



衛星データ活用による農地の違反転用の 監視手法の効率化検討業務

令和5(2023)年3月
農林水産省

1. 業務目的

背景

違反転用

早期発見

農地パトロール

- ①農地の違反転用は発生から時間が経過するほど原状回復が困難
- ②是正に向けては違反転用が行われた際の早期発見が重要
- ③農林水産省では各種通知の発出等によって農業委員会による農地パトロールの取組指導を実施

課題

人手不足

現地確認に時間を要する

自治体のマンパワーが不足する中で、農地パトロールによる十分な現地確認ができないために、必ずしも早期発見に結びついておらず、是正が困難な案件も発生

実施方針

効率化

衛星画像

低コスト

- ①農地の違反転用の監視効率化を図るため、複数の衛星画像データと画像解析技術を駆使し、違反転用の監視技術の実証及び農業委員会等が衛星画像データを活用するための手法を調査、検討
- ②本業務完了後の実運用を意識し、材料及び解析費用を抑制した調査全体の流れを意識

2. 実証地の選定

実施方針

- ①当省の調査結果に基づき、**転用申請の多い市町村**を選定
- ②**衛星画像等を活用した農地利用状況調査の取組実績のある市町村**を選定
- ③上①②の市町村のうち、農地転用申請及び農地台帳等の**農地情報の提供及び現地調査**を農業委員会へ依頼・協議

(1) 転用申請の多い市町村

- 転用申請数は、都市部近郊の人口が比較的多い市町村が多い傾向がある。
- 転用申請が多いことが、違反転用が多いわけではない。

2市町(X市及びY市)に依頼・協議

(2) 衛星画像の取組実績がある市町村

- 農地台帳がGISデータとして整備されていること。
- 加えて、農地利用状況調査等で、衛星画像等の利用実績がある市町村に相談する。

2市町(A市及びB町)に依頼・協議

(3) 農地情報の提供及び現地調査

- 依頼・協議を行った4市町については、農地台帳及び農家台帳はGISと連携のうえ、整備されている。
- 農地転用申請については、紙面での管理が多く、デジタル化されている場合でも、GISデータ化はされていない。

農地転用申請データは本業務内でGIS化

『農林水産省:わがマチ・わがムラ』 <http://www.machimura.maff.go.jp/machi/>

項目	A市	B町	参考(全国)
耕地面積率※1	10%※4	10%※4	6.9%
水田面積率※2	40%※4	30%※4	54.4%
林野面積率※3	60%※4	80%※4	65.5%
主な農業経営体	米、果実、野菜	米、野菜 工芸農作物	
主な普通作物・工芸農作物	水稻、大豆	水稻、そば 大豆	

※1耕地面積率=耕地面積÷総土地面積 ※3林野面積率=林野面積÷総土地面積

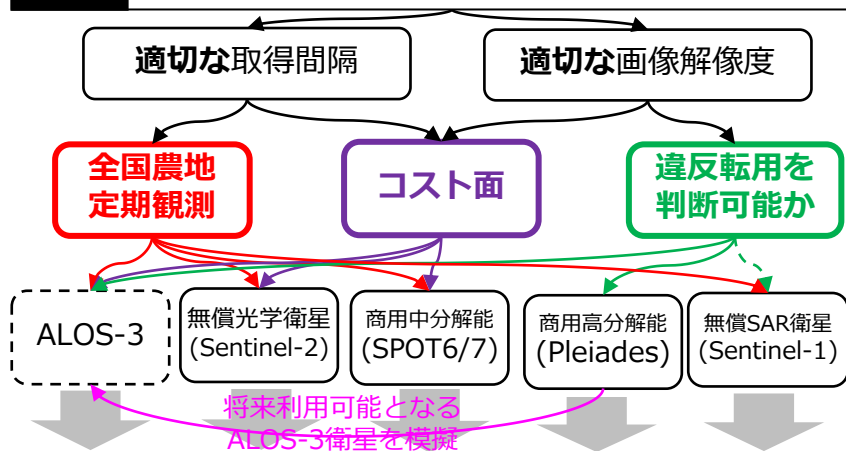
※2水田面積率=田地面積÷耕地面積 ※4小数点第一位を四捨五入

3. 衛星画像データの解析 ア 衛星画像データの取得

実施方針

- 衛星画像データは、全国農地を定期的に観測可能な**網羅性を有する衛星**を選定
- 農政業務において、衛星利用を検討する前提として、**低価格**であることが条件と理解し、**低価格及び無償**の衛星を選定
- **違反転用**を監視するという**目的を達成するために必要な画像解像度等を明確にするため、異なる画像解像度(0.5~10m)の衛星を調達**のうえ、解析技術の適用範囲を比較・評価

目的 定期的に違反転用を監視する



衛星名	打上年度	運用	解像度	観測幅	単価(税抜)
ALOS-3	不明	JAXA	0.8m	70km	-
Pleiades	2011/2012年	Airbus DS	0.5-0.7m	20km	2,400円/km ²
SPOT6/7	2012/2014年	Airbus DS	1.5m	60km	560円/km ²
Sentinel-2	2015/2017/2019年	ESA	10m	290km	-
Sentinel-1	2014/2016年 (2022/2023年予定)	ESA	5 × 20m	20km	-

目指すべき衛星画像利用

- 農政業務に利用するため、全国・毎年の**網羅性**必要
- 衛星利用という側面から、**低価格**であることが条件
- 違反転用監視という**目的に必要な画像解像度等**も必要

網羅性

- 全国・毎年の撮影が行われる**ALOS-3を主たる衛星**として想定
- その他にも、網羅性が高い**Sentinel-2及びSPOT6/7**も検討
- 複数衛星の**組合せ**も検討

低価格

- 将来、低コストで調達可能となる**ALOS-3を主たる衛星**として想定(Pleiades衛星により模擬)
- 画像解像度の観点からは厳しいと思われるが、コスト面から**無償衛星Sentinel-2**の利用も検討

必要な解像度等

- 転用種類に応じて、衛星画像に求められる画像解像度等の要件が**変化**
- 異なる画像解像度の衛星画像を調達のうえ、技術の適用範囲を明確化
- **SAR** (注) 画像の利用も検討

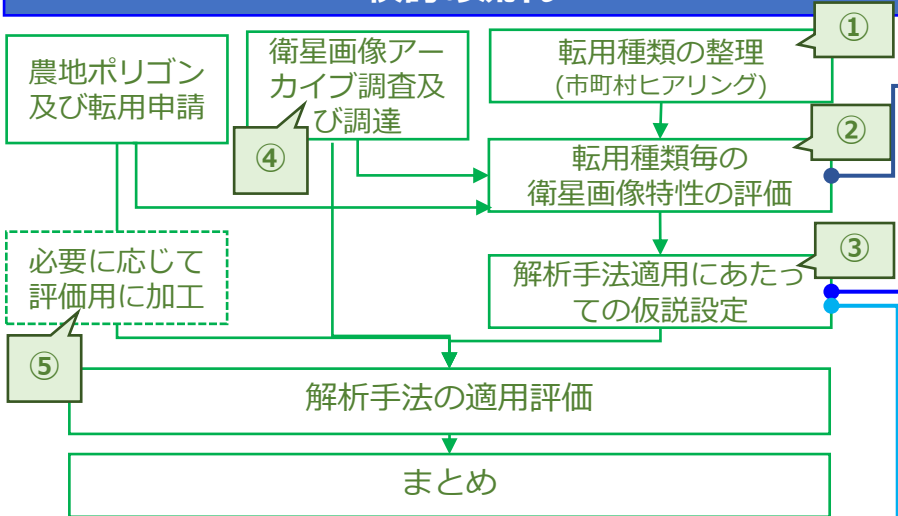
(注) SAR：合成開口レーダー。天候の影響を受けずに観測できるという特徴がある。

3. 衛星画像データの解析 イ 衛星画像データの解析

実施方針

- 転用種類毎の衛星画像特性を評価した後、各種解析手法を適用
- AI技術のみならず、従来の画像解析技術を適用することで、衛星画像活用の可能性を評価
- AI技術適用にあたっては、オープンソースを利用するとともに、各種パラメータを変更の上で評価

検討の流れ



検討の流れのポイント

- ① 違反転用となりやすい転用種類に焦点をあてた技術開発
- ② 検討なくAI技術適用し、検討・解析がブラックボックスにならないよう、転用種類毎の画像特性を整理
- ③ 上①及び②検討に基づき、解析手法の仮説を設定
- ④ 衛星画像の撮影時期の影響を検討するため、Sentinel衛星を利用し、農地及び転用種類毎の季節変化を把握
- ⑤ 転用数が少ない場合は、評価用の農地ポリゴンを追加

転用種類毎の衛星画像特性の評価

- 衛星画像(光学及びSAR)画素値の統計情報評価
- 年間を通じた画素値変化を評価(Sentinel衛星利用)
- 転用対象の大きさ等及び衛星・分解能に応じた視認性評価

画像解析技術による衛星画像データの解析

- 植生指数及び単バンドに対する閾値法適用
- SAR画像後方散乱係数^(注)に対する閾値法適用(人工構造物の強い反射点を筆ポリゴンに含む場合の検知等)
- 教師付分類(最尤法及び最短距離法等)
- ピクセルベースの分類及びポリゴンベースを検討・評価

AI技術による衛星画像データの解析

- 既存サービスとして利用されるアクタバを利用
- 上以外に、機械学習オープンソース(Tensor Flow)を利用し、下記項目を評価・報告

物体検知

セグメン
テーション

学習モデル
構築方法

学習モデル
解析パラメータ

(注) 後方散乱係数：衛星からレーダーを發し、地表から帰ってきた強度を数値化したもの。地表面の凹凸が多いほど値は大きくなり、画像は明るく表示される。

4. 衛星画像データの解析

Ⅰ 衛星画像データの解析: 衛星画像特性の評価

転用種類毎の衛星画像特性の評価

- 衛星画像(光学及びSAR)画素値の統計情報評価
- 年間を通じた画素値変化を評価(Sentinel衛星利用)
- 転用対象の大きさ等及び衛星・分解能に応じた視認性評価



転用の対象となる被覆：
ソーラーパネル、駐車場、宅地、道路、資材置場
転用と区別すべき被覆：
農地（田、畑）、森林

転用種類毎の衛星画像特性の評価の流れ

- ① Sentinel-2の解像度に合わせ、10mメッシュを作成。
- ② ①をもとに対象となる被覆を抽出する。
- ③ ②で選定したメッシュの画素値を集計する。



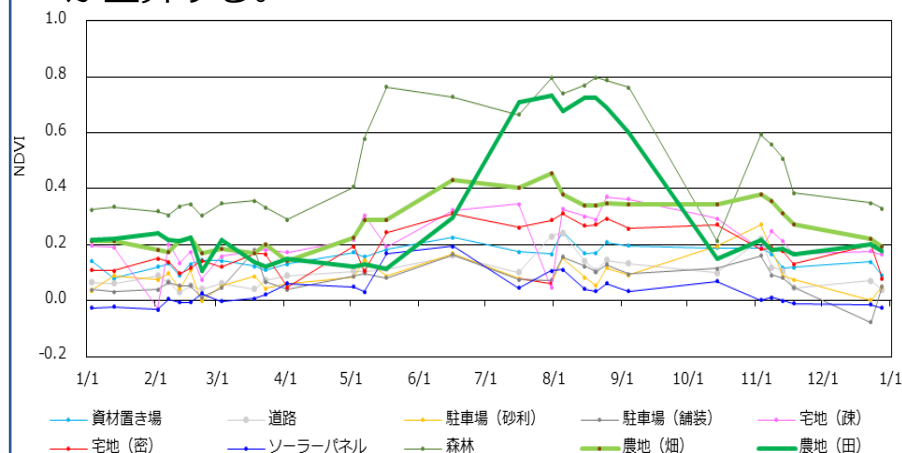
- 被覆に対し、可能な限り連続する9つのメッシュを1地物として扱い、地物の中央部分を抽出する。
- ただし、地物によっては飛び地となる場合もある。

SAR衛星

- 特徴①水張期の低い後方散乱：農地（田）は、春に後方散乱が低く、田植直後から夏季に後方散乱は上昇
- 特徴②農地（畑）の高い後方散乱：違反転用の候補となる被覆と同じく、農地（畑）の後方散乱が高い。

光学衛星

- 特徴①農地・森林の夏季植生指数：夏季において、農地（田及び畑）のNDVI^(注)は高い。
- 特徴②宅地と農地の区別：宅地は、違反転用の他候補に比べ、NDVIが高く、農地（畑）と区別しにくい。
- 特徴③農作物の生長によるNDVI上昇：農地のみが春から夏にかけて、農作物の生長によるNDVIが上昇する。



(注) NDVI：正規化植生指数。数値が高いほど植生が高いことを表す。

4. 衛星画像データの解析 イ 衛星画像データの解析: 衛星画像特性の評価

ソーラーパネルにおける集計範囲及び衛星画像の見え方

※画像上の集計メッシュはいずれも10m。

ソーラーパネルにおけるSAR衛星の後方散乱係数の推移結果

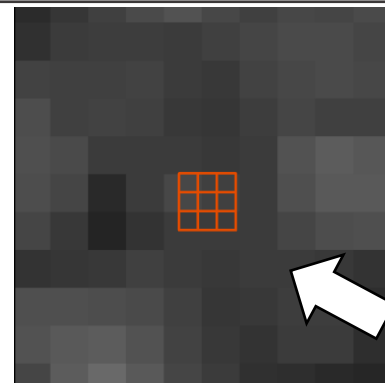
ソーラーパネルは、日中の間にできるだけ長時間太陽光が照射されるように、南向きに設置される場合が多い。Sentinel-1では南東方向から照射されるため、ソーラーパネルのパネル面でレーダーが反射する。パネル面は凹凸が少なく滑らかな平面なため、後方散乱係数は年間を通して-10dB~-7dB程度で推移した。

以上により、ソーラーパネルにおける後方散乱係数はやや低い結果となり、家屋などの二面反射のような高い後方散乱は得られず、農地との区別が困難となった。

ソーラーパネルに係る集計範囲



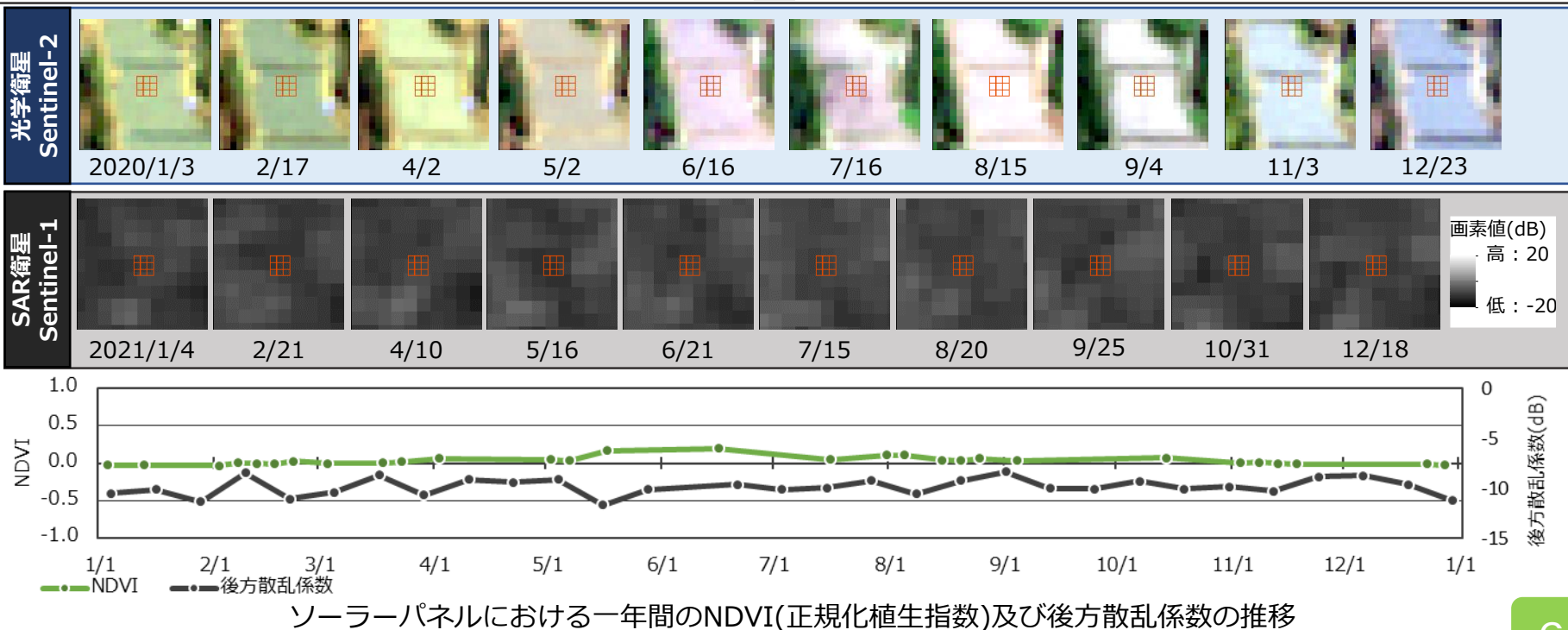
Pleiades(2022/11/6)



Sentinel-1(2021/10/31)

照射方向

ソーラーパネルの一年間の見え方



※NDVIは2020年、後方散乱係数は2021年を使用。

5. 農地の違反転用の監視を効率化する手法の開発

市町別の課題（令和4年9月ヒアリング時点）

ヒアリング項目	A市	B町
① 転用申請が多い種類	■ ソーラーパネル用地、集合住宅、個人宅地（ミニ住宅地等）へと変わるものが多い ■ 農地の一筆面積が大きく、幹線道路の開通により宅地開発が進んでいる。 ■ 申請件数で言えば個人宅地が多く、面積だとソーラーパネル用地が多い。	■ ソーラーパネル用地、個人宅地（ミニ住宅地等）、墓地へと変わるものが多い。 ■ 幹線道路の開発により個人宅地の増加や、道路計画と重なる墓地の移転が生じている。 ■ 申請件数は、昨年度実績で、4条申請が10件/年、5条申請が38件/年との事で、年によって変動はするが、農振除外（青地から白地へ）の見直しにより申請件数が少なかった。
② 違反転用（申請遅れ含む）となる可能性がある転用申請種目	■ 個人宅地化や農地の一部非農地化（小屋や道路） ■ 青空駐車場などになっているものは少ない。	■ 農地の一部非農地化（隣接する宅地の増築もしくは農具用の小屋設置） ⇒制限除外をした農業用の小屋について当初は農業用として使用していたが、今は明らかに自家用車しか止まっていない場合もある。 ■ 青空駐車場（こちらは、一筆すべてが非農地化しているケースが多い）
③ 違反転用（申請遅れ含む）が起こる原因	■ 個人宅地の場合、土地所有者が引き継いだ土地の転用申請を知らない・申請を忘れた状態で宅地化しているのが多い。 ■ 資材不足で建設完了見込みが立たない状態のまま、作業が進んでいる。この場合、地籍調査時に見つかる場合が多く、適宜指導している。 ■ 一筆の中で宅地・小屋や道路と農地が存在している原因として、転用申請は出来ているが、課税分筆が出来ておらず、ポリゴン内の地目が混在している土地登記上の対応漏れが存在している。特に一筆内に存在する公道・私道の分筆漏れがかなり多い。一部非農地化。	■ 制限除外申請をせずに増築をしている場合がある。 ■ ただし、農機具を置いている場合もあるため、一律で指摘することは出来ない。 ■ 筆全体が宅地造成された場合については、発見次第、是正処置をとっている。 ■ 青空駐車場に関しても一時的に自家用車を置いている場合は、指摘はしないが、碎石を撒くなど明らかに営農できない場合は是正処置をとっている。

5. 農地の違反転用の監視を効率化する手法の開発 ア解析結果の照合

実施方針

- 将来的なALOS-3の利活用を意識し、異なる衛星画像データ毎に解析精度、解像度による精度の相違や傾向を分析
- 判読や解析精度の妥当性検証のため現地調査を実施
- ヒアリングを通して農地パトロールの現状・課題等を把握したうえで、実装時の監視手順及び農地パトロール時の留意点等を整理し併せて報告資料として作成

区分	農地転用の種類	市町別の課題（令和４年9月ヒアリング時点）				解析結果の照合に関わる主な取組事項 〔○重点取組項目　△ニーズ少のため取組み抑制〕	
		A市		B町			
		転用	違反可能性	転用	違反可能性		
住宅地	個人住宅	○	○	○	○	○	住宅及び小屋の抽出精度を照合
	貸住宅・集合住宅	○					大規模施設として抽出精度を照合
	分譲住宅					○	個人住宅同様
施設	学校					△	大規模施設として抽出精度を照合
	病院					△	大規模施設として抽出精度を照合
	工場					△	大規模施設として抽出精度を照合
	産業廃棄物処理場						廃棄物処理場における不規則な集積物の抽出精度を照合
	太陽光発電	○		○		○	ソーラーパネル本体の抽出精度を照合
道路及び導水路	道路					△	セグメンテーション等により道路の抽出精度を照合
	導水路					△	セグメンテーション等により導水路の抽出精度を照合
その他	駐車場			○	○	○	駐車する車両の抽出精度を照合
	資材置場		○			○	資材置場における不規則な資材の抽出精度を照合
	植林						植林された樹木を抽出精度を照合

5. 農地の違反転用の監視を効率化する手法の開発 ア解析結果の照合

現地調査まとめ

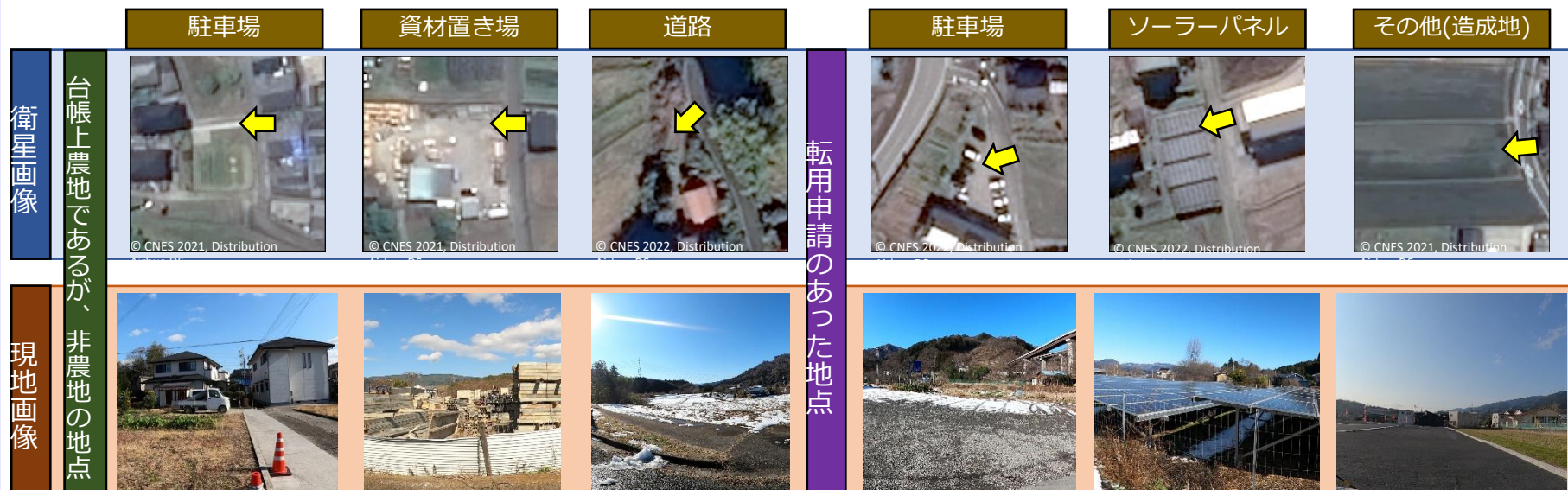
対象地域における農地ポリゴンの現地調査結果

市町村	農地	非農地							現地確認済 農地ポリゴン /総農地ポリゴン (注1)	現地確認 済転用申 請 ポリゴン
	農地	宅地	駐車場	資材置場	ソーラー パネル	道路	その他	非農地 計		
A市	739	61	40	3	1	4	6	115	854/29,551	67
B町	750	9	12	9	1	13	15	59	809/28,743	104

(注1) 農地ポリゴンは、農地台帳上で農地とされたもの。ただし、非農地は申請漏れも含む。

(注2) 転用申請ポリゴンは、転用申請の許可がおりたポリゴンを指す。

現地調査非農地地点における衛星画像及び現地の見え方



(注) 衛星画像はPleiades(空間分解能50cm)による。画像撮影日は、A市は2021/6/9、B町は2022/11/6撮影。

5. 農地の違反転用の監視を効率化する手法の開発 ア解析結果の照合

まとめ・解析手法別評価

各解析手法における精度評価結果

手法			使用画像	解析に用いる 画像数	農地・ 非農地	転用区分 の分類	結果
目視判読	目視判読		Sentinel-2	1画像	△	×	① Sentinel-2は、低分解能のためソーラーパネルや駐車場等の面積の大きな転用であれば判読可能であるが、一部転用や小規模な転用の判読は困難である。 ② SPOT6/7は、農地・非農地の判別ができ、転用区分についてもある程度の分類は可能であるが、細部の判読が厳しい。 ③ ALOS-3相当(Pleiades)によって農地・日農地及び転用区分の判別が可能となった。
			SPOT6/7	1画像	○	△	
			ALOS-3相当(Pleiades)	1画像	○	○	
衛星画像解析	閾値法	ポリゴン(NDVI)	ALOS-3相当(Pleiades)	1画像	○	×	① いずれの方法も農地(田畑)と非農地の区別は可能であるが、転用区分の特定は困難であった。 ② ポリゴンベースでは、部分的な植生によって誤分類が発生するため、ピクセルベースの方が良い。 ③ 光学衛星に対し、閾値法を設定する場合は、取得画像の条件としてNDVIをみるために植生がみられる時期の画像を用意する必要がある。
		ピクセル(NDVI)	ALOS-3相当(Pleiades)	1画像	○	×	
		ピクセル(近赤外)	ALOS-3相当(Pleiades)	1画像	○	×	
	教師付分類	ピクセル	ALOS-3相当(Pleiades)	1画像	×	×	① 森林を除き、精度が低く転用地の抽出は困難であった。
	時系列解析(光学)	NDVI	Sentinel-2	複数画像	○	×	① 農地と非農地の区別は明確に分類可能であった。 ② 転用地間での誤分類が多く、転用区分の分類は困難であった。
	時系列解析(SAR)	後方散乱係数	Sentinel-1	複数画像	○	△	① 転用地の分類については、光学よりも精度が高い。 ② 農地や森林については、光学に比べて精度が低い。
機械学習	アクタバ		Sentinel-2	1画像	△	×	① 太陽光発電、宅地、駐車場などの地物全体に対して比較的面積が大きい地物であれば農地から抽出することが可能。
	画像分類	Deep Learning	ALOS-3相当(Pleiades)	1画像	×	×	① 現在の学習データでは分類の精度が低い結果となった。 ② 学習データを見直すことで精度が向上する可能性がある。

注) 衛星画像解析及び機械学習は、Pleiades衛星の目視判読及び現地調査の結果を正解データとした。

6. 農地の違反転用の監視への衛星データ活用に係るプロトタイプモデル

解析方法検討方針

- 光学衛星は、夏季の画像に対し、各解析手法の適用を検討
- SAR衛星は、高分解能SAR衛星を利用した検証を継続し、ピクセルベースでの解析を検討

解析手法の精度評価結果

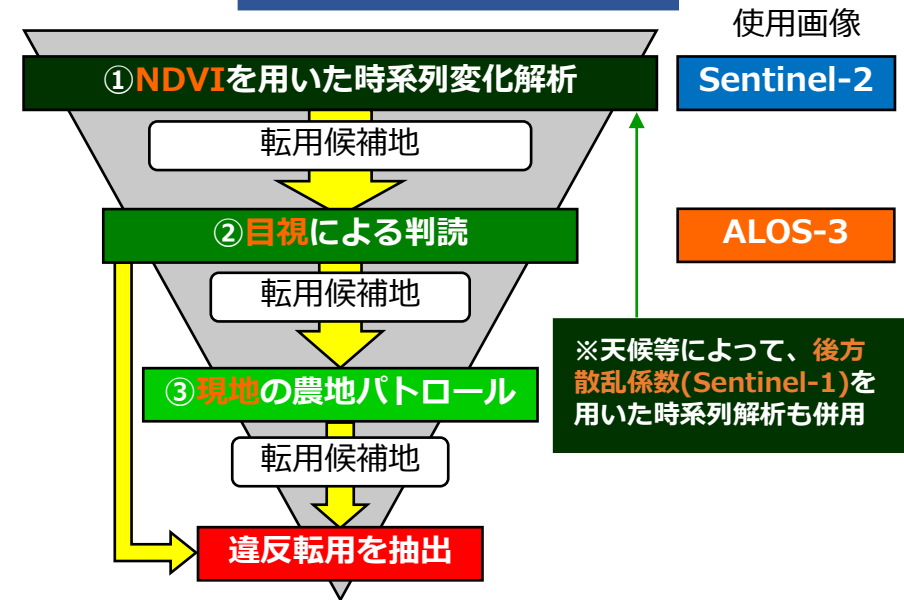
精度評価結果のまとめ

- 目視判読は、SPOT6/7程度の分解能から転用候補地の判断は可能であるが、より高分解能なPleiadesの方が細かい転用を見つけることが可能である。
→ALOS-3(空間分解能80cm)は転用候補地の抽出が十分に見込める。
- ただし、衛星画像上では建物の倒れこみ・影による影響や地物の判断が難しい場合がある。これらの転用可能性がある地物については、現地調査によって明らかにする必要がある。
- 衛星画像解析においては、閾値法と時系列変化解析は何に転用されたのかを区分することは困難であるが、農地か転用候補地かを判別することは可能であった。
ただし、閾値法はNDVIを解析できる時期の画像を準備するという制約があり、取得画像の時期によって精度が下がる可能性がある。
一方で、時系列解析は、光学・SARともに農地・非農地の判別ができる上に、Sentinel衛星のためコストを抑制できる。

社会実装に向けての方針案

衛星画像を活用した解析は、時系列変化解析によって転用可能性がある候補地を見つける上で有効であり、候補地がどのよ
うな転用をされているかは、衛星画像を目視判読することによって一定の判断が可能である。ただし、目視でも判断が難しい場合には、現地の農地パトロールで確認することでマンパ
ワーを抑えた農地の違反転用の監視が可能になると考えられる。

プロトタイプモデル



プロトタイプモデルのポイント

全国農地定期観測

全国を網羅するALOS-3、かつ定期的に撮影可能なSentinel-1、Sentinel-2

コスト面

Sentinel-2は無償、ALOS-3は政府衛星のためコストの抑制が可能

違反転用の判断可能か

段階的に候補地を絞ることで現地での負担を削減

7. 社会実装に向けたヒアリング及び検討事項

実施内容・目的

- プロトタイプモデルをもとに、第2回研究会で指摘頂いた部分も踏まえて実証地の農業委員会へヒアリングを行った。
- 社会実装を見据え、現場の意見を反映したシナリオ作成を目的とする。

ヒアリング及び検討項目	回答
① 農業委員会へのデータ提供に関するシナリオ想定	■ 転用申請の許可後すぐに転用される場合も多くないため、リアルタイムな情報提供は求めている。 ■ 昨年度の衛星画像データの変化をもとに転用候補地を抽出し、年度始めから昨年の転用状況を確認し、違反転用があれば是正指導できるようにしたい。
② プロトタイプモデルの実運用時の、転用候補箇所が多い場合について	■ 転用候補地が多い場合のパトロールについて、候補地の地理関係によるものも多いため、数量での議論は難しい。 ■ ①の回答に関係するが、あまりにも数が多い場合はその年の農地パトロールに合わせて実施したい。
③ 畑作が多い地域に関する転用候補地のデータ提供	■ 1年間の時系列変化では畑地と転用地の誤分類が生じやすくなるため、解析に用いるデータ期間を複数年度とする。 ■ ①の回答に関連し、複数年度の解析で合ってもあくまで昨年までの転用情報を抽出するため、データ提供に問題はない。