

# SDG15.4.2 (山地緑地被覆指標：MGCI)の検証作業の報告 (2020年11月末時点)

佐藤彰洋

横浜市立大学大学院データサイエンス研究科

# FAO公開情報より



Mountain Partnership

working together for mountain peoples and environments

FAO公表値：

日本における山地分類比率（2012年）

Definition	Kapos山地分類
• KAPOS 0 = Elevation < 300m;	
• KAPOS 1 = Elevation > 4500m;	
• KAPOS 2 = Elevation 3500m-4500m;	
• KAPOS 3 = Elevation 2500m-3500m;	
• KAPOS 4 = Elevation 1500m-2500m;	
• KAPOS 5 = 1000m-1500m;	
• KAPOS 6 = 300m-1000m	

分類	割合(%)
Kapos 0	54
Kapos 1	0
Kapos 2	0
Kapos 3	0
Kapos 4	2
Kapos 5	6
Kapos 6	38
Kapos 1-6	46

# FAO試算値との比較 (今回分まとめ)

日本におけるKapos山地分類#2(3500m-4500m)は富士山山頂付近のみ。JAXA土地利用土地被覆分類によると45ピクセル(約1.96km<sup>2</sup>)が該当し、そのいずれもが裸地(JAXA土地分類#10)である。そのため、**森林、農地は0%**であり、Kapos山地分類#2のMGCIは**0.0%**とするべき。

Year 2015

Kapos mountain class

IPCC 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			

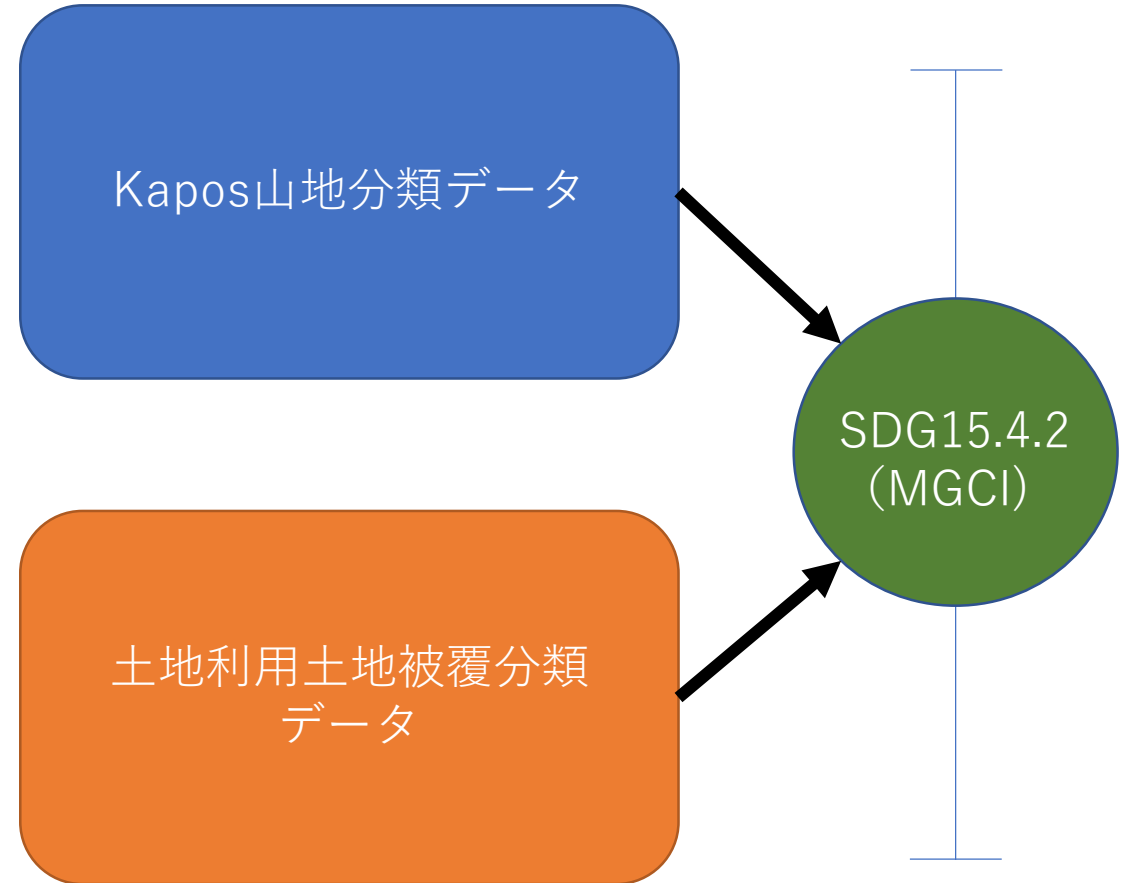
日本におけるKapos山地分類#3(2500m-3500m)は高地山岳地帯であり、裸地の割合が極めて高い。そのため、山地植生被覆指数は**41.34%**と低い。Kapos山地分類#3における**水田や畑地**は極めて少ないため、現状のFAO試算より下方修正が必要である。

# SDG15.4.2

## 利用するデータ

- Kapos山地分類データ
  - FAO
  - USGS
  - デジタル標高データ
- 土地利用土地被覆分類データ
  - Landsat
  - JAXA ALOS
  - Copernicus

計算に利用するデータによりSDG15.4.2推計値にはばらつきが生じる



# 指標算出値の誤差影響の因子

## • データ品質

- 土地分類図の判別誤り→コンフュージョンマトリックスを評価
- 取り扱っているデータの破損→データ転送後に確認（ビッグデータのため破損に気が付きにくいいためパリティチェックなども付ける）

## • 集計誤差

- 標本誤差（データの有限性からくる問題）→標本誤差を見積もる

## • 運用上の問題

- 集計作業操作の誤り、記入の誤り→作業の多重確認

## • ソフトウェア上の問題

- 集計ソフトウェアのアルゴリズム上の誤差→ソフトウェアの理解
- 集計ソフトウェアのバグ→ソフトウェアの検定・試験データによる事前検証
- 集計アルゴリズムの適用理解不足→運用上の問題にも関連（作業者の訓練、研修、練習）

# 指標算出の概念図



データ品質の確認

高品質データの選別  
データ転送時の破損確認

集計ソフトウェアの検証  
集計方法の誤差評価

集計手順の文章化  
集計の再現性確認

集計結果の確認  
他手法との比較

標本誤差  
源データ誤り率からの指標誤差

指標公表のための手続き  
指標公表時の説明文の作成

# Kapos山地分類データ

(FAOメタデータ抜粋)

2) Kapos data is freely available at the below links:

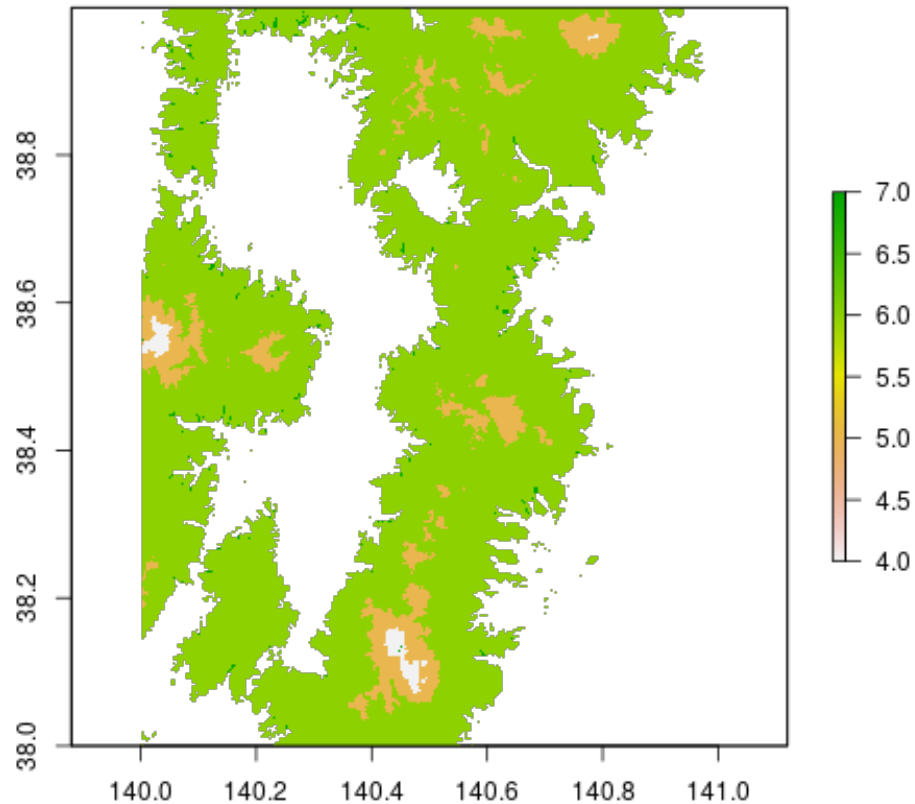
The FAO Mountain Partnership website, find the raster file in the right banner. Access in <http://www.fao.org/mountain-partnership/our-work/focusareas/foodsecurity/en/>.

The USGS Mountain Explorer Kapos classification can be found as GME\_K1classes.zip in: <https://rmgsc.cr.usgs.gov/outgoing/ecosystems/Global/>.

Class	FAO Mountain	USGS K1classデータ
2	1.94	1.73
3	309.67	314.56
4	7431.89	7443.57
5	21970.27	21914.79
6	143248.83	145037.73

# 宮城県周辺

- 緯度経度 (N38 E140)
- N38E140\_250m.tif

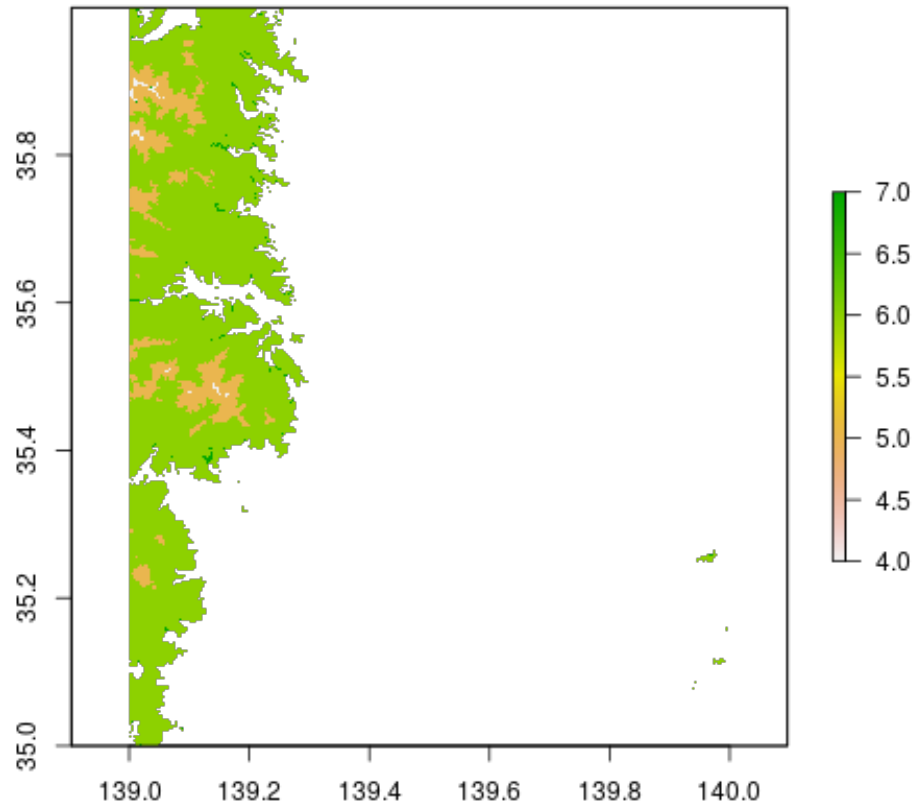


分類	ピクセル数	面積(km <sup>2</sup> )	割合(%)
Kapos 0	605	25.39	
Kapos 1	0	0	
Kapos 2	0	0	
Kapos 3	0	0	
Kapos 4	915	38.55	
Kapos 5	8815	370.56	
Kapos 6	101680	4271.25	
Kapos 1-6	111410	4680.37	



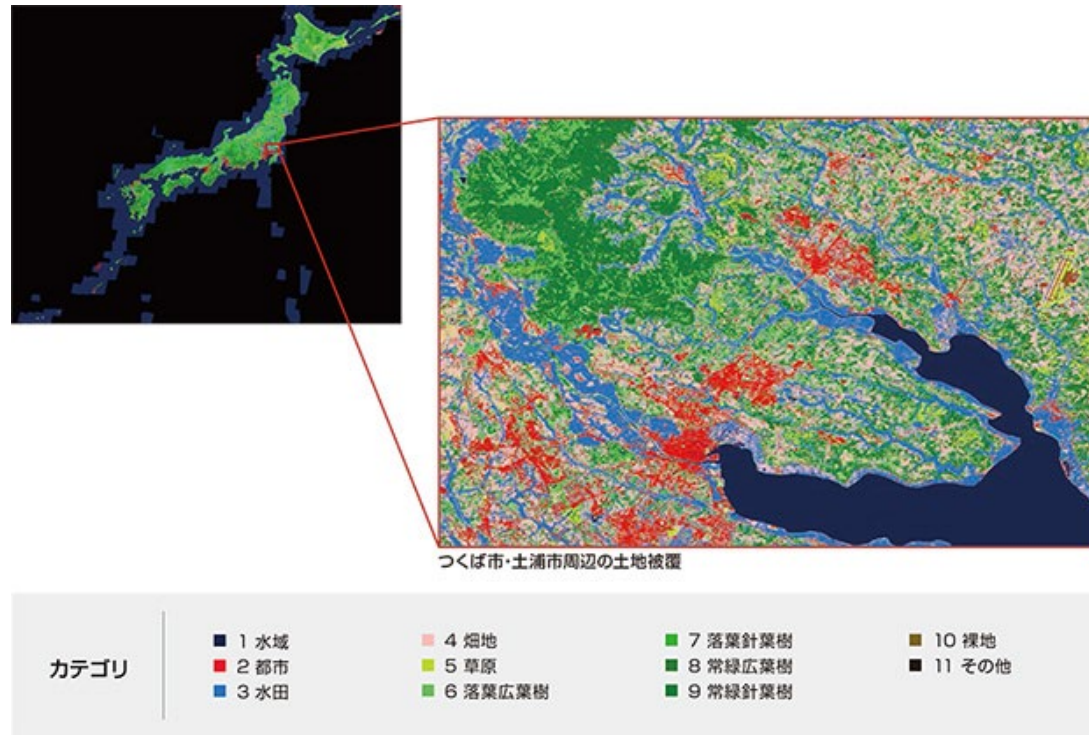
# 神奈川県周辺

- 緯度経度 (N35 E139)
- N35E139\_250m.tif



分類	ピクセル数	面積(km <sup>2</sup> )	割合(%)
Kapos 0	283	12.34	
Kapos 1	0	0	
Kapos 2	0	0	
Kapos 3	0	0	
Kapos 4	155	6.75	
Kapos 5	4591	200.19	
Kapos 6	34277	1495.94	
Kapos 1-6	39023	1702.89	

# JAXA高解像度土地利用土地被覆図



- 最小データは10mメッシュ(0.3秒度×0.3秒度角グリッド)
- 250mグリッドデータ(7.5秒度×7.5秒度角グリッド)
- 水域、都市、水田、畑地、草原、落葉広葉樹、落葉針葉樹、常緑広葉樹、常緑針葉樹、裸地、その他の分類で土地利用・土地被覆分類ラベルがデータ化されている

URL [https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/lulc/lulc\\_jindex.htm](https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/lulc/lulc_jindex.htm)

# 分類ラベル

- #0: 未分類 (Unclassified)
- #1: 水域 (Water)
- #2: 都市 (Urban and built-up)
- #3: 水田 (Rice paddy)
- #4: 畑地 (Crops)
- #5: 草地 (Grassland)
- #6: 落葉広葉樹 (DBF)
- #7: 落葉針葉樹 (DNF)
- #8: 常緑広葉樹 (EBF)
- #9: 常緑針葉樹 (ENF)
- #10: 裸地 (Bare land)
- #11: 雪氷 (Snow and ice)
- #253: その他 (Other)
- #255: データなし (No data)

**評価用データ取得FTPサイト：**

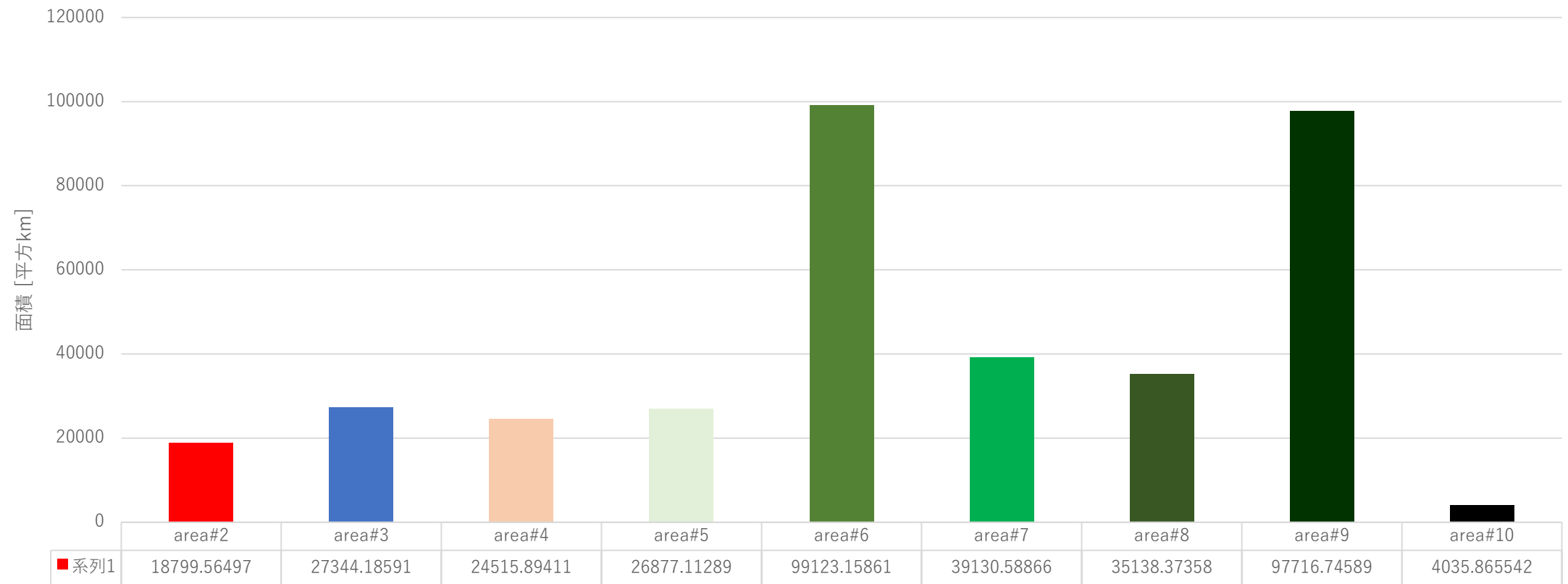
<ftp://ftp.eorc.jaxa.jp/pub/EACH/ps1/common/sdgs>

# 日本全体

- #2: 都市 (Urban and built-up)
- #3: 水田 (Rice paddy)
- #4: 畑地 (Crops)
- #5: 草地 (Grassland)
- #6: 落葉広葉樹 (DBF)

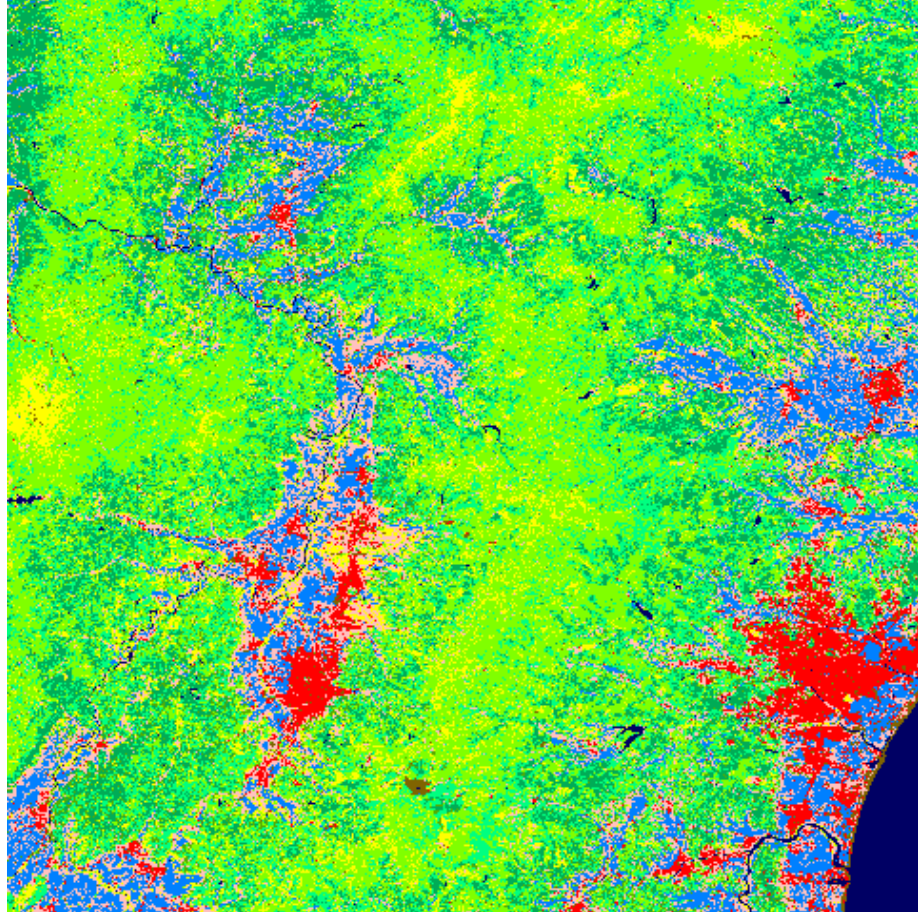
- #7: 落葉針葉樹 (DNF)
- #8: 常緑広葉樹 (EBF)
- #9: 常緑針葉樹 (ENF)
- #10: 裸地 (Bare land)

土地利用土地分類面積



陸域面積 372681.5 平方km

# 宮城県周辺

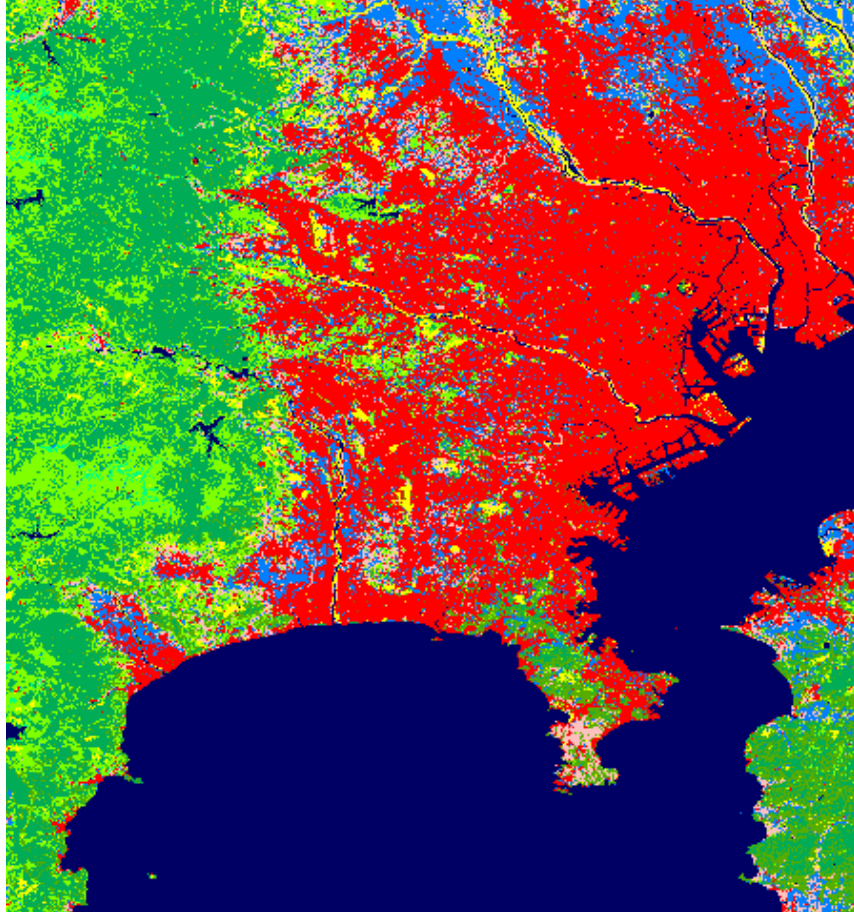


- 緯度経度 (N38 E140)
- LC\_N38E140\_250m.tif

分類	グリッド数	面積 (km <sup>2</sup> )
#1	4451	187.837
#2	9175	386.7153
#3	20627	867.58
#4	21792	916.9372
#5	18587	781.1932
#6	71668	3010.004
#7	44963	1889.013
#8	6337	266.5762
#9	31026	1302.644
#10	1774	74.73248
合計	230400	9683.232



# 神奈川県周辺



- 緯度経度 (N35 E139)
- LC\_N35E139\_250m.tif

分類	グリッド数	面積 (km <sup>2</sup> )
#1	67492	2957.709
#2	61886	2698.811
#3	16986	740.4813
#4	8923	389.2872
#5	5563	242.6237
#6	21548	940.6618
#7	1183	51.56965
#8	9969	436.6348
#9	35146	1534.211
#10	1704	74.28568
合計	230400	10066.28

$$\sigma_i^2 = \hat{g}_i(1 - \hat{g}_i)/N_i$$

# データからの確認

95%信頼区間： $\hat{g}_i \pm 1.96\sigma_i$

99%信頼区間： $\hat{g}_i \pm 2.58\sigma_i$

- ピクセル数を基にMGCIと95%信頼区間を算出

使用データ

- JAXA 2014年-2016年  
土地利用土地被覆7.5秒  
度×7.5秒度(250m)グ  
リッドデータ
- USGS  
GlobalMountainsK1Cl  
asses (k1classes.tif)  
7.5秒度×7.5秒度  
(250m)グリッドデータ

		Kapos1	Kapos2	Kapos3	Kapos4	Kapos5	Kapos6	Kapos0	total
水域	#1	0	0	2	129	1098	15613	1304	18146
都市	#2	0	0	3	116	319	15030	430	15898
水田	#3	0	0	19	354	1529	55270	2391	59563
畑地	#4	0	0	82	698	2675	51677	1198	56330
草地	#5	0	0	886	15567	25782	161184	1584	205003
落葉広葉樹	#6	0	0	264	44217	220335	1181672	10334	1456822
落葉針葉樹	#7	0	0	1109	56596	142864	434766	3826	639161
常緑広葉樹	#8	0	0	424	10400	13561	264794	2669	291848
常緑針葉樹	#9	0	0	185	38794	100391	1248124	10341	1397835
裸地	#10	0	45	4189	5855	3403	10675	189	24356
	Total	0	45	7163	172726	511957	3438805	34266	4164962
	MCGI(%)		0	41.4491135	96.4684	99.05851	98.79848	94.38802	98.59783
	分散		0	9.88296E-05	0.000158	0.000206	2.39E-05	0.000491	1.69E-05
	標準偏差		0	0.009941305	0.012576	0.014336	0.00489	0.022155	0.004109
	95%信頼区間下限		0	41.42962854	96.44375	99.03042	98.78889	94.3446	98.58977
	95%信頼区間上限		0	41.46859846	96.49304	99.08661	98.80806	94.43145	98.60588

# 衛星データによる土地被覆図の作り方

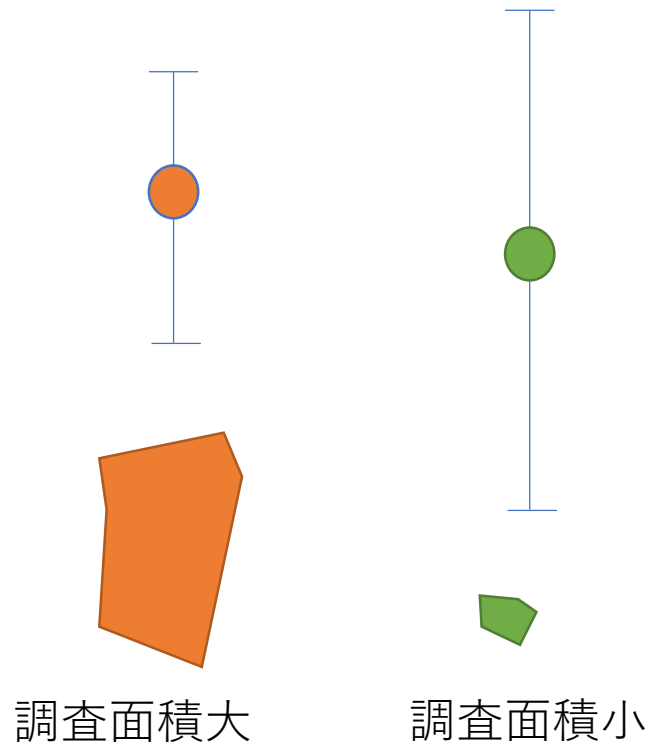
1	2	5
2	9	11
10	9	11

- 雲がある（地上が見えているのは20%～40%程度？）
- 回帰期間は数日～1か月程度
- あるピクセルの土地被覆図を見た場合、回帰期間で数年間で撮影された衛星画像ピクセルの中で雲に覆われていないものを取り出して、土地被覆の分類を決定している
- 土地被覆分類は季節的に混在している（冬季と夏季で植生が大きく変化する場所では分類に大きな変動が存在している可能性がある）
- 現状は土地被覆分類を決定した季節に関する情報は存在していないため土地被覆分類のゆれが定量的に評価できていない



# 点推定・区間推定

- 統計的に母比率を標本比率から推計する場合には標本比率を求める「点推定」と標本数に依存する信頼区間（95%信頼区間など）を推定する「区間推定」とがある



- 現状のFAOが公表するSDG15.4.2 (MGCI)では点推定のみが扱われており、標本数に応じた信頼区間（区間推定値）は公表値に含まれていない
- 衛星データは主としてラスターデータであり、ラスターデータはほぼ空間一様に空間特徴量を取り出しているものであるため、分類面積の大小により標本数に偏りが生じている
- 面積の小さな分類区分では標本数が極めて少なく信頼区間幅は大きくなる

# 山地植生被覆指数の推定方法

山地分類*i*領域内の観測点*t*で植生グリッドなら $X_i(t)=1$ 非植生グリッドなら $X_i(t)=0$ とする。山地分類*i*に分類されるグリッド総数 $N_i$ とする。

$$\hat{g}_i = \frac{\sum_{t=1}^{N_i} X_i(t)}{N_i}$$

は推定すべき、真の山地植生被覆指数(MGCI)の値である母比率 $p_i$ の標本比率である。 $R(a|b)$ を実際(validated)は $b=\{\text{植生}, \text{非植生}\}$ であるが、データ分類(classified)上は $a=\{\text{植生}, \text{非植生}\}$ である条件付き確率として定義する。

いま、 $X_i(t)$ を確率変数とすると、

$$X_i = \begin{cases} 1 & \text{w.p. } R(1|1)p_i + R(1|0)(1 - p_i) \\ 0 & \text{w.p. } R(0|0)(1 - p_i) + R(0|1)p_i \end{cases}$$

となる。

# 山地植生被覆指数推定値の誤差評価

$$Z_i = \sum_{t=1}^{N_i} X_i(t)$$

とすると、 $Z_i$ は二項分布 $B(N_i, R(1|1)p_i + R(1|0)(1 - p_i))$ に従う。

更に、 $N_i$ が十分大きいと、 $Z_i$ は

平均: $N_i(R(1|1)p_i + R(1|0)(1 - p_i))$ 、

分散: $N_i(R(1|1)p_i + R(1|0)(1 - p_i))(R(0|0)(1 - p_i) + R(0|1)p_i)$

の正規分布により近似できる。よって、山地植生被覆指数推定値

$$\hat{g}_i = \frac{\sum_{t=1}^{N_i} X_i(t)}{N_i}$$

とすると、 $\hat{g}_i$ は

平均: $R(1|1)p_i + R(1|0)(1 - p_i)$ 、

分散: $(R(1|1)p_i + R(1|0)(1 - p_i))(R(0|0)(1 - p_i) + R(0|1)p_i)/N_i$

の正規分布で近似できる。

# 国土地理院国土基盤情報

- <https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>

The screenshot shows the GSI DEM download service interface. The main navigation bar includes '基盤地図情報' (Base Map Information) and 'ダウンロードサービス' (Download Service). The search bar contains the example text: '例：劔岳 / 金沢市木ノ新保町 / 35度0分0秒 135度0分0秒 / 35.00 135.00 / 54SUE83694920'. The left sidebar has two tabs: '基本項目' (Basic Items) and 'DEM'. Under 'DEM', there are sections for '検索条件指定' (Search Condition Specification) and '選択方法指定' (Selection Method Specification). The '検索条件指定' section has radio buttons for '5mメッシュ' (selected) and '10mメッシュ', and checkboxes for '5A (航空レーザ測量)', '5B (写真測量)', '5C (写真測量)', '10A (火山基本図の等高線)', and '10B (地形図の等高線)'. The '選択方法指定' section has radio buttons for '地図上で選択' (selected), '都道府県または市区町村で選択' (selected), and 'メッシュ番号で選択'. A blue button '選択リストに追加' (Add to Selection List) is present. The '選択リスト' (Selection List) section is currently empty. The main map area shows a grid of elevation data points with a large 'あ' character overlaid. A small dialog box '地図から選択' (Select from Map) is open, showing 'メッシュ選択' (selected) and '包含選択' (Deselect). The bottom right corner has the GSI logo and '国土地理院'.

# 富士山山頂の3500m以上のデータ

基盤地図情報 ダウンロードサービス

ログアウト 戻る 基盤地図情報サイト 地理院ホーム

例： 劔岳 / 金沢市木ノ新保町 / 35度0分0秒 135度0分0秒 / 35.00 135.00 / 54SUE83694920

基本項目 DEM

検索条件指定

- 5mメッシュ  5A (航空レーザ測量)  5B (写真測量)  5C (写真測量)
- 10mメッシュ  10A (火山基本図の等高線)  10B (地形図の等高線)

選択方法指定

- 地図上で選択
- 都道府県または市区町村で選択▼
- メッシュ番号で選択▼

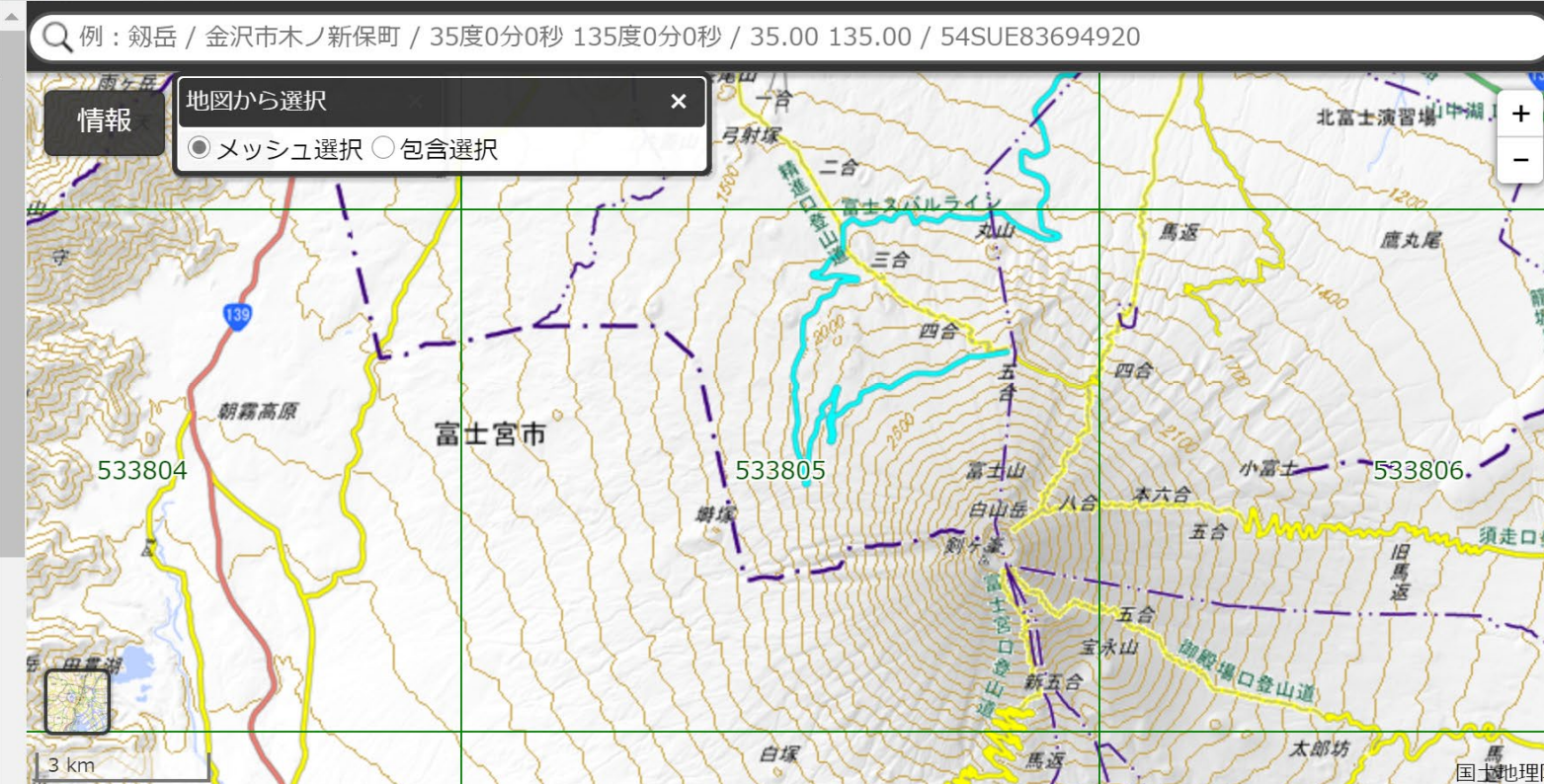
選択リストに追加

選択リスト

地図上の2次メッシュをクリックするか、「選択リストに追加」ボタンをクリックするとリストに追加されます

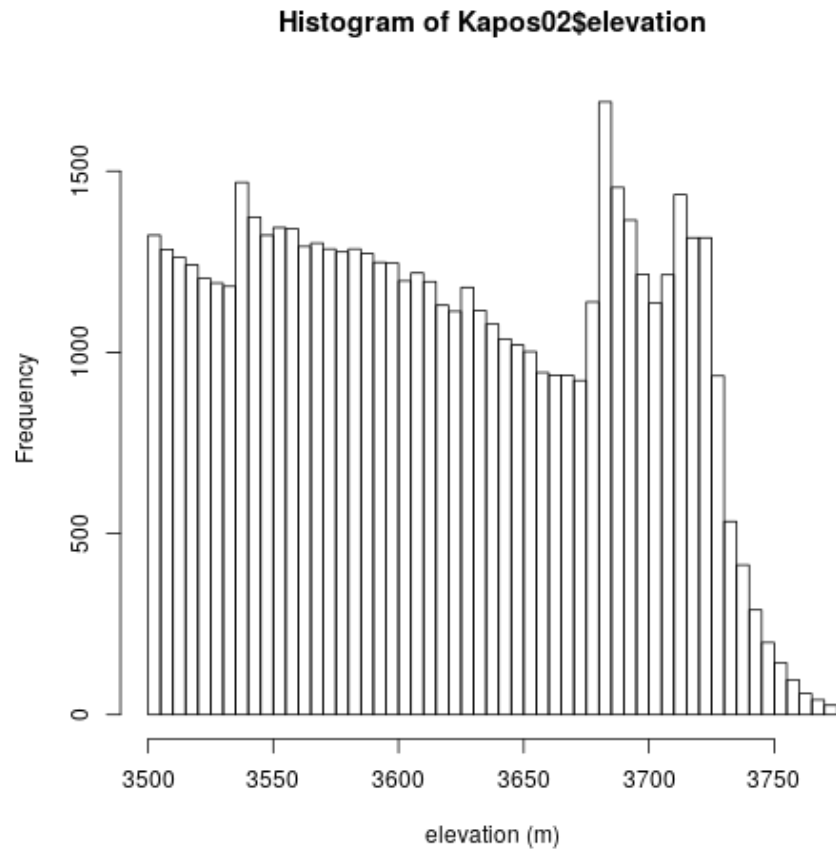
地図から選択

- メッシュ選択  包含選択

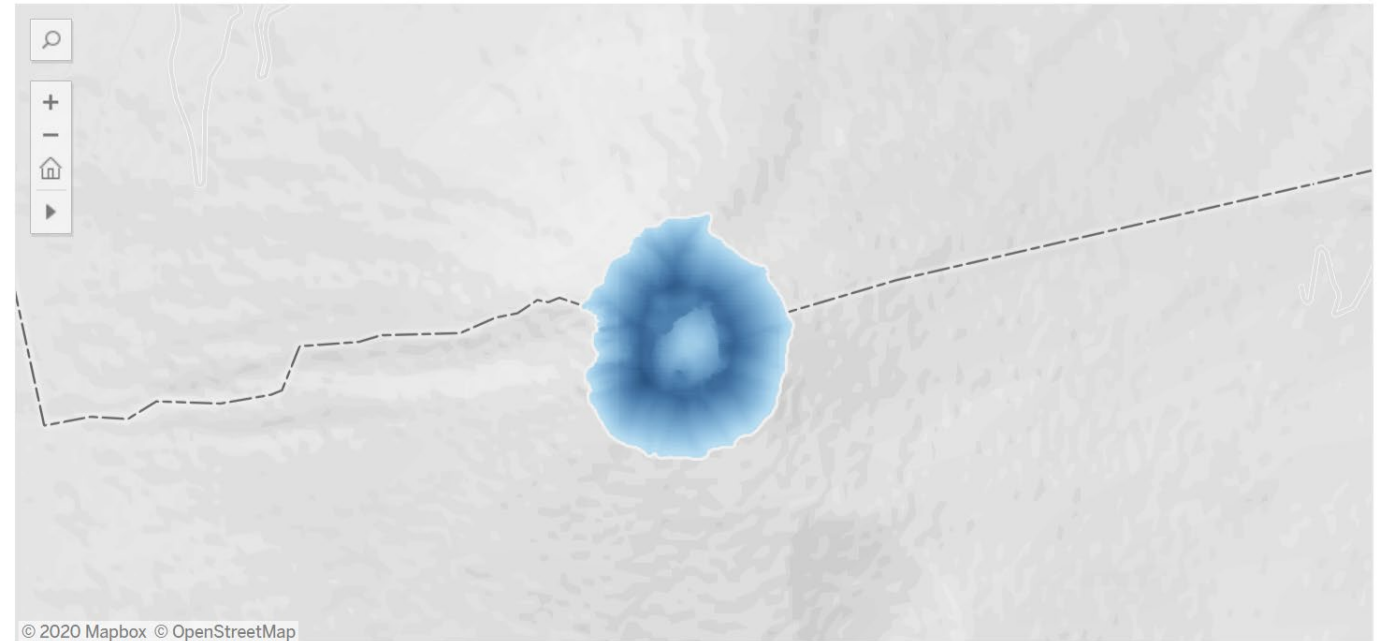


日本国内で3500m以上の場所は富士山山頂付近のみ

# 富士山山頂の3500m以上標高データ 0.2秒度角標高データ（基盤地図情報5A）



日本の山地分類Kapos2の領域



57245グリッド (0.2秒度×0.2秒度)  
面積：1.781510km<sup>2</sup>





山頂付近  
(2011年8月27日撮影)

# 季節性変動

例：富士山山頂（日本における唯一のKapos#2）では冬場は凍結しておりMGCIはほぼ0であるが、夏場は植被率数%、コケ類10%程度が生じる（MGCIは数%程度？）

環境省自然環境局提供資料より抜粋

- 季節により植生に変化が生じる（#2,#3は高山地帯のため特に変動幅大きいと予想）
- 指標計算には季節性変動の最大値と最小値の両方が必要では？



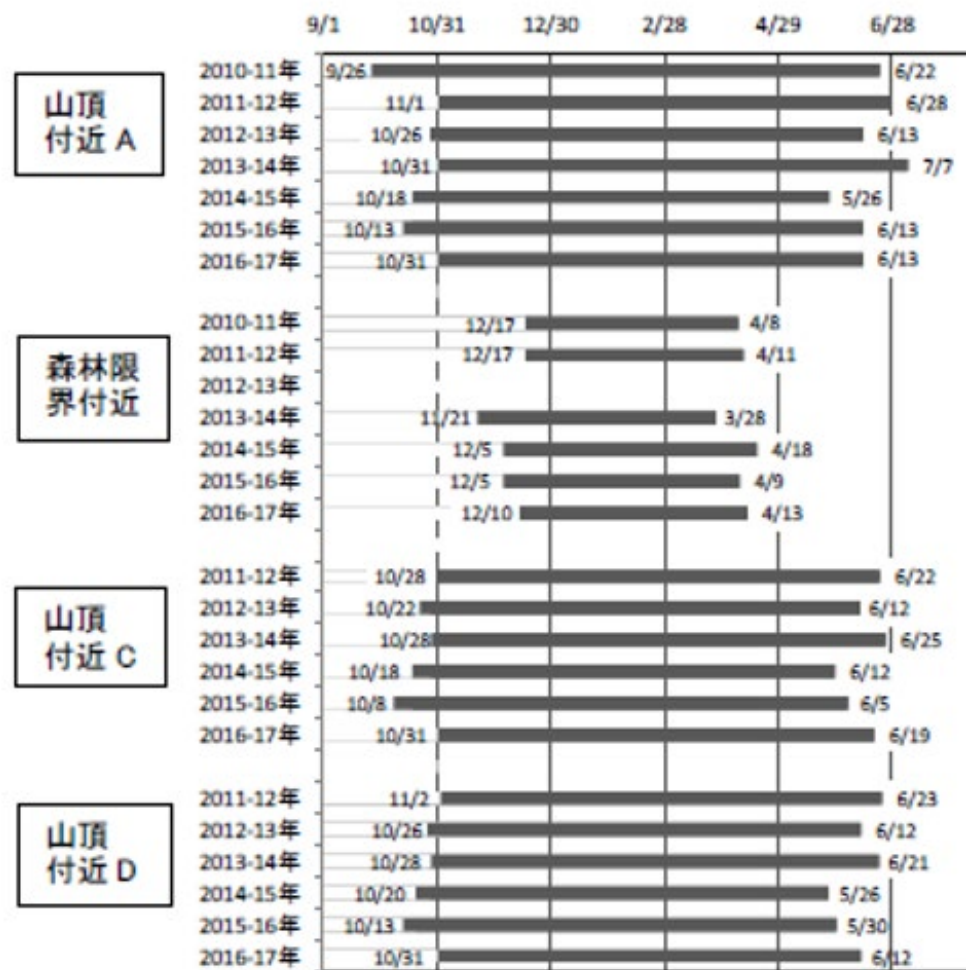
最小値

富士山山頂付近におけるMGCIの想像図

# 富士山の植生状況

環境省提供資料より

山頂付近のプロットA、C、Dの2回目の調査の総出現種数は、それぞれ1種、2種、3種、サブコドラート当たりの平均出現種数は0.4種、0.6種、0.7種、植被率は1.5%、1.9%、1.2%と低いのに対し、岩石・砂礫率は96.9%、82.4%、85.2%と高く、その他に蘚苔類が1.6%、15.8%、12.5%みられた。森林限界付近では総出現種数は9種、サブコドラート当たりの平均出現種数は5.9種、植被率は30.9%、岩石・砂礫率は69.1%で、山頂よりは植物が多かった(表II-6-1)。





# 富士山山頂の植生状況をなぜ把握する必要があるのか？

[https://sdhc.fao.org/artifactory/fao-sdg-releases/15.4.2/15.4.2%20FAO%202020%20data%20\\_3rd%20window.xlsx](https://sdhc.fao.org/artifactory/fao-sdg-releases/15.4.2/15.4.2%20FAO%202020%20data%20_3rd%20window.xlsx)

## 問題点

FAOが公表する日本における15.4.2 試算のうちKapos#2 (3500m以上～富士山山頂付近) におけるMGCI公表値が

- 86.6667%(2018)
- 86.6667%(2015)
- 86.6667%(2000)

となっている。修正を定量的根拠に基づきFAOへ依頼必要と思われる。

Indicator	SeriesID	SeriesDescription	GeoAreaCode	GeoAreaName	TimePeriod	Value	Time_Detail	Source	FootNote	Nature	Units	Reporting Type	SeriesCode	ELEVATION	LANDTYPE	CL_CODE	NATURE	CL_OBS_STATUS
15.4.2	1548	Mountain Green Cover Index	392	Japan	2018	86.66667	2018	Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO)	data are based on the estimation by FAO and not associated with Japanese official statistics.	E	PERCENT	R	ER_MTN_GRNCVI	2	MGCI	G	A	
15.4.2	1548	Mountain Green Cover Index	392	Japan	2015	86.66667	2015	Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO)	data are based on the estimation by FAO and not associated with Japanese official statistics.	E	PERCENT	R	ER_MTN_GRNCVI	2	MGCI	G	A	
15.4.2	1548	Mountain Green Cover Index	392	Japan	2010	86.66667	2010	Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO)	data are based on the estimation by FAO and not associated with Japanese official statistics.	E	PERCENT	R	ER_MTN_GRNCVI	2	MGCI	G	A	
15.4.2	1548	Mountain Green Cover Index	392	Japan	2000	86.66667	2000	Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO)	data are based on the estimation by FAO and not associated with Japanese official statistics.	E	PERCENT	R	ER_MTN_GRNCVI	2	MGCI	G	A	

※Kapos#3(3500m～2500m) についても同様

# SDG15.4.2公表値の問題点

- 季節性および標本比率からの母比率推計、源データの信頼性の差異や定義の差異などから推計される指標を点推定でのみ公表している現状
- SDG15.4.2の誤差がどの程度含まれているかについて明確になっていないままに、実際にデータを政策や意思決定に利用しようとした場合にリスクが存在する

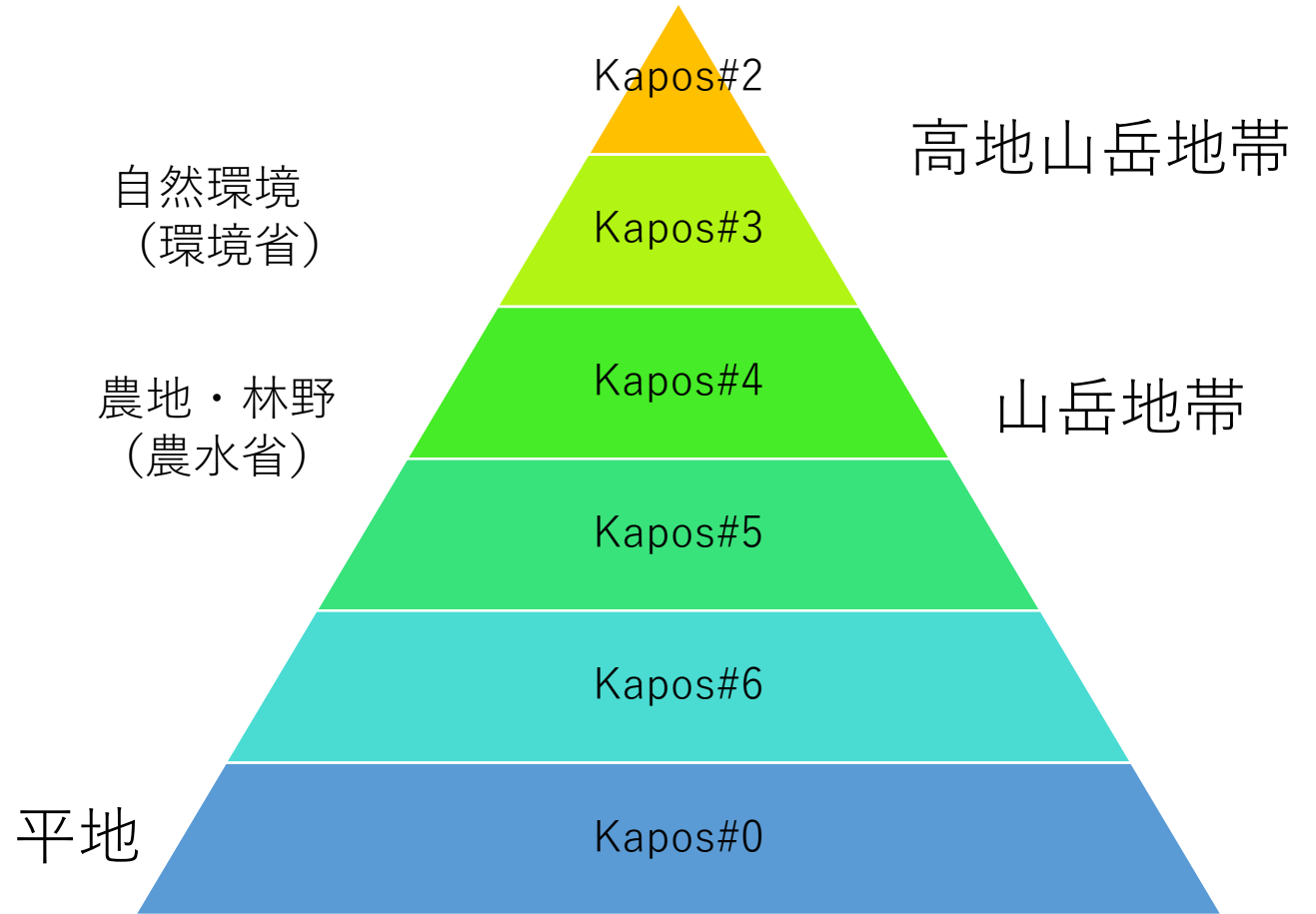


# FAOへの依頼事項（案）の整理

- MGCI (Kapos#2, Kapos#3) について我が国におけるFAO公表値が過大評価とみられることを示す
- $MGCI(Kapos\#2)=0.0\sim 0.1$ 程度、 $MGCI(Kapos\#3)=0.4\sim 0.6$ 程度
- 我が国の根拠を示し、MGCI(Kapos#2, Kapos#3)公表値の修正を希望する
- MGCI(Kapos#2, Kapos#3)2000年、2010年、2015年、2018年（我が国値）を算出し修正を希望する
- MGCI公表値の季節変動幅の存在について指摘するとともに、標本数に基づく推計における信頼区間の公表についても検討を求める

# 今後の方針

- Kapos#2、Kapos#3:面積小さいところ、標本数が少ないため、揺らぎは比較的大きい(確認作業は少ない)・・・今回確認すめた
- Kapos#4～Kapos#6:面積大きいところ、標本数は多い、揺らぎは小さい(確認作業は多い、関係省庁も多い)
- 日本国内のデータ信頼性と差を高める努力(誤差を評価、複数のデータの評価の突合せ)



# 2020年12月以降の行動方針

- MGCI(Kapos#2, Kapos#3)を2000年、2010年、2015年、2018年について算出する
- その他の山地分類（Kapos#4～Kapos#6）のMGCIについても公表値（根拠として用いたデータ）に問題があるかを検証を続ける（引き続き突合せによる検証作業が必要）
- 関係省庁（環境省、農水省）に存在するデータの収集、比較を行うことにより日本のデータを使ったSDG15.4.2指標の計算値に対する信頼性と信憑性を高める努力が必要