



地球観測衛星データを用いた SDG15.4.2(山地植生被覆指数) の試算について (中間報告)



2020年12月23日
宇宙航空研究開発機構
衛星利用運用センター
特任担当役 石田 中

1. SDG15.4.2のメタデータ
 - ・ Kapos山地分類データ
 - ・ 欧州宇宙機関 気候変動イニシャチブ (ESA-CCI)土地被覆データ
 - ・ 指標算出方法
2. メタデータに基づくSDG15.4.2試算結果
 - FAO推計方法（湿地を植生に含む）の検討
3. JAXA高解像度土地利用土地被覆図データを用いたSDG15.4.2試算結果
 - 30m/50m分解能データによる試算の追加
4. 土地被覆分類の精度検証

(以下、ご参考)

- UTM座標の適用の差異による面積及び指数推計への影響
- 国土地理院 標高データ（10m分解能）を用いた山地分類とKapos山地分類の比較
 - JAXAツールによるKapos山地分類の再現
- SDG15.4.2算出に利用可能なデータ

SDGターゲット15.4とSDG指標15.4.2

SDGターゲット15.4は、生物多様性を含む山地における生態系の保全を目的に、指標15.4.2として山地植生被覆指数（MGCI： Mountain Green Cover Index）を設定している。

15.4： 2030年までに、持続可能な開発に必須の便益を提供する能力を強化するため、生物多様性を含む山地の生態系の保全を確実に行う。

15.4.2： 山地植生被覆指数

15.4: By 2030, ensure the conservation of mountain ecosystems, including their biodiversity, in order to enhance their capacity to provide benefits that are essential for sustainable development

15.4.2: Mountain Green Cover Index

最新のメタデータ(2020年8月)の方法論に従い、SDG15.4.2を試算した。
国連世界食糧農業機関(FAO)は、2000年、2010年、2015年及び2018年の山地植生被覆指数を算出し、各国政府に確認を要請している。

1. 使用データ

メタデータに従い、以下のデータを使用した。

① 山地分類データ (Kapos等、2000年)

FAO Mountain PartnershipのHPにあるDOWNLOAD DATA SETS GIS raster Mountain area
<http://www.fao.org/mountain-partnership/our-work/focusareas/foodsecurity/en/>

② 土地被覆分類データ

欧州宇宙機関 気候変動イニシャチブ (ESA CCI) 土地被覆分類データ
(300m分解能、2000、2010、2015及び2018年)

<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/satellite-land-cover?tab=form>

③ 国行政区分データ

FAO全球行政区分レイヤ (GAUL)

<https://data.europa.eu/euodp/data/dataset/jrc-10112-10004>

2. 算出方法

$$\text{山地の植生被覆の画素数} / \text{山地の画素数} \times 100$$

3. 使用ツール 無償、公開のQGISを使用

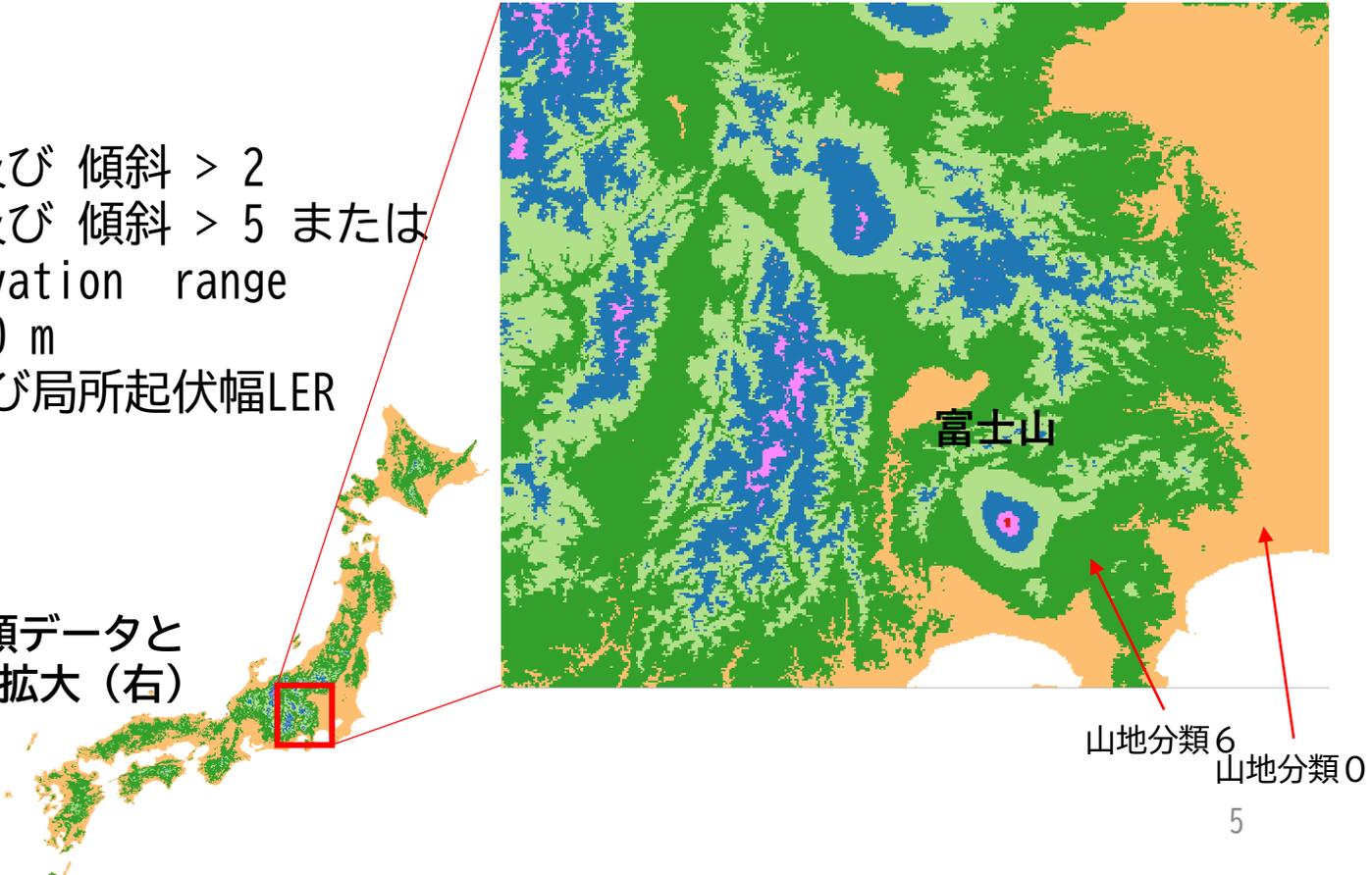
SDG15.4.2 山地植生被覆指数

Kapos等山地分類データ

Kapos等(2000)は、山地を標高、傾斜及び局所起伏幅で山地を6分類している。Kapos山地分類データは、FAOのMountain Partnershipのホームページから国別にダウンロードが可能となっている。

- | 山地分類 | 内容 |
|------|--|
| 1 | 標高 > 4,500 m |
| 2 | 標高 3,500-4,500 m |
| 3 | 標高 2,500-3,500 m |
| 4 | 標高 1,500-2,500 m 及び 傾斜 > 2 |
| 5 | 標高 1,000-1,500 m 及び 傾斜 > 5 または
局所起伏幅local elevation range
(LER 7 Km半径) > 300 m |
| 6 | 高度 300-1,000 m 及び局所起伏幅LER
(7 km半径) > 300 m |
| 0 | 山地以外 |

Kapos山地分類データと
富士山周辺の拡大 (右)



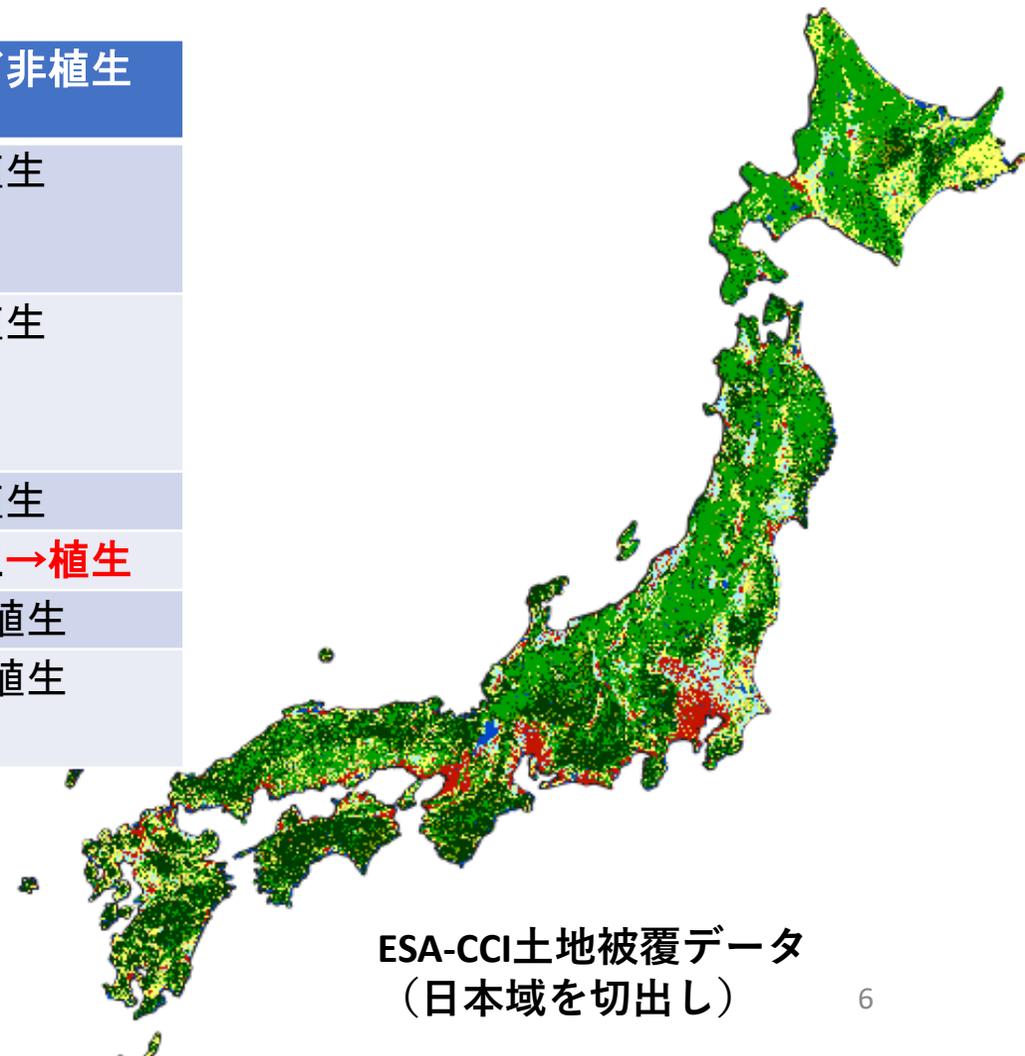
SDG15.4.2 山地植生被覆指数

ESA-CCI土地被覆データ



欧州宇宙機関気候変動イニシャチブ(ESA-CCI)データ(300m分解能)を使用して、ESA-CCI分類(22分類)をIPCC分類に適合させて植生エリアと非植生エリアに識別する。
 前回会議後、FAOが湿地を植生に含めて山地植生被覆指数を算出していることが判明した。

ESA CCI 分類 (データ値)	IPCC 分類	植生／非植生
50, 60, 61, 62, 70, 71, 72, 80, 81, 82, 90, 100	森林	植生
110, 120, 121, 122, 130, 140, 150, 151, 152, 153	草地	植生
10,11, 12, 20, 30, 40	農作地	植生
160, 170, 180	湿地	非植生→植生
190	市街地	非植生
200, 201, 202, 210, 220	その他	非植生



ESA-CCI土地被覆データ
(日本域を切出し)

処理の流れ

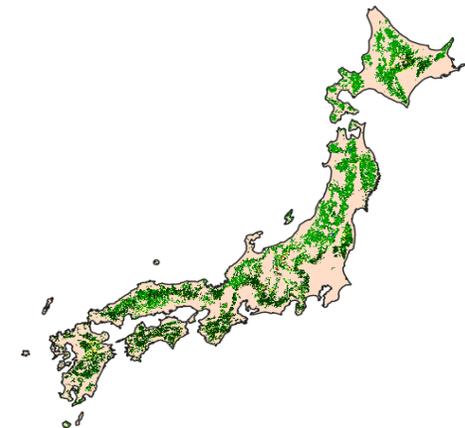
- ① FAO日本行政区分データにより、ESA-CCI(全球)土地被覆分類データから日本域のデータを切り出し
- ② Kapos山地分類データから、QGISラスター計算機により各山地分類(1~6)のマスク画像を作成
- ③ 土地被覆分類データと各山地分類マスクをかけ算し、山地分類(1~6)毎に土地被覆分類データを作成
- ④ ポリゴン変換の後、土地被覆分類毎の面積を算出(QGISのGroupStats機能を使用)
- ⑤ IPCC分類に従い、植生被覆の面積を合計し、山地面積に対する植生被覆面積の割合を算出する。



ESA-CCI土地被覆分類



Kapos山地分類6マスク



山地分類6の土地被覆

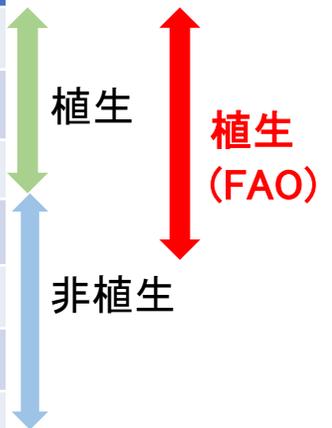
SDG15.4.2 山地植生被覆指数

2015年SDG15.4.2試算結果



Kapos山地分類毎(1-6)の土地被覆割合と山地植生被覆指数(MGCI)の試算結果を以下に示す。
湿地を植生に含めるとFAO推計結果とほぼ一致した。

IPCC分類	Kapos 山地分類					
	1	2	3	4	5	6
森林	0	17.39	57.85	89.28	94.12	90.88
農作地	0	78.26	40.74	8.76	4.74	8.05
草地	0	0	0.79	1.21	0.44	0.11
湿地	0	0	0.3	0.47	0.47	0.08
市街地	0	0	0	0	0.02	0.52
その他	0	4.34	0.3	0.26	0.18	0.34
MGCI	0	95.65	99.38→99.42	99.26→99.73	99.30→99.77	99.05→99.13
MGCI all	99.07→99.23					



(参考)FAOの推計結果

IPCC class	Year 2015 Kapos mountain class					
	1	2	3	4	5	6
Forest	0.00	20.00	58.89	89.37	94.16	91.10
Cropland	0.00	66.67	33.57	6.34	3.01	4.94
Grassland	0.00	0.00	6.95	3.57	2.03	3.01
Wetland	0.00	0.00	0.35	0.40	0.48	0.08
Settlement	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.51
Other land	0.00	13.33	0.24	0.32	0.28	0.36
MGCI	0.00	86.67	99.76	99.68	99.69	99.13
MGCI all	99.23					

SDG15.4.2 山地植生被覆指数

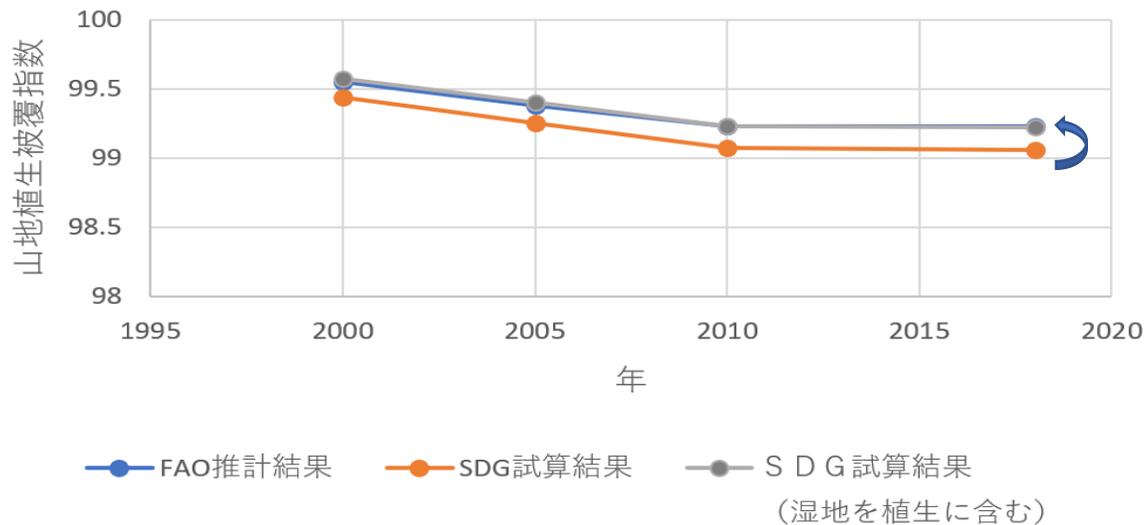
ESA-CCI土地被覆データを用いたSDG15.4.2試算結果



メタデータに従い、Kapos山地分類データ及びESA-CCI土地被覆データを用いてSDG15.4.2を試算した結果（2000、2010、2015および2018年）を以下に示す。FAOの推計結果と同様の結果を得た。さらに湿地を植生に含めるとほぼ一致した。

年	2000年	2010年	2015年	2018年
SDG15.4.2 試算結果	99.44 %	99.25 %	99.07 %	99.06 %
同上(湿地を 植生に含む)	99.57%	99.40%	99.23%	99.22%
(参考) FAO推計結果	99.55 %	99.38 %	99.23 %	99.23 %

日本の山地植生被覆指数のトレンド



SDG15.4.2 山地植生被覆指数

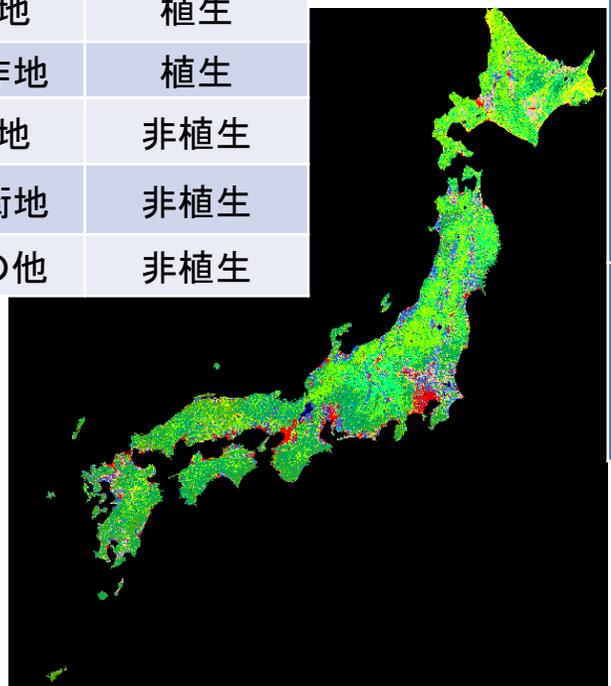


JAXA高解像度土地利用土地被覆データを使用したSDG15.4.2試算結果

メタデータは、各国独自の土地被覆分類データがある場合はその利用を推奨している。
 JAXA高解像度土地利用土地被覆データ(10分類、250m及び100m解像度版(オリジナルは10m/30m分解能)、https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/lulc/lulc_jindex.htm)を使用してSDG15.4.2(2006～2011年、2014～2016年)を試算した。

さらに、50m(2006-2011年)/30m(2014-2016年)解像度版データを使用して試算した。

JAXA分類 (データ値)	IPCC 分類	植生/ 非植生
6, 7, 8, 9	森林	植生
5	草地	植生
3, 4	農作地	植生
該当なし	湿地	非植生
2	市街地	非植生
1, 10	その他	非植生



年	データ 分解能	2006-2011年	2014-2016年
SDG15.4.2 試算結果	250m	98.57 %	98.65 %
	100m	98.37%	98.67%
	50/30m	98.23%	98.61%
(参考) FAO推計 結果	300m	(2010年) 99.38 %	(2015年) 99.23 %

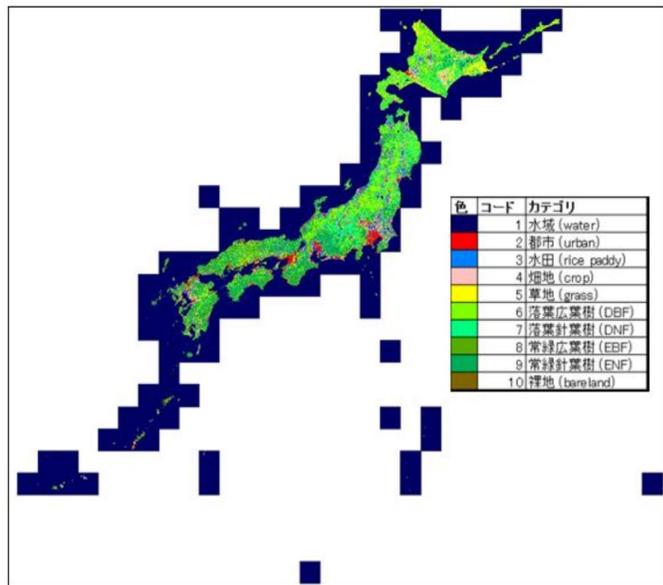
JAXA高解像度土地利用土地被覆図データ
(10分類、250m解像度版、2014-2016年)

SDG15.4.2 山地植生被覆指数 土地被覆分類の精度検証



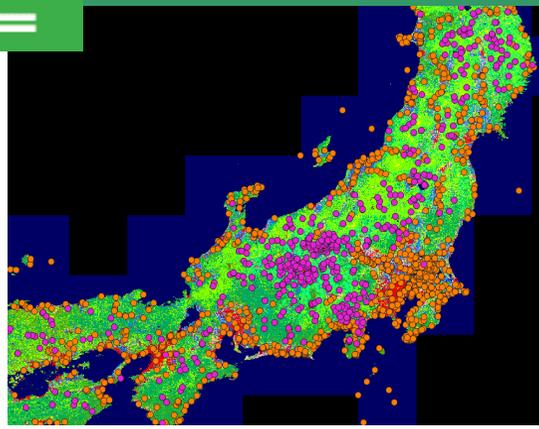
JAXAは、教師情報とは独立の約3,000箇所の検証情報を用いて、高解像度土地利用土地被覆図データ (v18.03, 2014-2016, 30m分解能) の精度検証を行った結果、10カテゴリで全体精度81.6%を得ている。V16.09, 2006-2011, 10m分解能データについては、約1400点箇所の検証情報を用いて、全体精度78.0%。
https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/lulc/lulc_jindex_v1803.htm

表1 コンフュージョンマトリクス (v18.03)



		Validation											User's accuracy (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	
Classified	1	276	1	1	0	0	0	0	1	3	0	282	97.9
	2	3	247	2	7	1	0	0	0	0	35	295	83.7
	3	0	5	284	5	1	1	1	0	0	1	298	95.3
	4	1	3	31	218	26	4	3	1	1	6	294	74.1
	5	0	2	6	14	240	14	0	8	0	5	289	83.0
	6	0	0	0	0	9	236	29	13	11	0	298	79.2
	7	0	0	0	1	4	24	252	4	14	0	299	78.6
	8	0	1	0	1	2	15	7	207	49	0	282	73.4
	9	0	0	0	0	1	6	4	24	264	0	299	88.3
	10	15	43	6	14	23	8	3	6	7	161	286	56.3
TOTAL		295	302	330	260	307	308	299	264	349	208	2,922	---
Producer's accuracy (%)		93.6	81.8	86.1	83.8	78.2	76.6	84.3	78.4	75.6	77.4	---	Overall accuracy: 81.6%

SDG15.4.2 山地植生被覆指数 土地被覆分類の精度検証



今回、山地の検証箇所を抽出して、山地の土地被覆分類のコンフュージョンマトリックスを作成した。

2014-2016年、250m解像度版で全体精度が66.1%、100m解像度版で73.4%を得た。

2014-2016年高解像度土地被覆図データ (ver18.03)の検証箇所
山地の検証箇所 (紫) と非山地の検証箇所 (オレンジ色) を含む

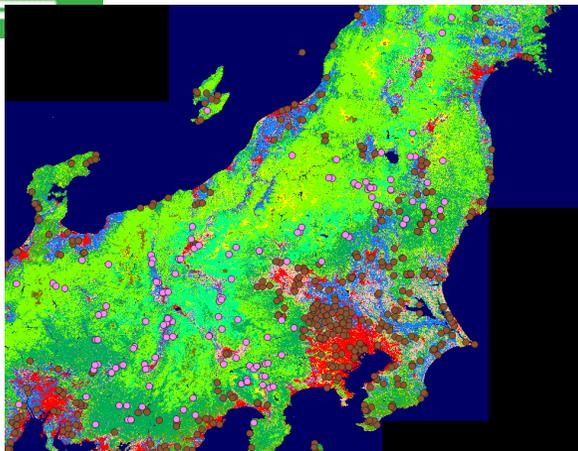
表 2014-2016年、250m土地被覆図データ (山地) のコンフュージョンマトリックス

		Validation										Total	User's accuracy (%)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Classified	1	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	100.0
	2	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	14	50.0
	3	2	2	6	2	1	0	0	0	0	0	2	15	40.0
	4	0	1	2	20	1	1	0	0	1	1	1	27	74.1
	5	0	0	0	5	51	7	6	1	0	0	3	73	69.9
	6	4	0	0	1	12	116	31	5	10	1	1	180	64.4
	7	0	0	1	5	4	37	168	0	6	8	8	229	73.4
	8	0	0	0	1	0	6	1	8	17	0	0	33	24.2
	9	1	0	0	0	3	31	16	17	95	2	2	165	57.6
	10	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	29	33	87.9
Total		36	10	10	34	73	200	222	31	129	53	798		
Producer's accuracy		80.6	70.0	60.0	58.8	69.9	58.0	75.7	25.8	73.6	54.7		66.1	

植生
非植生

実際 (validation)				実際 (validation)			
分類	非植生	植生	合計	分類	非植生	植生	合計
非植生	72	4	76	非植生	0.947368	0.052632	1
植生	27	695	722	植生	0.037396	0.962604	1
合計	99	699	798				

SDG15.4.2 山地植生被覆指数 土地被覆分類の精度検証



2014-2016年及び2006-2011年について、解像度250m、100m及び30m/50mの土地被覆データの分類精度を求めた。解像度が高いほど、高い分類精度が得られた。

2006-2011年高解像度土地被覆図データ (ver16.09)の検証箇所
山地の検証箇所 (紫) と非山地の検証箇所 (茶色) を含む

年	解像度	検証サイト数	10分類精度 (%)	植生・非植生 分類精度 (%)
2014 - 2016	250m	798	66.1	96.12
	100m	798	73.4	98.12
	30m	798	76.9	98.75
2006-2011	250m	299	53.7	90.64
	100m	299	75.3	97.32
	50m	299	79.6	97.65

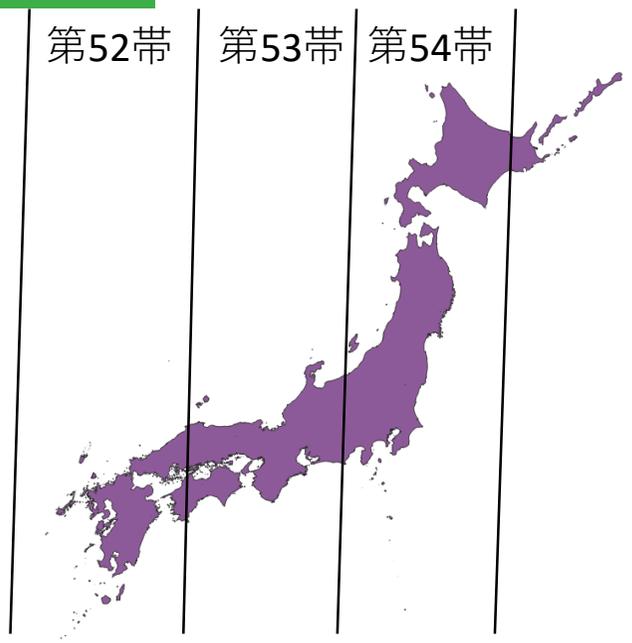
- SDG15.4.2の算出は、使用するデータ(Kapos山地分類データ及び欧州宇宙機関気候変動イニシャチブ(ESA-CCI)土地被覆データ)がメタデータに指定されており、QGISを使用して容易に算出できる。メタデータに基づき試算した結果は、FAO推計結果にほぼ等しい。
その後、FAOは湿地を植生に含めて推計していることが明らかになり、湿地を含めて算出するとFAO推計結果にほぼ一致した。
- JAXAの高分解能土地利用土地被覆データ(オリジナル10m解像度(2006-2011年)/30m解像度(2014-2016年)のデータを250m/100m分解能にリサンプリングしたもの)を使用して算出したところ、同様の結果が得られた。
- 今回、50m解像度版(2006-2011年)及び30mオリジナル解像度版(2014-2016年)を使用して山地植生被覆指数を算出し、同等の結果を得た。
- 教師情報とは独立の検証情報を用いて、2014-2016年及び2006-2011年について、250m、100m及び30m/50m解像度版のコンフュージョンマトリクスを作成した。データの解像度が高いほど土地被覆の分類精度も向上する。

（今後の作業予定）

- 地域を分割してUTM座標を適用することで面積算出の誤差を少なくすることができることが分かった。今後、地域を分割して山地植生被覆指数の再計算を行う。
- Kapos山地分類の局所起伏幅を算出するツールの作成により、Kapos山地分類を高解像度で再現できる見通しが得られた。今後、最適な解像度のKapos山地分類データと土地被覆データを用いて、日本の山地植生被覆指数を算出したい。

(参考) SDG15.4.2 山地植生被覆指数

UTM座標の適用の差異による面積と指数算出への影響



日本周辺におけるUTM座標の適用区域 (概念)

国土数値情報の行政区域 (ポリゴン) データ (世界測地系、令和2年) を使用して、UTM座標系の適用の差異による国土面積算出結果を比較した。UTM第54帯を共通的に適用した場合と、地方毎に異なるUTM座標系を適用した場合で、全国面積で0.5%程度の差異が生じる。

対象	UTM第54帯を共通的に適用した場合の算出面積 (km2)	異なるUTM座標系を適用した場合の算出面積(km2)		面積の変化率
		適用したUTM座標系	面積(km2)	
全国	379325			
北海道	83428	第54帯	83428	1
東北	66900	第54帯	66900	1
関東	32420	第54帯	32420	1
中部	72692	第53帯	72638	0.9993
近畿	27506	第53帯	27332	0.9937
中国	32342	第53帯	31932	0.9873
四国	19016	第53帯	18798	0.9885
九州	43183	第52帯	42228	0.9779
沖縄	1927	第52帯	1834	0.9517
合計	379414	第52帯	377510	0.9950

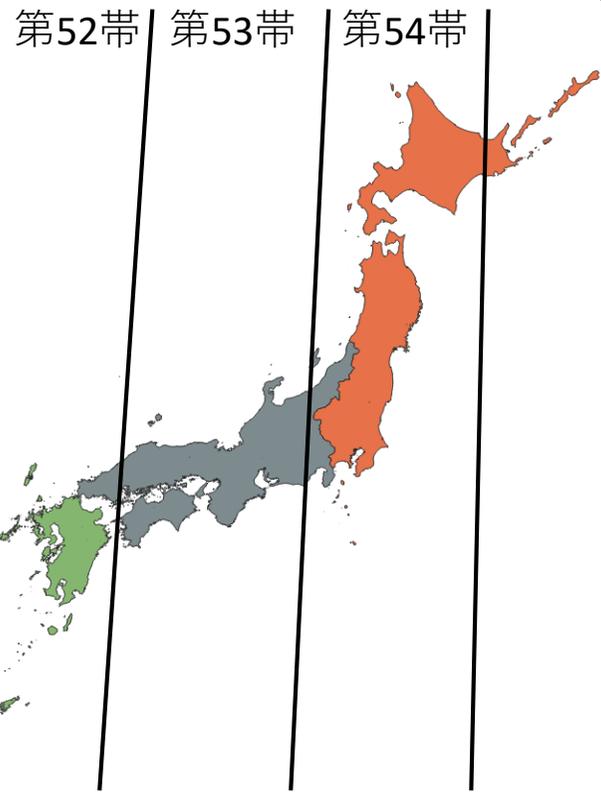


(参考) SDG15.4.2 山地植生被覆指数

UTM座標の適用の差異による面積と指数算出への影響



UTM座標系に沿って、日本を3つの地域に分割して、UTM座標帯の適用の山地及び植生被覆の面積推定と山地植生指数への影響を検討した。山地植生指数の推計において0.02%の差が生じた。



日本周辺におけるUTM座標の適用区域 (概念)

表1 UTM座標第54帯を共通的に適用した場合の面積と山地植生指数

	九州、沖縄	中国、四国、近畿、中部	北海道、東北、関東	
UTM座標帯	第54帯	第54帯	第54帯	合計
山地面積(km2)	15550.41	82336.65	76638.74	174525.80
植生被覆面積	15470.86	80843.30	75821.33	172135.49
山地植生指数	0.9949	0.9819	0.9893	0.9863

表2 UTM座標第52帯、53帯、54帯をそれぞれ適用した場合の面積と山地植生指数

	九州、沖縄	中国、四国、近畿、中部	北海道、東北、関東	
UTM座標系	第52帯	第53帯	第54帯	合計
山地面積(km2)	15550.41	81934.23	76638.74	174123.38
植生被覆面積	15435.49	80443.24	75821.33	171700.06
山地植生指数	0.9926	0.9818	0.9893	0.9861

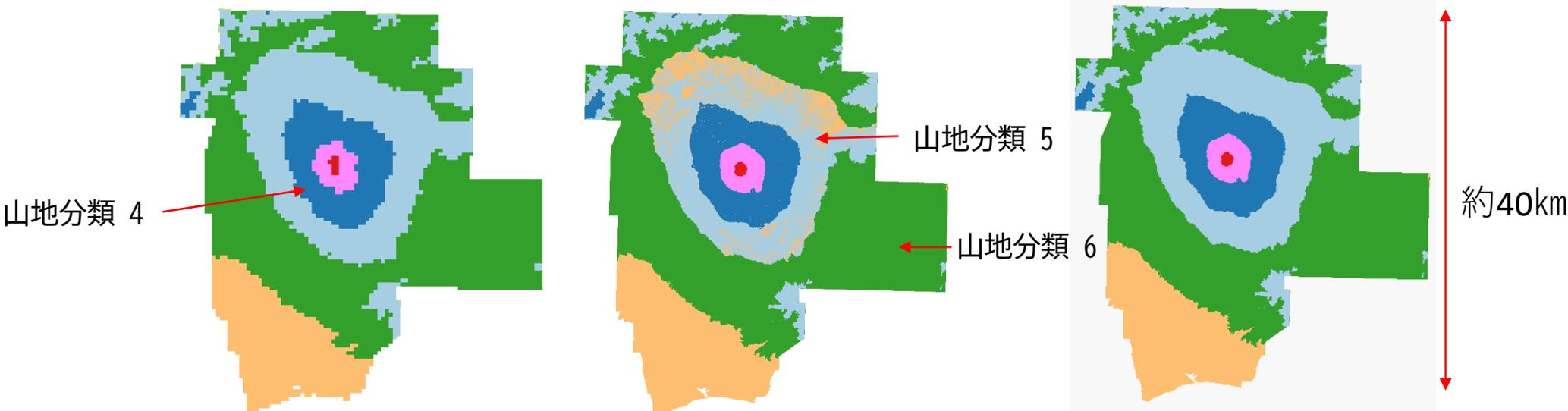
(参考) SDG15.4.2 山地植生被覆指数

国土地理院 標高データ (10m分解能) を用いた山地分類とKapos山地分類との比較



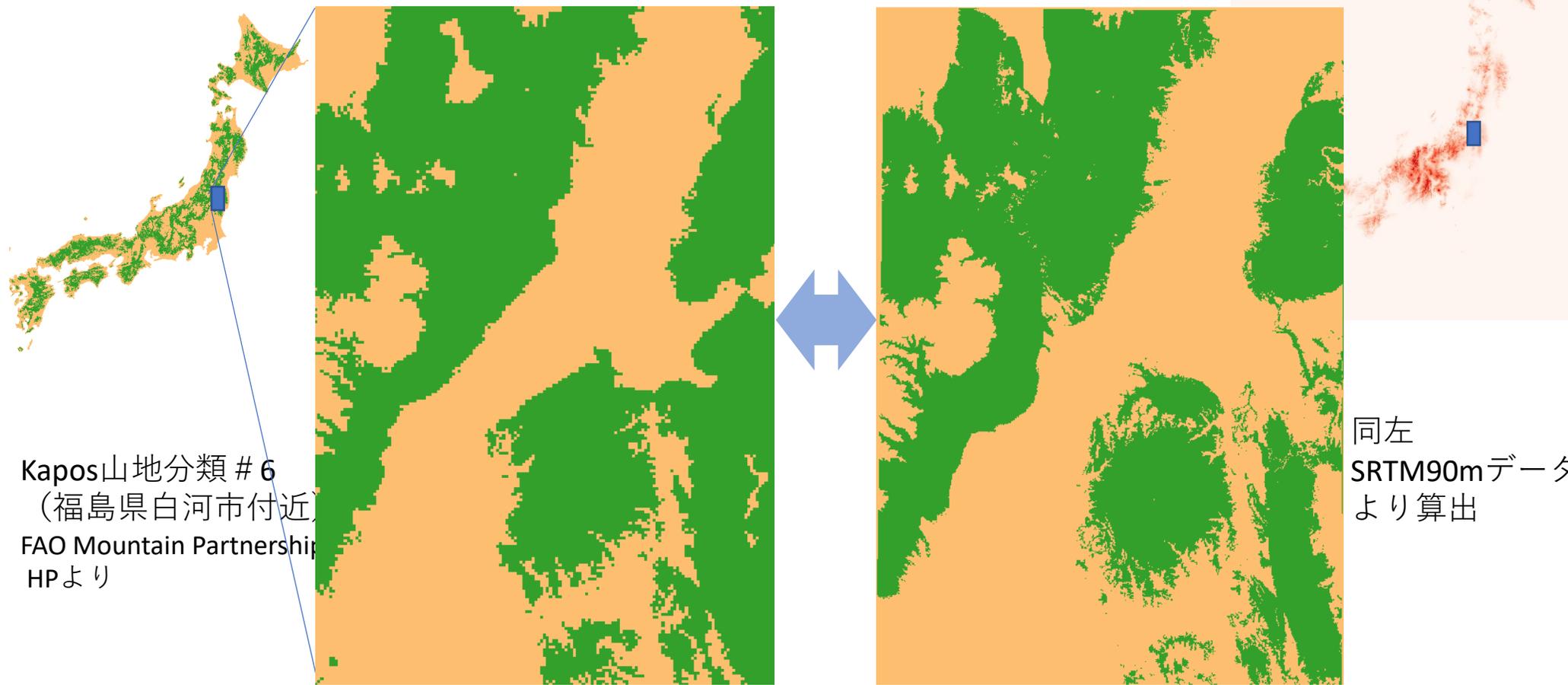
富士山周辺地域について、Kapos山地分類 (左)、Kapos等 (2000) の定義に沿って標高と傾斜の条件で国土地理院標高データ (10m分解能) により分類した結果 (中央)、さらに標高のみの条件で国土地理院標高データにより分類した結果 (右) を示す。

山地分類	Kapos山地分類データ		国土地理院 標高データ10m		同左 (ただし標高のみで分類)	
	面積(km ²)	面積比率(%)	面積	面積比率	面積	面積比率
0	156.43	13.43	232.83	19.99	162.75	13.99
2	1.94	0.17	1.79	0.15	1.79	0.15
3	18.91	1.62	19.85	1.70	19.85	1.71
4	103.40	8.88	101.40	8.71	101.71	8.74
5	332.65	28.56	253.23	21.74	322.05	27.68
6	551.29	47.34	555.52	47.70	555.47	47.74
	1164.62	100.00	1164.62	100.00	1163.61	100.00



富士山周辺地域のKapos山地分類画像 (左) 国土地理院標高データ (標高と傾斜) による山地分類画像 (中央) 同左 (標高データのみで分類)

- 局所起伏幅を算出するツールの作成により、スペースシャトル地形ミッション SRTM90mデータからKapos山地分類を再現できた。(ただし100 x 200km程度)
- Kapos山地分類 # 6 (高度300m - 1000m及び局所起伏幅LER (7km半径において > 300m))



Kapos山地分類 # 6
(福島県白河市付近)
FAO Mountain Partnership
HPより

同左
SRTM90mデータ
より算出

土地被覆データ

	対象域	対象期間	分解能	分類数	使用衛星データ
ESA-CCI 土地被覆 データ	全球	1992 - 2018年 の各年	300m	22	AVHRR, SPOT, PROBA-V, MERIS, Sentinel-3
JAXA高解像 度土地利用 土地被覆図 データ	日本域	2014 - 2016年 (メインは2015年)	30m, 100m, 250m, 500m	10	Landsat-8/OLI, ALOS-2/PALSAR-2
		2006 - 2011年 (メインは2010年)	10m, 50m, 100m, 250m, 500m	10	ALOS/AVNIR-2/PRISM, ALOS-2/PALSAR-2
		2018 - 2020年 (メインは2020年, 整備中)	10m, 50m, 100m, 250m, 500m (予定)	10-12	Sentinel-2, Landsat-8/OLI, ALOS-2/PALSAR-2

標高データ

	対象域	分解能	標高精度	作成方法
国土地理院 基盤地図情報標高 データ	日本域	10m	5m以内	基本測量
ALOS全球数値地表モデル (AW3D30 DSM)	全球	30m	5m以内	ALOS/PRISM
SRTM90m データ	+/-60緯度	90m	約5m	スペースシャトル地形ミッ ション (SRTM)