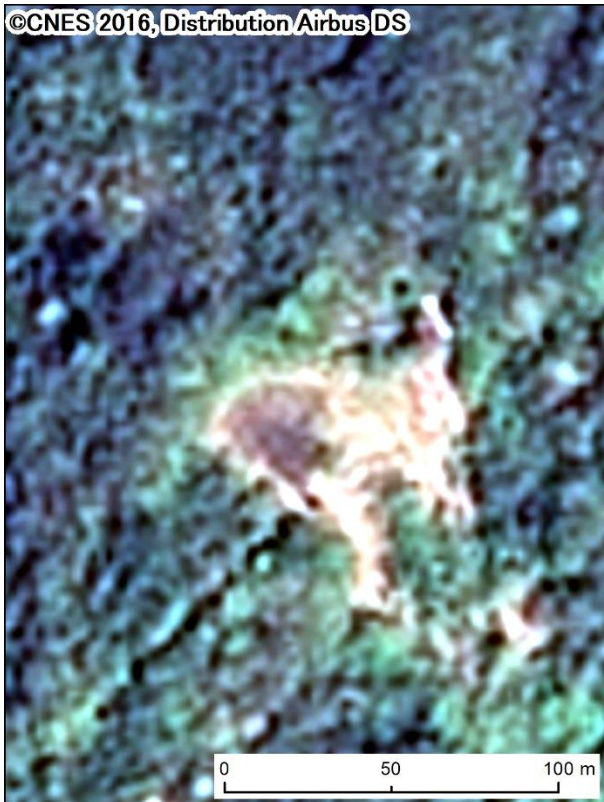
変化時期：2016 年～

表 8 各衛星画像の撮影年月日

	期首	期末
現行衛星 解像度1.5m (SPOT)	2016年11月13日	2022年4月22日
高解像度衛星 解像度50cm (Pléiades)	2017年8月30日	2021年10月29日

期首期末 SPOT 衛星および Pléiades 衛星の太陽光パネル部分の NDVI 値が低く、変化箇所抽出カラー府合画像が黒色に表示されているが、これは植生が無い状態の耕作地に太陽光パネルを設置したため、非植生から非植生の表示となっている。

現行衛星の解像度では伐採地なのか太陽光パネルなのかの判別が難しいが、高解像度衛星の目視判読を行うことで現地の状況がより詳細に把握できる（図 17、18）。



期首2016年 SPOT衛星



期末2022年 SPOT衛星

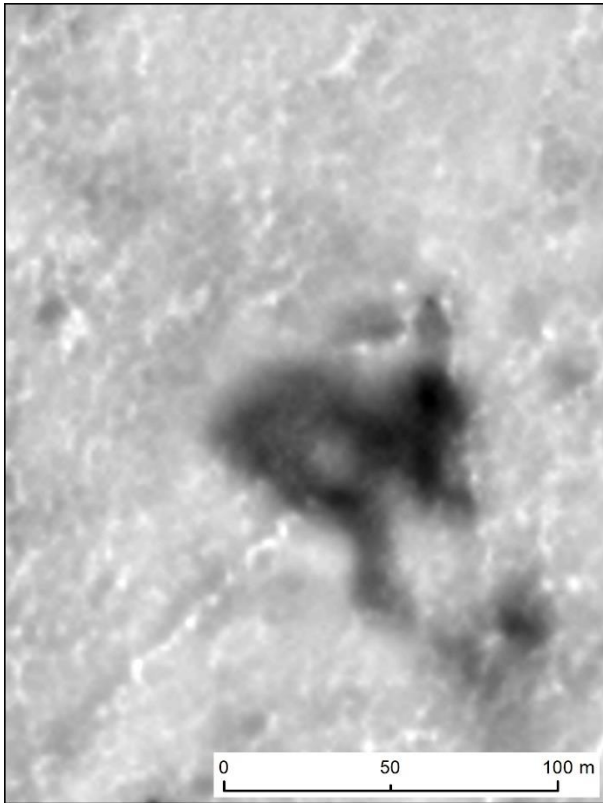


期首2017年 Pléiades衛星

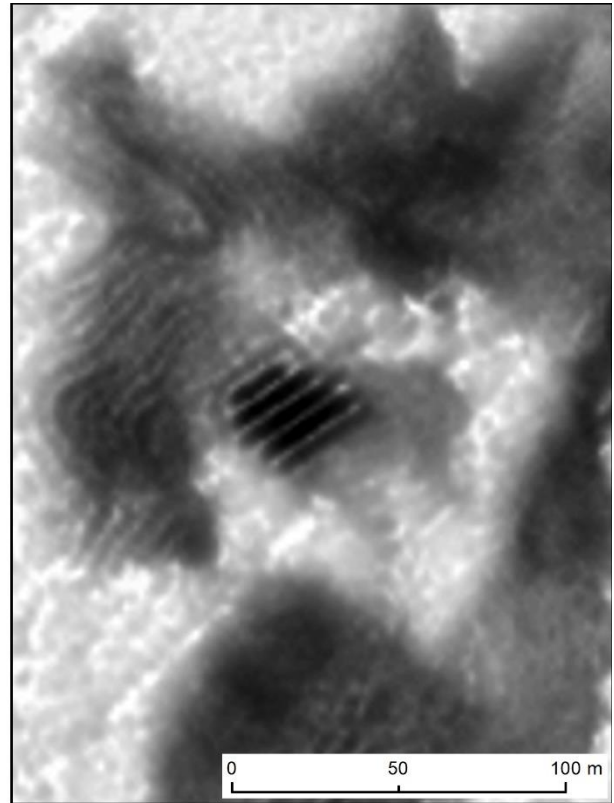


期末2021年 Pléiades衛星

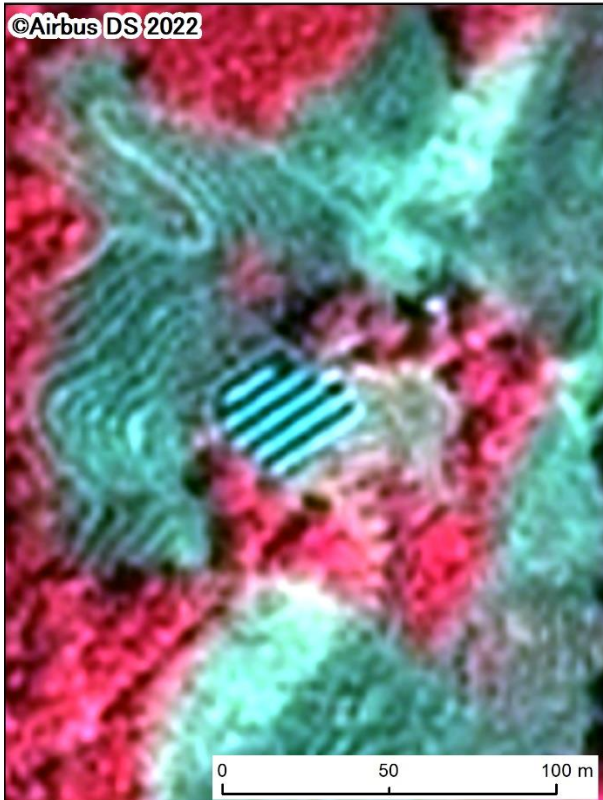
图 16 小規模太陽光発電所（解像度比較）



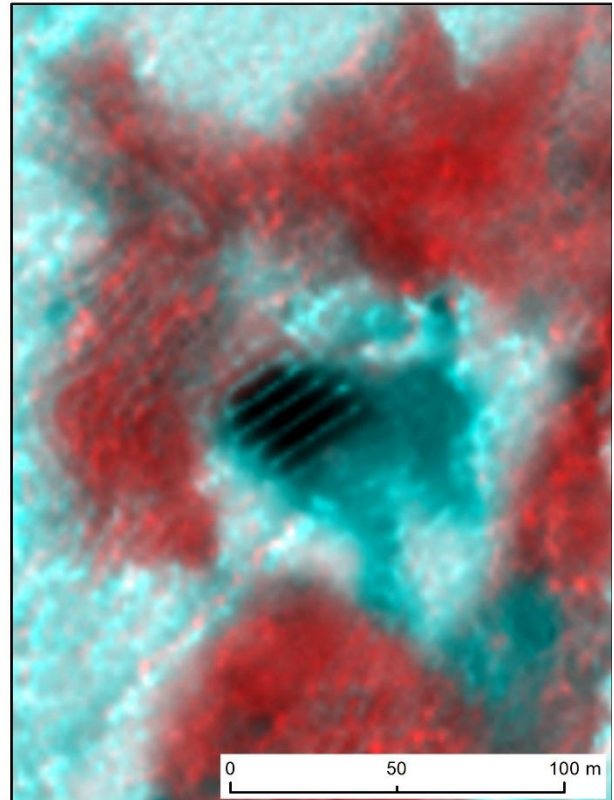
期首2016年 NDVI画像 (SPOT衛星)



期末2022年 NDVI画像 (SPOT衛星)



期末2022年 フォールスカラー合成画像

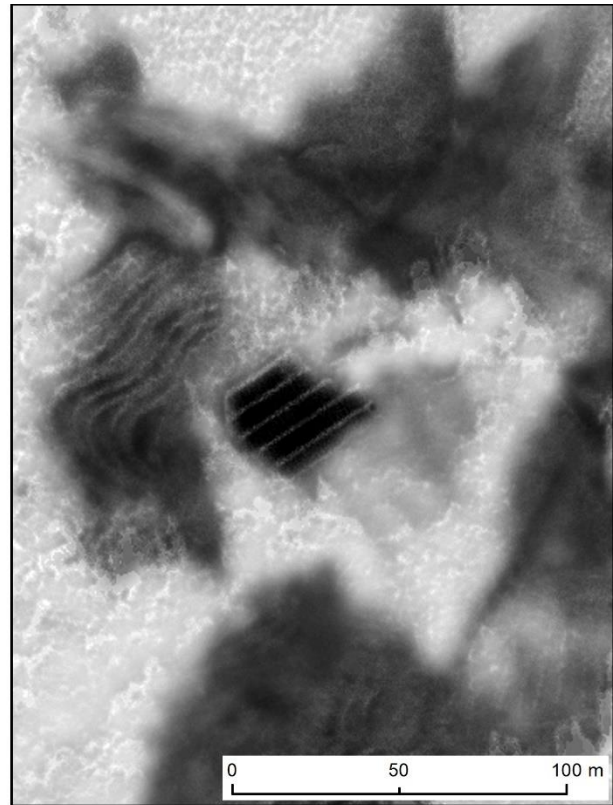


変化抽出箇所カラー合成画像

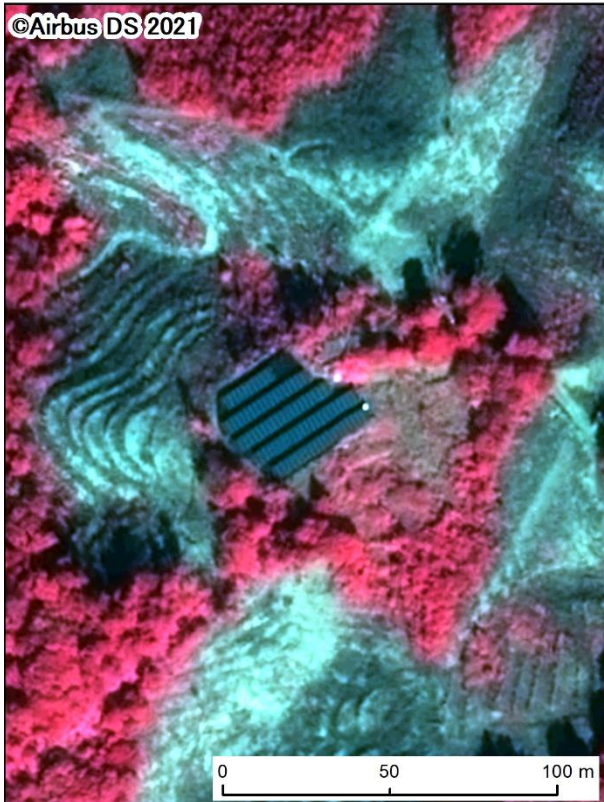
図 17 小規模太陽光発電所 (SPOT 衛星)



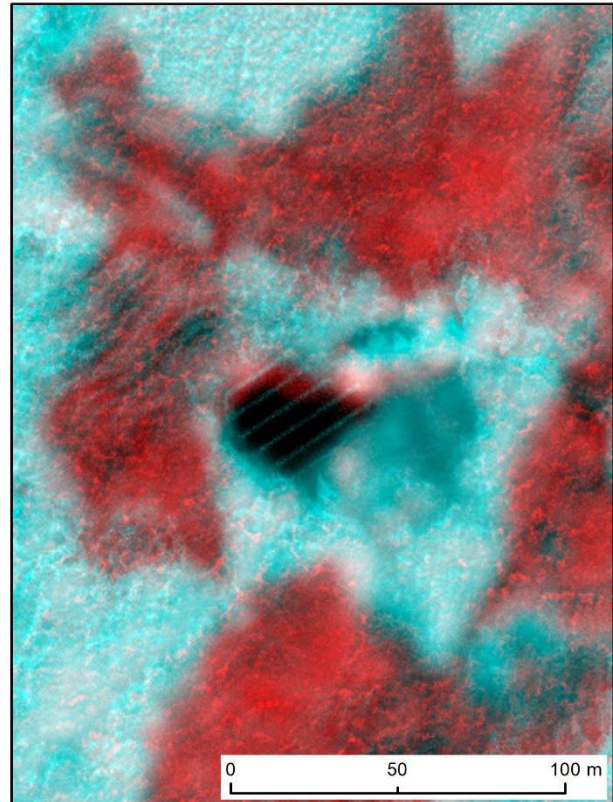
期首2017年 NDVI画像(Pléiades衛星)



期末2021年 NDVI画像(Pléiades衛星)



期末2021年 フォールスカラー合成画像



変化抽出箇所カラー合成画像

図 18 小規模太陽光発電所 (Pléiades 衛星画像)

4. 今後の保安林の管理における衛星画像データの活用にあたり必要な事柄

現在の保安林保全情報整備事業では衛星画像データについて、①「保安林情報整備事業（衛星画像データ）業務委託仕様書」と、②「衛星デジタル画像データのオルソ化仕様（基準）」で仕様が定められており、全国を統一した基準で衛星画像データが整備され活用されている。

今後の衛星画像データを利用した保安林の管理にあたり、現在の仕様と高解像度衛星の特徴等を踏まえ、衛星画像データを活用にあたり必要な事柄の整理を行う。

現在運用中の代表的な高解像度衛星について、各衛星の運営機関、代理店等のウェブサイトから情報を収集した結果と現在の SPOT 衛星の詳細を表 9 に示す。

表 9 現在運用中の高解像度衛星および現行衛星の詳細

衛星名	Pléiades Neo	WorldView-3	GeoEye-1	WorldView-2
解像度	30cm	31cm	41cm	46cm
機数	2機	1機	1機	1機
観測幅	14 k m	13.1km	15.3km	16.4km
バンド数	6バンド	8バンド	4バンド	8バンド
打ち上げ	2021年	2014年	2008年	2009年
設計寿命	10年	10～12年	7年（予測値、10年）	10～12年
運用機関	Airbus DS（フランス）	Maxar（アメリカ）	Maxar（アメリカ）	Maxar（アメリカ）
撮影能力	100万km ² /日	68万km ²	35万km ² /日	100万km ² /日
位置精度	3.5m CE90	3.5m CE90	5m CE90	3.5m CE90
備考	920kg	2800kg	1260kg	2615kg

衛星名	Pléiades	Skysat	NewSat	SPOT-6
解像度	50cm	50cm～72cm	0.99m	1.5m
機数	2機	21機	36機	1機
観測幅	20km	6.6km	5km	60km
バンド数	4	4	4	4
打ち上げ	2011年、2012年	2013年～2020年	2016年～2024年	2012年
設計寿命	5年～12年以上	6年	3年	10年～14年以上
運用機関	Airbus DS（フランス）	Planet（アメリカ）	satellogic（アルゼンチン）	Airbus DS（フランス）
撮影能力	70万km ² /日	？	？	300万km ² /日
位置精度	8.5 m CE90	？	10 m CE90	18 m CE90
備考	約940kg	110kg程度	38.5kg	714kg

また、今後打ち上げ予定の衛星と計画中の衛星の詳細について表 10 および表 11 に示す。

表 10 打ち上げ予定の高解像度衛星の詳細

衛星名	WORLDVIEW LEGION	CO3D
解像度	30cm	50cm
機数	6機	4機
観測幅	10km	7km
バンド数	8バンド	4バンド
打ち上げ予定	2024年	2025年
設計寿命	10年以上	5年
運用機関	Maxar (アメリカ)	Airbus DS (フランス)
備考	630kg	約300kg

表 11 次期光学ミッションオプション3案

衛星名	案 1	案 2	案 3
解像度	80cm	40cm以下	40~80cm
機数	2機	8機~	4機~?
観測幅	70km	50km以上	約100km
バンド数	6バンド	4バンド以上	6バンド
打ち上げ予定	2028年~	2026年~	2026年~
設計寿命	?	?	?
運用機関	日本	日本	日本
備考	大型衛星 ALOS-3の継承	小型衛星	中型衛星と小型衛星

※文部科学省 宇宙開発利用部会 (第77回) 配付資料「資料77-3 次期光学ミッションの方向性について」
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/059/shiryo/1422108_00029.htm

4. 1 解像度

①「保安林情報整備事業（衛星画像データ）業務委託仕様書

1. 衛星デジタル画像データ整備

(1) 画像データの種類

オルソ化済み 1.5m の解像度を有したカラーオルソ画像データ

現在の 1.5m よりも解像度が高い衛星画像を利用することで、これまでより詳細に土地被覆を判読可能である。そこで森林・治山施設・市街地を対象に解像度 30cm の Pléiades NEO 衛星をリサンプリング処理し、解像度 50 cm、1m、1.5m のシミュレーション画像を作成した（図 19～21）。

なお、実際に森林の変化を把握するための解像度は、各衛星のセンサー能力等で異なる可能性があるためサンプルデータ等で確認する必要がある。



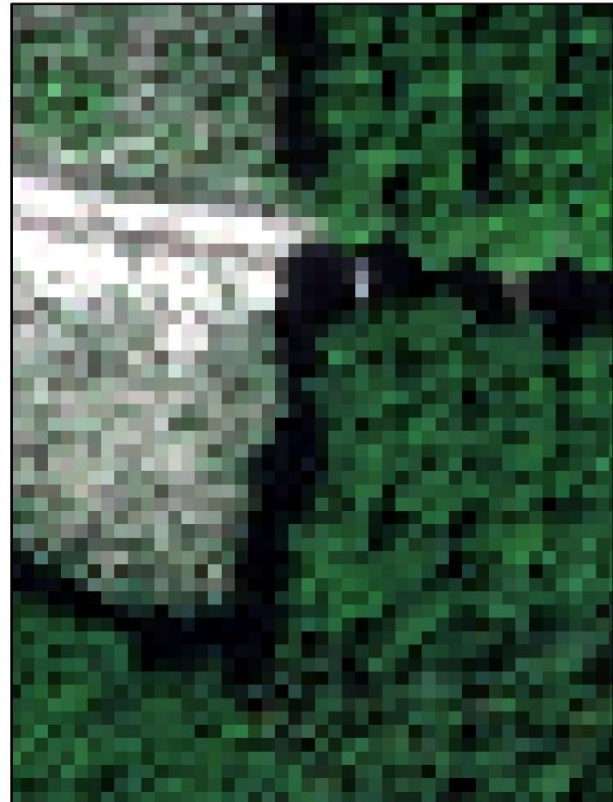
解像度30cm (PleiadesNEOオリジナル解像度)



解像度50cm (シミュレーション)



解像度1m (シミュレーション)

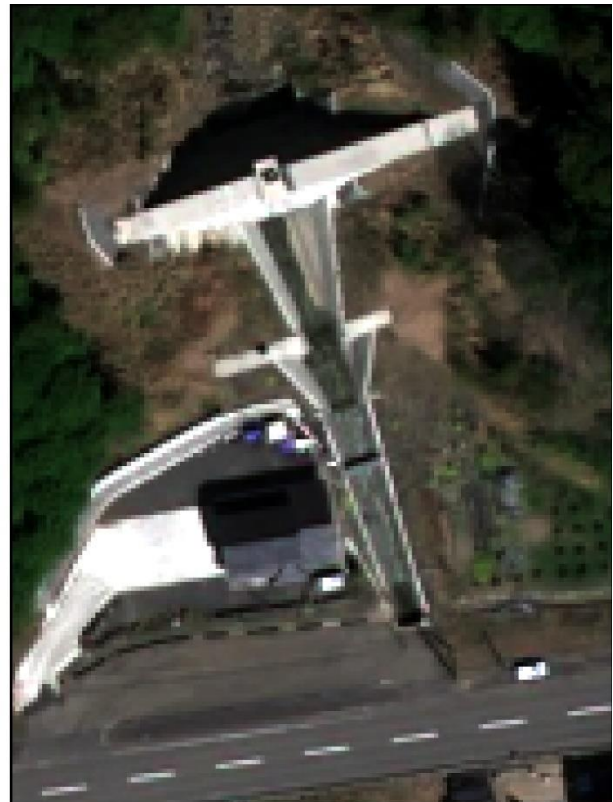


解像度1.5m (シミュレーション)

図 19 解像度シミュレーション (森林)



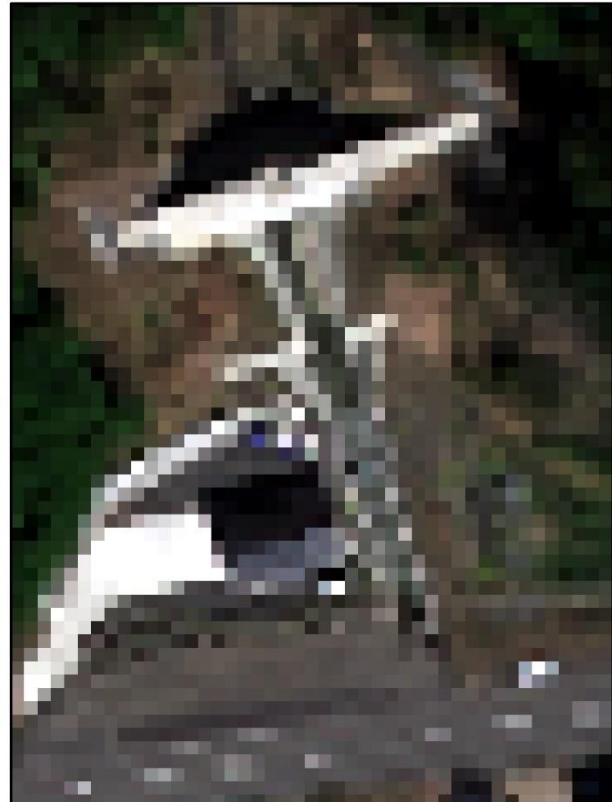
解像度30cm (PleiadesNEOオリジナル解像度)



解像度50cm (シミュレーション)



解像度1m (シミュレーション)



解像度1.5m (シミュレーション)

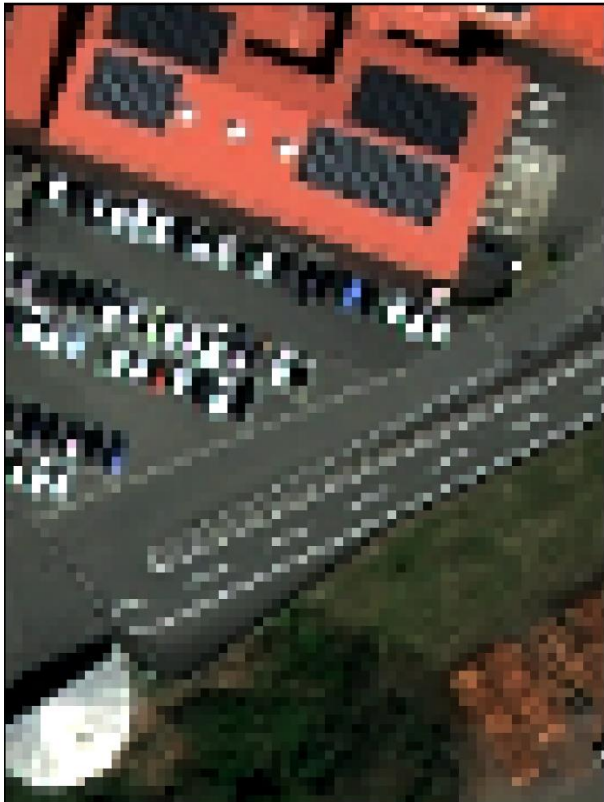
図 20 解像度シミュレーション (治山施設)



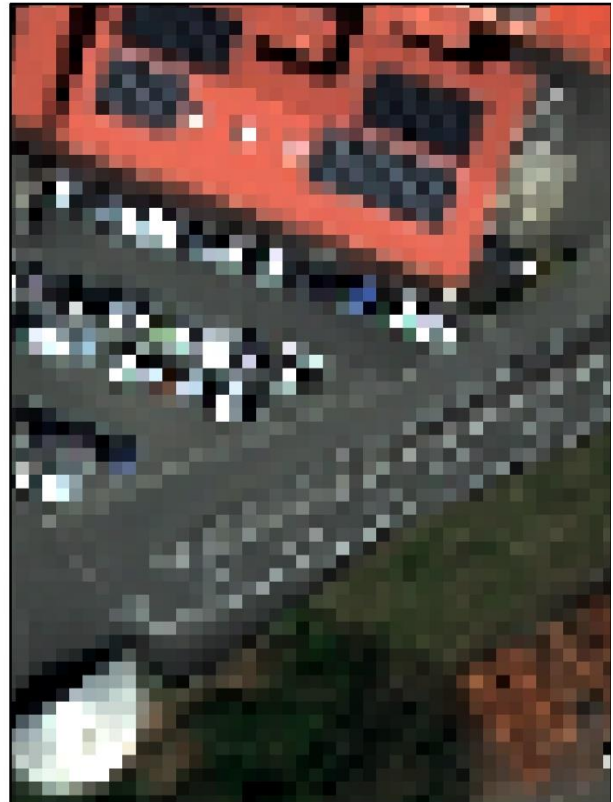
解像度30cm (PleiadesNEOオリジナル解像度)



解像度50cm (シミュレーション)



解像度1m (シミュレーション)



解像度1.5m (シミュレーション)

図 21 解像度シミュレーション (市街地)

4. 2 整備範囲

①「保安林情報整備事業（衛星画像データ）業務委託仕様書

1. 衛星デジタル画像データ整備

(2) 画像データ等の整備範囲

オルソ画像データについては、都道府県の管轄区域のうち別図「撮影範囲図」の撮影範囲とすること（島嶼部は原則として対象外とする）

現在の整備範囲は、奇数年偶数年で日本を分割し、同一都道府県は2年に一度のサイクルで整備されている。

整備年の整備範囲を撮影可能な性能を持つ衛星が必要となる。

4. 3 撮影年

①「保安林情報整備事業（衛星画像データ）業務委託仕様書

1. 衛星デジタル画像データ整備

(3) 画像データの撮影年

整備年度の画像データを取得すること

4月～3月整備年度の中で、保安林の適正な管理を行うためには、地表面に積雪期（万年雪を除く）や、落葉時期を除いた期間の画像を整備する必要がある。

各都道府県の地理条件を考慮して融雪後から落葉時期前までに整備範囲を撮影終了するような計画を立てる必要がある。

4. 4 雲量および積雪

①「保安林情報整備事業（衛星画像データ）業務委託仕様書

1. 衛星デジタル画像データ整備

(4) 画像データに含まれる雲量及び積雪

- ①都道府県管轄区域内で、おおむね10%以内とすること（陸域を対象とした場合）
- ②上記割合以内の画像データがない場合、前年度までに撮影されたデータの中から雲量及び積雪が最も少ないもので補完することとするが、その際は事前に協議を行うこととする

今後の気候変動の影響等により、整備範囲全域を整備年度内の快晴日に撮影を行うことが難しくなり、前年度撮影済みデータで補完する状況も想定される。

そのため、整備年度の撮影だけでなく、前年度画像の有無が重要となる。

図 22 に 2024 年度整備予定範囲の東京都を例として、整備前年度である 2023 年度撮影済み範囲を示す。

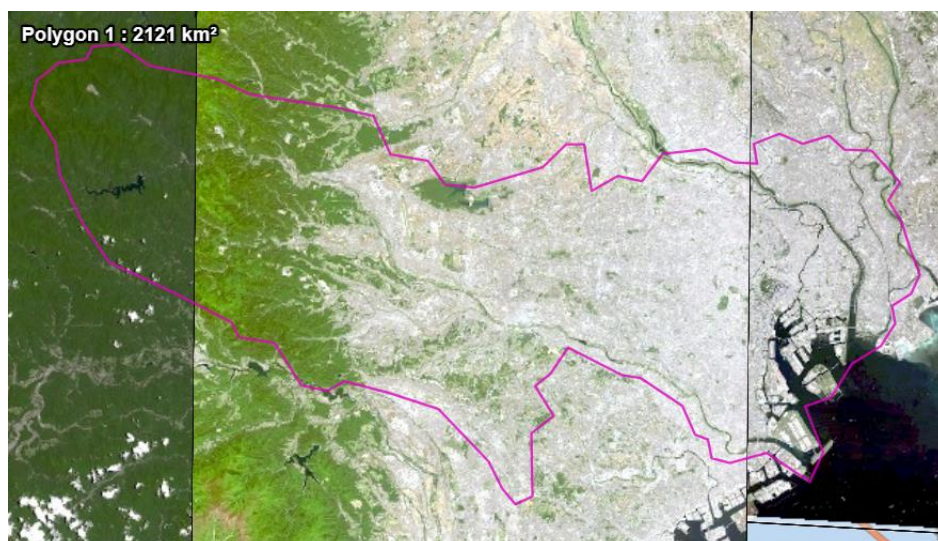


図 22 東京都の 2023 年撮影済み範囲例

4. 5 差分抽出ソフトウェア

①「保安林情報整備事業（衛星画像データ）業務委託仕様書

1. 衛星デジタル画像データ整備

(5) 画像データの選定

画像データについては、当該業務の趣旨に即したもの（保安林内における森林変化抽出支援ソフトで森林変化域の差分抽出ができること等）を選定することとする

ソフトウェアを今後の衛星画像データへ対応させるとともに、これまで約 20 年間蓄積した衛星画像データの活用が可能な改修・開発を考慮する必要がある。

4. 6 画像データの色調等

①「保安林情報整備事業（衛星画像データ）業務委託仕様書

1. 衛星デジタル画像データ整備

(6) 画像データの色調等

4 バンド (B/G/R/NIR) 8 ビットを有することとする

近年の衛星画像データは 6 バンドや 8 バンド、16 ビット等の情報量が大きい画像を調達することも可能であるが、データを処理するにはこれまでより処理能力の高い PC の利用やソフトウェアの改修・開発が必要となる。

また、現在のオルソ化した画像のファイル形式は GeoTiff 形式であるが、高解像度化した際は容量が大きくなるため、圧縮された GeoTiff 形式や Jpeg 等のファイル形式を検討する必要がある。

4. 7 オルソ化後の位置精度

②「衛星デジタル画像データのオルソ化仕様（基準）」

(2) オルソ化後の位置精度

オルソ化にあたって、国土地理院発行 1/25,000 地形図及び数値地図 10m メッシュ（標高）と同等以上の位置精度を基準とし、オルソ化する。また、1/25,000 地形図同等以上の位置精度が取得できるように GCP 補正を行うこと

現在はオリジナルの衛星画像を調達後、オルソ処理を行っているが、近年の衛星画像のオルソ処理済み製品の位置精度は向上しており、衛星によっては現在の仕様を満たす性能がある。

4. 8 オルソ化した画像の納品図郭

②「衛星デジタル画像データのオルソ化仕様（基準）」

(3) オルソ化した画像の納品図郭

①各座標系ごとに指定する左上座標値 (X, Y) を基準として 10km×10km のメッシュを南方向及び東方向に連続して設定し、そのうち取得範囲にかかるメッシュを提出図郭とし、図郭ごとに切り出して提出すること

SPOT 衛星の撮影幅は東西 60 km の性能があるが、高解像度衛星の撮影幅は各衛星で 5 km～20 km と狭くなる（撮影幅が広い次期光学ミッションを除く）。

現在は撮影幅が広いため納品図郭 10km×10km 内の撮影日は同じことが多いが、撮影幅が狭いと納品図郭 10km×10km 内に複数の撮影日画像が混在する可能性があり、差分抽出ソフトで適切に処理が行えるか検証する必要がある。森林の変化抽出では二時期の納品図郭単位で自動的に処理するため、可能な限り納品図郭内の撮影日は同じものが望ましいといえる。

4. 9 まとめ

今後の衛星画像データを利用した保安林の管理にあたり、森林の変化事例3箇所の調査・分析結果と、現行運用中や打ち上げ予定（計画中も含む）の各衛星の性能と及び現在の仕様内容を踏まえ、衛星画像データの活用に必要な事柄をまとめる。

本業務では、現在撮影に使用されている SPOT 衛星との互換性や高解像度化を考慮して Pléiades 衛星を選定した調査・分析を行った。

Pléiades 衛星が撮影した画像データは互換性に問題は無く、高解像度化したことでこれまでより小規模な森林の変化も抽出することが可能な衛星の性能であった。

しかし、衛星性能の撮影面積に関しては現在全国を1年で撮影可能な SPOT 衛星と比較すると、2～3年の撮影期間が必要になるものと想定される。

SPOT 衛星は1日に300万km²の範囲を撮影する能力があるが、現在の保安林情報整備事業では日本の面積37.8万km²を1年かけて撮影する計画で実施されている。

これは、光学衛星の特徴として撮影地上空に雲がある場合は地表面を観測できないため、現行仕様の雲量10%を満たすために、森林域に雲域が少なくなるように同一か所を複数回撮影し、もっとも良い画像を選抜して整備しているからである。

また、衛星性能の撮影幅については、一度に幅60kmを観測可能な SPOT 衛星と比較すると、Pléiades 衛星は幅20kmと狭いため、より多くの撮影が必要となる。図23に、東京都を例にした整備範囲と衛星の撮影幅の関係を示す。

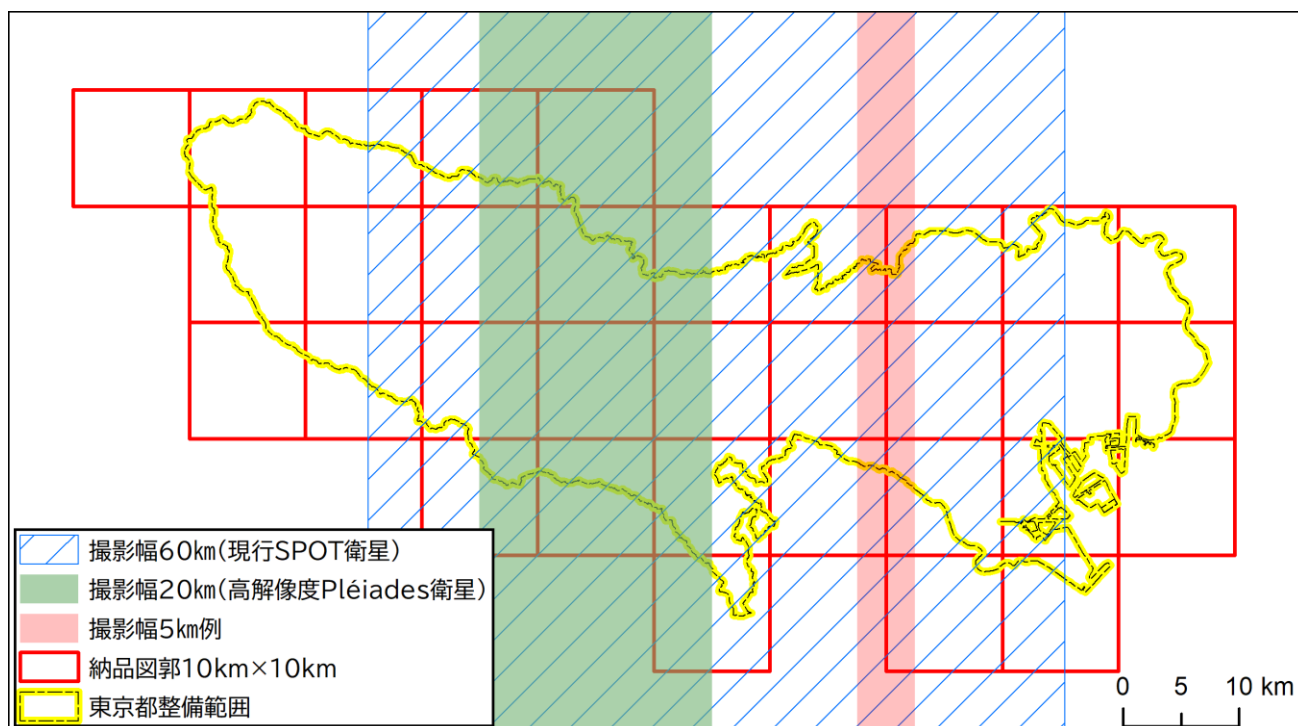


図23 東京都整備範囲と撮影幅

東京都の例では、SPOT 衛星は撮影幅が広いいため画像間に隙間ができないよう重複撮影も考慮しても東西方向で2～3回程度の撮影で隙間無くカバーできる。なお、雲量も考慮しさらに複数回の撮影が行われ

ている。撮影幅 20km の Pléiades 衛星では、東西方向で 6 回以上が必要となり、1 年間の撮影機会のなかで積雪および落葉時期以外の晴天日数を考慮すると、撮影幅の狭い衛星は撮影可能回数に課題がある。また、撮影幅が狭い場合、納品図郭内で複数撮影日が混在することが想定され、森林の変化差分抽出作業が煩雑になることも予想される。

以上の点を踏まえて、今後の保安林の管理で衛星画像データを活用する際に必要だと思われる衛星の性能を表 12 に示す。現時点でこの性能のすべてを満たす衛星は、SPOT 衛星又は現在計画中の次期光学ミッション衛星であると考えられる。

表 12 必要な衛星の性能

	性能
撮影能力	全国を1年で撮影できる能力
観測幅	広いことが望ましい
解像度	1.5m以下
バンド数	4バンド以上

保安林の適切な管理のため 2005 年より導入された衛星画像は、全国（沖縄県を除く）を 2 分割した整備範囲（奇数年整備範囲・偶数年整備範囲）で、同一都道府県を 2 年間隔の撮影が行われている。

これまでの約 20 年間で継続して撮影・活用されてきた衛星画像は、国土の変化が記録されている貴重なデータであり、今後も現状と同様の整備範囲を同間隔で撮影することが可能な衛星の撮影能力が重要な事柄といえる。

ただし、SPOT 衛星については表 9 のとおり設計寿命が近いため今後の運用期間に注意が必要であり、次期光学ミッション衛星の打ち上げ時期も未定であるため、次期光学ミッション衛星の運用が開始されるまでの間は他の衛星を一時的に利用することも考えられるが、他の衛星を利用する場合は、撮影幅の問題で 2 年間隔での撮影が困難になることも考えられるので、3 年間隔での撮影に切り替えることや、全国で一斉に衛星を切り替える前に単独の都道府県で試験導入するといった対応も検討が必要となる。

参考 QGIS を利用した変化抽出箇所カラー合成画像の作成方法

1 はじめに

報告書本文中で利用した二時期の NDVI 画像を合成して森林の変化箇所を視覚的に強調する変化抽出箇所カラー合成画像の作成方法について、QGIS での操作手順を記載します。

○利用したソフトウェア

QGIS3.34

○用意する衛星画像データ

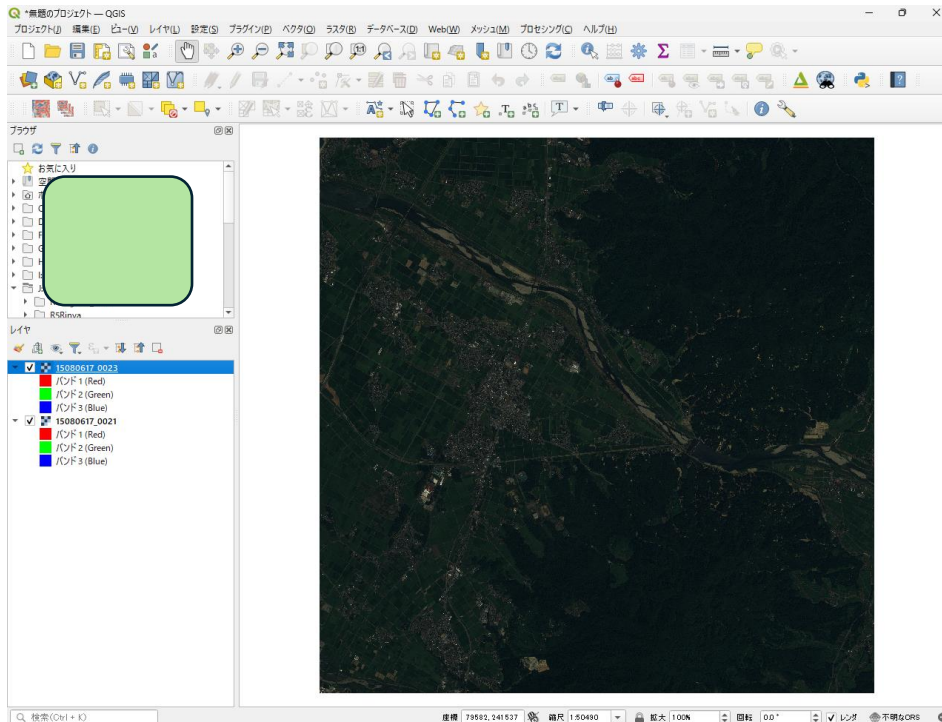
期首および期末の二時期のファイル

※カラーオルソ衛星画像データは、バンド1に赤波長、バンド2に緑波長、バンド3に青波長、バンド4に近赤外波長の順番でデータが格納されています。

バンド1	赤波長
バンド2	緑波長
バンド3	青波長
バンド4	近赤外波長

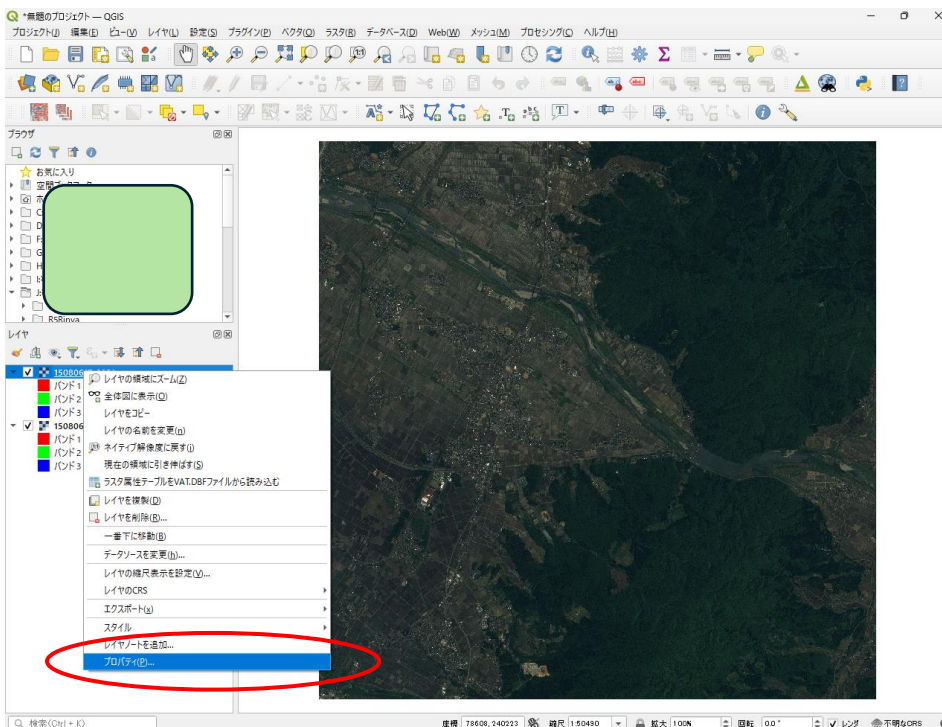
2 カラーオルソ衛星画像データの表示

二時期のカラーオルソ画像を QGIS へ追加します。



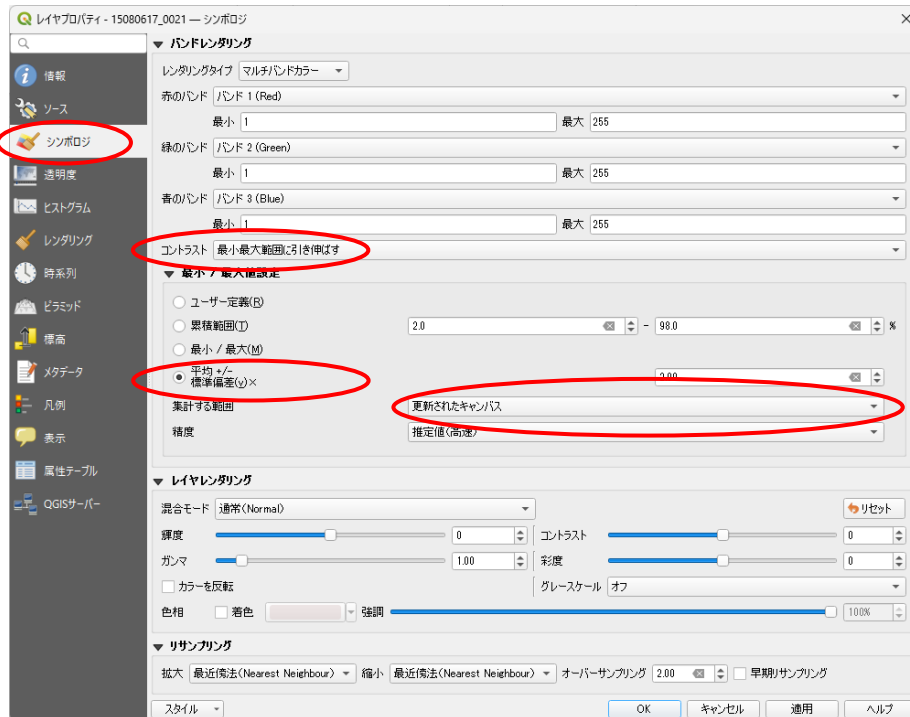
QGIS の設定によっては画像が暗く表示されています。色が固定された空中写真オルソと異なり、4 バンドのカラーオルソ衛星画像では適切な色調で表示するよう設定が必要です。

レイヤウィンドウのカラーオルソ衛星画像を右クリックし、「プロパティ」を開きます。

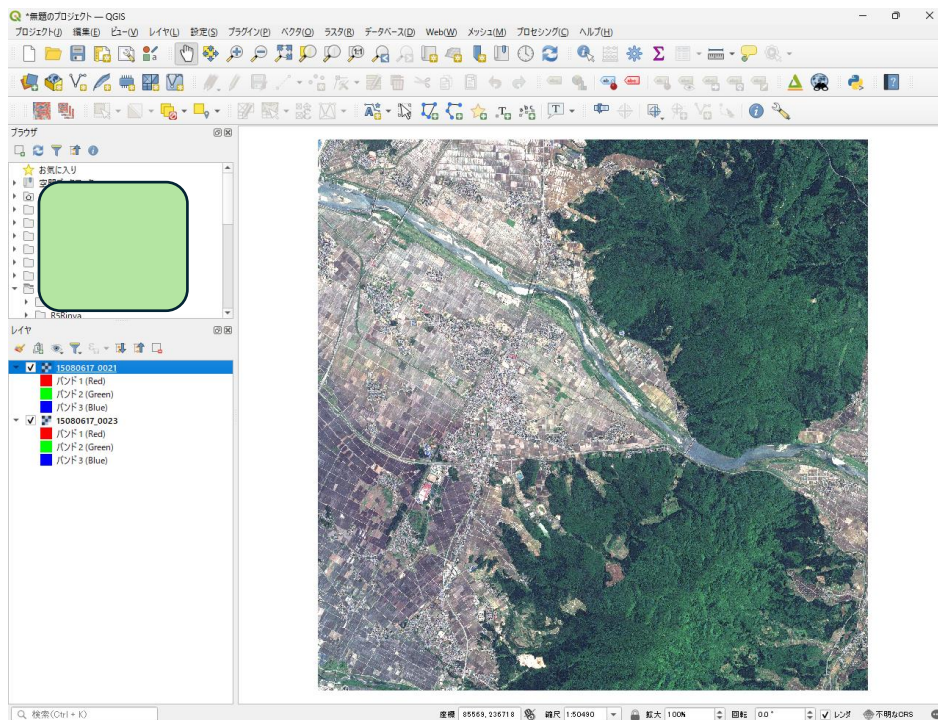


レイヤプロパティウィンドウ左側の「シンボロジ」タブを選択し、「コントラスト」を「最小最大範囲に引き伸ばす」に変更します。

この例では他に、「最小/最大値設定」の設定を「平均+/- 標準偏差」、「集計する範囲」を「更新されたキャンバス」とします。

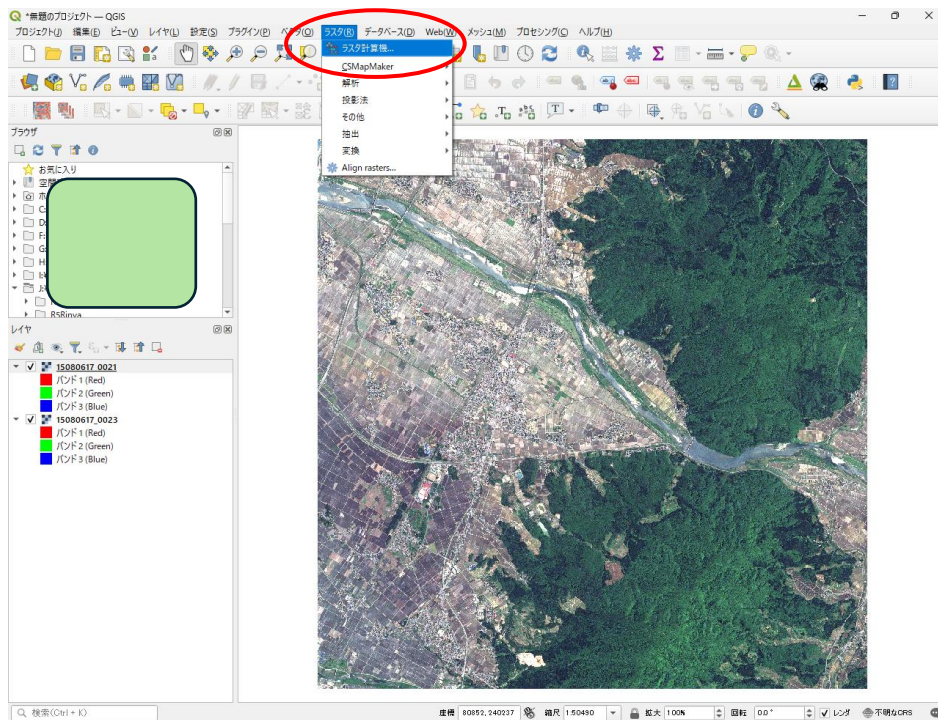


明るい色調で表示されました。同様の操作をもう一枚の画像で行ってください。



3 二時期 NDVI 画像の作成

メニューバーの「ラスタ」内にある「ラスタ計算機」を使用して NDVI 画像を作成します。



「ラスタ計算機」ウィンドウに NDVI の計算式を入力します。各波長と対応するバンドは以下の通りです。

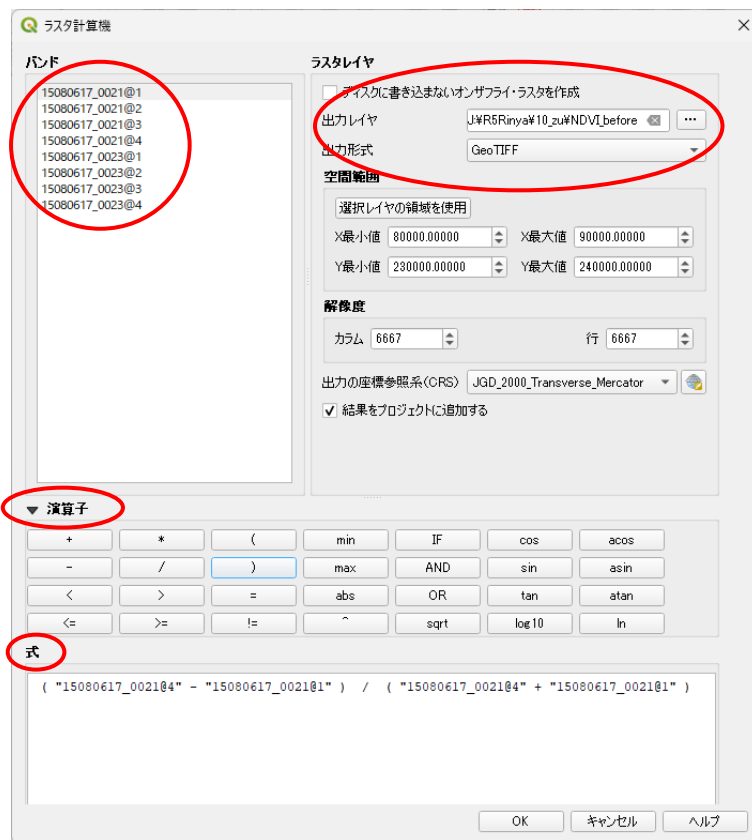
$$\begin{aligned} \text{NDVI} &= (\text{近赤外波長}) - (\text{赤波長}) / (\text{近赤外波長}) + (\text{赤波長}) \\ &\quad \downarrow \\ \text{NDVI} &= (\text{バンド4}) - (\text{バンド1}) / (\text{バンド4}) + (\text{バンド1}) \end{aligned}$$

「ラスタ計算機」ウィンドウの左上のバンド内に、二時期のカラーオールソ衛星画像がバンド順に表示されています。ファイル名の最後の数字がバンドを表しています。

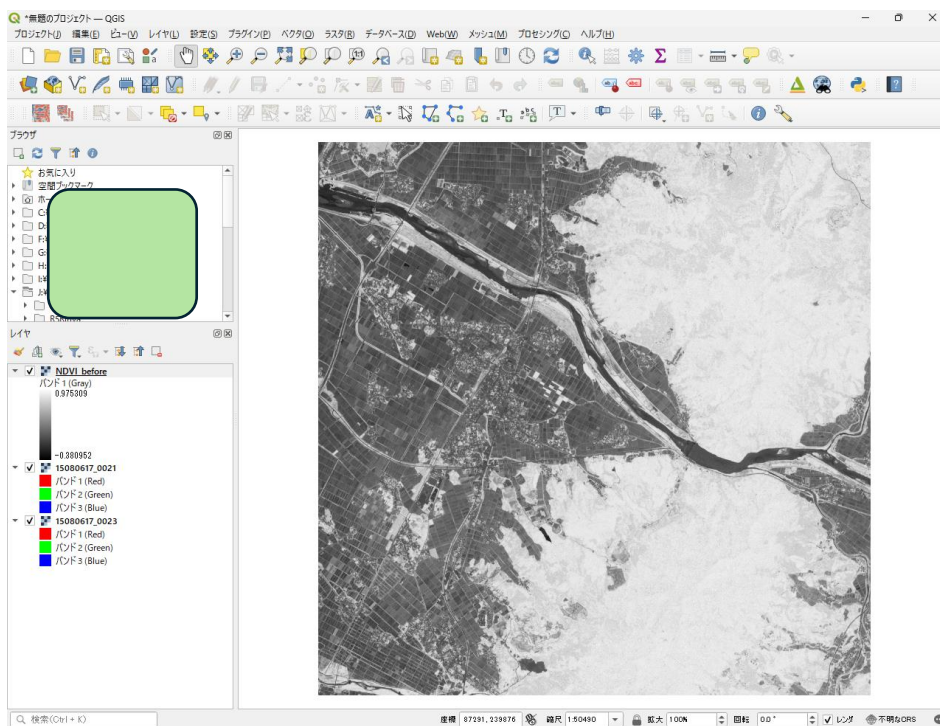
近赤外波長（バンド4）をダブルクリックすると「ラスタ計算機」ウィンドウ下部の「式」にバンドが追加できます。

また NDVI 式は「演算子」ボタンをクリックすると「式」に記号が追加できます。

NDVI 式の入力後、右上の「ラスタレイヤ」の「出力レイヤ」で NDVI 画像を保存してください。この例では期首画像を「NDVI_before」 期末画像を「NDVI_after」で保存しました。

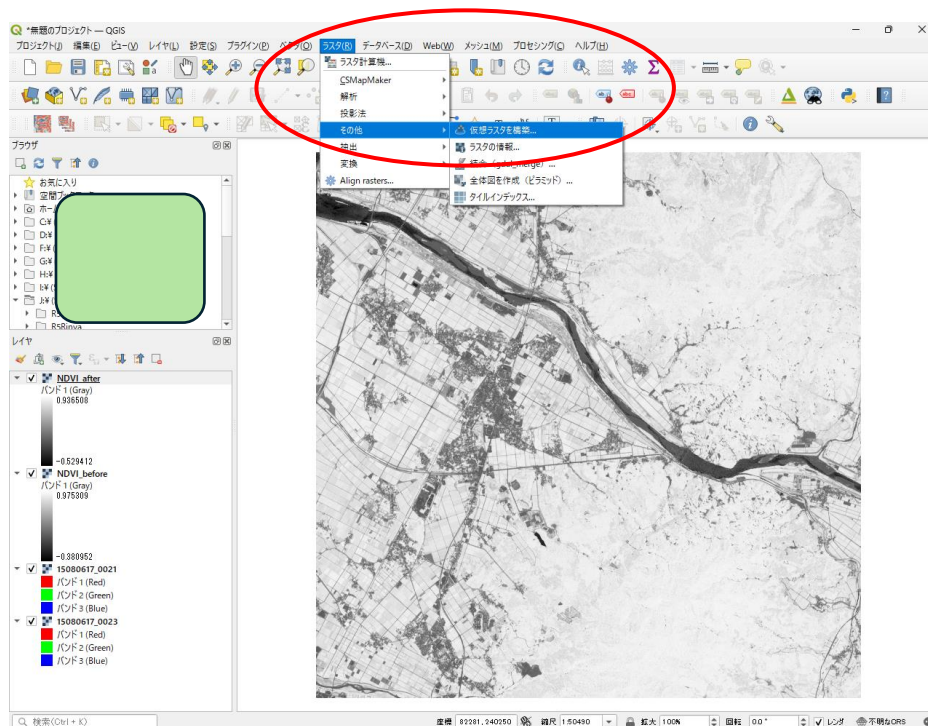


計算した NDVI 画像が表示されます。白色が NDVI 値の高い箇所、黒色が NDVI 値の低い箇所を表しています。同様の操作をもう一枚の画像で行ってください。

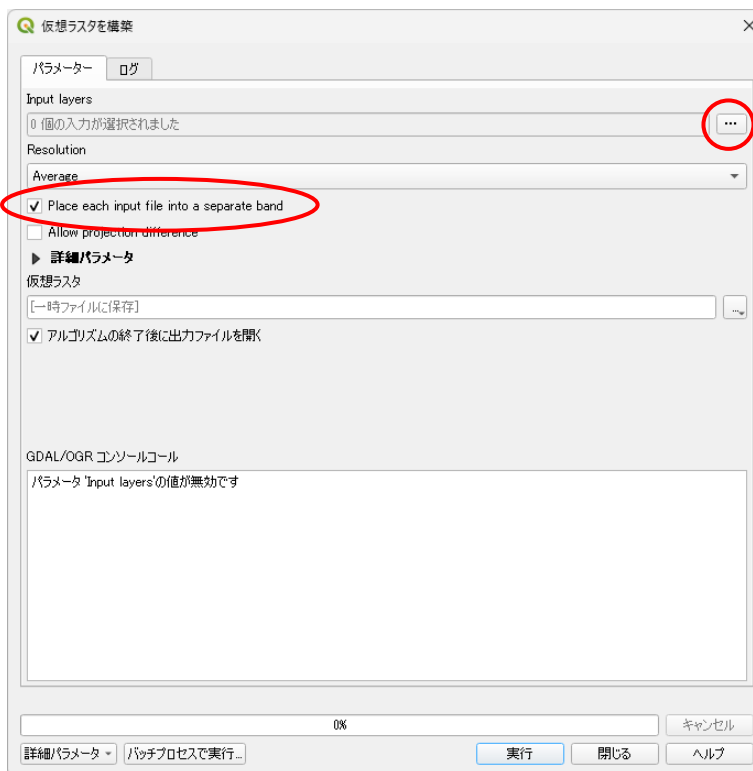


4 変化箇所抽出カラー合成画像の作成

作成した二時期のNDVI画像から変化箇所抽出カラー合成画像を作成します。メニューバーの「ラスタ」内にある「その他」機能の「仮想ラスタを構築」を利用します。

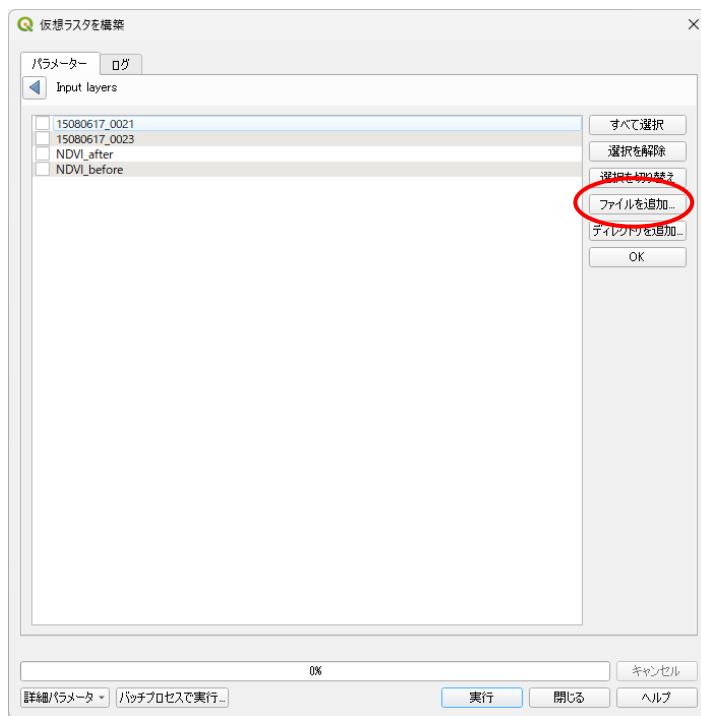


パラメータタブの「place each input file into a separate band」にチェックを入れてください。その後、「input layers」右側の「・・・」ボタンをクリックします。

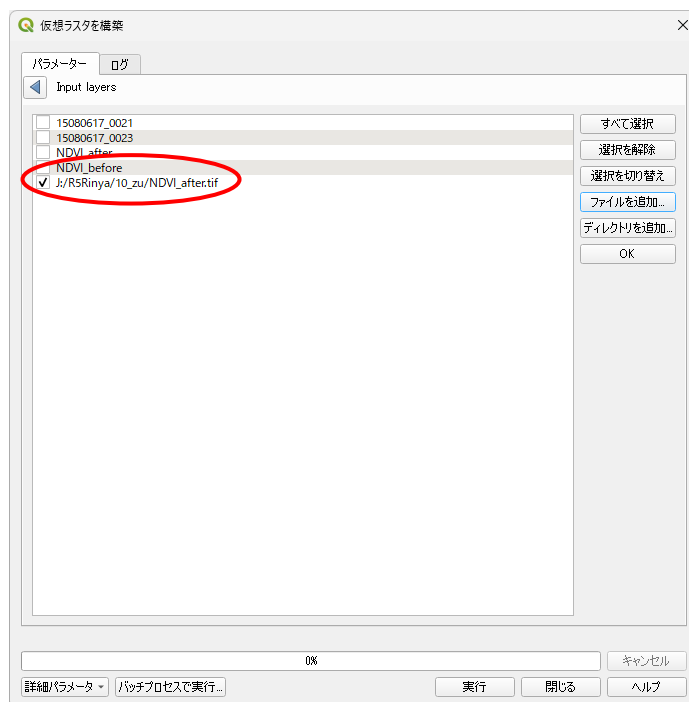


変化箇所抽出カラー合成画像は、赤色に期首 NDVI 画像、緑色に期末 NDVI 画像、青色に期末 NDVI 画像を格納して合成画像を作成します。

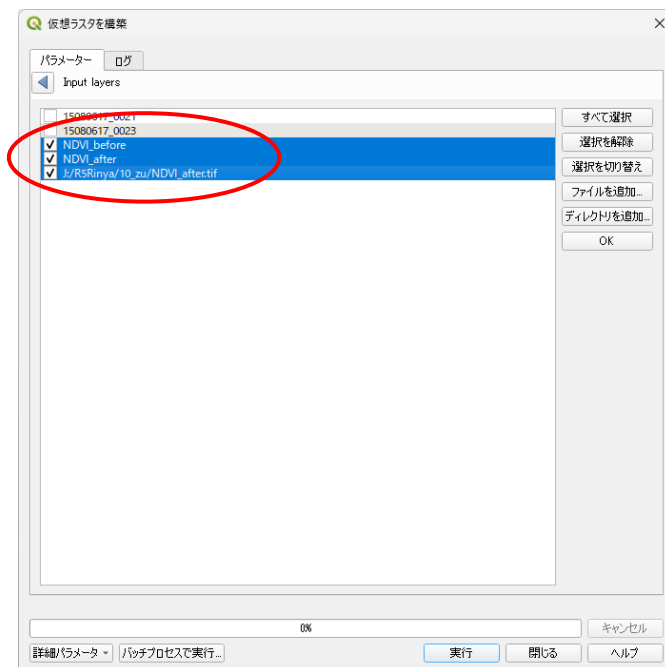
この状況では期首画像「NDVI_before」と期末画像の「NDVI_after」の2ファイルのみが表示されています。期末画像を追加するために、「ファイルを追加」ボタンをクリックして保存済み「NDVI_after」を追加します。



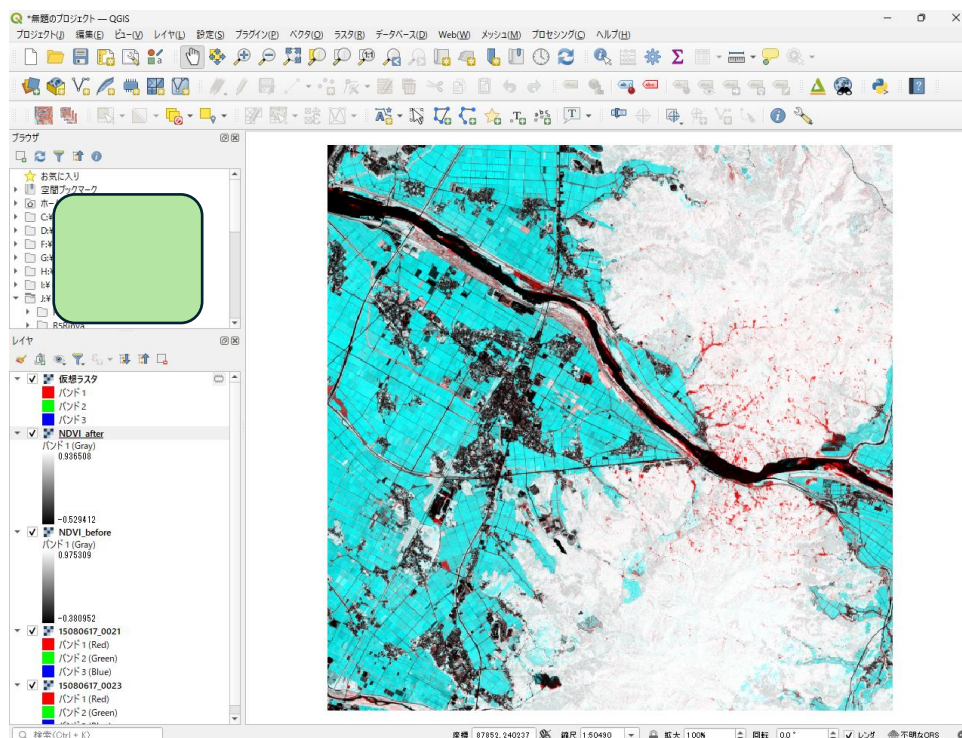
ファイルが追加されました。



この「仮想ラスタを構築」は、ウィンドウに表示されたファイルを上から順番に画像を合成するため、使用する期首期末 NDVI 画像ファイルのチェックを入れ、上から順番に期首・期末・期末となるようドラックして順序を整えます。以下の図のように並べ替えたら「実行」をクリックするとカラー合成画像が作成されます。



作成したファイルは仮想ラスタのため、「レイヤ」ウィンドウで仮想ラスタファイルを右クリックし「エクスポート」「名前をつけて保存」機能で保存してください (Tiff 形式等)。



赤色で表示された箇所が二時期で NDVI 値が減少した箇所 (森林→崩壊・伐採等)、青色で表示された箇所が NDVI 値が増加した箇所 (伐採地→植林等、この例では田植え前→田植え後) です。