

陸域生態系研究における 先進光学衛星への期待

筑波大学 奈佐原 顕郎

提言: ALOSデータの完全無料公開を!
Landsat, ASTERに負けるな!

なぜ土地被覆なのか？

土地被覆とその変化は、温室効果ガスの主要な排出・吸収源！
しかも、よくわかっていない！

AFOL (Agriculture, Forest, and Other Land Use) 農林業・その他の土地被覆



- AFOLU部門は、正味の人為起源のGHG排出量の約1/4を占め、森林減少と土壌・施肥管理、家畜由来の農業の排出が主。
- AFOLU部門の過去の正味の排出量における不確実性は他の部門より大きい。

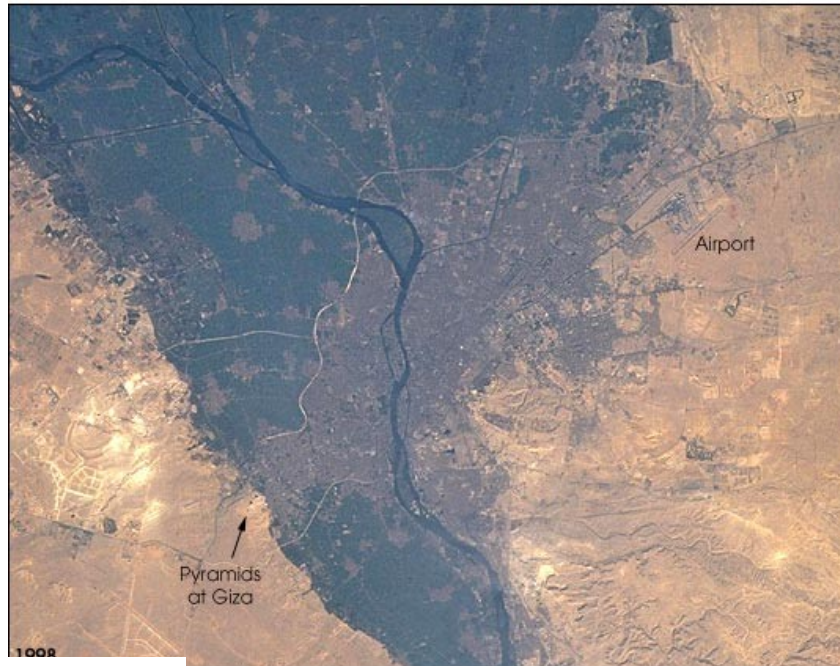
... IPCC AR5 WG3 SPM p.24

IPCC AR5 (環境省による翻訳・抜粋)

都市化 urbanization



1965

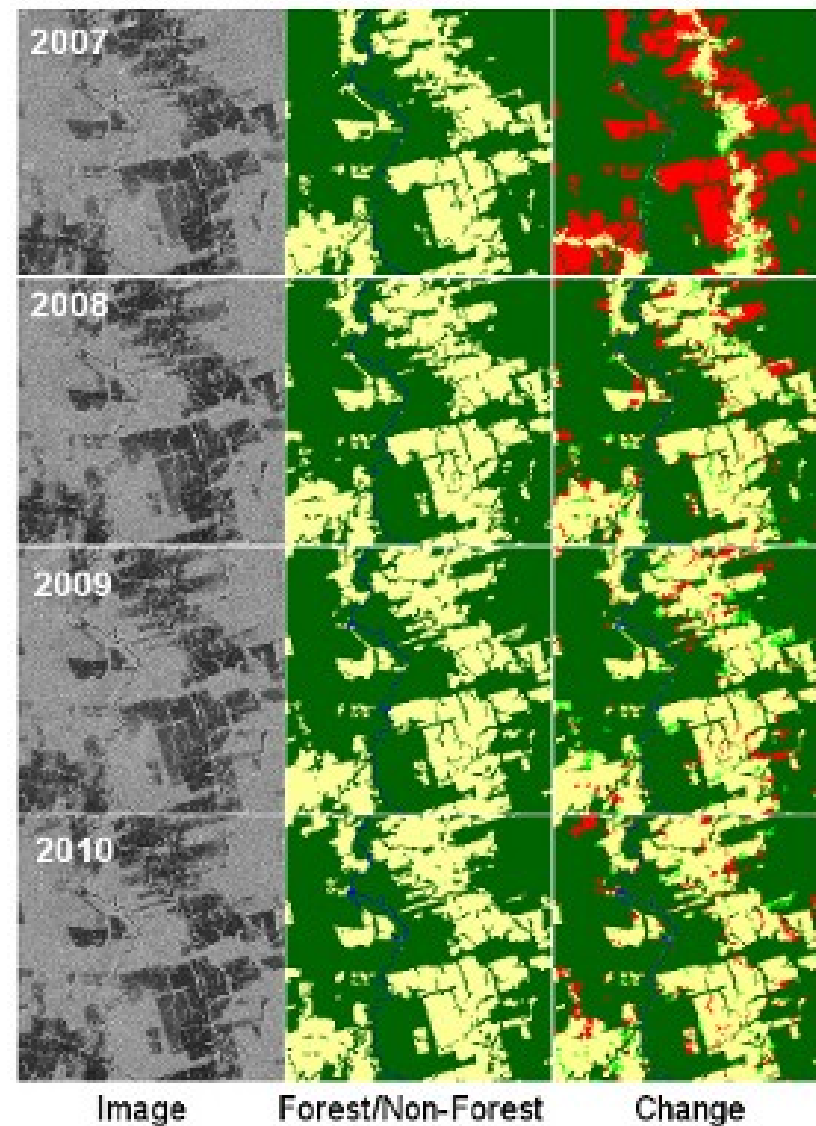
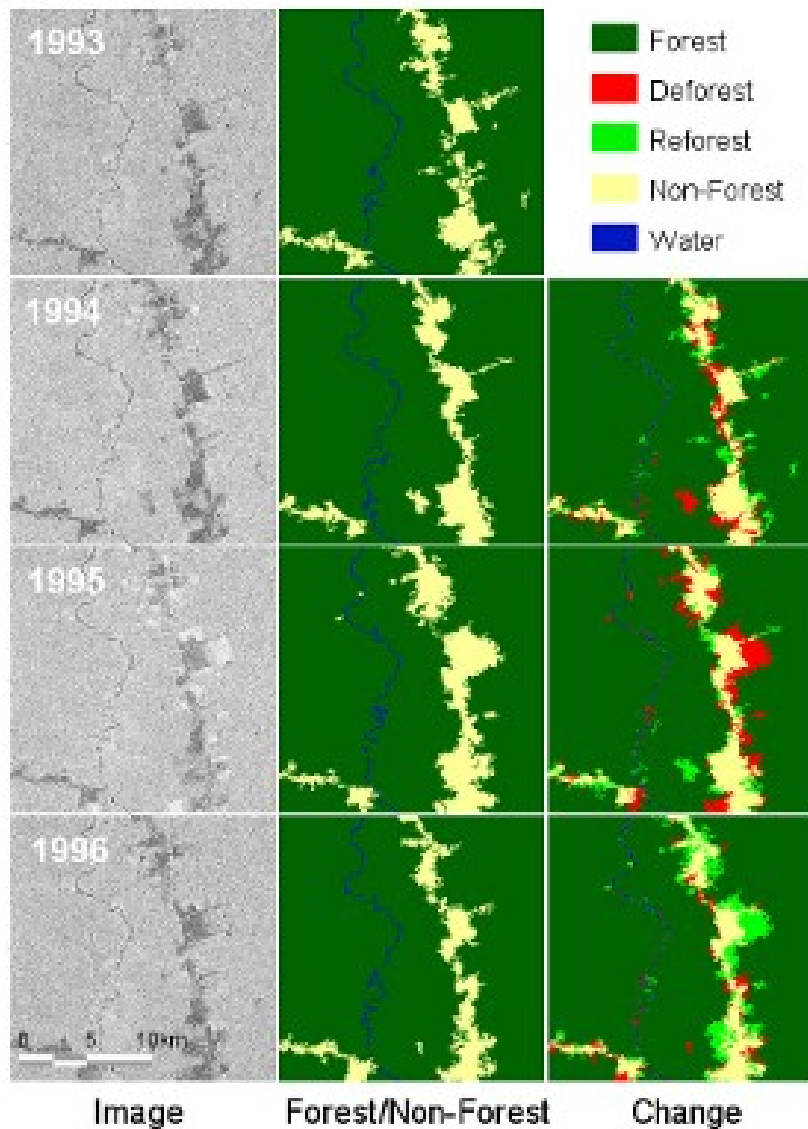


Egypt

Gem05-1-45778 and
STS088-739-91

1998

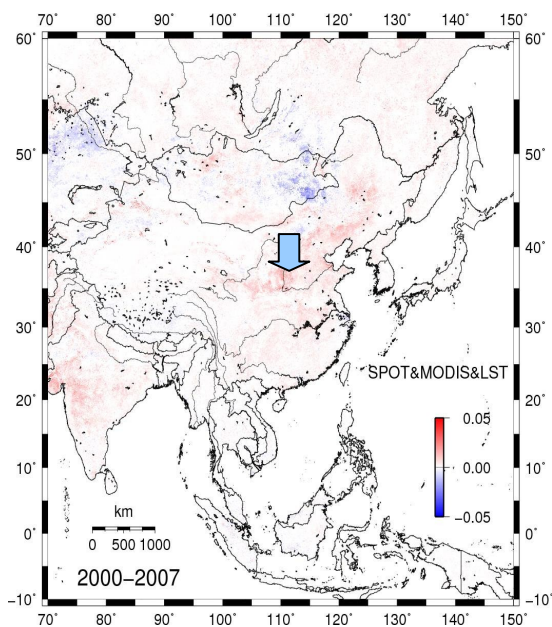
森林減少 (伐採・火災・病虫害) deforestation



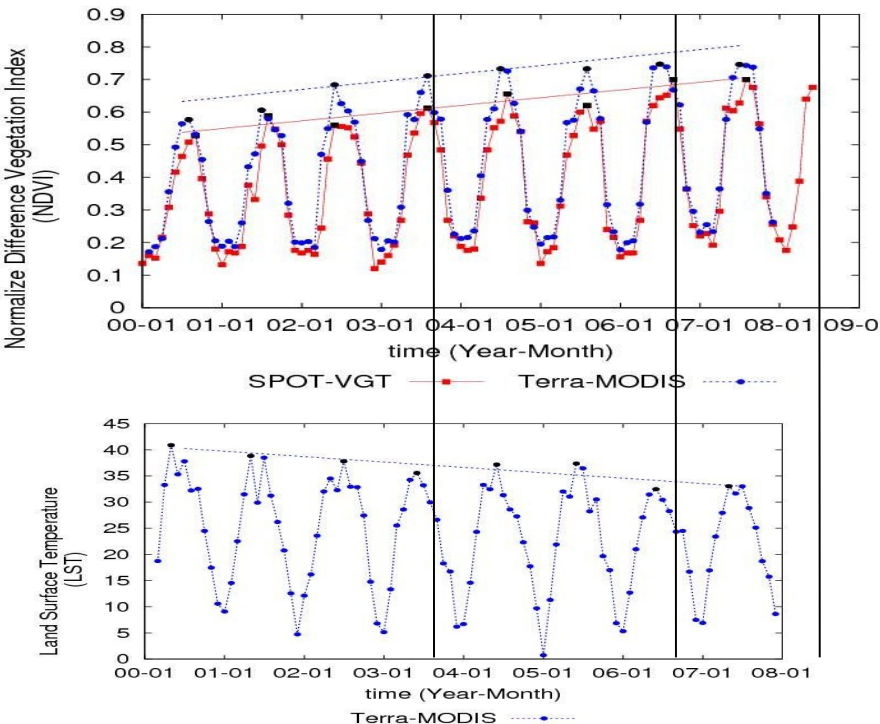
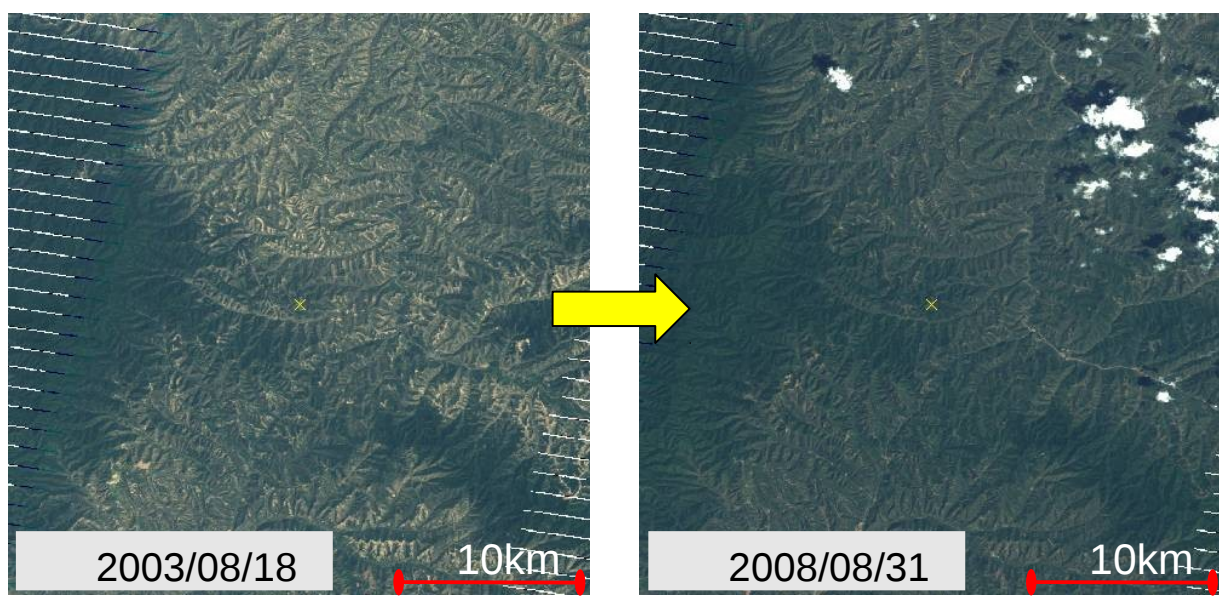
(C)JAXA, METI analyzed by JAXA

Amazon

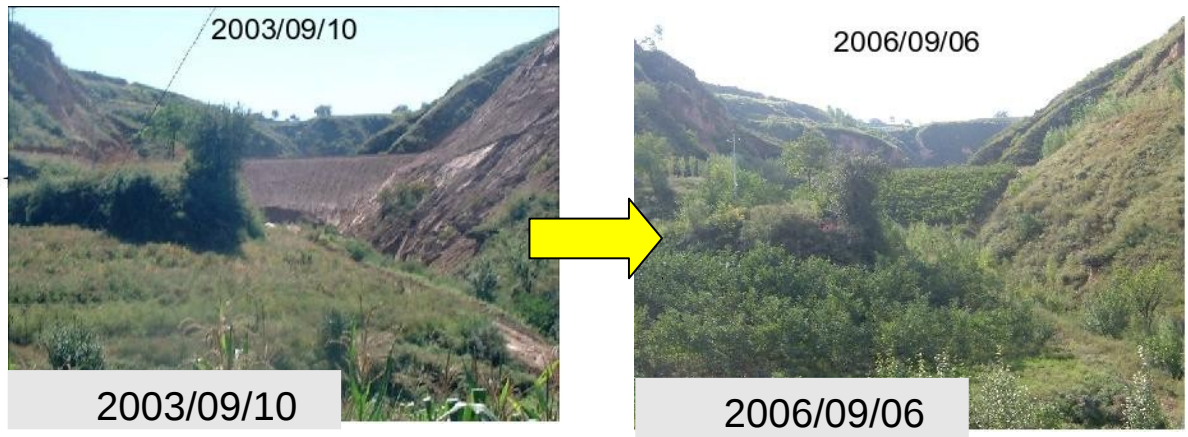
森林増加(植林・自然再生) aforestation, reforestation



Landsat 7 ETM+

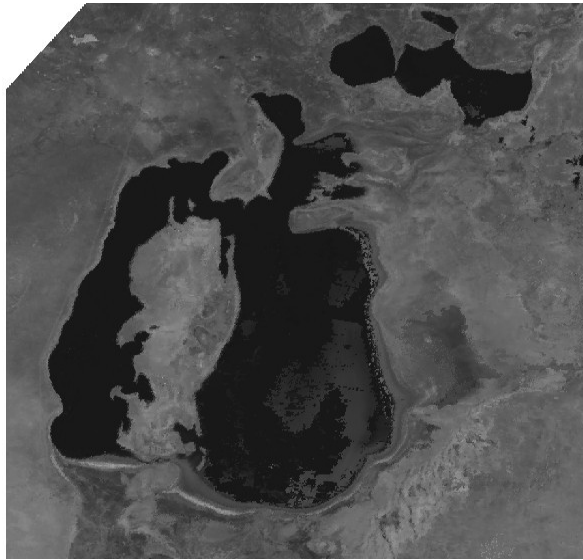


地上写真



内水面の変化 change of wetland & lakes

アラル海



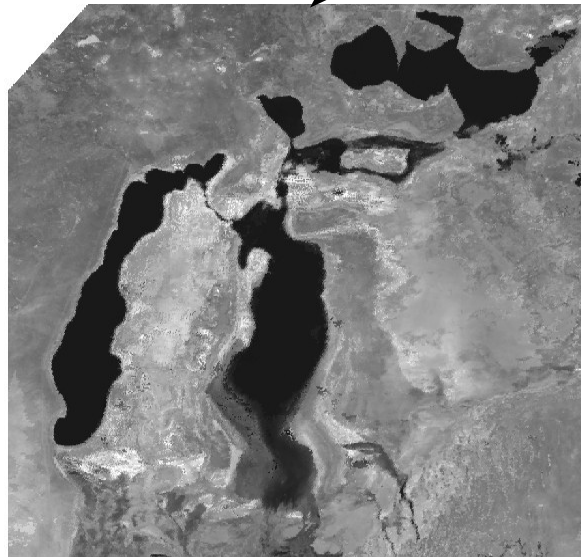
2000



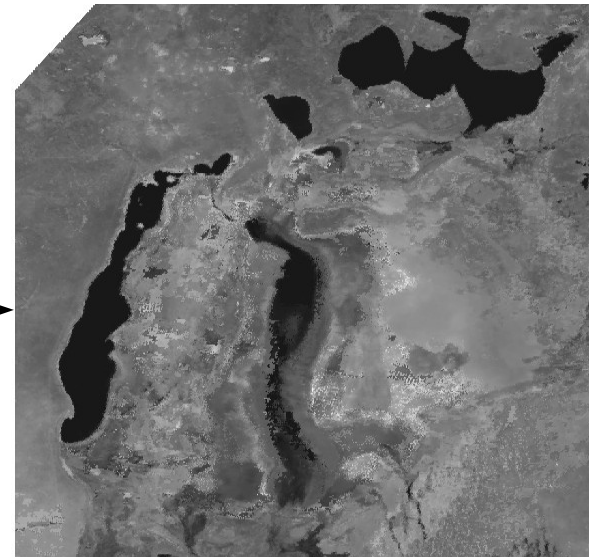
2005



同じ縮尺の四国



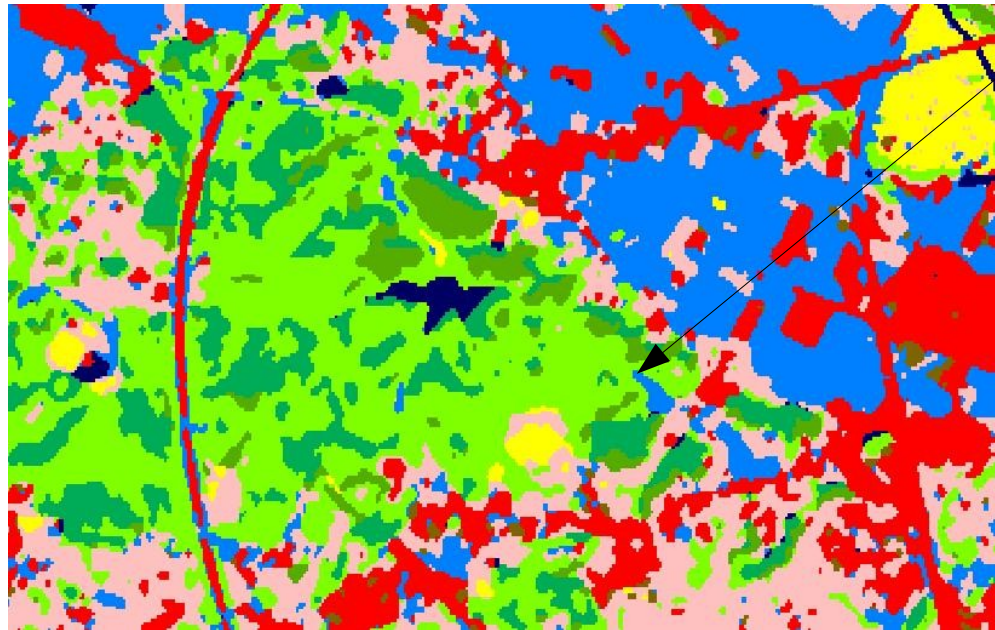
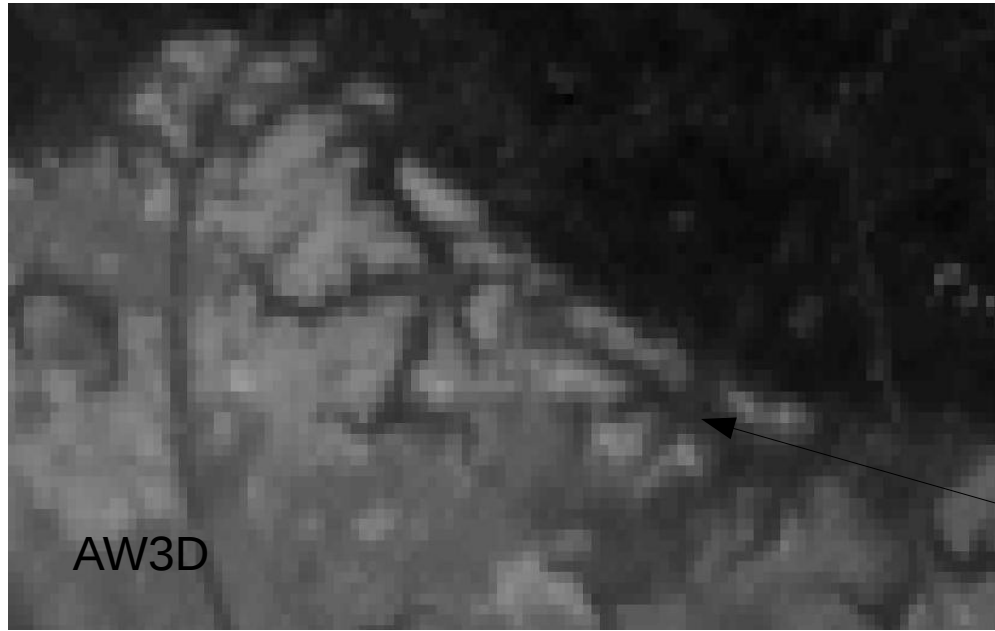
2010



2015

Terra/MODIS, graphics by Wu Yueren

耕作放棄地 abandoned farm



JAXA 土地被覆図

花ハス群生地の、ミドリガメ(外来種)による食害

琵琶湖

京都

<http://allabout.co.jp/gm/gc/398341/>

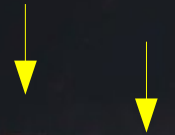
琵琶湖南岸 烏丸半島



2013/07/20
Landsat 8

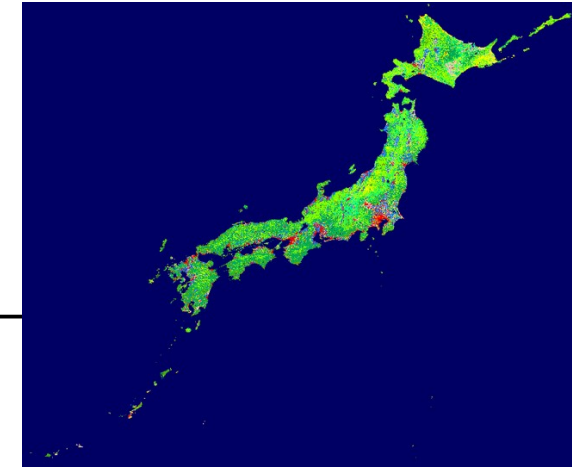


2015/07/26
Landsat 8



2016/07/05
Landsat 8

ALOS AVNIR2データによる高解像度日本土地被覆図: 2年ぶりのメジャーバージョンアップ!

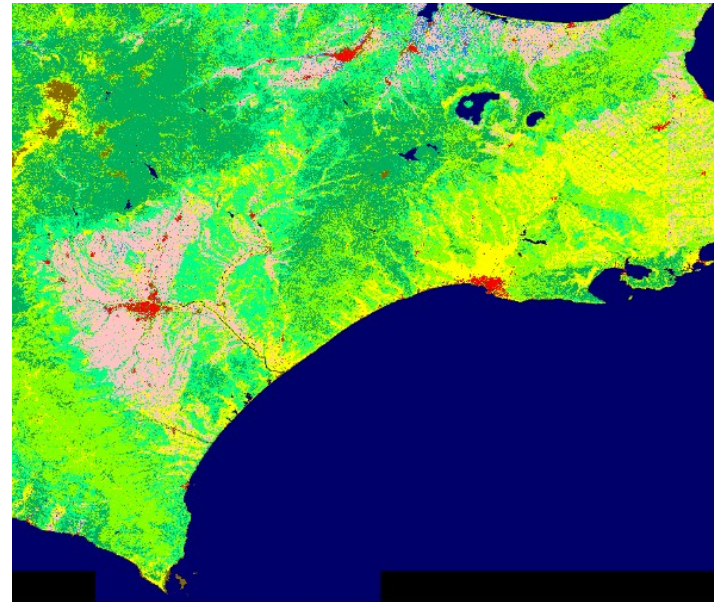
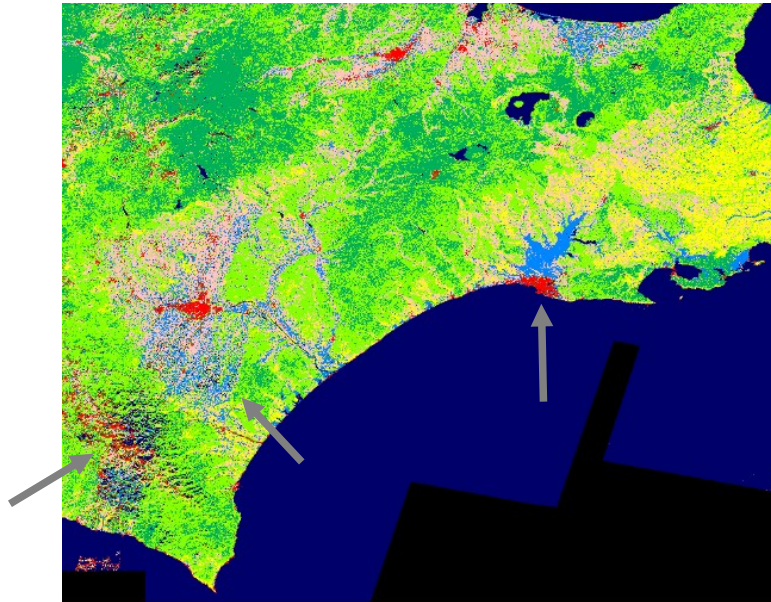


	Version 14.02	→ Version 16.02
リリース日	2014年2月	2016年2月末
アルゴリズム	カーネル密度推定	カーネル密度推定 & 山影処理 & ベイズ推定
ベイズ事前確率情報	なし	あり PALSAR25mモザイク (2008年) 標高・傾斜 (地理院DEM) Suomi-NPP 夜間光 オープンストリートマップ道路網 北海道市町村水稻作付統計
AVNIR2高次処理	1876シーン	2864シーン(1.5倍!)
教師情報	2,687箇所	20,332箇所 (8倍!) ← SACLAJを活用
空間解像度	30 m	10 m (1/3倍!)
カテゴリ数	8	10 (針葉樹/広葉樹の区別を追加!)
対象期間	2006年～2011年	2006年～2011年

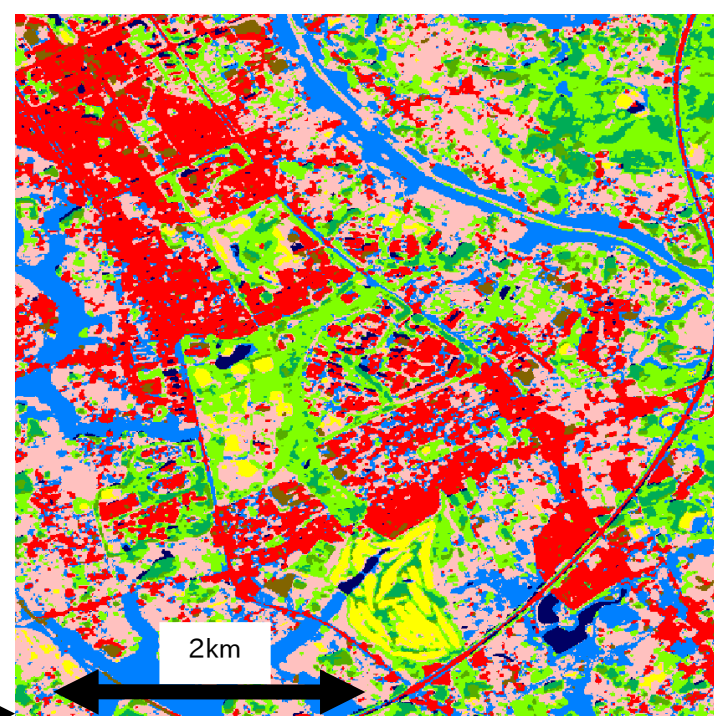
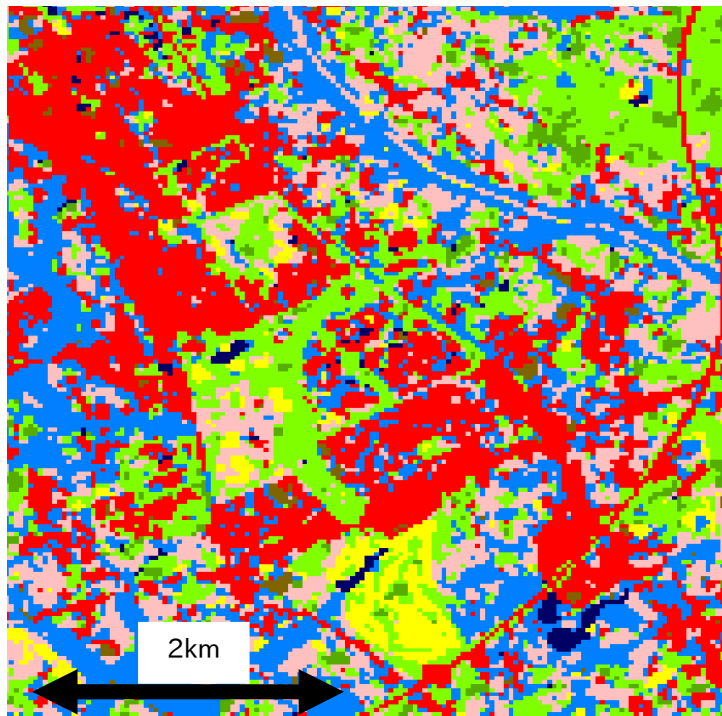
v14.02

v16.02

北海道



つくば



岐阜大学 高山サイト周辺

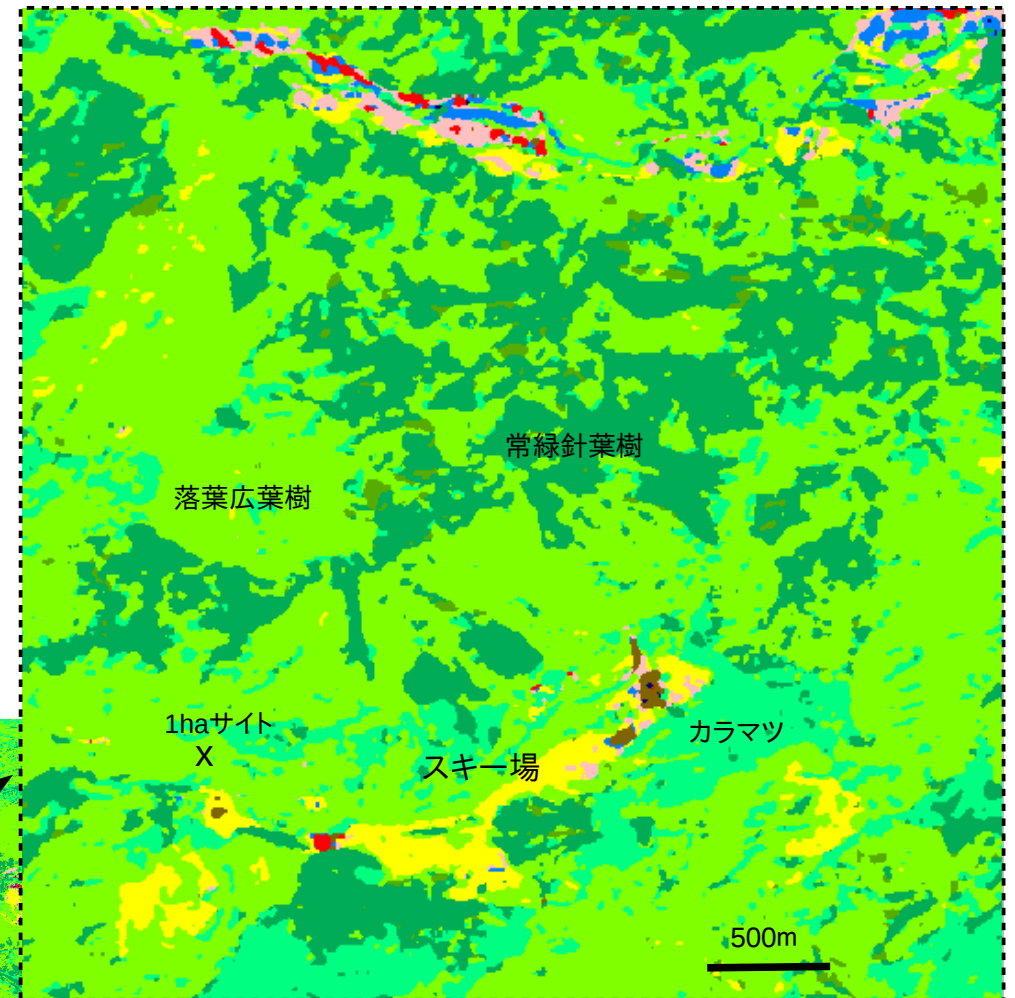
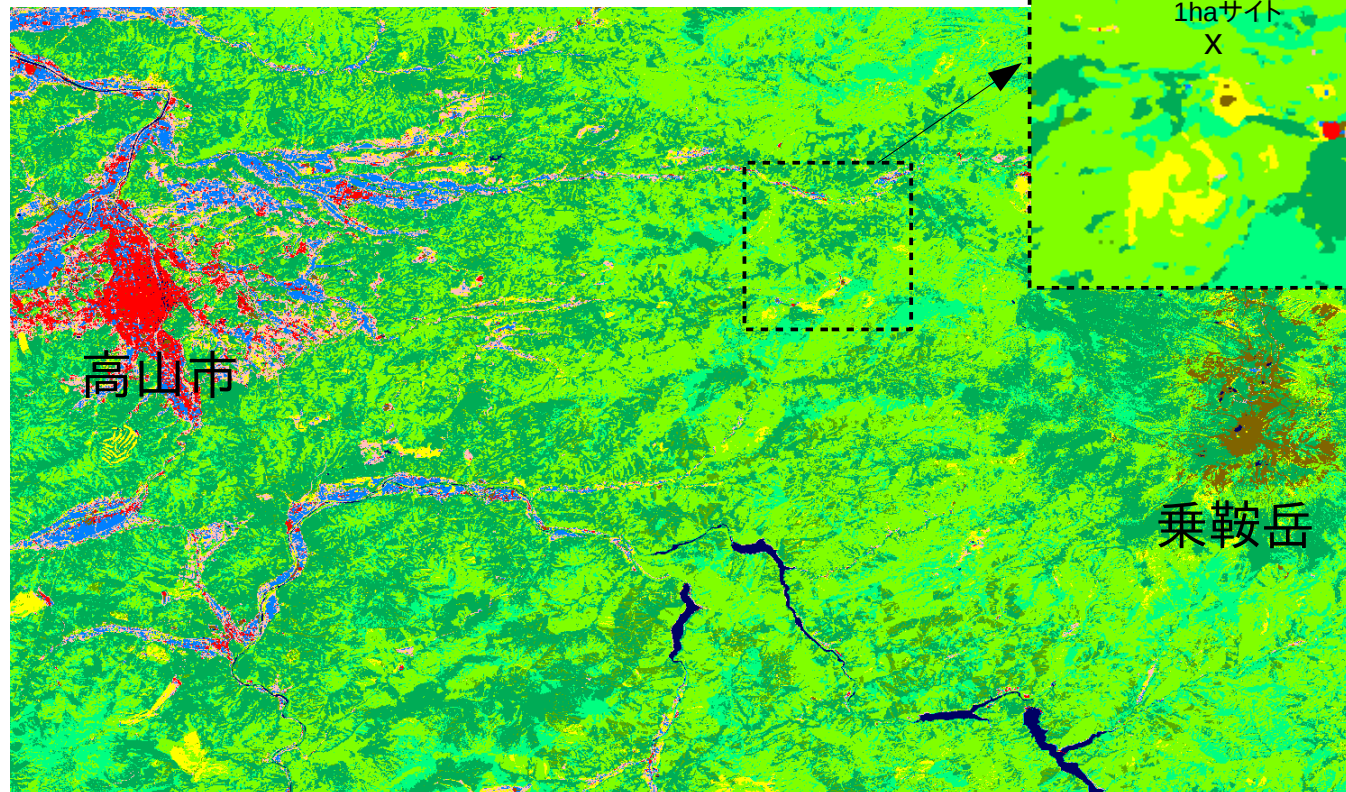


表2 精度比較用のコンフュージョンマトリクス (v16.02)

CODE	1	2	3	4	5	6+7	8+9	10	TOTAL	PERCENT
1	3	0	0	0	0	0	0	1	4	75.0
2	1	26	0	0	0	0	0	1	28	92.9
3	0	1	79	1	2	1	0	0	84	94.0
4	1	0	2	4	0	0	0	0	7	57.1
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
6+7	0	0	1	0	1	48	1	0	51	94.1
8+9	1	0	0	0	0	2	95	0	98	96.9
10	0	1	0	0	1	0	0	5	7	71.4
TOTAL	6	28	82	5	4	51	96	7	279	---
PERCENT	50.0	92.9	96.3	80.0	0.0	94.1	99.0	71.4	---	93.9

10m分解能,
8カテゴリで
全体精度94%

参考: Giri & Long (2014, Rem.Sens.) 南米大陸全土の30m分解能LCマップ。Landsatデータ。4カテゴリ(森, 水, 裸地, その他)で全体精度89%。教師・検証情報は主に衛星画像(現地検証ほとんど無し)

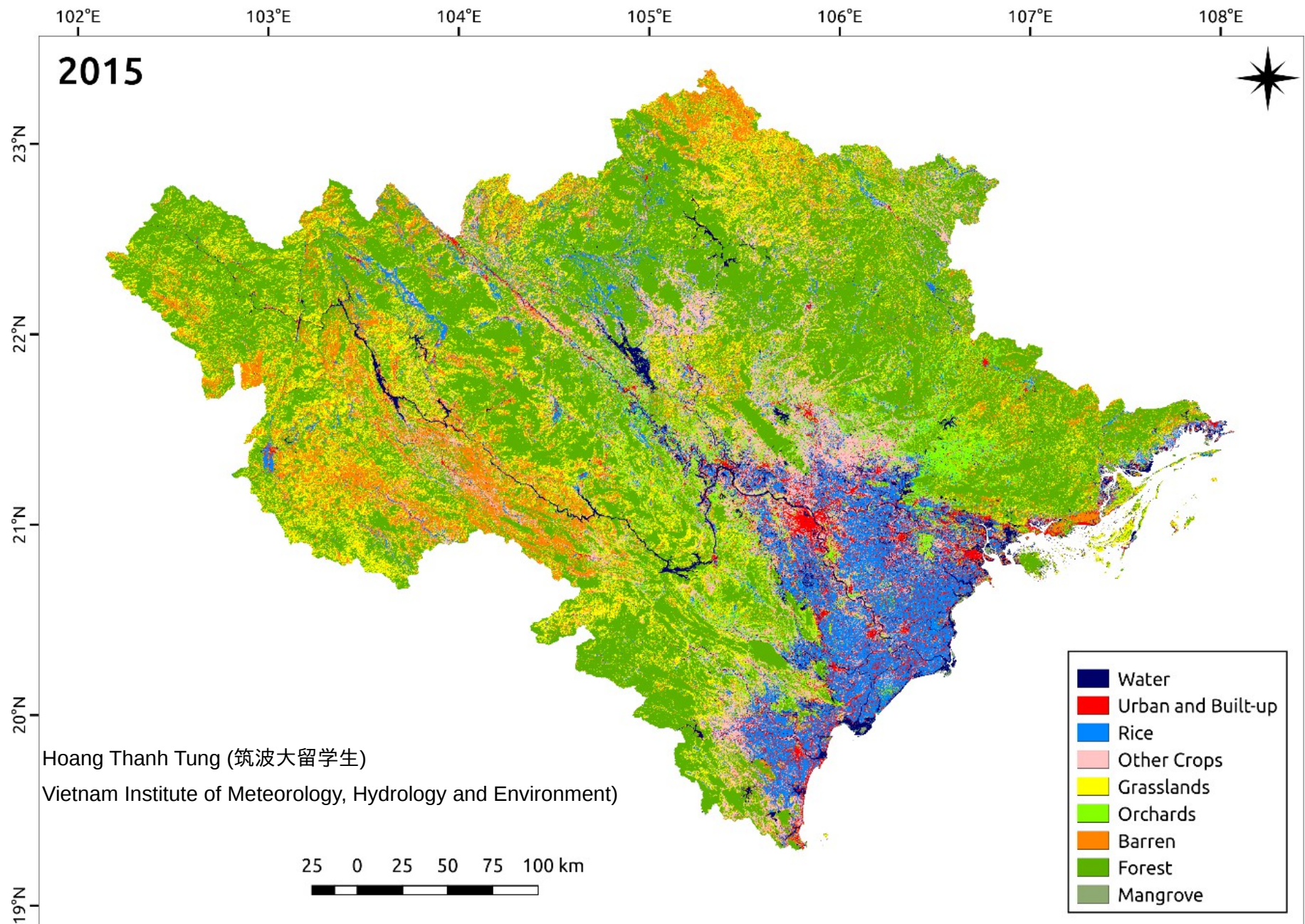
表3 精度比較用のコンフュージョンマトリクス (v14.02)

CODE	1	2	3	4	5	6	8	10	TOTAL	PERCENT
1	3	1	0	0	0	0	0	0	4	75.0
2	2	20	1	0	0	0	1	4	28	71.4
3	0	0	78	2	1	0	2	1	84	92.9
4	0	1	5	1	0	0	0	0	7	14.3
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
6+7	1	0	1	4	0	38	7	0	51	0.7
8+9	0	2	2	2	0	2	90	0	98	0.9
10	1	2	0	1	1	0	0	2	7	28.6
TOTAL	7	26	87	10	2	40	100	7	279	---
PERCENT	42.9	76.9	89.7	10.0	0.0	95.0	90.0	28.6	---	84.9

前バージョン

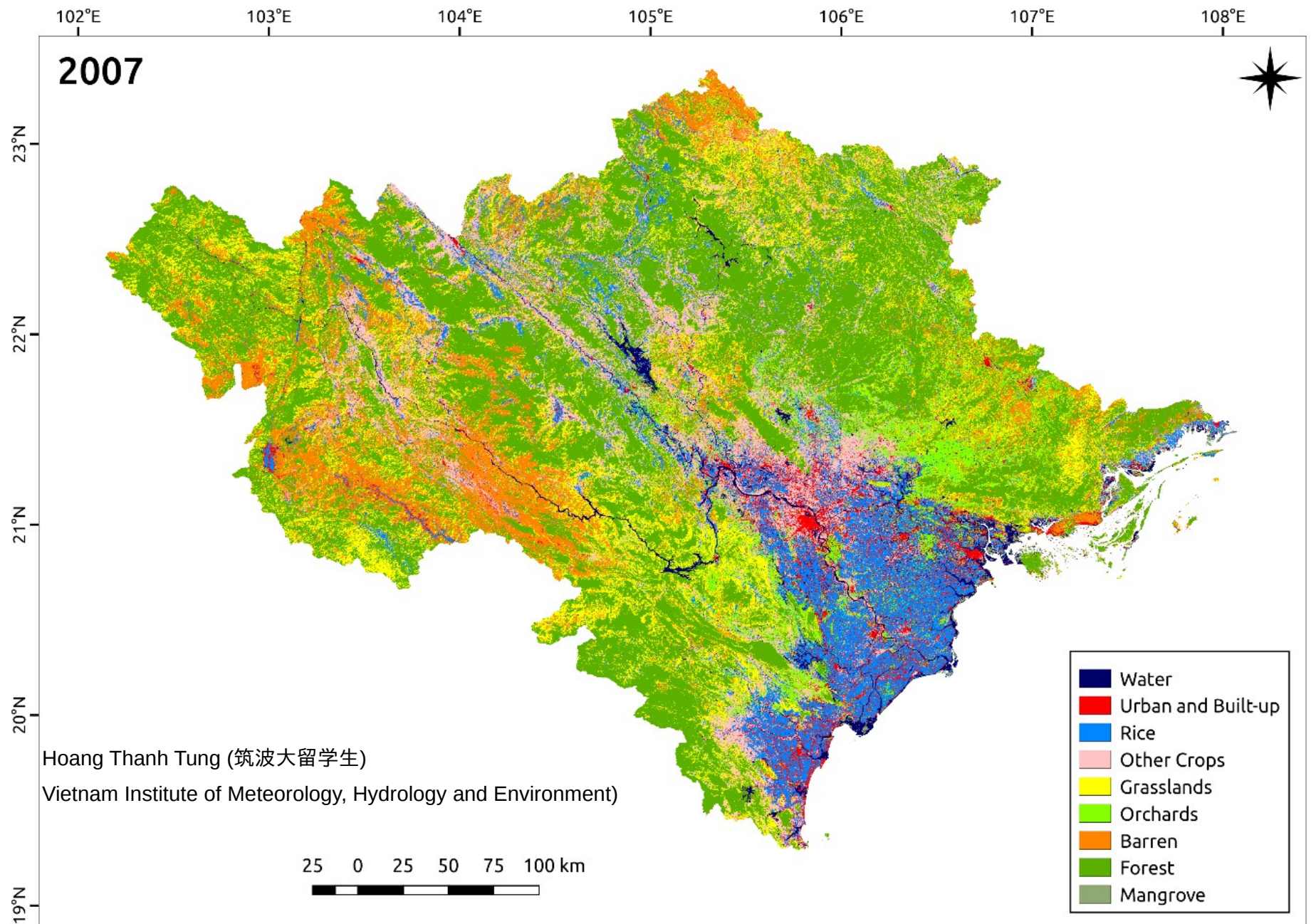
Land cover map of Northern Viet Nam in 2015

15 m resolution, 9 categories, overall accuracy=89%



Land cover map of Northern Viet Nam in 2007

15 m resolution, 9 categories, overall accuracy=81%



土地被覆分類のキー：地上情報（教師情報・検証情報）

土地被覆分類は、いわゆる「機械学習」。

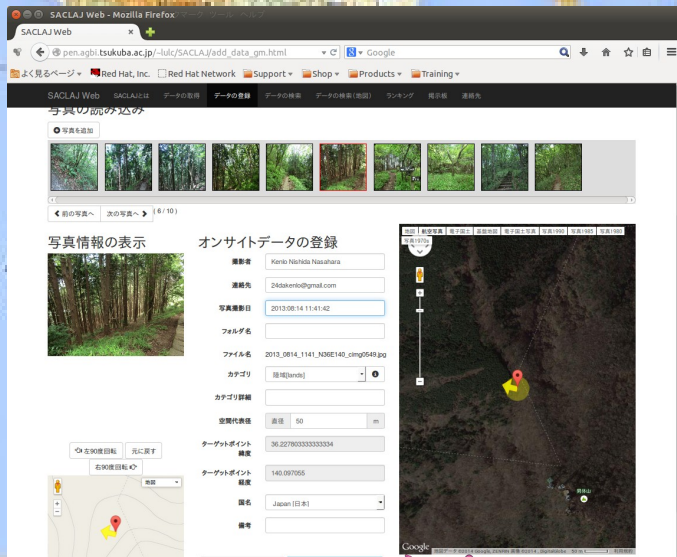
コンピュータに、分類法を学ばせるための正解例「教師情報」=「どこにどんな土地被覆があるか？」が多ければ多いほど精度は上がる。

V14.02: 2687地点

V16.02: 20332地点

← SACLAJ

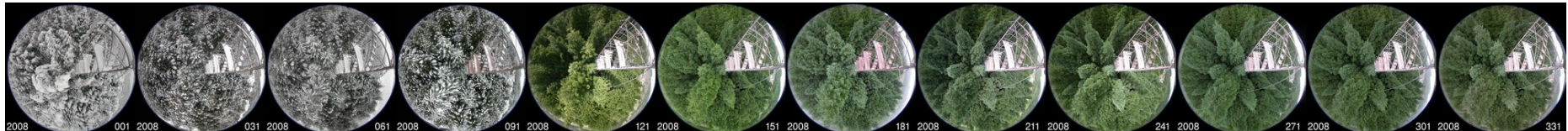
土地被覆のための地上データ（教師・検証情報）の
データベース&入力インタフェース



土地被覆分類のキー：季節変化（フェノロジー）



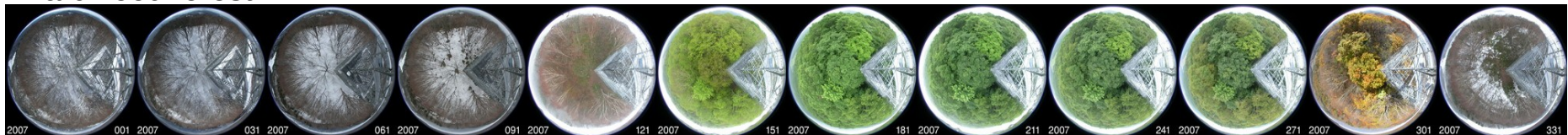
Ceder forest



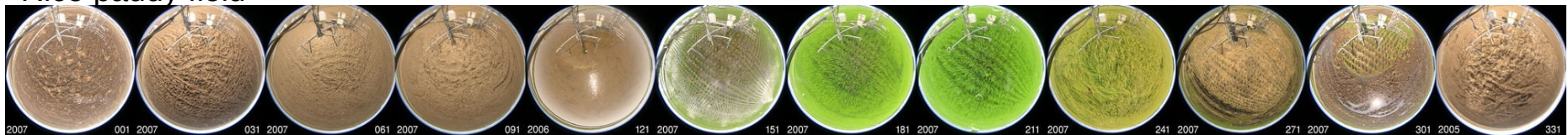
Larch forest



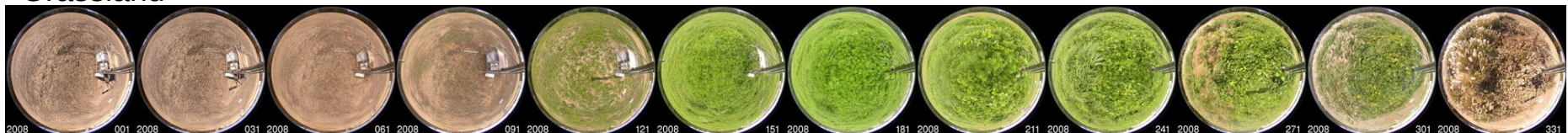
Hardwood forest



Rice paddy field



Grassland

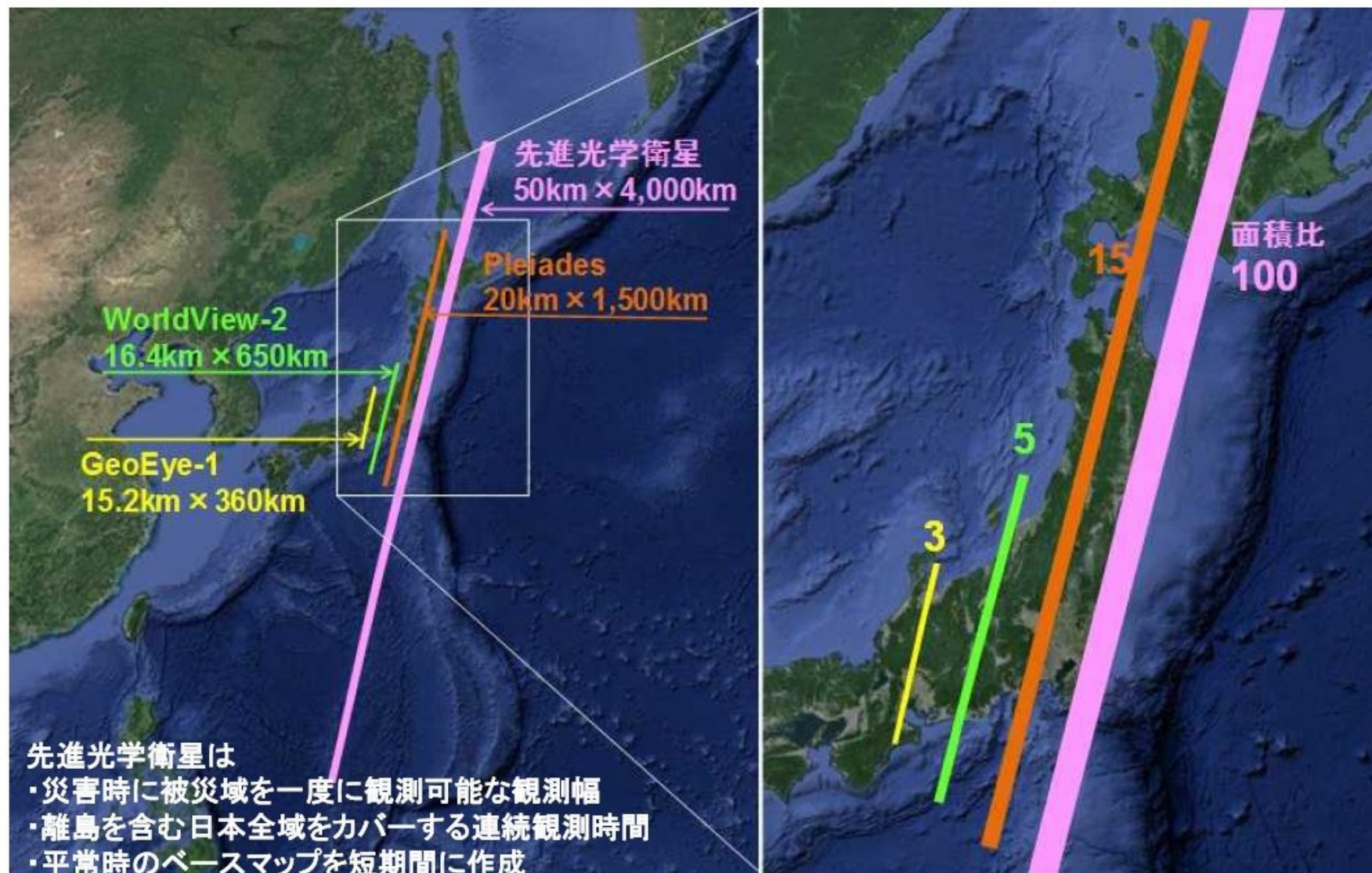


多様なステージ(展葉・開花・結実・黄葉・落葉等)を、**高頻度で**とることが大事!!!

3. 先進光学衛星の特徴

◆ 先進光学衛星と他の高分解能衛星との観測域の比較

1周回あたりの観測面積で比較すると既存の高分解能観測衛星6～30機分に相当



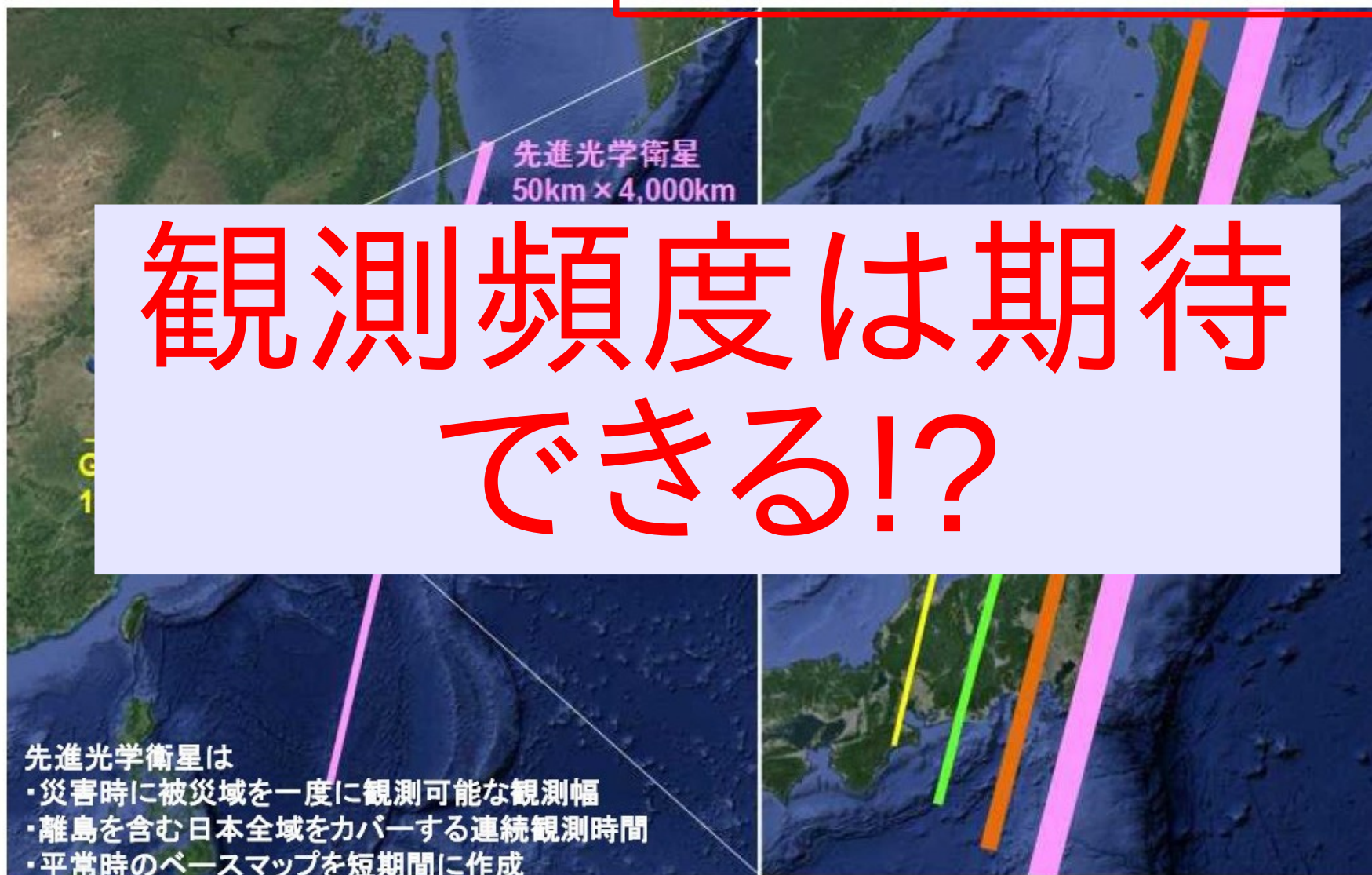
(出典: CNES, Airbus Defence & Space, DigitalGlobeの各ホームページ 及び eoPortal Directory)

山本静夫「先進光学衛星の検討状況について」2014/09/16

3. 先進光学衛星の特徴

◆ 先進光学衛星と他の高分解能衛星との観測域の比較

1周回あたりの観測面積で比較すると既存の高分解能観測衛星6～30機分に相当



観測頻度は期待
できる!?

花ハス群生地の、ミドリガメ(外来種)による食害

琵琶湖

京都

<http://allabout.co.jp/gm/gc/398341/>

琵琶湖南岸 烏丸半島

同じ季節の経年変化を観察すれば、
生育地の変動が評価できる!

2013/07/20
Landsat 8

2015/07/26
Landsat 8

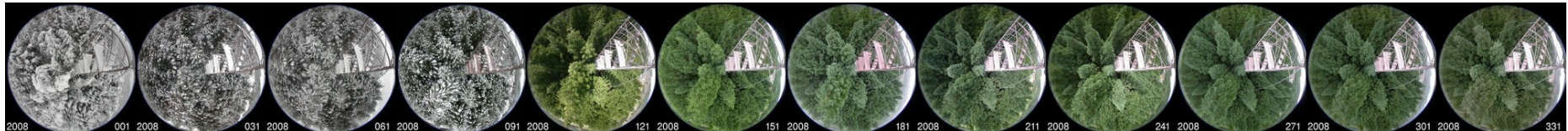
2016/07/05
Landsat 8

Landsatはこういうのが強い! でも解像度が低い...

土地被覆分類のキー：季節変化（フェノロジー）



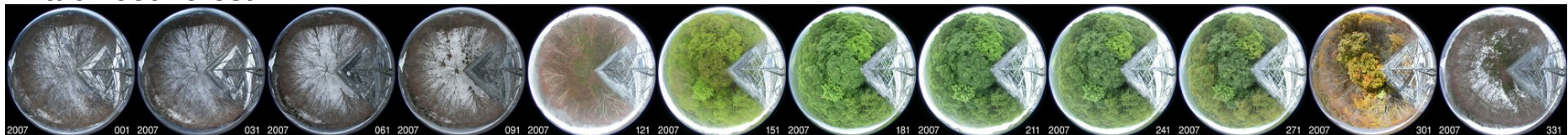
Ceder forest



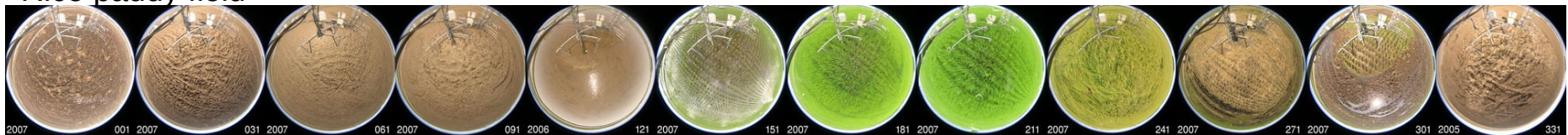
Larch forest



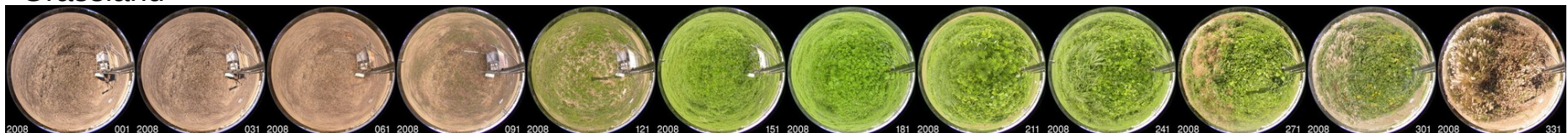
Hardwood forest



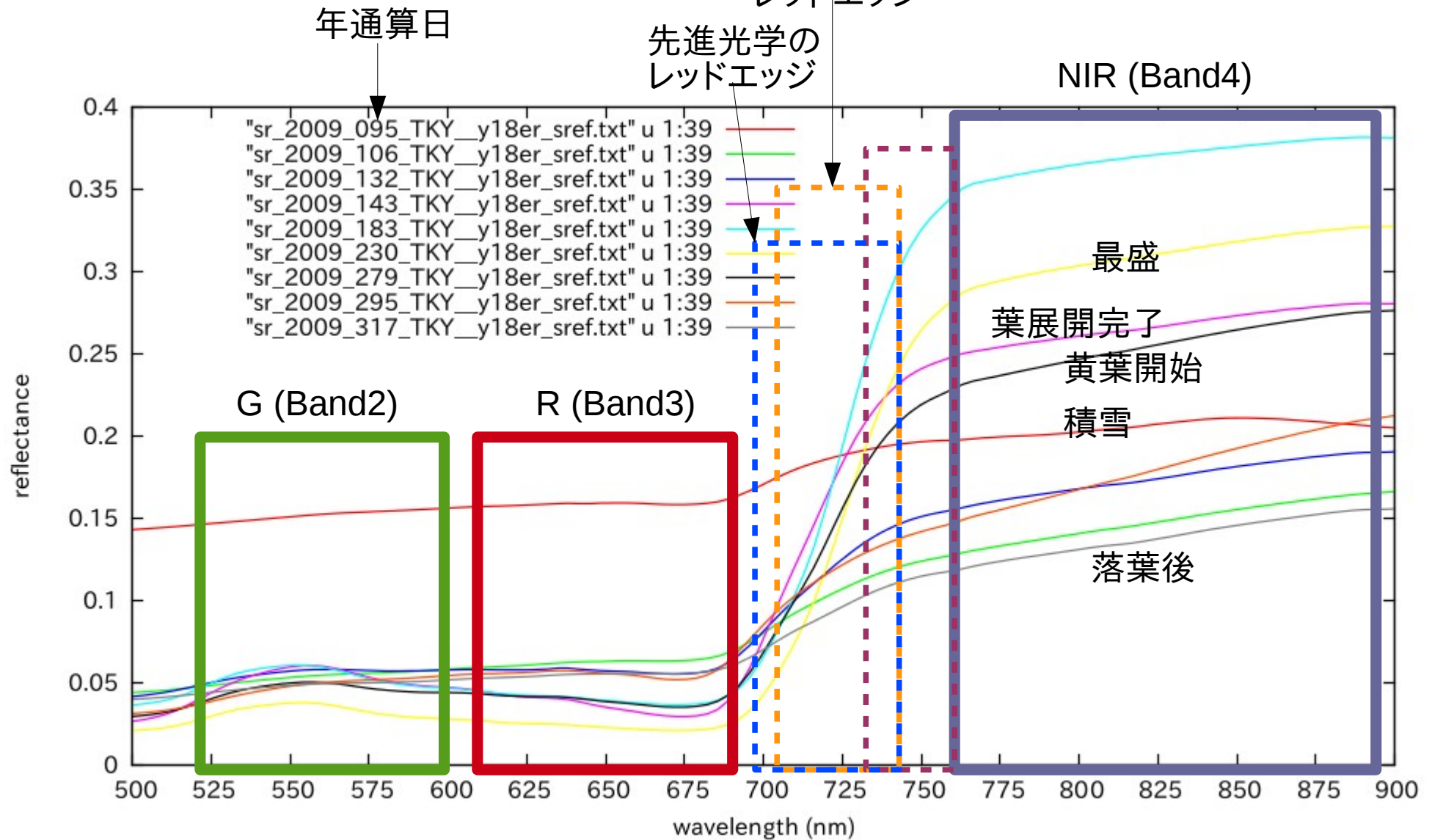
Rice paddy field



Grassland



多様なステージ（展葉・開花・結実・黄葉・落葉等）を、高頻度でとることが大事!!!



代表的な季節の樹冠分光反射特性

先進光学衛星バンド配置検討のための、植生観測シミュレーション

観測サイト:

岐阜大学・高山試験地(落葉広葉樹林)、農業環境技術研究所・真瀬水田

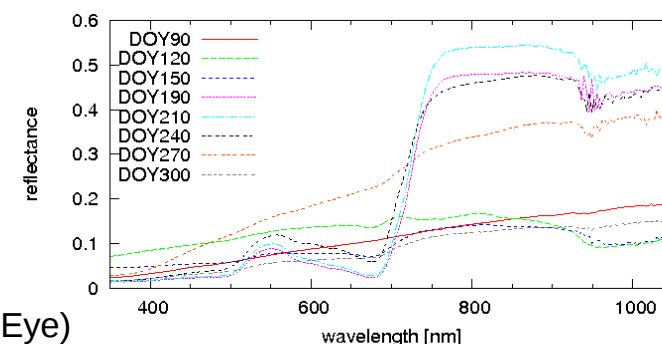


使用データ:

Phenological Eyes Network (PEN) の地上自動分光測定システム(Hemi Spherical Spectro Radiometer; 英弘MS-700と回転装置) による分光放射データ(2分おき, 可視近赤外255バンド, 10分に1回, 下向き, それ以外は上向き) および自動魚眼カメラによる画像。

バンド:

[420 nm ~ 500 nm]	B	band1
[520 nm ~ 600 nm]	G	band2
[610 nm ~ 690 nm]	R	band3
[760 nm ~ 890 nm]	N	band4
[400 nm ~ 450 nm]	CB	coastal blue ... 今回は検討せず
[705 nm ~ 745 nm]	ReWV2	レッドエッジ候補1 (WorldView2, RapidEye)
[730 nm ~ 760 nm]	ReTadono	レッドエッジ候補2 (田殿案)
[690 nm ~ 740 nm]	ReSaito	レッドエッジ候補3 (斎藤案)



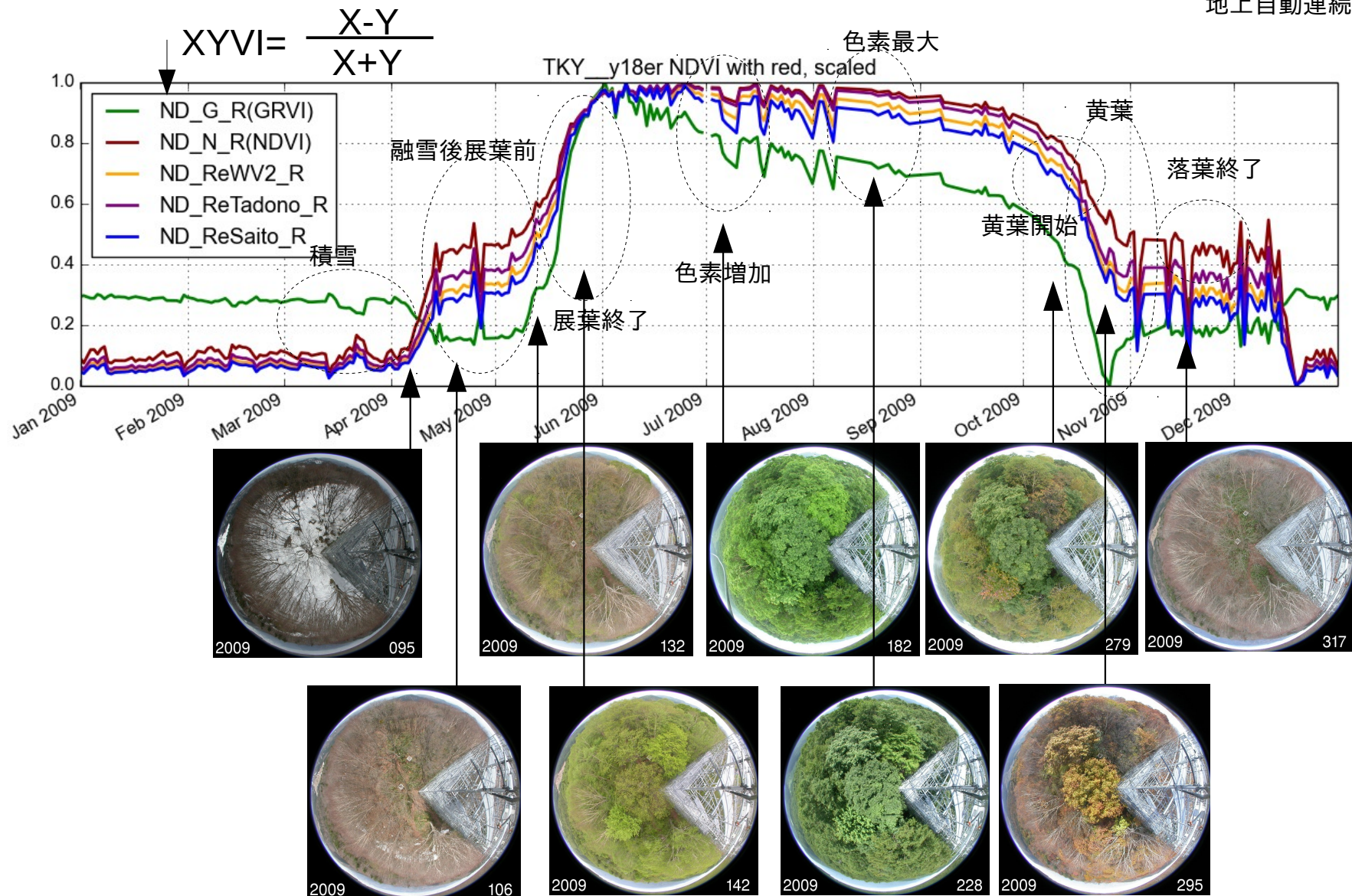
方法:

各バンドで矩形応答を仮定し, 入射光と反射光を積分し, バンド反射率を算出。10:00~14:00のデータのみ抽出し, 日平均。それをもとに, いくつかのバンド組み合わせで正規化差分植生指標を計算し, 季節変化を観察。

注意: データのノイズスクリーニングは不完全。雨滴や霧によるノイズ, 回転制御不全による欠損などが残っている。衛星で観測されるシグナルを模擬するには大気(吸収・パスラジアンス)も考慮する必要があるが, 今回は行っていない。

レンジが0から1になるようにスケーリングした。

2009, 岐阜大学高山試験地, 落葉広葉樹(ミズナラ・ダケカンバ),
地上自動連続分光測定

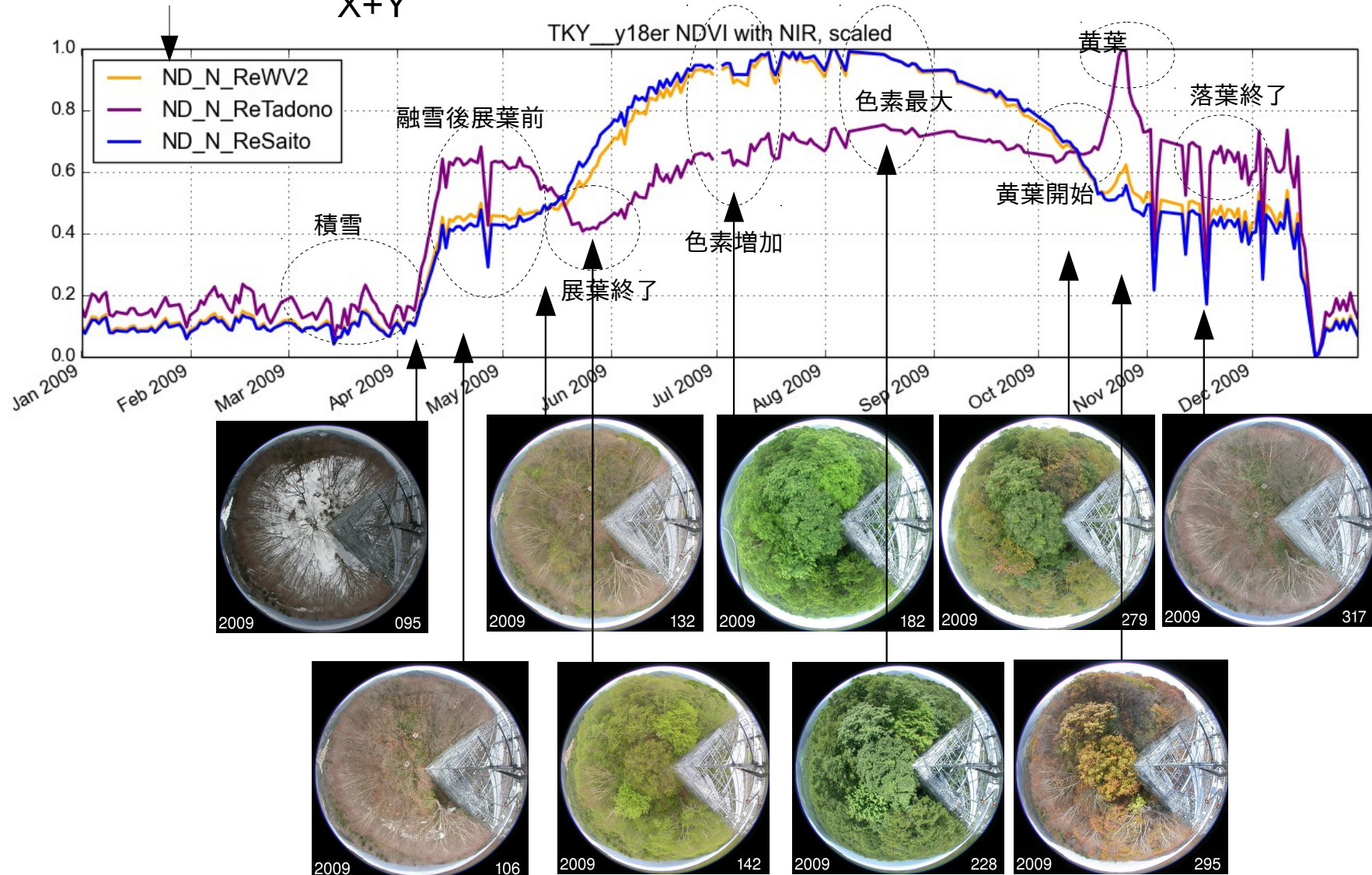


- NRVI (NIR & R; いわゆるNDVI)は、ひと山型の挙動。融雪と展葉で2段階の上昇。黄葉落葉で低下。盛夏は飽和。
- GRVI (G & R)は融雪時期と黄葉期にbottomを示す(本岡D論)が、それ以外はひと山型。盛夏は既に下り坂。
- (RedEdge-R)/(RedEdge+R)はNDVIとほぼ同じ。

レンジが0から1になるようにスケーリングした。

$$ND_XY = \frac{X - Y}{X + Y}$$

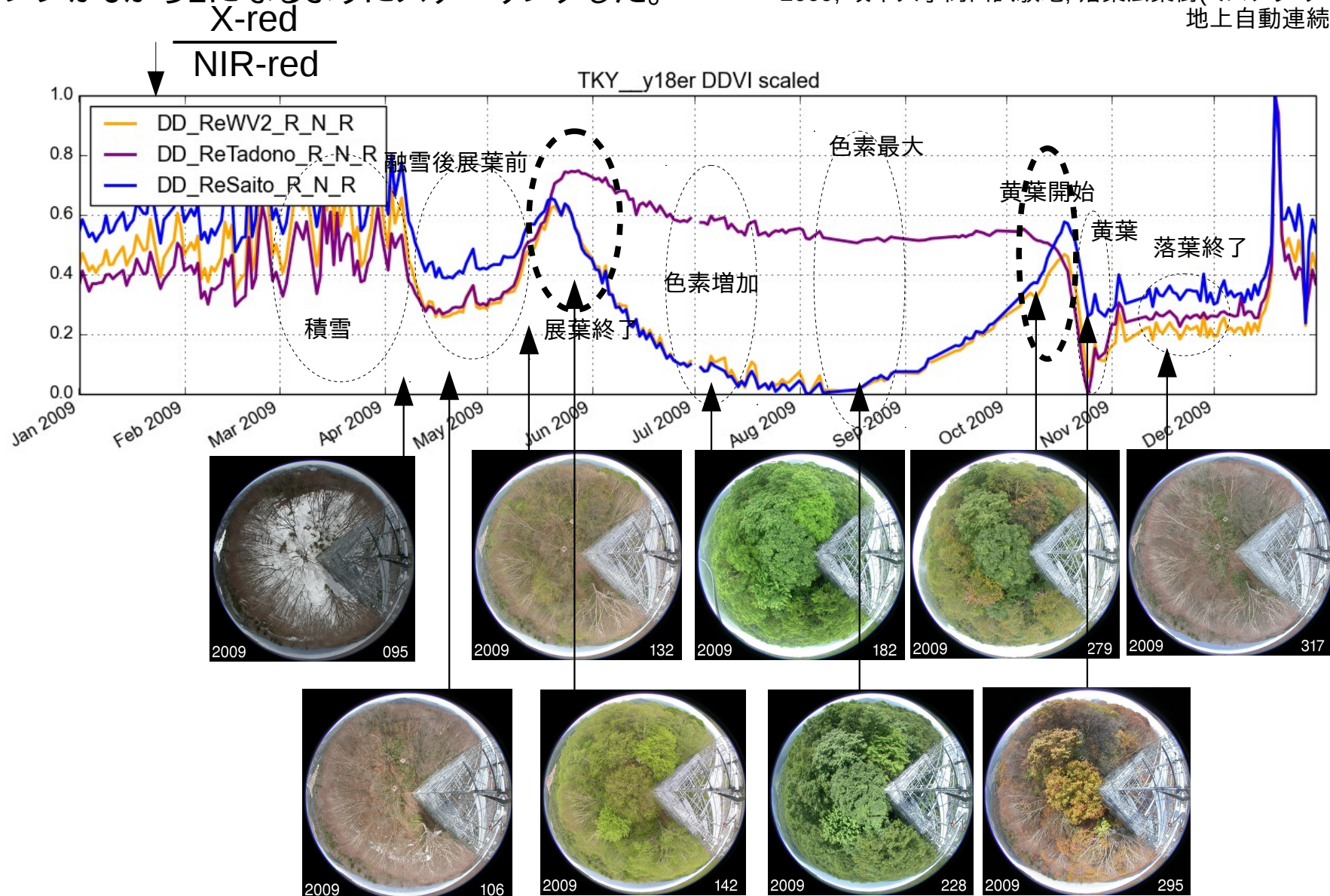
2009, 岐阜大学高山試験地, 落葉広葉樹(ミズナラ・ダケカンバ),
地上自動連続分光測定



(NIR-RedEdge)/(NIR+RedEdge)はNDVIより飽和しにくい!

レンジが0から1になるようにスケーリングした。

2009, 岐阜大学高山試験地, 落葉広葉樹(ミズナラ・ダケカンバ),
地上自動連続分光測定



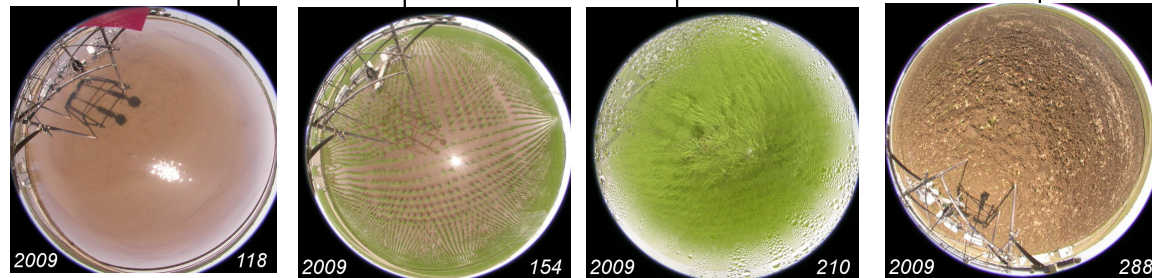
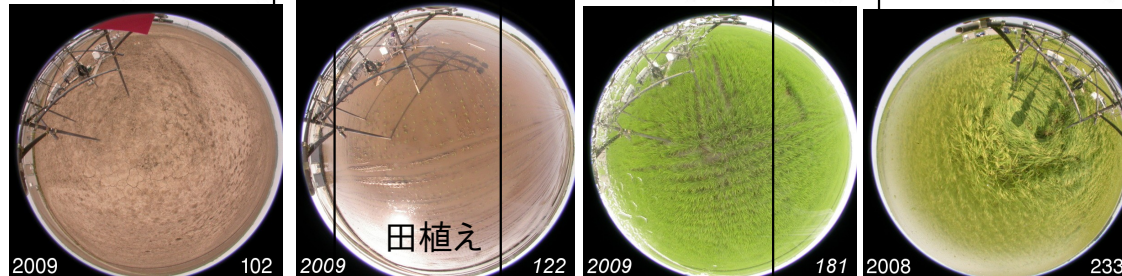
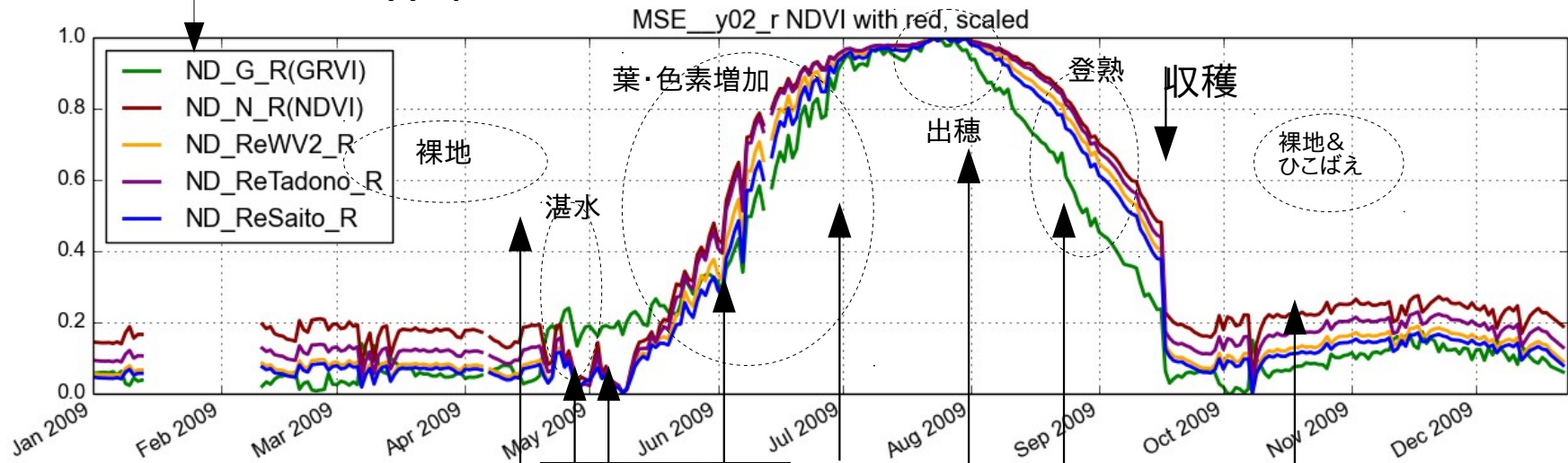
(RedEdge-R)/(NIR-R)は展葉終了と黄葉開始でピーク…

葉量よりも色素量の増減をよく反映した, ユニークなフェノロジー指標

レンジが0から1になるようにスケーリングした。

$$ND_XY = \frac{X-Y}{X+Y}$$

2009, 農業環境技術研究所 つくば市真瀬水田
地上自動連続分光測定

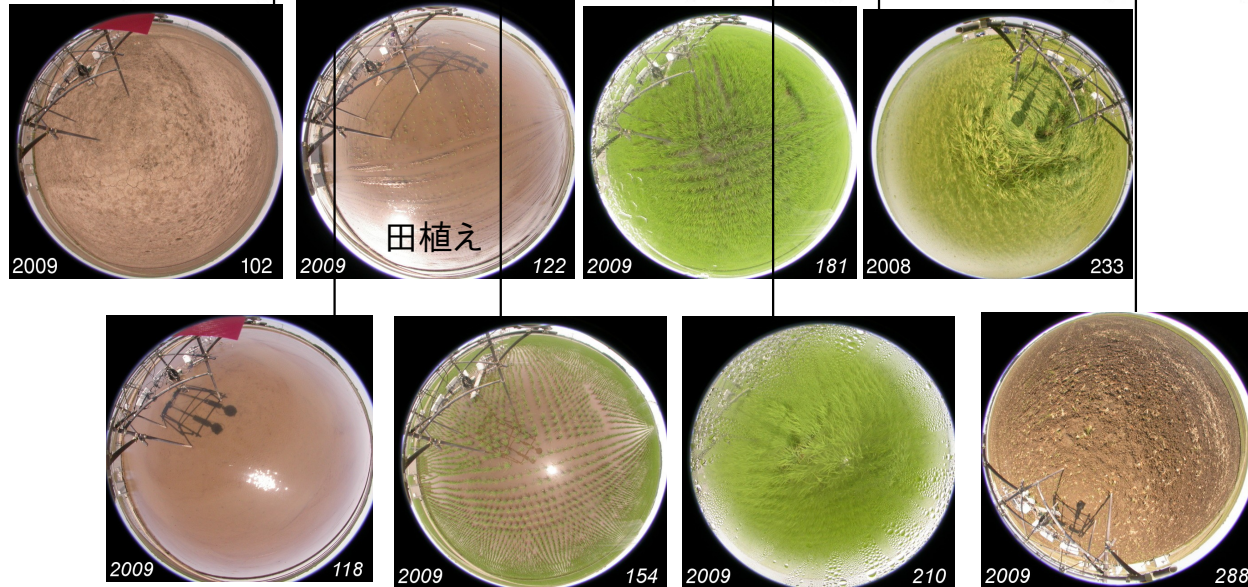
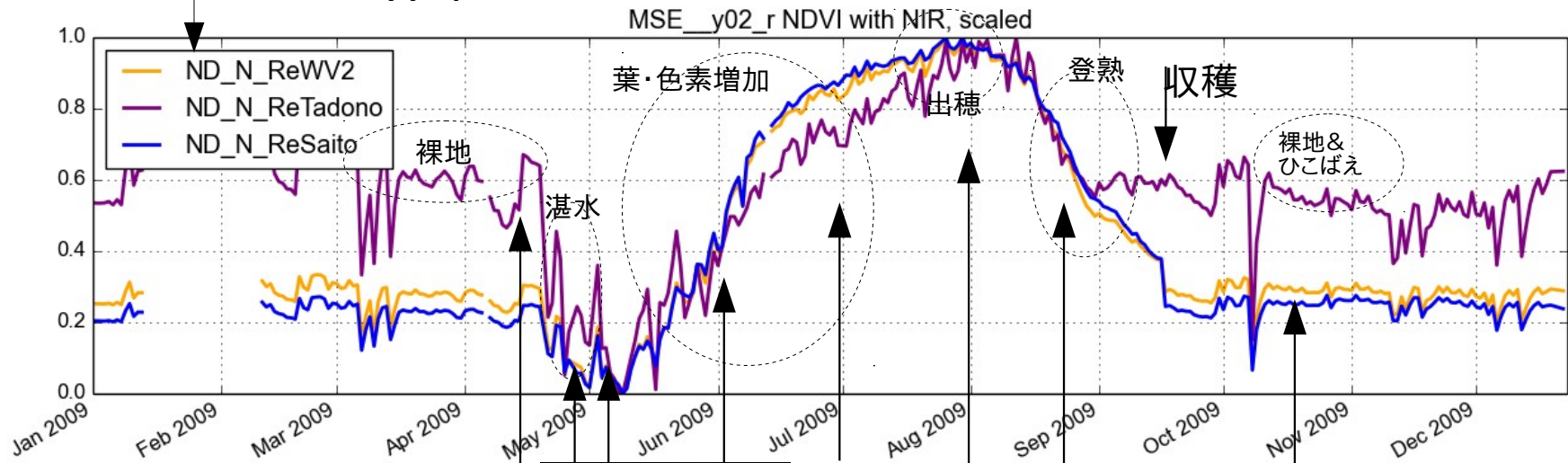


- いわゆるNDVIはひと山型。田植え前後の湛水でbottom。7月上旬～8月下旬は信号飽和してイベント(出穂等)は不明瞭。収穫は明瞭。
- GRVIもひと山型。信号飽和しにくい。湛水でやや上昇。収穫は明瞭。
- (RedEdge-R)/(RedEdge+R)はNDVIとほぼ同じ。

レンジが0から1になるようにスケーリングした。

$$ND_XY = \frac{X-Y}{X+Y}$$

2009, 農業環境技術研究所 つくば市真瀬水田
地上自動連続分光測定

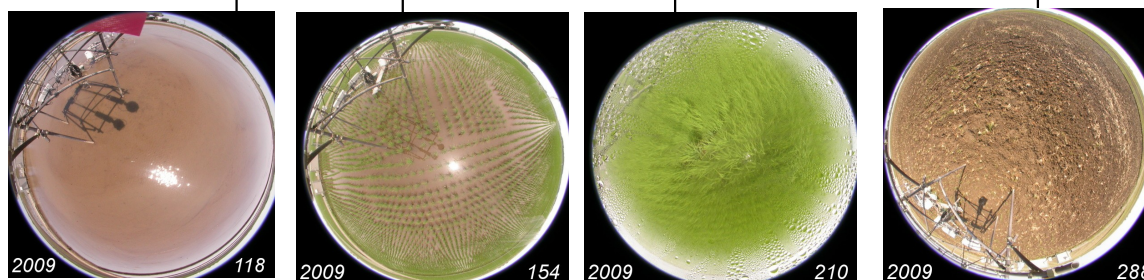
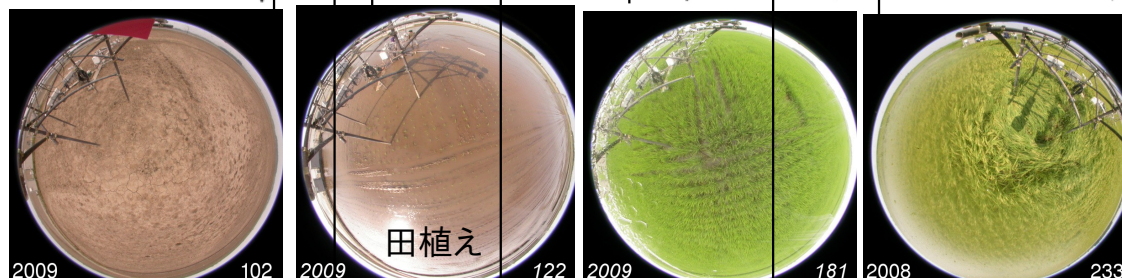
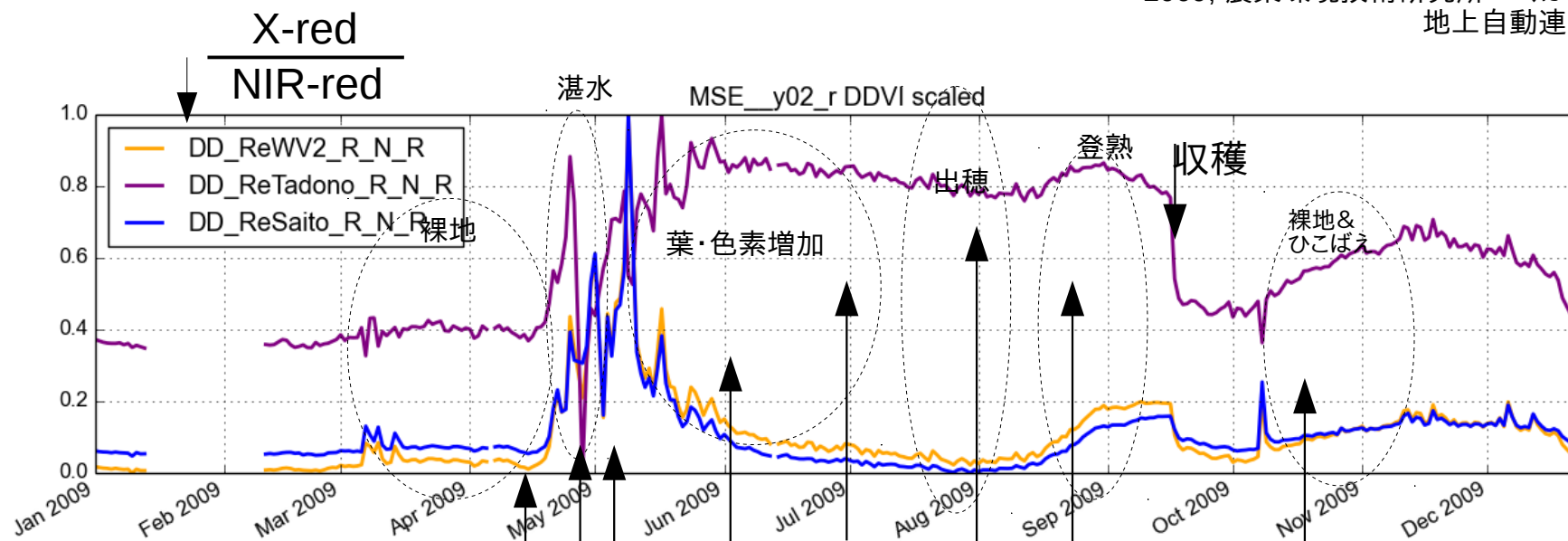


- 湛水による低下が明瞭。
- 登熟期に明瞭な低下(稲穂を検出)。

(NIR-RedEdge)/(NIR+RedEdge)はNDVIより飽和しにくい!

レンジが0から1になるようにスケーリングした。

2009, 農業環境技術研究所 つくば市真瀬水田
地上自動連続分光測定



$(\text{RedEdge-R})/(\text{NIR-R})$ は

- 湛水で増加
- 田植え・生育で減少。
- 出穂後に増加。
- 登熟期にほぼ一定。

生態学から先進光学衛星への期待:

- データは、完全無料オープン(又はそれに近い形)で!

生態学は基本的にローカルな現象。直接お金にはなりにくい(けど大事)。

地域で地道な調査保全活動をする人にどれだけ「役立つ」と思ってもらえるか!?

完全オープンを(無理を承知で)強くお願いします。

でなければ生態学の仲間から「奈佐原何言ってんだ?」と言われる。

- 観測幅が広いのは嬉しい!

生態現象は「季節変化×経年変化」… 経年変化は同じ季節で複数年観察が必要。

観測頻度を多くすることが重要。

- レッドエッジが乗るのは嬉しい!

葉量・色素量が多くても飽和しにくい, NDVIより良い指標ができる。

出穂(結実)・黄葉などの, 繊細な季節変化が反映できる。

→ 土地被覆分類の高精度化

総合的な土地被覆分類システムの構築を!

衛星データ・アルゴリズム・教師検証データベース