

2009年6月22日

土地利用研究打ち合わせ会議

IDRISIを用いた正規化法の 実践と留意点

京都大学地域研究統合情報センター

星川圭介

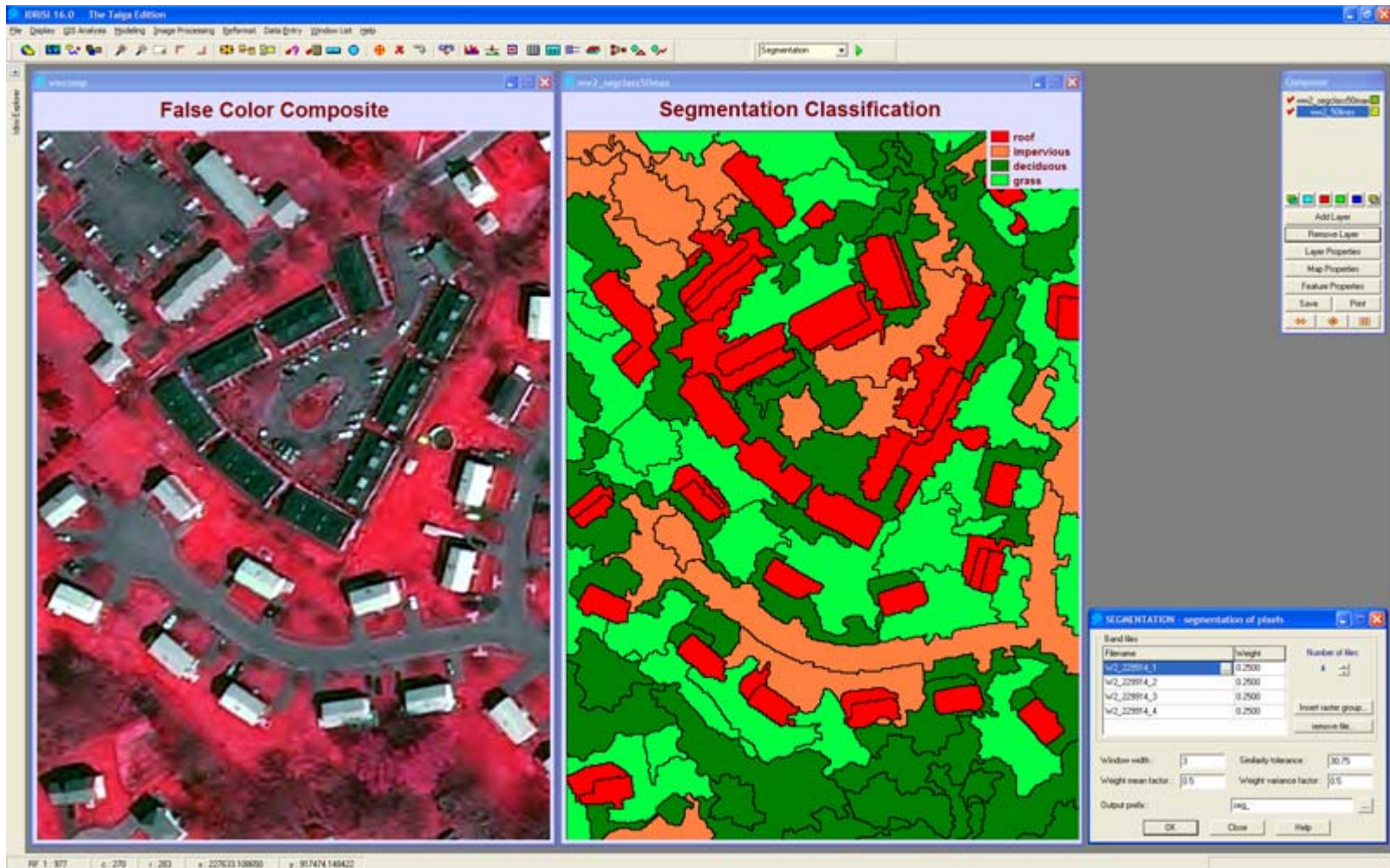
内容

- 衛星画像加工・分析ツールIDRISI
- 正規化法（小野法）の復習
- IDRISIを用いての小野法適用
- 正規化法適用前処理ツール
- 正規化法利用上の留意点

IDRISI

- Clark Lab. Clark Univ.
- 価格
 - 134,400円(大学生協)
 - 675USD(直接購入)
 - 越智さんが国内販売代理人？
- ラスターベース(ベクターも可)
 - IDRISIラスターは非常に単純なデータ構造で, 自作ツール等との相性が良い
- 様々な画像加工ツールの集合体
 - バンド間演算
 - 画像フィルタ
 - 幾何補正
 - 分類
 - 教師付き
 - 教師なし
- 値段の割には高機能

最新版(Taiga)ではsegment classificationも出来るらしい・・・



正規化法（小野法）[小野, 2002]

- 地形効果の除去を目的とする
- バンド値の相加平均で各バンド値を除算する.
- DN(元データ)ではなく, 反射率に変換してレイリー散乱を除いてから適用するのが効果的
 - 反射率への変換: 入射放射量(太陽高度, 太陽距離)因子の除去
 - レイリー除去: 比較的簡単に出来る大気効果の除去

$$Re(i) = \frac{re(i)}{1/N \sum_{j=1}^N re(j)}$$

Re: 正規化反射率

N: バンド数

re: 見かけの反射率

$$re(i) = \frac{(R - Lp)}{E0}$$

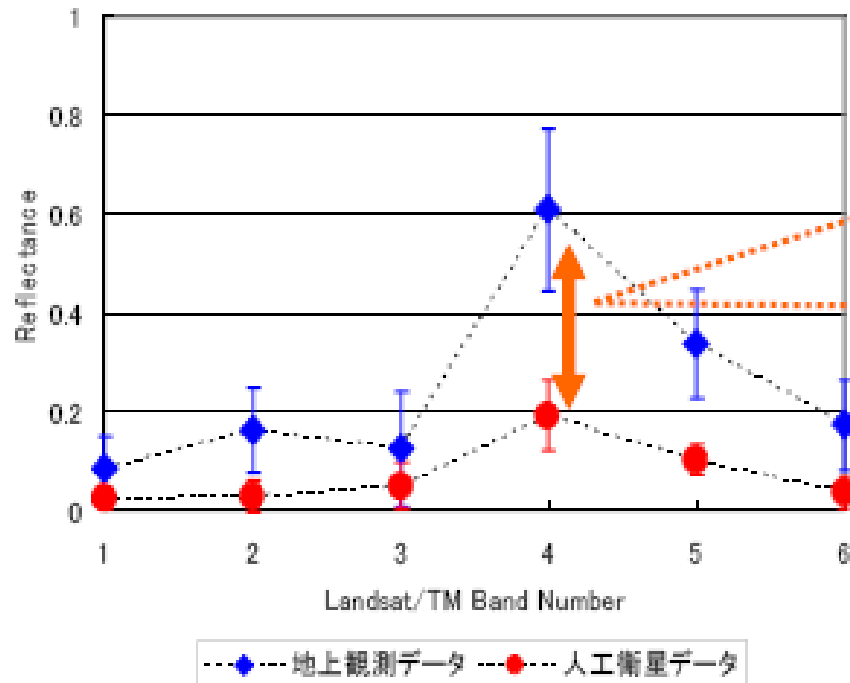
E0: 太陽放射

R: 地表面反射率

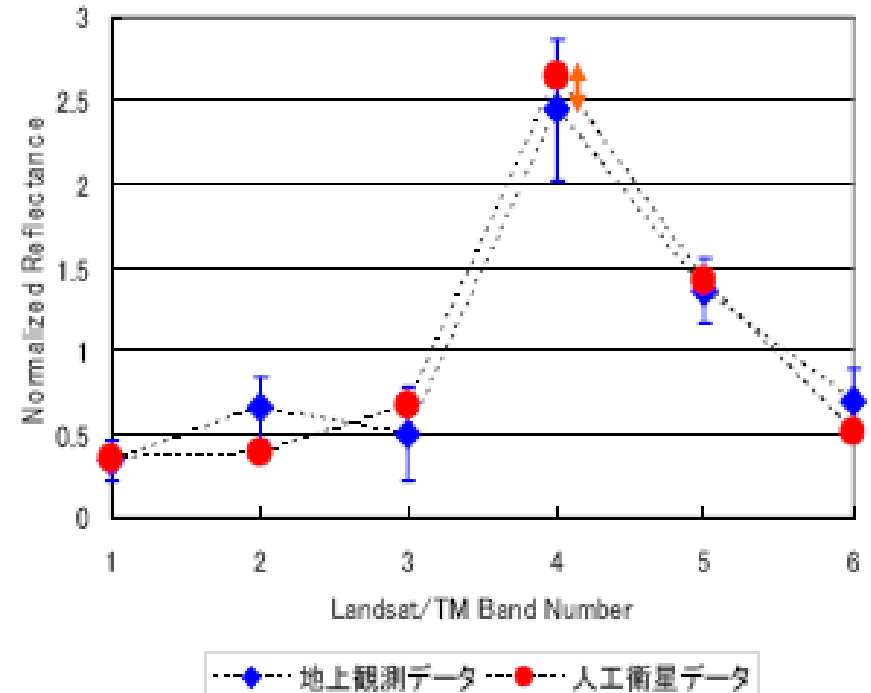
Lp: Path radiance

正規化法

適用前



適用後



- 衛星観測の見かけの反射率と実際の反射率の相似性に着目
- 除算により傾斜による反射減少分 $\cos \beta$ を除去

$$\begin{aligned}
 Re^{(i)} &= \frac{Ts^{(i)}(z) \cdot T\theta^{(i)}(z) \cdot \cancel{\cos \beta} \cdot R^{(i)}(x, y)}{1/6 \cdot \cancel{\cos \beta} \cdot \sum_{j=1}^6 Ts^{(j)}(z) \cdot T\theta^{(j)}(z) \cdot R^{(j)}(x, y)} \\
 &= \frac{Ts^{(i)}(z) \cdot T\theta^{(i)}(z) \cdot R^{(i)}(x, y)}{1/6 \cdot \sum_{j=1}^6 Ts^{(j)}(z) \cdot T\theta^{(j)}(z) \cdot R^{(j)}(x, y)}
 \end{aligned}$$

小野(2009)

IDRISIを用いた正規化法適用

- Image Calculatorモジュールを利用して分母データを作成
右辺: [[ファイル名1]+[ファイル名2] +[ファイル名x] +...+[ファイル名N]]/N
左辺: 出力ファイル名
- Overlayモジュールを利用して順次Re(i)を算出
 - 「分母が0の場合は0を返す」オプションを選択(特に背景値を含む場合は必須)

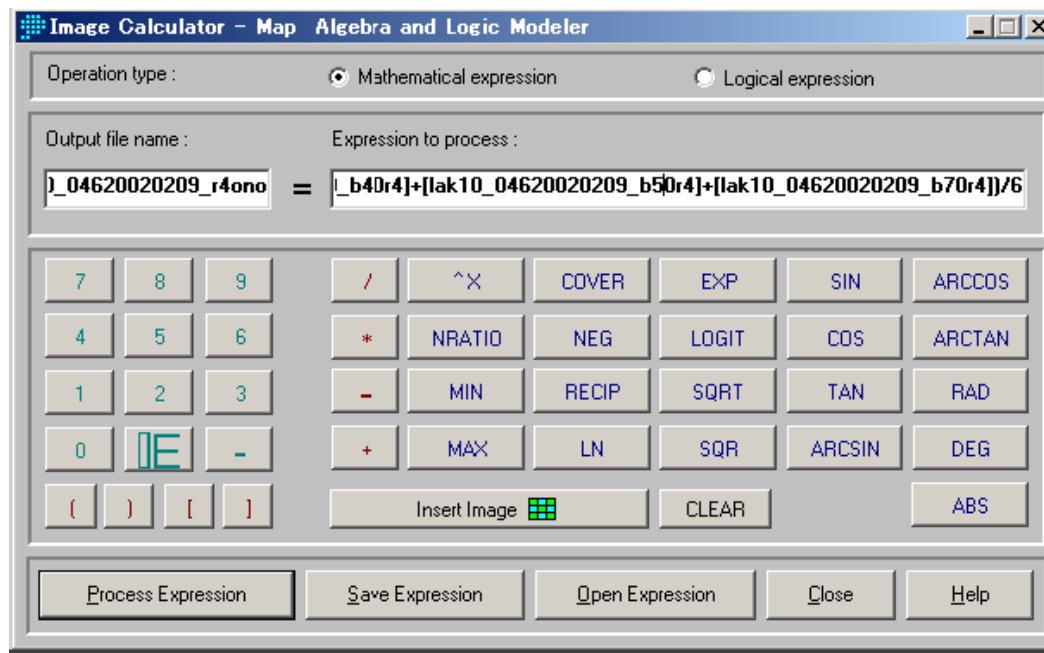


Image Calculator

DN値から放射量への変換(前処理1)

Radiance = gain * DN + offset

または

Radiance = ((Lmax-Lmin)/(QCALmax-Qcalmin)) * (QCAL-QCALmin) + Lmin

QCALmin = 1または0 …画素値の最小値 *

QCALmax = 255 …画素値の最大値

QCAL = DN …画素値(データ値)

Lmax …センサで検出可能な最大放射輝度**

Lmin …センサで検出可能な最小放射輝度**

引用元:

http://www.geocities.jp/kensuke_kawamura/Others/LandsatCalibration/LandsatCalibration.html

放射量から反射率への変換(前処理2)

$$E' = (E_0 \times \cos \theta_0) / d^2$$

$$E = E' / \pi$$

$$\text{観測地点の反射率} = R / E$$

E_0 : 地球・太陽平均距離での太陽照度 ($\text{W/m}^2/\mu\text{m}$)

E' : 観測地点上空(大気圏外)における太陽照度 ($\text{W/m}^2/\mu\text{m}$)

E : 同輝度 ($\text{W/m}^2/\text{sr}$)

R : DNから変換した観測輝度 ($\text{W/m}^2/\text{sr}$)

レイリー反射率(アルベド)の算出(前処理3)

$$L = \frac{1}{4\pi} \times \frac{\mu_0}{\mu + \mu_0} \times \{1 - e^{-t(\frac{1}{\mu} + \frac{1}{\mu_0})}\} \times P(\varphi) \times \frac{E_0}{d^2}$$

$$\mu_0 = \cos \theta_0$$

$$\mu = \cos \theta$$

$$t = 0.00879 \lambda^{-4.09}$$

$$P(\varphi) = \frac{3}{4}(1 + \cos^2 \theta)$$

$$A = \frac{L}{E_s / \pi}$$

$$E_s = E_0 \cos \theta_0 / d^2$$

L:レイリー放射輝度 (W/m²/sr)

θ_0 : 太陽高度(鉛直となす角度)

θ : 衛星観測角度(同, Landsatの場合はほぼ0)

λ : 各バンドの波長の中央値

P: レイリー散乱のphase factor

E_s : 観測地点上空(大気圏外)における太陽照度 (W/m²/μm)

A: レイリー反射率(アルベド)

衛星に固有のパラメータ

Table 11.3 ETM+ Solar Spectral Irradiances	
Band	watts/(meter squared * μm)
1	1969.00
2	1840.00
3	1551.00
4	1044.00
5	225.70
7	82.07
8	1368.00

Table-2 TM Solar Spectral Irradiances		
Units	ESUN = watts/(meter squared * μm)	
Band	Landsat-4	Landsat-5
1	1958	1957
2	1828	1829
3	1559	1557
4	1045	1047
5	219.1	219.3
7	74.57	74.52

Table11.3(Landsat7 Handbookより), Table2(USGS Landsat Project/Technical Information Landsat-5

MTL/MET/MOファイルからのパラメータ取得

GROUP = PRODUCT_METADATA

PRODUCT_TYPE = "L1T"

ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"

PROCESSING_SOFTWARE = "LPGS_9.2.0"

EPHEMERIS_TYPE = "DEFINITIVE"

SPACECRAFT_ID = "Landsat7"

SENSOR_ID = "ETM+"

SENSOR_MODE = "SAM"

ACQUISITION_DATE = 2002-02-09

(後略)

END_GROUP = PRODUCT_METADATA

GROUP = PRODUCT_PARAMETERS

(前略)

SUN_AZIMUTH = 137.2734643

SUN_ELEVATION = 44.0823282

OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"

END_GROUP = PRODUCT_PARAMETERS

MTL/MET/MOファイルからのパラメータ取得

GROUP = MIN_MAX_RADIANCE

LMAX_BAND1 = 191.600

LMIN_BAND1 = -6.200

LMAX_BAND2 = 196.500

LMIN_BAND2 = -6.400

(中略)

LMAX_BAND7 = 10.800

LMIN_BAND7 = -0.350

LMAX_BAND8 = 243.100

LMIN_BAND8 = -4.700

END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE

GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE

QCALMAX_BAND1 = 255.0

QCALMIN_BAND1 = 1.0

QCALMAX_BAND2 = 255.0

QCALMIN_BAND2 = 1.0

(中略)

QCALMAX_BAND7 = 255.0

QCALMIN_BAND7 = 1.0

QCALMAX_BAND8 = 255.0

QCALMIN_BAND8 = 1.0

END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE

IDRISIを用いた前処理

- Image CalculatorでDNから放射量(R)に変換
- 表計算ソフトでバンドごとの入射量(E)とレイリーのアルベド(A)を計算
- Image CalculatorでバンドごとにR/E-Aを計算

F2		fx = E2/(A2^2)*COS(H2)															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	d	gamma	day	lambda	EO(TM)	E'	E	theta sun	cos theta	cos theta sat		1	2 t		3 P		
2	1.029359938	0.602497221	36	0.485	1957	1400.660292	445.8440182	0.70999994	0.758361915	1	0.00224	0.0795775	0.4312889	0.17	0.39	0.33	0.97 184
3	1.029359938	0.602497221	36	0.56	1829	1309.048377	416.68304	0.70999994	0.758361915	1	0.00240	0.0795775	0.4312889	0.09	0.22	0.2	0.97 172
4	1.029359938	0.602497221	36	0.66	1557	1114.373058	354.7159613	0.70999994	0.758361915	1	0.00282	0.0795775	0.4312889	0.05	0.11	0.11	0.97 146
5	1.029359938	0.602497221	36	0.83	1047	749.3568349	238.5276888	0.70999994	0.758361915	1	0.00419	0.0795775	0.4312889	0.02	0.04	0.04	0.97 988
6	1.029359938	0.602497221	36	1.65	219.3	156.956976	49.96095718	0.70999994	0.758361915	1	0.02002	0.0795775	0.4312889	0	0	0	0.97 206
7	1.029359938	0.602497221	36	2.215	74.52	53.33531169	16.97715699	0.70999994	0.758361915	1	0.05890	0.0795775	0.4312889	0	0	0	0.97 70.3

F2		fx = E2/(A2^2)*COS(H2)					
	A	B	C	D	E	F	G
1	d	gamma	day	lambda	EO(TM)	E'	E
2	1.029359938	0.602497221	36	0.485	1957	1400.660292	445.8440182
3	1.029359938	0.602497221	36	0.56	1829	1309.048377	416.68304
4	1.029359938	0.602497221	36	0.66	1557	1114.373058	354.7159613
5	1.029359938	0.602497221	36	0.83	1047	749.3568349	238.5276888
6	1.029359938	0.602497221	36	1.65	219.3	156.956976	49.96095718
7	1.029359938	0.602497221	36	2.215	74.52	53.33531169	16.97715699

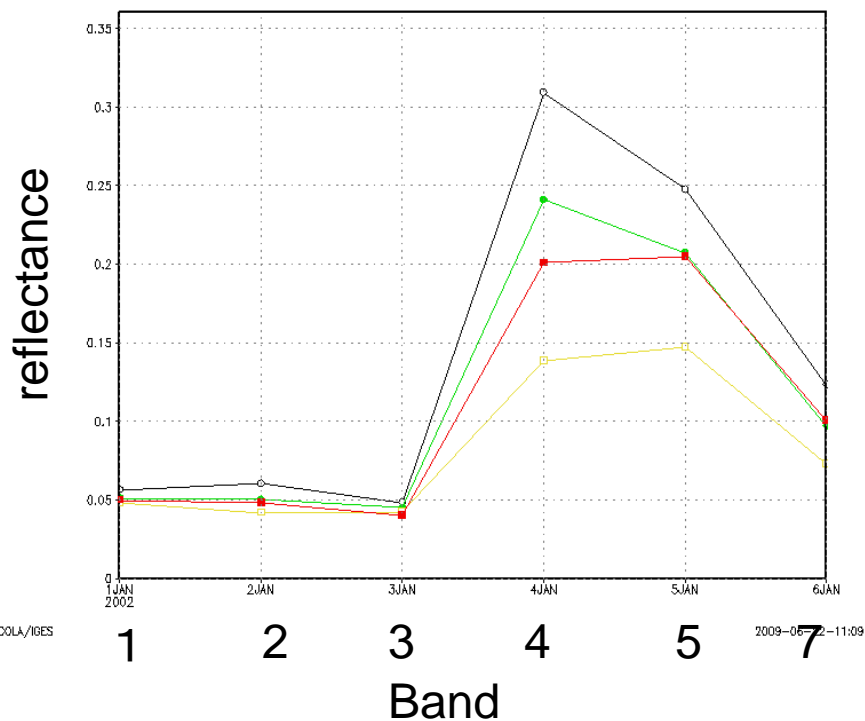
衛星データ前処理ツール

開発方針

- DN値からレイリー放射除去済み反射率に自動変換
- MTL/METファイルのパラメータを自動読み取り
- 今のところLandsat-4以降のTM/ETM+データに対応
 - メタデータの書式が大きく異なるため
 - 将来的にはMSSも含め現在NASAが配布している全Landsatデータを対象にする予定
- IDRISI形式にインポートされたデータを扱う
 - 範囲を切り出しや幾何補正などの前処理データの処理を前提
- なるべく簡単, かつ少ない手動設定項目
- 開発言語: C

正規化法の用例1 ラオス山地植生域

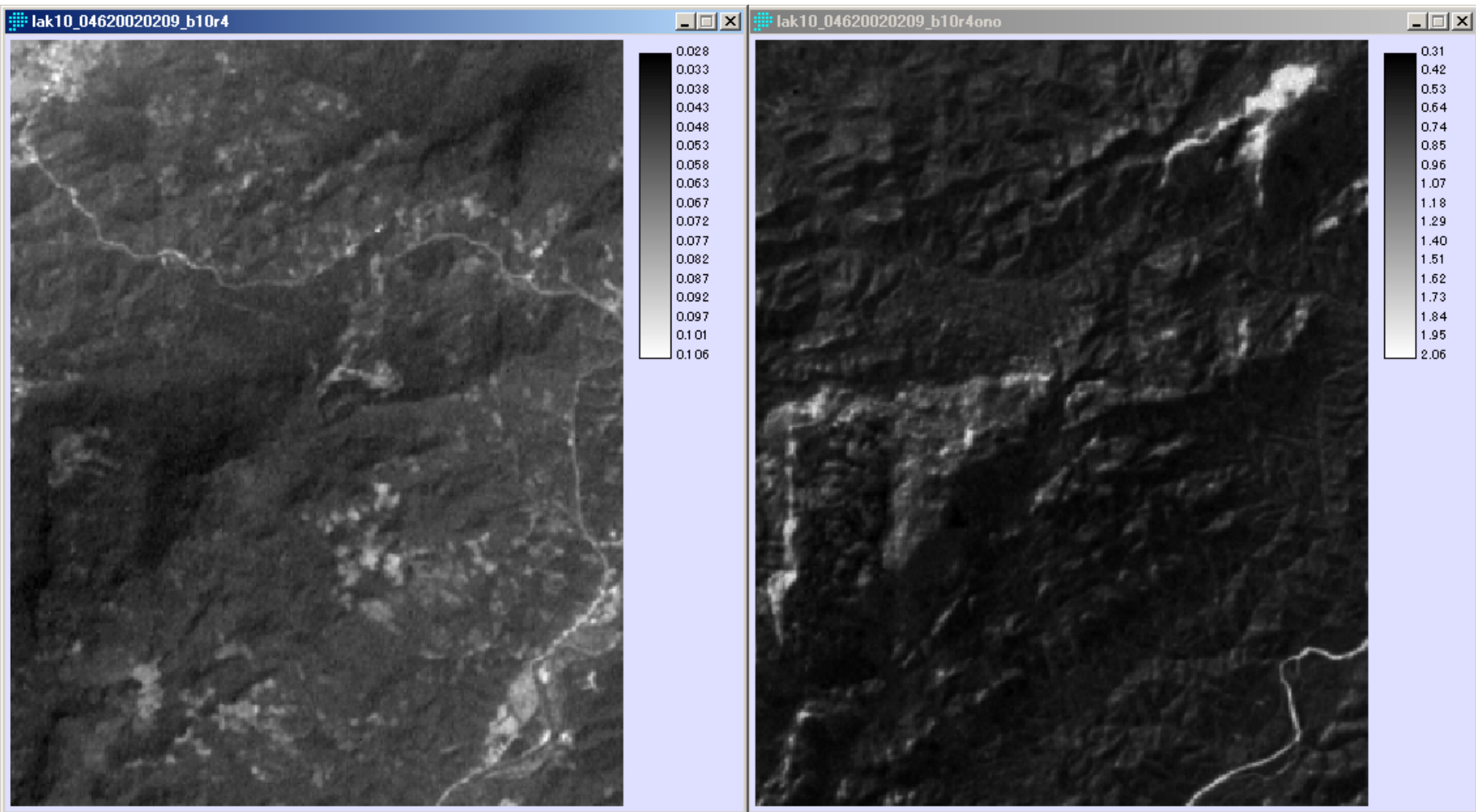
9Feb2002(TCC)



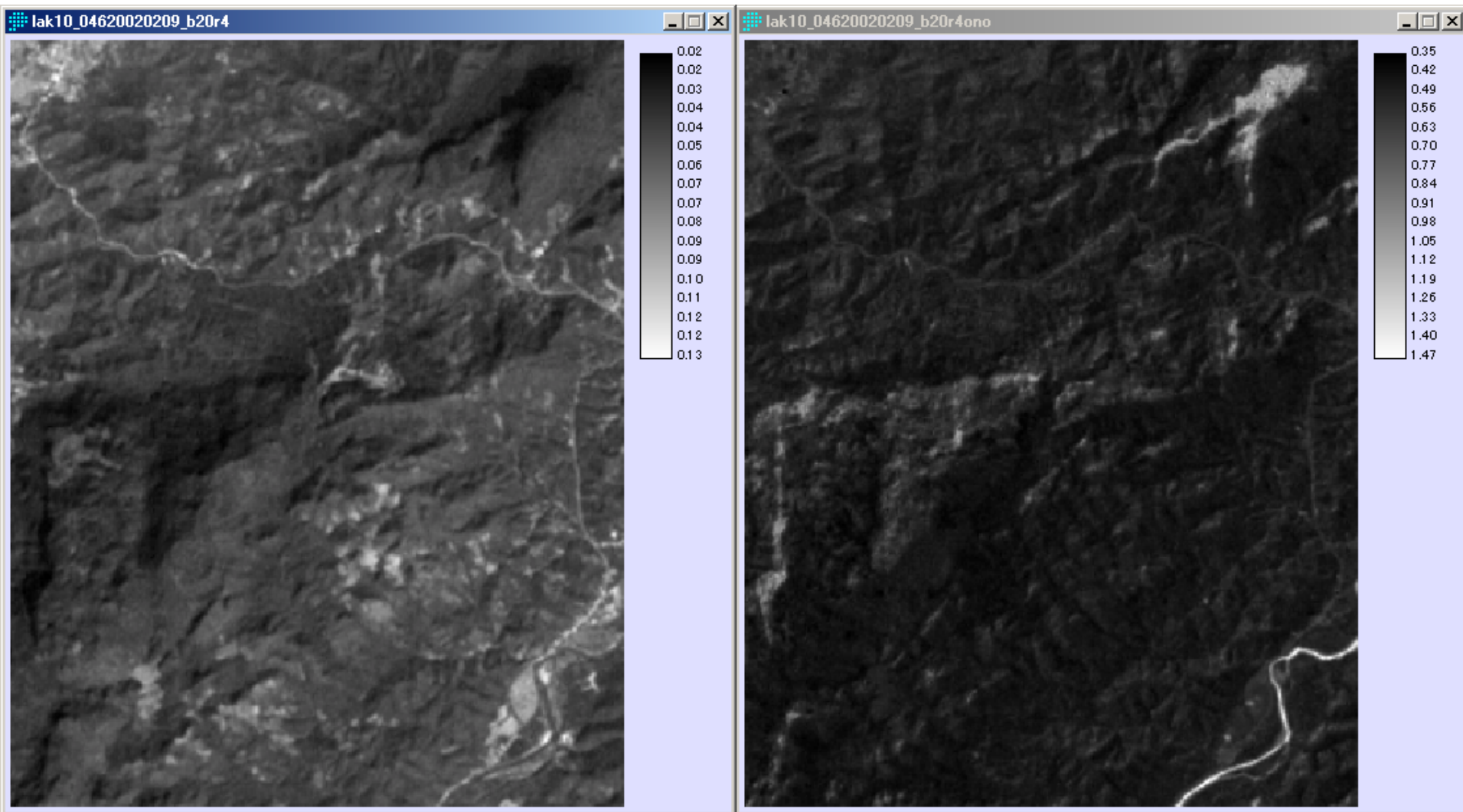
0 0.5 1 2 3 4 Kilometers



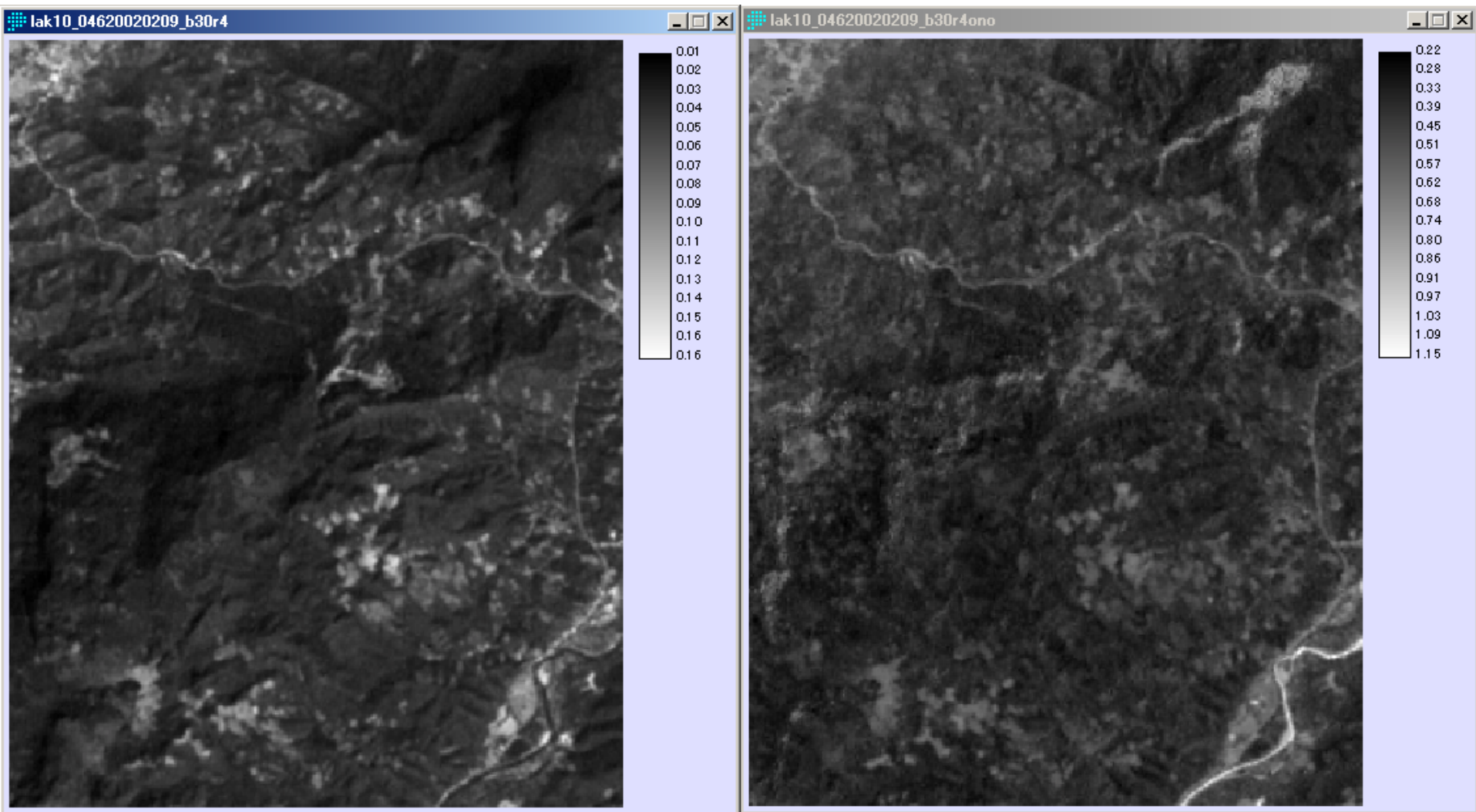
バンド1: (左)正規化前, (右)正規化後



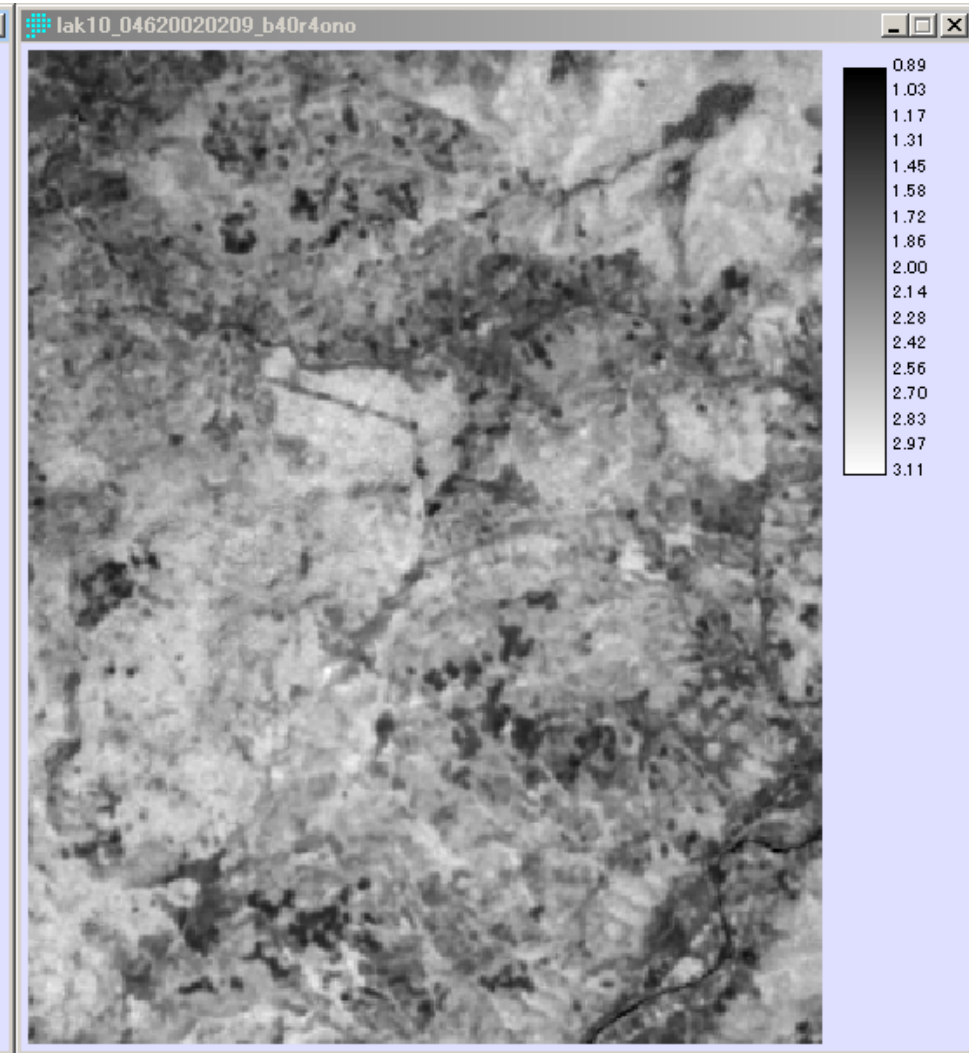
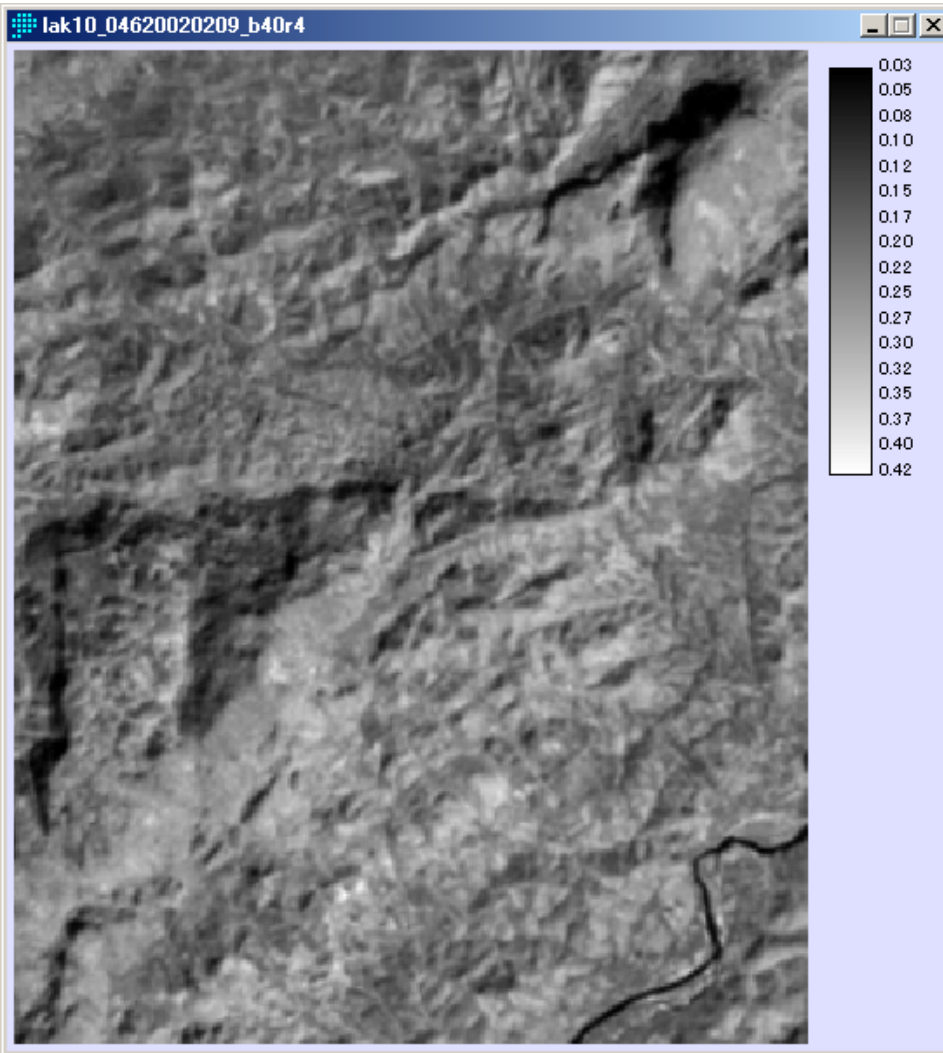
バンド2: (左)正規化前, (右)正規化後



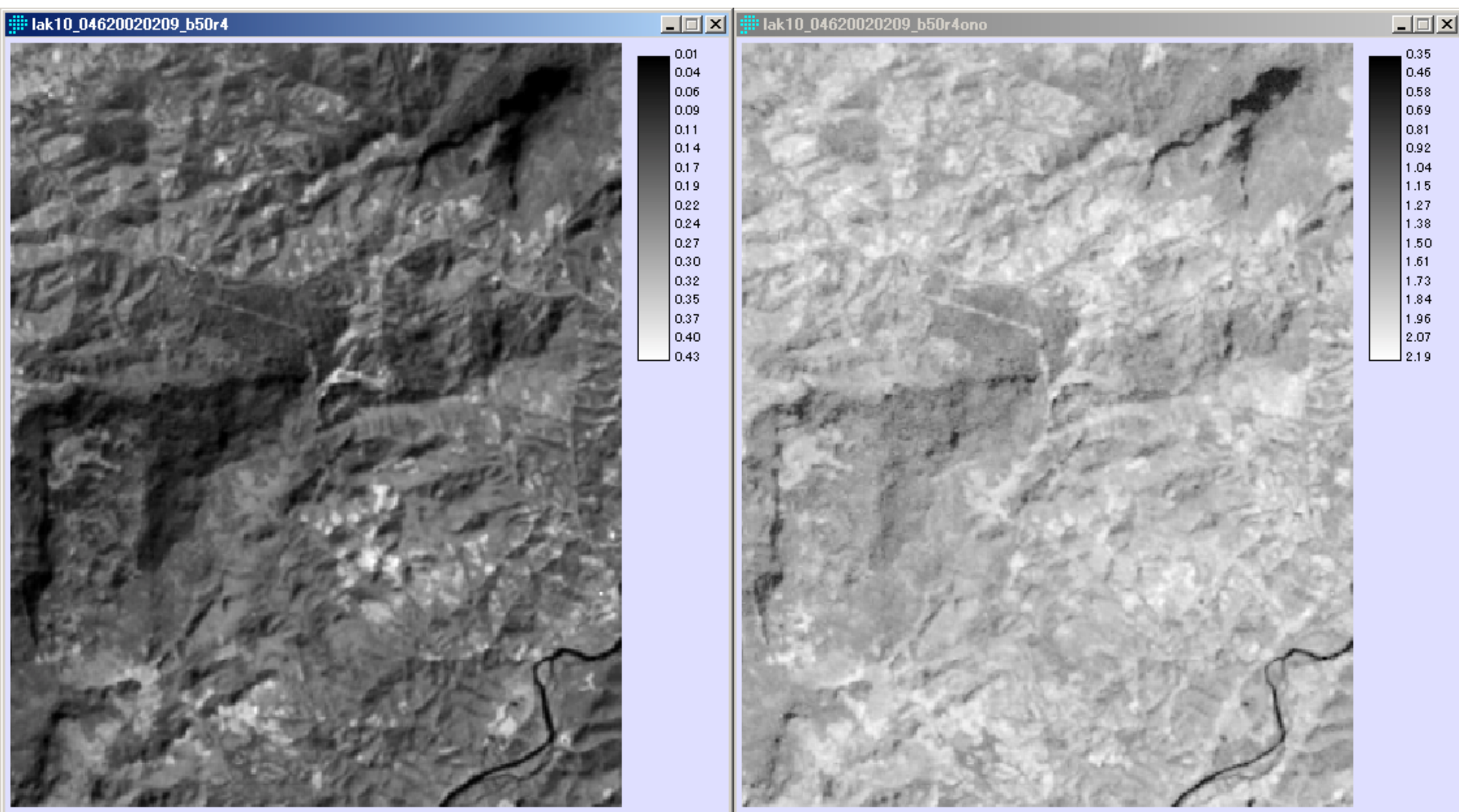
バンド3: (左)正規化前, (右)正規化後



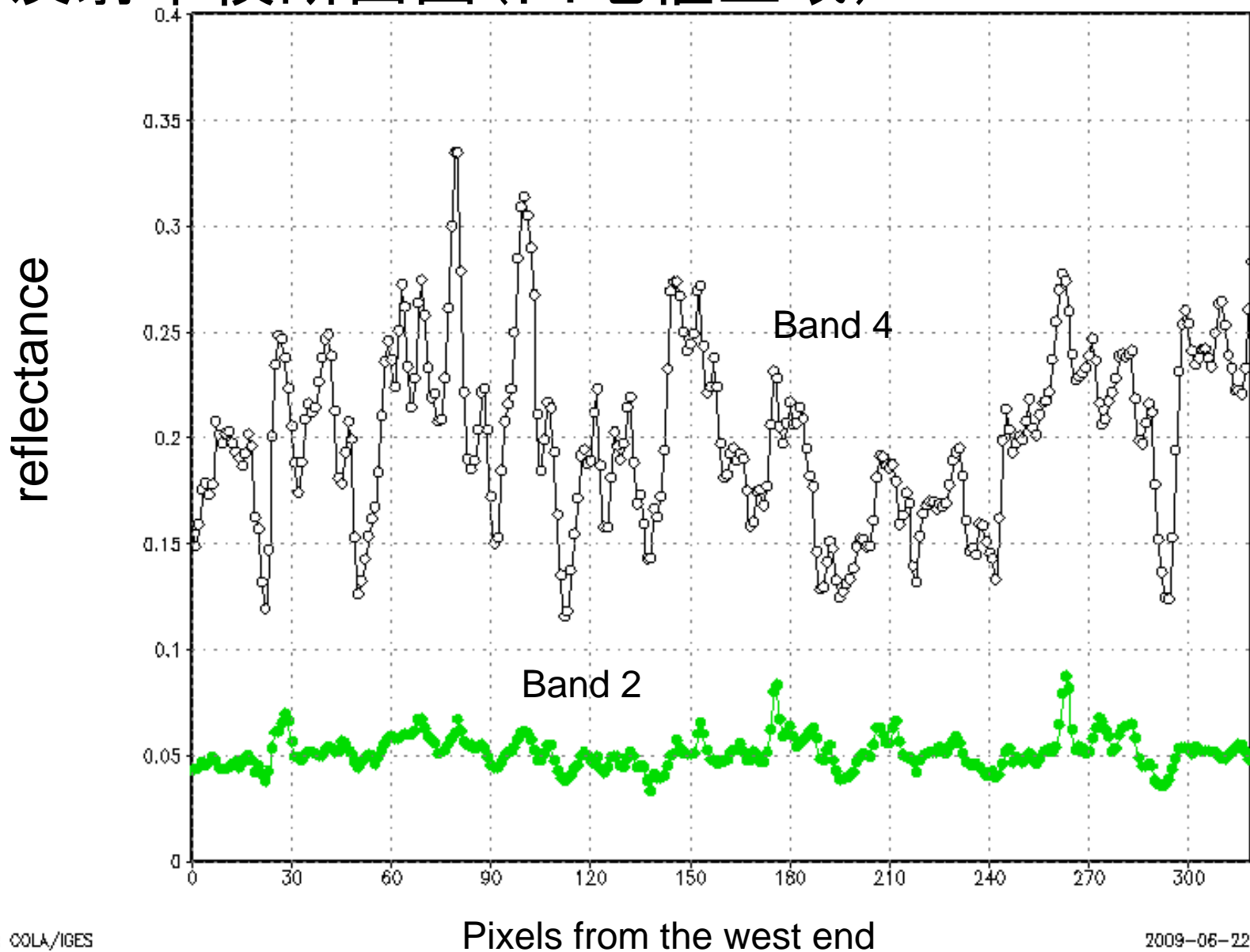
バンド4: (左)正規化前, (右)正規化後



バンド5: (左)正規化前, (右)正規化後

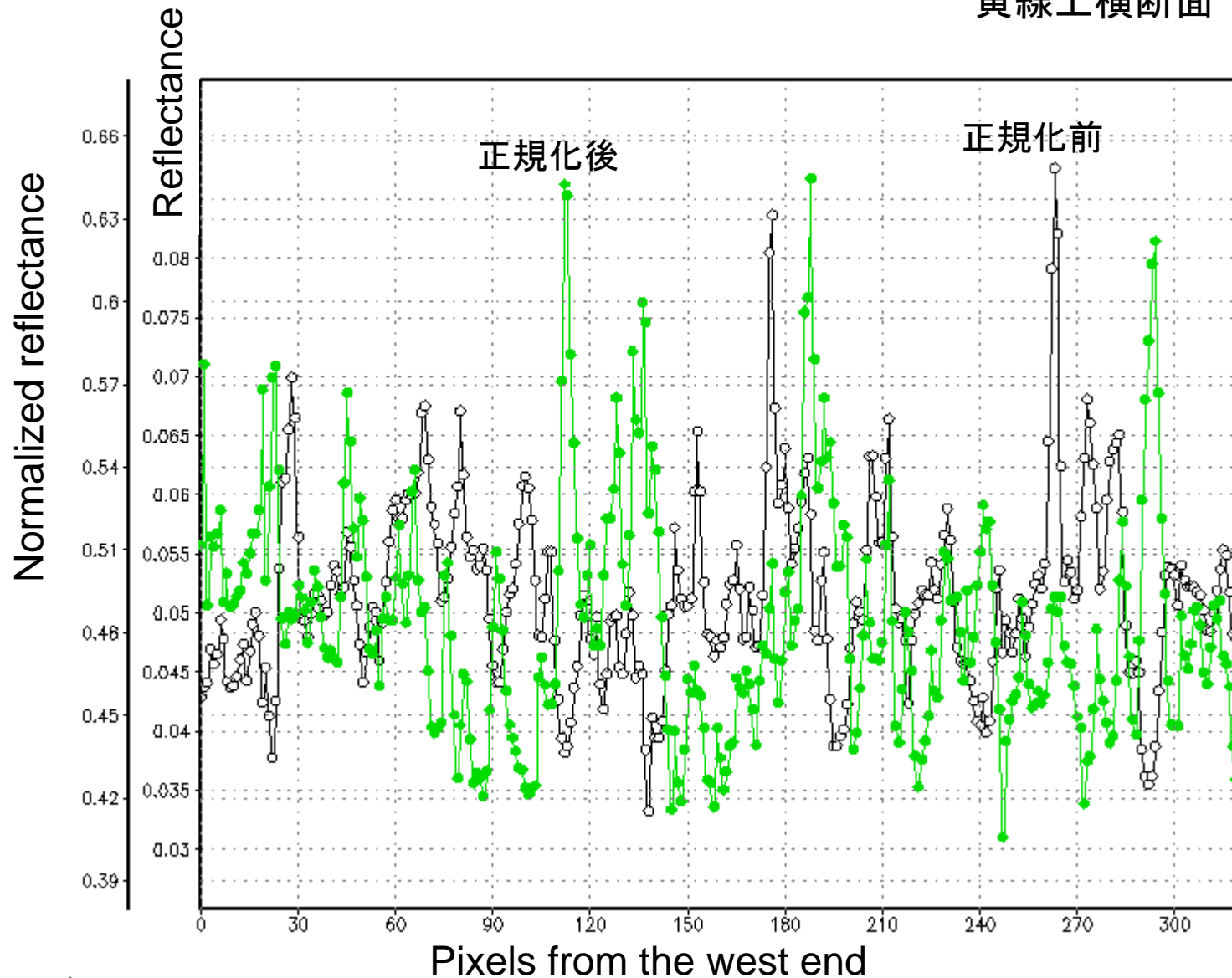


反射率横断面图(山地植生域) 黄線上横断面



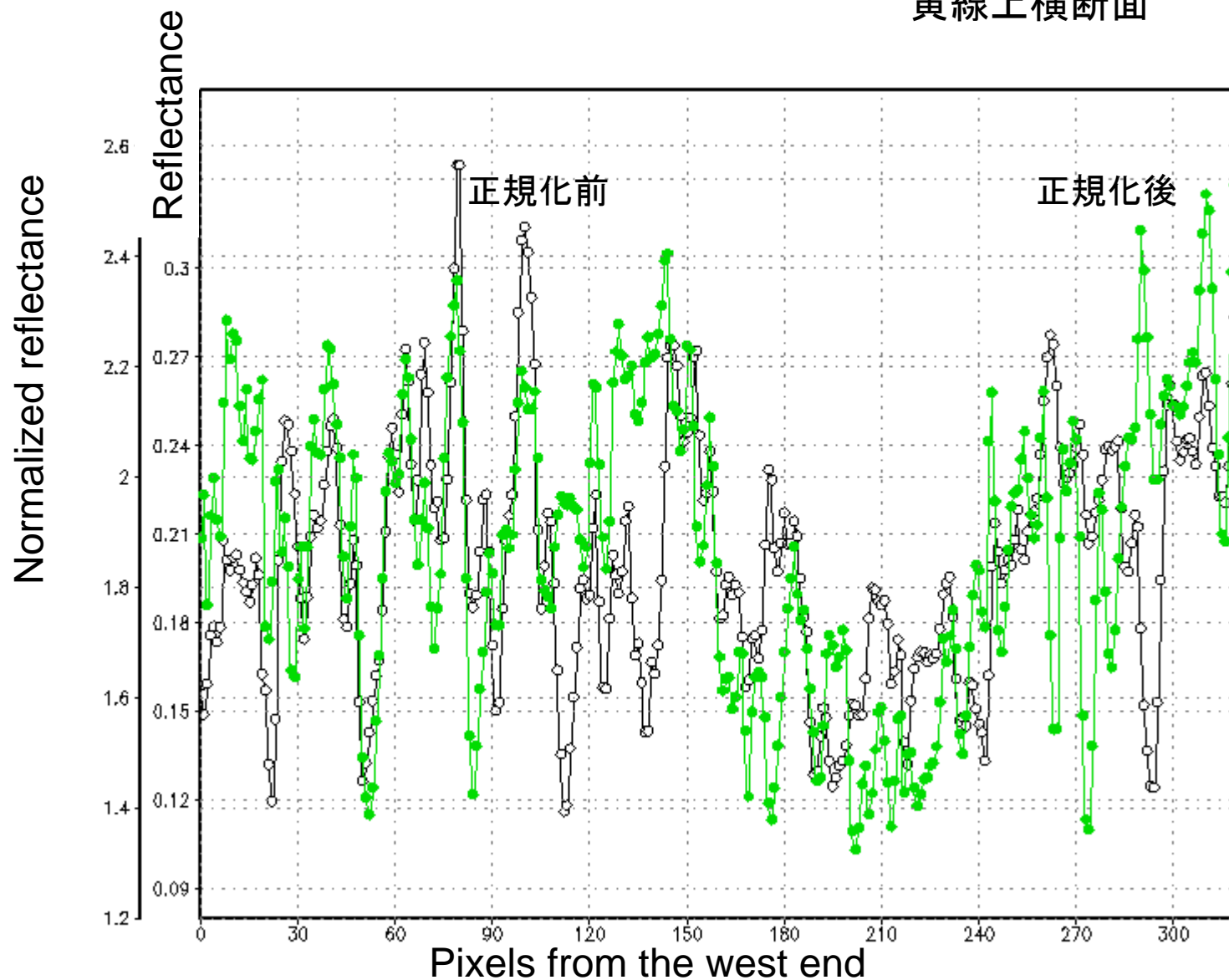
反射率・正規化反射率横断面図(山地植生域) band2

黄線上横断面



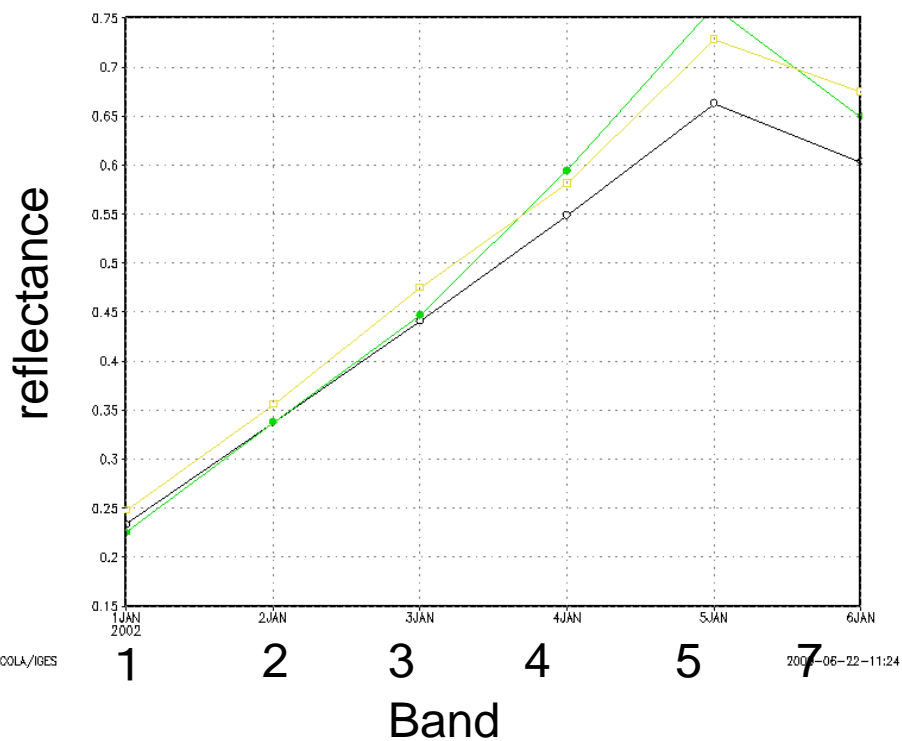
反射率・正規化反射率横断面図(山地植生域) band4

黄線上横断面



正規化法的用例2

アフガニスタン裸地山岳域

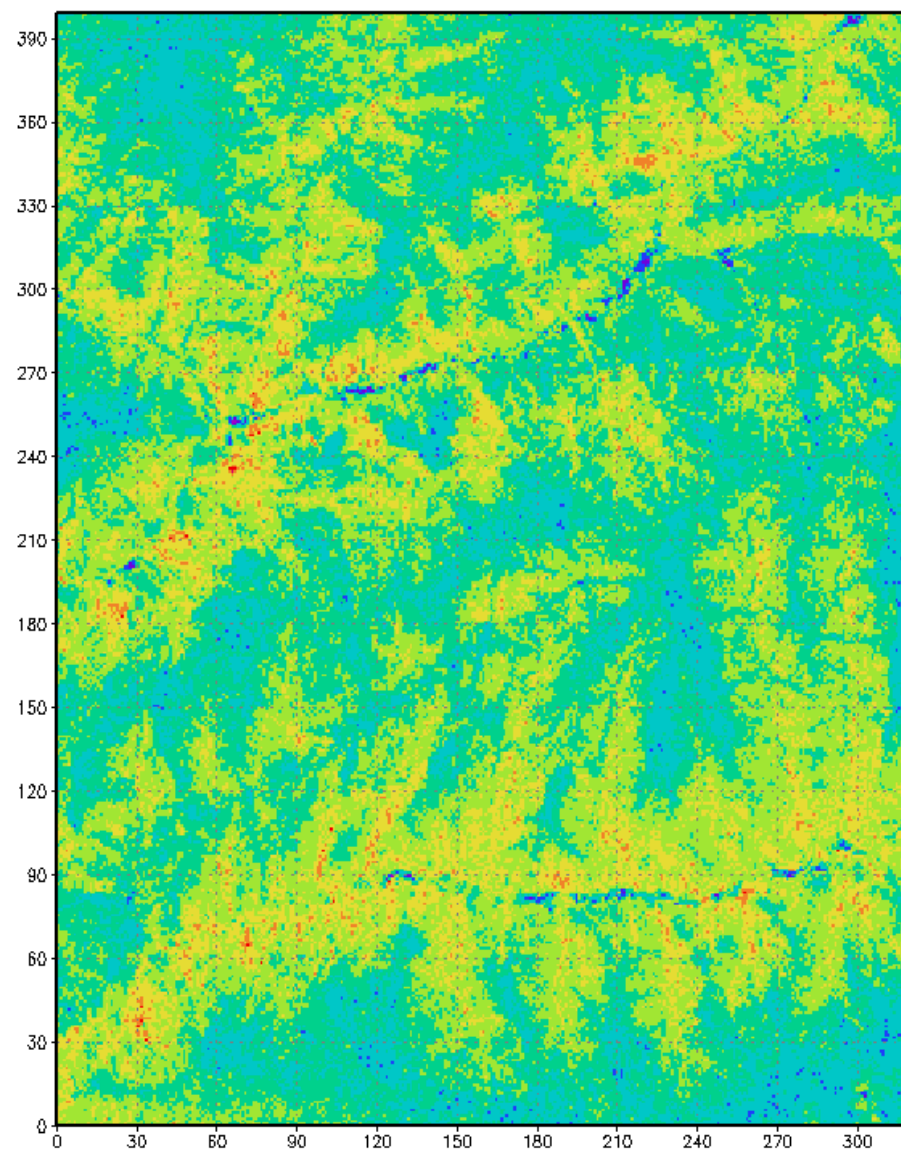
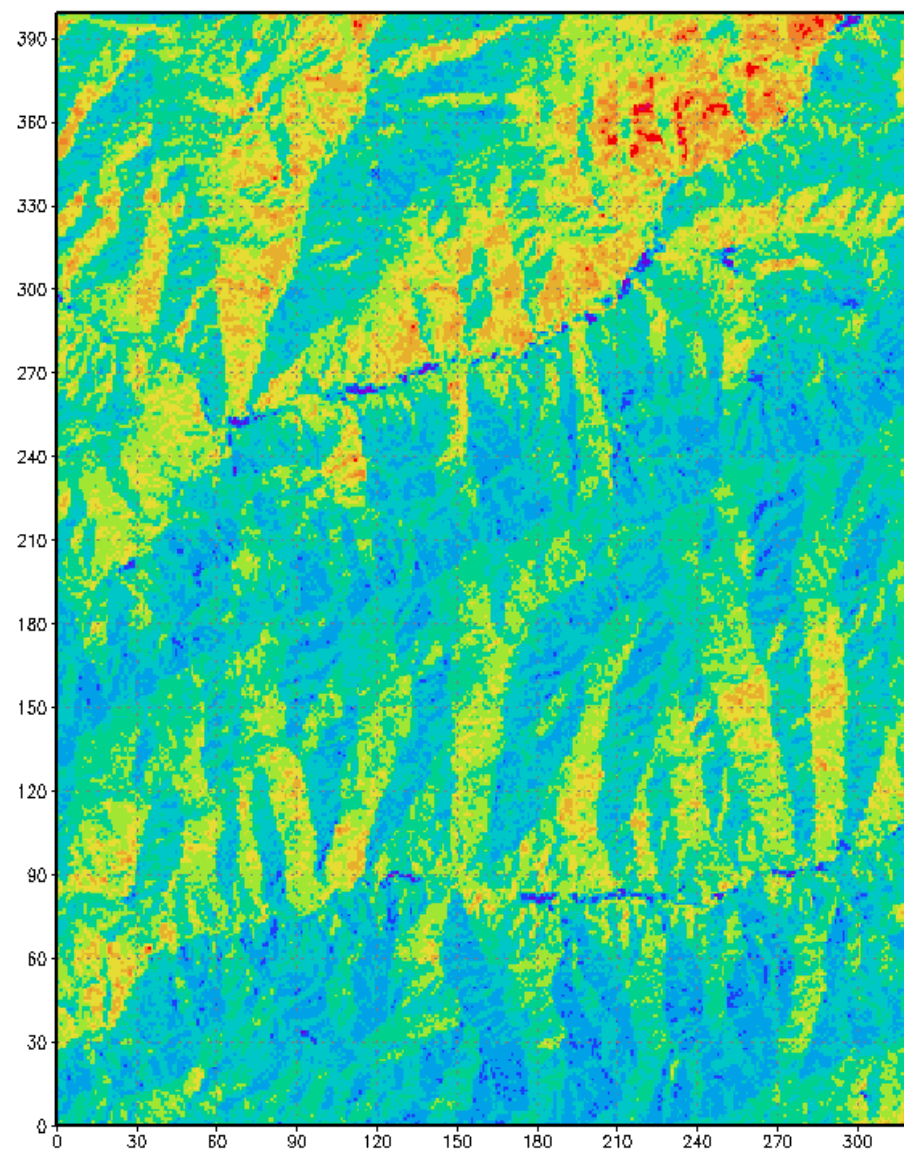


GRADS: COLA/IGES

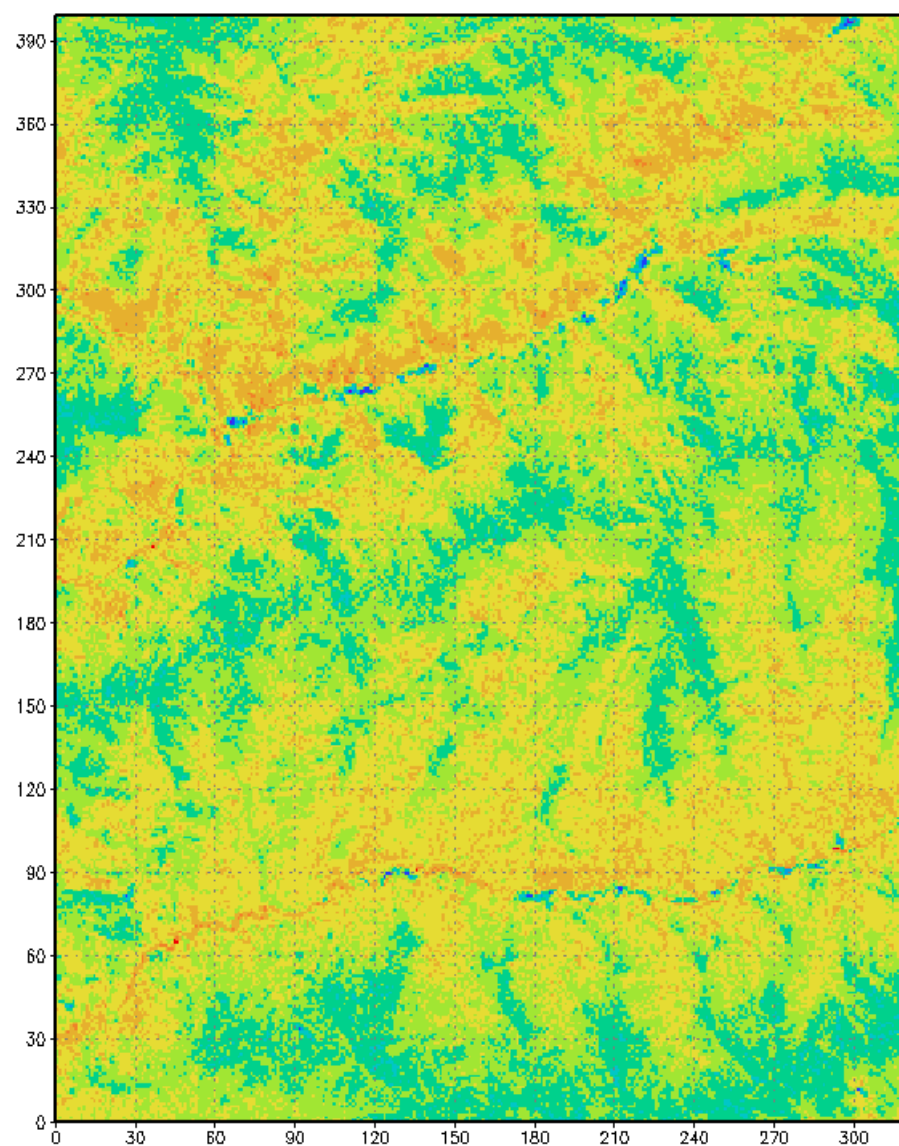
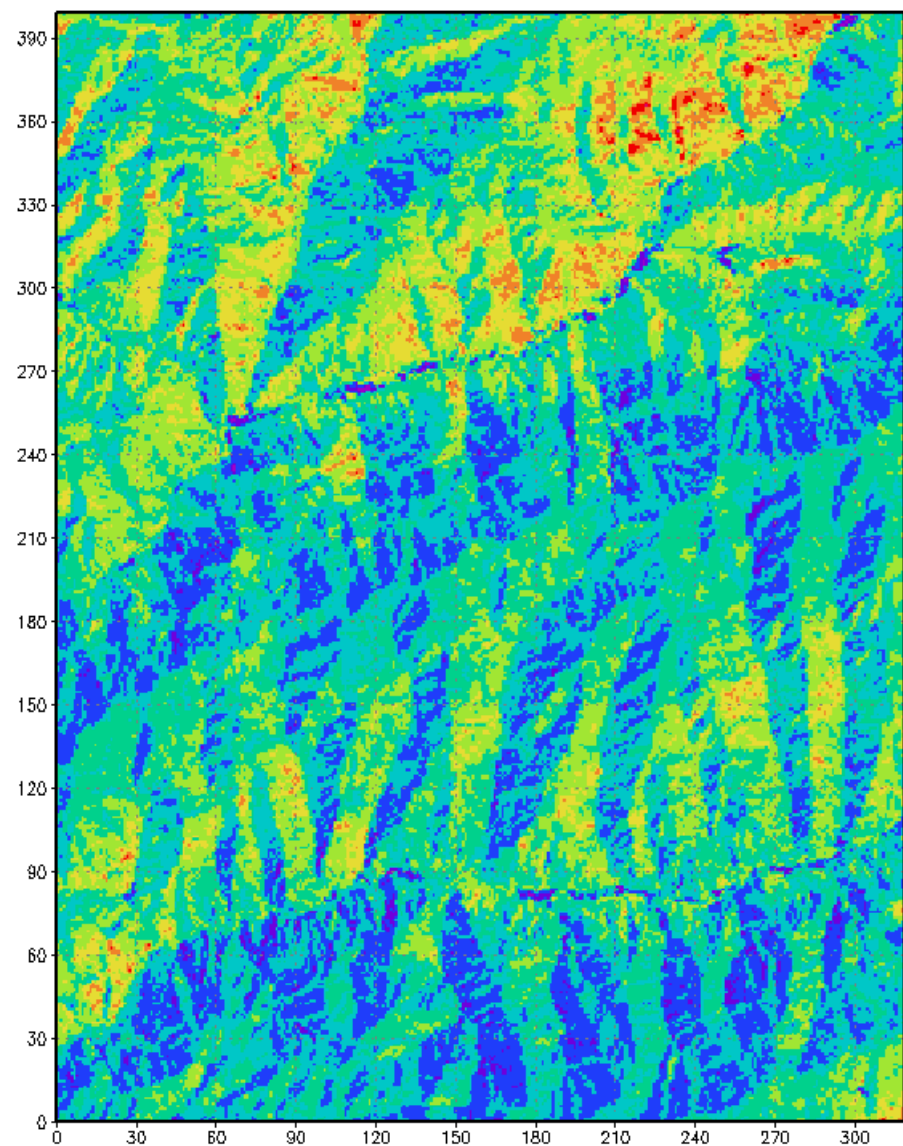
2004-06-22-11:24



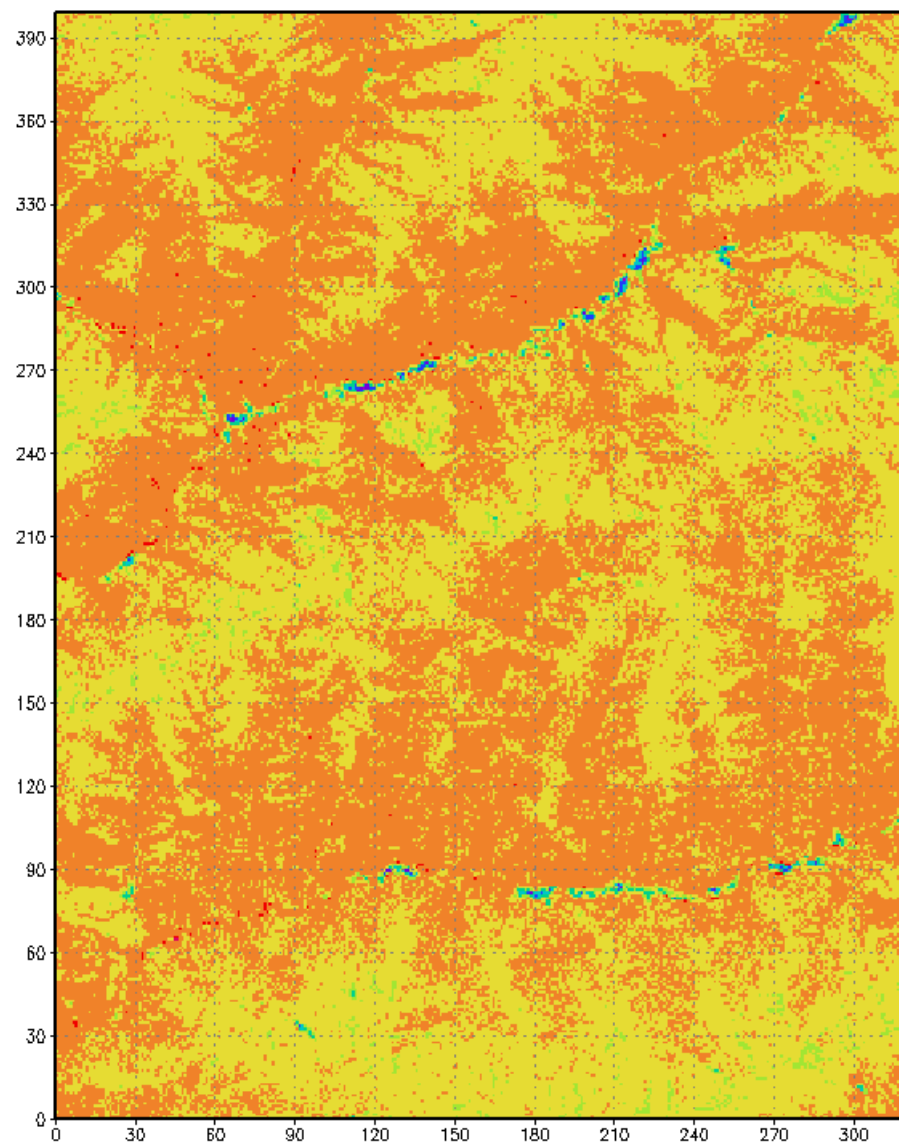
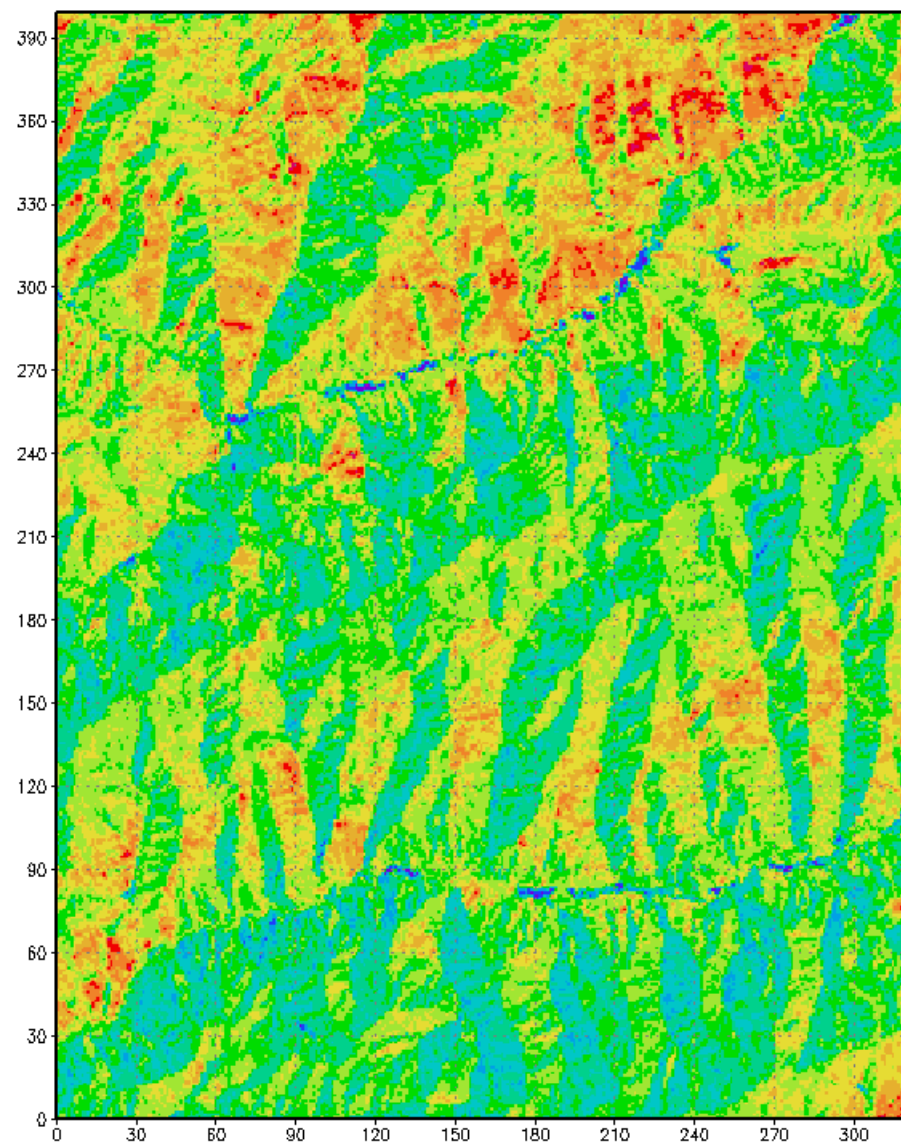
Band 1 (左: 正規化前, 右: 正規化後)



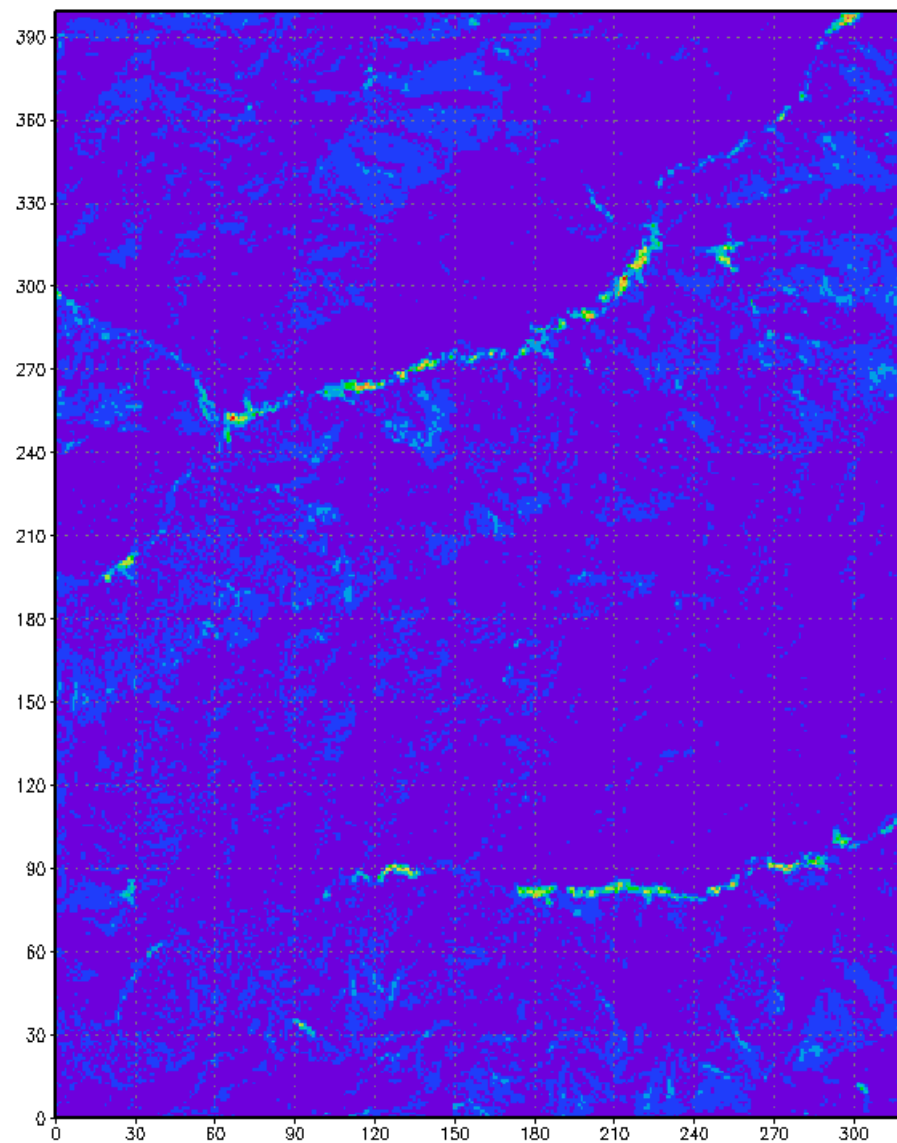
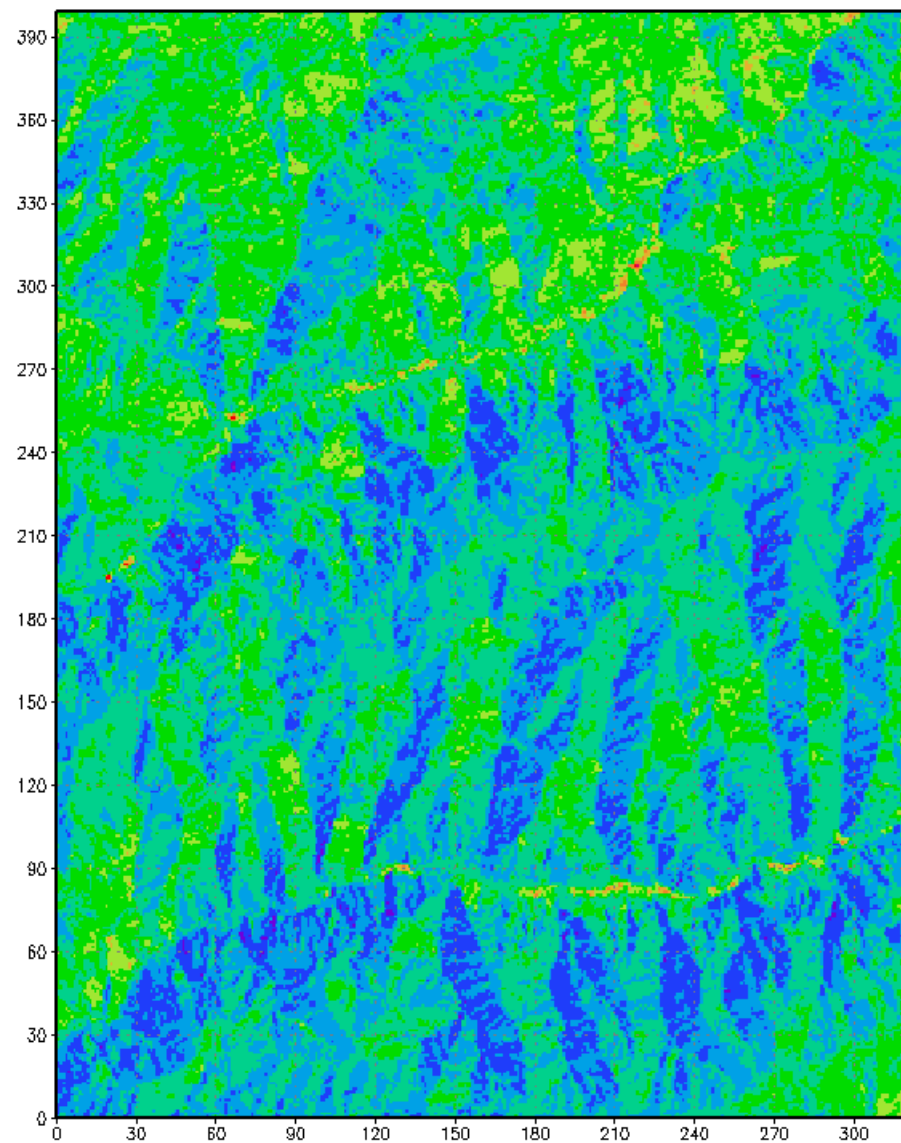
Band 2 (左:正規化前, 右:正規化後)



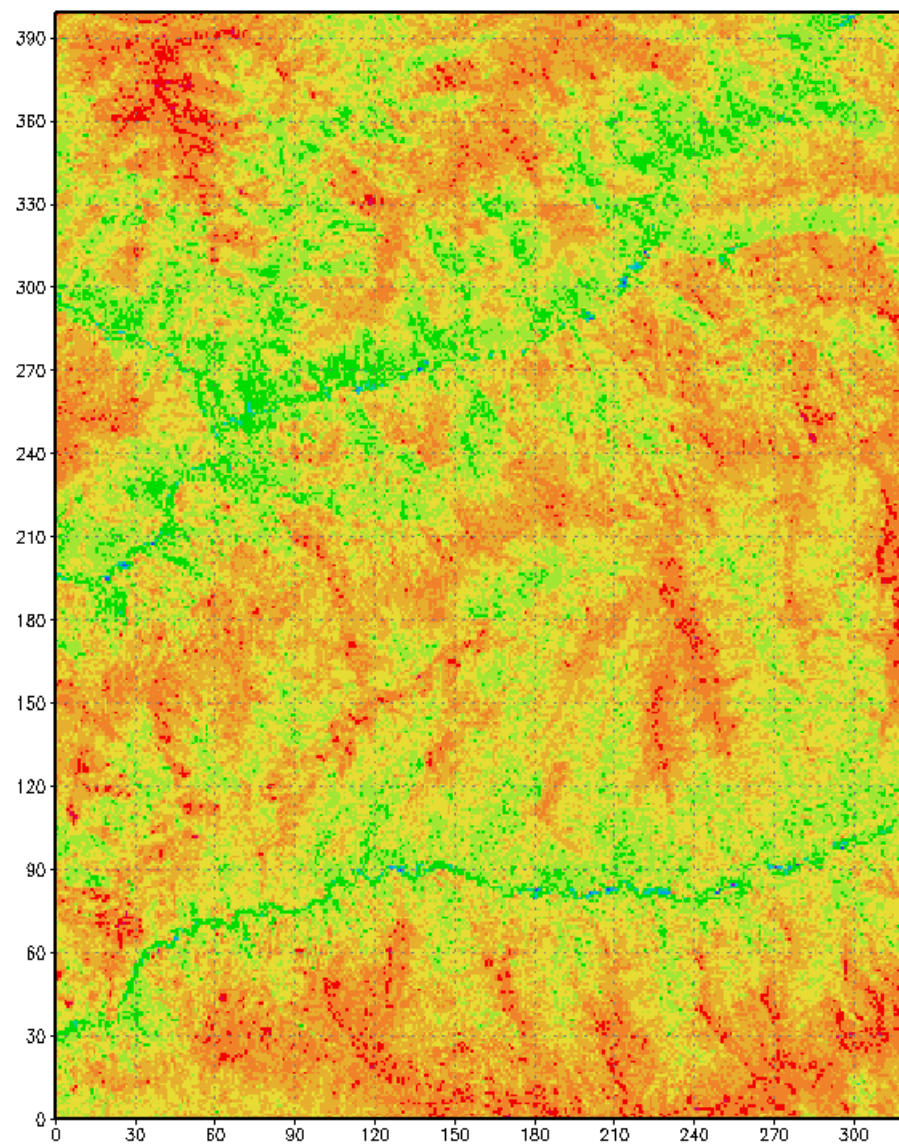
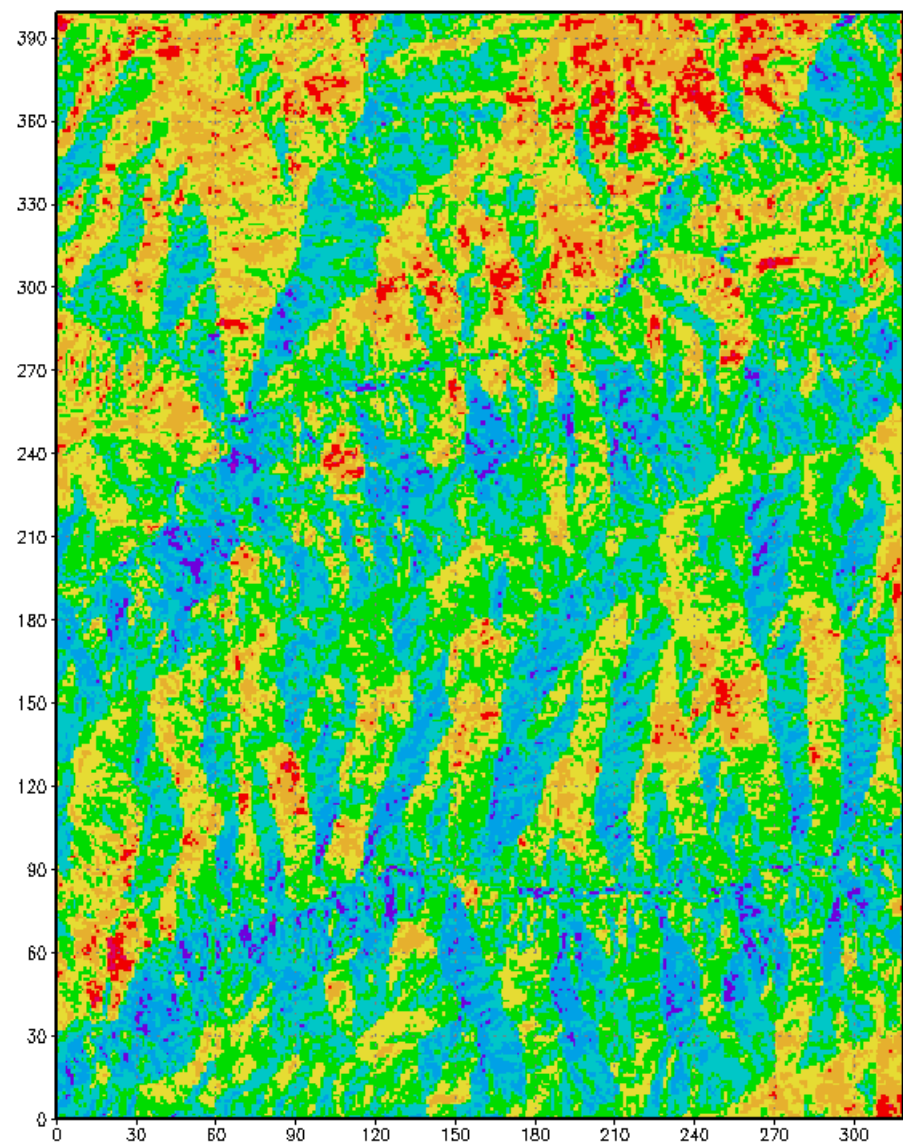
Band 3 (左:正規化前, 右:正規化後)



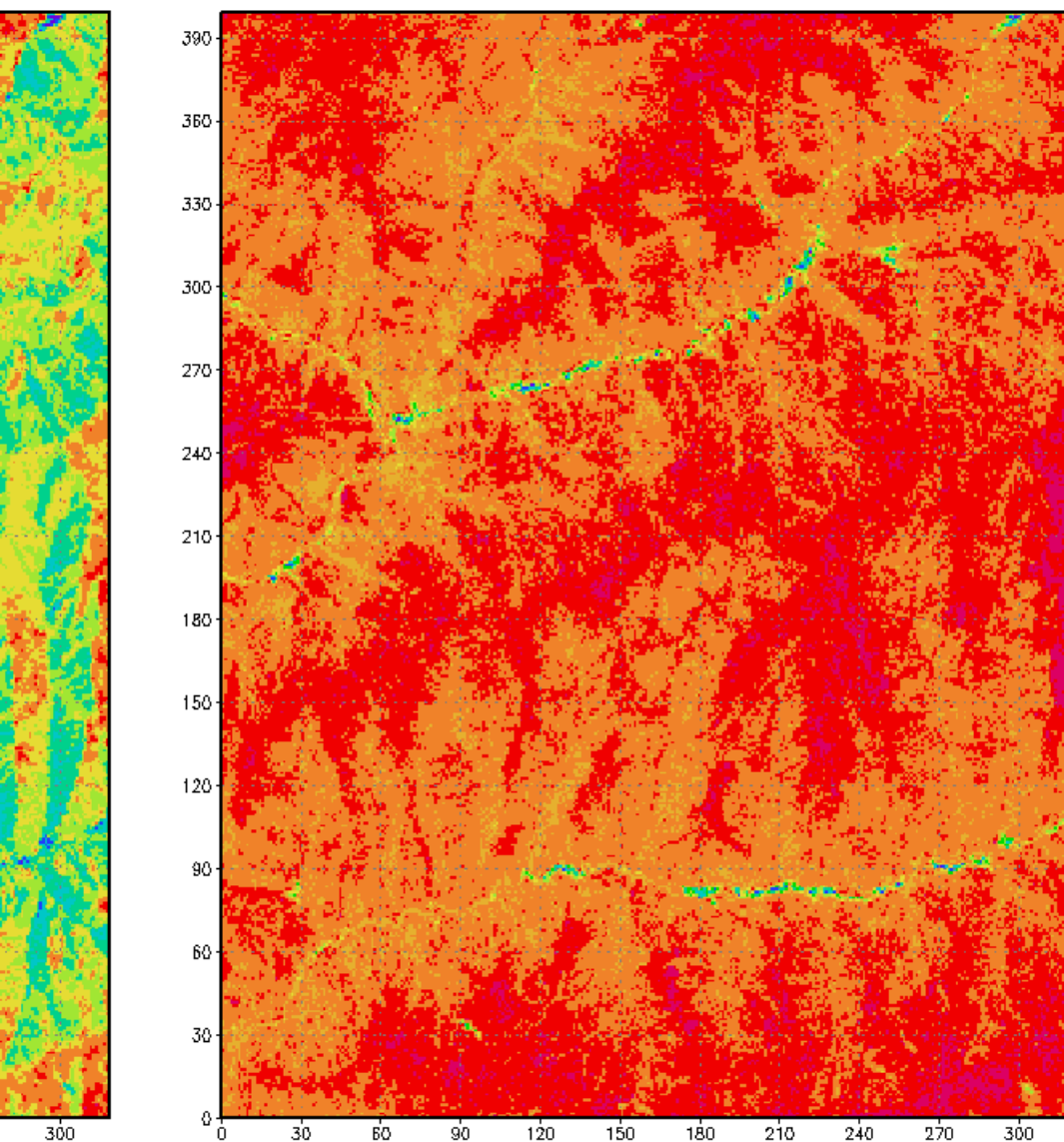
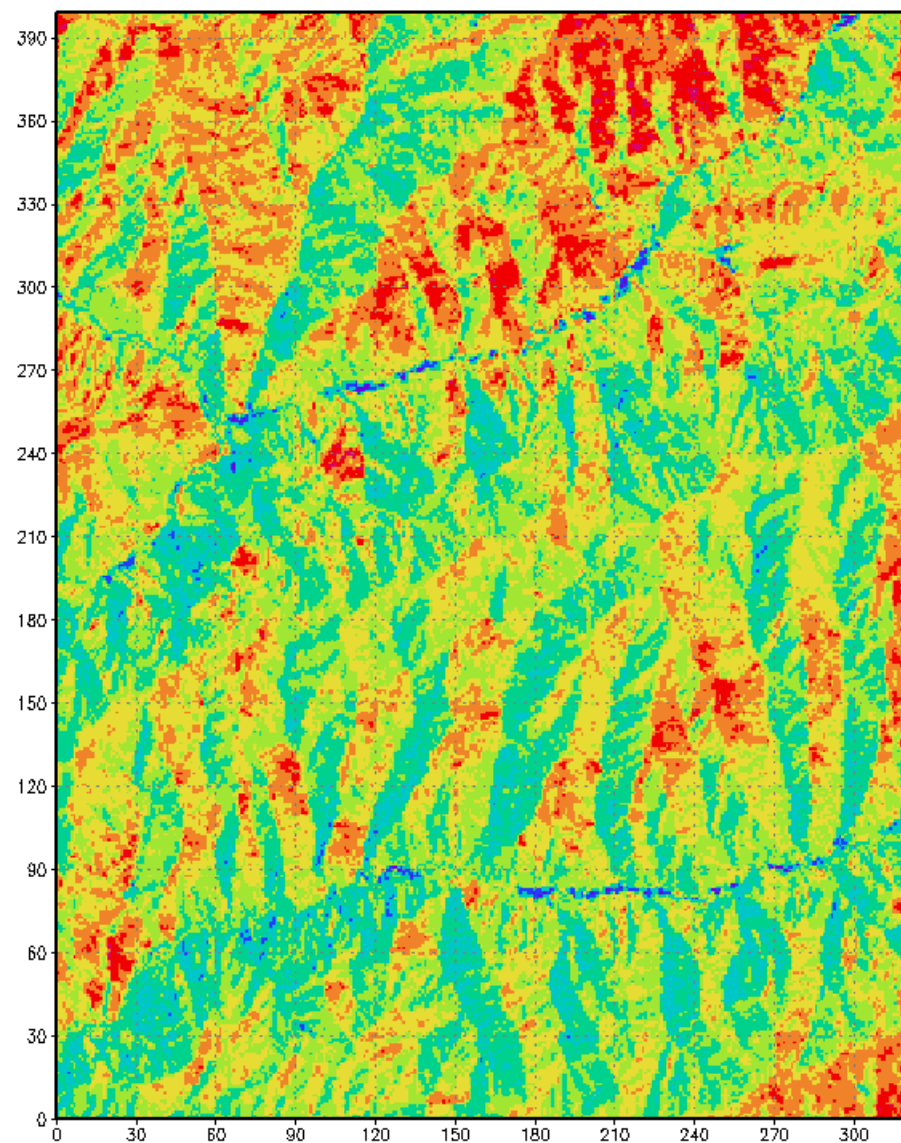
Band 4 (左:正規化前, 右:正規化後)



Band 5 (左:正規化前, 右:正規化後)

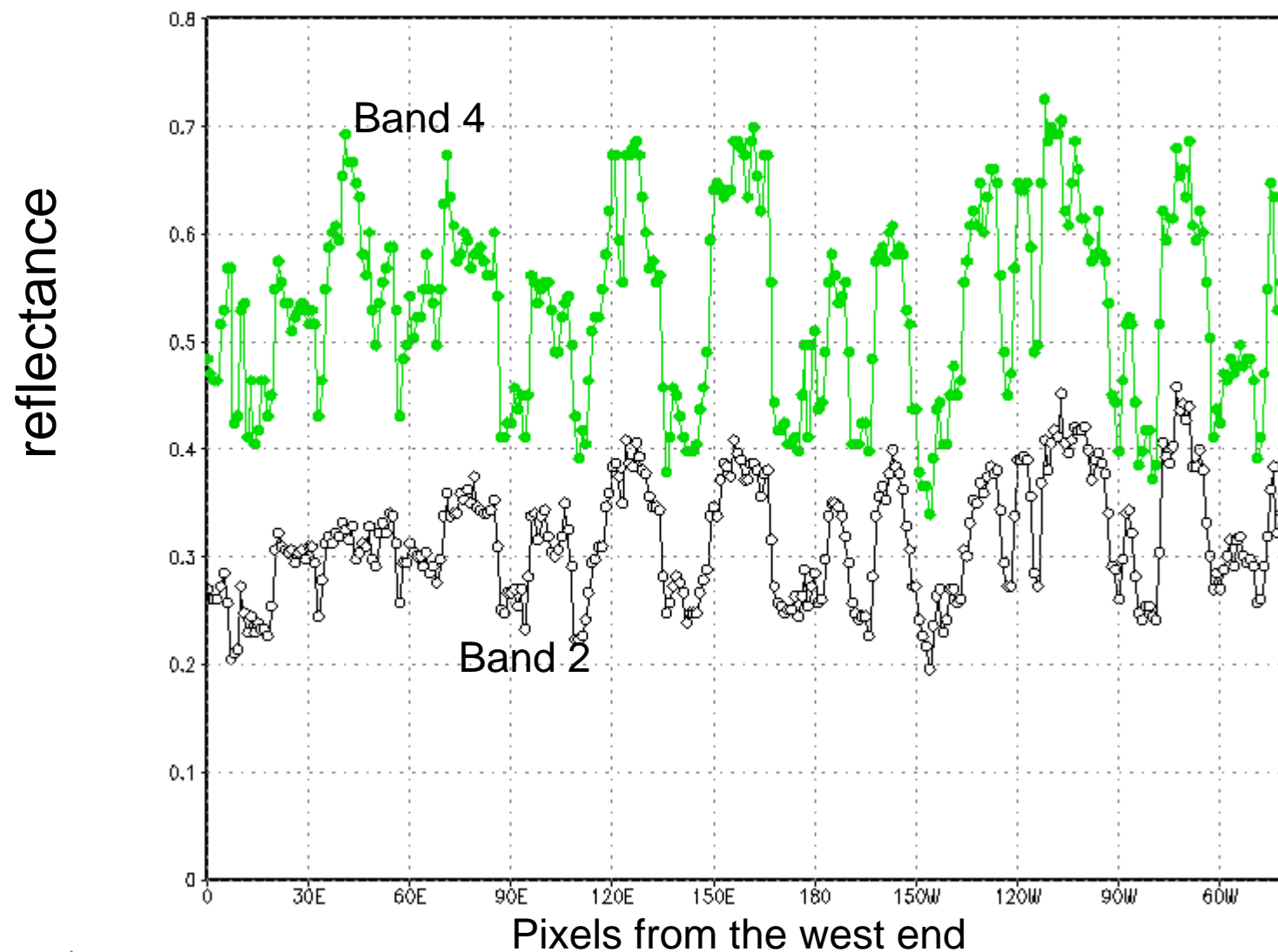


Band 7 (左:正規化前, 右:正規化後)



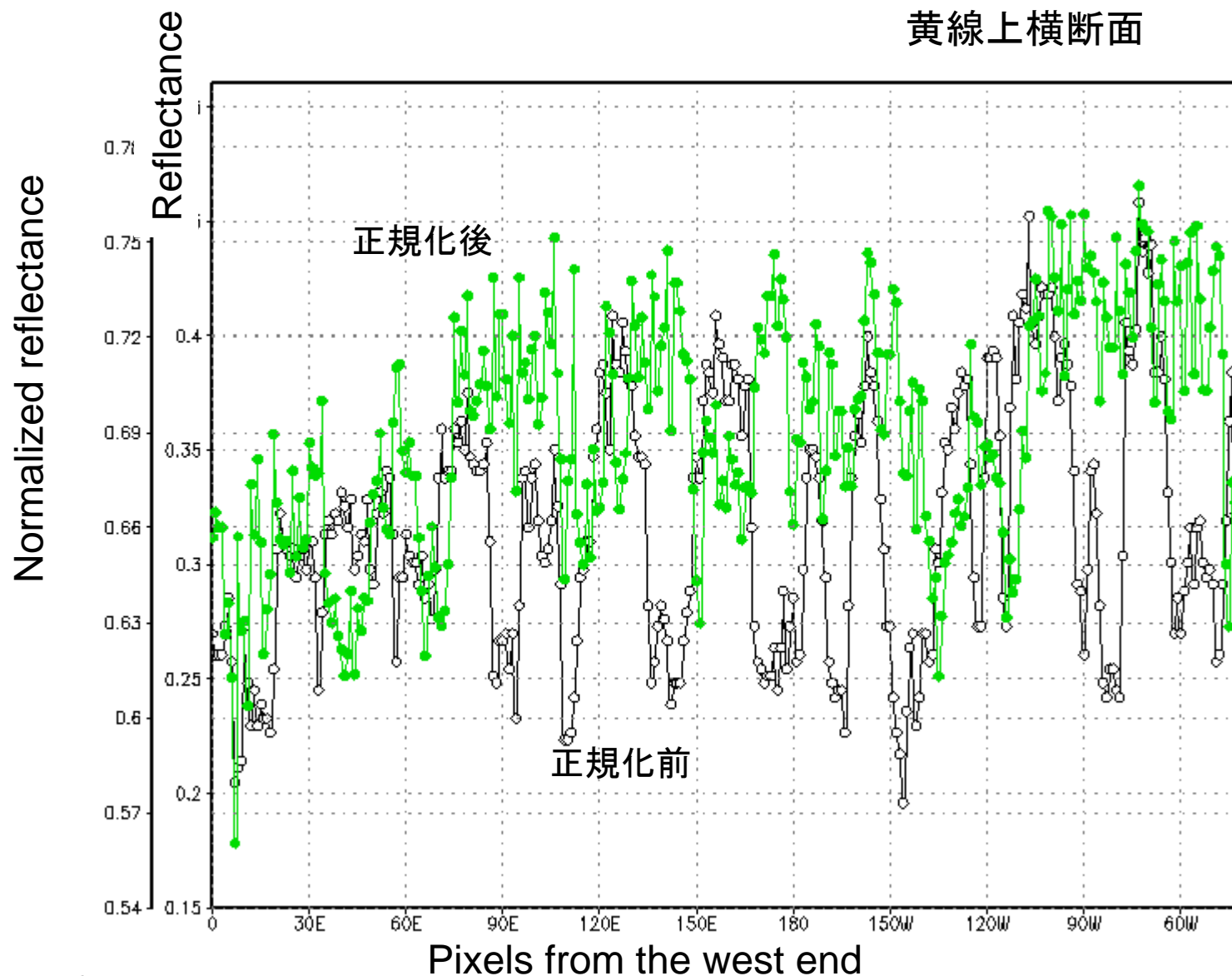
反射率横断面図(山地裸地域)

黄線上横断面



反射率・正規化反射率横断面図(山地裸地域) Band2

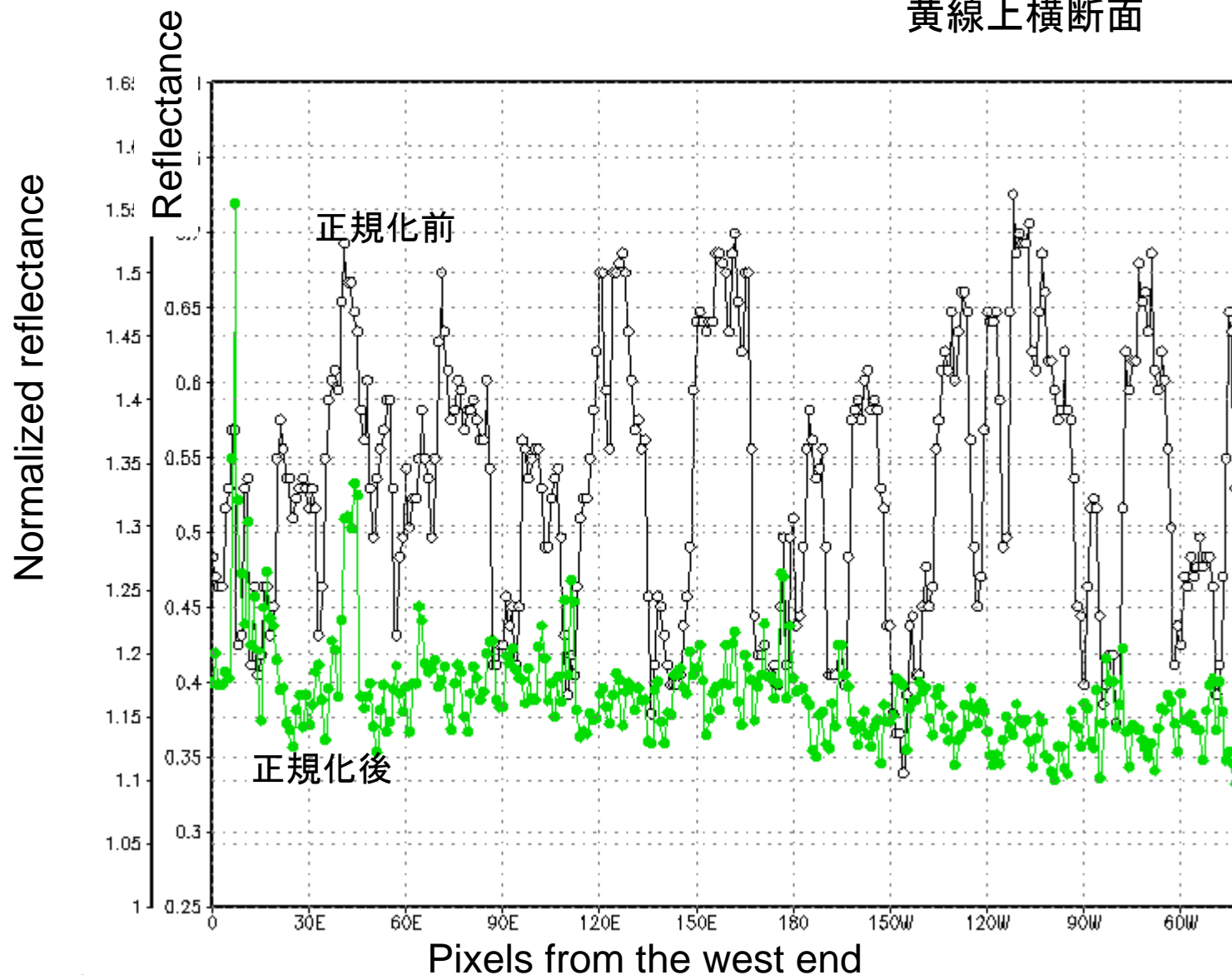
黄線上横断面



反射率・正規化反射率横断面図(山地裸地域)

Band4

黄線上横断面



正規化法使用の留意点と可能性

- 植生域ではバンド3および4に対して高い効果が得られた。
 - B4とB3のみを用いた現行のNDVIの代替として期待される
- 裸地ではすべてのバンドに対して高い補正効果が得られた。
- すべての対象地域ですべてのバンドに有効とは限らない。
 - ランベルト反射面ではすべてのバンドに有効？
- DEMを用いずにすむ分、地形図整備が不十分な途上国をはじめ適用範囲は広い
- すべての場面で完璧でないことを前提とすれば、簡易でもあり可能性は大きい

正規化法関連論文(抜粋)

- **バンド和で正規化したスペクトルを用いた植生指数の開発** 2、小野朗子 (地球観測研究セ)、小野厚夫 (大手前大)
- **バンド和で正規化したスペクトルを用いた植生指数の開発 III—カゲ指数の開発—**、小野朗子 (地球観測利用推進セ)、小野厚夫 (日本リモートセンシング学会)
- **バンド和による正規化スペクトルの応用**、小野朗子 (千葉大)、小野厚夫 (大手前大)
- **バンド和によるスペクトルの正規化法とその応用** 小野朗子 (千葉大 環境リモートセンシング研セ)、梶原康司 (千葉大 環境リモートセンシング研セ)、本多嘉明 (千葉大 環境リモートセンシング研セ)
- **Landsat/TMデータを用いたバンド和によるスペクトルの正規化** II、小野朗子 (千葉大)、小野厚夫 (大手前大)
- **バンド和で正規化したスペクトルを用いた植生解析** 小野朗子 (千葉大 環境リモートセンシング研セ)、梶原康司 (千葉大 環境リモートセンシング研セ)、本多嘉明 (千葉大 環境リモートセンシング研セ)
- **バンド和で正規化したスペクトルとNDVI(II)**、小野朗子 (千葉大)、小野厚夫 (大手前大)
- **バンド和による正規化スペクトルの応用(II)**、小野朗子 (宇宙航空研究開発機構 地球観測利用推進セ)、小野厚夫 (大手前大)