

衛星データを用いた 土地利用・土地被覆図研究の最前線

(一財) リモート・センシング技術センター
つくば事業所 ALOS系解析研究グループ 研究員
平出 尚義



土地利用土地被覆図 (LULC図) とは

・土地利用 (Land-Use)

人間の活動による土地の利用を示す。

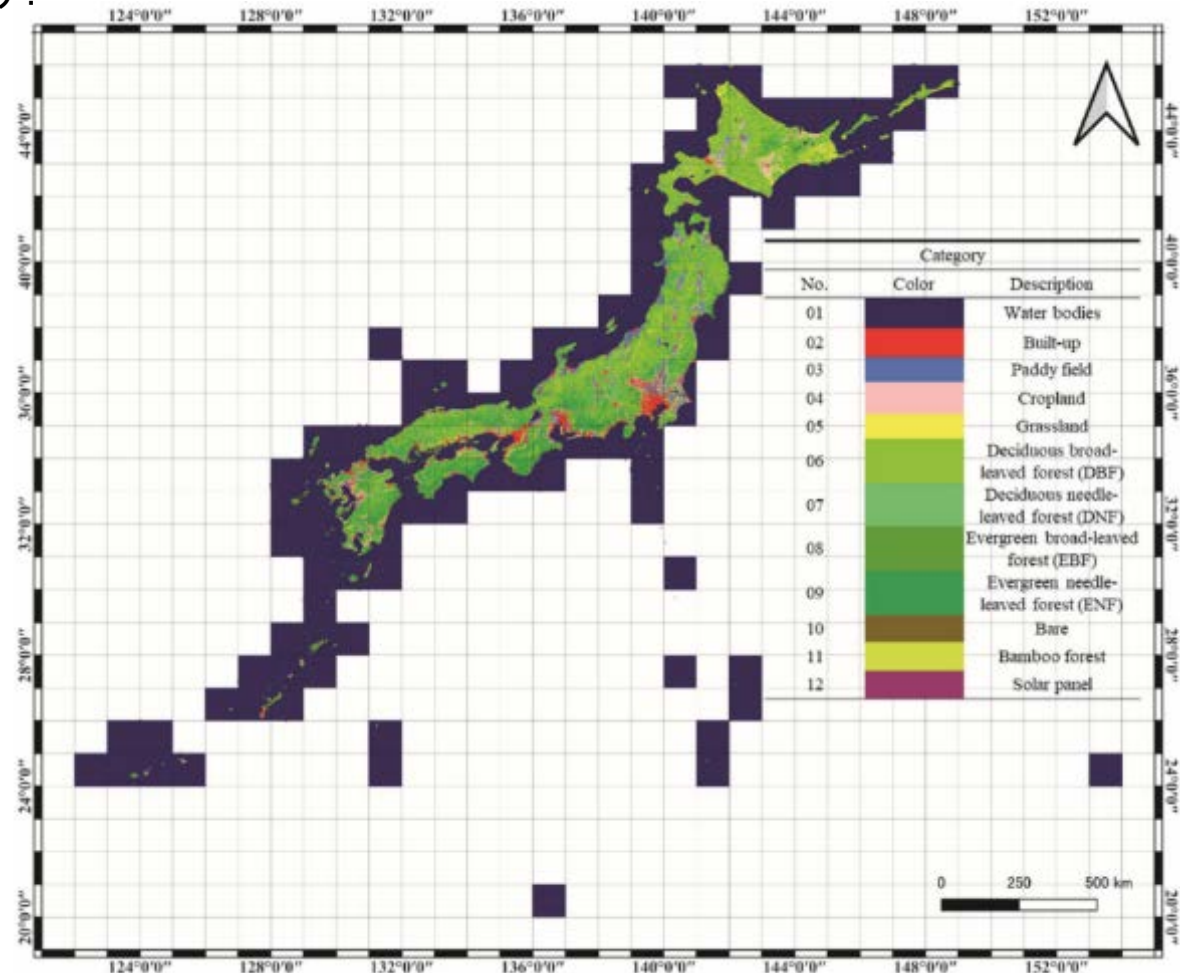
・土地被覆 (Land-Cover)

地球の地表面が物理的に何に覆われているかを示す。

土地利用および土地被覆をいくつかの設定されたカテゴリで色分けした主題図を**土地利用土地被覆図 (LULC)**と呼ぶ。

JAXA/EORC (地球観測研究センター) および筑波大学が定期的に日本全域の高解像度LULC図を作成しており、RESTECも作業を支援している。

→2021年11月にv21.11をJAXA/EORCのHPにリリース。
(https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/lulc/lulc_v2111_j.htm)



JAXA日本域高解像度LULC図 (HRLULC-Japan v21.11)
分類カテゴリは12

LULC図の利用事例

LULC図を解析することで、生態系評価、資源管理、災害対策等の地域・国土の保全のための様々なアプリケーションの基盤情報として活用可能



- 1 貧困をなくそう
 - ・農地面積、収穫高の推定
- 2 飢餓をゼロに
 - ・衛生害虫のリスクマップ作成
- 3 すべての人に健康と福祉を
 - ・大学の講義で使用
 - ・博物館・写真館等の展示
 - ・クイズ番組等のイベントで使用
- 4 質の高い教育をみんなに
 - ・治水計画
- 6 安全な水とトイレを世界中に
 - ・治水計画



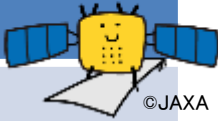
- 7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに
 - ・太陽光発電所マップの作成
 - ・水力発電ダムの把握
- 11 住み続けられるまちづくりを
 - ・都市計画調査
 - ・土地の利活用、景観の把握
- 13 気候変動に具体的な対策を
 - ・気候変動、自然災害の影響評価
 - ・気象モデルのインプットデータ
- 15 陸の豊かさも守ろう
 - ・森林面積変化の変遷
 - ・伐採地跡地の抽出
 - ・森林環境による生物多様性の解析
 - ・絶滅危惧種の生息適地評価



日本域高解像度LULC図の変遷と特徴

v21.11リリースにより日本域高解像度LULC図は3時期のデータセットとなった。
過去のプロダクト含めた概要を一覧に示す。

過去のプロダクトを含めた日本域高解像度LULCの情報一覧

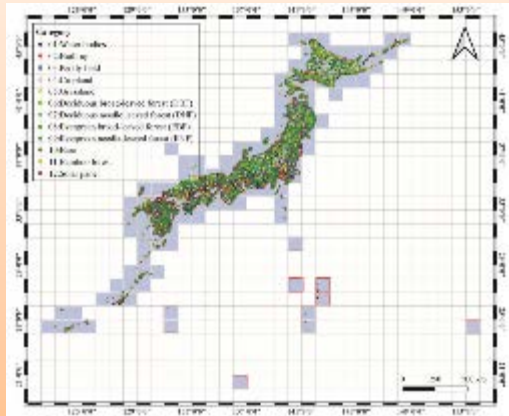
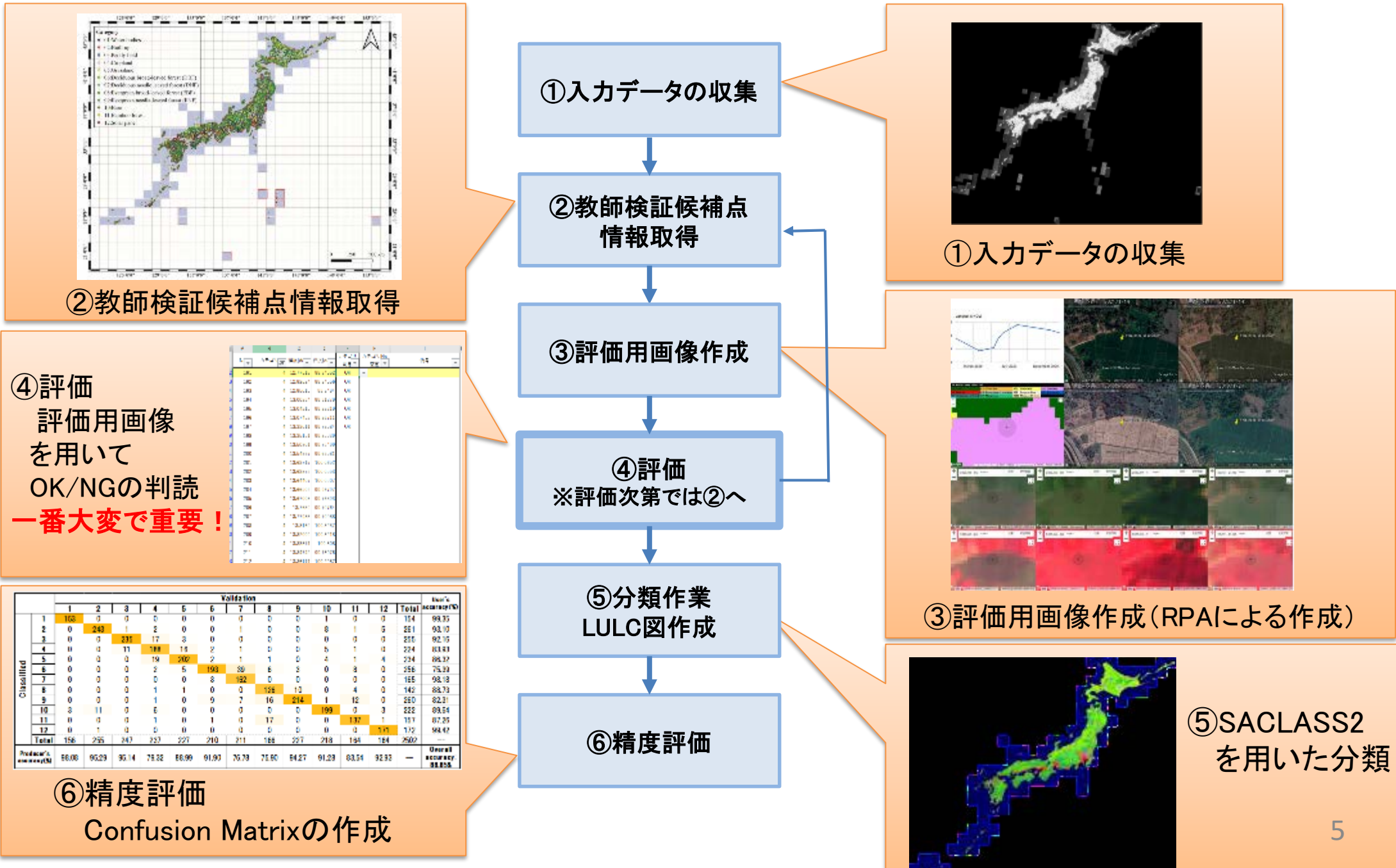
Version名 (使用した画像の時期)	Ver16.09 (2006～2011年)	Ver.18.03 (2014～2016年)	Ver21.11 (2018～2020年)
衛星データ	ALOS/AVNIR-2(光学)  ©JAXA	Landsat-8/OLI (光学)	Sentinel-2 (光学) Landsat-8/OLI (光学、離島のみ) ALOS-2/PALSAR-2 (SAR)  ©JAXA
空間分解能	10m	30m	10m(S2) / 30m(L8) 3m(PALSAR-2/UBS) 6m(PALSAR-2/HBQ)
分類手法	SACLASS (カーネル密度推定)	SACLASS (カーネル密度推定)	SACLASS2 (畳み込みニューラルネットワーク)
分類カテゴリ数	10	10	12 (竹林とソーラパネルを追加)
全体精度 (%)	78.0	81.6	88.9

v21.11の特徴

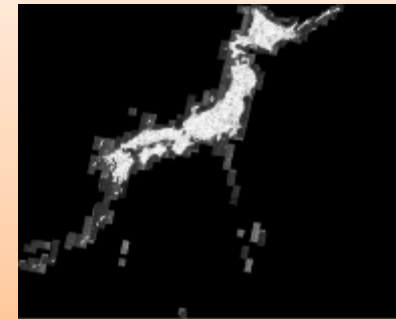
- ・入力画像に光学だけでなく、SAR特徴量も採用
- ・アルゴリズムに時間方向の特徴量を入れた畳み込みニューラルネットワーク (SACLASS2) を採用

➡ カテゴリ数が増えたにも関わらず、過去最高の精度に！

LULC図作成フロー



②教師検証候補点情報取得

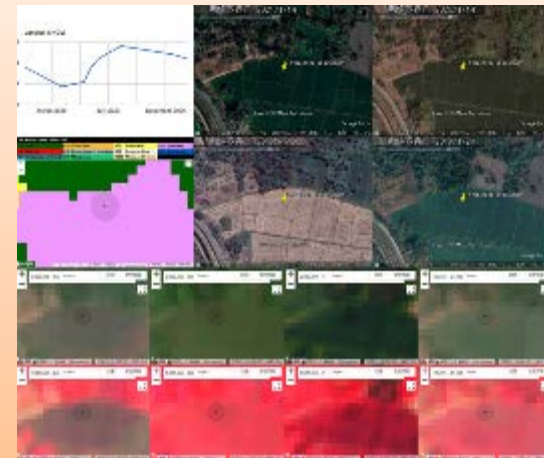


①入力データの収集

Class	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	Row's accuracy(%)
1	165	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	174	95.35
2	0	249	0	2	0	0	1	0	0	8	1	0	261	95.10
3	0	0	231	3	0	0	0	0	0	0	0	0	234	98.75
4	0	0	11	188	15	2	1	0	5	1	0	0	224	88.81
5	0	0	0	19	200	0	0	0	0	0	0	0	219	96.35
6	0	0	0	2	5	199	20	0	0	0	0	0	226	75.24
7	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	142	65.18
8	0	0	0	1	1	0	0	128	13	0	0	0	142	89.79
9	0	0	0	1	0	9	7	16	214	1	12	0	250	82.21
10	0	11	0	0	0	0	0	0	0	199	3	0	222	93.24
11	0	0	0	1	0	1	0	17	0	0	137	3	157	87.29
12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	515	112	94.47
Total	156	255	247	227	227	210	211	188	227	218	198	184	2500	
Producer's accuracy(%)	86.00	95.29	95.14	75.32	86.99	91.93	76.79	75.60	84.27	91.29	83.24	92.92	-	Overall accuracy 88.88%

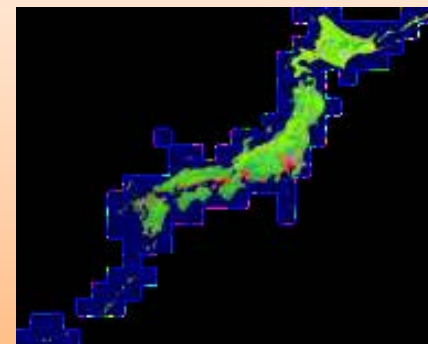
④評価
評価用画像
を用いて
OK/NGの判読
一番大変で重要！

⑤分類作業
LULC図作成



③評価用画像作成 (RPAによる作成)

⑥精度評価



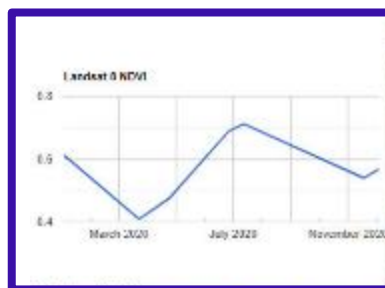
⑤SACLASS2
を用いた分類

⑥精度評価
Confusion Matrixの作成

評価用画像作成

LULCは時期によって変化していくため、機械的に取得した教師点は適切でない可能性が高い。
高品質な教師点を取得するために、判読用画像をすべての候補点の緯度経度に対して作成した。

NDVIのグラフ



ESAの分類図
(他機関作成のLULC図)



Google Earth Pro画像

- ・教師点の中心座標から画像取得
- ・#位置精度はGeproに依存
- ・最新版から4枚の画像を使用
- ・1→2→3→4の順で画像取得日が古くなる



True Color

False Color



Sentinel-2

- ・4時期におけるtrueカラーとFALSEカラー
- ・円の半径は10m

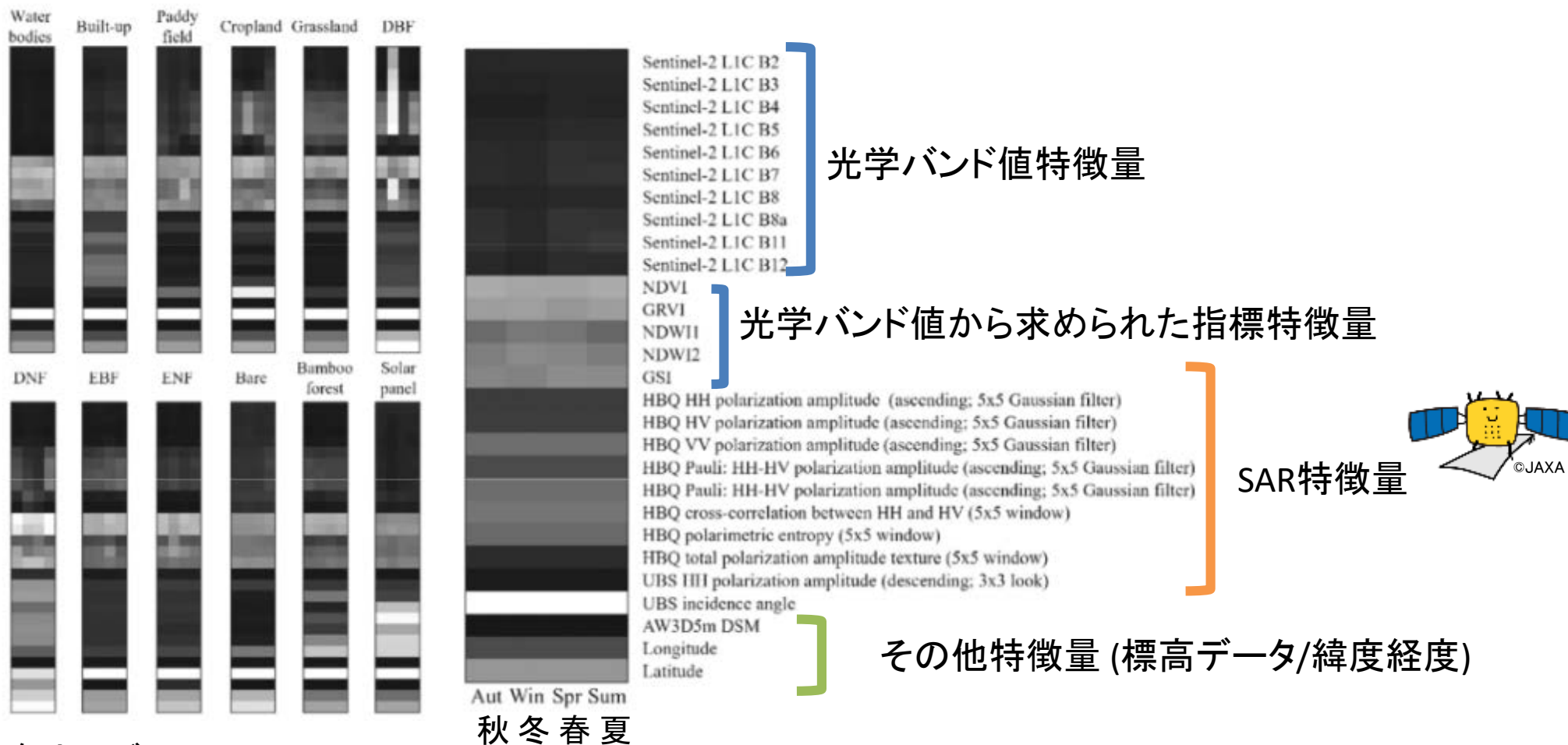
作成に関してはRPA (Robotic Process Automation) という作業を自動化するツールを使用している。
この評価用画像を作成することで、高品質かつ効率の良い判読が可能となった。

教師・検証情報結果



Category				Number of training data	Number of validation data
No.	Color	Description			
1		水域	海、川、湖などの水域で覆われている領域	1,444	156
2		人工構造物	建物、道路（未舗装路は除く）および駐車場など人工的な構造物で覆われた土地	2,529	255
3		水田	水稲、蓮、わさびなどの水を張って耕作する土地	2,803	247
4		畑地	水を張らずに耕作する土地	1,655	237
5		草地	草原、中洲、ゴルフコース等の樹木以外の草本植物を含む土地	2,699	227
6		落葉広葉樹	生育に適さない季節になると葉をすべて落とす広葉樹	2,795	210
7		落葉針葉樹	生育に適さない季節になると葉をすべて落とす針葉樹	513	211
8		常緑広葉樹	通年葉を落とさない広葉樹	773	166
9		常緑針葉樹	通年葉を落とさない針葉樹	3,630	227
10		裸地	運動場、砂浜、採石場、川岸、高山の頂上といった植物がなく、岩ちや土がむき出しの土地	2,039	218
11		竹林	竹で構成されている領域	2,471	164
12		ソーラパネル	ソーラパネルが設置されている領域	3,363	184
		Total		26,714	2,502

機構殿が作成したアルゴリズムSACLASS2 (CNNの一種) に入力として使用するデータセットは以下である。
1ピクセルに対して特徴量軸、時間軸に発展させたものである。



各カテゴリの
典型的なデータセットの例

横軸：時間軸
縦軸：特徴量軸

分類結果[拡大:福島県南相馬市周辺]

v16.09(2006~2011年:10m)

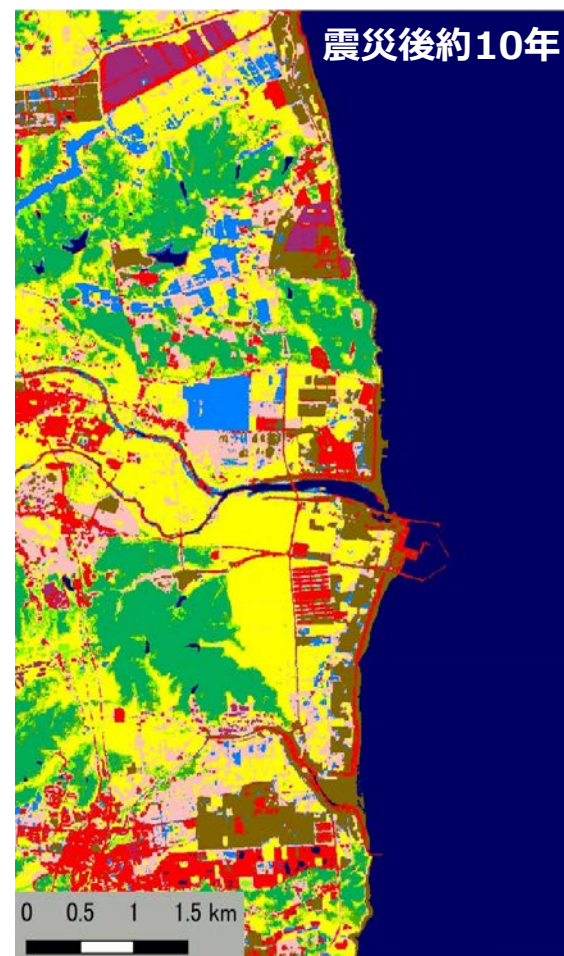
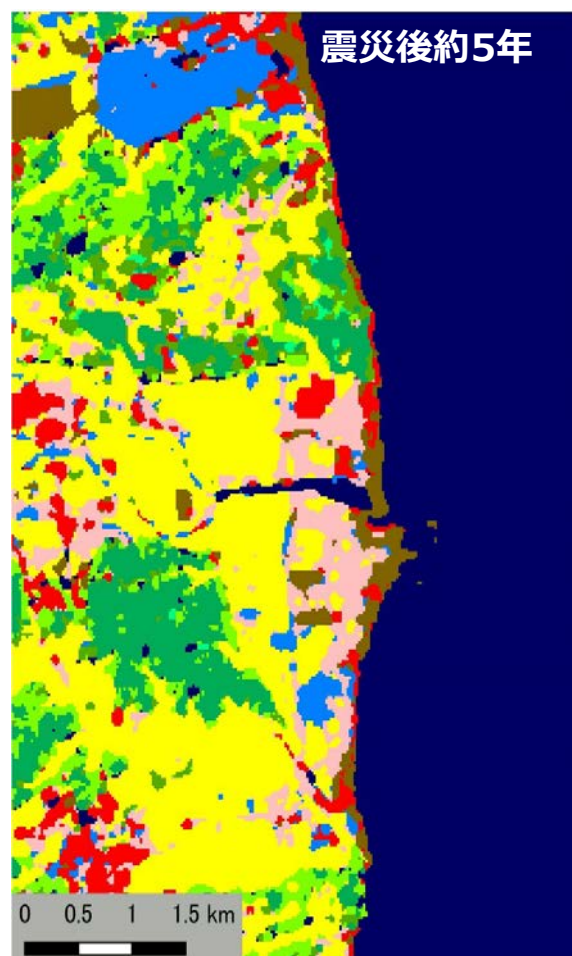
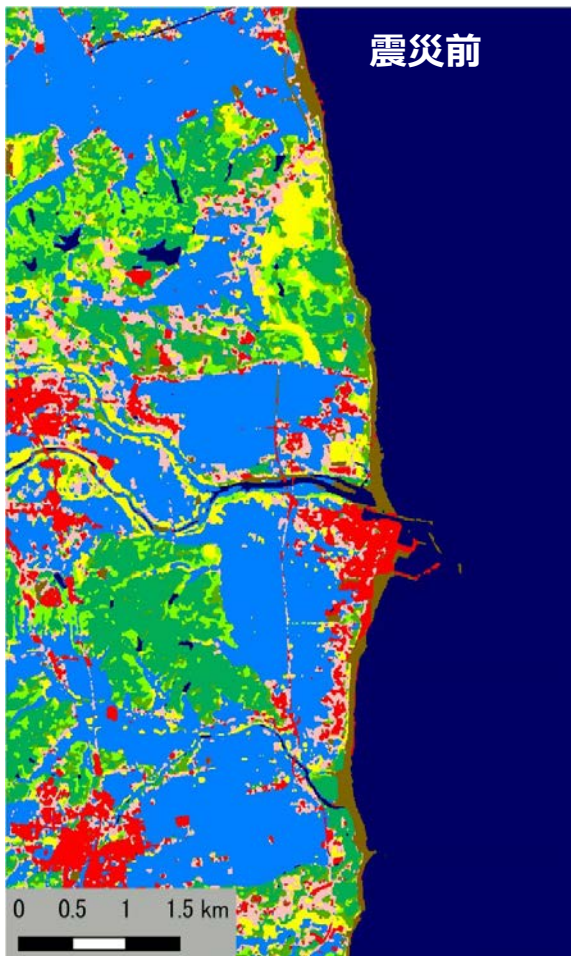
v18.03(2014~2016年:30m)

v21.11(2018~2020年:10m)

震災前

震災後約5年

震災後約10年



震災前の水田(水色)が、震災約5年後には草地(黄色)に、そしてソーラパネル(紫色)や都市(赤色)に変化

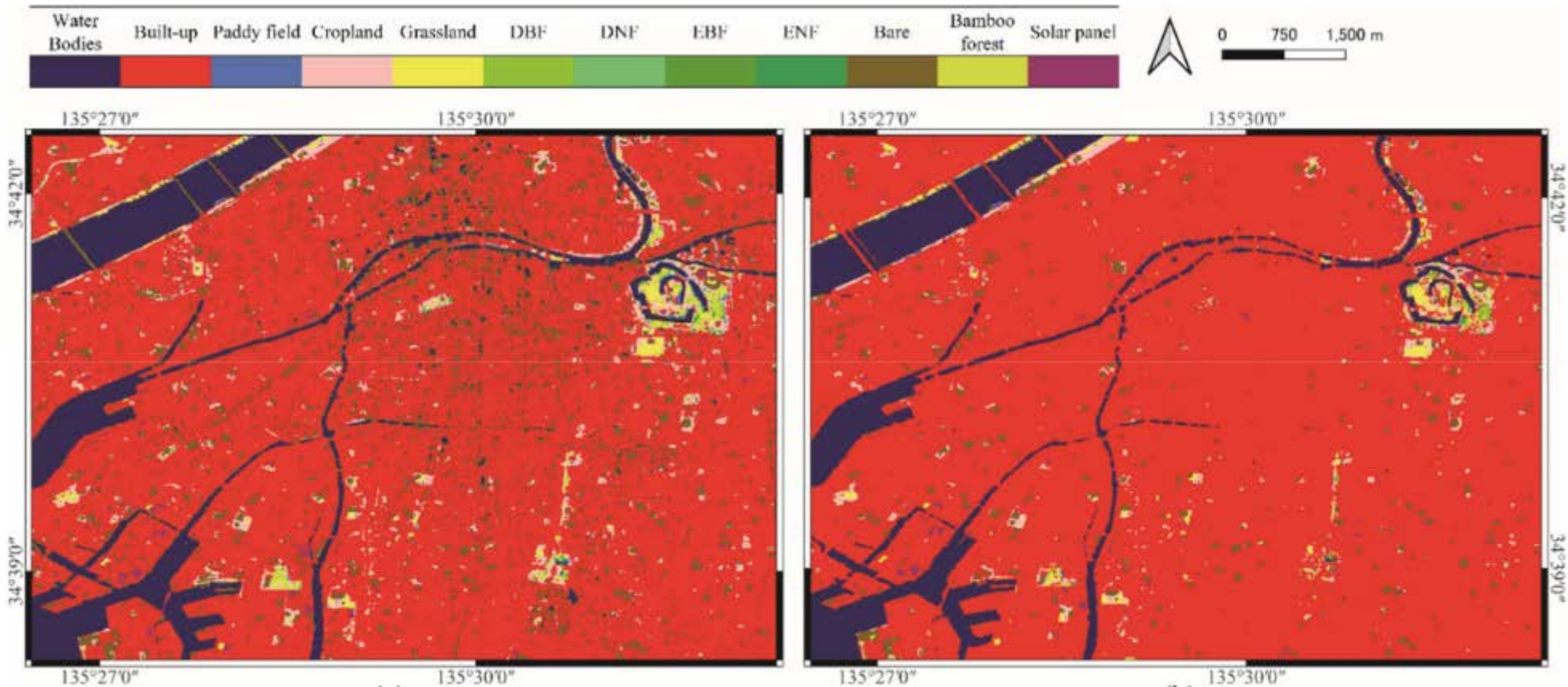
災害によって土地利用が大きく変化



福島県沿岸部の震災前後の土地被覆の経年変化
(福島県南相馬市)

SARの有用性について

- ・PALSAR-2データを使うことにより、全体精度がおおよそ3%向上.



PALSAR-2なし/ありでのLULC分類結果比較
(左) PALSAR-2使用無し (右) PALSAR-2使用

人工構造物 (赤)、裸地 (茶)の分類精度が飛躍的に向上 (~10%) し、空間的なノイズ減少に貢献

世界の土地被覆プロダクト

世界域のLULCプロダクト一覧

プロダクト名	提供機関	頻度	空間分解能	クラス数	分類範囲	期間	全体精度	分類
Google LULC	Google	2-5日?	10m	9	世界	2015-	77-88	セグメンテーション
ESA CCI	ESA	1年	300m	10~30	世界	1992-2019	?	ピクセルベース
ESA-Copernics	ESA	1年	100m	23	世界	2015-	80	ピクセルベース
ESA World Cover	ESA	一度	10m	11	世界	2020	74	ピクセルベース
ESRI LULC	ESRI	一度	10m	9	世界	2020	86	セグメンテーション
GLOBELAND	中国科学院	10年	30m	10	世界	2000/2010/2020	80-88	ピクセルベース
NASA IGBP	NASA	1年	500m	18	世界	2001-2018	?	ピクセルベース

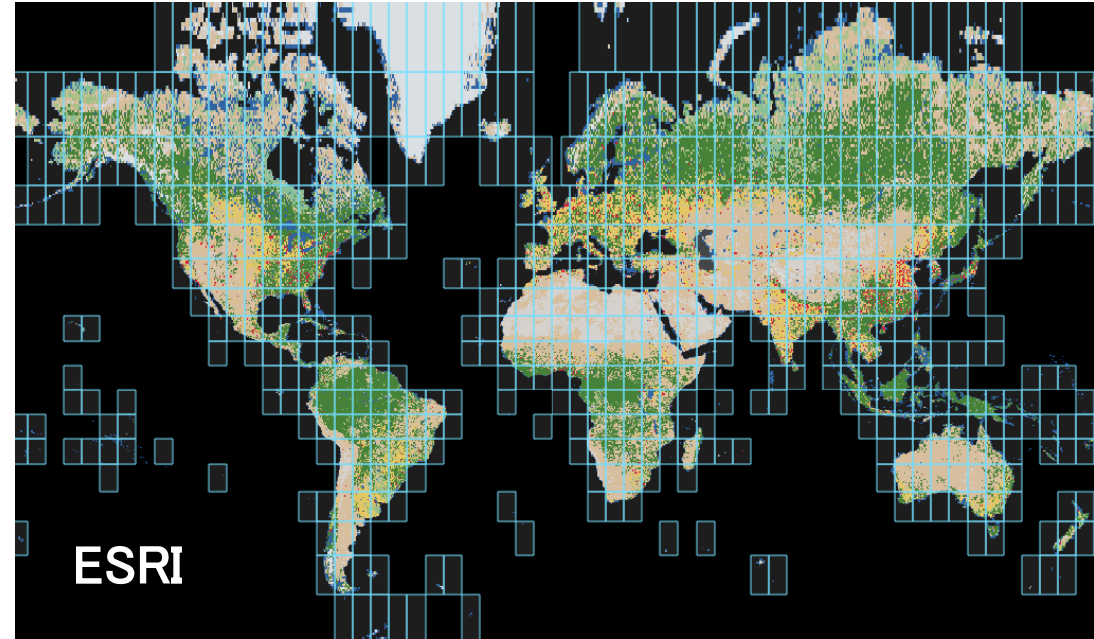
国毎のLULCプロダクトは結構あるので省略

(比較) JAXA/EORCが作成しているLULCプロダクト

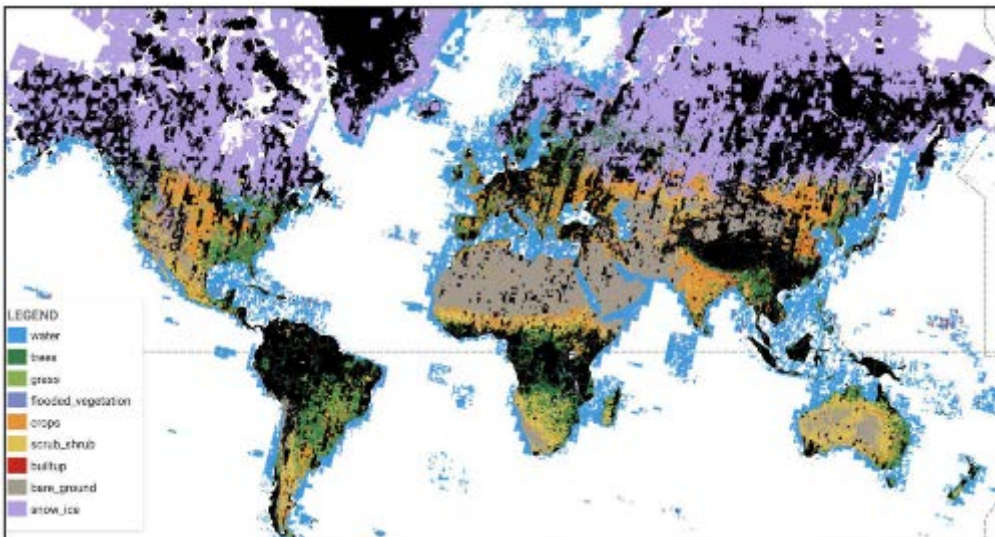
日本HRLULC	JAXA	4年	10m	12	日本	2006-2020	88.85	ピクセルベース
ベトナムHRLULC	JAXA	1年	10m-30m	10~18	ベトナム	1990-2020	77-90	ピクセルベース



世界のLULCプロダクト

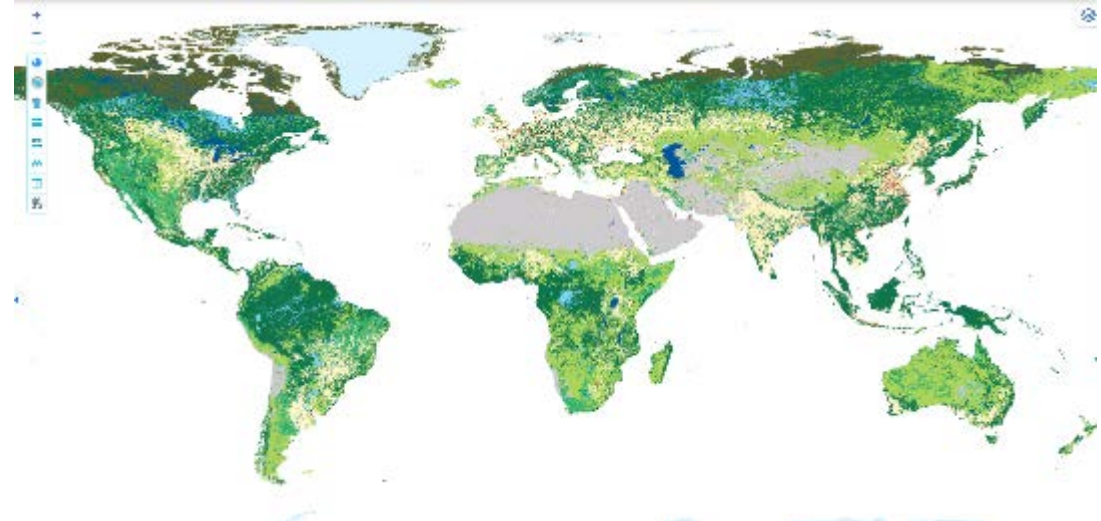


Google Dynamic World

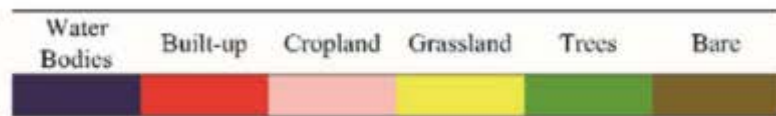


All rights reserved RESTEC 2022

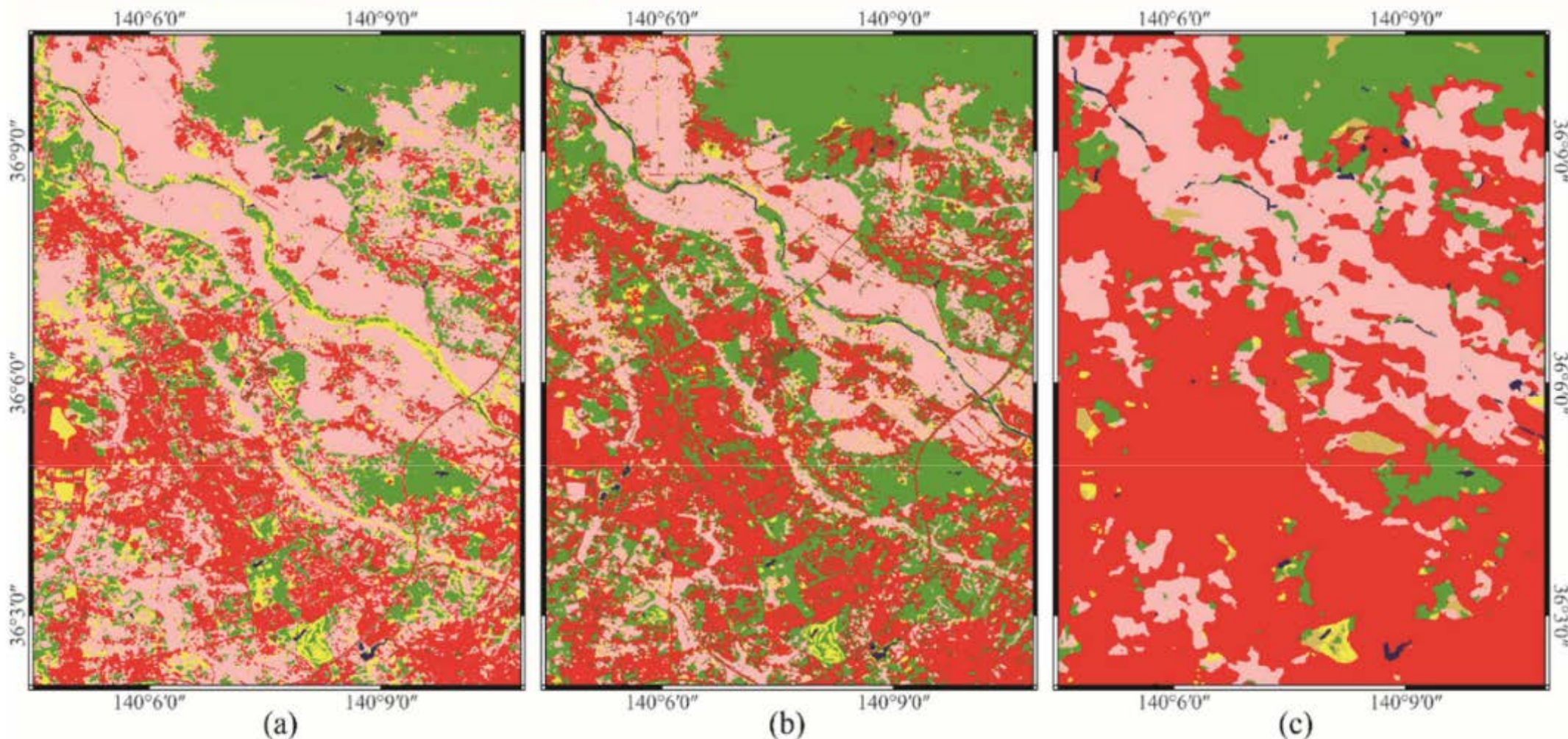
GLOBE LAND



分類結果比較_世界の土地被覆プロダクト



注) 単純比較ができるよう、
各々のカテゴリ数を統合している



各プロダクトとの比較結果(茨城県つくば市)

(a) 日本域高解像度LULC (b)ESA WorldCover (c) Esri 10-Meter Land Cover

今後のLULC図の展望とまとめ

まとめ

- ・日本域高解像度LULC v21.11をリリース
アルゴリズムを一新し、カテゴリ数を2つ新設した上で、SARを取り入れることで過去最高精度を達成
- ・RPAを用いた評価用画像を作成したことで、教師点判読をさらなる高精度化、効率化に貢献
- ・日本域においては世界の他プロダクトを超える精度であり、目視でも確認

展望

- ・今年度打ち上げ予定であるALOS-3データを用いてのさらなる高解像度化
- ・分類範囲の広域化

より詳しく知りたい方は

Hirayama et.al (2022):

JAXA高解像度土地利用土地被覆図日本域21.11版 (HRLULC-Japan v21.11) の作成.

日本リモートセンシング学会誌, 42(3), 199-216

をご覧ください.



RESTEC
Sense your Earth