

2024年11月13日
農業情報学会生産・経営情報部会研究会

衛星リモートセンシングの 農業活用の現状と今後の可能性

農研機構 農業情報研究センター
AI研究推進室 画像認識ユニット
石原 光則

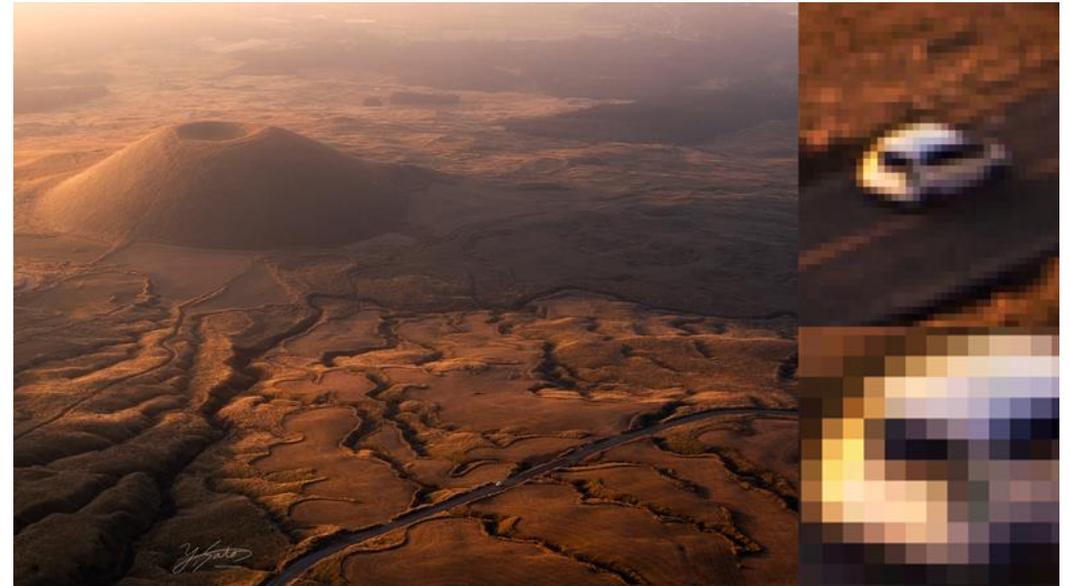
本日の内容

- 画像の基礎
- 衛星リモートセンシングの基礎
- 衛星リモートセンシングデータについて
 - 選定方法
 - 主要な種類
 - 活用事例
- 衛星リモートセンシングデータの解析環境

- 画像の基礎
- 衛星リモートセンシングの基礎
- 衛星リモートセンシングデータについて
 - 選定方法
 - 主要な種類
 - 活用事例
- 衛星リモートセンシングデータの解析環境

画素 (ピクセル)

- 画像は画素 (ピクセル) と呼ばれる小さな四角いマスの集まり
- 画素 (ピクセル) とは画像を構成する最小単位で、一つ一つは1色の四角いマスのこと
- 様々な色の画素 (ピクセル) を縦・横たくさん並べることで、写真のような階調豊かな画像を作り出すことができる



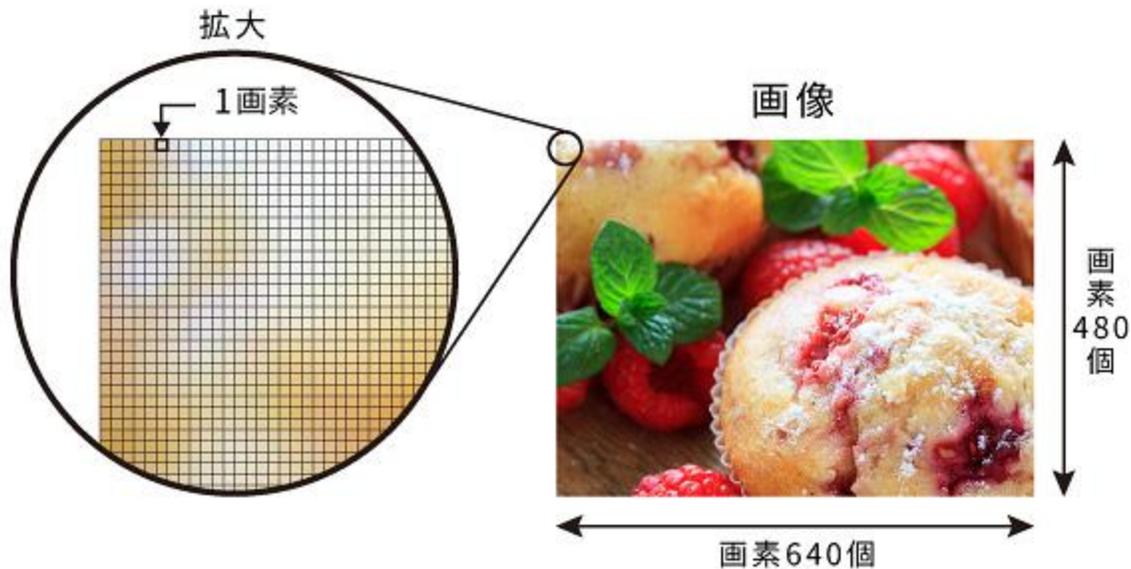
https://www.cybig.net/blog_tips/archives/2771.html

<https://note.com/satwu/n/nf0077b09f02f>

画像の画素と解像度

画像の画素数（画像サイズ、解像度という場合もあり）

- 画像の画素数（画像サイズ）はその画像を形成している画素（ピクセル）の数
「横のピクセル数 × 縦のピクセル数」で表す
- 例えば横に6000個、縦に4000個の計24,000,000個の画素が並んでいる場合、
この画像は2,400万画素（24メガピクセル）



画像サイズ = 640px (ピクセル) × 480px (ピクセル)

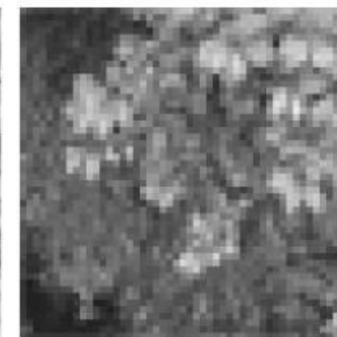
https://www.cybig.net/blog_tips/archives/2771.html



グレースケール画像
300×300pixel



100x100pixel



50x50pixel



10x10pixel

<http://www.cg-ya.net/2dgc/aboutimage/basic-knowledge-degitalimage/>

ビット数の違いによる見え方の違い



グレースケール画像

色数 256色 (量子化数256)

8bitグレースケール画像って呼んだりします。

bitというのは2の乗数のことで、

$8\text{bit} = 2^8 = 2 \times 2 = 256\text{色}$ のことです。

8bitがグレースケールでは、一般的なモニタで表示できるMAXの色数です。



色数 8色 (量子化数8)



色数 4色 (量子化数4)



色数 2色 (量子化数2)



元の画像(256階調=8bit)



32階調(5bit)

128階調(7bit)



16階調(4bit)

64階調(6bit)



8階調(3bit)



4階調(2bit)

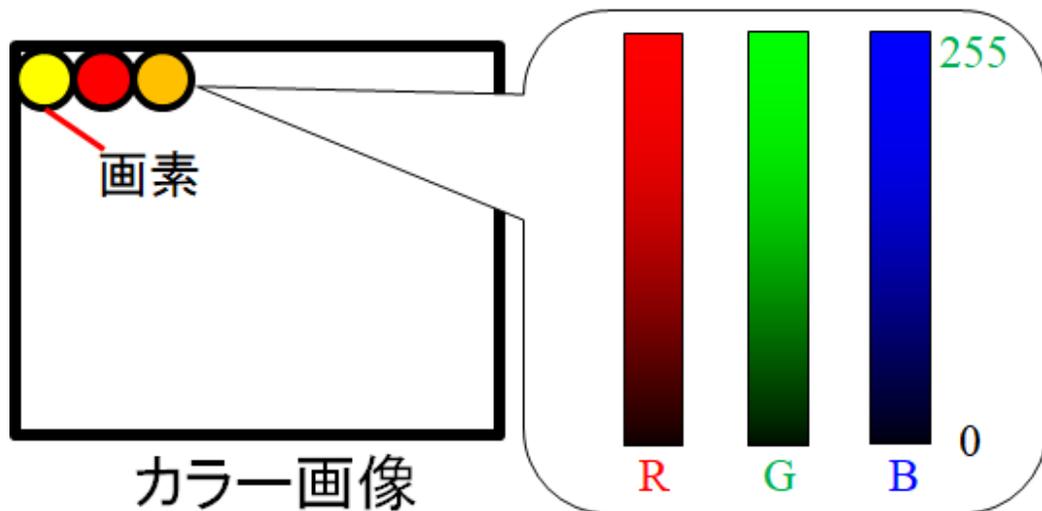


2階調(1bit)

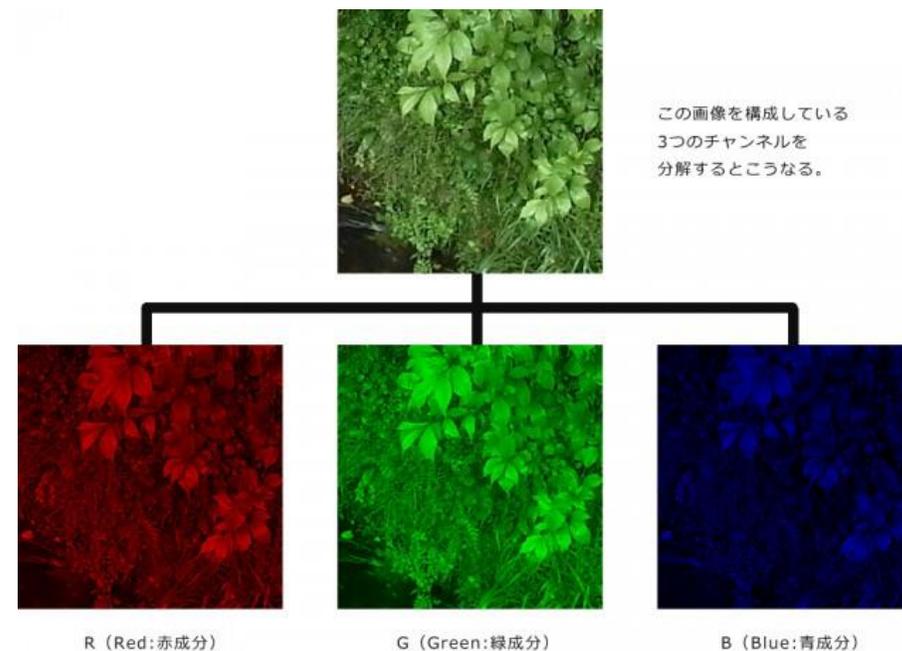


カラー画像（RGB画像）

- 赤（Red）、緑（Green）、青（Blue）の3色で構成される
- モノクロ画像では1画素が持つ値は輝度値のみだが、カラー画像では1画素につきR、G、Bのそれぞれの値を持つことになる
- 1色につき8bitである場合は、3色合わせて $8 \times 3 = 24$ bitのデータを持つことになるため、モノクロ画像の3倍の情報量となる



<https://qiita.com/ksk-taka/items/61cd1392dad0698f86ae>

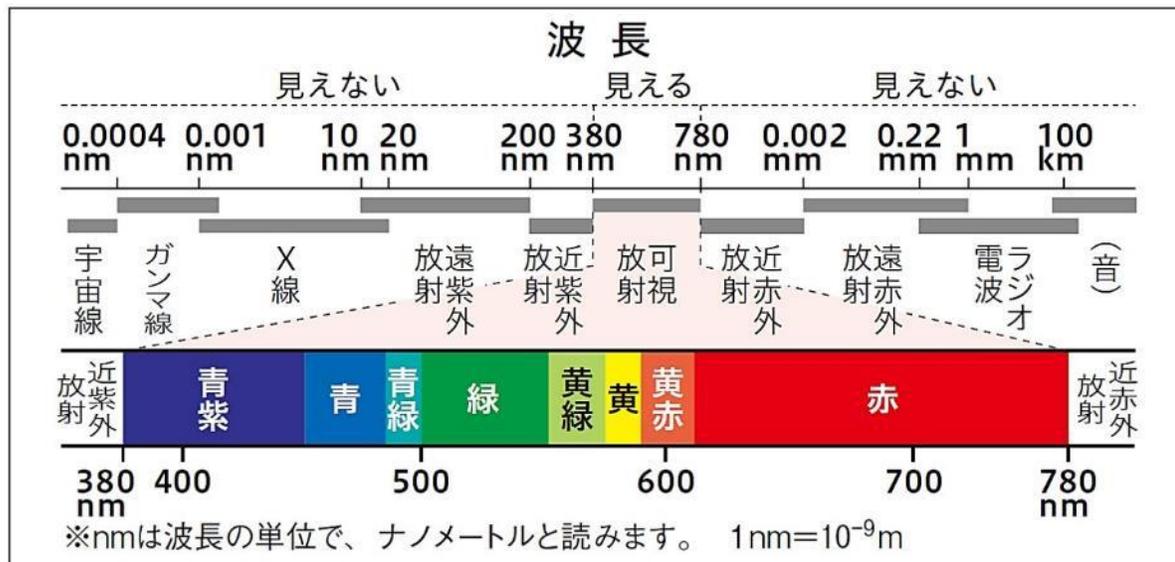


<http://www.cg-ya.net/2dgc/aboutimage/basic-knowledge-digitalimage/>

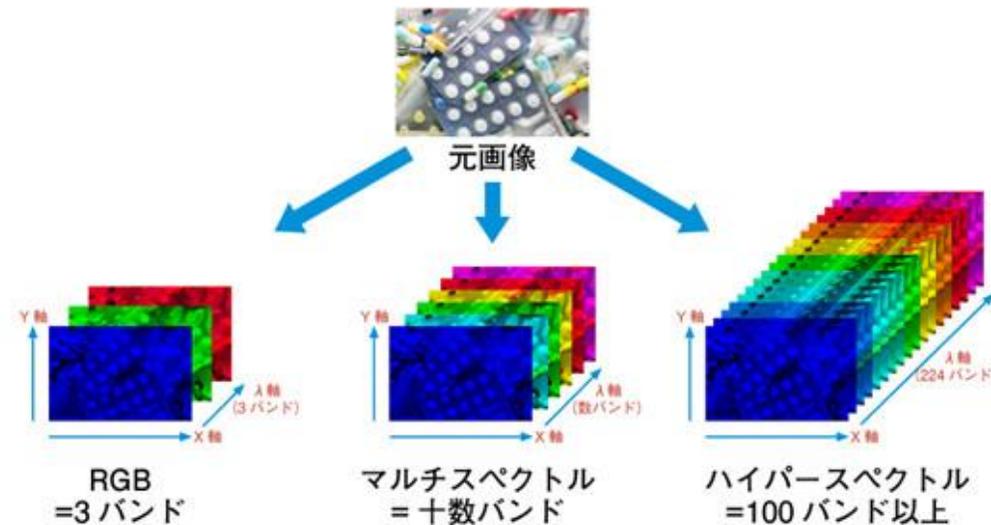
マルチスペクトル画像

- 普通のデジカメの画像は可視域の情報のみ
- 可視域以外の情報を使うと目では見えない情報が利用できる
- レントゲンではX線、植物と土壌の分離では近赤外線を利用

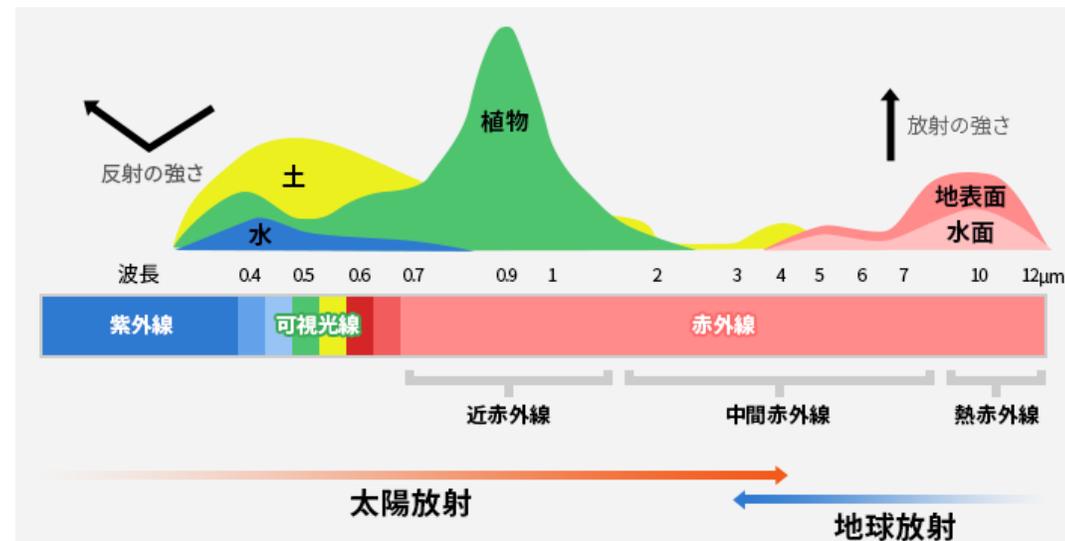
[電磁波の波長と光(可視放射)のスペクトル]



https://jpn.faq.panasonic.com/app/answers/detail/a_id/101167



<https://sorabatake.jp/13166/>

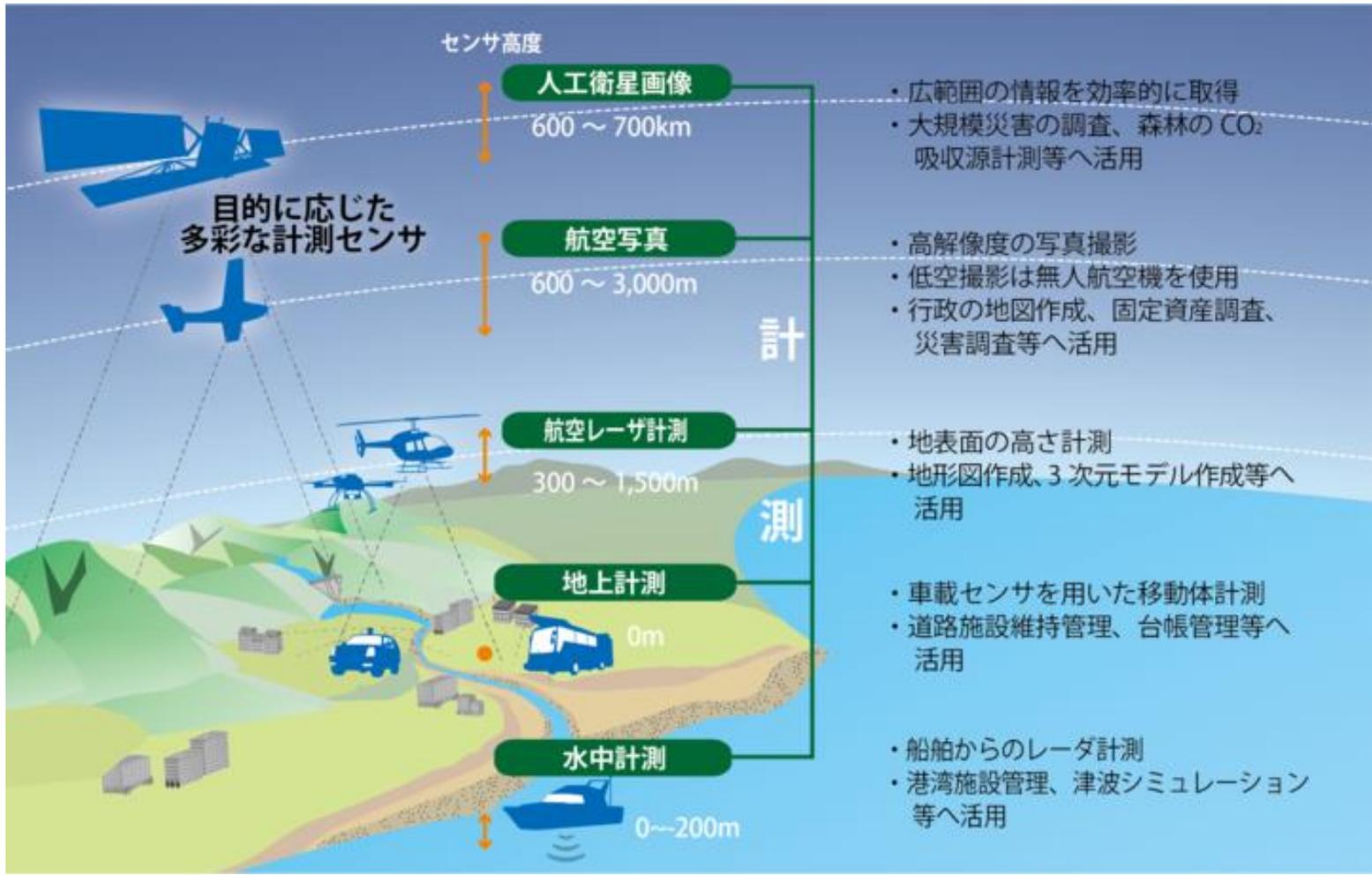


<https://earth.jaxa.jp/ja/eo-knowledge/remote-sensing/index.html>

- 画像の基礎
- 衛星リモートセンシングの基礎
- 衛星リモートセンシングデータについて
 - 選定方法
 - 主要な種類
 - 活用事例
- 衛星リモートセンシングデータの解析環境

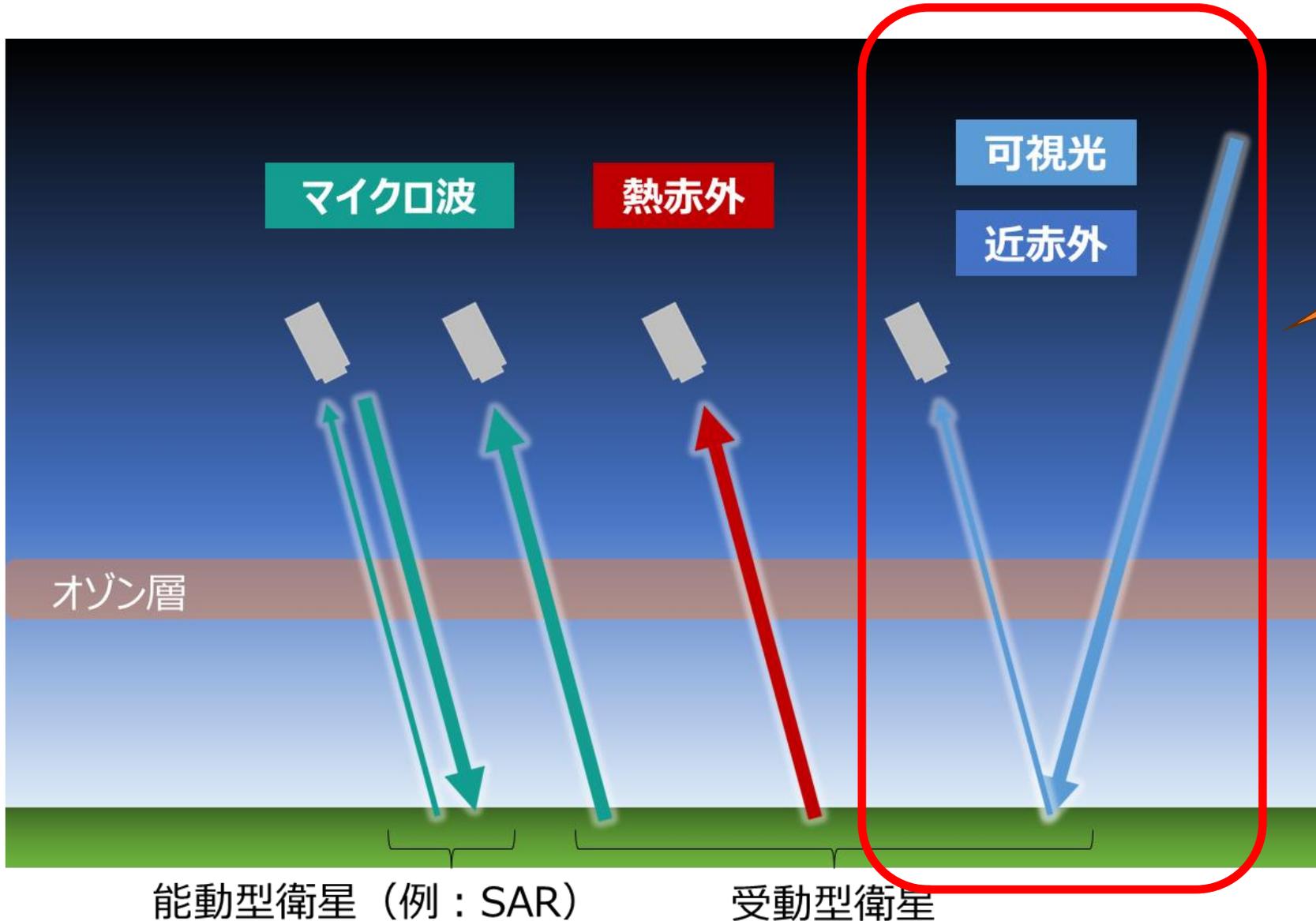
リモートセンシングとは

リモートセンシング（remote sensing）とは、物理的に接触することなく、遠隔から対象物の情報を収集する技術や方法のことです。主に、航空機や人工衛星、ドローンなどに搭載されたセンサーを使用して、地球表面や大気、海洋などのデータを取得します。（ChatGPT）



<https://mogist.kkc.co.jp/history/development/04/index.html>

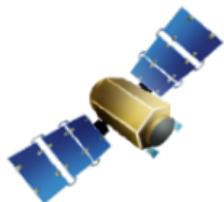
衛星リモートセンシングの種類



本発表では光学センサを
対象としている

光学センサの特徴

- 太陽光が地表で反射した光を観測
- 視覚的に分かりやすい
- 夜間や悪天候時の撮影は不可
- 主に可視、近赤外、短波長赤外の波長域を観測



衛星画像

- 定期的にデータを取得可能
- 天候（雲）の影響が大きい
- センサにより観測レベルは決まっており数メートルでの観測が限界
- 広範囲のデータ取得が可能
- 自ら観測する必要がない



ドローン画像

- 必要な時期のデータを取得可能
- 天候（雲）の影響を受けにくい
- 必要に応じて数センチレベルの詳細な観測が可能
- 広範囲のデータ取得が困難
- 観測に手間がかかる



本日の内容

- 画像の基礎
- 衛星リモートセンシングの基礎
- 衛星リモートセンシングデータについて
 - 選定方法
 - 主要な種類
 - 活用事例
- 衛星リモートセンシングデータの解析環境

■ 空間解像度

- どのくらいの細かさで観測できるか
- 1ピクセル当たりの大きさで決定

■ センサ解像度

- どの波長域で観測できるか
- センサのバンド数で決定

■ 観測頻度

- どのタイミングでデータが取得できるか
- 同一地点を観測できる間隔で決定

空間解像度（水田）

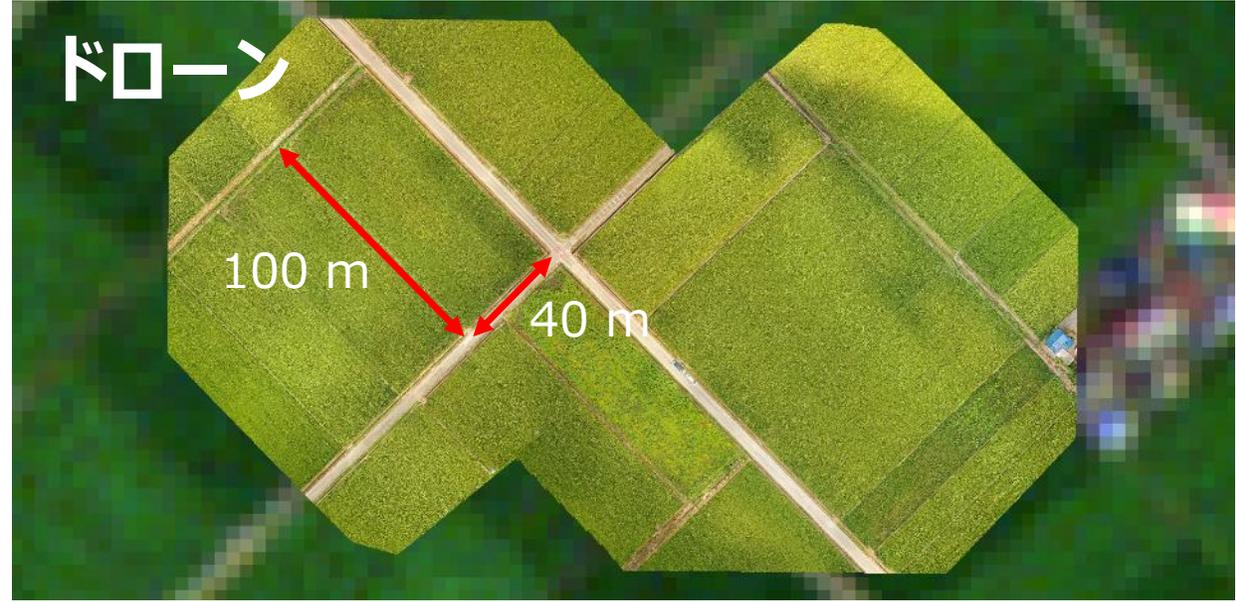


衛星とドローンでの空間解像度の違い（水田）

衛星



ドローン



空間解像度：5 m

空間解像度：1.5 cm

空間解像度（小麦）

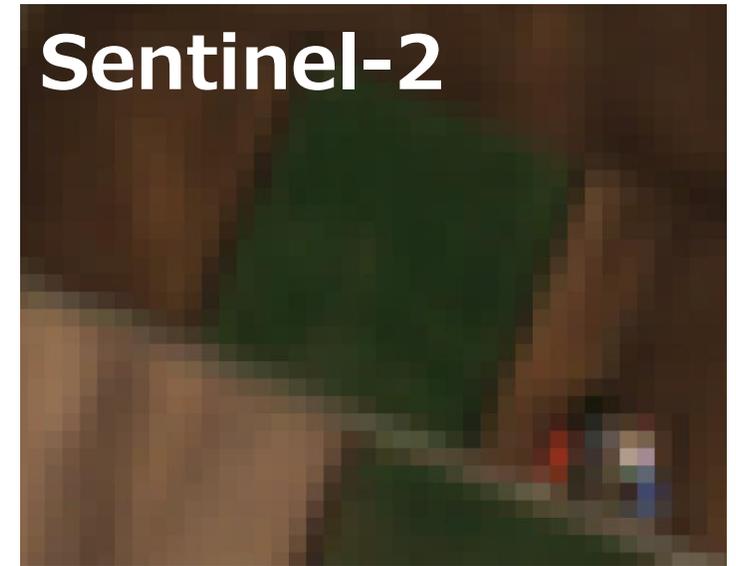
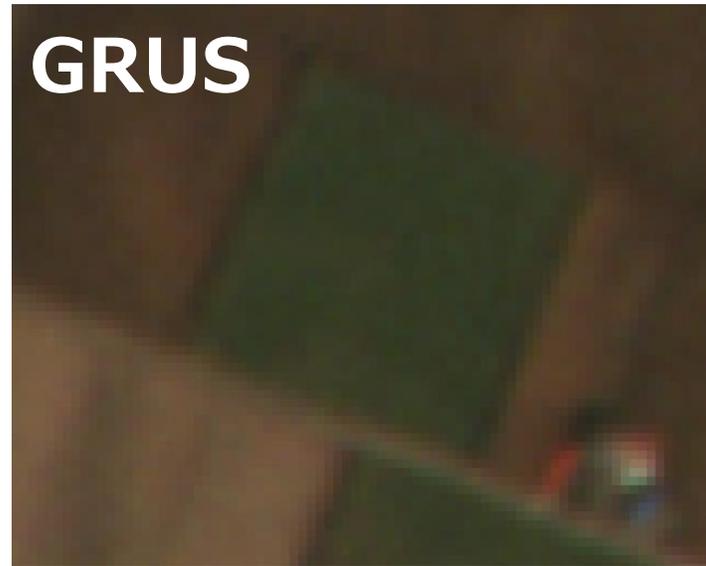
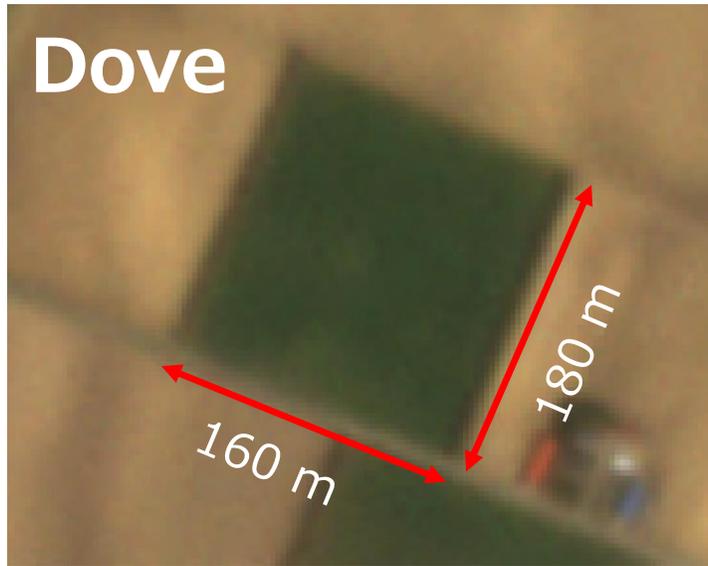
Planet Dove



空間解像度：3 m

2023年4月25日
北海道芽室町

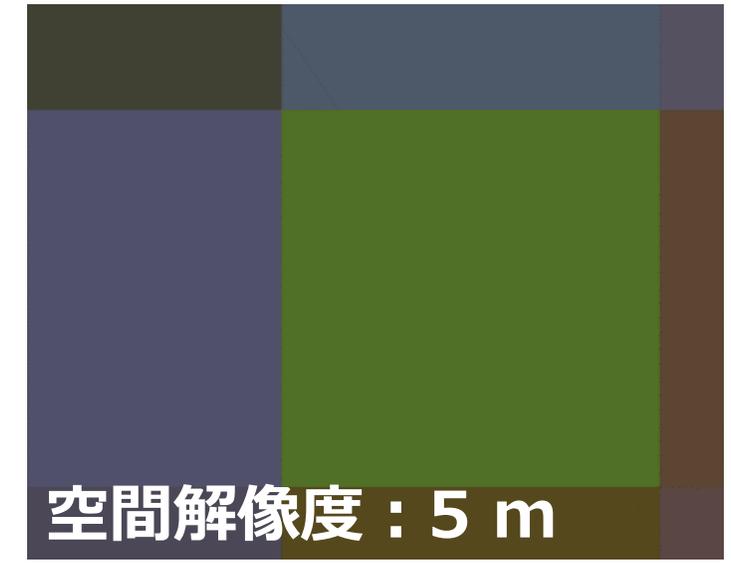
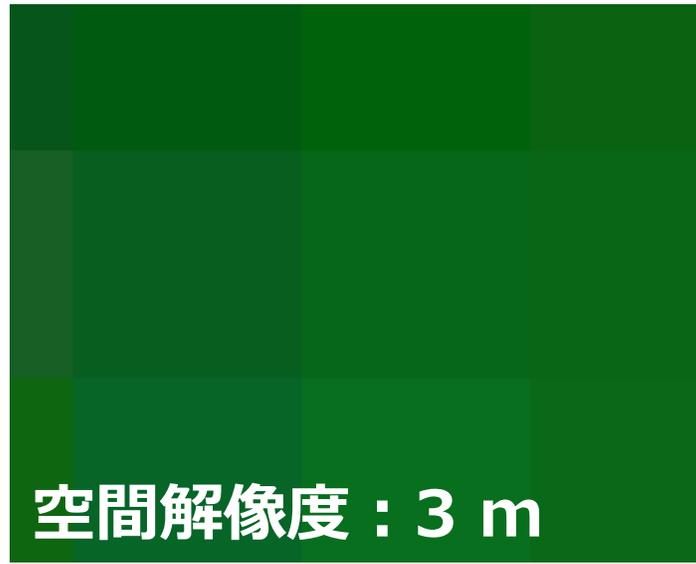
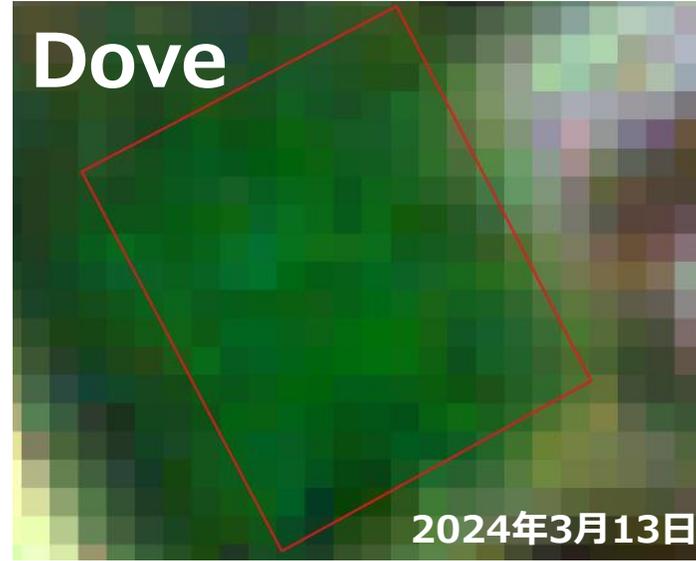
衛星による空間解像度の違い（小麦）



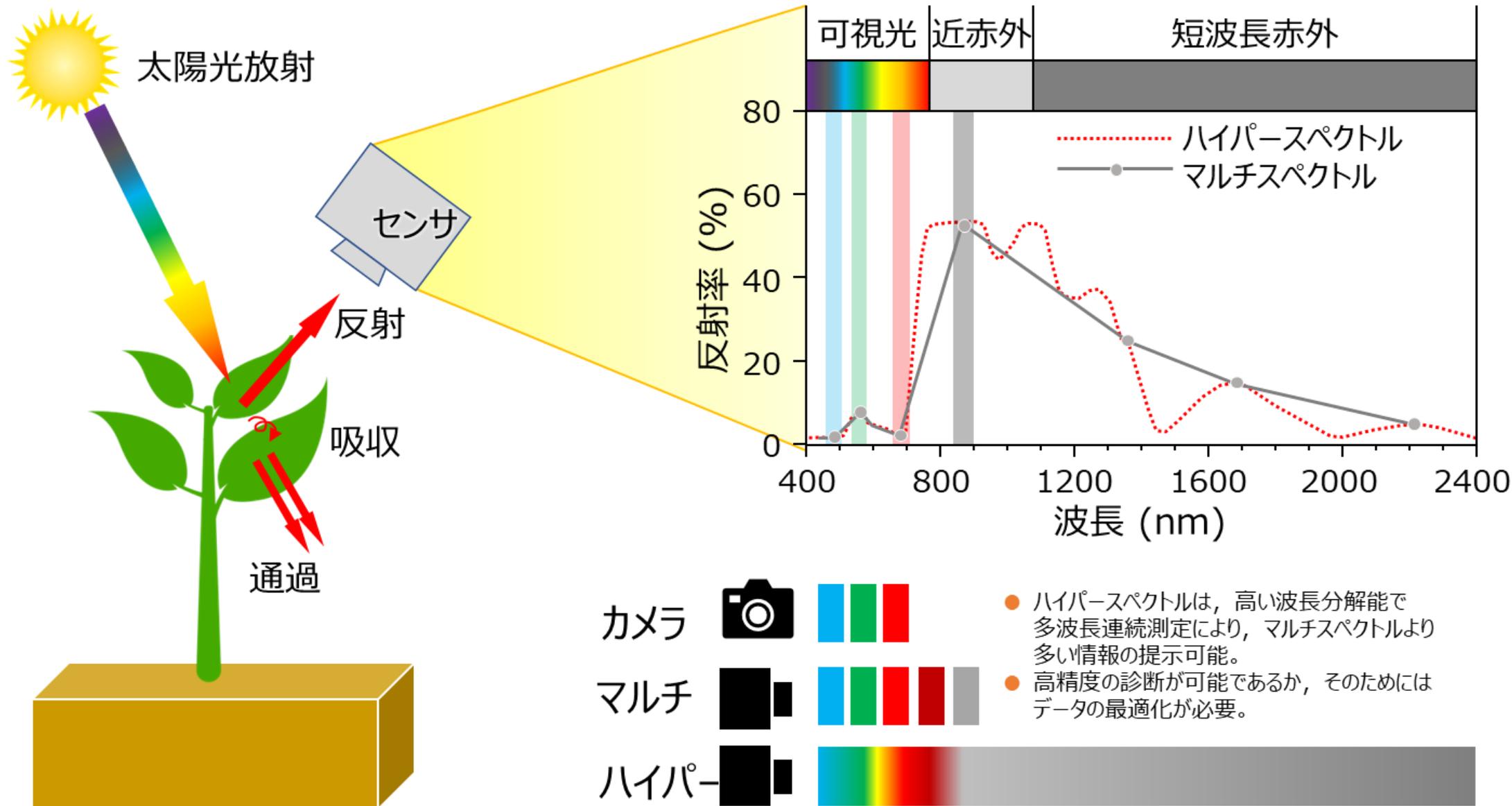
空間解像度 (キャベツ)



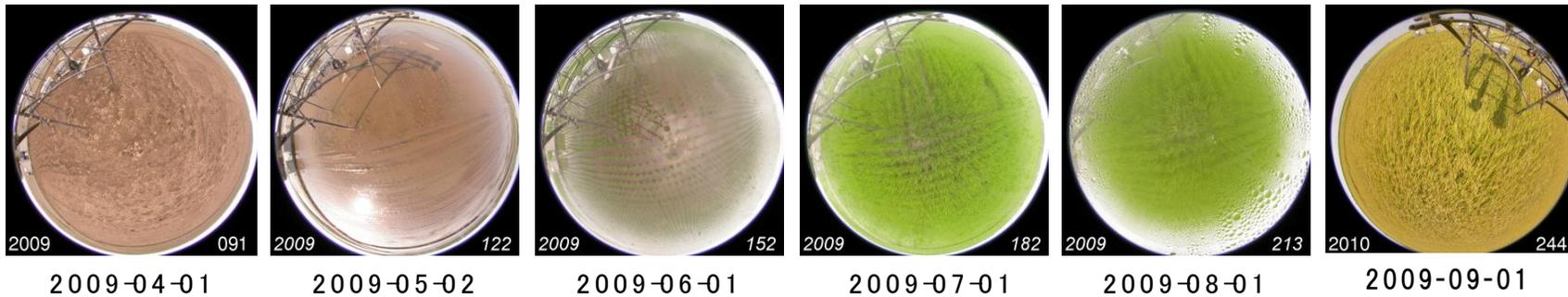
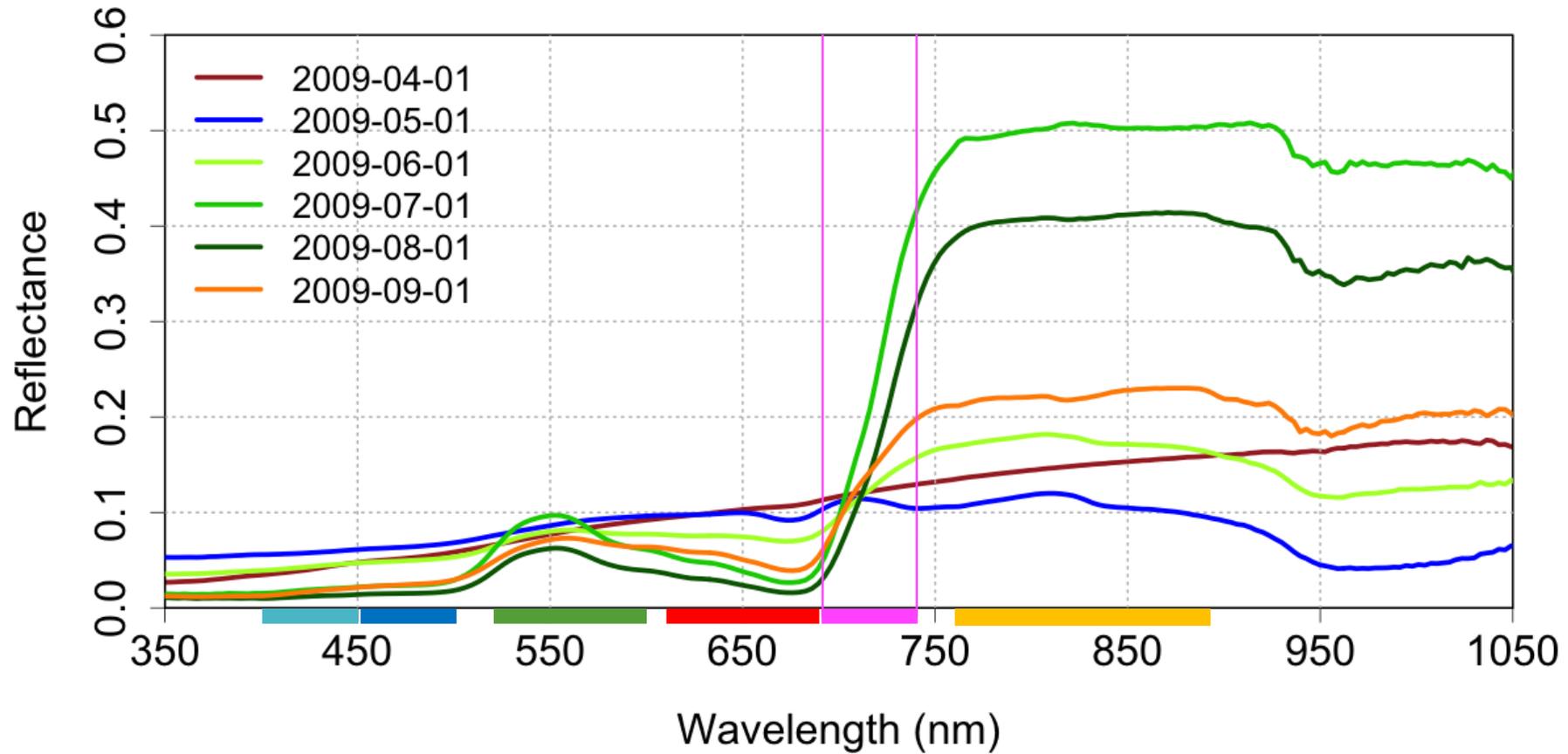
衛星とドローンでの空間解像度の違い（キャベツ）



衛星センサの特徴

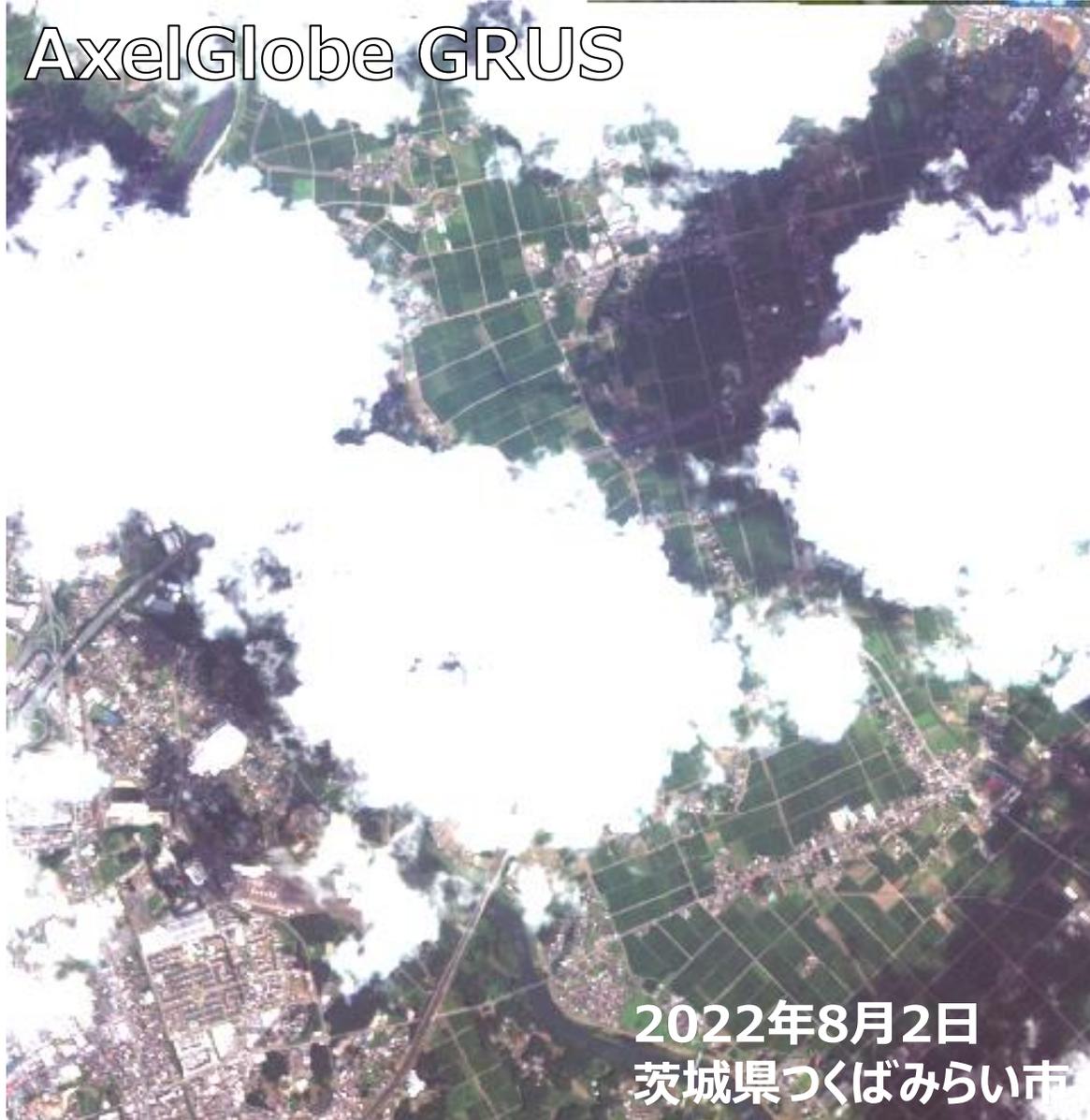


水田でのスペクトル特性



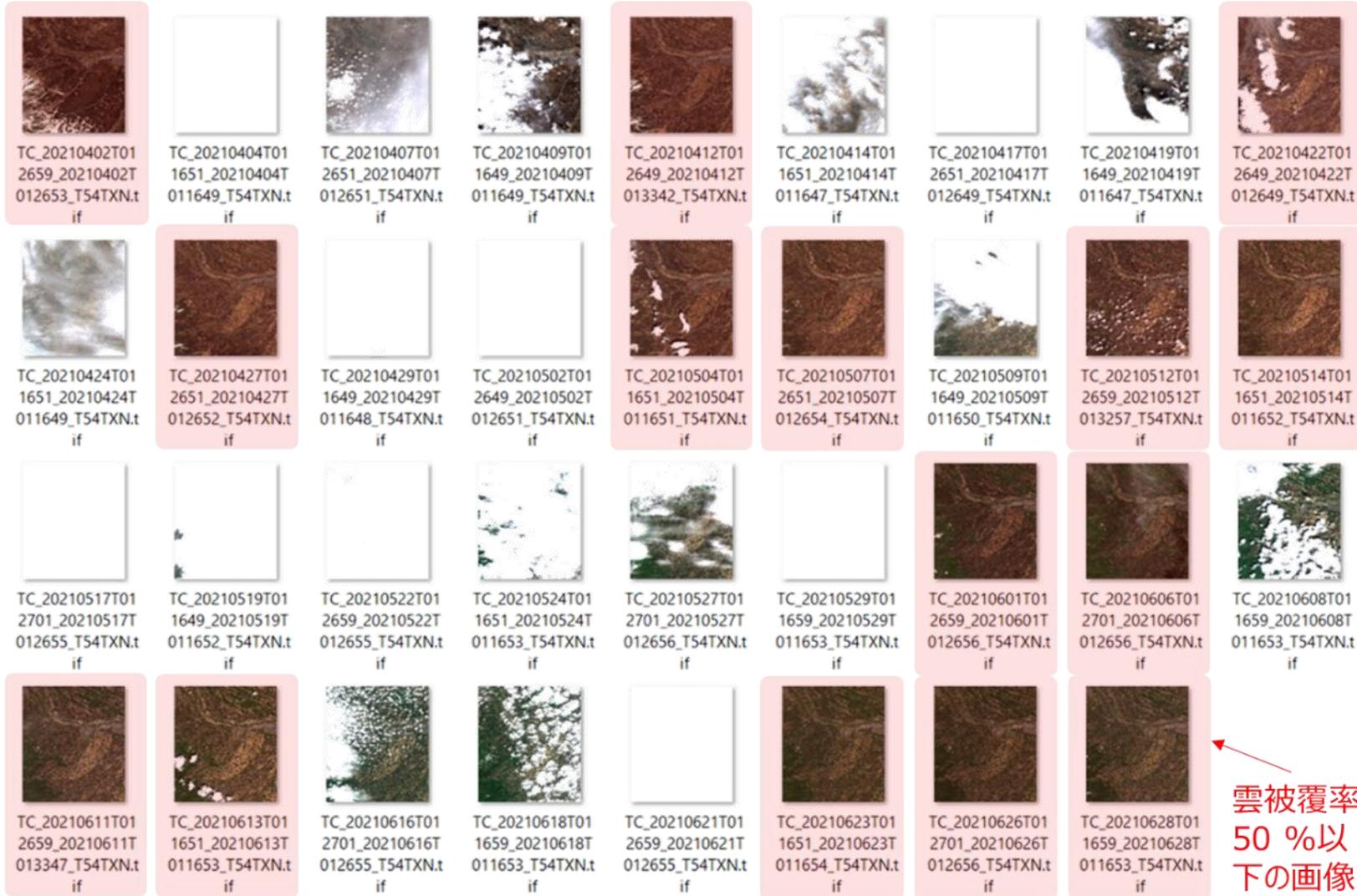
観測頻度

AxelGlobe GRUS



衛星画像の取得日と雲の状況（北海道芽室町）

Sentinel-2の小麦地帯での雲なし画像



- 芽室町付近では約3日に1回画像が取得でき、今回は全91日に対して35日分の衛星画像がある
- そのうち雲被覆率50%以下の画像は15枚
- 衛星軌道の重複エリアに含まれない場合、約5日に1回画像取得される
- 梅雨のある本州以南では、もっと減る可能性がある

雲被覆率
50%以下
の画像

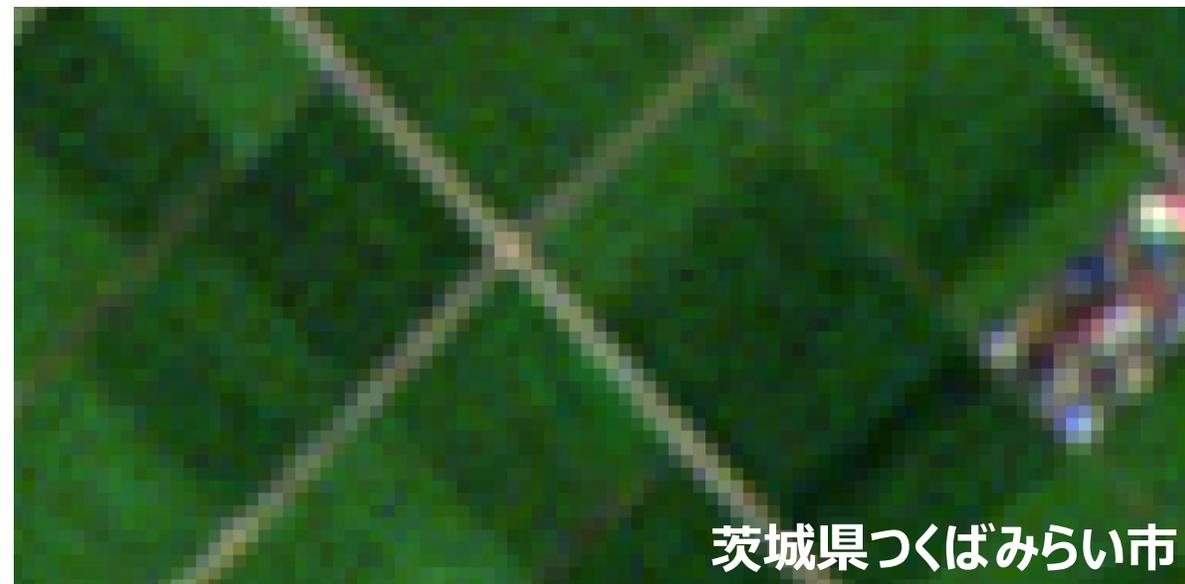
衛星画像の取得日と雲の状況（茨城県つくばみらい市）

Sentinel-2の水稲生育期間での雲なし画像

2020年	フラグ	2021年	フラグ	2022年	フラグ
2020.06.21	0	2021.06.11	2	2022.06.21	2
2020.07.01	0	2021.06.16	0	2022.06.26	1
2020.07.11	0	2021.06.21	0	2022.07.01	1
2020.07.21	0	2021.06.26	1	2022.07.06	2
2020.07.31	0	2021.07.01	0	2022.07.11	1
2020.08.10	0	2021.07.06	0	2022.07.16	0
2020.08.15	2	2021.07.11	0	2022.07.21	0
2020.08.20	2	2021.07.16	2	2022.07.26	0
2020.08.30	1	2021.07.21	1	2022.07.31	2
		2021.07.26	0	2022.08.05	2
		2021.07.31	0	2022.08.10	1
		2021.08.05	1	2022.08.20	0
		2021.08.10	1	2022.08.25	0
		2021.08.15	0		
		2021.08.20	1		
		2021.08.25	0		

雲フラグ

- 0 : 雲あり
- 1 : 雲なし
- 2 : 一部雲あり

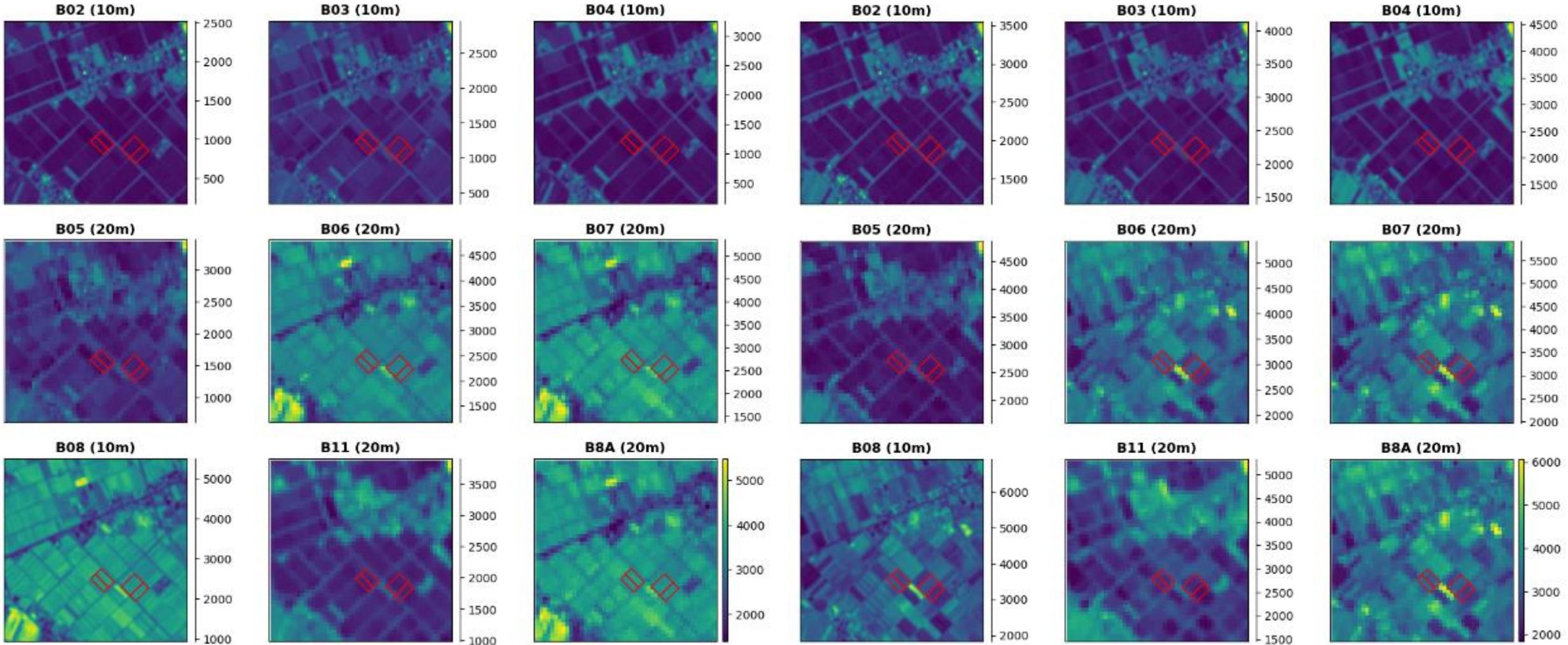


茨城県つくばみらい市

衛星画像の確認 (雲なし、Flag : 1)

2021/08/05 01:27:01 (UTC)
S2A_MSIL2A_20210805T012701_N9999_R074_T54SVE_20230415T173224.SAFE

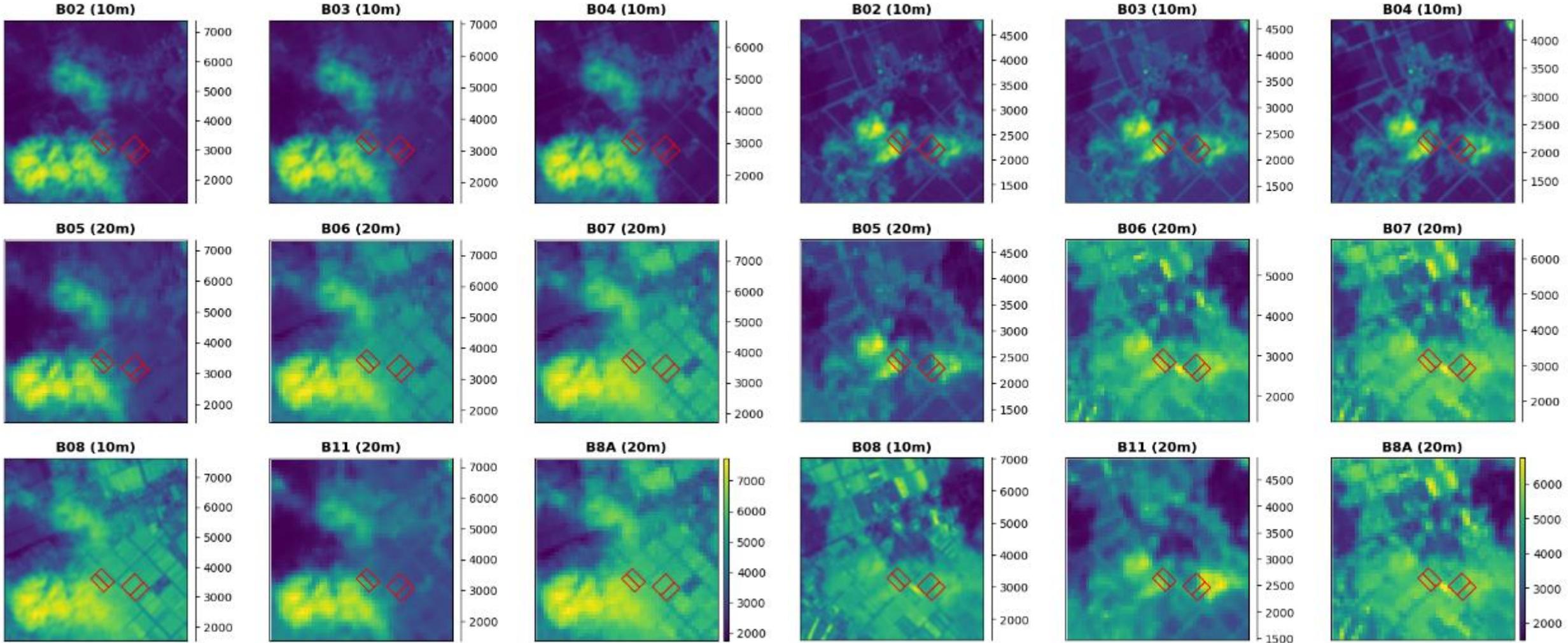
2022/07/01 01:27:11 (UTC)
S2A_MSIL2A_20220701T012711_N0400_R074_T54SVE_20220701T043318.SAFE



衛星画像の確認 (一部雲あり、Flag : 2)

2020/08/15 01:26:59 (UTC)
S2B_MSIL2A_20200815T012659_N0500_R074_T54SVE_20230317T135341.SAFE

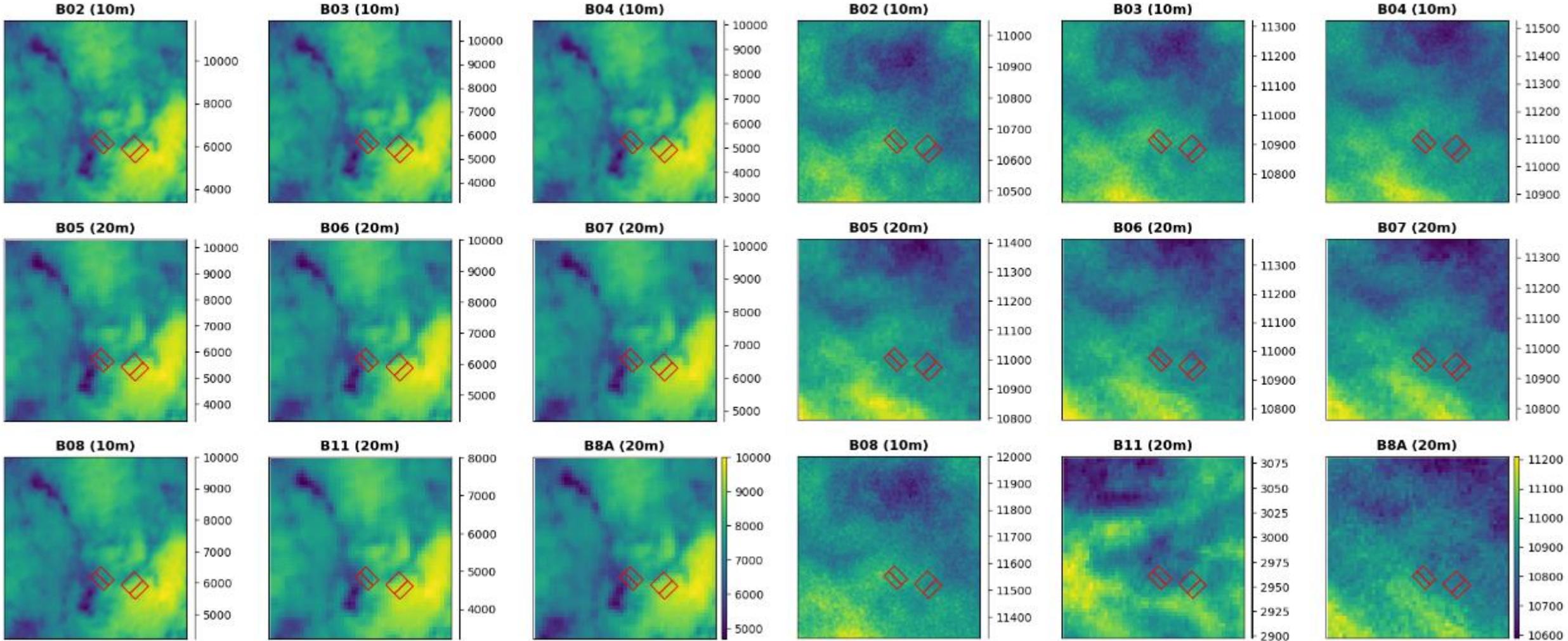
2021/07/16 01:27:01 (UTC)
S2A_MSIL2A_20210716T012701_N0500_R074_T54SVE_20230207T130742.SAFE



衛星画像の確認 (雲あり、Flag : 0)

2021/07/11 01:26:59 (UTC)
S2B_MSIL2A_20210711T012659_N0500_R074_T54SVE_20230127T044327.SAFE

2021/08/15 01:27:01 (UTC)
S2A_MSIL2A_20210815T012701_N0500_R074_T54SVE_20230213T050706.SAFE



本日の内容

- 画像の基礎
- 衛星リモートセンシングの基礎
- 衛星リモートセンシングデータについて
 - 選定方法
 - 主要な種類
 - 活用事例
- 衛星リモートセンシングデータの解析環境

データの特徴

空間解像度

- 1～30 m

センサ解像度

- 420～2350 nm
- 4～16バンド

観測頻度

- 1～16日

表 2 スマート農業に利用可能な主な高解像度光学衛星センサの概要

衛星センサ	波長帯(μm)	解像度	周期	観測幅	備考
GeoEye-1 WorldView-4	0.45-0.92 (4ch)	1.6m	3日	15km	2009年 2016年
WorldView-2	0.43-0.95 (8ch)*	1.2m	1日～	16.4km	2009年
WorldView-3	0.43-2.3 (16ch)*	1.2m	1日～	16.4km	2014年
DEIMOS-2	0.42-0.89 (4ch)	3m	2～3日	12km	2014年
Skysat	0.45-0.90 (4ch)	2m	1日～	8km	2013年; 7機
Dove	0.46-0.86 (4ch)	3.7m	1日	16.4km	2017年; 100機超
RapidEye	0.48-0.10 (5ch)*	6m	1日～	77km	2008年; 5機
Pleiades	0.49-0.85 (4ch)	2.8m	4日～	20km	2011年; 2機
SPOT-6/7	0.48-0.83 (4ch)	8m	13日	60km	1986年～アーカイブ
Sentinel-2	0.44-2.2 (13ch)*	10m～	5日	13km	中解像度／無料公開
Landsat 8	0.45-2.35 (7ch) 10.4-12.5 (2ch)	30m 60m	16日	185km	1972年～アーカイブ 中解像度／熱赤外 無料公開

*: Red Edgeバンドを含む。



表5 衛星コンステレーション事業を実施・計画する主な事業者（2022年時点）

分野	事業者（プロジェクト名）	国	軌道上保有数	計画総数
通信	SpaceX（Starlink）	米国	約 3,400	11,943
	Amazon（Project Kuiper）	米国	0	3,236
	Astra Space （Astra Constellation）	米国	0	13,620
	Telesat（Lightspeed）	カナダ	0	198
	OneWeb（OneWeb）	英国	428	648
	China Satellite Network Group （Guo Wang）	中国	0	12,992
	Hanwha Systems（Hanwha）	韓国	0	2,000
地球観測 （光学センサー）	Planet Labs（Planet Explorer）	米国	150 超	—
	BlackSky（Spectra AI）	米国	15	60
	Satelogic（Aleph-1）	アルゼンチン	26	300
	アクセルスペース （AxelGlobe）	日本	5	10
地球観測 （SAR）	Capella Space （Capella Console）	米国	7	36
	ICEYE（ICEYE）	フィンランド	21	18
	シンスペクティブ	日本	3	30
	QPS 研究所	日本	2	36

複数の人工衛星を連携させて一体的に運用するシステム

- Constellation: 星座、一群
- 2010年代から各国で小型衛星の打ち上げが増加
- 空間解像度数メートルでの観測頻度が大幅に向上
- 小型衛星を活用したスタートアップが増加

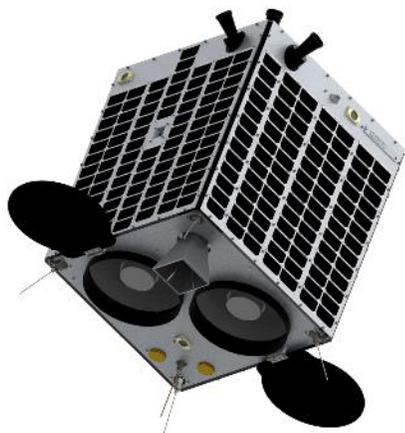


Planet Labs

- 220機以上の小型衛星群
(衛星コンステレーション)
- 全球を毎日撮影

		波長域 (nm)		
		DOVE-C (PS2)	DOVE-R (PS2.SD)	SuperDove (PSB.SD)
スペクトルバンド	Coastal Blue	-	-	431 - 452
	Blue	455 - 515	464 - 517	465 - 515
	Green I	500 - 590	547 - 585	513 - 549
	Green II	-	-	547 - 583
	Yellow	-	-	600 - 620
	Red	590 - 670	650 - 682	650 - 680
	Red-Edge	-	-	697 - 713
	NIR	780 - 860	846 - 888	845 - 885
空間解像度		3.7 m (概算)		

<https://www.restec.or.jp/solution/product/planetscope.html>



AxelGlobe

- AxelGlobe
- 日本発の宇宙ベンチャー
- 5機の小型衛星群
(衛星コンステレーション)
- 回帰日数：12.7日
- リクエスト観測

バンド名	波長 (nm)	解像度 (m)
パングロマチック	450 - 900	2.5
青	450 - 505	5
緑	515 - 585	
赤	620 - 685	
レッドエッジ	705 - 745	
近赤外	770 - 900	

<https://www.restec.or.jp/satellite/grus-1.html>



ESA, EADS Astrium

- 通過時刻：10:30
- 回帰日数：10日
(2A, 2Bを合わせて
利用すれば約3日 or
5日)
- 無料で利用可能

バンド	波長	中心波長 (nm)	解像度 (m)	観測項目
B1	indigo	443	60	エアロゾル
B2	Blue	493	10	エアロゾル
B3	Green	560	10	陸域情報：土地被覆分類、 クロロフィル含有量、葉の水分 量、LAI、fAPAR、雪/氷/雲、 鉱物検知
B4	Red	665	10	
B5	VNIR	704	20	
B6	VNIR	740	20	
B7	VNIR	783	20	水蒸気補正 / 陸域情報
B8	NIR	833	10	
B8a	NIR	865	20	水蒸気補正 / 陸域情報
B9	NIR	945	60	水蒸気補正
B10	SWIR	1374	60	巻雲の検知
B11	SWIR	1610	20	陸域情報
B12	SWIR	2190	20	エアロゾル / 陸域情報

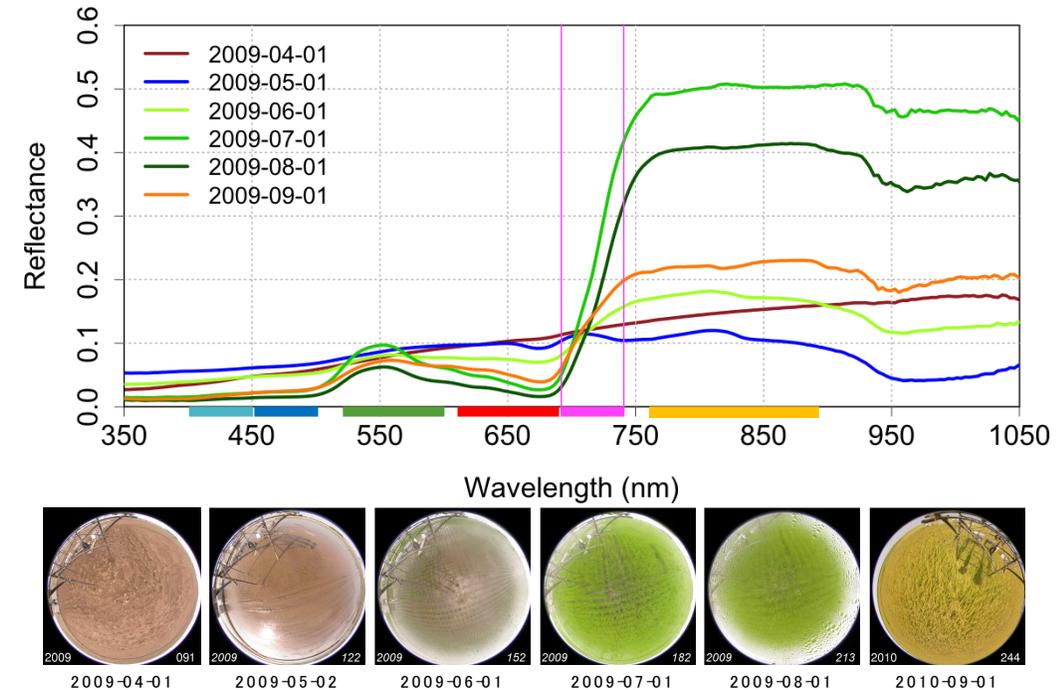
本日の内容

- 画像の基礎
- 衛星リモートセンシングの基礎
- 衛星リモートセンシングデータについて
 - 選定方法
 - 主要な種類
 - 活用事例
- 衛星リモートセンシングデータの解析環境

正規化植生指数 (NDVI)

Normalized Difference Vegetation Index

- Tucker, C. J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sens. Environ*, 8,127-150.
- 植生の活性度を表す指標で広く利用されている
- 植生の反射率が可視域（赤）で低く、近赤外域で高い性質を利用
- 単純な式で計算可能で、-1～1の値となる
- 植生の量や植生の活性度に応じて値が増加する



$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R})$$

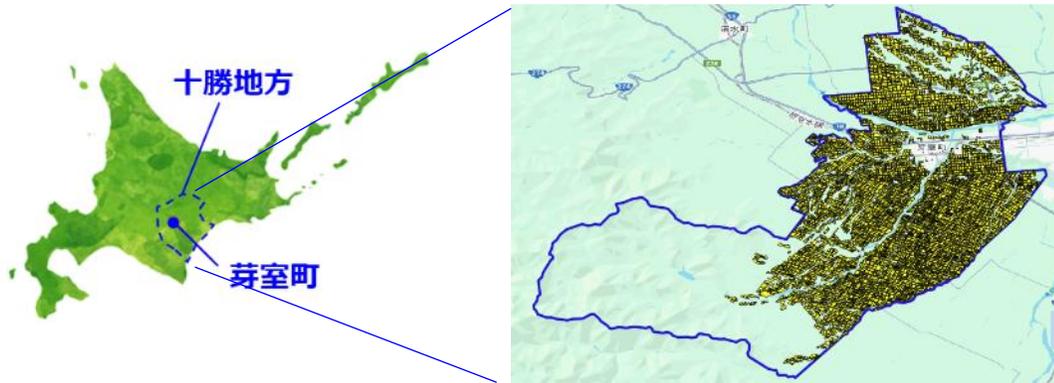
NIR: 近赤外域の反射率

R: 赤の反射率

目的に応じて様々な植生指数が開発

植生指数		計算式
RVI	Ratio Vegetation Index	NIR / R
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	$(NIR - R) / (NIR + R)$
GNDVI	Green Normalized Difference Vegetation Index	$(NIR - G) / (NIR + G)$
BNDVI	Blue Normalized Difference Vegetation Index	$(NIR - B) / (NIR + B)$
NDRE	Normalized Difference Red Edge	$(NIR - RE) / (NIR + RE)$
GRVI	Green-Red Vegetation Index	$(G - R) / (G + R)$
CIRE	Red Edge Chlorophyll Index	$(NIR / RE) - 1$
EVI	Enhanced Vegetation Index	$2.5(NIR - R) / (NIR + 6R - 7.5B + 1)$
SAVI	Soil-Adjusted Vegetation Index	$(1 + 0.5) (NIR - R) / (NIR + R + 0.5)$
OSAVI	Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index	$(1 + 0.16) (NIR - R) / (NIR + R + 0.16)$
RESAVI	Red Edge Soil Adjusted Vegetation Index	$1.5(NIR - RE) / (NIR + RE + 0.5)$
MSAVI	Modified Soil Adjusted Vegetation Index	$0.5[2NIR + 1 - ((2NIR + 1)^2 - 8(NIR - R))^{0.5}]$

北海道における衛星画像による小麦の生育観測



芽室町の圃場マップ
(筆ポリゴンデータ)

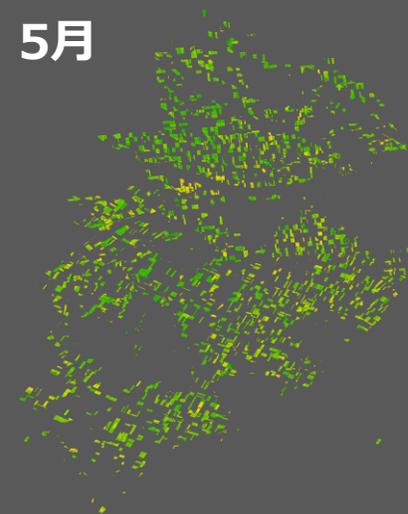
NDVIの時間変化により
小麦圃場の生育を把握

2023年の小麦圃場の NDVI (Sentinel-2)

4月



5月



6月



7月

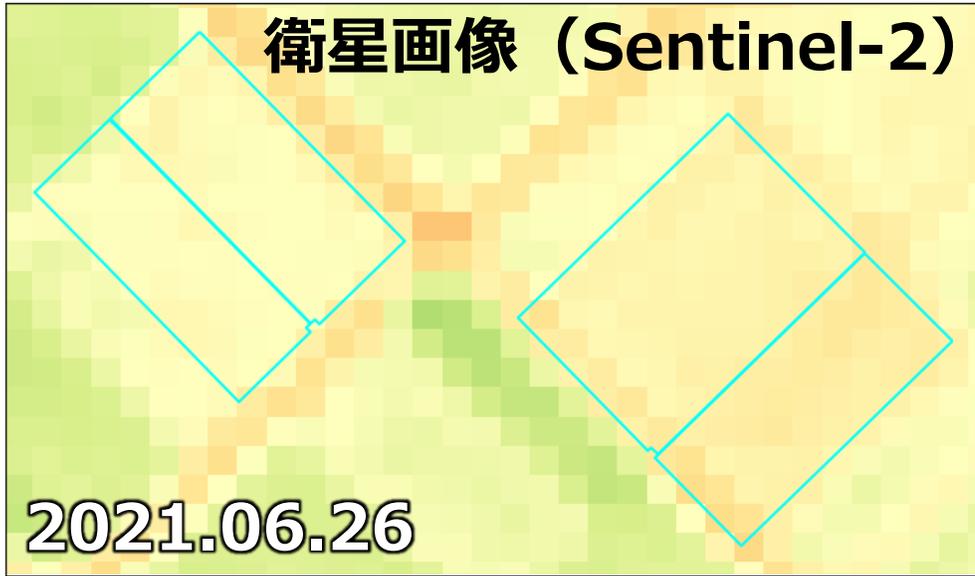


0.0 0.5 1.0

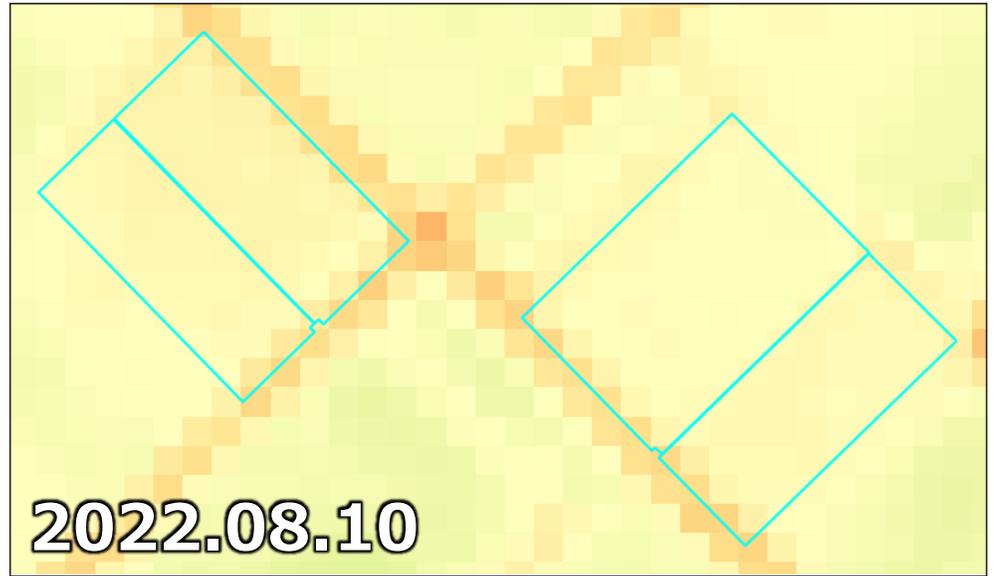
衛星画像とドローン画像による水稲圃場のNDVIの比較

images_satellite/tsukubamirai/vi/Tsukubamirai_extent_T54SVE_20210626T012701_NDVI_10m.tif

衛星画像 (Sentinel-2)

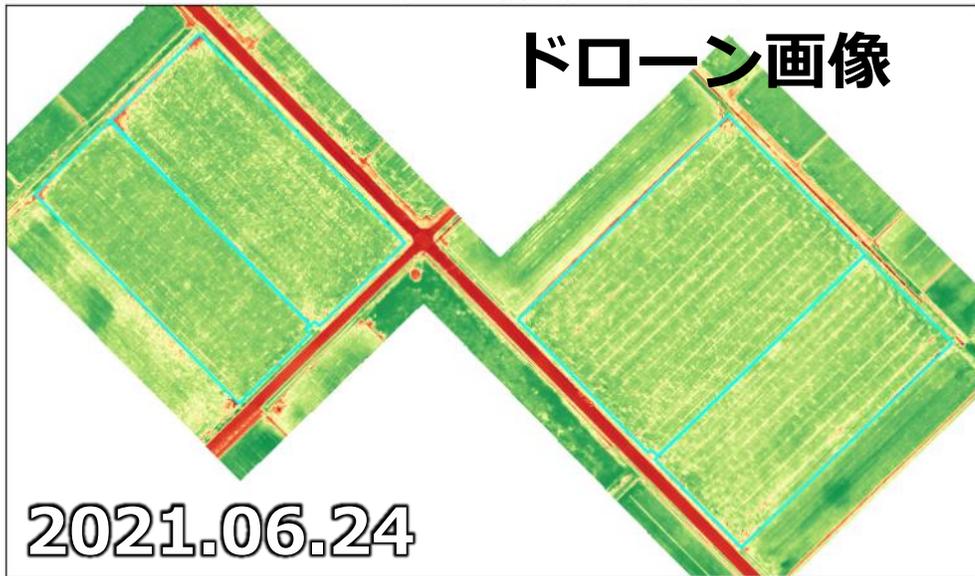


images_satellite/tsukubamirai/vi/Tsukubamirai_extent_T54SVE_20220810T012711_NDVI_10m.tif

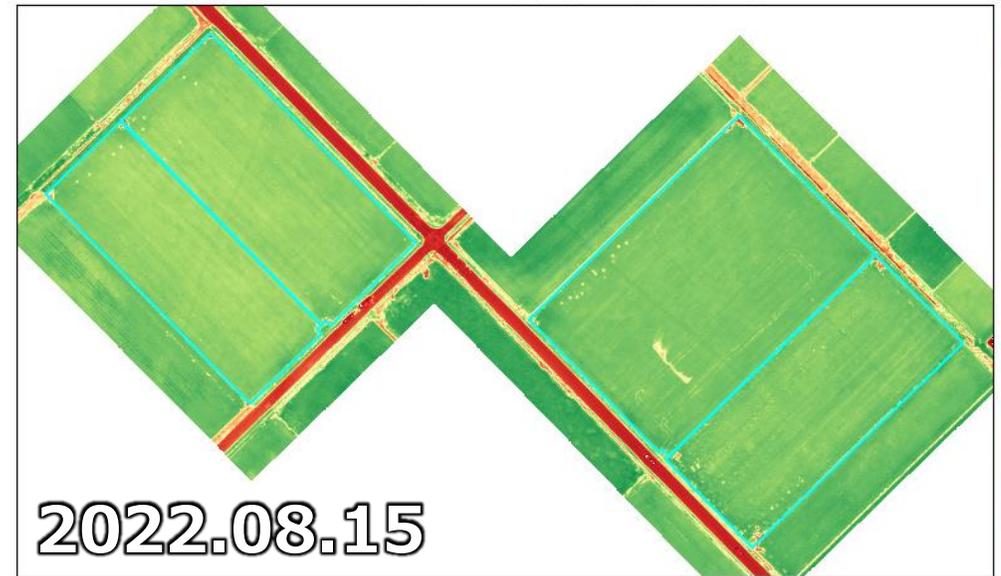


images/tsukubamirai/drone/ms_index\ISEKI_B_MS_P4Mcal_index_NDVI_20210624.tif

ドローン画像



images/tsukubamirai/drone/ms_index\ISEKI_B_MS_P4Mcal_index_NDVI_20220815.tif



水稲圃場での解析例

- 山形県舟形町の水稲圃場
- Sentinel-2でEVIを算出

S2B_MSIL2A_20230810T012659_N0509_R074_T54SVH_20230810T034405



20230810



Sentinel-2の可視画像

20230512



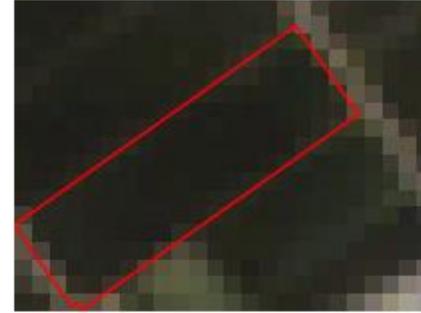
20230517



20230527



20230606



20230626



20230706



20230711



20230731



20230810



20230820



20230825



20230830



20230909

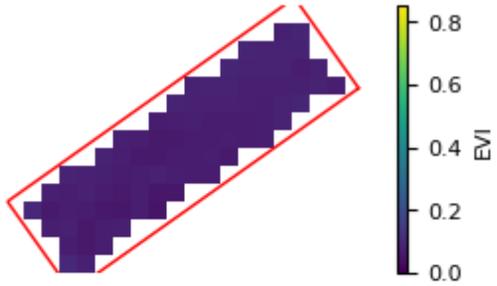


20230924

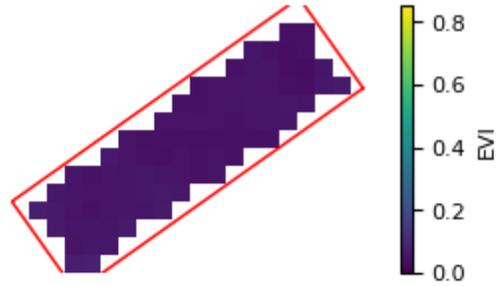


Sentinel-2のEVI画像

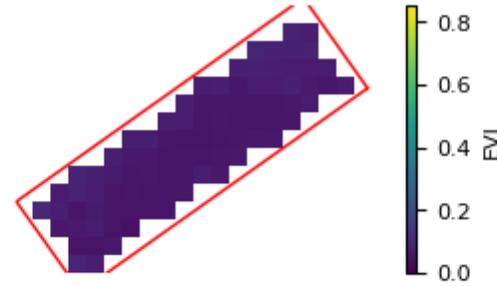
20230512T012659



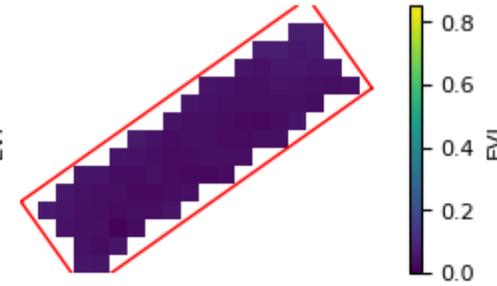
20230517T012701



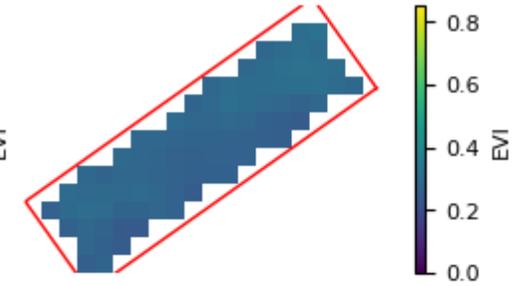
20230527T012701



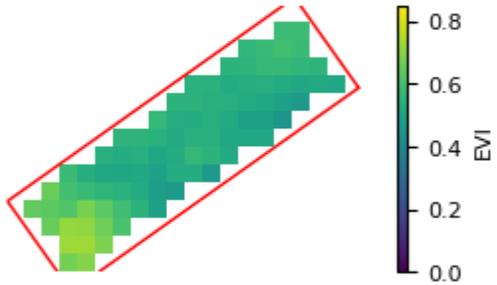
20230606T012701



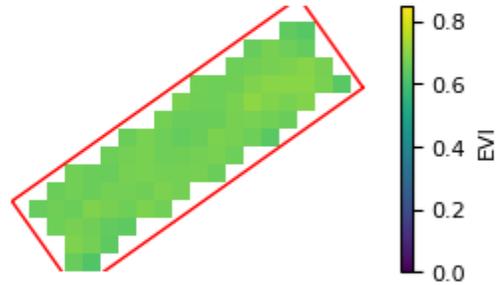
20230626T012701



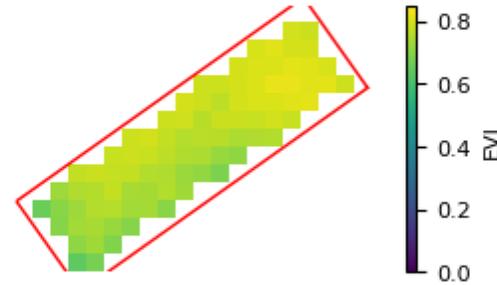
20230706T012701



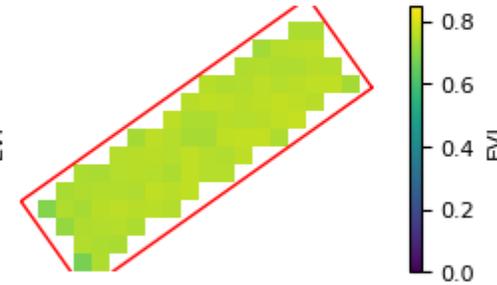
20230711T012659



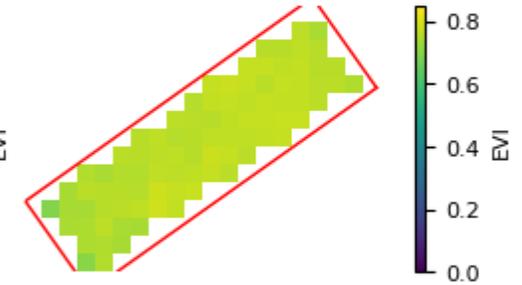
20230731T012659



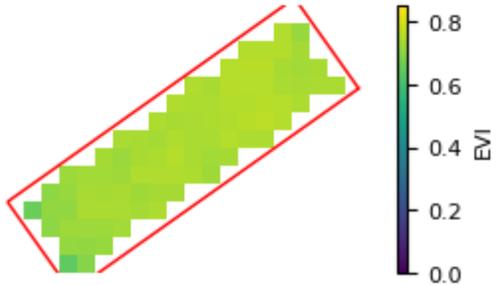
20230810T012659



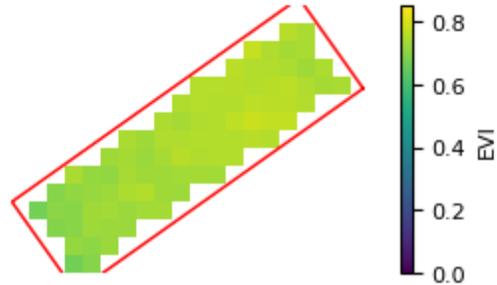
20230820T012659



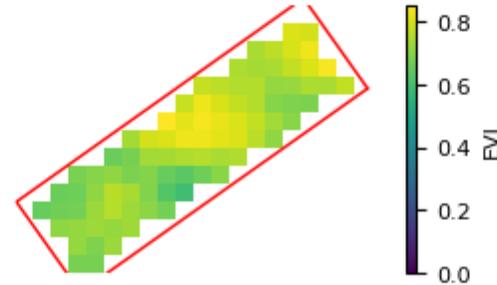
20230825T012701



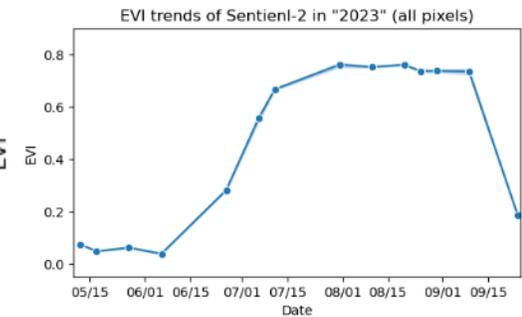
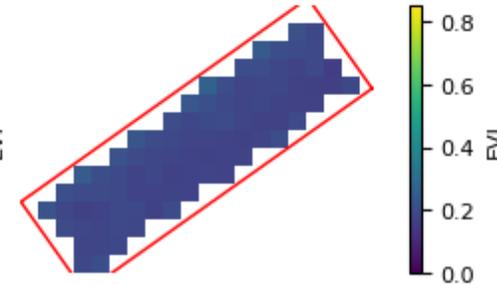
20230830T012659



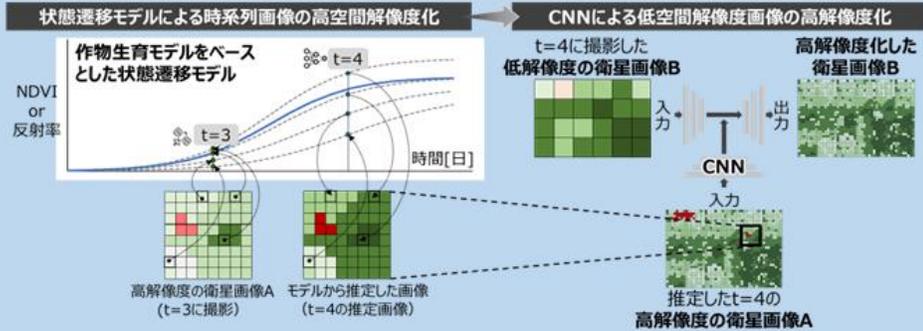
20230909T012659



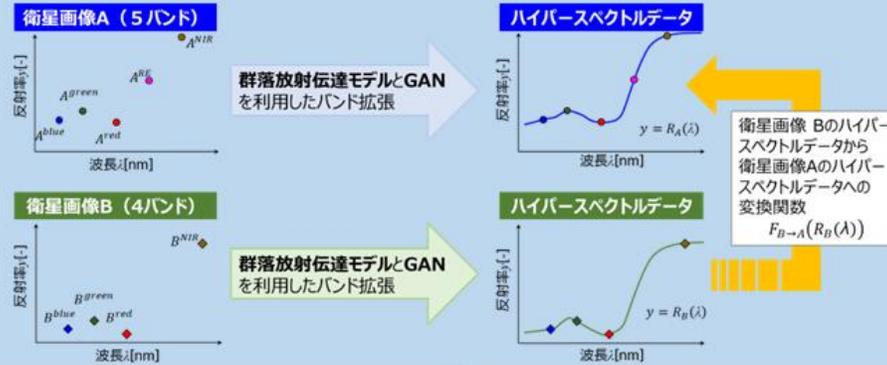
20230924T012701



空間解像度の融合 (特許7316004)

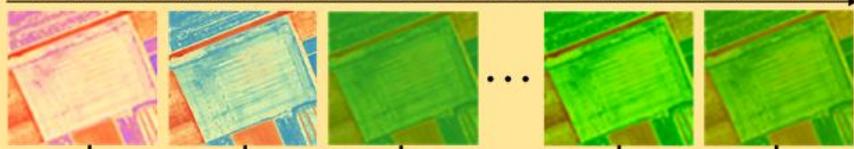


波長域の融合 (特許7345935)



正常な画像のみを使ったGANによる生成モデルの学習

空間分解能と観測波長の融合により大量生成した時系列衛星画像

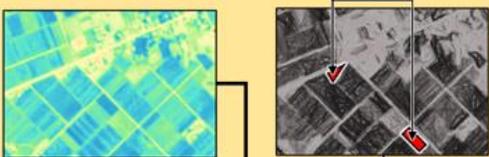


病虫害や生育不良などのアクセントがない正常な圃場画像



学習済み生成モデルを使った異常検出

異常圃場を検出



異常圃場検出アプリケーション (特願2024-014412)

- 2つの要素技術で、空間と波長について高分解能化した時系列衛星画像を大量生成
- 正常な圃場画像で、敵対的生成ネットワーク (GAN) を学習
- 生成モデルによる検知技術で、異常圃場を自動検出

農業分野での衛星リモートセンシングの活用例

表 1 スマート農業応用におけるリモートセンシングの主要な応用場面とデータ要件

計測対象	具体的情報	主な用途	①頻度/適時幅	②伝達時間	③有用なセンサ
作物発育段階	出穂期・成熟期等	適期収穫等	3-5日	2日	可視-近赤外MSS/HS, SAR
作物成長量	バイオマス・収量等	収量予測等	1週	2日	可視-近赤外MSS/HS, SAR
作物水分状態	水ストレス・水分等	灌漑管理等	1-3日	0.5-1日	熱赤外, 可視-近赤外MSS/HS
作物生理活性	クロロフィル量等	施肥調節等	1週	0.5-1日	可視近赤外MSS/HS, 熱赤外
作物栄養状態	窒素, リン等	施肥調節等	1週	2日	可視-近赤外MSS/HS
子実品質特性	玄米蛋白・水分等	収穫調整等	1週	2日	可視-近赤外MSS/HS
病虫害発生	予兆, 病徴等	薬散等防除策	1週	2日	可視-近赤外MSS/HS, 熱赤外
作物倒伏程度	被害程度等	土壌施肥管理	1週	2日	可視-近赤外MSS/HS
土壌肥沃度	腐植含有率等	土壌施肥管理	6カ月	1日-1週	可視-近赤外MSS/HS
土壌水分	乾湿・保水力等	灌排水管理等	3日	0.5-1日	可視-近赤外MSS, 熱赤外, SAR
雑草発生	発生分布等	局所防除等	1週	2日	可視-近赤外MSS/HS

注1) データ要件のうち, ④空間解像度: 1~10m, ⑤観測範囲: 圃場群~地域, はすべての利用場面で共通。

注2) MSS: マルチスペクトルセンサ, HS: ハイパースペクトルセンサ,

注3) これらの要件は標準的なめやすであり, 事象の発生状況や情報の利用の仕方により変動する。

- 画像の基礎
- 衛星リモートセンシングの基礎
- 衛星リモートセンシングデータについて
 - 選定方法
 - 主要な種類
 - 活用事例
- 衛星リモートセンシングデータの解析環境

■ ソフトウェア

- 画像解析
 - EARDAS IMAGINE (有償)
 - ENVI (有償)
- GIS (Geographic Information System)
 - QGIS (無償)
 - ArcGIS (有償)

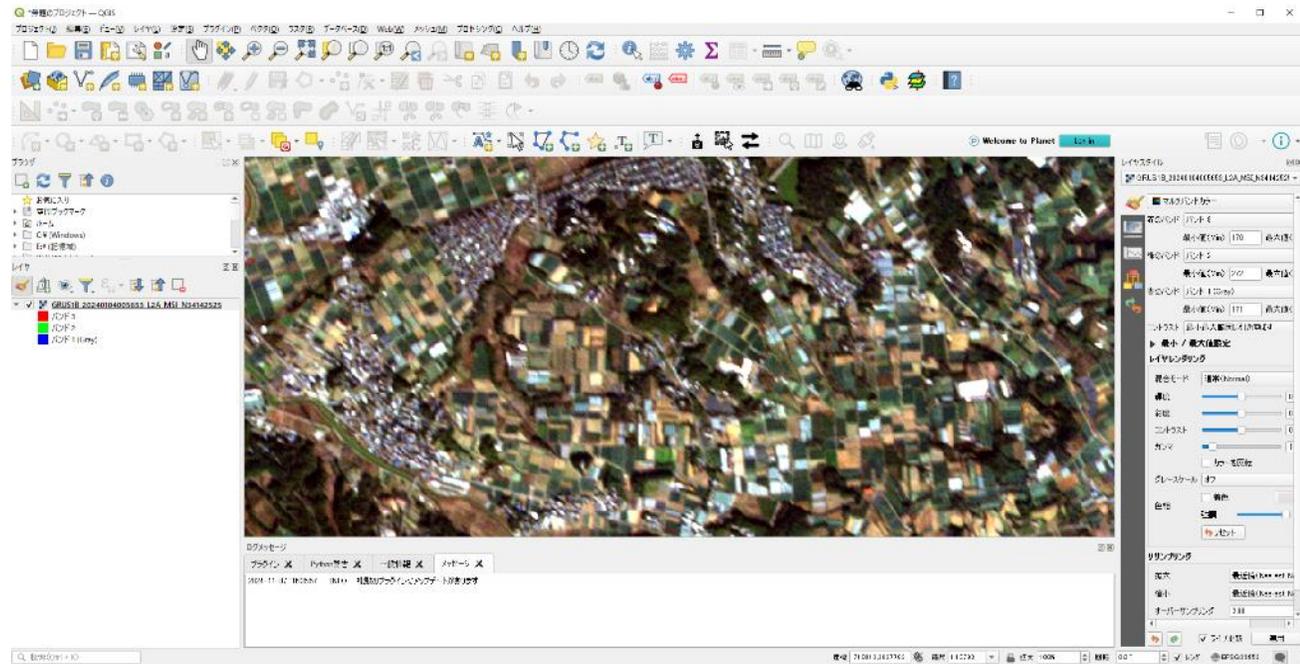
■ クラウドサービス

- Google Earth Engine (無償)
- Tellus (一部有償)

■ プログラム

- Python (無償)
- R (無償)

- オープンソースの地理情報システム (GIS)
 - 空間データの可視化、編集、解析が可能
 - 無償のため政府機関、研究機関、企業、教育機関、個人など幅広いユーザーが活用
- 多様なデータ形式に対応
 - ラスタ (画像) データやベクター (点、線、ポリゴン) データのほか、多様なGISデータフォーマット (Shapefile、GeoJSON、KML、GPX、GeoTIFFなど) に対応
 - PostGIS、SpatiaLite、Oracle Spatialなどの空間データベースとも連携可能
- 解析ツールやプラグイン
 - 空間解析、バッファ解析、距離計測、統計解析、ジオプロセッシングなどの機能が利用可能
 - 多様なプラグインが利用可能で、プラグインを組み合わせることで高度な解析が可能



- QGIS によるGIS と衛星画像解析
https://www.jstage.jst.go.jp/article/geoinformatics/28/3/28_111/article/-char/ja/
- QGIS活用マニュアル
https://www.rinya.maff.go.jp/hokkaido/introduction/gaiyou_syo/to_katitobu/attach/pdf/index-10.pdf
- QGISビギナーズマニュアル
<https://gis-oer.github.io/gitbook/book/materials/QGIS/QGIS.html>
- Tellusの衛星データを使ったQGIS解析ハンズオン
<https://sorabatake.jp/30491/>

Google Earth Engine (GEE)

Googleが提供するクラウドベースのプラットフォーム

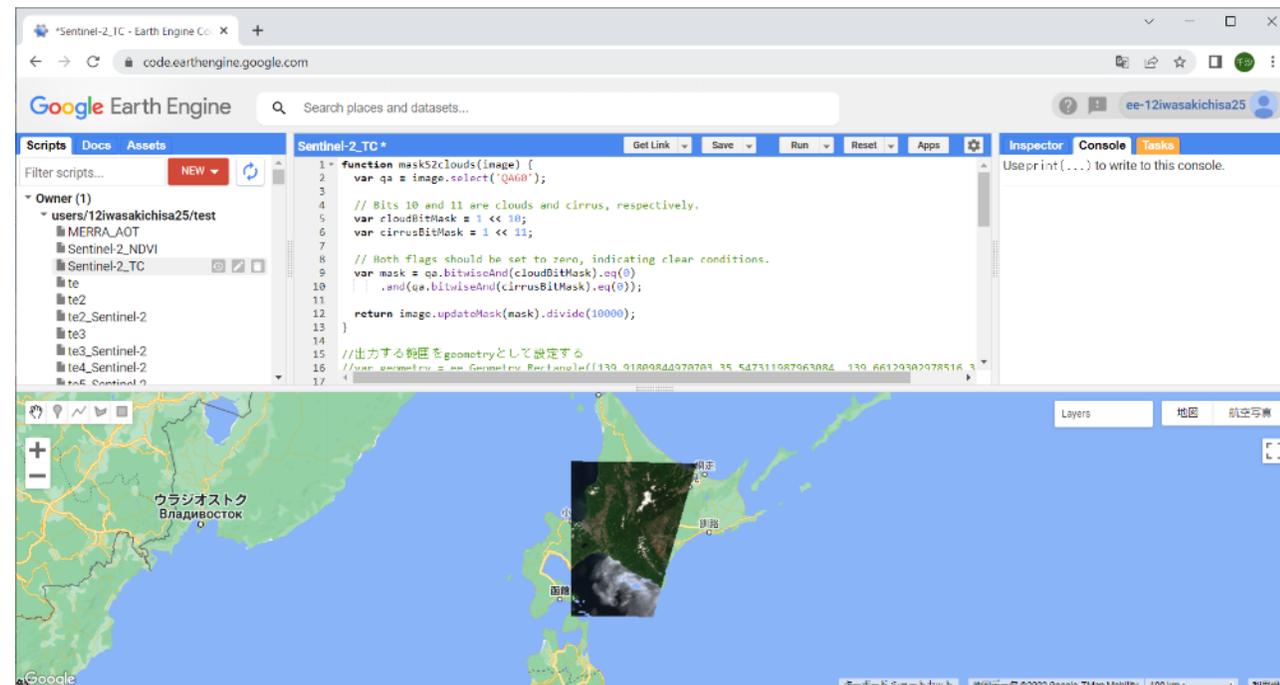
- Googleアカウントがあれば無償で使用可能
- クラウド上の処理のため衛星データ解析のための環境の整備が不要

膨大なデータが利用可能

- LandsatやSentinelなどの衛星画像、気候データ、土地利用データ、水資源データなどをダウンロードすることなく利用可能
- 有償データの利用は別途契約やクラウドへのアップロードが必要

プログラミング環境

- JavaScriptやPythonでデータ処理、画像解析、統計分析が可能
- サンプルコード等が多数あり、カスタマイズして必要な処理を簡単に実装可能



- 日本発クラウドベースの地理空間データ解析プラットフォーム「Google Earth Engine」
https://www.jstage.jst.go.jp/article/rssj/38/2/38_125/article/-char/ja/
- Google Earth EngineとGoogle Colabによる人工衛星画像解析
<https://qiita.com/takubb/items/518e860a1d7c336d8f3d>
- Google Earth Engine入門 -ゼロから始める衛星画像解析-
https://jkatagi.github.io/contents/google_earth_engine
- 衛星画像解析が変わる!? 「Google Earth Engine」の何がすごいのか
<https://sorabatake.jp/337/>

ライブラリを利用

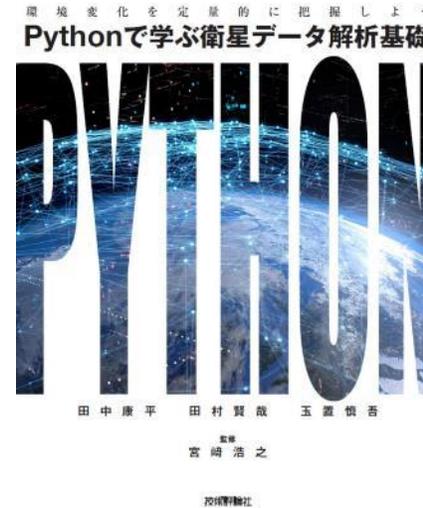
- 衛星画像解析に特化した多くのライブラリがあり、簡単に高性能な画像処理が可能
- Rasterio: ラスタデータの読み込み・書き込み、座標変換、画像のクリッピングなどに使用
- GDAL (Geospatial Data Abstraction Library): ラスタ・ベクターデータの処理に強力で、さまざまなデータ形式に対応

柔軟性と拡張性

- 汎用的なプログラミング言語であるため、衛星画像解析のための特定のスクリプトやカスタム関数を容易に作成が可能
- クラウドプラットフォームと連携可能 (GEE等)

機械学習・ディープラーニングとの統合

- 機械学習やディープラーニングのライブラリ (scikit-learn、TensorFlow、Keras、PyTorchなど) を使用して、分類、物体検出、変化検出など高度な解析に利用可能



Pythonで学ぶ衛星データ解析基礎 - 環境変化を定量的に把握しよう

- 著者: 田中康平, 田村賢哉, 玉置慎吾 著, 宮崎浩之 (監修)
- 出版社: 技術評論社
- 発売日: 2022年12月19日
- ISBN: 978-4-297-13232-3
- 定価: 3,520円
- 352ページ



【コード付き】衛星画像を使って青森県の水田割合の変化を比較する~分析編~

- 宙畑 SORABATAKE
- 「Tellus」のオウンドメディア
- Landsat-8を用いて青森県の水田を対象に、画像から水田を抽出し時系列データ解析を行う
- <https://sorabatake.jp/9779/>

■ 画像と衛星リモートセンシングの基礎

■ 衛星リモートセンシングデータの利用方法、解析環境

■ 興味がある方は

- 10年前に比べてかなりハードルは下がっている
- ネットの情報やChatGPTなどの生成AIを活用
- まずは無償のデータや解析環境を利用してやってみる
- やってみると問題点が出てくる
- その段階で専門家に相談すると研究として発展可能性が高い

ご清聴ありがとうございました