

第 6 章 ドローン、人工衛星画像調査

6.1 ドローンを用いた農地の画像撮影および撮影画像の解析

6.1.1 ドローン撮影画像を用いた調査

県内の沿岸域の赤土等堆積状況、陸域の土地利用状況や対策実施状況を広く把握するため、ドローン画像、人工衛星画像を用いた調査を行った。

ドローン画像は、離島含む県内農地 6,000 ha 以上を撮影して取得し、取得したドローン画像を解析し、農地の地形特性（主に勾配）、利用状況（非植生地と植生地の分類）、作付け作物（サトウキビ、野菜などの面的解析と果樹等の点的解析）、赤土等流出防止対策の実施状況等を把握する。

本年度業務においては、宮古島と石垣島において 13,221ha の範囲で撮影を行った。

(1) 調査項目

調査項目の一覧を以下に示した。

表 6.1-1 調査項目一覧

調査項目	数量	摘要
ドローン撮影	1回	秋季を中心に撮影
画像による情報収集	1式	陸域 ・農地の利用状況 ・農地の赤土等流出防止対策の有無 ・土地利用の変化 海域 ・赤土等堆積状況 ・サンゴ等生物分布状況

(2) 調査方法

1) ドローン撮影

撮影は DJI 社の Phantom 4 Pro V2.0 と Mavic 3 Multispectral を使用した。

撮影した画像の地上解像度が 5cm を確保できるように、高度約 150m 上空より撮影を行うように事前にフライトプランを作成し、撮影を行った。

以下に、撮影に用いた Phantom 4 Pro V2.0 を示す。



2) ドローン撮影範囲

ドローン撮影は、宮古島・石垣島の計 13,221ha の範囲で静止画の撮影を行った。以下に地域別撮影地域(ha)詳細を示す。

なお、農地の面積は筆ポリゴン(2023 年公開版)より算出した。

表 6.1-2 撮影農地面積と撮影面積

地域	撮影農地面積 (ha)	撮影面積 (ha)
宮古島	5,610	9,393
石垣島	1,386	3,828
小計	6,996	13,221

※表中の「撮影面積(ha)」は農地を撮影する際に生じる、農地以外の範囲を含めた実績撮影面積を示す。

以下に、宮古島と石垣島の撮影予定範囲を示す。

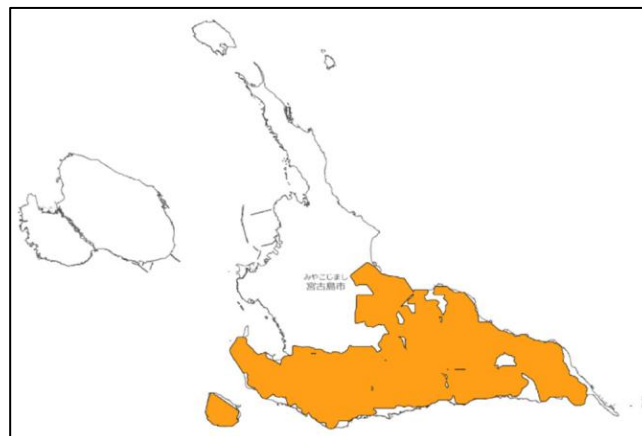


図 6.1-1 影範囲図(宮古島)

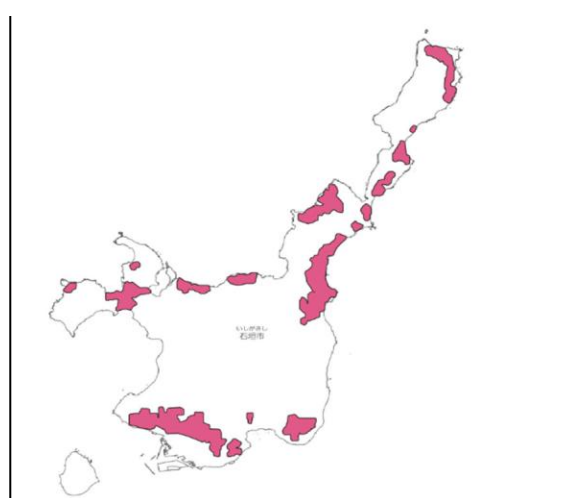


図 6.1-2 撮影範囲図(石垣島)

(3) 撮影実績

撮影した画像枚数は、宮古島は 40,712 枚、石垣島は 13,654 枚となった。

以下に、宮古島の撮影範囲を示す。緑色の枠は、撮影範囲を包含した矩形を示している。



以下に、左下の来間島の区画の画像解析によって作成したオルソ画像を示す。



以下に、石垣島の撮影範囲を示す。緑色の枠は、撮影範囲を包含した矩形を示している。

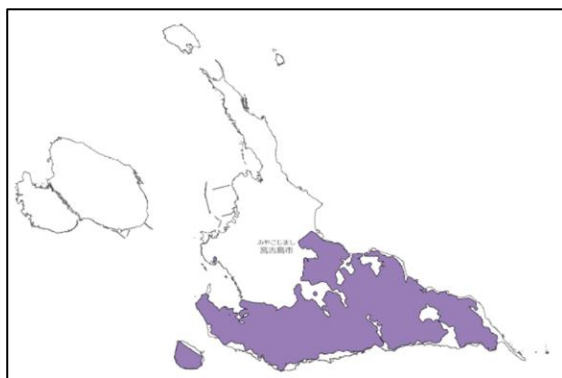


以下に、左上の川平湾西の区画のオルソ画像を示す。

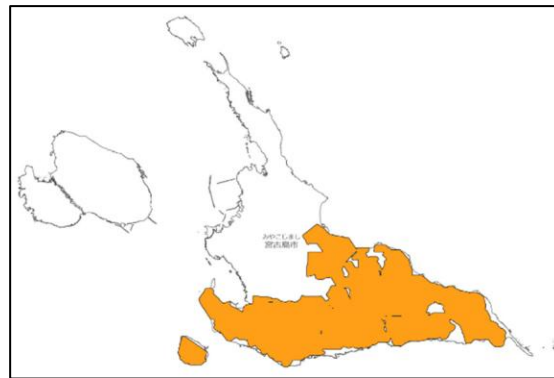


(4) 撮影予定エリアと実際に撮影したエリアの対比

ドローン空撮の予実を示す。空撮予定エリアと実際の撮影エリアの撮影範囲図を以下に示した。

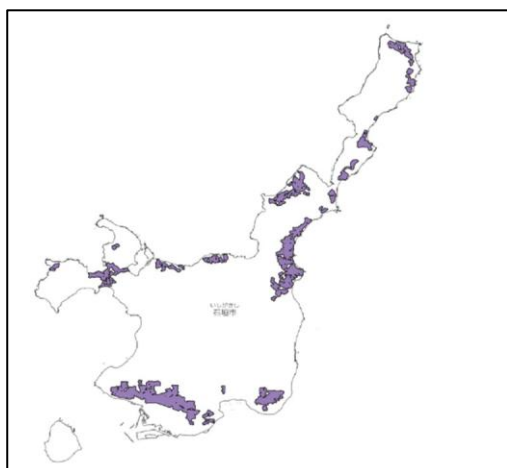


撮影予定エリア

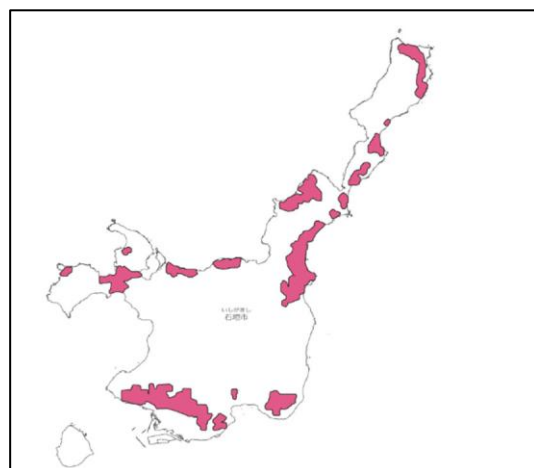


実際の撮影エリア

図 6.1-3 撮影予定エリアと実際の撮影エリア(宮古島)



撮影予定エリア



実際の撮影エリア

図 6.1-4 撮影予定エリアと実際の撮影エリア(石垣島)

これらの図による対比から、宮古島・石垣島ともに撮影予定エリアを十分にカバーできていることが確認できた。

(5) その他

ドローン撮影に際しては、必要に応じ航空法、小型無人機等飛行禁止法等に基づき申請手続きを行うと共に、自治会等に周知連絡を行った上で調査を行う。

6.2 人工衛星画像を用いた調査

6.2.1 陸域を対象とした人工衛星画像調査

(1) 調査内容

調査項目を表 6.2.1-1 に示した。

表 6.2.1-1 調査項目（人工衛星画像を用いた陸域調査）

調査項目	数量	摘要
人工衛星画像取得	3回	・ 春季、秋季、冬季の画像取得 & 解析
画像解析	1式	陸域 ・ 土砂崩れや比較的大きな改変(開発事業)状況 ・ 農地の被覆状況

(2) 調査方法

1) 人工衛星画像の取得

(a) 人工衛星「Sentinel-2」の概要

人工衛星画像は、人工衛星「Sentinel-2」によって撮影された画像を取得した。なお、これらの画像は、web にて無償で公開されている。表 6.2.1-2 に「Sentinel-2」の概要を示した。

表 6.2.1-2 Sentinel-2 概要

打ち上げ	Sentinel-2A(2015年6月23日)、Sentinel-2B(2017年3月7日)	
センサ名	MSI(MultiSpectral Instrument)	
軌道高度	786km（太陽同期極軌道）	
波長・分解能など	マルチスペクトルの波長 中心波長(バンド幅)	分解能
	band2 青緑 490nm(65nm) band3 緑 560nm(35nm) band4 橙 665nm(30nm) band8 近赤外 842nm(115nm)	10m
	band5 赤 705nm(15nm) band6 近赤外 740nm(15nm) band7 近赤外 783nm(20nm) band8a 近赤外 865nm(20nm) band11 中間赤外 1610nm(90nm) band12 中間赤外 2190nm(180nm)	20m
	band1 濃紺 443nm(20nm) band9 近赤外 945nm(20nm) band10 中間赤外 1375nm(30nm)	60m
観測幅	290km	
センサ1画素あたりの情報量	12bits	

(b) 画像の取得

沖縄県周辺における Sentinel-2 画像のエリア区画を図 6.2.1-1 に示した。画像は区画別に提供されており、「T52RBQ」等の名称がつけられている。

本業務では、沖縄本島、久米島等を含む「本島エリア」、宮古島、石垣島、西表島等を含む「先島エリア」と大きく二分し、本島エリアでは 4 区画、先島エリアでは 5 区画より構成する。

画像の取得に際しては、図 6.2.1-1 に示した区画ごと、また春季(令和 5 年 4 月 20 日～6 月末)、秋季(令和 5 年 10 月～11 月)、冬季(令和 6 年 1 月～令和 6 年 2 月 23 日)の 3 季毎に、雲量が少ない画像を選定した。

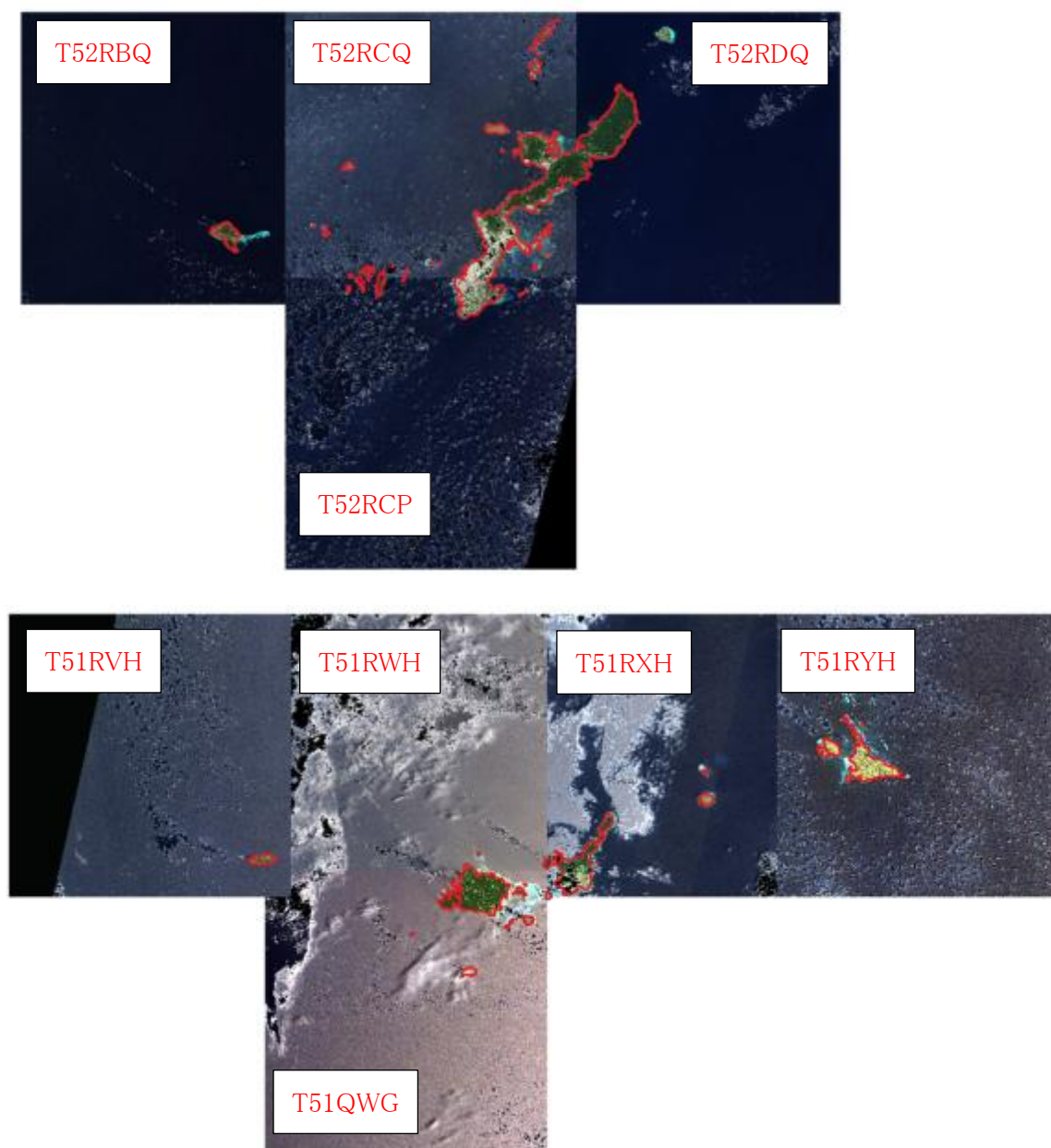


図 6.2.1-1 沖縄周辺における Sentinel-2 区画エリア(上図:本島エリア、下図:先島エリア)

2) 解析手法概要

前述した取得画像を用いた、各種解析方法概要を以下に示した。

(a) 陸域:土砂崩れや比較的大きな改変(開発事業)の抽出解析

陸域における土砂崩れや比較的大きな改変(開発事業)の抽出解析にあたっては、以下のフローで実施した。

表 6.2.1-3 陸域:土砂崩れ等大きな改変箇所抽出フロー

手法概要：土砂崩れや大きな改変箇所抽出		備考 (注)
1	衛星画像から、海域の除去	3) (d)
2	衛星画像から、SCLを使用した、雲域・雲影の除去、部分合成	3) (e)
3	バンド間演算によりNDVI(正規化植生指数)を算出し、植生が無いエリアを抽出する。	3) (f)
4	バンド間演算によりGSI(粒径指数)を算出し、粒径が細かいエリアを抽出する。	3) (f)
5	植生が無く、かつ粒子が細かいエリアを「裸地エリア」として抽出する。	3) (f)
6	裸地エリアから圃場範囲の除去(注：圃場における裸地は次項目で対応)	-
7	裸地エリアから海岸砂浜帯の除去	-
8	裸地エリアの内、3,000m ² 以上の「中規模裸地」、10,000m ² 以上の「大規模裸地」を抽出する。	-
9	各「中・大規模裸地」について、市町村名、米軍基地内かどうか等について確認し整理する。	-
#	上記を3季画像にて実施し、各「中・大規模裸地」の変動について整理する。	-

注：備考欄に示した番号は、各手法の詳細を記載した「(3)解析手法詳細」内のセクション番号である。



図 6.2.1-2 左:衛星画像、右:衛星画像からの裸地エリア抽出例

(左図:裸地の状況、右図赤枠内:10,000m²以上の大規模裸地と判定された箇所)

(b) 陸域:農地の被覆状況解析

陸域における農地の被覆状況解析にあたっては、以下のフローで実施した。なお、表内 1～5 は「土砂崩れ等大きな改変箇所抽出フロー」と同様である。

表 6.2.1-4 陸域:農地の被覆状況解析フロー

手法概要：農地の被覆状況		備考
1	衛星画像から、海域の除去	3) (d)
2	衛星画像から、SCLを使用した、雲域・雲影の除去、部分合成	3) (e)
3	バンド間演算によりNDVI(正規化植生指数)を算出し、植生が無いエリアを抽出する。	3) (f)
4	バンド間演算によりGSI(粒径指数)を算出し、粒径が細かいエリアを抽出する。	3) (f)
5	植生が無く、かつ粒子が細かいエリアを裸地エリアとして抽出する。	3) (f)
6	筆ポリゴン(農林水産省より提供されている農地範囲を一筆単位で囲んだポリゴン群)を重ね合わせ、筆ポリゴン範囲内の裸地エリアを抽出する。	-
7	市町村別に、筆ポリゴン面積と筆ポリゴン内裸地エリア面積を算出し、「農地内裸地割合」を算出する。	-
8	上記を3季画像にて実施し、「農地内裸地割合」の変動について整理する。	-

注：備考欄に示した番号は、各手法の詳細を記載した「(3)解析手法詳細」内のセクション番号である。

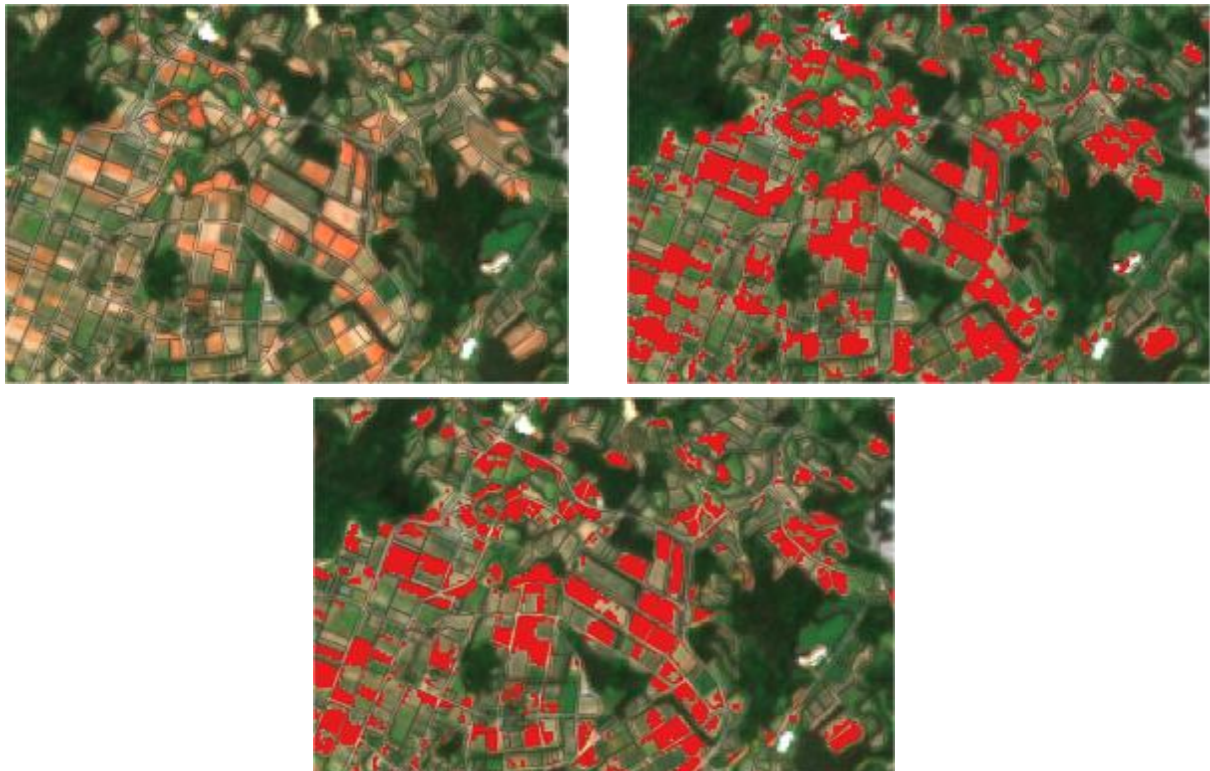


図 6.2.1-3 左上:衛星画像に筆ポリゴン重ね合わせ、右上:衛星画像からの裸地エリア抽出
下:農地(筆ポリゴン)部分のみ裸地抽出

3) 解析手法詳細

解析手法を以下に詳述する。

(a) 解析環境

解析に用いたコンピュータ、ソフトウェア、プログラミング言語等について以下に整理した。

一度に多量のデータを扱うことを前提に、処理能力の高い端末を使用した。

解析に当たっては、フリーの GIS ソフトである QGIS の使用を基本とし、Python の GIS 関連パッケージを用いて解析を行った。

なお、これら環境は、本解析を行うにあたっての一例であり、必要となる環境を示したものではない。

使用コンピューター
ワークステーション
CPU AMD Ryzen Threadripper 5975WX//3.6GHz
メモリ 256GB
GPU NVIDIA GeForce RTX 4090
OS Windows 11 Pro for Workstations
主な使用ソフトウェア
QGIS3.28.10-Firenze
使用プログラミング言語および主な使用パッケージ
Python3.10.12(gdal, geopandas, rasterio, stac等)

(b) 大気補正

Sentinel-2 画像は、L1C、L2A プロダクトが提供されている。2 者の違いとして、L1C は Sentinel-2 から撮影された生の画像で、L2A は sentinel-2 と地表面との間、大気中に存在する水蒸気やエアロゾルの除去処理を施した大気補正画像である。この除去処理は地表面からの反射光が水蒸気等の影響で散乱・吸収されることを除去し、また、日によって異なる大気の状態を一樣にする効果をもつ。本解析は陸域地表面の状態を解析するものであり、大気中の水蒸気等の影響は後述するバンド値演算において不安定な結果の要因となることから、本解析には大気補正が既に実施されている L2A プロダクトのみを使用した。

(c) 画像統合

前述した通り本島エリアでは 4 区画、先島エリアでは 5 区画の統合である。統合画像は、QGIS ラスタ機能「仮想ラスタの構築(gdal_buildvrt 関数)」により統合した画像を Geotiff 形式で保存することにより得た。

(d) 海域のマスク処理

解析に際しては、海域エリアを、あらかじめマスク処理(除外)した上で行った。

海域のマスク処理は、陸域のポリゴンファイルを国土交通省国土数値情報ダウンロードサイト(<https://nlftp.mlit.go.jp/>)等を元に準備し、QGIS ラスタ機能「マスキレイヤで切り抜く(gdal_warp 関数)」にて、衛星画像より海域を切り抜いた。

(e) 雲域及び雲影のマスク処理と部分合成

雲域及び雲影の処理については、表 6.2.1-2 にあげた各 band に追加で入手できるプロダクトの内、SCL(Scene classification map:シーン分類マップ)を使用して行った。SCL は、様々な地表タイプ(例えば、水域、植生、都市地域、土地、雲など)を識別、分類し提供されているデータであり、その内、雲域と雲影の分類データを使用して除外処理を行った。さらに雲域と雲影があることで解析できない範囲を減らすため、2〜3 枚程度の画像から雲域と雲影部分を補完し合う部分合成をし、解析用画像の準備を行った。ただし、使用した全画像で雲もしくは雲影が存在する範囲があった場合、当該箇所は依然として解析できない範囲となる。

SCL を使用した雲域と雲影の除外処理及び部分合成は、Python の rasterio や numpy パッケージ等を用いて行った。



図 6.2.1-4 左上:雲域有り画像、右上:雲域無し画像
下:部分合成画像

(f) バンド値演算

人工衛星 Sentinel-2 では、12 バンドによるマルチスペクトル画像が提供されている。これら各バンドのスペクトル値を元に演算を行うことで、対象物の特徴を抽出できる。

陸域の解析では、NDVI(正規化植生指数)、GSI(粒径指数)をバンド値演算によって求めた。なお、NDVI は植物の健全度を表す指数であり、値が大きい程植生が旺盛であることを示す。GSI は土壌の粒径の細かさを表す指数であり、値が大きい程粒径が細かいことを示す。

各指数の算出式を以下に示した。

NDVI(正規化植生指数)、GSI(粒径指数)の算出式

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

$$GSI = \frac{Red + Blue}{Red + Blue + Green}$$

※：NIR近赤外光バンド値、Red赤色光バンド値、Blue青色光バンド値、Green緑色光バンド値

裸地の抽出については、NDVI と GSI を用いた。NDVI により植生が無いエリアを抽出し、加えて GSI により土壌粒子が細かいエリアを抽出し、これら両条件を満たすエリアを裸地エリアとした。本解析では、画像の目視により NDVI が 0.4 未満かつ GSI が 0.085 以上の値を持つ範囲を裸地とみなした。解析結果の一例を図 6.2.1-5 に示した。

これらバンド値演算については、QGIS のラスタ計算機を用いて行った。

【参考資料】 衛星画像を用いた野呂川流域の斜面崩壊領域抽出の検討 (2019)石井智博 他

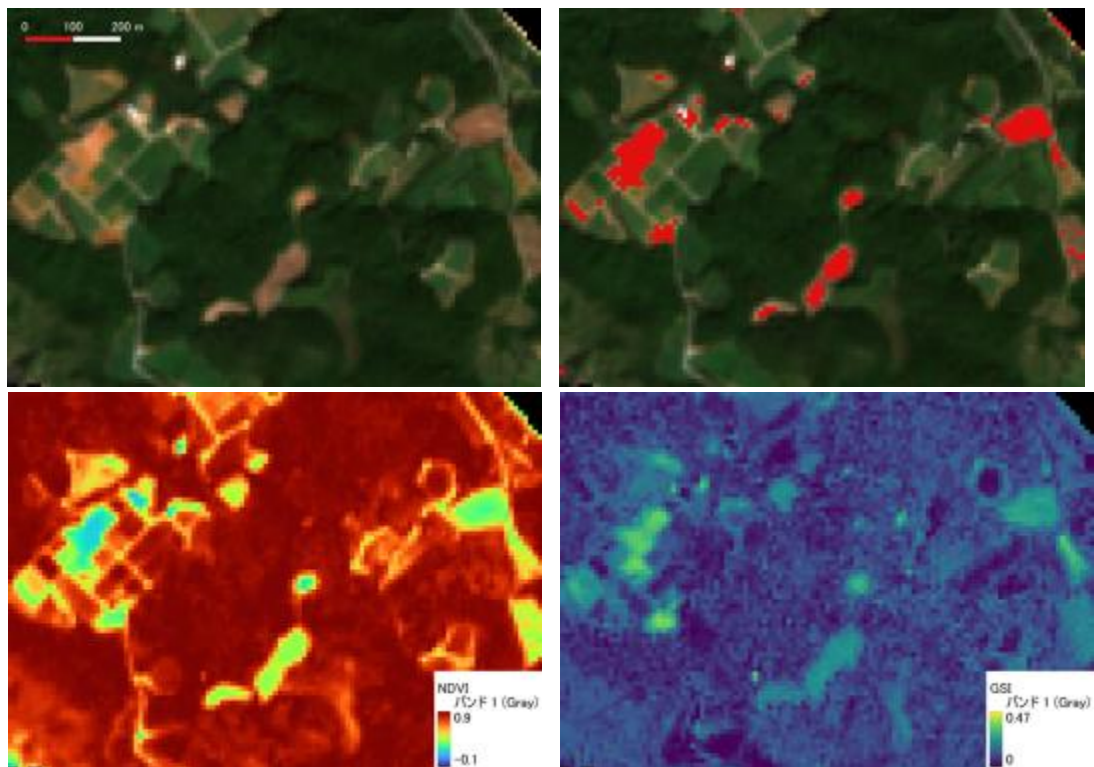


図 6.2.1-5 上左:衛星画像、上右: 裸地エリア判定例、下左:NDVI 画像、下右: GSI 画像

(3) 解析結果

1) 画像の取得、画像結合

画像の取得に際しては、図 6.2.1-1 に示した区画ごと、また春季(令和 5 年 4 月 20 日～6 月末)、秋季(令和 5 年 10 月～11 月)、冬季(令和 6 年 1 月～令和 6 年 2 月 23 日)の 3 季毎に、雲量が少ない画像を選定し、雲域と雲影のマスク処理、部分合成ができるものは 2～3 枚の画像を取得した。取得した画像ごとの撮影日を表 6.2.1-5 に示した。

なお、表中の※が付いていないものはメインに用いた画像の撮影日であり、※が付いているものは、部分合成のために取得した画像である。

表 6.2.1-5 取得画像の撮影日一覧

エリア	区画	対象地域	春季	秋季	冬季
本島エリア	T52RBQ	久米島	2023-06-03 2023-06-08※	2023-11-05 2023-11-20※	2024-02-03※ 2024-02-18
	T52RCQ	本島中部	2023-04-24※ 2023-06-03	2023-10-11※ 2023-10-16	2024-01-14※ 2024-01-29※ 2024-02-13
	T52RDQ	本島北部	2023-05-16 2023-06-05※	2023-10-13※ 2023-10-18	2024-01-01※ 2024-02-15
	T52RCP	本島南部	2023-04-24 2023-06-05※	2023-11-05※ 2023-11-20	2024-01-29※ 2024-02-13
先島エリア	T51RVH	与那国島	2023-05-27※ 2023-06-26	2023-11-28	2024-01-17 2024-02-11※
	T51RWH	西表島北	2023-04-22※ 2023-05-12	2023-11-28	2024-01-17
	T51QWG	西表島南	2023-05-12 2023-05-27※	2023-11-28	2024-01-17
	T51RXH	石垣島	2023-05-07※ 2023-05-12 2023-05-27※	2023-11-28	2024-02-21
	T51QXG	石垣島南	2023-05-07※ 2023-06-21※ 2023-06-26	2023-11-28	2024-02-21
	T51RYH	宮古島	2023-06-03 2023-06-08※	2023-10-01※ 2023-11-05	2024-02-18

各季ごと、エリアごとの統合画像を図 6.2.1-6～図 6.2.1-8 に示した。なお海域、雲域マスク処理と部分合成を行い、補助的に島嶼の輪郭を重ねて表示している。

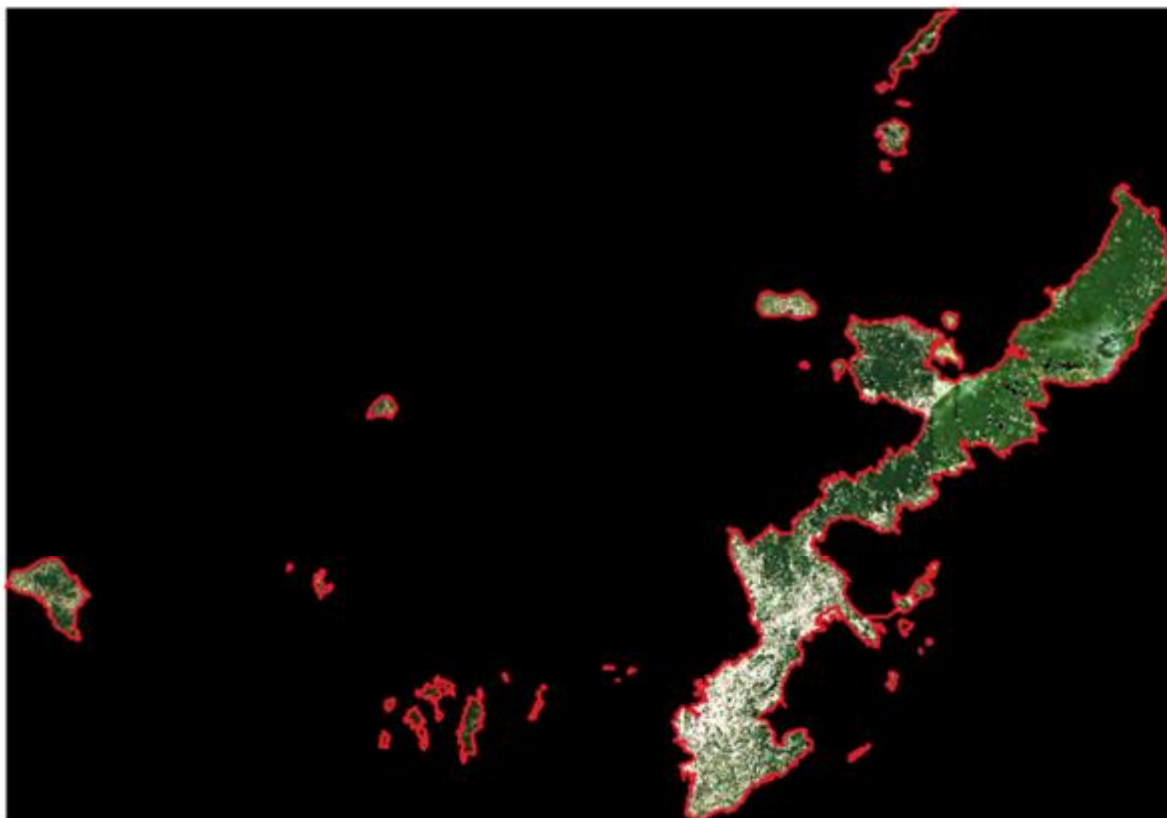


図 6.2.1-6 統合画像(春季)

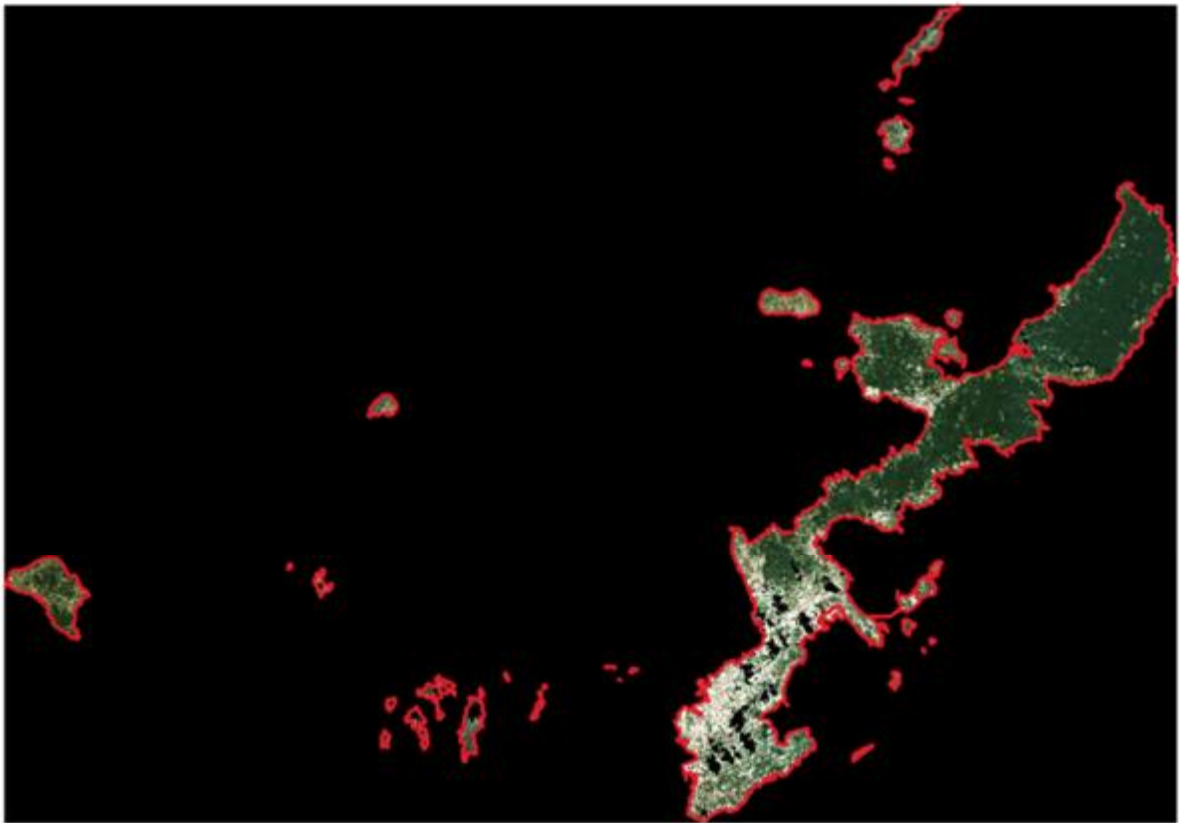


図 6.2.1-7 統合画像(秋季)

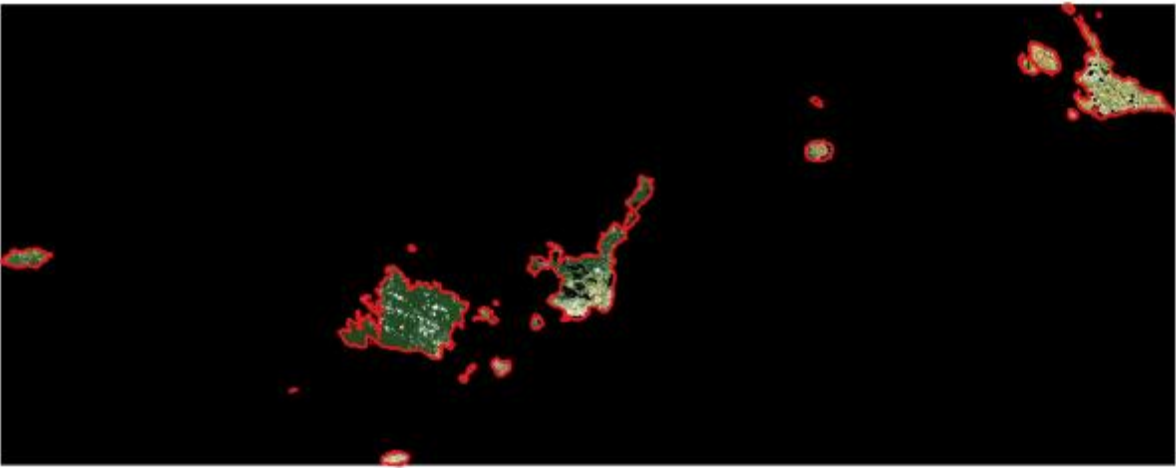
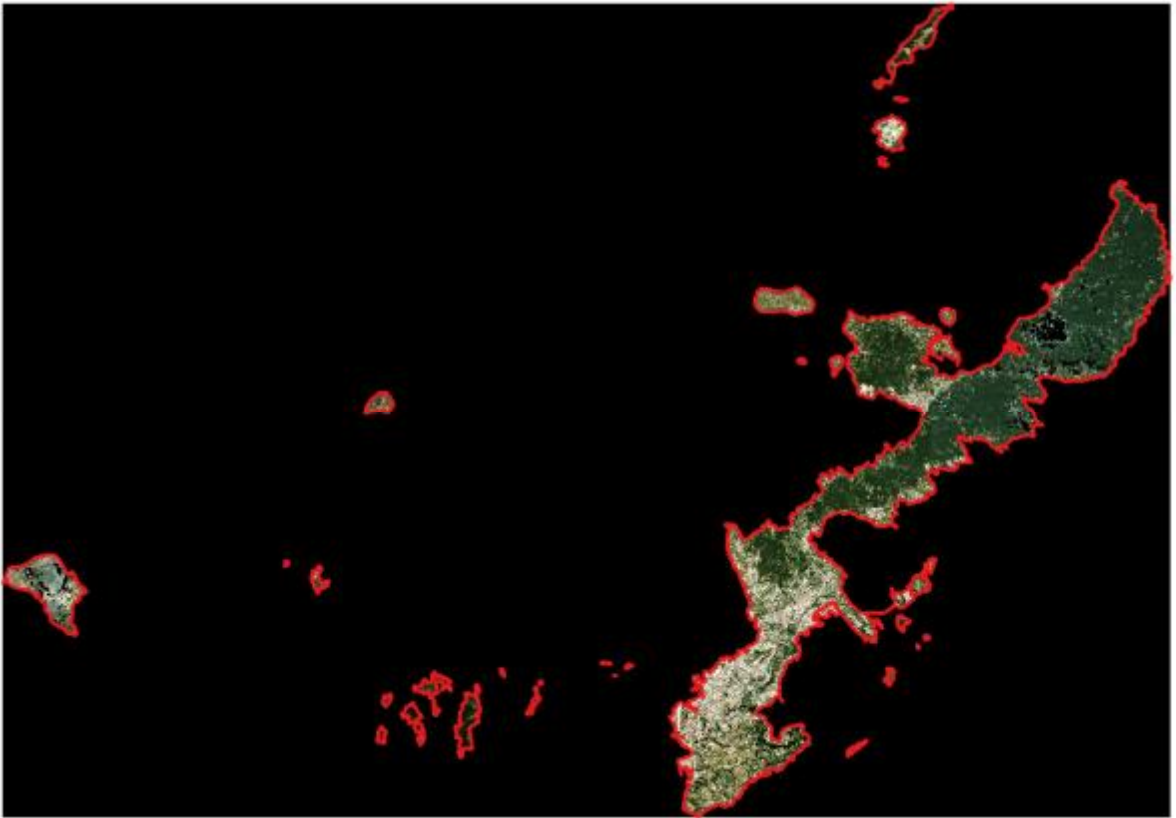


図 6.2.1-8 統合画像(冬季)

2) 陸域:土砂崩れや比較的大きな改変の抽出解析

画像解析によって得られた裸地情報について、中規模裸地(3,000m²以上 10,000m²未満)と、大規模裸地(10,000m²以上)に区別し、各市町村での数および3季間の推移等について、概要を表6.2.1-6、表6.2.1-7に示した。

また、各大規模裸地については、市町村ごとに番号を振り、人工衛星画像を直接目視確認した補足情報を加え、表6.2.1-8～表6.2.1-17に一覧を示した。

中・大規模裸地を示した人工衛星画像については、農地の被覆状況解析結果と合わせて図6.2.1-11～図6.2.1-193に示した。

表 6.2.1-6 人工衛星画像解析による中規模裸地抽出結果概要(3,000m²以上 10,000m²未満)

中規模裸地 (3,000m ² 以上 10,000m ² 未満)	市町村	人工衛星画像、自動判定による中規模裸地数			米軍基地内、 中規模裸地総数
		各季での確認中規模裸地数			
		春季	秋季	冬季	
本島北部	名護市	110	107	198	69
	国頭村	25	18	40	1
	大宜味村	23	8	16	0
	東村	10	11	27	13
	今帰仁村	11	10	25	0
	本部町	29	19	40	0
	恩納村	33	42	60	8
	宜野座村	21	24	31	24
本島中部	金武町	31	38	76	87
	宜野湾市	24	15	78	29
	沖縄市	73	63	206	61
	うるま市	84	97	176	23
	読谷村	57	71	101	79
	嘉手納町	13	16	29	40
	北谷町	23	17	56	44
	北中城村	10	7	30	17
本島南部	中城村	18	19	28	0
	西原町	29	16	43	0
	那覇市	149	142	179	2
	浦添市	64	38	149	15
	糸満市	103	77	113	0
	豊見城市	30	23	14	0
	南城市	49	29	118	0
	与那原町	5	5	28	0
久米島	南風原町	24	12	67	0
	八重瀬町	42	35	80	0
	久米島町	31	61	35	0
	伊江村	9	12	44	32
北部離島	伊平屋村	3	3	15	0
	伊是名村	12	5	21	0
	渡嘉敷村	3	5	4	0
南部離島	座間味村	3	1	0	0
	粟国村	5	6	1	0
	渡名喜村	2	2	1	0
	宮古島市	212	205	202	0
宮古島	多良間村	19	19	14	0
	石垣市	153	240	190	0
石垣島	石垣市	153	240	190	0
西表島	竹富町	68	66	52	0
与那国島	与那国町	15	18	22	0

表 6.2.1-7 人工衛星画像解析による大規模裸地抽出結果概要(10,000m²以上)

大規模裸地 (10,000m ² 以上)	市町村	人工衛星画像、自動判定による大規模裸地数				米軍基地内、 大規模裸地数
		確認 大規模 裸地数	各季での確認大規模裸地数			
			春季	秋季	冬季	
本島北部	名護市	54	45	40	46	10
	国頭村	10	5	1	8	0
	大宜味村	5	1	2	3	0
	東村	3	0	0	3	0
	今帰仁村	6	4	6	6	0
	本部町	10	6	8	8	0
	恩納村	9	5	5	8	0
	宜野座村	4	3	2	4	1
	金武町	18	8	3	14	11
本島中部	宜野湾市	17	11	9	17	1
	沖縄市	37	19	16	36	3
	うるま市	38	20	18	34	0
	読谷村	44	21	25	39	9
	嘉手納町	10	4	3	10	5
	北谷町	9	5	6	7	4
	北中城村	6	4	1	6	4
	中城村	1	1	0	1	0
	西原町	7	4	1	7	0
本島南部	那覇市	47	27	20	29	0
	浦添市	27	13	11	25	0
	糸満市	34	22	22	32	0
	豊見城市	12	9	9	9	0
	南城市	18	12	9	13	0
	与那原町	2	1	1	2	0
	南風原町	8	6	4	7	0
	八重瀬町	15	12	9	12	0
	久米島	久米島町	7	4	6	1
北部離島	伊江村	1	1	1	1	1
	伊平屋村	0	0	0	0	0
	伊是名村	2	2	2	1	0
南部離島	渡嘉敷村	0	0	0	0	0
	座間味村	0	0	0	0	0
	粟国村	0	0	0	0	0
	渡名喜村	1	1	0	1	0
宮古島	宮古島市	95	47	47	55	0
	多良間村	7	5	1	4	0
石垣島	石垣市	88	33	65	52	0
西表島	竹富町	27	20	11	4	0
与那国島	与那国町	7	5	2	4	0

上記表では、各季間で中・大規模裸地数に増減がみられるが、実際の変動以外、以下の要因によっても変動していることに留意が必要である。

- ・雲域下では、裸地判定ができないが、各季で雲域位置が異なること。
- ・面積により中規模裸地、大規模裸地と区別したが、裸地面積検出の時期によって、面積区分境界付近のもの、裸地区域の分断や結合による面積変動の誤差。
- ・裸地以外を裸地と誤検出してしまう測定精度上の課題。

表 6.2.1-8 人工衛星画像解析による大規模裸地抽出結果(1/10)

裸地 連番	市町村	大規模 裸地 No(市 町村 別)	人工衛星画像、自動判定結果			米軍 範囲	裸地 検出 ミス	人工衛星画像目視確認による、 裸地についての補足情報	その他情報
			令和5年度						
			春季	秋季	冬季				
1	名護市	1	有り	有り	有り	-	-	-	崎本部採石場
2		2	有り	有り	有り	-	-	-	崎本部採石場
3		3	有り	有り	有り	-	-	-	-
4		4	有り	無し	有り	基地内	-	秋季中規模裸地確認	-
5		5	有り	有り	有り	-	-	-	崎本部採石場
6		6	有り	有り	有り	基地内	-	-	-
7		7	有り	有り	有り	基地内	-	-	-
8		8	有り	有り	有り	-	-	-	-
9		9	有り	有り	有り	-	-	-	崎本部採石場
10		10	有り	有り	有り	-	●	赤瓦の検出ミス	-
11		11	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
12		12	有り	有り	有り	-	-	-	-
13		13	有り	有り	有り	-	-	-	崎本部採石場
14		14	有り	有り	有り	-	-	秋季、冬季は2と結合	崎本部採石場
15		15	有り	有り	有り	-	-	-	-
16		16	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
17		17	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
18		18	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
19		19	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
20		20	有り	有り	有り	-	●	赤瓦の検出ミス	-
21		21	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
22		22	有り	有り	有り	基地内	-	-	-
23		23	有り	有り	有り	-	●	赤瓦の検出ミス	-
24		24	有り	有り	無し	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出、冬季中規模確認	-
25		25	有り	無し	有り	基地内	-	秋季中規模裸地確認、冬季は48と結合	-
26		26	有り	有り	有り	-	●	赤瓦の検出ミス	-
27		27	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
28		28	有り	有り	有り	-	-	-	崎本部採石場
29		29	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
30		30	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
31		31	有り	有り	有り	基地内	-	-	-
32		32	有り	無し	無し	-	●	赤瓦の検出ミス、秋季中規模確認	-
33		33	有り	無し	有り	-	-	冬季は1と結合	崎本部採石場
34		34	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス	-
35		35	有り	有り	有り	-	-	-	-
36		36	有り	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-
37		37	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
38		38	有り	有り	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	崎本部採石場
39		39	有り	無し	無し	-	●	工場の検出ミス、秋季、冬季中規模確認	-
40		40	有り	無し	無し	基地内	-	-	-
41		41	有り	無し	無し	-	-	秋季、冬季中規模裸地確認	-
42		42	有り	有り	有り	-	-	春季、冬季は1と結合	崎本部採石場
43		43	有り	有り	有り	-	-	春季、冬季は1と結合	崎本部採石場
44		44	有り	有り	有り	-	-	春季は1と結合	崎本部採石場
45		45	有り	有り	有り	-	-	春季、冬季は15と結合	-
46		46	無し	有り	無し	-	●	赤瓦の検出ミス、春季、冬季は中規模確認	-
47		47	無し	有り	無し	-	-	春季中規模裸地確認	-
48		48	無し	有り	有り	基地内	-	-	-
49		49	無し	無し	有り	基地内	-	-	-
50		50	無し	無し	有り	基地内	-	-	-
51		51	無し	無し	有り	-	●	検出ミス、春季、秋季中規模裸地確認	-
52		52	無し	無し	有り	-	-	春季、秋季中規模裸地確認	-
53		53	無し	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、春季、秋季中規模確認	-
54		54	無し	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、秋季中規模確認	-
55	国頭村	1	有り	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-
56		2	有り	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-
57		3	有り	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
58		4	有り	無し	無し	-	-	秋季、冬季中規模裸地確認	-
59		5	有り	有り	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	ダム湖岸
60		6	無し	無し	有り	-	-	春季中規模裸地確認	-
61		7	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-
62		8	無し	無し	有り	-	-	春季、秋季中規模確認	採石場
63		9	無し	無し	有り	-	-	-	ダム湖岸
64		10	無し	無し	有り	-	-	-	ダム湖岸
65	大宜味村	1	有り	無し	無し	-	-	-	-
66		2	無し	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
67		3	無し	有り	無し	-	-	-	-
68		4	無し	無し	有り	-	-	春季中規模裸地確認	ダム湖岸
69		5	無し	無し	有り	-	-	-	ダム湖岸
70	東村	1	無し	無し	有り	-	-	-	ダム湖岸
71		2	無し	無し	有り	-	-	-	ダム湖岸
72		3	無し	無し	有り	-	-	-	ダム湖岸
73	今帰仁村	1	有り	有り	有り	-	-	-	-

表 6.2.1-9 人工衛星画像解析による大規模裸地抽出結果(2/10)

裸地 連番	市町村	大規模 裸地 No(市 町村 別)	人工衛星画像、自動判定結果			米軍 範囲	裸地 検出 ミス	人工衛星画像目視確認による、 裸地についての補足情報	その他情報
			令和5年度						
			春季	秋季	冬季				
74	今帰仁村	2	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
75		3	有り	有り	有り	-	-	-	-
76		4	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
77		5	無し	有り	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-
78		6	無し	有り	有り	-	-	春季中規模裸地確認	-
79	本部町	1	有り	有り	有り	-	-	-	崎本部採石場
80		2	有り	有り	有り	-	-	冬季は名護1と結合	崎本部採石場
81		3	有り	有り	有り	-	-	-	-
82		4	有り	無し	無し	-	-	秋季、冬季中規模裸地確認	-
83		5	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
84		6	無し	有り	有り	-	-	春季中規模裸地確認	-
85		7	無し	有り	無し	-	-	グラウンドの検出、春季、冬季中規模確認	-
86		8	無し	有り	有り	-	-	春季、冬季は名護1と結合	-
87		9	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-
88		10	有り	有り	有り	-	-	春季、秋季は1と結合	崎本部採石場
89	恩納村	1	有り	有り	有り	-	-	-	-
90		2	有り	有り	有り	-	●	赤瓦の検出ミス	-
91		3	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
92		4	有り	有り	有り	-	●	赤瓦の検出ミス	-
93		5	有り	有り	無し	-	●	赤瓦の検出ミス、冬季中規模確認	-
94		6	無し	無し	有り	-	-	-	-
95		7	無し	無し	有り	-	-	春季中規模裸地確認	-
96		8	無し	無し	有り	-	●	赤瓦の検出ミス、春季、秋季中規模確認	-
97	宜野座村	9	無し	無し	有り	-	-	春季、秋季中規模裸地確認	-
98		1	有り	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-
99		2	有り	有り	有り	基地内	-	-	-
100		3	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
101		4	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-
102	金武町	1	有り	有り	有り	基地内	-	-	-
103		2	有り	有り	有り	基地内	-	-	ダム湖岸
104		3	有り	有り	有り	基地内	-	-	-
105		4	有り	雲により不明	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	-
106		5	有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-
107		6	有り	雲により不明	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	-
108		7	有り	無し	無し	-	-	グラウンドの検出、冬季中規模確認	-
109		8	有り	雲により不明	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	-
110		9	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-
111		10	無し	無し	有り	-	-	-	-
112		11	無し	無し	有り	基地内	-	春季中規模裸地確認	-
113		12	無し	無し	有り	基地内	-	-	-
114		13	無し	無し	有り	基地内	-	-	-
115		14	無し	無し	有り	基地内	-	春季、秋季中規模裸地確認	-
116		15	無し	無し	有り	基地内	-	-	ダム湖岸
117		16	無し	無し	有り	基地内	-	-	ダム湖岸
118		17	無し	無し	有り	基地内	-	-	ダム湖岸
119		18	無し	無し	有り	基地内	-	-	ダム湖岸
120	宜野湾市	1	有り	有り	有り	-	-	-	西普天間開発地区
121		2	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
122		3	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出、冬季は4と結合	-
123		4	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
124		5	有り	有り	有り	-	●	赤レンガ歩道の検出ミス、秋季、冬季は4と結合	-
125		6	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
126		7	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
127		8	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
128		9	有り	雲により不明	有り	-	-	グラウンドの検出	-
129		10	有り	雲により不明	有り	-	-	グラウンドの検出	-
130		11	有り	有り	有り	-	-	春季、冬季は1と結合	西普天間開発地区
131		12	雲により不明	雲により不明	有り	-	-	グラウンドの検出	-
132		13	無し	無し	有り	基地内	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-
133		14	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出	-
134		15	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出	-
135		16	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出	-
136		17	無し	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
137		沖縄市	1	有り	有り	有り	基地内	-	-
138	2		有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
139	3		有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
140	4		有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
141	5		有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
142	6		有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
143	7		有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
144	8		有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
145	9		有り	雲により不明	有り	-	-	グラウンドの検出	-

表 6.2.1-10 人工衛星画像解析による大規模裸地抽出結果(3/10)

裸地 連番	市町村	大規模 裸地 No(市 町村 別)	人工衛星画像、自動判定結果			米軍 範囲	裸地 検出 ミス	人工衛星画像目視確認による、 裸地についての補足情報	その他情報	
			令和5年度							
			春季	秋季	冬季					
146	沖縄市	10	有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-	
147		11	有り	無し	有り	-	●	工場の検出ミス、春季中規模確認	-	
148		12	有り	雲により不明	無し	-	●	工場の検出ミス	-	
149		13	有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-	
150		14	有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-	
151		15	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
152		16	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、冬季は4と結 合	-	
153		17	有り	雲により不明	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
154		18	有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-	
155		19	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
156		20	雲により不明	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
157		21	雲により不明	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
158		22	雲により不明	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
159		23	無し	有り	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-	
160		24	無し	有り	有り	基地内	-	-	-	-
161		25	無し	無し	有り	-	-	春季中規模裸地確認	ダム湖岸	
162		26	無し	無し	有り	-	-	-	ダム湖岸	
163		27	無し	無し	有り	-	-	-	ダム湖岸	
164		28	無し	無し	有り	-	●	工場の検出ミス、春季、秋季中規模確 認	-	
165		29	無し	無し	有り	-	●	工場の検出ミス、春季中規模確認	-	
166		30	無し	無し	有り	基地内	-	-	-	-
167		31	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模 確認	-	
168		32	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模 確認	-	
169		33	無し	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、春季、秋季中規 模確認	-	
170		34	無し	雲により不明	有り	-	●	工場の検出ミス、春季中規模確認	-	
171		35	無し	雲により不明	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-	
172		36	雲により不明	無し	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
173		37	無し	雲により不明	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検 出	-	
174		うるま市	1	有り	有り	有り	-	-	-	-
175			2	有り	有り	有り	-	-	-	-
176			3	有り	雲により不明	有り	-	-	グラウンドの検出	-
177			4	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
178			5	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
179			6	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
180			7	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
181			8	有り	有り	有り	-	●	重機ヤードの検出ミス	-
182			9	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
183	10		有り	有り	有り	-	-	-	-	
184	11		有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
185	12		有り	雲により不明	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
186	13		有り	無し	無し	-	-	秋季、冬季中規模裸地確認	-	
187	14		有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
188	15		有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
189	16		有り	有り	有り	-	-	-	-	
190	17		有り	有り	有り	-	-	-	-	
191	18		有り	無し	無し	-	-	秋季中規模裸地確認	-	
192	19		有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
193	20		有り	無し	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	-	
194	21		無し	有り	有り	-	-	-	-	
195	22		無し	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検 出	-	
196	23		無し	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検 出、春季中規模確認	-	
197	24		無し	有り	無し	-	-	春季中規模裸地確認	-	
198	25		無し	無し	有り	-	-	-	-	
199	26		無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模 確認	-	
200	27		無し	無し	有り	-	-	春季、秋季中規模裸地確認	-	
201	28		無し	無し	有り	-	-	春季、秋季中規模裸地確認	-	
202	29		無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
203	30		無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模 確認	-	
204	31		雲により不明	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
205	32		無し	無し	有り	-	●	工場の検出ミス、春季、秋季中規模確 認	-	
206	33		雲により不明	雲により不明	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
207	34		無し	無し	有り	-	-	春季中規模裸地確認	ダム湖岸	
208	35		無し	無し	有り	-	-	春季、秋季中規模裸地確認	-	
209	36		無し	無し	有り	-	-	-	-	
210	37		無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模 確認	-	
211	38		無し	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、春季中規模確認	-	
212	読谷村	1	有り	有り	有り	基地内	-	-	-	
213		2	有り	有り	有り	-	-	-	-	

表 6.2.1-11 人工衛星画像解析による大規模裸地抽出結果(4/10)

裸地 連番	市町村	大規模 裸地 No(市 町村 別)	人工衛星画像、自動判定結果			米軍 範囲	裸地 検出 ミス	人工衛星画像目視確認による、 裸地についての補足情報	その他情報
			令和5年度						
			春季	秋季	冬季				
214	読谷村	3	有り	有り	有り	-	-	-	-
215		4	有り	有り	無し	基地内	-	-	-
216		5	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、冬季は26と結合	-
217		6	有り	有り	有り	-	-	-	-
218		7	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
219		8	有り	無し	無し	基地内	-	秋季中規模裸地確認	-
220		9	有り	有り	有り	基地内	-	秋季は1と結合	-
221		10	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
222		11	有り	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認、冬季は3と結合	-
223		12	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
224		13	有り	有り	有り	-	-	-	-
225		14	有り	有り	有り	-	-	冬季は3と結合	-
226		15	有り	無し	有り	-	-	-	-
227		16	有り	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認、冬季は3と結合	-
228		17	有り	無し	無し	基地内	-	秋季中規模裸地確認	-
229		18	有り	有り	有り	-	●	赤瓦の検出ミス	-
230		19	有り	有り	有り	-	-	秋季、冬季は3と結合	-
231		20	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
232		21	無し	有り	無し	-	-	春季、冬季中規模裸地確認	-
233		22	無し	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
234		23	無し	有り	有り	-	-	春季中規模裸地確認、冬季は6と結合	-
235		24	無し	有り	有り	-	-	春季中規模裸地確認、冬季は25と結合	-
236		25	無し	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
237		26	無し	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
238		27	無し	有り	有り	-	-	春季中規模裸地確認	-
239		28	無し	有り	有り	-	-	-	-
240		29	無し	有り	無し	-	-	春季、冬季中規模裸地確認	-
241		30	無し	無し	有り	-	-	-	-
242		31	無し	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-
243		32	無し	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、春季、秋季中規模確認	-
244		33	雲により不明	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-
245		34	無し	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス含む、春季、秋季中規模確認	-
246		35	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-
247		36	無し	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、秋季中規模確認	-
248		37	無し	無し	有り	-	-	-	-
249		38	無し	無し	有り	-	-	-	-
250		39	無し	無し	有り	-	-	春季中規模裸地確認	-
251		40	無し	無し	有り	-	-	-	-
252		41	無し	無し	有り	基地内	-	春季、秋季中規模裸地確認	-
253		42	無し	無し	有り	基地内	-	春季、秋季中規模裸地確認	-
254		43	無し	無し	有り	基地内	-	春季、秋季中規模裸地確認	-
255		44	有り	有り	有り	基地内	-	春季、秋季は1と結合	-
256	嘉手納町	1	有り	有り	有り	-	-	-	-
257		2	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
258		3	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
259		4	有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-
260		5	無し	無し	有り	-	-	-	-
261		6	無し	無し	有り	基地内	-	秋季中規模裸地確認	-
262		7	無し	無し	有り	基地内	-	-	-
263		8	無し	無し	有り	基地内	-	-	-
264		9	無し	無し	有り	基地内	-	春季、秋季中規模裸地確認	-
265		10	無し	無し	有り	基地内	-	-	-
266	北谷町	1	有り	有り	有り	基地内	-	-	-
267		2	有り	有り	有り	基地内	●	赤瓦の検出ミス	-
268		3	有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-
269		4	有り	無し	無し	基地内	-	秋季中規模裸地確認	-
270		5	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
271		6	雲により不明	有り	無し	基地内	-	-	-
272		7	雲により不明	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
273		8	無し	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
274		9	無し	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-
275		北中城村	1	有り	無し	有り	基地内	-	秋季中規模裸地確認
276	2		有り	雲により不明	有り	基地内	-	-	-
277	3		有り	有り	有り	-	●	赤瓦の検出ミス	-
278	4		有り	雲により不明	有り	基地内	-	-	-
279	5		無し	無し	有り	-	●	赤瓦の検出ミス、春季、秋季中規模確認	-
280	6		無し	無し	有り	基地内	-	秋季中規模裸地確認	-
281	中城村	1	有り	雲により不明	有り	-	-	グラウンドの検出	-
282	西原町	1	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
283		2	有り	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス	-
284		3	有り	雲により不明	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス	-

表 6.2.1-12 人工衛星画像解析による大規模裸地抽出結果(5/10)

裸地 連番	市町村	大規模 裸地 No(市 町村 別)	人工衛星画像、自動判定結果			米軍 範囲	裸地 検出 ミス	人工衛星画像目視確認による、 裸地についての補足情報	その他情報	
			令和5年度							
			春季	秋季	冬季					
285	西原町	4	有り	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、秋季中規模確認	-	
286		5	無し	雲により不明	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
287		6	無し	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-	
288		7	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
289		1	有り	有り	無し	-	●	赤瓦の検出ミス	-	
290		2	有り	無し	無し	-	●	赤い屋根の検出ミス、秋季中規模有り	-	
291		3	有り	有り	無し	-	●	赤瓦の検出ミス	-	
292		4	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
293		5	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
294		6	有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
295		7	有り	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
296	8	有り	有り	無し	-	●	赤い屋根の検出ミス	-		
297	那覇市	9	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-	
298		10	有り	有り	無し	-	-	グラウンドの検出	-	
299		11	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-	
300		12	有り	有り	無し	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-	
301		13	有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
302		14	有り	有り	無し	-	●	赤瓦の検出ミス、冬季中規模確認	-	
303		15	有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
304		16	有り	無し	無し	-	-	-	-	
305		17	有り	無し	無し	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
306		18	有り	無し	無し	-	●	赤い屋根の検出ミス、秋季中規模確認	-	
307		19	有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
308		20	有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
309		21	有り	無し	無し	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
310		22	有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
311		23	有り	有り	無し	-	●	赤瓦の検出ミス	-	
312		24	有り	無し	無し	-	●	赤瓦の検出ミス、秋季中規模確認	-	
313		25	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
314		26	有り	無し	無し	-	-	グラウンドの検出	-	
315		27	有り	無し	無し	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
316		28	雲により不明	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
317		29	雲により不明	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
318		30	雲により不明	有り	無し	-	-	グラウンドの検出、冬季中規模確認	-	
319		31	雲により不明	有り	無し	-	-	グラウンドの検出	-	
320		32	無し	有り	無し	-	●	公園の検出ミス	-	
321		33	無し	有り	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-	
322		34	無し	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、春季中規模確認、冬季は33と結合	-	
323		35	無し	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-	
324		36	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
325		37	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
326		38	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
327		39	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
328		40	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
329		41	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
330		42	雲により不明	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
331		43	無し	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、春季、秋季中規模確認	-	
332		44	無し	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
333		45	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-	
334		46	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-	
335		47	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
336		浦添市	1	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
337			2	有り	有り	無し	-	●	工場の検出ミス	-
338			3	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
339			4	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
340			5	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
341			6	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
342			7	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
343			8	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
344	9		有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	

表 6.2.1-13 人工衛星画像解析による大規模裸地抽出結果(6/10)

裸地連番	市町村	大規模裸地No(市町村別)	人工衛星画像、自動判定結果			米軍範囲	裸地検出ミス	人工衛星画像目視確認による、裸地についての補足情報	その他情報	
			令和5年度							
			春季	秋季	冬季					
345	浦添市	10	有り	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出、秋季中規模確認、冬季は3と結合	-	
346		11	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-	
347		12	有り	雲により不明	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
348		13	有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
349		14	無し	有り	有り	-	-	-	-	
350		15	無し	有り	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	-	
351		16	無し	無し	有り	-	●	赤瓦の検出ミス、春季、秋季中規模確認	-	
352		17	無し	無し	有り	-	-	-	-	
353		18	雲により不明	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
354		19	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
355		20	無し	無し	有り	-	-	-	-	
356		21	無し	無し	有り	-	●	赤瓦の検出ミス、グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
357		22	無し	無し	有り	-	-	春季、秋季中規模裸地確認	-	
358		23	無し	無し	有り	-	-	春季中規模裸地確認	-	
359		24	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-	
360		25	無し	無し	有り	-	●	赤い歩道の検出ミス含む、秋季中規模確認	-	
361		26	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
362		27	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
363		糸満市	1	有り	有り	有り	-	-	-	-
364			2	有り	有り	有り	-	-	-	-
365			3	有り	有り	有り	-	-	-	-
366			4	有り	有り	有り	-	-	-	-
367			5	有り	有り	有り	-	-	-	-
368			6	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
369	7		有り	有り	有り	-	-	-	-	
370	8		有り	有り	有り	-	-	-	-	
371	9		有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-	
372	10		有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
373	11		有り	有り	無し	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-	
374	12		有り	雲により不明	有り	-	-	-	-	
375	13		有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
376	14		有り	有り	有り	-	-	-	-	
377	15		有り	雲により不明	有り	-	-	-	-	
378	16		有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
379	17		有り	有り	有り	-	-	-	-	
380	18		有り	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-	
381	19		有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
382	20		有り	有り	有り	-	-	-	-	
383	21		有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
384	22		有り	無し	無し	-	●	検出ミス、秋季、冬季中規模確認	-	
385	23		無し	有り	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-	
386	24		無し	有り	有り	-	-	-	-	
387	25		無し	有り	有り	-	-	-	-	
388	26		無し	有り	有り	-	-	-	-	
389	27		無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
390	28		無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
391	29		無し	無し	有り	-	●	赤瓦の検出ミス、春季中規模確認	-	
392	30		無し	無し	有り	-	-	-	-	
393	31		無し	無し	有り	-	-	春季、秋季中規模裸地確認	-	
394	32		無し	無し	有り	-	-	-	-	
395	33		無し	有り	有り	-	-	春季中規模裸地確認	-	
396	34		無し	無し	有り	-	-	春季、秋季中規模裸地確認	-	
397	豊見城市	1	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
398		2	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
399		3	有り	有り	無し	-	-	グラウンドの検出	-	
400		4	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
401		5	有り	有り	無し	-	-	-	-	
402		6	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
403		7	有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認、冬季は2と結合	-	
404		8	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス	-	
405		9	有り	有り	無し	-	●	赤い屋根の検出ミス	-	
406		10	無し	有り	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-	
407		11	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
408		12	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
409	南城市	1	有り	有り	有り	-	-	-	-	

表 6.2.1-14 人工衛星画像解析による大規模裸地抽出結果(7/10)

裸地 連番	市町村	大規模 裸地 No(市 町村 別)	人工衛星画像、自動判定結果			米軍 範囲	裸地 検出 ミス	人工衛星画像目視確認による、 裸地についての補足情報	その他情報	
			令和5年度							
			春季	秋季	冬季					
410	南城市	2	有り	有り	有り	-	-	-	-	
411		3	有り	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-	
412		4	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-	
413		5	有り	無し	無し	-	-	グラウンドの検出、秋季、冬季中規模確認	-	
414		6	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
415		7	有り	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認、冬季は2と結合	-	
416		8	有り	有り	有り	-	-	-	-	
417		9	有り	無し	無し	-	-	秋季、冬季中規模裸地確認	-	
418		10	有り	無し	無し	-	●	赤い屋根の検出ミス、秋季中規模確認	-	
419		11	有り	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-	
420		12	無し	有り	有り	-	-	春季中規模裸地確認	-	
421		13	無し	有り	無し	-	-	-	-	
422		14	無し	有り	無し	-	-	-	-	
423		15	無し	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出、春季中規模確認	-	
424		16	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
425		17	有り	雲により不明	有り	-	-	春季は1と結合	-	
426		18	無し	雲により不明	有り	-	-	春季中規模裸地確認	-	
427		与那原町	1	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
428	2		無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
429	南風原町	1	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-	
430		2	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
431		3	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
432		4	有り	無し	無し	-	●	検出ミス、秋季中規模確認	-	
433		5	有り	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-	
434		6	有り	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-	
435		7	無し	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出、春季中規模確認	-	
436		8	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
437	八重瀬町	1	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
438		2	有り	有り	有り	-	-	-	-	
439		3	有り	無し	無し	-	●	赤い屋根の検出ミス、秋季中規模確認	-	
440		4	有り	有り	有り	-	-	-	-	
441		5	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-	
442		6	有り	有り	無し	-	●	検出ミス	-	
443		7	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-	
444		8	有り	有り	有り	-	-	-	-	
445		9	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
446		10	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
447		11	有り	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-	
448		12	有り	無し	無し	-	●	赤い屋根の検出ミス、秋季中規模確認	-	
449	伊江村	13	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
450		14	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季、秋季中規模確認	-	
451		15	無し	無し	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-	
452		1	有り	有り	雲により不明	-	-	グラウンドの検出	-	
453		2	有り	雲により不明	雲により不明	-	-	-	-	
454		3	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
455		4	有り	有り	無し	-	●	工場の検出ミス	-	
456		5	無し	有り	雲により不明	-	●	検出ミス、春季中規模確認	-	
457	久米島町	6	無し	有り	雲により不明	-	●	検出ミス、春季中規模確認	-	
458		7	無し	有り	無し	-	-	春季中規模裸地確認	-	
459		1	有り	有り	有り	基地内	-	-	-	
460		2	有り	無し	無し	-	●	赤瓦の検出ミス、春季、冬季中規模確認	-	
461		3	無し	有り	有り	-	-	春季中規模裸地確認	-	
462		4	無し	有り	有り	-	-	春季中規模裸地確認	-	
463		5	無し	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-	
464		6	無し	有り	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	-	
465	伊平屋村	7	無し	無し	有り	基地内	-	-	-	
466		8	無し	無し	有り	基地内	-	-	-	
467		9	無し	無し	有り	基地内	-	-	-	
468		10	無し	無し	有り	基地内	-	-	-	
469		伊平屋村	大規模裸地検出無し				-	-	-	-
470		伊是名村	1	有り	有り	有り	-	-	-	-
471			2	有り	有り	無し	-	-	-	-
472		渡嘉敷村	大規模裸地検出無し				-	-	-	-
473	座間味村	大規模裸地検出無し				-	-	-	-	
474	粟国村	大規模裸地検出無し				-	-	-	-	
475	渡名喜村	1	有り	無し	有り	-	●	赤瓦の検出ミス、秋季中規模確認	-	

表 6.2.1-15 人工衛星画像解析による大規模裸地抽出結果(8/10)

裸地 連番	市町村	大規模 裸地 No(市 町村別)	人工衛星画像、自動判定結果			米軍 範囲	裸地 検出 ミス	人工衛星画像目視確認による、 裸地についての補足情報	その他情報	
			令和5年度							
			春季	秋季	冬季					
476	宮古島市	1	有り	雲により不明	有り	-	●	赤い歩道の検出ミス含む	-	
477		2	有り	有り	有り	-	-	-	-	
478		3	有り	有り	有り	-	-	-	-	
479		4	有り	有り	有り	-	-	-	-	
480		5	有り	有り	有り	-	-	-	-	
481		6	有り	無し			-	-	冬季中規模裸地確認	-
482		7	有り	有り	雲により不明	-	-	-	-	-
483		8	有り	雲により不明	有り	-	-	-	-	-
484		9	有り	雲により不明	雲により不明	-	-	-	-	-
485		10	有り	有り	有り	-	-	-	-	-
486		11	有り	無し	有り	-	-	-	秋季中規模裸地確認	-
487		12	有り	雲により不明	有り	-	-	-	-	-
488		13	有り	雲により不明	有り	-	-	-	-	-
489		14	有り	雲により不明	有り	-	-	-	-	-
490		15	有り	有り	有り	-	●	製糖工場の検出ミス	-	-
491		16	有り	有り	有り	-	-	-	-	-
492		17	有り	有り	無し	-	-	-	冬季中規模裸地確認	-
493		18	有り	有り	有り	-	-	-	-	-
494		19	有り	無し	有り	-	-	-	-	-
495		20	有り	有り	有り	-	-	-	-	-
496		21	有り	雲により不明	有り	-	●	赤いコンテナの検出ミス	-	-
497		22	有り	雲により不明	無し	-	-	-	-	-
498		23	有り	雲により不明	無し	-	-	-	捨て石置場、冬季中規模確認	-
499		24	有り	無し	有り	-	-	-	秋季中規模裸地確認	-
500		25	有り	有り	有り	-	-	-	-	-
501		26	有り	無し	無し	-	-	-	秋季、冬季中規模裸地確認	-
502		27	有り	無し	無し	-	-	-	-	-
503		28	有り	雲により不明	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス	-	-
504		29	有り	雲により不明	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス	-	-
505		30	有り	無し	無し	-	-	-	秋季、冬季中規模裸地確認	-
506		31	有り	雲により不明	無し	-	-	-	冬季中規模裸地確認	-
507		32	有り	有り	無し	-	●	赤レンガ歩道の検出ミス、冬季中規模 確認	-	-
508		33	有り	雲により不明	有り	-	-	-	-	-
509		34	有り	無し	無し	-	-	-	秋季中規模裸地確認	-
510		35	有り	有り	無し	-	-	-	冬季中規模裸地確認	-
511		36	有り	有り	有り	-	-	-	-	-
512		37	有り	有り	有り	-	-	-	-	-
513		38	有り	雲により不明	無し	-	-	-	冬季中規模裸地確認	-
514		39	有り	雲により不明	有り	-	-	-	-	-
515		40	有り	雲により不明	無し	-	-	-	ヤードの検出	-
516		41	有り	雲により不明	無し	-	-	-	ヤードの検出	-
517		42	有り	無し	雲により不明	-	-	-	秋季中規模裸地確認	-
518		43	有り	無し	無し	-	-	-	秋季、冬季中規模裸地確認	-
519		44	有り	無し	無し	-	-	-	秋季、冬季中規模裸地確認	-
520		45	有り	有り	有り	-	-	-	-	-
521		46	有り	有り	無し	-	-	-	-	-
522		47	有り	雲により不明	雲により不明	-	●	赤い屋根の検出ミス	-	-
523		48	無し	有り	無し	-	-	-	春季、冬季中規模裸地確認	-
524		49	無し	有り	無し	-	-	-	春季、冬季中規模確認	-
525		50	無し	有り	無し	-	-	-	春季中規模確認	-
526		51	雲により不明	有り	無し	-	-	-	グラウンドの検出、冬季中規模確認	-
527		52	無し	有り	無し	-	-	-	グラウンドの検出、春季、冬季中規模 確認	-
528		53	無し	有り	有り	-	-	-	春季中規模裸地確認	-
529		54	無し	有り	有り	-	-	-	春季中規模裸地確認	-
530		55	無し	有り	無し	-	-	-	-	-
531		56	無し	有り	無し	-	●	ため池の検出ミス、冬季中規模確認	-	-
532		57	無し	有り	無し	-	-	-	-	-
533		58	雲により不明	有り	有り	-	-	-	-	-
534		59	無し	有り	有り	-	-	-	春季中規模裸地確認	-
535		60	雲により不明	有り	有り	-	-	-	-	-
536		61	無し	有り	有り	-	-	-	春季中規模裸地確認	-
537		62	無し	有り	無し	-	-	-	春季、冬季中規模裸地確認	-
538		63	雲により不明	有り	無し	-	-	-	冬季中規模裸地確認	-
539		64	雲により不明	有り	無し	-	●	赤瓦の検出ミス、冬季中規模確認	-	-
540		65	無し	有り	無し	-	-	-	春季、冬季中規模裸地確認	-
541		66	無し	有り	有り	-	-	-	春季中規模裸地確認	-
542		67	無し	有り	無し	-	-	-	春季、冬季中規模裸地確認	-
543		68	雲により不明	有り	無し	-	-	-	-	-
544		69	無し	有り	有り	-	-	-	-	-
545		70	無し	有り	無し	-	-	-	グラウンドの検出	-
546		71	無し	有り	無し	-	●	検出ミス、春季、冬季中規模確認	-	-
547		72	無し	有り	有り	-	-	-	春季中規模裸地確認	-
548		73	無し	有り	無し	-	-	-	-	-
549		74	無し	有り	無し	-	-	-	冬季中規模裸地確認	-
550		75	無し	有り	無し	-	-	-	-	-
551		76	無し	無し	有り	-	-	-	-	-
552		77	無し	無し	有り	-	-	-	-	-
553		78	無し	無し	有り	-	-	-	-	-
554		79	無し	無し	有り	-	-	-	-	-

表 6.2.1-16 人工衛星画像解析による大規模裸地抽出結果(9/10)

裸地連番	市町村	大規模裸地No(市町村別)	人工衛星画像、自動判定結果			米軍範囲	裸地検出ミス	人工衛星画像目視確認による、裸地についての補足情報	その他情報
			令和5年度						
			春季	秋季	冬季				
555	宮古島市	80	無し	有り	有り	-	-	秋季は59と結合	-
556		81	雲により不明	無し	有り	-	-	-	-
557		82	雲により不明	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-
558		83	雲により不明	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-
559		84	無し	無し	有り	-	-	-	-
560		85	無し	無し	有り	-	-	-	-
561		86	無し	無し	有り	-	-	-	-
562		87	無し	無し	有り	-	-	-	-
563		88	無し	無し	有り	-	-	-	-
564		89	無し	雲により不明	有り	-	-	-	-
565		90	無し	雲により不明	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-
566		91	無し	雲により不明	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-
567		92	無し	雲により不明	有り	-	-	春季中規模裸地確認	-
568		93	無し	無し	有り	-	-	春季中規模裸地確認	-
569		94	無し	雲により不明	有り	-	-	春季中規模裸地確認	-
570		95	無し	無し	有り	-	-	-	-
571	多良間村	1	有り	無し	無し	-	-	-	-
572		2	有り	無し	無し	-	-	-	-
573		3	有り	無し	有り	-	●	製糖工場の検出ミス、秋季中規模確認	-
574		4	有り	有り	有り	-	-	-	-
575		5	有り	無し	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	-
576		6	無し	無し	有り	-	-	-	-
577		7	無し	無し	有り	-	-	-	-
578	石垣市	1	有り	有り	有り	-	-	-	-
579		2	有り	有り	有り	-	-	-	自衛隊駐屯地建設地
580		3	有り	有り	有り	-	-	-	-
581		4	有り	有り	有り	-	-	-	-
582		5	有り	有り	有り	-	-	-	-
583		6	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
584		7	有り	無し	無し	-	-	-	-
585		8	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
586		9	有り	有り	有り	-	●	赤瓦の検出ミス	-
587		10	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
588		11	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
589		12	有り	有り	有り	-	●	赤瓦の検出ミス	-
590		13	有り	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
591		14	有り	無し	有り	-	-	-	-
592		15	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
593		16	有り	有り	有り	-	-	-	-
594		17	有り	有り	有り	-	-	-	-
595		18	有り	有り	無し	-	-	グラウンドの検出	-
596		19	有り	有り	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	-
597		20	有り	有り	無し	-	-	-	-
598		21	有り	無し	無し	-	-	-	-
599		22	有り	有り	雲により不明	-	-	-	-
600		23	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
601		24	有り	無し	無し	-	●	赤瓦の検出ミス、秋季、冬季中規模確認	-
602		25	有り	無し	無し	-	-	-	-
603		26	有り	有り	無し	-	●	赤瓦の検出ミス、冬季中規模確認	-
604		27	有り	無し	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	-
605		28	有り	無し	雲により不明	-	-	秋季中規模裸地確認	-
606		29	有り	有り	有り	-	-	グラウンドの検出	-
607		30	有り	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス	-
608		31	有り	無し	有り	-	●	製糖工場の検出ミス、秋季中規模確認	-
609		32	有り	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-
610		33	有り	有り	有り	-	-	-	-
611		34	無し	有り	雲により不明	-	-	-	-
612		35	無し	有り	雲により不明	-	-	-	-
613		36	無し	有り	雲により不明	-	-	-	-
614		37	無し	有り	有り	-	-	ダム湖岸	-
615		38	無し	有り	雲により不明	-	-	ダム湖岸	-
616		39	無し	有り	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	-
617		40	無し	有り	有り	-	-	-	-
618		41	無し	有り	無し	-	-	-	-
619		42	無し	有り	無し	-	-	-	-
620		43	無し	有り	無し	-	-	-	-
621		44	無し	有り	無し	-	-	-	-
622		45	無し	有り	有り	-	-	-	-
623		46	無し	有り	無し	-	-	-	-
624		47	無し	有り	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	-
625		48	無し	有り	有り	-	-	-	-
626		49	無し	有り	有り	-	-	冬季は48と結合	-
627		50	無し	有り	有り	-	-	冬季は48と結合	-
628		51	無し	有り	無し	-	-	春季、冬季中規模裸地確認	-
629		52	無し	無し	有り	-	-	春季、秋季中規模裸地確認	-
630		53	無し	有り	無し	-	-	ヤードの検出、春季、冬季中規模確認	-

表 6.2.1-17 人工衛星画像解析による大規模裸地抽出結果(10/10)

裸地 連番	市町村	大規模 裸地 No(市 町村 別)	人工衛星画像、自動判定結果			米軍 範囲	裸地 検出 ミス	人工衛星画像目視確認による、 裸地についての補足情報	その他情報
			令和5年度						
			春季	秋季	冬季				
631	石垣市	54	無し	有り	有り	-	-	-	-
632		55	無し	有り	無し	-	●	浄水場の検出ミス	-
633		56	無し	有り	有り	-	-	グラウンドの検出、春季中規模確認	-
634		57	雲により不明	有り	有り	-	●	赤瓦の検出ミス含む	-
635		58	雲により不明	有り	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
636		59	雲により不明	有り	無し	-	●	赤瓦の検出ミス	-
637		60	雲により不明	有り	無し	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出	-
638		61	雲により不明	有り	有り	-	●	赤瓦の検出ミス	-
639		62	雲により不明	有り	無し	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出、冬季中規模確認	-
640		63	無し	有り	無し	-	●	赤瓦の検出ミス、春季、冬季中規模確認	-
641		64	無し	有り	無し	-	●	赤い屋根の検出ミス、グラウンドの検出、春季、冬季中規模確認	-
642		65	無し	有り	有り	-	-	-	-
643		66	無し	有り	無し	-	●	赤い屋根の検出ミス	-
644		67	無し	有り	無し	-	-	グラウンドの検出、春季、冬季中規模確認	-
645		68	無し	有り	有り	-	-	工場の検出、春季中規模確認	-
646		69	無し	有り	無し	-	●	検出ミス	-
647		70	無し	有り	無し	-	-	-	-
648		71	無し	有り	雲により不明	-	●	赤瓦の検出ミス、春季中規模確認	-
649		72	無し	有り	無し	-	●	赤瓦の検出ミス、春季、冬季中規模確認	-
650		73	無し	有り	有り	-	●	赤瓦の検出ミス、春季中規模確認	-
651		74	無し	無し	有り	-	-	-	-
652		75	無し	有り	有り	-	-	春季中規模裸地確認、秋季は5と結合	-
653		76	無し	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	ダム湖岸
654		77	無し	無し	有り	-	-	-	-
655		78	無し	有り	有り	-	●	赤瓦の検出ミス、春季中規模確認	-
656		79	無し	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-
657		80	雲により不明	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-
658		81	雲により不明	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-
659		82	雲により不明	無し	有り	-	●	赤い屋根の検出ミス含む、秋季中規模裸地確認	-
660		83	無し	有り	有り	-	-	-	-
661		84	無し	無し	有り	-	-	春季、秋季中規模裸地確認	-
662		85	雲により不明	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-
663		86	無し	無し	有り	-	-	-	-
664		87	無し	無し	有り	-	-	-	-
665		88	無し	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-
666	竹富町	1	有り	無し	無し	-	-	-	-
667		2	有り	有り	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	-
668		3	有り	有り	無し	-	-	-	-
669		4	有り	有り	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	-
670		5	有り	有り	有り	-	-	-	-
671		6	有り	無し	無し	-	-	秋季中規模裸地確認	-
672		7	有り	無し	無し	-	-	-	-
673		8	有り	無し	無し	-	-	秋季中規模裸地確認	-
674		9	有り	無し	無し	-	-	-	-
675		10	有り	無し	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	-
676		11	有り	無し	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	-
677		12	有り	無し	無し	-	-	-	-
678		13	有り	無し	無し	-	-	冬季中規模裸地確認	-
679		14	有り	無し	無し	-	-	-	-
680		15	有り	無し	無し	-	-	-	-
681		16	有り	無し	雲により不明	-	-	グラウンドの検出、秋季中規模確認	-
682		17	有り	無し	無し	-	-	-	-
683		18	有り	無し	無し	-	-	秋季、冬季中規模裸地確認	-
684		19	有り	無し	無し	-	-	-	-
685		20	有り	無し	無し	-	-	秋季中規模裸地確認	-
686		21	無し	有り	無し	-	-	-	-
687		22	無し	有り	無し	-	-	-	-
688		23	無し	有り	有り	-	-	-	-
689		24	無し	有り	有り	-	-	-	-
690		25	無し	有り	無し	-	-	-	-
691		26	無し	有り	有り	-	●	ため池の検出ミス	-
692		27	雲により不明	有り	無し	-	-	-	-
693	与那国町	1	有り	無し	有り	-	-	秋季中規模裸地確認	-
694		2	有り	無し	無し	-	-	-	-
695		3	有り	有り	有り	-	-	-	-
696		4	有り	有り	雲により不明	-	-	-	-
697		5	有り	無し	雲により不明	-	-	秋季中規模裸地確認	-
698		6	無し	無し	有り	-	-	-	-
699		7	無し	無し	有り	-	-	-	-

3) 陸域：農地の被覆状況解析

画像解析によって得られた、農地における裸地割合の推移を市町村別に図 6.2.1-9、表 6.2.1-18 に示した。

図 6.2.1-9 では、各市町村ごとの筆ポリゴン面積に対する裸地面積の割合を各季別に示した。裸地割合の推移をみると、耕地面積に対して、サトウキビ栽培が多い市町村では、栽培のスケジュールに応じた裸地面積割合の拡大が確認された。サトウキビ栽培面積割合が多い市町村では春季、冬季における裸地出現割合が高く、また、サトウキビの夏植え栽培が多い市町村では夏季における裸地出現割合が高く見られた。

表 6.2.1-18 では、各市町村ごとの筆ポリゴン全体の面積を列①に示し、各季、雲域で隠れておらず解析の対象とできる対象農地筆の面積を列②に示し、対象農地筆の割合を列③に示した。また、列④には対象農地の中での裸地面積を示し、列⑤にて対象農地内での裸地割合を示した。図 6.2.1-9 の棒グラフの数値は、表 6.2.1-18 の列⑤の数値である。

列③の対象農地筆の割合については、今回、雲域と雲影の除外処理及び部分合成を行ったことで、全農地筆に対し、春季で 96%、秋季で 97%、冬季で 96%の筆を解析対象とすることができた。

本解析によって、各市町村の農地の裸地出現状況を把握することができ、各地域の農業生産の状況に応じて裸地出現状況は異なることが示唆された。各市町村において栽培作物や裸地出現状況に応じた流出防止対策を推進することで、効果的・効率的な対策実施が期待される。

農地の被覆状況解析結果は、中・大規模裸地の分布結果と合わせて市町村別に図 6.2.1-11～図 6.2.1-193 に示した。

【参考資料】 農林水産省統計部「作物統計調査 耕地面積調査」令和 4 年
沖縄県農林水産部「令和 3/4 年期さとうきび及び甘しや糖生産実績」

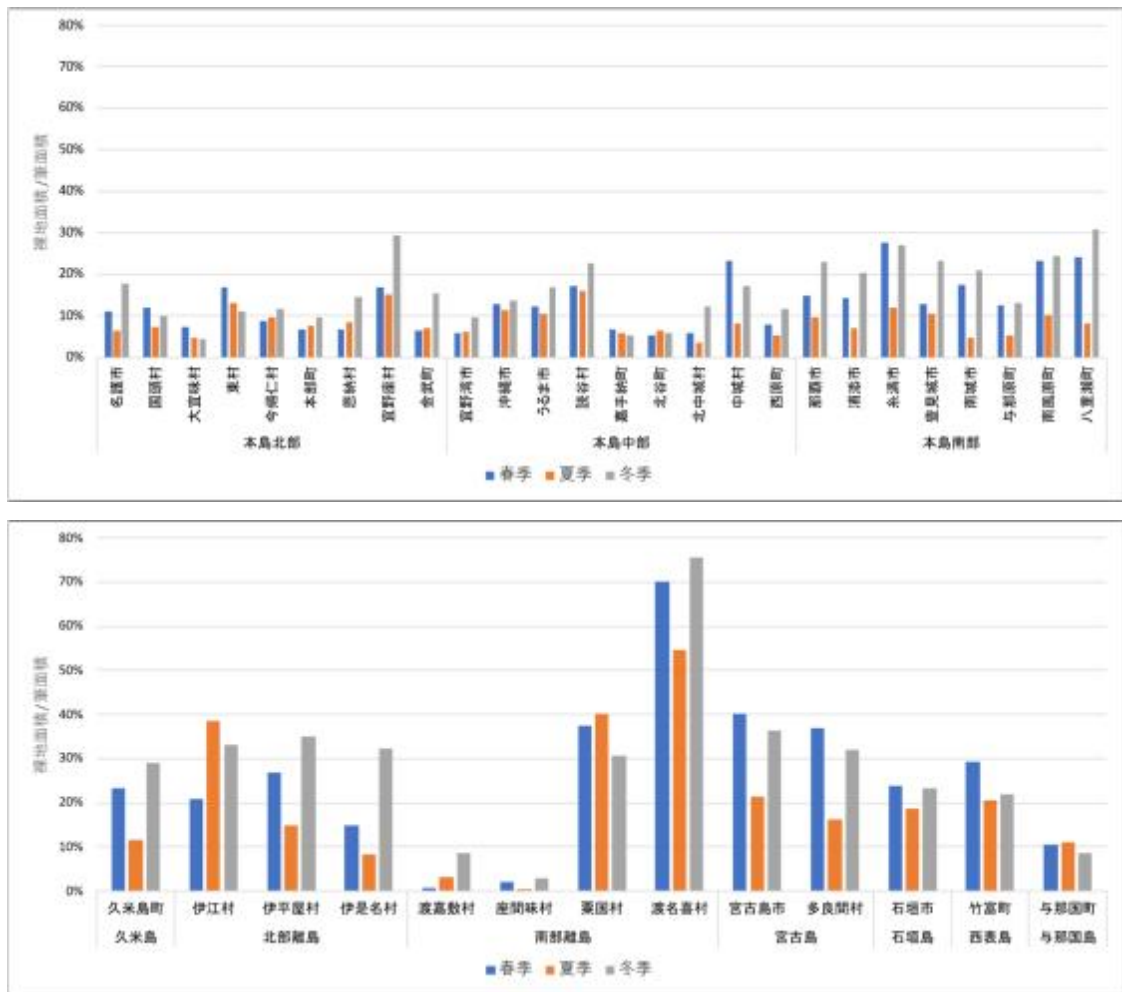


図 6.2.1-9 農地における裸地割合の推移(市町村別)

表 6.2.1-18 農地における裸地割合の推移(市町村別)

		① 全筆 (㎡)	春季				秋季				冬季			
			② 対象農地 筆面積 (㎡)	③ 対象 農地筆 割合 (②/①)	④ 対象 農地内 裸地面積 (㎡)	⑤ 対象 農地内 裸地 割合 (④/②)	② 対象農地 筆面積 (㎡)	③ 対象 農地筆 割合 (②/①)	④ 対象 農地内 裸地面積 (㎡)	⑤ 対象 農地内 裸地 割合 (④/②)	② 対象農地 筆面積 (㎡)	③ 対象 農地筆 割合 (②/①)	④ 対象 農地内 裸地面積 (㎡)	⑤ 対象 農地内 裸地 割合 (④/②)
本島 北部	名護市	15,218,420	15,196,593	100%	1,692,340	11%	15,217,683	100%	987,824	6%	14,932,470	98%	2,639,982	18%
	国頭村	6,652,921	6,652,921	100%	790,130	12%	6,652,921	100%	494,012	7%	6,639,840	100%	655,805	10%
	大宜味村	3,376,524	3,376,524	100%	241,465	7%	3,349,688	99%	155,267	5%	2,936,264	87%	129,196	4%
	東村	6,171,169	6,146,497	100%	1,042,246	17%	6,171,169	100%	805,352	13%	5,890,067	95%	656,815	11%
	今帰仁村	8,854,430	8,850,948	100%	779,626	9%	8,854,430	100%	858,682	10%	8,854,430	100%	1,018,194	11%
	本部町	4,491,412	4,491,412	100%	300,152	7%	4,491,412	100%	346,791	8%	4,491,412	100%	435,307	10%
	恩納村	4,499,521	4,499,521	100%	302,029	7%	4,499,521	100%	374,097	8%	4,499,521	100%	652,231	14%
	宜野座村	3,949,131	3,949,131	100%	668,518	17%	3,901,489	99%	588,595	15%	3,949,131	100%	1,158,190	29%
	金武町	3,369,584	3,362,444	100%	219,661	7%	3,322,968	99%	233,096	7%	3,369,584	100%	516,890	15%
本島 中部	宜野湾市	349,508	348,880	100%	20,122	6%	306,218	88%	18,654	6%	349,508	100%	33,766	10%
	沖縄市	1,451,575	1,433,253	99%	181,618	13%	1,331,981	92%	152,518	11%	1,451,575	100%	197,428	14%
	うるま市	11,543,486	11,543,486	100%	1,397,889	12%	11,263,025	98%	1,181,135	10%	11,543,486	100%	1,959,854	17%
	読谷村	5,551,287	5,551,287	100%	945,491	17%	5,551,287	100%	887,140	16%	5,551,287	100%	1,253,904	23%
	嘉手納町	139,749	129,589	93%	8,686	7%	133,501	96%	7,983	6%	139,749	100%	7,194	5%
	北谷町	49,394	48,697	99%	2,587	5%	44,025	89%	2,799	6%	49,394	100%	2,825	6%
	北中城村	673,075	667,806	99%	39,401	6%	648,146	96%	22,376	3%	673,075	100%	83,238	12%
	中城村	2,580,225	1,917,355	74%	443,701	23%	2,420,903	94%	194,917	8%	2,580,225	100%	443,424	17%
	西原町	1,917,355	1,917,355	100%	149,273	8%	1,657,611	86%	86,574	5%	1,917,355	100%	225,830	12%
本島 南部	那覇市	141,348	131,798	93%	19,478	15%	139,018	98%	13,232	10%	141,348	100%	32,569	23%
	浦添市	198,501	198,501	100%	28,382	14%	182,303	92%	12,672	7%	198,501	100%	40,146	20%
	糸満市	14,387,122	14,380,268	100%	3,984,205	28%	14,260,180	99%	1,690,205	12%	14,387,122	100%	3,898,332	27%
	豊見城市	2,850,482	2,821,715	99%	361,852	13%	2,805,611	98%	295,385	11%	2,850,482	100%	665,186	23%
	南城市	10,421,877	10,421,878	100%	1,814,739	17%	9,919,302	95%	474,689	5%	10,421,878	100%	2,193,328	21%
	与那原町	360,636	360,636	100%	45,193	13%	360,636	100%	18,763	5%	360,636	100%	46,791	13%
	南風原町	1,517,697	1,517,697	100%	352,430	23%	1,517,334	100%	155,328	10%	1,517,697	100%	369,882	24%
	八重瀬町	9,390,788	9,390,788	100%	2,268,775	24%	9,390,788	100%	765,970	8%	9,390,788	100%	2,892,007	31%
久米島	久米島町	17,223,137	17,223,137	100%	4,015,442	23%	17,199,718	100%	1,974,253	11%	15,927,259	92%	4,609,380	29%
北部 離島	伊江村	11,015,198	11,015,198	100%	2,280,453	21%	11,015,198	100%	4,251,712	39%	11,015,198	100%	3,643,886	33%
	伊平屋村	3,378,046	3,378,046	100%	905,138	27%	3,366,527	100%	498,221	15%	3,378,046	100%	1,186,047	35%
	伊是名村	5,460,454	5,460,454	100%	813,695	15%	5,288,165	97%	444,235	8%	5,459,762	100%	1,768,047	32%
南部 離島	渡嘉敷村	148,139	148,139	100%	990	1%	148,139	100%	4,683	3%	148,139	100%	12,803	9%
	座間味村	88,683	88,683	100%	1,754	2%	52,707	59%	216	0%	88,683	100%	2,536	3%
	栗国村	1,545,956	1,545,956	100%	578,222	37%	1,545,956	100%	620,856	40%	1,545,956	100%	472,858	31%
	渡名喜村	184,601	184,601	100%	129,311	70%	184,601	100%	100,880	55%	184,601	100%	139,657	76%
宮古島	宮古島市	107,560,609	103,054,336	96%	41,435,581	40%	98,249,252	91%	20,983,688	21%	102,950,839	96%	37,468,774	36%
	多良間村	10,003,839	8,647,698	86%	3,186,340	37%	10,003,839	100%	1,629,128	16%	10,003,839	100%	3,191,547	32%
石垣島	石垣市	55,457,957	49,229,262	89%	11,789,008	24%	55,457,957	100%	10,395,052	19%	48,873,641	88%	11,435,734	23%
西表島	竹富町	17,598,388	17,358,832	99%	5,099,232	29%	17,272,844	98%	3,567,644	21%	16,707,913	95%	3,676,472	22%
与那国島	与那国町	5,017,637	5,014,896	100%	524,914	10%	5,017,637	100%	550,054	11%	4,281,405	85%	368,291	9%

4) 今後の課題

前述の通り、本業務では人工衛星画像を活用し、陸域の季節間における大規模裸地・農地の裸地割合について解析を行った。

今後もさらなる精度向上に向けた検討が必要となり、なかでも以下の解析項目については、本業務で確認された課題をあげ、その解決の方向性もしくは解決案を示した。

(a) 課題 1: 裸地判定について

裸地の抽出の際に使用した、バンド値演算による NDVI(正規植生指数)と GSI(粒径指数)では、抽出した際に裸地ではない赤瓦の屋根(赤い屋根)からなる建物が多く含まれてしまう。

赤瓦等箇所については、植生が無いことから NDVI では 0 付近の値をとるが、GSI では高い値(粒径が細かいと推定された)をとるため、GSI は赤色光バンド値を活用することからも、赤色光バンド値が強い赤瓦等箇所については誤判定が生じやすいと考えられる。

解決策としては、NDVI、GSI 以外の指数を取り入れ、さらなるフィルタリングを行うことを検討し、また、今回目視判定で確認した、赤瓦等箇所のポリゴンデータを活用し、GIS ソフトウェアでマスク処理を行うことで解決できると考えられる。

(b) 課題 2: 大規模裸地等の定義

今回、中・大規模裸地として、 $3,000\text{m}^2$ 以上と、 $10,000\text{m}^2$ 以上の面積を持つ裸地を抽出したが、同条件化における裸地の規模として、学校のグラウンドの検出が目立つ結果となった。

学校のグラウンドについては広義において裸地と言えなくもないが、赤土流出源としての大規模裸地には該当しないと考えられる。

このことから、解決策としては、課題 1 でもあげた GIS ソフトウェアでのマスク処理を行い学校のグラウンド範囲については裸地から除外することで解決できると考えられる。



図 6.2.1-10 左: 赤枠内、大規模裸地と判定されたグラウンドと赤い屋根、右: Google Earth 画像

6.2.2 沿岸海域を対象とした人工衛星画像調査

(1) 調査項目

調査項目を表 6.2.2-1 に示した。

表 6.2.2-1 調査項目（人工衛星画像を用いた調査）

調査項目	数量	適用
人工衛星画像取得	3回	・ 梅雨後、秋季、冬季の画像取得
画像解析	1式	沿岸海域 ・ 赤土等堆積状況 ・ サンゴ等生物分布状況

(2) 調査方法

1) 人工衛星画像の取得

「6.2.1 陸域を対象とした人工衛星画像調査」と同様、「Sentinel-2」によって撮影された画像を取得した（「Sentinel-2」の概要は、表 6.2.1-2 参照）。

画像の取得についても、「6.2.1 陸域を対象とした人工衛星画像調査」と同様、沖縄県周辺におけるエリア区画（本島エリア 4 区画、先島エリア 6 区画）の画像を取得した（区画エリアについては、図 6.2.1-1 参照）。

ただし、沿岸海域を対象とした本調査では、海域における赤土等堆積状況解析が主目的であることから、海域調査実施時期と合わせ、以下の 3 季毎に、雲量が少ない画像を選定した。

- ・ 梅雨後（令和 5 年 6 月下旬～7 月）
- ・ 秋季（令和 5 年 10 月～12 月中旬）
- ・ 冬季（令和 6 年 1 月～令和 6 年 2 月）

2) 解析手法概要

(a) 沿岸域: 赤土等堆積量解析

沿岸域における赤土等堆積量解析は、以下のフローで実施した。

表 6.2.2-2 沿岸域: 赤土等堆積量解析フロー

沿岸域：赤土等堆積量		備考(注)
1	大気補正	3)(b)
2	陸域、海域高深度域の除去	3)(c)
3	雲域、雲影域の除去	3)(d)
4	SPSS予測モデルの構築	3)(e)
4.1	応答変数の準備(SPSS)	3)(e) ①
4.2	説明変数の準備1(RSI,RSI2)	3)(e) ②
4.3	説明変数の準備2(底質情報)	3)(e) ③
4.4	説明変数の準備3(水深情報)	3)(e) ④
4.5	ランダムフォレスト法によるSPSS予測モデルの構築	3)(e) ⑤
5	沿岸域赤土等堆積状況推定図用のSPSS予測モデルの構築	3)(f)
6	予測SPSSに基づく、沿岸域赤土等堆積状況推定図の作成	3)(g)

注：備考欄に示した番号は、各手法の詳細を記載した「(3)解析手法詳細」内のセクション番号である。

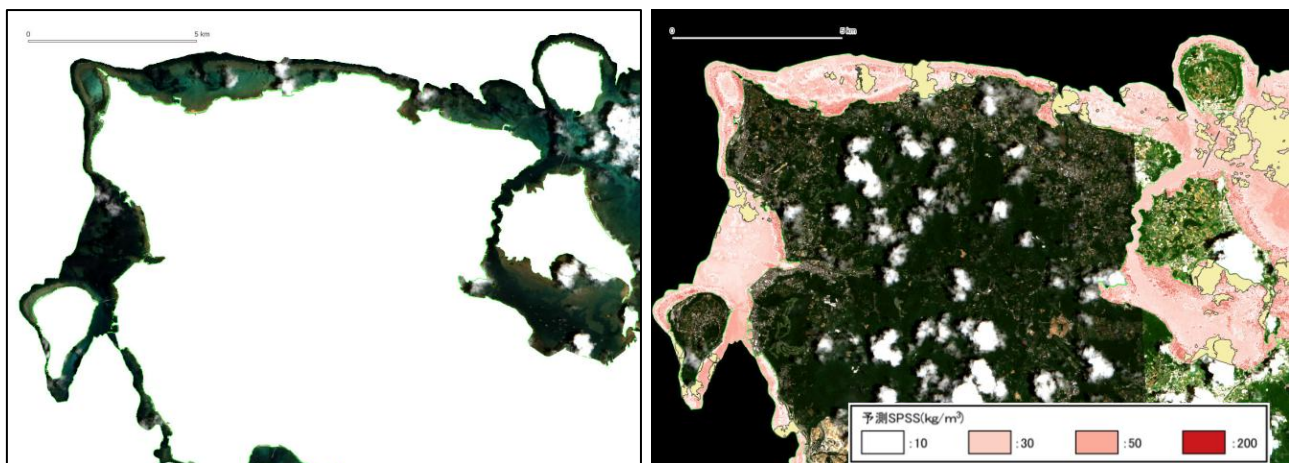


図 6.2.2-1 左:陸域、高深度域等除去画像、右:沿岸域赤土等堆積状況推定図

(b) 沿岸域:サンゴ等生物生息状況

沿岸域におけるサンゴ等生物生息状況解析は、以下のフローで実施した。なお、表内 1～4 は「沿岸域:赤土等堆積量解析」と同様である。

本解析においては高サンゴ被度帯の抽出を目的として実施した。

表 6.2.2-3 沿岸域:サンゴ等生物生息状況解析フロー

沿岸域：サンゴ等生物生息状況		備考(注)
1	大気補正	3)(b)
2	陸域、海域高深度域の除去	3)(c)
3	雲域、雲影域の除去	3)(d)
4	サンゴ高被度帯推定モデルの構築	3)(h)
4.1	応答変数の準備(サンゴ高被度情報)	3)(h)①
4.2	説明変数の準備(バンド情報)	3)(h)②
4.3	ランダムフォレスト法によるサンゴ高被度帯推定モデルの構築	3)(h)③
5	推定結果に基づく、サンゴ高被度帯分布推定図の作成	3)(i)

注：備考欄に示した番号は、各手法の詳細を記載した「(3)解析手法詳細」内のセクション番号である。

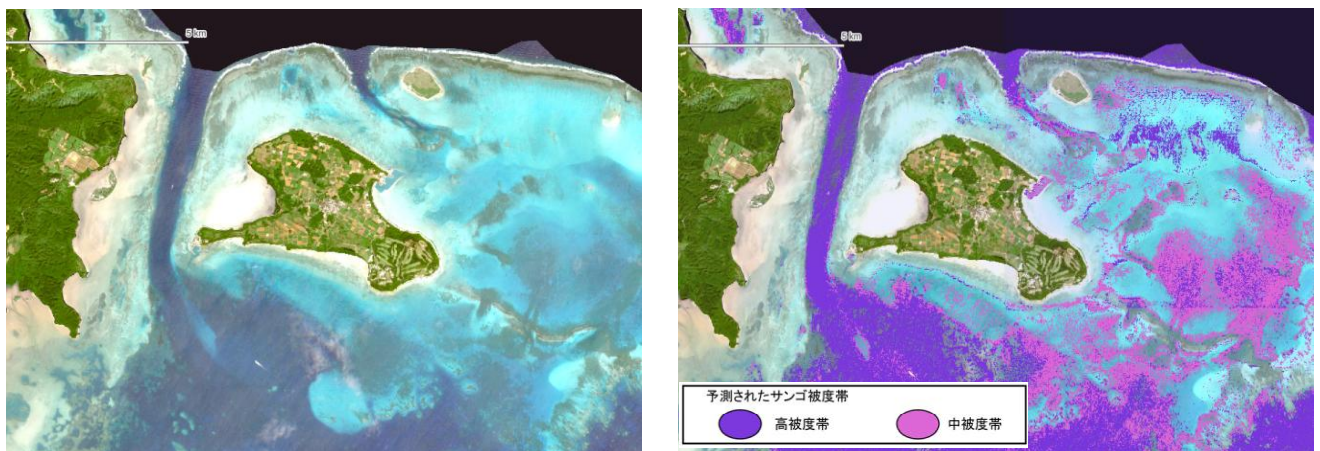


図 6.2.2-2 左:衛星画像、右:サンゴ高被度帯分布推定図

3) 解析手法詳細

沿岸域：赤土等堆積量解析

(a) 解析環境

解析に用いたコンピュータ、ソフトウェア、プログラミング言語等については、「6.2.1 陸域を対象とした人工衛星画像調査」と同様である(6章 6.2.1(2)3参照)。

(b) 大気補正

Sentinel-2 画像は、L1、L2 プロダクトが提供されており、本解析には大気補正が既に実施されている L2A プロダクトのみを使用した(L2A プロダクトについては「6.2.1(2)3(b) 大気補正」参照)。ただし、大気の影響は L2A プロダクトにも残存していることから、L2A プロダクトに更なる補正を行った。行った補正は、Dark Object Subtraction (以下 DOS 補正という))と呼ばれるものである。

DOS 補正とは、衛星画像による各バンド値を、当該バンド値と画像全領域で最も暗い場所における当該バンド値との差分値に置き換える補正手法である。これは画像領域内最も暗い場所では大気散乱に由来する輝度のみが残存しているという仮定に基づく補正手法である。本解析では、画像内全ピクセルでの各バンド最小値を用いて、補正に使用した。

DOS 補正については、Python パッケージ rasterio を用いて行った。

(c) 陸域、海域高深度域の除去

沿岸海域の解析に際しては、解析対象外エリア(陸域、海域高深度域)を、あらかじめマスク処理(除外)した上で行った。

処理に際しては、残すエリア(沿岸域)のポリゴンファイルを準備し、Python の geopandas および rasterio パッケージにて衛星画像を切り抜いた。

沿岸域のポリゴンは、「平成 23 年度赤土等に係る環境保全目標設定調査 沖縄県」内「第 4 章 4.1.1(1)海域区分の設定」において設定された、海域区分図用のポリゴンを統合したものを使用した。なお、本海域区分は、「旧基本計画」、「第 2 次基本計画」ともに、監視海域の区域として採用されたものである。

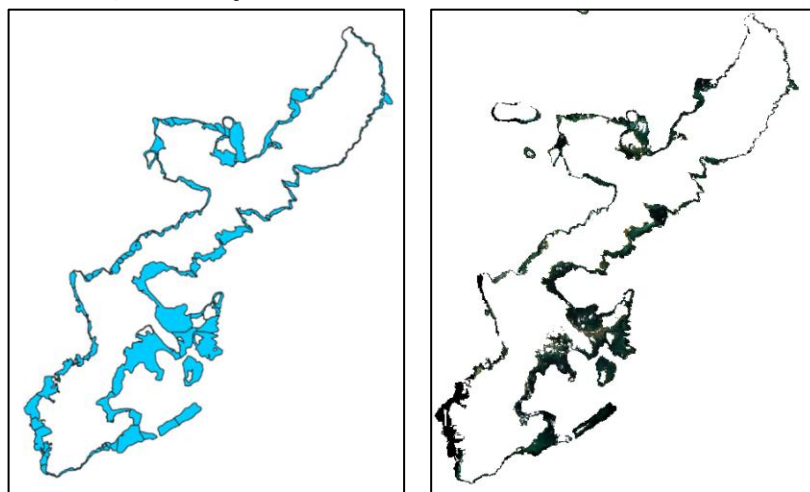


図 6.2.2-3 左:海域区分用ポリゴン、右:ポリゴンにて解析対象外エリアを除去(沖縄本島地域抜粋)

(d) 雲域、雲影域の除去

Sentinel-2 画像中に、雲域、雲影域が含まれる場合、その範囲では、水面および水中の状況がバンド値に十分に反映されず、解析の阻害となる。

そこで、雲域および雲影域についてはあらかじめ抽出し、マスク処理により解析対象から除去することとした。

a) 手法

雲域、雲影域の除去については、機械学習法の一つである「ランダムフォレスト法」を用いた予測モデルにより抽出した(「ランダムフォレスト法」については、後段の「(e)⑤ランダムフォレスト法による SPSS 予測モデルの構築」を参照)。

沿岸域にて「雲域」、「雲影域」、「その他」の 3 区分の範囲を設定し、教師データとした。設定エリアにおける区分名が応答変数、当該エリア位置の各バンド値が説明変数となる。

予測モデルを基に沿岸域全ピクセルを分類し、「雲域」もしくは「雲影域」と判定された範囲を基に、マスク用のポリゴンを作成した。

なお、上記分類結果、一部誤判定箇所が見られたことから、目視確認による補正を加えた。

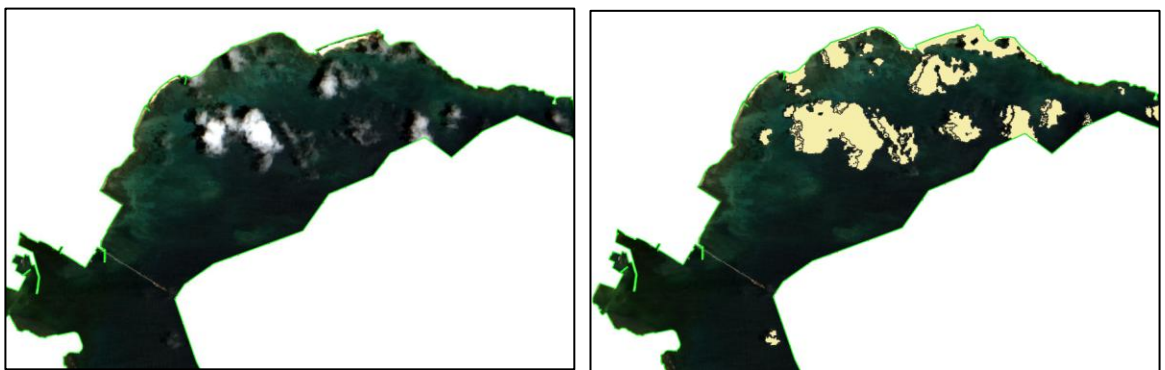


図 6.2.2-4 左:沿岸域衛星画像、右:雲域および雲影域判定域にマスク用ポリゴン配置例

(e) SPSS 予測モデルの構築

衛星画像バンド値から算出された RSI(赤土堆積指標)等を材料とした、現地調査にて赤土等堆積量として測定している SPSS の予測手法の開発を試みた。

第 2 次沖縄県赤土等流出防止対策基本計画における環境保全目標も SPSS を元に設定されていることから、RSI 等から SPSS の予測が可能になれば、環境保全目標の達成状況把握が人工衛星画像から実施できることにつながる。

予測モデルとして、精度が高く、衛星画像解析への活用が知られている「ランダムフォレスト法」を採用した。

モデルを用いて予測する対象(応答変数)は SPSS 値とし、SPSS を予測するための材料(説明変数)は、衛星画像を基にした RSI、RSI2、底質情報、および現地調査に基づく水深情報とした。

応答変数と対応する各説明変数のペア(データセット)を複数準備することにより、予測モデル構築の素材となる。

各変数の一覧を表 6.2.2-4 に示した。

表 6.2.2-4 応答変数および説明変数(SPSS 予測モデル)

	項目	備考
応答変数	SPSS	海域現地調査結果より引用
説明変数	RSI	衛星画像、バンド値演算より算出
	RSI2	衛星画像、バンド値演算より算出
	底質情報	衛星画像、クラスター分析 (R4年度業務成果の引用)
	水深情報	海域現地調査結果より引用

① 応答変数の準備(SPSS)

「第3章 海域における赤土等堆積状況調査及び生物生息状況調査」で得られた、沿岸海域における SPSS 値を応答変数として活用した。

現地調査では、県内沿岸海域に位置する 104 地点において年 3 回の調査、11 地点において年 1 回の調査を実施していることから、計 323 の応答変数となる。

なお、ペアとなる説明変数において、RSI 等衛星画像からの情報を用いることから、人工衛星の撮影日と現地調査実施日ができるだけ近い日であることが望ましい。

このことから「梅雨後」の人工衛星画像については第 1 回海域調査結果、「秋季」の人工衛星画像については第 2 回海域調査結果、「冬季」の人工衛星画像については第 3 回海域調査結果の組み合わせでペアを作成した。

表 6.2.2-5 に、人工衛星の撮影日と現地調査の実施日の照合表を示した。

表 6.2.2-5 人工衛星の撮影日と現地調査実施日の照合

取得人工衛星画像の撮影日						現地調査実施日				
	区画	対象地域	梅雨後	秋季	冬季		区画	第1回海域調査	第2回海域調査	第3回海域調査
本島エリア	T52RBQ	久米島	2023/7/3	2023/11/5	2024/2/3	本島エリア	久米島	2023/7/11-12	2023/11/16-11/17	2024/1/31-2/1
	T52RCQ	本島中部	2023/7/30	2023/12/15	2024/2/13		本島中部	2023/7/5-7/7	2023/11/1-12/8	2024/1/22-1/29
	T52RDQ	本島北部	2023/7/30	2023/10/18	2024/2/15		本島北部	2023/7/4-7/14	2023/10/30-12/4	2024/1/26-2/1
	T52RCP	本島南部	2023/7/10	2023/11/20	2024/2/13		本島南部	2023/7/3	2023/11/1-11/9	2024/1/22
先島エリア	T51RVH	与那国島	2023/6/26	2023/11/28	2023/2/11	先島エリア	与那国島	なし	なし	なし
	T51RWH	西表島北	2023/6/26	2023/11/28	2023/1/17		西表島北	2023/6/27	2023/11/10	2024/1/27
	T51QWG	西表島南	2023/6/26	2023/11/28	2023/1/17		西表島南	なし	なし	なし
	T51RXH	石垣島	2023/6/26	2023/11/28	2023/2/21		石垣島	2023/6/26-6/30	2023/11/6-11/9	2024/1/25-1/29
	T51QXG	石垣島南	2023/7/16	2023/11/28	2023/2/21		石垣島南	なし	なし	なし
	T51RYH	宮古島	2023/7/23	2023/11/5	2023/2/18		宮古島	2023/7/3	2023/10/23-24	2024/2/2

② 説明変数の準備 1(RSI,RSI2)

人工衛星 Sentinel-2 では、12 バンドによるマルチスペクトル画像が提供されている。これら各バンドのスペクトル値を元に演算を行うことで、対象物の特徴を抽出できることが知られている。

本解析では、「RSI」(赤土等堆積指標)および「RSI2」をバンド値演算によって求め、説明変数とした。

「RSI」は、灘岡和夫・田村英寿(1992)により開発された、沿岸域における赤土等堆積量を表す指数であり、値が大きい程赤土等堆積量が多いことを示すとされている。

「RSI2」は、灘岡(1997)で赤土等堆積量を反映する可能性について言及された指標であり、今回試験的に導入を試みた。

各指数の算出式を以下に示した。

RSI(赤土堆積指標)、RSI2の算出式

$$RSI = \frac{Green - Green_{\infty}}{Blue - Blue_{\infty}} \quad RSI2 = \frac{Red - Red_{\infty}}{Blue - Blue_{\infty}}$$

注: Red: 赤色光バンド値、Blue: 青色光バンド値、Green: 緑色光バンド値、∞: 各バンドの最暗帯での値

これらバンド値演算については、Python の rasterio パッケージ等を用いて行った。

【参考資料】

- ・LANDSAT/TM データに基づいた沖縄赤土流出問題の解析の試み(1992)灘岡和夫・田村英寿
- ・海底分光反射特性解析に基づくサンゴ礁海域衛星モニタリングの一般化の試み(1997)灘岡和夫、他

③ 説明変数の準備 2(底質情報)

沿岸海域において底質環境が異なると、その色合いが異なるため、RSI による赤土等堆積量判定の誤差要因になる可能性がある。このことから、底質情報を説明変数に加えることを試みた。

「令和 4 年度赤土等流出防止対策検証事業委託業務」(以下、昨年度業務という。)では、Sentinel-2 画像のバンド情報を用いたクラスター分析により、沿岸海域の分類を実施していることから、ここでは昨年度業務の沿岸海域分類結果を活用した。

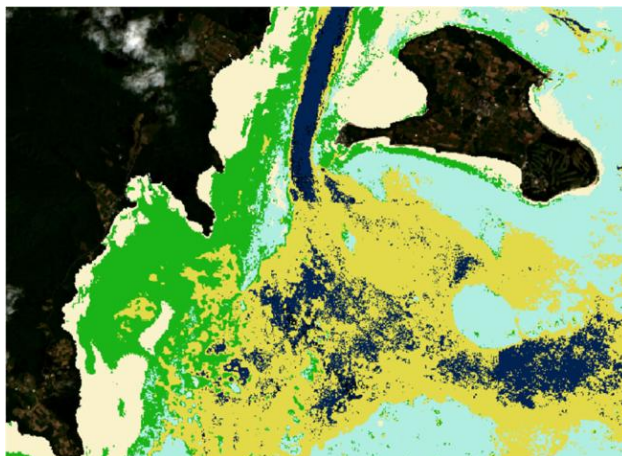


図 6.2.2-5 沿岸海域分類結果(昨年度業務報告書より抜粋引用)

④ 説明変数の準備 3(水深情報)

一般的に水深が深くなるにつれ、バンド値は減退する傾向にあり、RSI 等バンド値を用いた判定の誤差要因となることから、今回、水深情報を説明変数に加えることを試みた。

「第3章 海域における赤土等堆積状況調査及び生物生息状況調査」では、SPSS 調査時に合わせて現地の水深を測定していることから、この結果を活用した。

⑤ ランダムフォレスト法による SPSS 予測モデルの構築

予測モデルの構築に、ランダムフォレスト法を採用した。ランダムフォレスト法の概要を以下に示した。

【ランダムフォレスト法】

ランダムフォレストは、木(決定木)を集めて森(フォレスト)にしたものという意味合いのモデルであり、決定木のアンサンブルモデル(複数の予測モデルを組み合わせる手法)の一つである。

決定木とは、予測に役立つ情報が最も効率的に得られるように、特徴量とその境界値を繰り返し定めることによって木の構造をした選択肢群を作成し、木の末端のそれぞれに予測値をあてはめる手法である。

ランダムフォレストで使用する決定木は、学習データの中からランダムに選んだ特徴量の集合をもとに作る小さな決定木である。決定木を多数、並列に作り、集めた決定木の予測値の平均や多数決で決めた値をモデル全体の予測値とすることにより、精度を上げることが可能となっている。

【参考資料】

入門 R による予測モデリング 機械学習を用いたリスク管理のために 岩沢宏和・平松雄司 東京図書

その他特筆すべき特徴としては以下が挙げられる。

- ・回帰問題および分類問題の両方に適応可能である。
- ・説明変数は、カテゴリ値、連続変数ともに複数取り込むことができる。
- ・アンサンブル学習により高い予測精度が期待できる。
- ・人工衛星画像解析での活用事例が複数ある。

ランダムフォレストによる予測モデル構築は Python パッケージ scikit-learn を用いて実施した。

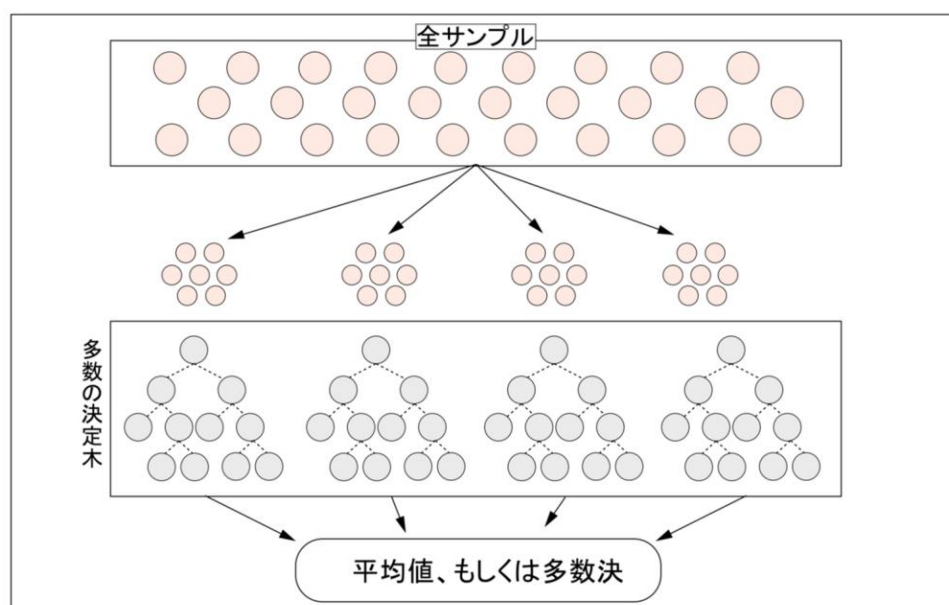


図 6.2.2-6 ランダムフォレスト法の概念図

(f) 沿岸域赤土等堆積状況推定図用の SPSS 予測モデルの構築

前述した予測モデルは、沿岸域赤土等堆積状況推定図の作成を前提にしたものであるが、そのためには、衛星画像内対象エリアの全ピクセルに対して、前述した 4 つの説明変数情報が必要となる。

衛星画像から得られる説明変数(RSI、RSI2、底質情報)については取得に問題ないが、水深については現状、海域調査地点にしか情報がない。

そこで、沿岸域赤土等堆積状況推定図用に、上記とは別に SPSS 予測モデルを構築した。ただし、手法等はほぼ同等であり、説明変数から水深を除外したものである。

(g) 予測 SPSS に基づく、沿岸域赤土等堆積状況推定図の作成

作成した予測モデルを、衛星画像の沿岸海域の全ピクセルに適応し、予測 SPSS を得た。その結果を図示することにより、赤土等堆積状況推定図とした。

沿岸域：サンゴ等生物生息状況

(h) サンゴ高被度帯推定モデルの構築

衛星画像バンド値を材料とした、サンゴ高被度帯の抽出手法の開発を試みた。

予測モデルは、「沿岸域：赤土等堆積量解析」と同様「ランダムフォレスト法」を採用した。

モデルを用いて予測する対象(応答変数)はサンゴ被度(高、中、低)とし、サンゴ被度を予測するための材料(説明変数)は、衛星画像バンド値を基にしたバンド除算値(10 個)とした。

各変数の一覧を表 6.2.2-6 に示した。

表 6.2.2-6 応答変数および説明変数(サンゴ高被度帯抽出モデル)

	項目	備考
応答変数	サンゴ被度 (高、中、低)	海域現地調査結果より引用
説明変数	バンド除算値 (10ヶ)	衛星画像、バンド値演算より算出

① 応答変数の準備(サンゴ被度区分)

「令和 3 年度赤土等流出防止海域モニタリング調査委託業務」(以下、令和3年度業務という。)においては、県内 110 海域に設定された 145 調査地点において生物調査が実施されており、その一環として半径 10m の範囲でのサンゴ被度が調査されている。

本解析ではこのサンゴ被度情報を活用した。この資料では、サンゴ被度を5%ピッチの値で記録されているが、ここでは以下の基準で3区分し、これら3区分を応答変数とした。

表 6.2.2-7 サンゴ被度区分と応答変数

令和 3 年度業務でのサンゴ被度調査結果	応答変数
30%以上	サンゴ被度：高
15～25%	サンゴ被度：中
10%以下	サンゴ被度：低

注：令和 3 年度業務では 5 %ピッチの被度調査結果である。

② 説明変数の準備(バンド除算値)

人工衛星 Sentinel-2 では、12 バンドによるマルチスペクトル画像が提供されているが、海域において有効性があると考えられるバンド1～5 を使用した(band1:coastal バンド、band2:blue バンド、band3:green バンド、band4:red バンド、band5:rededge バンド) (バンド情報は表 6.2.1-2 参照)。

なお、バンド値は5バンド各組合せの除算値を使用した。これは、単純なバンド値の場合、画像間比較等の際に不均衡が生じる可能性があることを踏まえた措置である。

表 6.2.2-8 説明変数(バンド除算値)

	各バンド値の除算式		各バンド値の除算式
説明変数1	band1 /band2	説明変数6	band2 /band4
説明変数2	band1 /band3	説明変数7	band2 /band5
説明変数3	band1 /band4	説明変数8	band3 /band4
説明変数4	band1 /band5	説明変数9	band3 /band5
説明変数5	band2 /band3	説明変数10	band4 /band5

③ ランダムフォレスト法によるサンゴ高被度帯推定モデルの構築

予測モデルの構築に、ランダムフォレスト法を採用した(ランダムフォレスト法の詳細については、「6.2.2(2)3)(e)⑤ランダムフォレスト法による SPSS 予測モデルの構築」参照)。

(i) サンゴ高被度帯分布推定図の作成

作成した予測モデルを、衛星画像の沿岸海域の全ピクセルに適応し、予測 SPSS を得た。その結果を図示することにより、サンゴ高被度帯分布推定図とした。

なお、図では高サンゴ被度帯、および中サンゴ被度帯のみを表示した。

(3) 解析結果

1) 画像の取得

画像の取得に際しては、図 6.2.1-1 に示した区画ごと、また梅雨後(令和5年 6 月下旬～7月)、秋季(令和5年 10 月～12 月中旬)、冬季(令和6年1月～2月)毎に、雲量が少ない画像を選定した。取得した画像ごとの撮影日を表 6.2.2-9 に示した。

なお、画像は、大気補正が既に実施されている L2A プロダクトを取得した。

表 6.2.2-9 取得画像の撮影日一覧

取得人工衛星画像の撮影日					
	区画	対象地域	梅雨後	秋季	冬季
本島エリア	T52RBQ	久米島	2023/7/3	2023/11/5	2024/2/3
	T52RCQ	本島中部	2023/7/30	2023/12/15	2024/2/13
	T52RDQ	本島北部	2023/7/30	2023/10/18	2024/2/15
	T52RCP	本島南部	2023/7/10	2023/11/20	2024/2/13
先島エリア	T51RVH	与那国島	2023/6/26	2023/11/28	2023/2/11
	T51RWH	西表島北	2023/6/26	2023/11/28	2023/1/17
	T51QWG	西表島南	2023/6/26	2023/11/28	2023/1/17
	T51RXH	石垣島	2023/6/26	2023/11/28	2023/2/21
	T51QXG	石垣島南	2023/7/16	2023/11/28	2023/2/21
	T51RYH	宮古島	2023/7/23	2023/11/5	2023/2/18

各季ごと、エリアごとの画像を図 6.2.2-7～図 6.2.2-9 に示した。なお補助的に解析対象とした沿岸海域境界を重ねて表示してある。

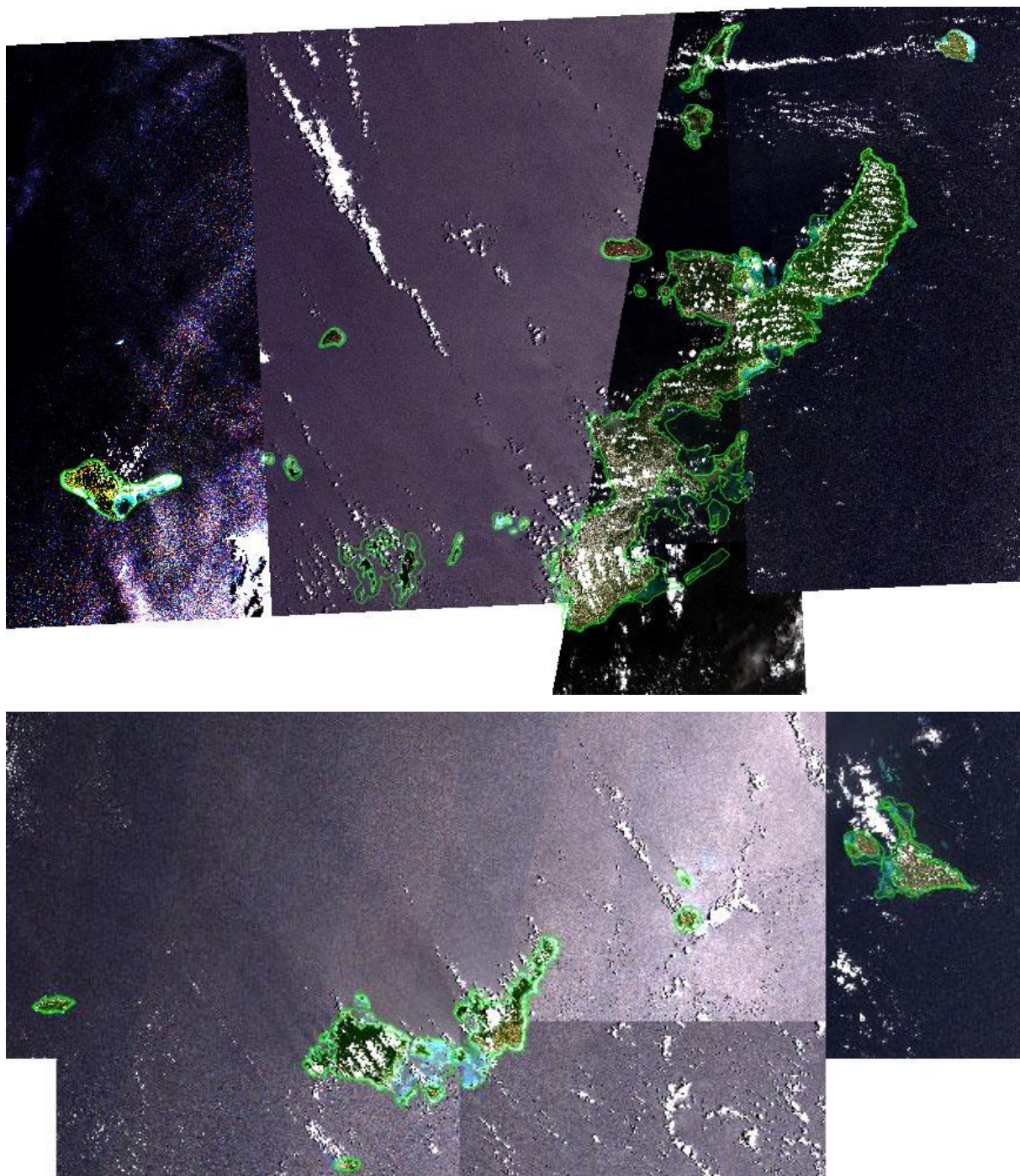


図 6.2.2-7 取得画像(梅雨後)

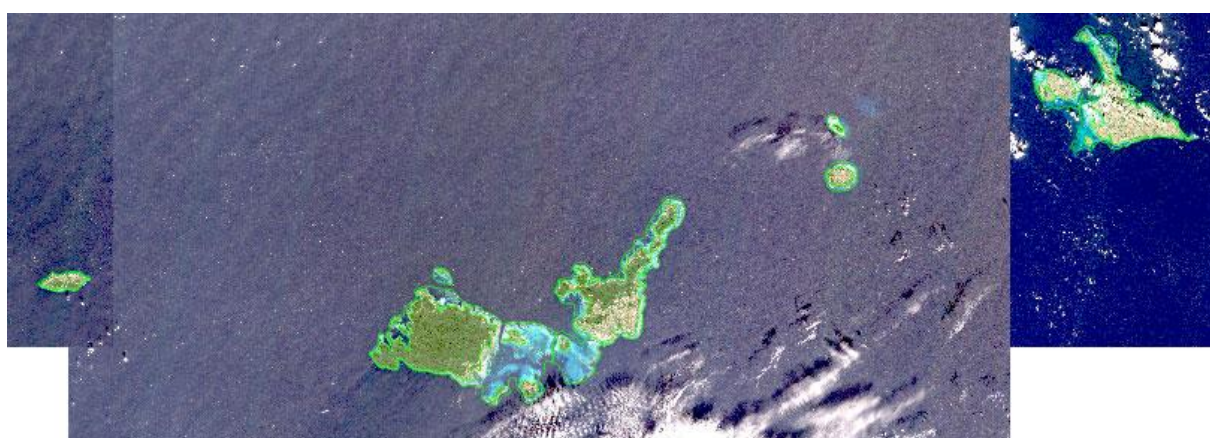
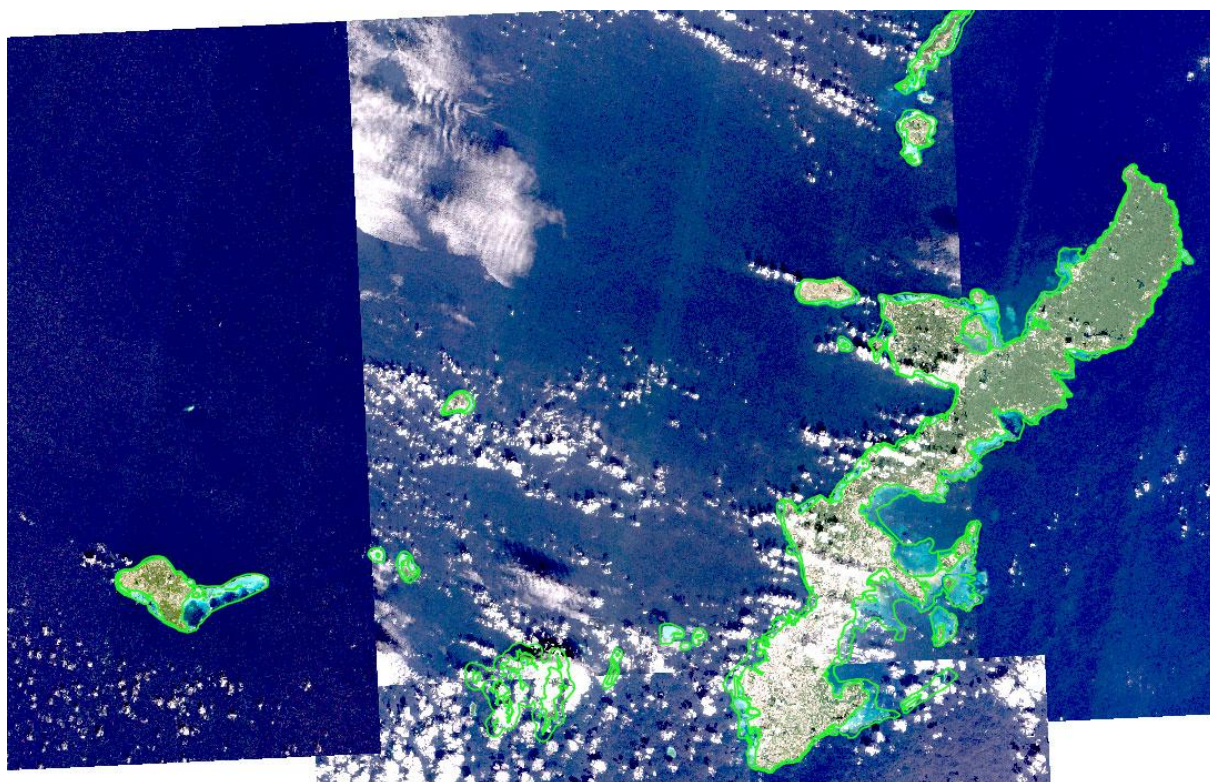


図 6.2.2-8 取得画像(秋季)

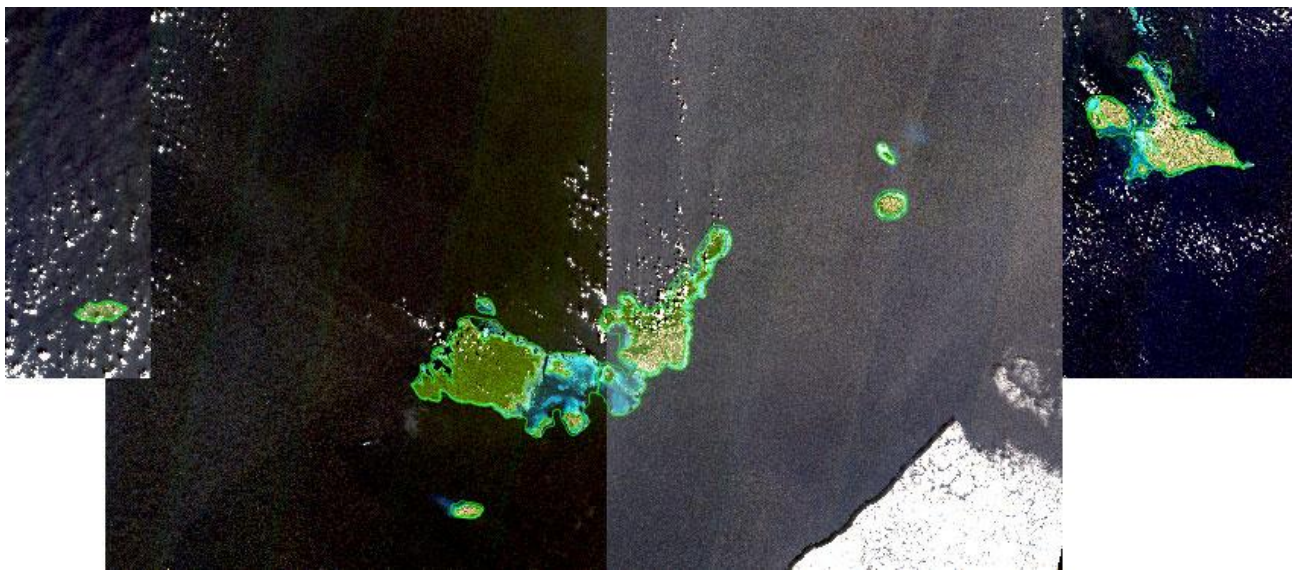
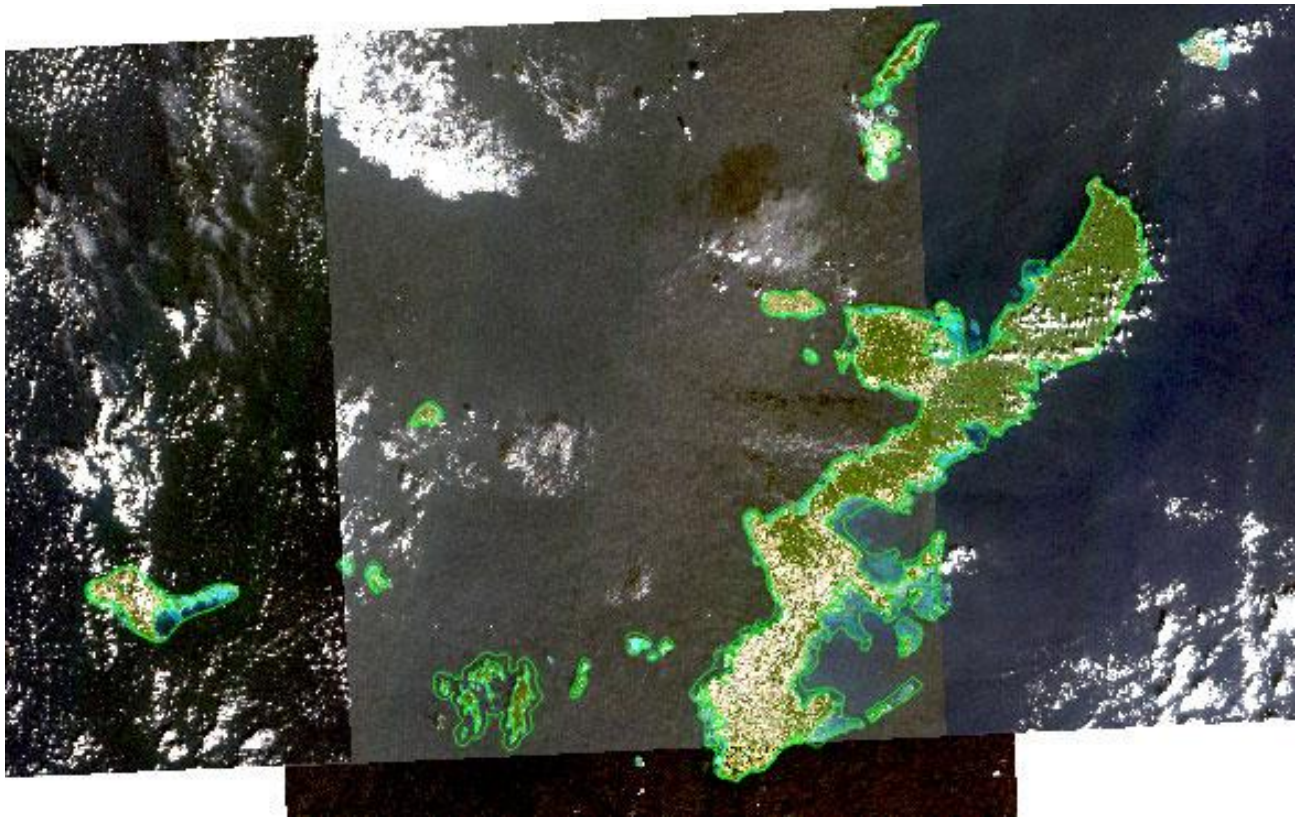


図 6.2.2-9 取得画像(冬季)

2) 沿岸域:赤土等堆積量解析

(a) 予測モデルの構築

構築した予測モデルにおいて、実測値と予測値との差を評価するための平均二乗誤差は 0.019 であった。

加えて、実測 SPSS と構築した予測モデルによる予測 SPSS との対応を図 6.2.2-10 に示した。対応関係において回帰線を作成すると、決定係数は 0.8325 となった。

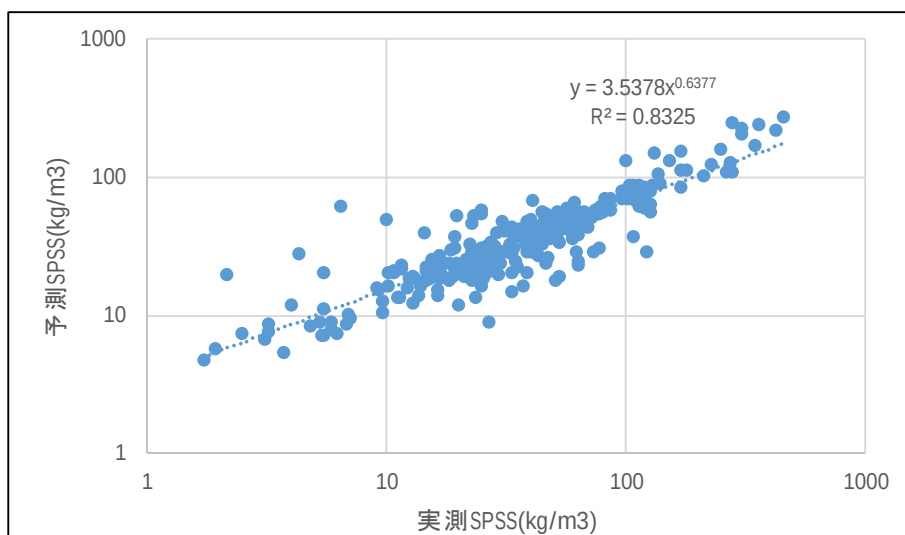


図 6.2.2-10 実測 SPSS と予測 SPSS との対応

(b) 沿岸域赤土等堆積状況推定図用の SPSS 予測モデルの構築

沿岸域赤土等堆積状況推定図用の予測モデルにおける予測値と実測値との対応を図 6.2.2-11 に示した。

対応関係において回帰線を作成すると、決定係数は 0.7567 となり、予測精度は、前述したモデルに比べ若干劣ることが確認された。すなわち水深情報は予測精度を上げるためには使用すべき情報と考えられる。

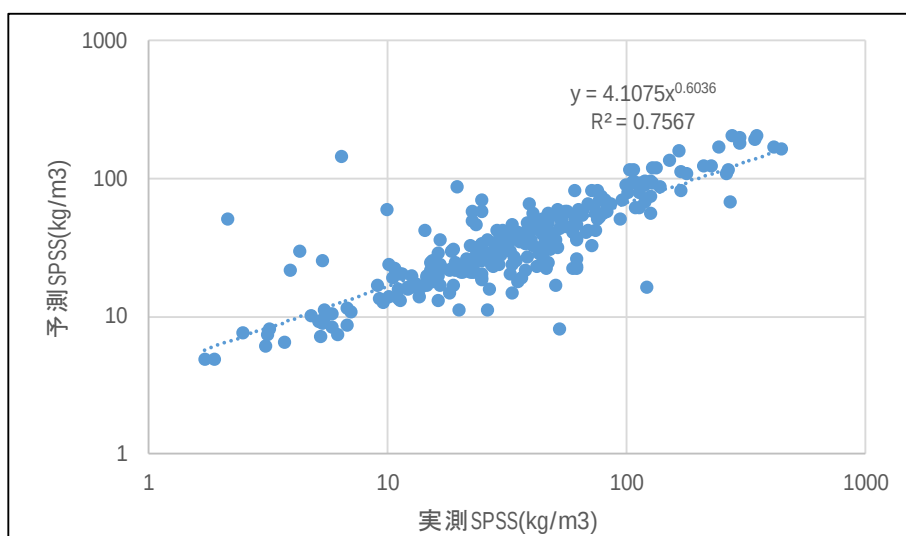


図 6.2.2-11 実測 SPSS と予測 SPSS との対応(沿岸域赤土等堆積状況推定図用)

(c) 予測 SPSS に基づく、沿岸域赤土等堆積状況推定図の作成

a) 沿岸域赤土等堆積状況推定図一覧

沿岸域赤土等堆積状況推定図の一覧については、p.6.2.2-26 以降に示した。

b) 海域抜粋

作成した沿岸域赤土等堆積状況推定図の内、いくつかの海域を抽出し、状況を確認した。

・平南川河口

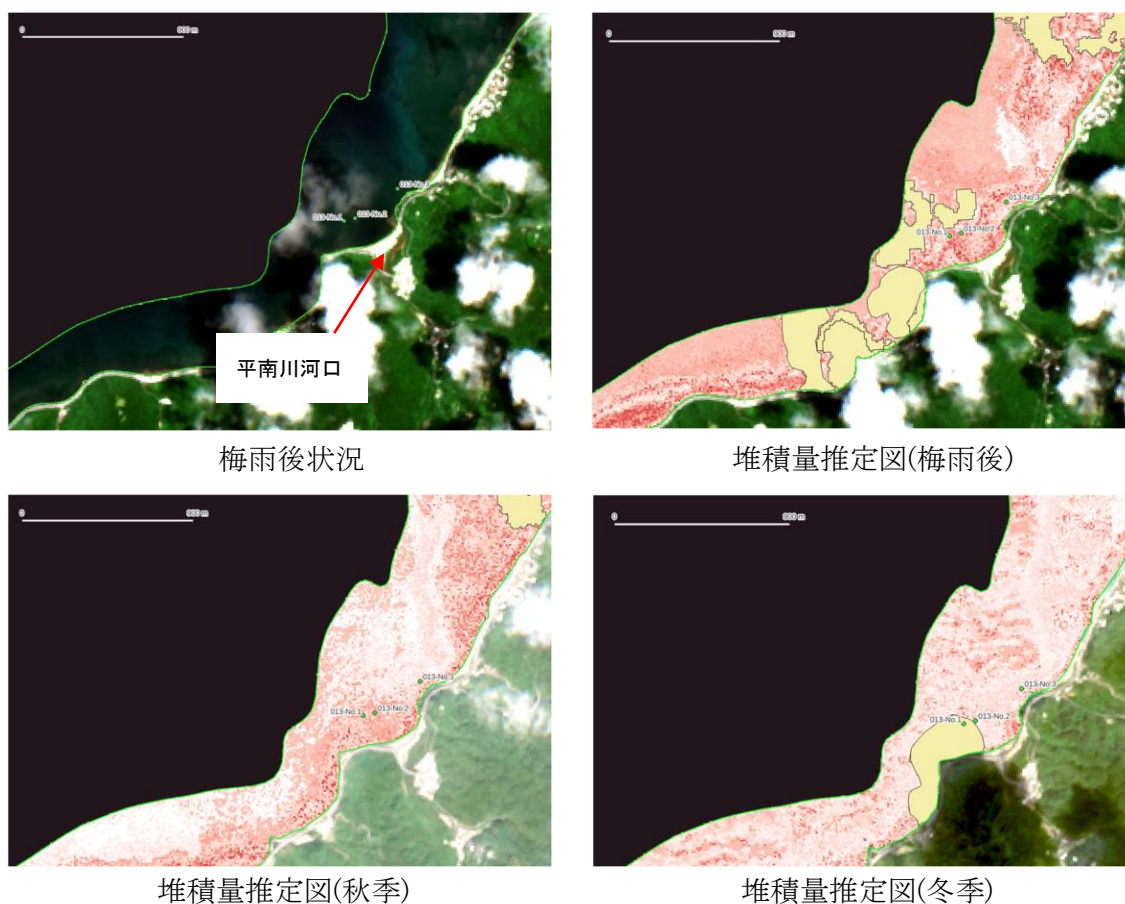


図 6.2.2-12 赤土等堆積状況推定図(平南川河口)

平南川河口における堆積量推定図をみると、梅雨後時期に堆積量が多く、秋季、冬季では少ない傾向が推定された。これは、季節風の影響を受ける本島西海岸の変動傾向を反映できている可能性がある。なお、海域調査地点における今年度の SPSS の変動をみると同じく堆積量が減少する傾向が確認されている(図 6.2.2-13)。

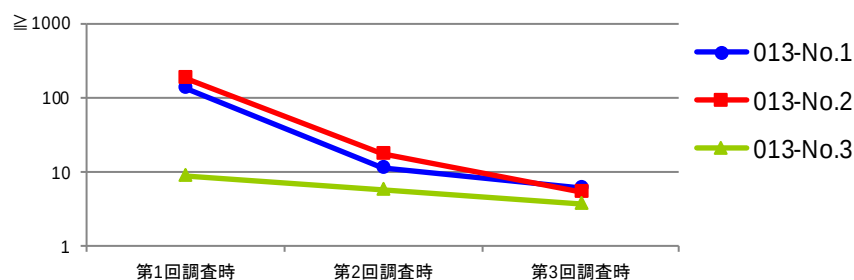
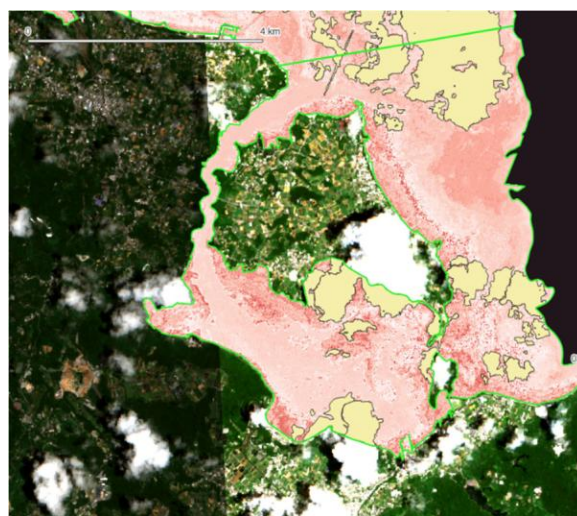


図 6.2.2-13 平南川河口における今年度実測 SPSS の変動

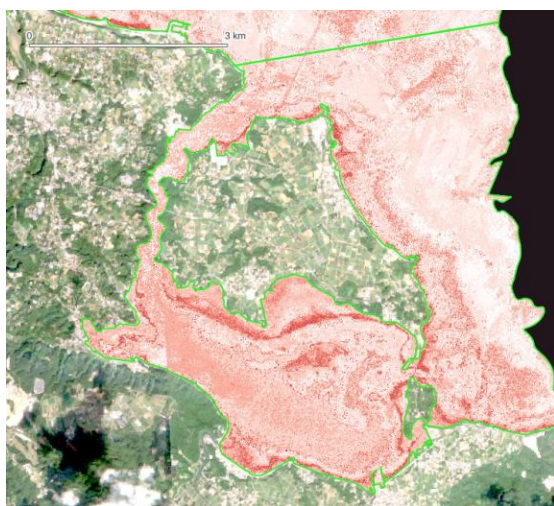
・羽地内海



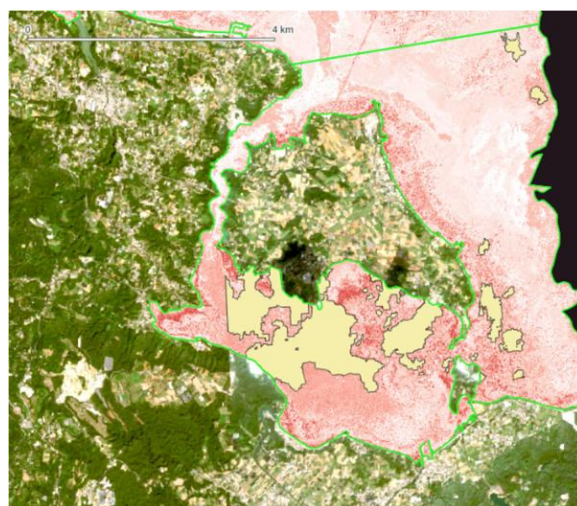
秋季状況



堆積量推定図(梅雨後)



堆積量推定図(秋季)



堆積量推定図(冬季)

図 6.2.2-14 赤土等堆積状況推定図(羽地内海)

羽地内海における堆積量推定図をみると、平南川河口ほど、梅雨後と秋季・冬季間で堆積量の差が推定されていない。これは湾内においては、季節風の影響が少なく堆積量の年間変動も大きくないことを反映できている可能性がある。

その他、屋我地島西側の深場では、泥分が厚く堆積していると考えられるが、図上顕著な堆積は推定できていない。これはモデル上水深の情報を使っていないことや、教師データとして深場の泥地点のデータを取り込んでいないこと、加えて深場においては海水によるバンド情報の減退が顕著であり、RSI 等に海底状況が反映されないことが原因と考えられる。

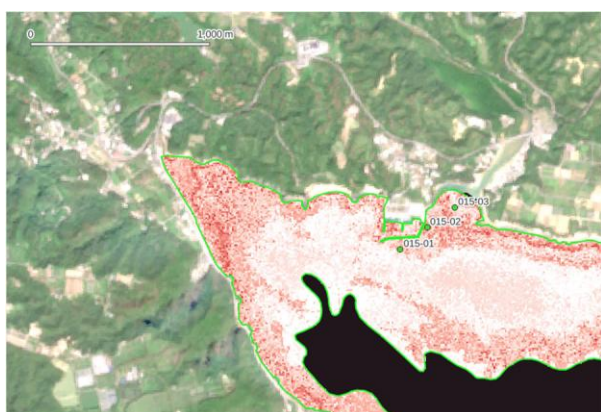
・ 慶佐次川河口



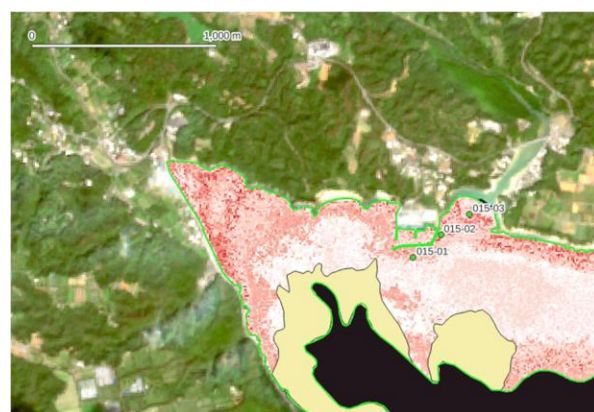
梅雨後状況



堆積量推定図(梅雨後)



堆積量推定図(秋季)



堆積量推定図(冬季)

図 6.2.2-15 赤土等堆積状況推定図(慶佐次川河口)

慶佐次川河口における堆積量推定図をみると、梅雨後時期に堆積量が多く、特に礁池沖合で秋季、冬季では堆積量少ない傾向が推定された。ただし海域調査地点を含む湾奥および岸周辺では堆積状況の変動が少ない傾向が推定された。なお、海域調査地点における今年度のSPSSの変動をみると、同じく年間変動が少ない傾向が確認されている(図 6.2.2-16)。

その他、秋季の写真で顕著な様に、沖側のリーフエッジ帯で堆積が多い傾向が推定された。リーフエッジ帯では本来堆積はほとんどないことから誤判定と考えられる。これはモデル上、教師データとしてリーフエッジ帯のデータを取り込んでいないことが原因と考えられる。

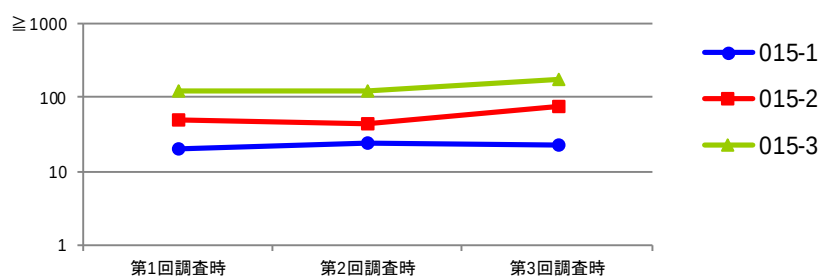


図 6.2.2-16 慶佐次川河口における今年度実測 SPSS の変動

・ 白保海域(轟川河口)

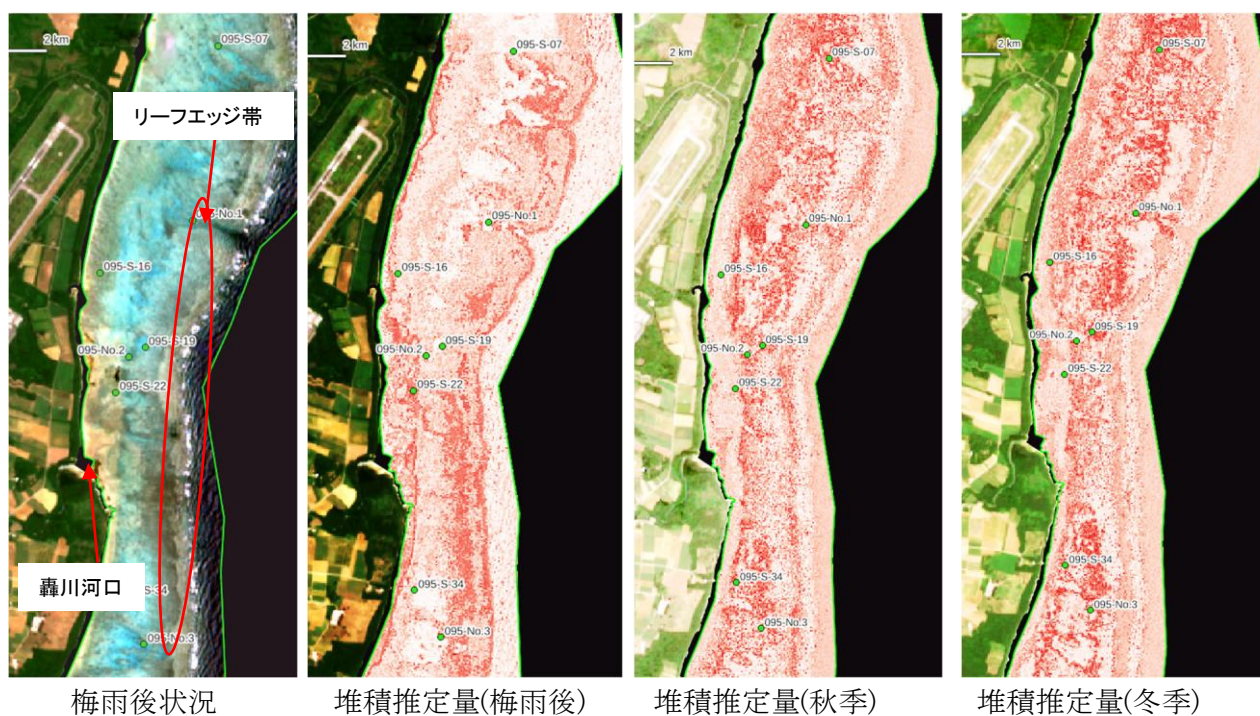


図 6.2.2-17 赤土等堆積状況推定図(白保海域)

白保海域における堆積量推定図をみると、梅雨後、秋季、冬季間で堆積量の顕著な差は推定されていない。

なお、海域調査地点における今年度の SPSS の変動をみると、秋季において最大値をとるものの、年間変動が少ない傾向が確認されている(図 6.2.2-18 図 6.2.2-16)。

その他、梅雨後の写真で顕著な様に、沖側のリーフエッジ帯で堆積が多い傾向が推定された。リーフエッジ帯では本来堆積はほとんどないことから誤判定と考えられる。これはモデル上、教師データとしてリーフエッジ帯のデータを取り込んでいないことが原因と考えられる。

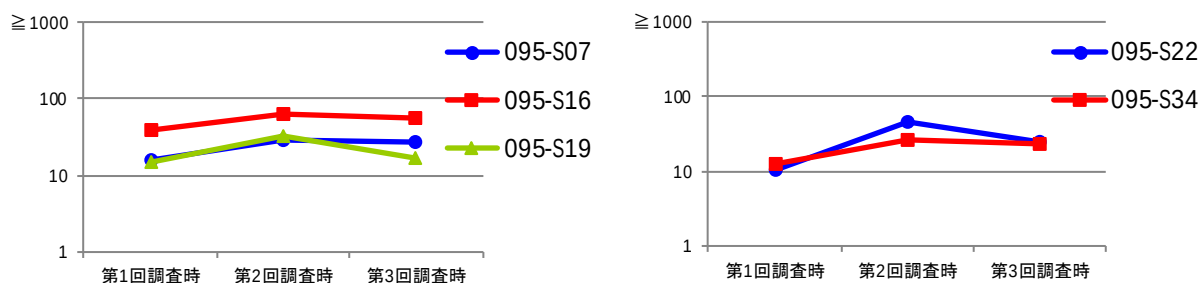


図 6.2.2-18 白保海域における今年度実測 SPSS の変動(監視地点のみ)

3) 沿岸域:サンゴ等生物生息状況

a) 海域抜粋

作成した高サンゴ被度帯推定図の内、いくつかの海域を抽出し、状況を確認した。

・新城海岸(宮古島)

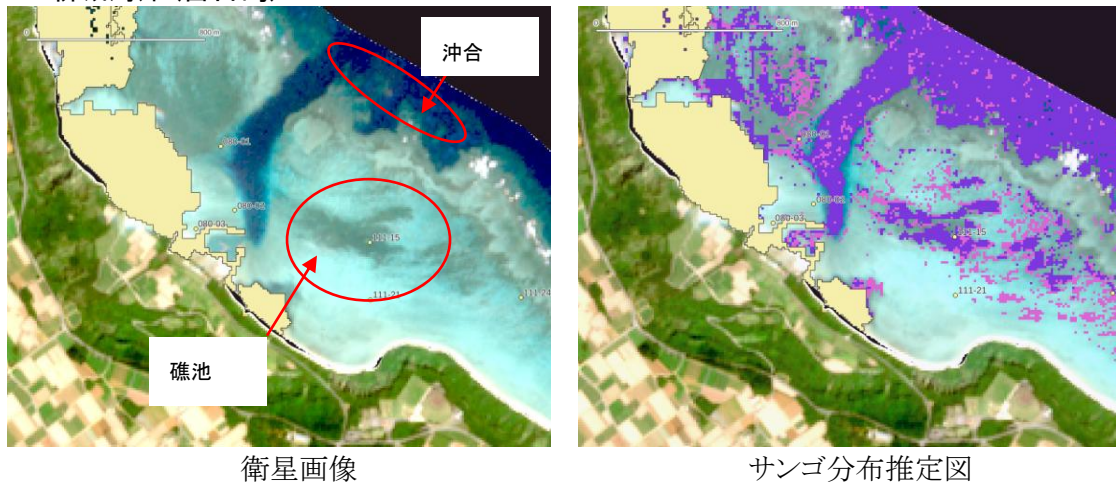


図 6.2.2-19 サンゴ分布推定図 (新城海岸(宮古島))

新城海岸(宮古島)におけるサンゴ分布推定図をみると、礁池内に高被度帯が推定認められた。令和3年度業務でのサンゴ被度は、地点 111-15 で 30 %、111-21 で 5%未満、111-24 で 5%未満であり、礁池内では、分布推定図と現地調査結果とにある程度の整合が確認できた。

なお、沖合については高被度帯が推定されているが、一般的に沖合は高被度であるものの、ほぼ一様に推定されていることから誤判定を含んでいる可能性が高い。

・白保海域(石垣島)

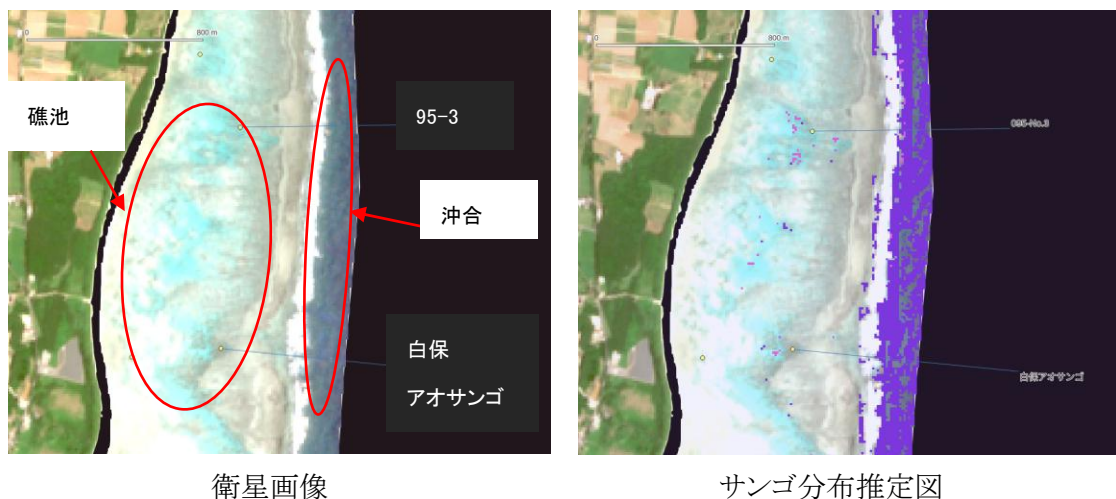


図 6.2.2-20 サンゴ分布推定図 (白保海域(石垣島))

白保海域(石垣島)におけるサンゴ分布推定図をみると、礁池内では、散在している程度でありまとまった分布域は推定されていない。今年度業務(白保海域では、本業務でサンゴ調査を実

施していることから今年度値を示した)でのサンゴ被度は、095-No.3 で 25%、白保アオサンゴで 70%と高被度であることから、分布推定図と現地調査結果とに整合が確認できていない。

なお、沖合については高被度帯が推定されているが、一般的に沖合は高被度であるものの、ほぼ一様に推定されていることから誤判定を含んでいる可能性が高い。

・新川河口(石垣島)

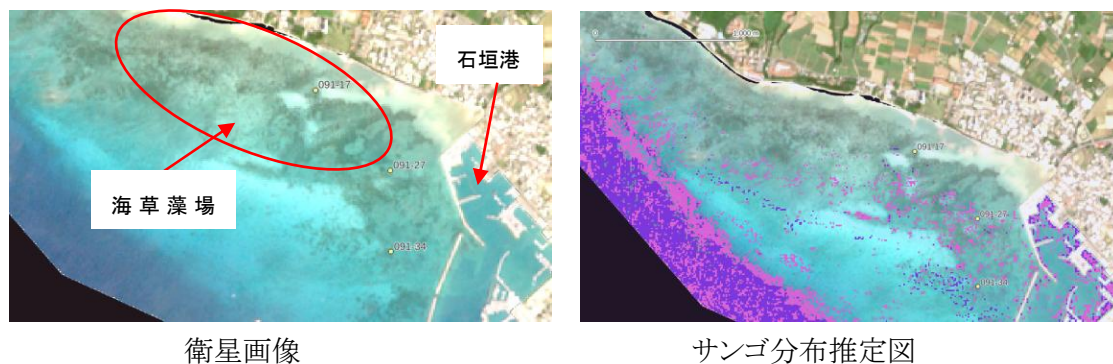


図 6.2.2-21 サンゴ分布推定図(新川河口(石垣島))

新川河口の礁池内のサンゴ分布推定図を見ると、点が散在しておりまとまった分布域はほとんど推定されていない。

令和3年度業務でのサンゴ被度は、91-17 で 0 %、91-27 で 5%未満、91-34 で 5%であり、礁池内では、分布推定図と現地調査結果とにある程度の整合が確認できた。

また、本海域では海草藻場が広がっている(91-17:海草被度 35 %)が、本分布図では海草藻場を誤ってサンゴ帯と誤判定する傾向は確認されなかった。海草藻場はサンゴ類と類似のスペクトル情報を持つとされるが、本手法では識別可能である可能性が示唆された(下段参照)。

なお、沖合および石垣港内で高被度帯が推定されているのは、誤判定と考えられる。

【参考】サンゴ礁のリモートセンシング 日本のサンゴ礁(環境省)

(サンゴ類には)褐虫藻が共生しているため、サンゴが海草や大型藻類と似た反射スペクトルを示すことが挙げられる。これは波長分解能が数 10nm のマルチスペクトルセンサでは両者の区別が困難であることを意味する。従来型の衛星はマルチスペクトルセンサを搭載しているため、サンゴ礁の生物分布を正確に把握するには不十分である。

(4) 今後の検討課題

1) 沿岸域：赤土等堆積量解析

今回、ランダムフォレスト法による SPSS 予測モデルを適応し、沿岸海域における赤土堆積量推定を行った。一定程度の精度は確保できていると考えるが、さらなる精度向上に向け、今後必要になると考える検討事項について以下に挙げた。

(a) 沿岸全域における水深情報の収集

予測モデルを用いて沿岸域の赤土等堆積量を推定するためには、沿岸域全ピクセルにおける各説明変数情報が必要となってくる。今回、水深情報については現時点で情報がないことから、説明変数から抜いた予測モデルを構築した。ただし水深情報を加えたほうが予測精度が上がることは前述したとおりである。

沿岸域全域の水深情報を入手するための方法としては、人工衛星画像を用いた推定方法が知られている(下段参考資料参照)。参考資料では、本業務で活用した Sentinel-2 画像を基に推定を行っていることから、今後、これら手法等について検討し、沿岸全域の水深情報を入手することが、精度向上のために有用と考える。

【参考資料】Sentinel-2衛星データと機械学習を用いた浅海域水深情報の抽出 佐川龍之

(b) ダミーデータセットを追加した上でのモデル再構築

慶佐次川河口や白保海域における赤土等堆積状況推定図にあったように、リーフエッジ帯において堆積が多い傾向が推定されるなど、誤判定と考えられる範囲が散見された。

これら誤判定については、ダミーデータセットを予測モデル構築時に加えることにより、解決できる可能性がある。具体的には、リーフエッジ帯の SPSS を 10kg/m^3 程度のごく清浄な値と仮定し、同位置における衛星画像からのバンド情報等と合わせ、データセットに加えることである。

これにより、予測モデルはリーフエッジ帯の低 SPSS を推定するように改善できる可能性がある。

この手法は、その他現地調査結果がない地点においても適応できる可能性があるが、恣意的な SPSS 値を与えることになるため、リーフエッジ等、明らかに SPSS が予想できる地点に絞って行うべき手法である。

(c) データセット量の増加

予測モデルにおいては、投入したデータセットを基にして予測アルゴリズムを構築するため、投入されていないタイプのデータに対しては予測精度が下がることとなる。そこで、できるだけ多数のデータを投入することが精度向上に必要となる。今回、今年度海域調査結果と今年度衛星画像を用いてデータセットを作成したが、「令和 3 年度赤土等流出防止海域モニタリング調査委託業務」においては、県内 110 海域に設定された 303 地点において調査が実施されており、この結果および当時の衛星画像を使用することにより、様々なパターンを網羅することができ、精度が向上する可能性がある。

2) 沿岸域：サンゴ等生物生息状況

今回、ランダムフォレスト法を適応し、沿岸海域における高サンゴ被度帯推定を行ったが、十分な精度が確認できない範囲も複数確認された。精度向上に向け、今後必要になると考える検討事項について以下に挙げた。

なお、前項で述べた「沿岸全域における水深情報の収集」、「ダミーデータセットを追加した上でのモデル再構築」、「データセット量の増加」はいずれも本解析においても有効な手法と考えられる。

以下では、前項各内容について、本解析への適応を記載した。

(a) 沿岸全域における水深情報の収集

本解析においては、水深情報を説明変数に加えたモデルは構築していないが、海水の影響によりバンド値が減退し解析誤差が増大することは、海域における衛星画像解析において共通的な事象である。従って本解析についても、前項で挙げた参考資料に基づく手法等を検討し、沿岸全域の水深情報を入手することが、精度向上のために有用と考える。

(b) ダミーデータセットを追加した上でのモデル再構築

本解析において、誤判定と考えられる箇所が複数確認された。これらを補正する方法として前項で述べたダミーデータセットの投入は有効であると考えられる。

ただし、前項で述べた通り、本手法では恣意的なサンゴ被度を与えることになるため、使用できる箇所は限られてくる。具体的には、高被度が推定されている地点の内、明らかに誤判定と考えられる箇所に限定して想定されるサンゴ被度を投入する方法である。

なお、今回深場において一様に高被度と判定され誤判定と考えられるが、これに対しての本手法適応はできないと考えられる。なぜなら深場において高サンゴ被度箇所は多数存在することから、事前に深場においてのサンゴ被度が想定できず、ダミーデータセット作成が困難であるからである。

(c) データセット量の増加

本解析においては、全県的に調査が実施された「令和 3 年度赤土等流出防止海域モニタリング調査委託業務」のサンゴ被度結果を用い、今年度人工衛星画像と照合させてモデルを構築した。これにより、計 145 地点分のデータをモデルに投入することができたが、前段で述べた通り、予測モデルは投入したデータセットを基にして予測アルゴリズムを構築するため、できるだけ多数のデータを投入することが精度向上に有効である。

公開されているサンゴ被度情報等を広く収集し、これらの結果をデータセットに取りこむことができれば精度が向上する可能性がある。