

第 12 章 分光分布と統計量 - MODIS - ArcMAP

東京情報大学では、テラ衛星(Terra)とアクア衛星(Aqua)に搭載された MODIS(中解像度画像放射計：モディス)の観測データを直接受信し、各種の地球物理量を抽出し、研究に利用するとともに、成果物を提供してきた。表 1 は、MODIS の観測波長と主な利用目的を示す。TM, ETM+と比較すると、陸域の観測波長帯域に加え、海洋の観測波長帯域が増え、合計で 36 バンドとなった。その一方で、空間解像度が 1km, 観測幅が 2000km と、空間を捉える仕様が大きく異なる。

MODIS は、表 1 に示すように、多波長の多目的のセンサーであるとともに、バンド 1 と 2 は 250m, 3 から 7 は 500m, 8 から 36 は 1000m の空間分解能と、空間分解能からも多目的センサーであることがわかる。TM, ETM+の空間分解能の 30m, 15m と比較すると、明らかに目的の異なるセンサーであることがわかる。東京情報大学において受信する MODIS により提供されるラスタ画像は、日本全域から東アジア域をカバーする。

表 1 MODIS のバンドと波長及び空間分解能

バンド	バンド波長	空間分解能	バンド	バンド波長	空間分解能
陸域, 雲, エロゾルなど高分解能観測			地表, 雲の温度		
1	620- 670 nm	250 m	20	3. 660-3. 840 μ m	1000 m
2	841- 876 nm	250 m	21	3. 929-3. 989 μ m	1000 m
陸域, 雲, エロゾル特性			22	3. 929-3. 989 μ m	1000 m
3	459- 479 nm	500 m	23	4. 020-4. 080 μ m	1000 m
4	545- 565 nm	500 m	大気温度		
5	1230-1250 nm	500 m	24	4. 433-4. 498 μ m	1000 m
6	1628-1652 nm	500 m	25	4. 482-4. 549 μ m	1000 m
7	2105-2155 nm	500 m	巻雲, 水蒸気		
海色, 植物プランクトン, 生化学			26	1. 360-1. 390 μ m	1000 m
8	405- 420 nm	1000 m	27	6. 535-6. 895 μ m	1000 m
9	438- 448 nm	1000 m	28	7. 175-7. 475 μ m	1000 m
10	483- 493 nm	1000 m	雲特性		
11	526- 536 nm	1000 m	29	8. 400-8. 700 μ m	1000 m
12	546- 556 nm	1000 m	オゾン		
13	662- 672 nm	1000 m	30	9. 580-9. 880 μ m	1000 m
14	673-683 nm	1000 m	地表, 雲温度		
15	743- 753 nm	1000 m	31	10. 780-11. 280 μ m	1000 m
16	862- 877 nm	1000 m	32	11. 770-12. 270 μ m	1000 m
大気水蒸気			雲頂高度		
17	890-920 nm	1000 m	33	13. 185-13. 485 μ m	1000 m
18	931- 941 nm	1000 m	34	13. 485-13. 785 μ m	1000 m
19	915-965 nm	1000 m	35	13. 785-14. 085 μ m	1000 m
			36	14. 085-14. 385 μ m	1000 m

(1) 目標

① 分光分布を知る。

5月の観測データをもとに、成長段階の異なる植生、都市部、水域の分光分布を知る。ここでは、田植え直後の水田、平地から高地までの植生、都市域、水域をサンプリングし、分光強度を知る。

② バンドの統計量を知る。

各サンプル領域の各バンドごとの分光強度を求め、グラフとし可視化する。

(2) 準備

① 衛星観測データをフォルダ単位でコピーする。ここでは、MODIS センサーの劣化の少ない 2011 年 5 月 21 日(ユリウス日で 141 日)に観測され、大気補正済みの CREFL(Corrected Reflectance)データ MODIScrefl11141.zip を、D:ドライブの¥TEMP フォルダへコピーし、解凍する。

② 行政界のポリゴンシェープファイルをフォルダ単位でコピーする。全国の市町村の行政界のポリゴンのシェープファイル GMJ-ESRI.zip を、D:ドライブの¥TEMP フォルダへコピーする。

(3) 作業

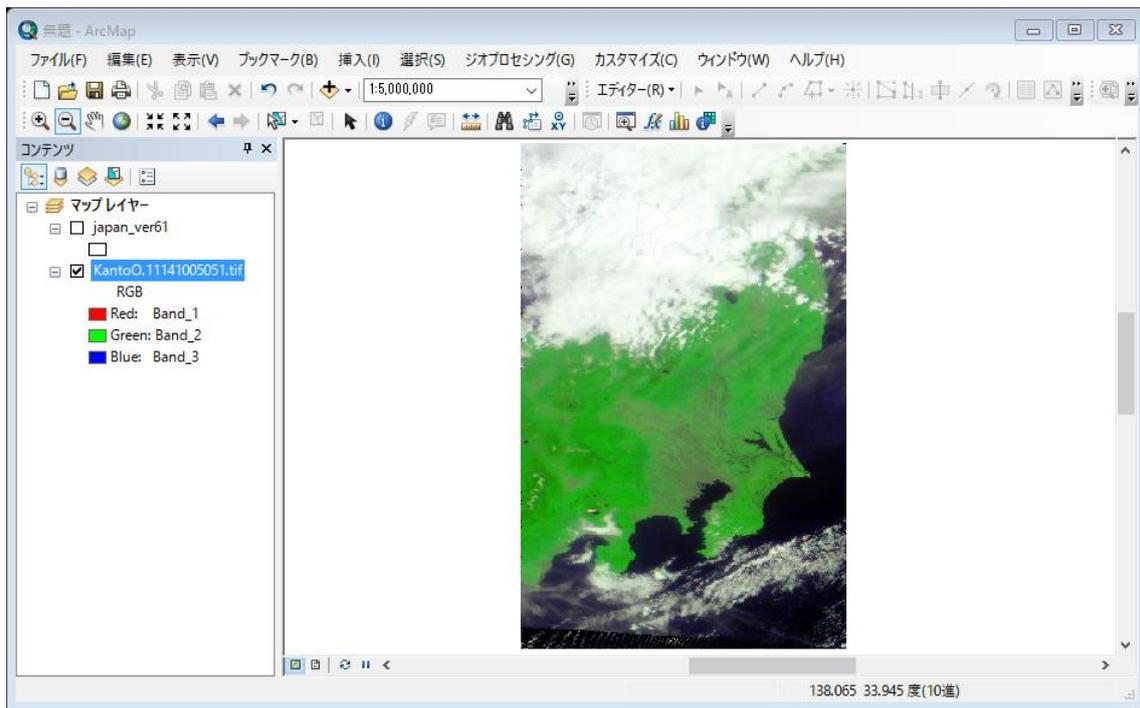
① ArcMAP の立ち上げ

全てのプログラムの ArcGIS から、ArcMAP を立ち上げる。

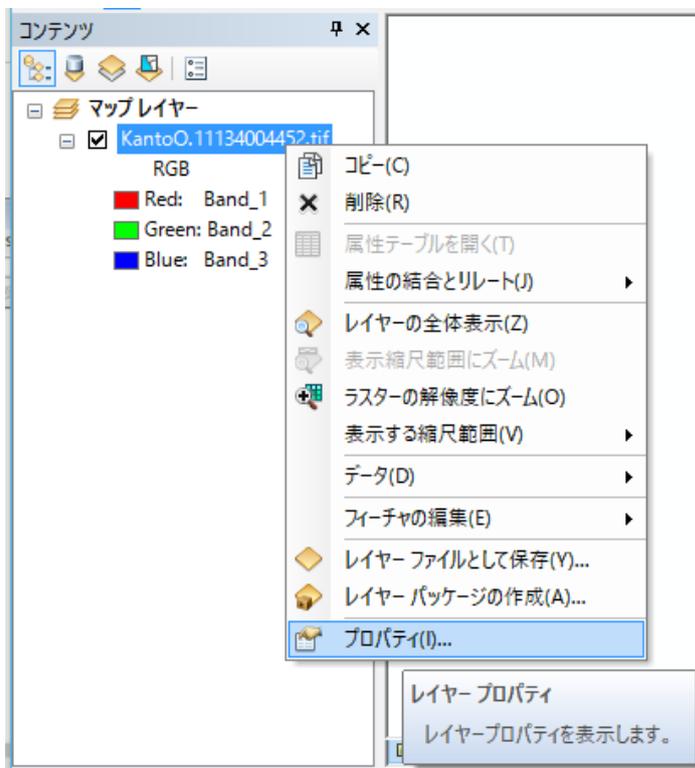
② MODIS データの追加

D:ドライブの ¥TEMP フォルダの ¥MODIScrefl11141 フォルダの「KantoO.11141005051.tif」データを追加する。これは、2011年のユリウス日で 141日(5月21日)の 00時50分51秒 GMT に観測されたデータである。

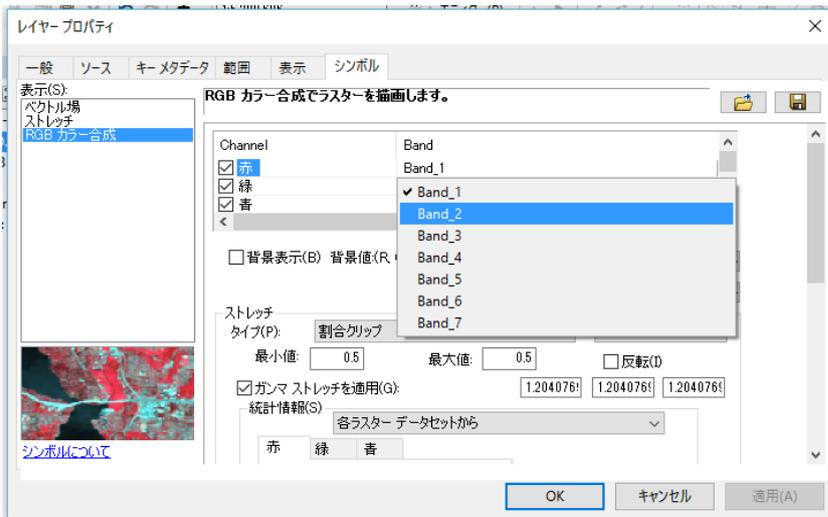
- ・ データの追加
- ・ ファイルの選択
- ・ ピラミッド構築→はい



③ MODIS データのバンド組み合わせ変更

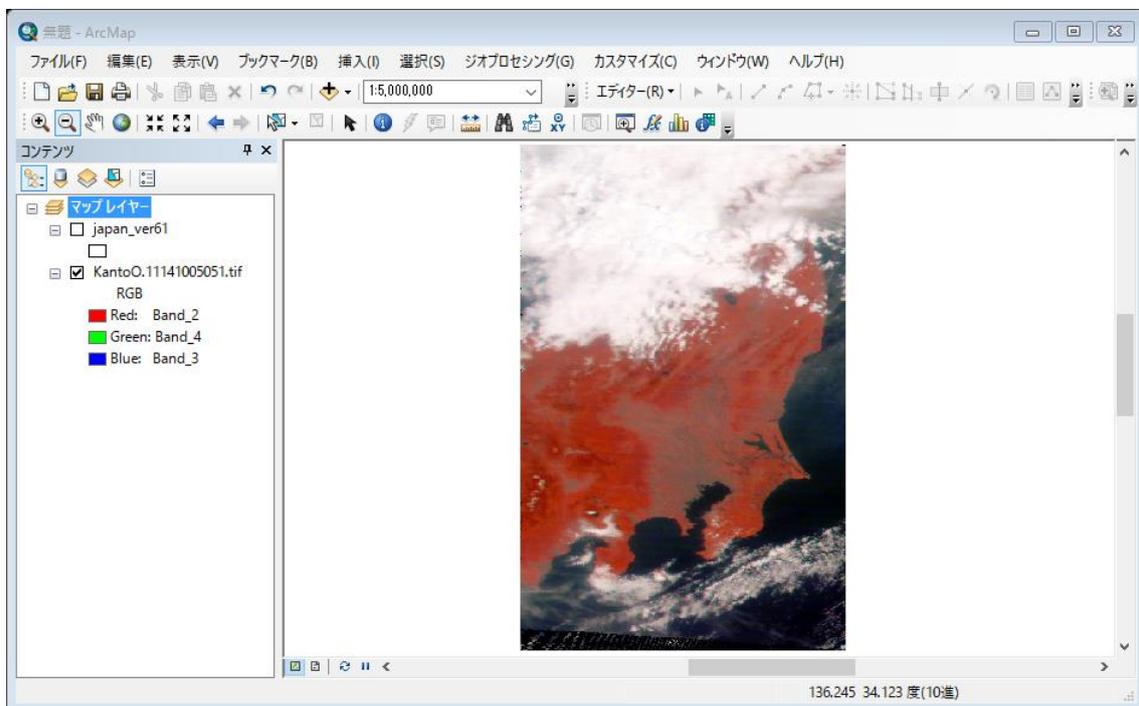
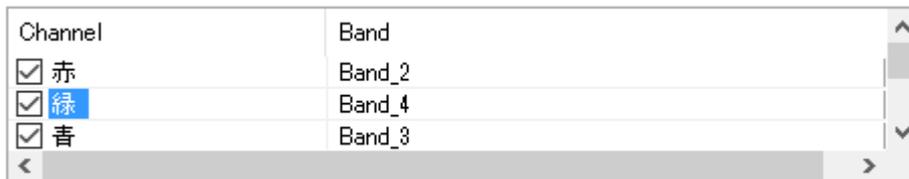


MODIS データのレイヤーを右クリックし、プロパティを選択する。



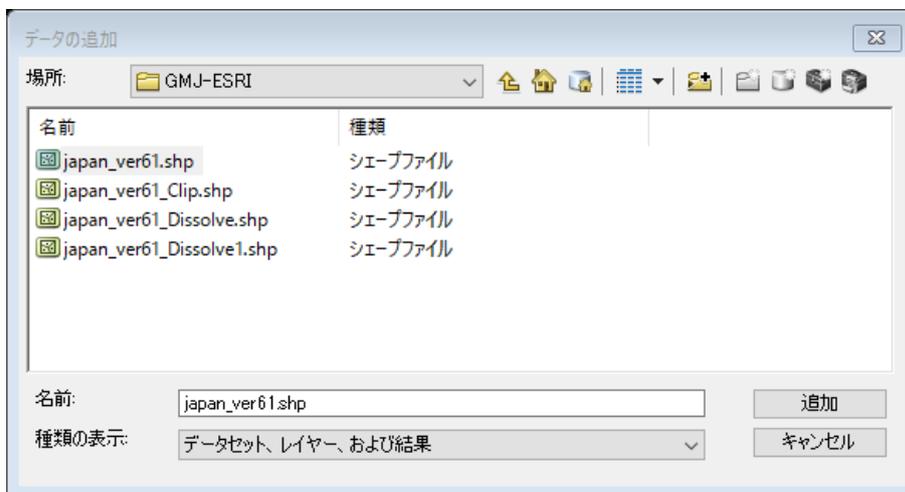
再現色の赤の Band1 は、MODIS の Band1 である赤 (R) の波長が割り振られているので、Band_1 を左クリックし、植生を強調するため Band2 の近赤外(NIR) のバンドを割り振る。

同様に、再現色の緑に、MODIS の Band4 の緑(G)を、再現色の青に、MODIS の Band3 の青(B)をそれぞれバンドを割り振る。

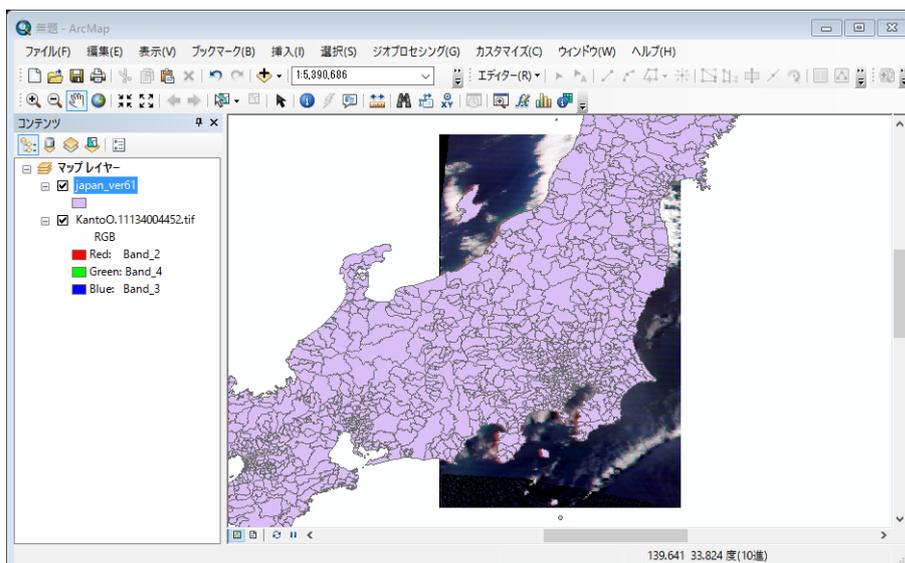


④ 行政界ポリゴンの追加

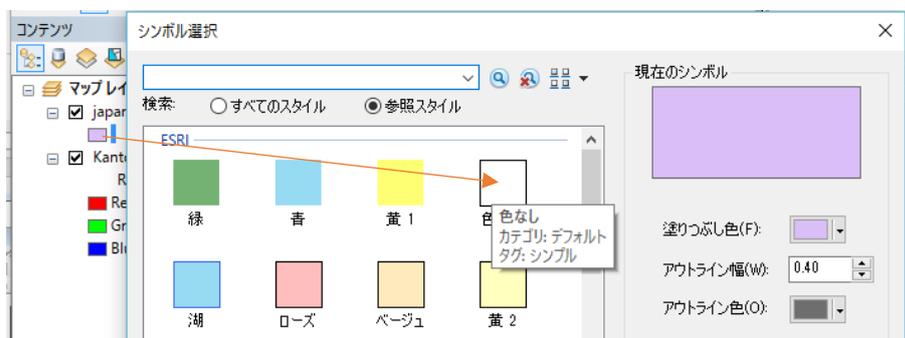
データの追加から、市町村の行政界のポリゴンデータを追加する。



地理座標系に関する警告は無視する。



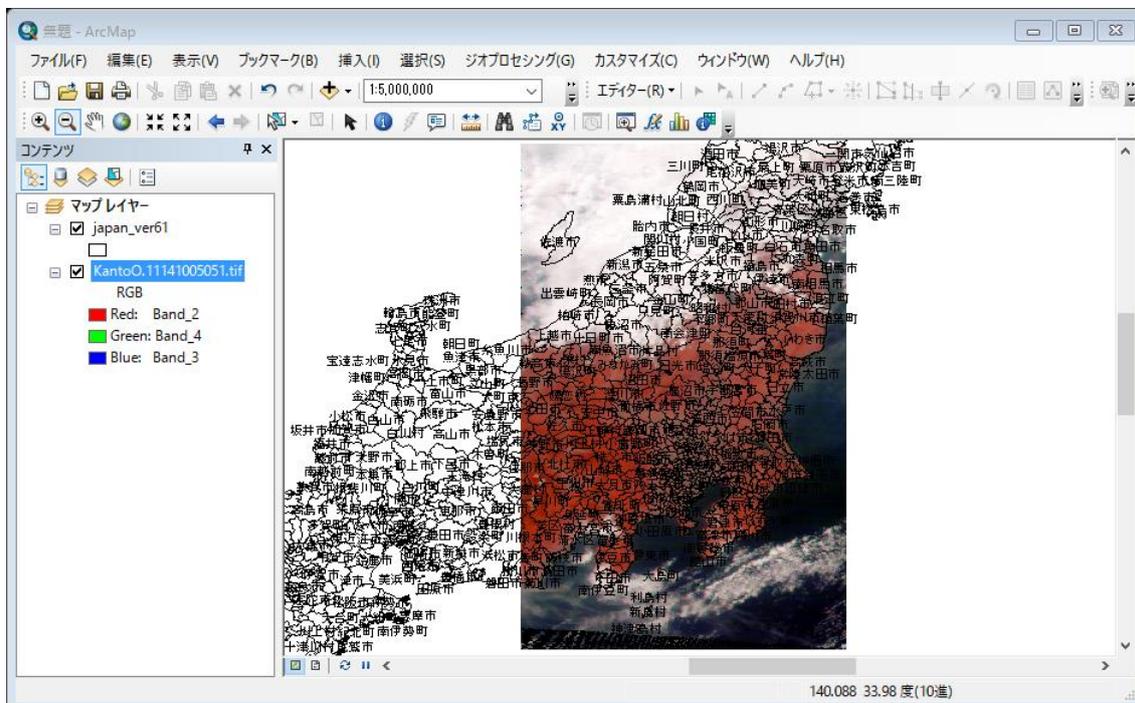
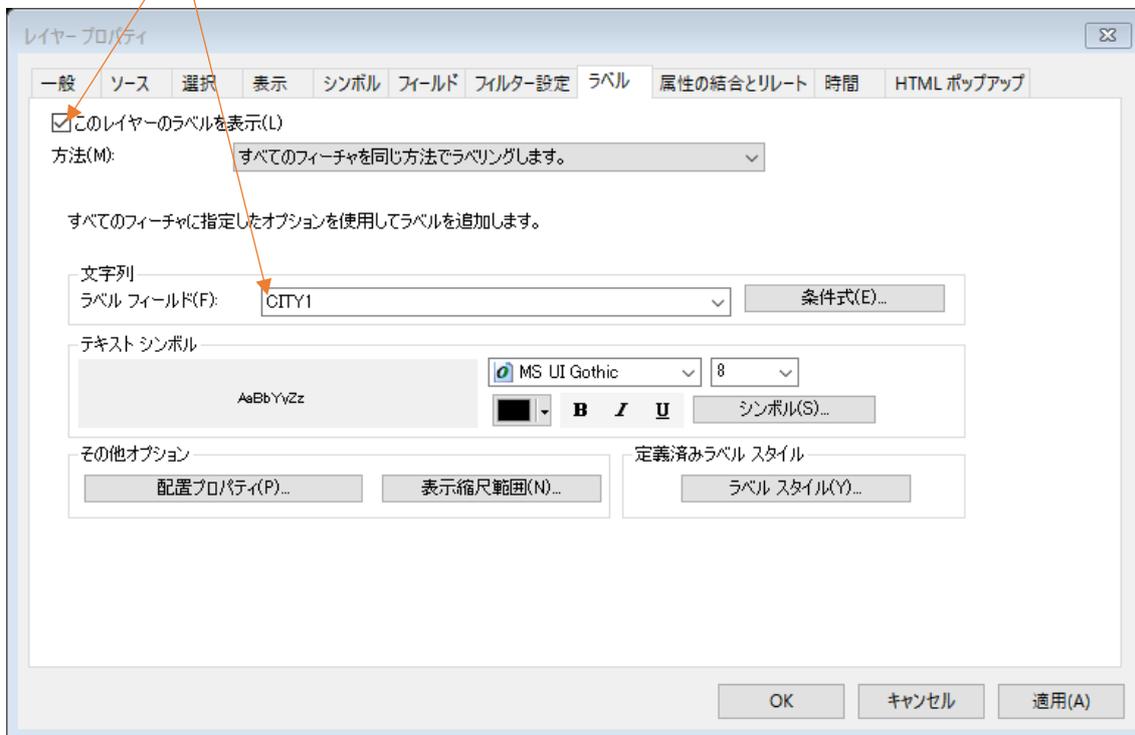
塗りつぶしを解除する。



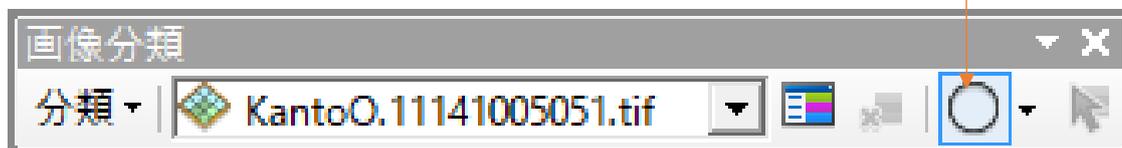
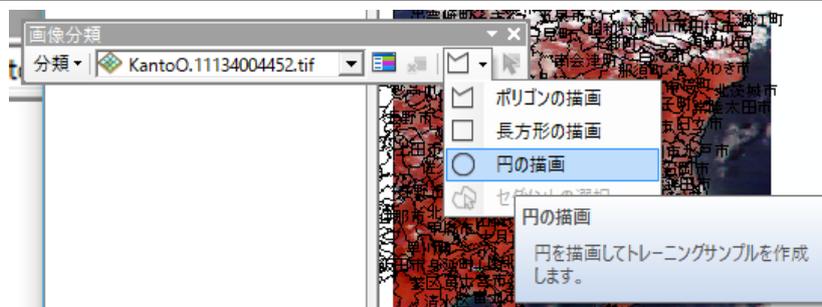
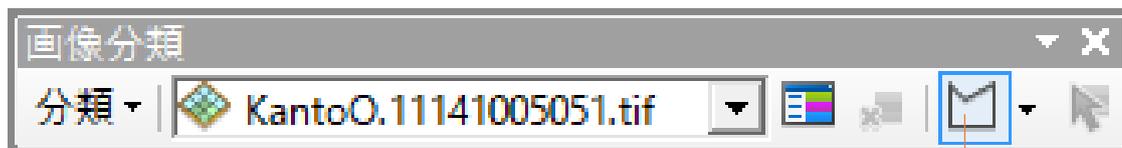
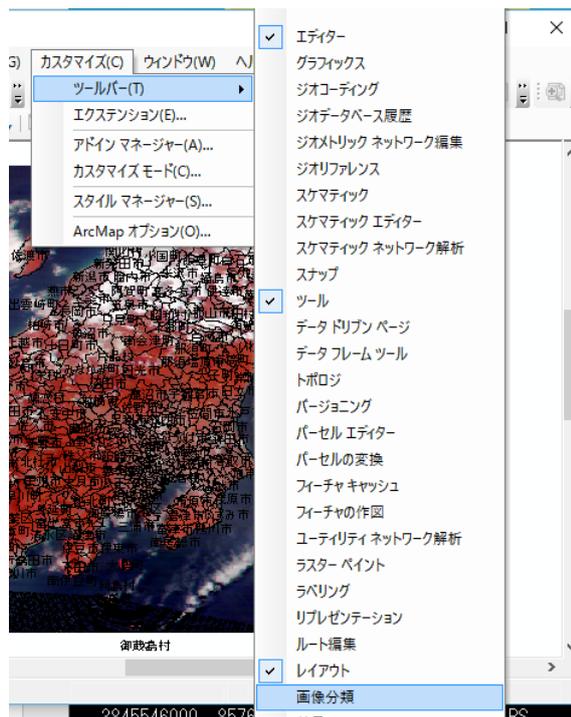
行政界のアイコンをクリックし、色なしを選択する。

⑤ 行政界ポリゴンのラベル表示

- このレイヤーのラベルを表示する。
- ラベルフィールドを CITY1 とする。



- ⑥ 画像分類プログラムの起動
カスタマイズから、ツールバーから、「画像分類」を選択する。

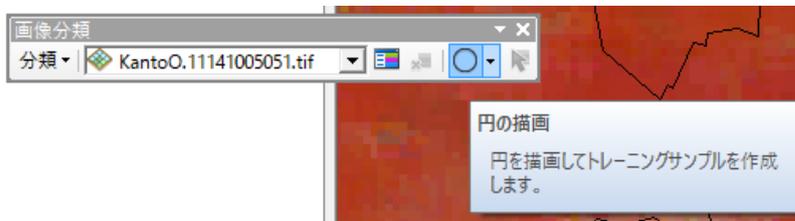
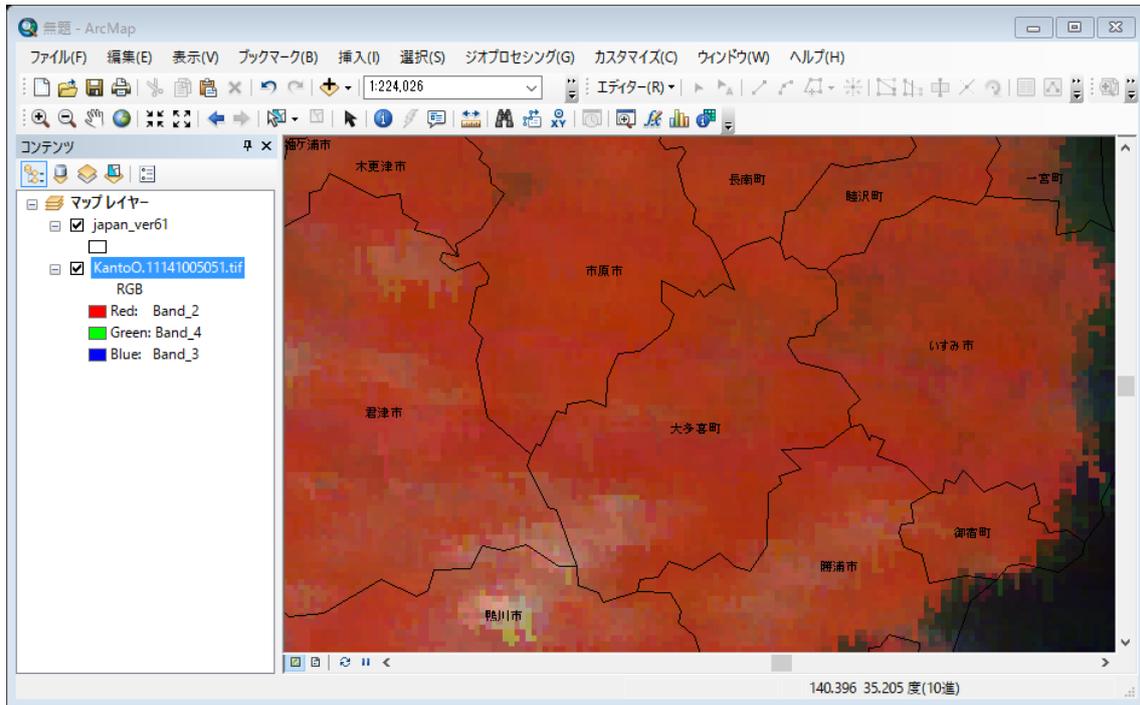


⑦ サンプリング

以下の順番で、統計量を求める領域を選択する。

(ア) 大多喜町の森林

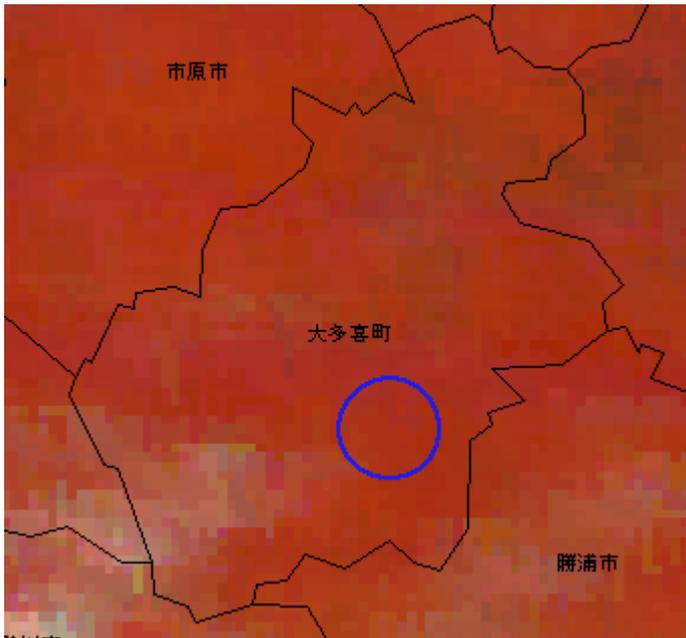
勝浦市の北西側の大多喜町へズームインする。



画像分類の円の描画
を選択する。



トレーニングサンプルマネ
ージャをクリックする。



大多喜町の南東部に中心を置き、円を作る。

画像分類

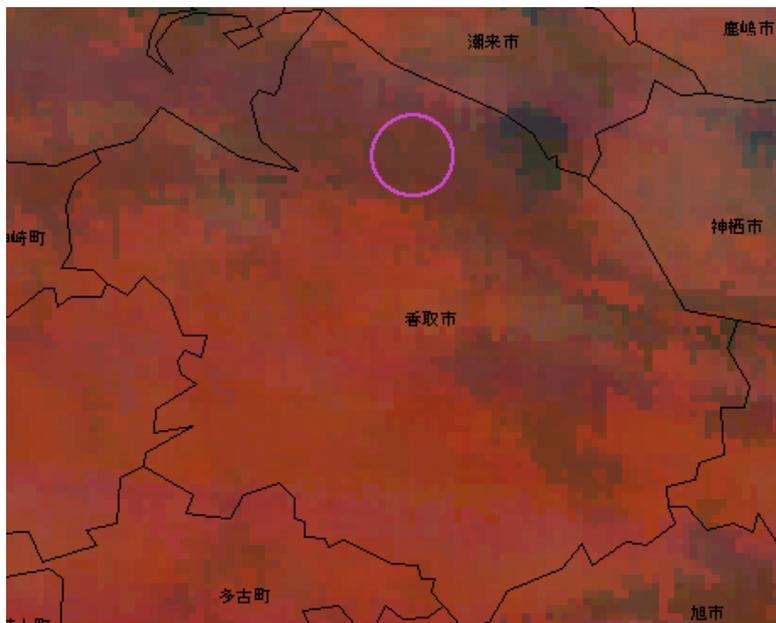
分類 ▾ KantoO.11141005051.tif

トレーニング サンプル マネージャ

ID	クラス名	値	色	データの個数
1	Class 1	1		87

この結果、トレーニングサンプルマネージャに、「ID=1、クラス名=Class 1」がリストされる。データの個数は、円の大きさにより変動するが、一けた台と、極端に小さくなければ良い。

(イ) 香取市の水田

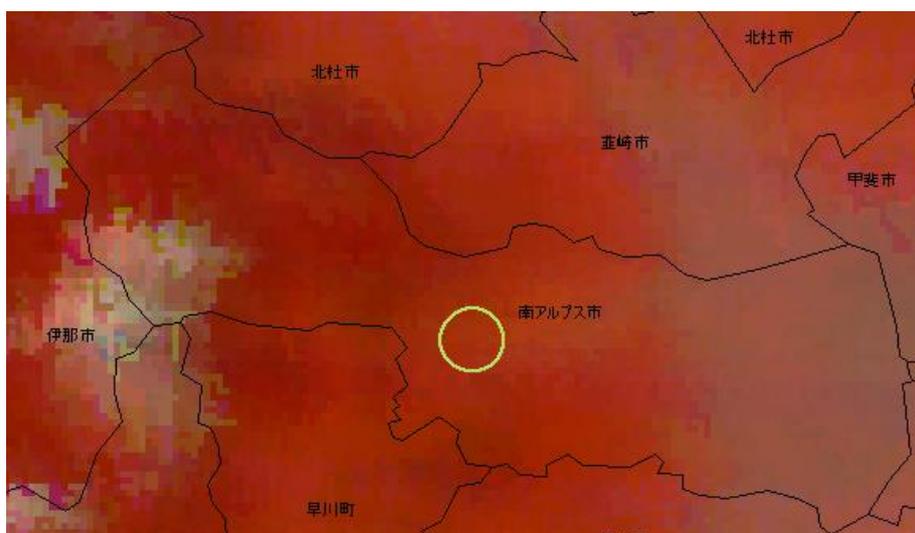


香取市北部の利根川沿いの暗い部分を選択する。これは、田植え直後で、植生として十分に育っていない稲のため、近赤外(NIR)が十分に反射されず、暗く映っている。

トレーニング サンプル マネージャー

ID	クラス名	値	色	データの個数
1	Class 1	1		55
2	Class 2	2		91

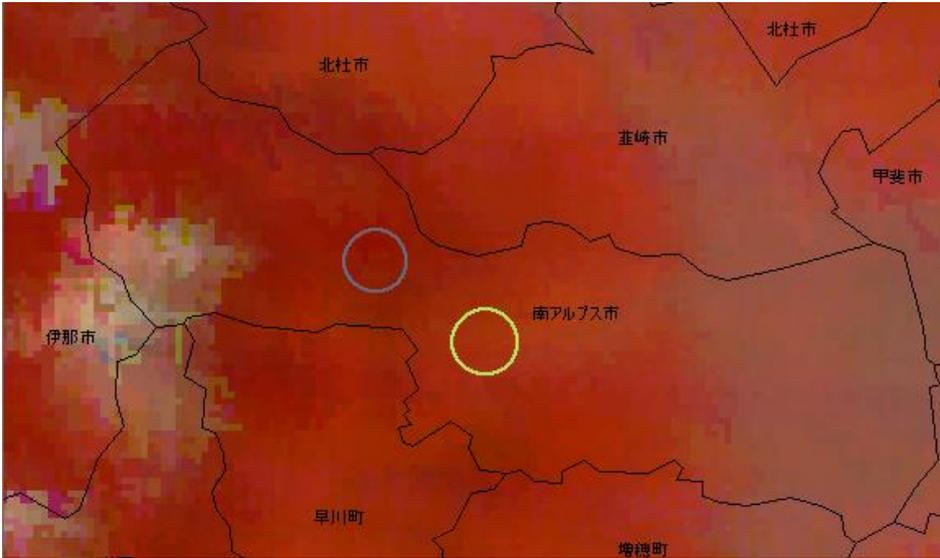
(ウ) 南アルプス市の標高の低い森林



南アルプス市の植生の成長の早い明るい赤の領域を選択する。

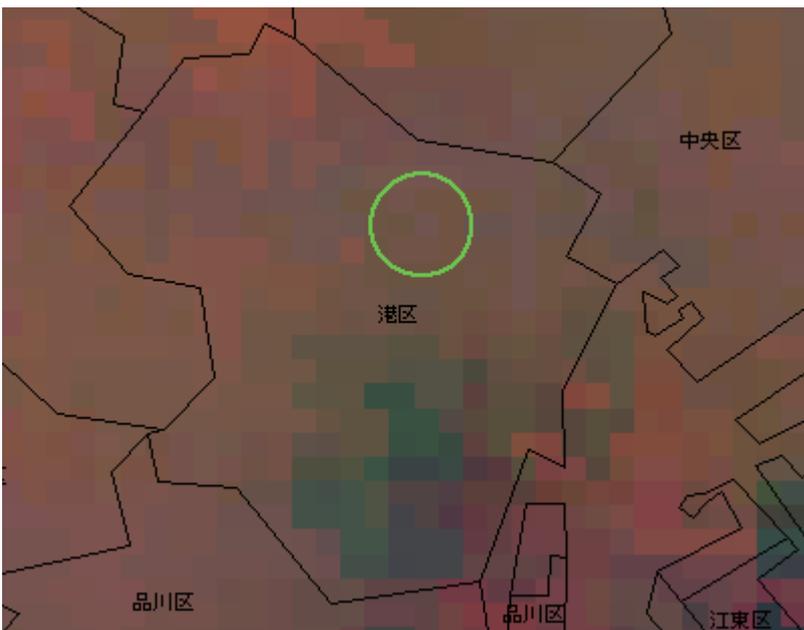
標高の低い森林である。

(エ) 南アルプス市の標高の高い森林



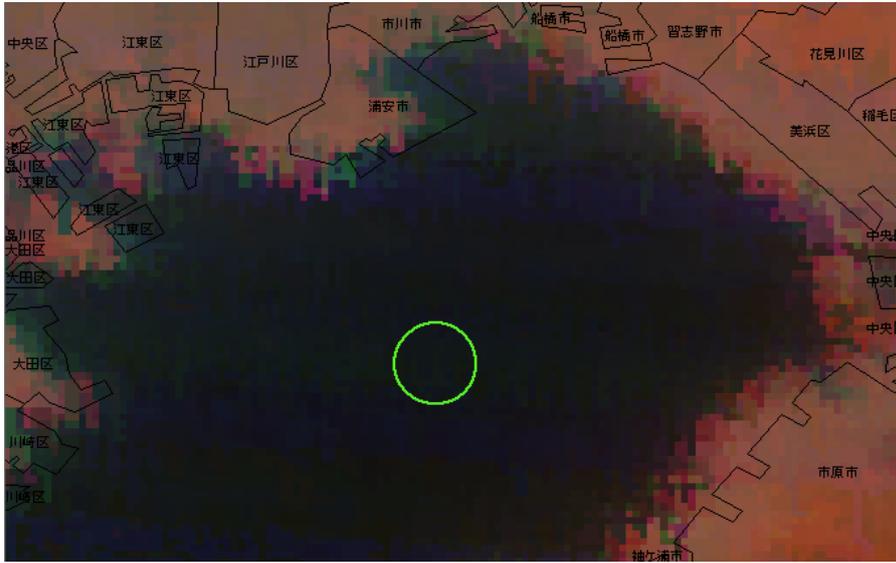
標高が高く、暗い赤の部分を選択する。標高が高いため、植生が十分に成長していない。

(オ) 港区の都心部



港区の植生の少ない都心部を選択する。

(カ) 東京湾



水域は、全ての波長において、陸域と比べ反射率が低いので、暗く観測される。

トレーニングサンプルマネージャー

ID	クラス名	値	色	データの個数
1	Class 1	1		55
2	Class 2	2		91
3	Class 3	3		72
4	Class 4	4		69
5	Class 5	5		13
6	Class 6	6		110

⑧ 統計量の表示

Band 6 -0.46 1.52

トレーニングサンプルマネージャー

ID	クラス名	値	色	データの個数
1	Class 1	1		55
2	Class 2	2		91
3	Class 3	3		72
4	Class 4	4		69
5	Class 5	5		13
6	Class 6	6		110

1 から 6 を選択する。ID の 1 をクリックし、Shift キーを押しながら、ID の 6 をクリックする。

統計情報の表示をクリックする。

統計情報							
Class 1							
Statistics	Band_1	Band_2	Band_3	Band_4	Band_5	Band_6	Band_7
Minimum	58.00	179.00	78.00	84.00	165.00	119.00	55.00
Maximum	68.00	179.00	83.00	102.00	174.00	126.00	64.00
Mean	61.51	175.74	80.77	88.49	169.26	123.30	60.63
Std.dev	2.71	1.66	1.78	2.86	2.00	2.38	3.42
Covariance							
Band_1	7.37	-0.01	0.75	-1.44	-1.76	-0.46	-1.32
Band_2	-0.01	2.75	-1.85	1.19	1.48	1.52	1.18
Band_3	0.75	-1.85	3.16	0.51	-1.73	-1.12	0.01
Band_4	-1.44	1.19	0.51	8.20	0.64	2.92	5.07
Band_5	-1.76	1.48	-1.73	0.64	4.00	2.32	3.30
Band_6	-0.46	1.52	-1.12	2.92	2.32	5.65	6.83
Band_7	-1.32	1.18	0.01	5.07	3.30	6.83	11.72

⑨ エクセルへの取り込み

統計情報							
Class 1							
Statistics	Band_1	Band_2	Band_3	Band_4	Band_5	Band_6	Band_7
Minimum	58.00	179.00	78.00	84.00	165.00	119.00	55.00
Maximum	68.00	179.00	83.00	102.00	174.00	126.00	64.00
Mean	61.51	175.74	80.77	88.49	169.26	123.30	60.63
Std.dev	2.71	1.66	1.78	2.86	2.00	2.38	3.42
Covariance							
Band_1	7.37	-0.01	0.75	-1.44	-1.76	-0.46	-1.32
Band_2	-0.01	2.75	-1.85	1.19	1.48	1.52	1.18
Band_3	0.75	-1.85	3.16	0.51	-1.73	-1.12	0.01
Band_4	-1.44	1.19	0.51	8.20	0.64	2.92	5.07
Band_5	-1.76	1.48	-1.73	0.64	4.00	2.32	3.30
Band_6	-0.46	1.52	-1.12	2.92	2.32	5.65	6.83
Band_7	-1.32	1.18	0.01	5.07	3.30	6.83	11.72

一行目を左クリックする。→青色

・ Shift + fn + pg dn をクリックすると、最終行まで青くなる。

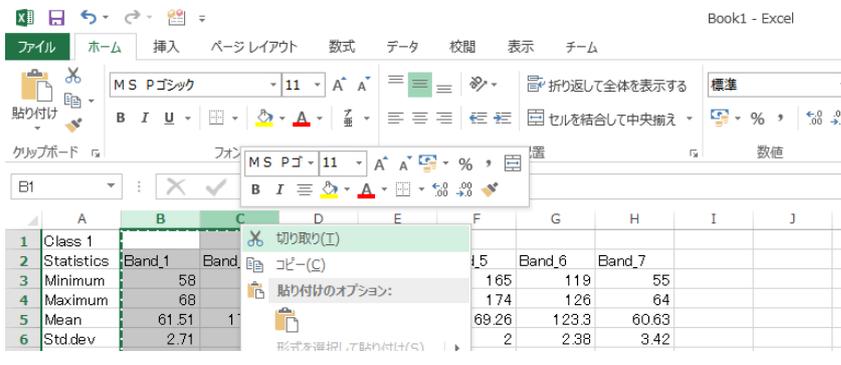
・ Ctrl + C でコピーする。

エクセルを立ち上げ、新しいシートに貼り付ける。

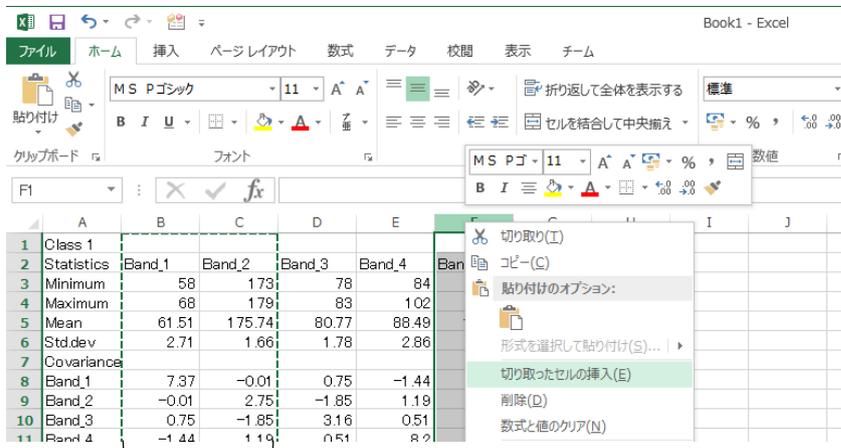
Class 1							
Statistics	Band_1	Band_2	Band_3	Band_4	Band_5	Band_6	Band_7
Minimum	58	179	78	84	165	119	55
Maximum	68	179	83	102	174	126	64
Mean	61.51	175.74	80.77	88.49	169.26	123.30	60.63
Std.dev	2.71	1.66	1.78	2.86	2	2.38	3.42
Covariance							
Band_1	7.37	-0.01	0.75	-1.44	-1.76	-0.46	-1.32
Band_2	-0.01	2.75	-1.85	1.19	1.48	1.52	1.18
Band_3	0.75	-1.85	3.16	0.51	-1.73	-1.12	0.01
Band_4	-1.44	1.19	0.51	8.20	0.64	2.92	5.07
Band_5	-1.76	1.48	-1.73	0.64	4	2.32	3.3
Band_6	-0.46	1.52	-1.12	2.92	2.32	5.65	6.83
Band_7	-1.32	1.18	0.01	5.07	3.3	6.83	11.72

Class 2							
Statistics	Band_1	Band_2	Band_3	Band_4	Band_5	Band_6	Band_7
Minimum	73	112	92	89	102	74	41
Maximum	89	135	109	95	134	111	73
Mean	83.64	122.56	98.96	93.24	112.68	85.35	50.91
Std.dev	4.42	5.14	3.4	1.76	8.05	9.7	7.35
Covariance							
Band_1	19.53	2.02	3.55	2.97	-11.43	-0.07	5.17
Band_2	2.02	26.39	0.28	-0.11	11.29	21.59	13.02
Band_3	3.55	0.28	11.54	0.75	-6.58	-5.47	-3.83
Band_4	2.97	-0.11	0.75	3.1	3.32	3.02	3.06
Band_5	-11.43	11.29	-6.58	3.32	64.78	54.31	34.02

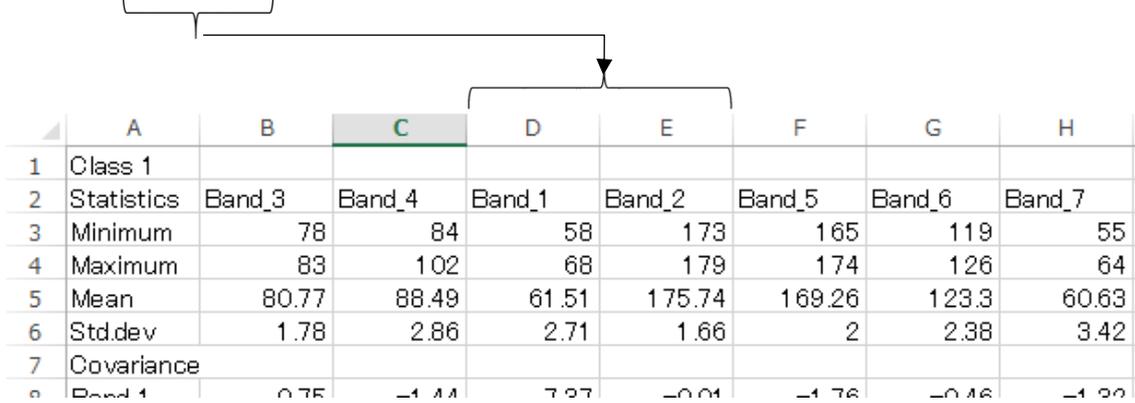
- ⑩ エクセルによるバンドの並び替え
- ⑪ バンドの並びを短波長側から長波長側へ並び替えるため、B(Band1)とC(Band2)カラムをE(Band4)とF(Band5)との間へ挿入する。



- B,C カラムを選択し、右クリックし、切り取りを選択する。



- F カラムを右クリックし、切り取ったセルの挿入を選択し、EとFカラムの間に挿入する。



- A1をBandとし、B1からH1に中心波長の値を入れる。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Band	460	555	645	858	1240	1640	2130
2	Statistics	Band_3	Band_4	Band_1	Band_2	Band_5	Band_6	Band_7
3	Minimum	78	84	58	173	165	119	55
4	Maximum	83	102	68	179	174	126	64
5	Mean	80.77	88.49	61.51	175.74	169.26	123.3	60.63
6	Std.dev	1.78	2.86	2.71	1.66	2	2.38	3.42
7	Covariance							
8	Band_1	0.75	-1.44	7.37	-0.01	-1.78	-0.46	-1.92
9	Band_2							
10	Band_3							
11	Band_4							

- Mean を地名に変更する。

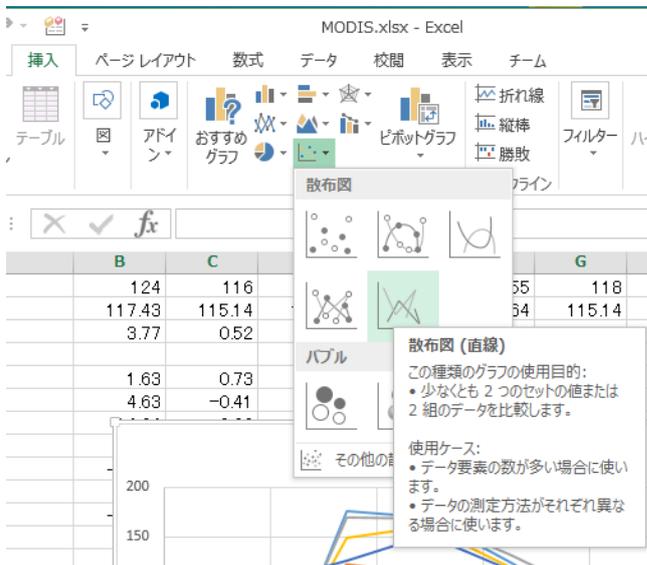
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Band	460	555	645	858	1240	1640	2130
2	Statistics	Band_3	Band_4	Band_1	Band_2	Band_5	Band_6	Band_7
3	Minimum	78	84	58	173	165	119	55
4	Maximum	83	102	68	179	174	126	64
5	大多喜山林	80.77	88.49	61.51	175.74	169.26	123.3	60.63
6	Std.dev	1.78	2.86	2.71	1.66	2	2.38	3.42
19	Minimum	92	99	70	112	102	77	71
20	Maximum	109	95	89	135	134	111	73
21	香取水田	98.96	93.24	83.64	122.56	112.68	85.35	50.91
22	Std.dev	3.4	1.76	4.42	5.14	8.05	9.7	7.35
23	Covariance							
35	Minimum	70	83	61	103	102	127	71
36	Maximum	83	92	73	176	172	134	87
37	南アルプス 低山林	75.61	86.93	64.15	170.12	168.32	130.57	79.27
38	Std.dev	3.26	2.73	2.12	2.76	2.96	1.95	5.5
39	Covariance							
51	Minimum	69	62	66	144	147	110	60
52	Maximum	71	76	77	155	255	129	86
53	南アルプス 高山林	65.62	68.99	64.68	149.52	160.86	118.65	72.17
54	Std.dev	3.23	4.25	6.01	2.34	29.2	5.48	8.09
55	Covariance							
67	Minimum	114	114	103	122	122	113	85
68	Maximum	124	116	116	128	255	118	95
69	港区都心	117.43	115.14	112.36	125.36	151.64	115.14	89.43
70	Std.dev	3.77	0.52	4.73	2.29	53.98	1.73	4.3
71	Covariance							
83	Minimum	78	63	60	44	29	21	9
84	Maximum	89	69	56	52	255	26	19
85	東京湾	84.17	66.38	53.68	46.19	59.06	23.09	15.02
86	Std.dev	2.85	1.56	1.42	1.07	70.94	1.12	2.1
87	Covariance							

⑫ エクセルによるグラフ化

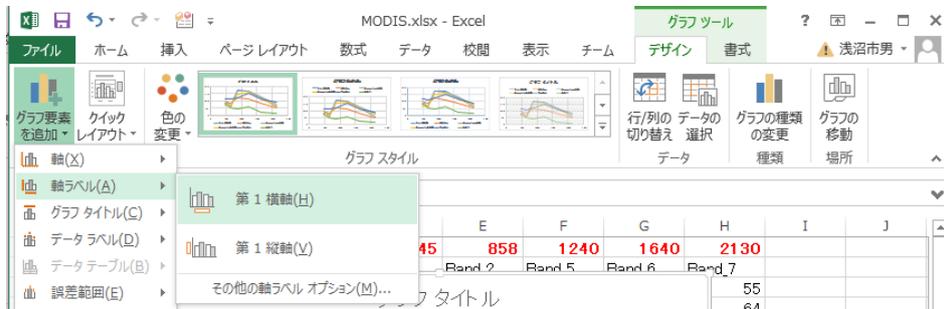
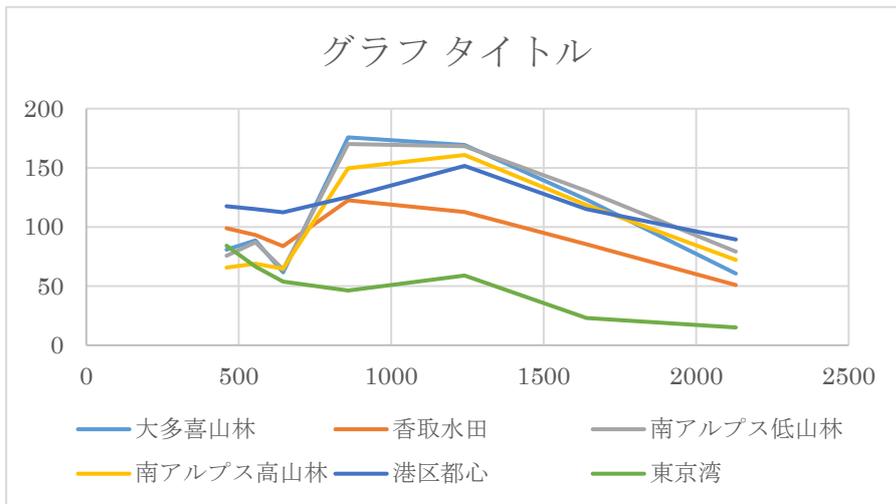
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Band	460	555	645	858	1240	1640	2130		
2	Statistics	Band_3	Band_4	Band_1	Band_2	Band_5	Band_6	Band_7		
3	Minimum	78	84	58	173	165	119	55		
4	Maximum	83	102	68	179	174	126	64		
5	大多喜山林	80.77	88.49	61.51	175.74	169.26	123.3	60.63		
6	Std.dev	1.78	2.86	2.71	1.66	2	2.38	3.42		
7	Covariance									
8	Band_1	0.75	-1.44	7.37	-0.01	-1.76	-0.46	-1.32		
9	Band_2	-1.85	1.19	-0.01	2.75	1.48	1.52	1.18		
10	Band_3	3.16	0.51	0.75	-1.85	-1.73	-1.12	0.01		
11	Band_4	0.51	8.2	-1.44	1.19	0.64	2.92	5.07		
12	Band_5	-1.73	0.64	-1.76	1.48	4	2.32	3.3		
13	Band_6	-1.12	2.92	-0.46	1.52	2.32	5.65	6.83		
14	Band_7	0.01	5.07	-1.32	1.18	3.3	6.83	11.72		
15										
16										
17	Class 2									
18	Statistics	Band_3	Band_4	Band_1	Band_2	Band_5	Band_6	Band_7		
19	Minimum	92	89	73	112	102	74	41		
20	Maximum	109	95	89	135	134	111	73		
21	香取水田	98.96	93.24	83.64	122.56	112.68	85.35	50.91		
22	Std.dev	3.4	1.76	4.42	5.14	8.05	9.7	7.35		
23	Covariance									
24	Band 1	3.55	2.97	19.53	2.02	-11.43	-0.07	5.17		
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37	南アルプス	124	116	116	128	255	118	95		
38	港区都心	117.43	115.14	112.36	125.36	151.64	115.14	89.43		
39	Std.dev	3.77	0.52	4.73	2.29	53.98	1.73	4.3		
40	Covariance									
41	Band_1	1.63	0.73	22.37	2.02	-235.59	-2.98	-8.8		
42	Band_2	4.63	-0.41	2.02	5.23	-0.66	-0.12	0.49		
43	Band_3	14.24	-0.06	1.63	4.63	-11.85	-2.49	-10.04		
44	Band_4	-0.06	0.27	0.73	-0.41	-13.31	-0.16	-0.85		
45	Band_5	-11.85	-13.31	-235.59	-0.66	2914.09	43.41	110.37		
46	Band_6	-2.49	-0.16	-2.98	-0.12	43.41	2.98	5.87		
47	Band_7	-10.04	-0.85	-8.8	0.49	110.37	5.87	18.53		
48										
49										
50										
51										
52										
53	南アルプス	124	116	116	128	255	118	95		
54	港区都心	117.43	115.14	112.36	125.36	151.64	115.14	89.43		
55	Std.dev	3.77	0.52	4.73	2.29	53.98	1.73	4.3		
56	Covariance									
57	Band_1	1.63	0.73	22.37	2.02	-235.59	-2.98	-8.8		
58	Band_2	4.63	-0.41	2.02	5.23	-0.66	-0.12	0.49		
59	Band_3	14.24	-0.06	1.63	4.63	-11.85	-2.49	-10.04		
60	Band_4	-0.06	0.27	0.73	-0.41	-13.31	-0.16	-0.85		
61	Band_5	-11.85	-13.31	-235.59	-0.66	2914.09	43.41	110.37		
62	Band_6	-2.49	-0.16	-2.98	-0.12	43.41	2.98	5.87		
63	Band_7	-10.04	-0.85	-8.8	0.49	110.37	5.87	18.53		
64										
65										
66										
67										
68	東京湾	84.17	66.38	53.68	46.19	59.06	23.09	15.02		
69	Std.dev	2.85	1.56	1.42	1.07	70.94	1.12	2.1		
70	Covariance									
71	Band 1	1.44	-0.41	2.03	0.18	29.2	-0.23	0.11		
72										
73										
74										
75										
76										
77										
78										
79										
80										
81	Class 6									
82	Statistics	Band_3	Band_4	Band_1	Band_2	Band_5	Band_6	Band_7		
83	Minimum	78	63	50	44	29	21	9		
84	Maximum	89	69	56	52	255	26	19		
85	東京湾	84.17	66.38	53.68	46.19	59.06	23.09	15.02		
86	Std.dev	2.85	1.56	1.42	1.07	70.94	1.12	2.1		
87	Covariance									
88	Band 1	1.44	-0.41	2.03	0.18	29.2	-0.23	0.11		

CTRL キーを押さえたまま、1 行目(大多喜)、21 行目(香取)をクリックする。
右端のスクロールバーを下げ、続けて

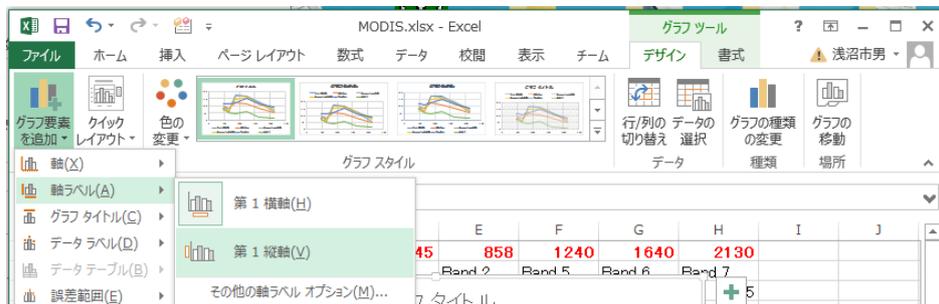
37 行目(南アルプス)
53 行目(南アルプス)
69 行目(港区)
85 行目(東京湾)を選択する。



挿入から、グラフから、散布図から、折れ線グラフを選択する。



第 1 横軸ラベルの追加



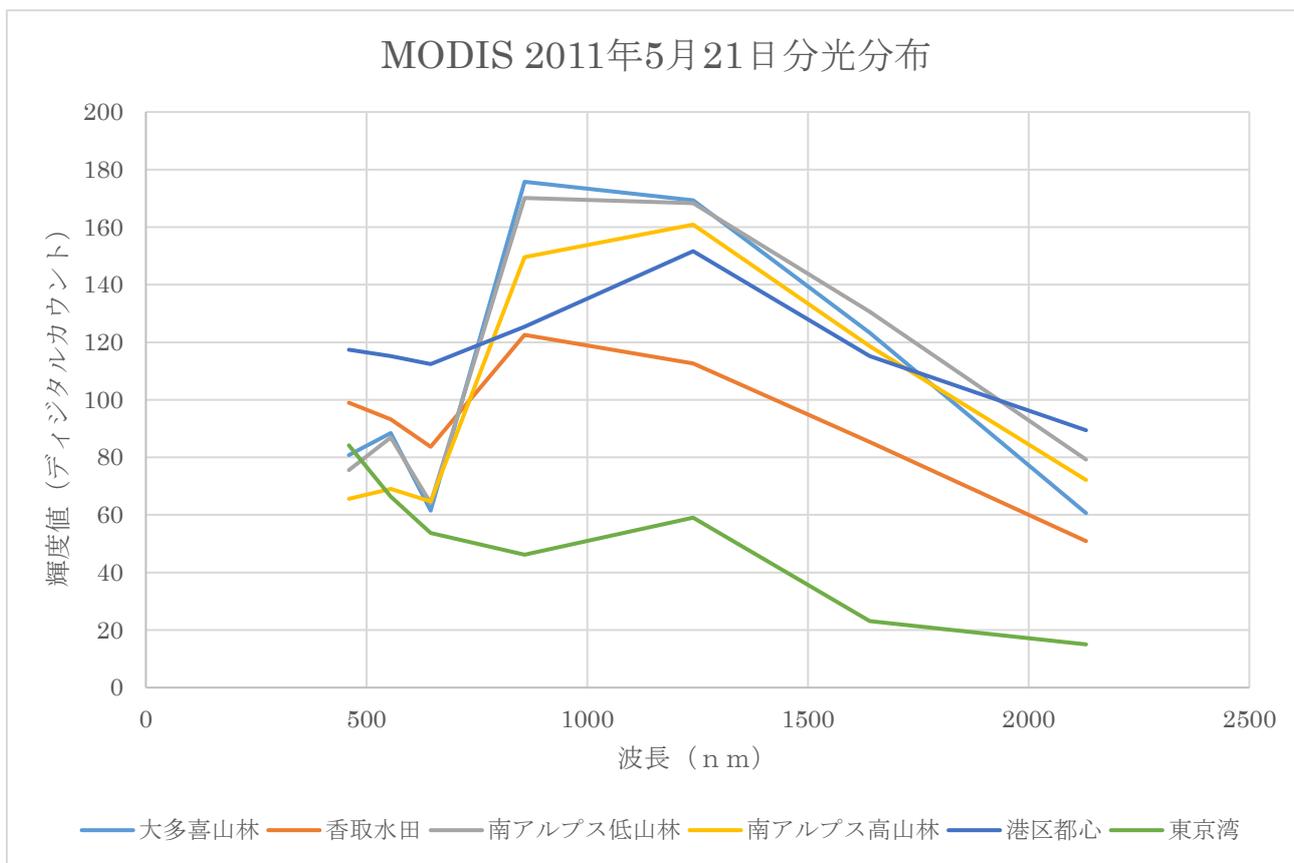
第 2 横軸ラベルの追加

- 横軸 → 波長(nm)
- 縦軸 → 輝度値(デジタルカウント)
- グラフタイトル → MODIS 2011年 5月 21日 分光分布
-

(4) 課題の作成：課題は、エクスポートしたマップを挿入により貼り付ける。

(5) プロジェクトの保存

このプロジェクトを、「ファイル」から「名前を付けて保存」を選択し、Z:ドライブの¥空間情報論フォルダに MODISspect.mxd として保存する。



山林、水田の植生の分光分布は、555nm の①_____の波長の輝度値が、645nm の②_____の波長より若干高く、858nm の③_____の波長の輝度値が大きく観測される。

大多喜町の山林と南アルプス市の低標高の山林は、新緑のピークにあり、③_____の波長の輝度値が最も大きな値を示した。南アルプス市の標高の高い山林は、新緑が進みつつある状態であることが、③_____の波長における輝度値からも判読できる。これに対して、香取市の水田では植生の成長が進んでおらず、③_____の波長における輝度値が低い。

都市部は、特色のある分光分布を持たない。また、海洋は全ての波長において光を吸収することから低い輝度値を示す。