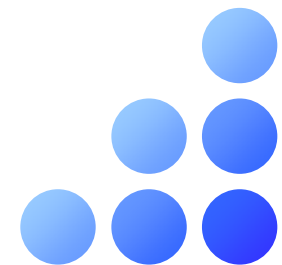


空間情報とスペクトル情報を 最大活用する光学センサ融合

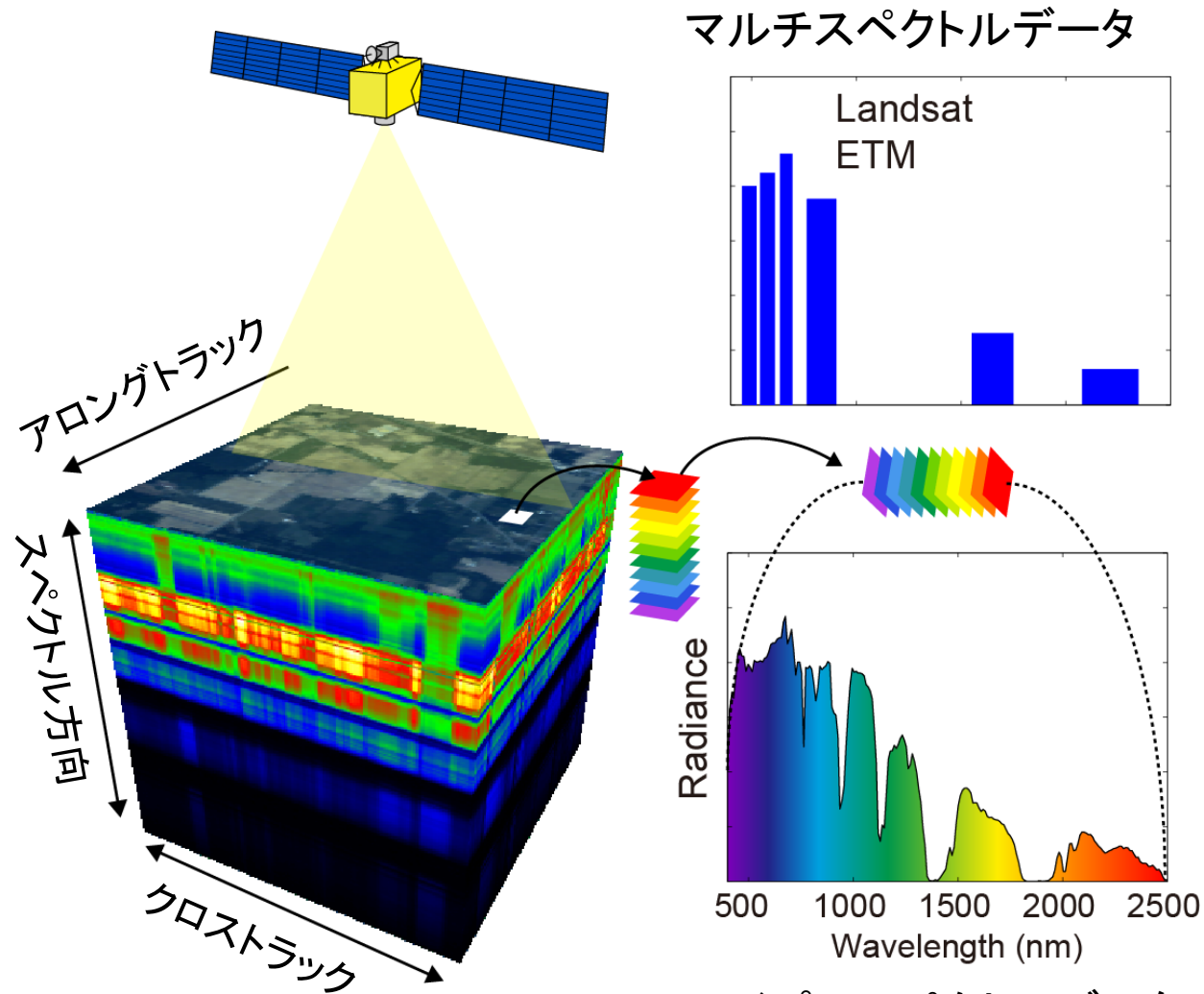


東京大学

横矢直人 岩崎晃



ハイパースペクトルカメラ

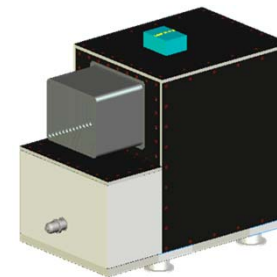


ALOS-3/HISUI

- 日本の次世代地球観測衛星ALOS-3にはハイパースペクトルカメラ、マルチスペクトルカメラ、パンクロマティックカメラ(ステレオ視)が搭載される

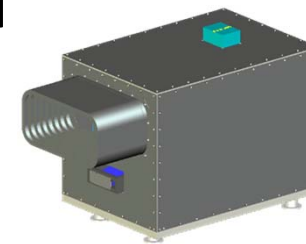


ハイパースペクトル
カメラ



HISUI

マルチスペクトル
カメラ

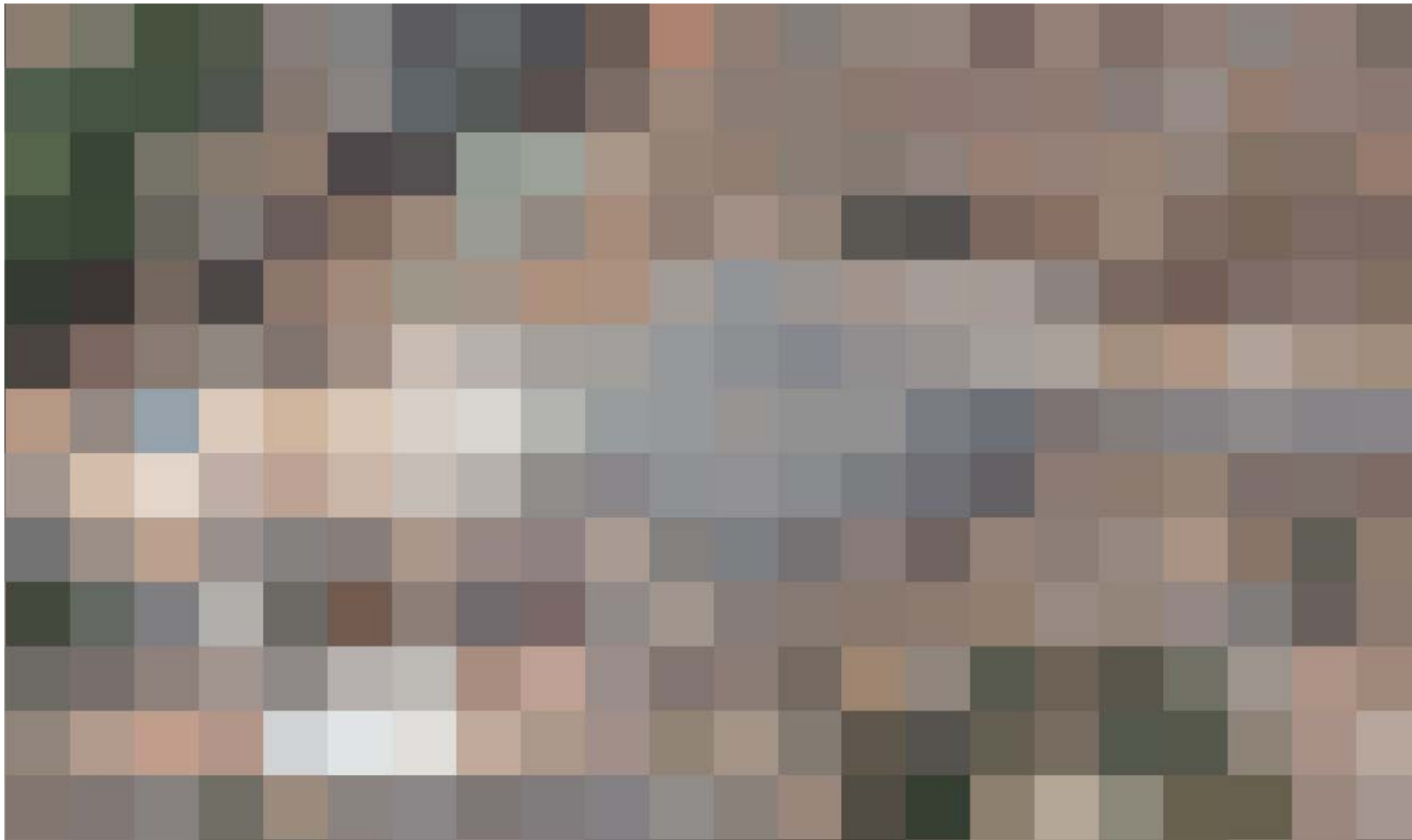


- 3つの光学カメラには空間分解能とスペクトル分解能にトレードオフが存在する [N. Ohgi *et al.*, 2011]

カメラ		地上分解能	波長帯数
HISUI	ハイパースペクトル	30m	185
	マルチスペクトル	5m	4
PRISM-2	パンクロマティック(ステレオ視)	0.8m	1

ハイパースペクトルカメラの問題点

- ハードウェアの制約から空間分解能が低い



地上分解能: 30m

ハイパースペクトルカメラの問題点



地上分解能: 5m

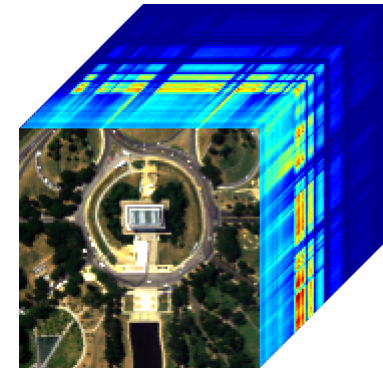
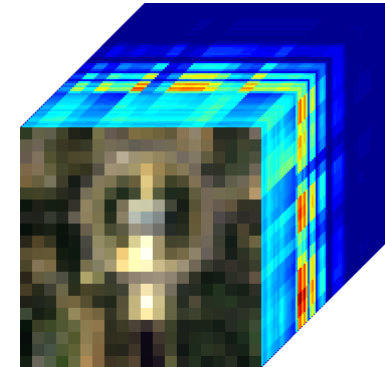
ハイパースペクトルカメラの問題点



地上分解能: 1m (@ Vatican)

背景

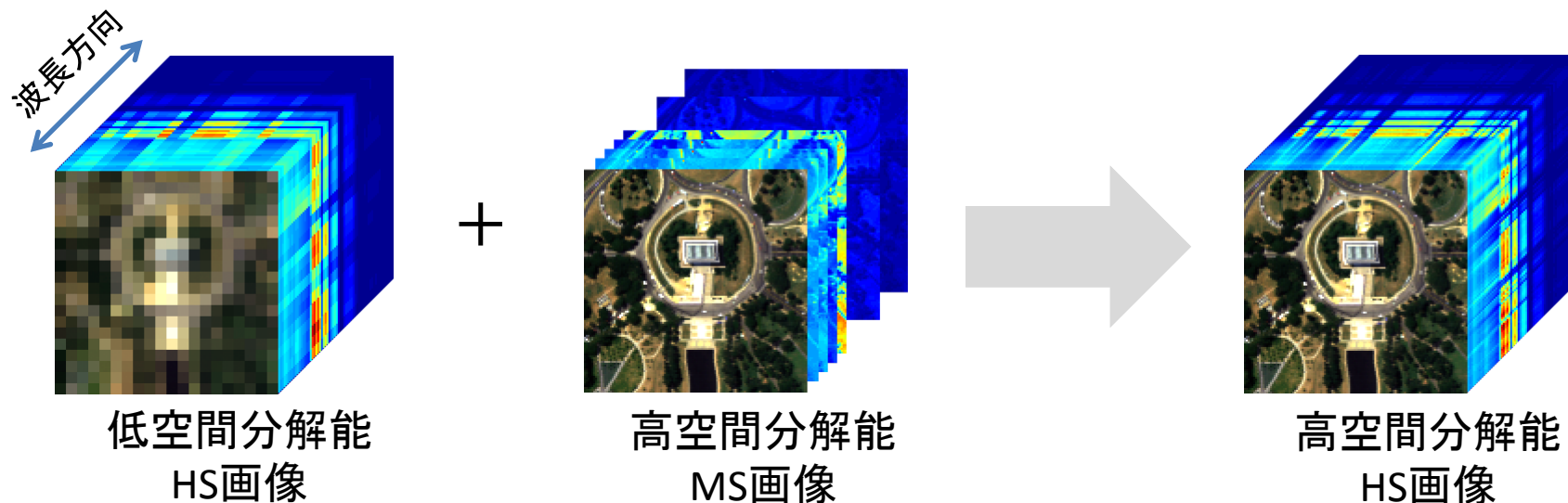
- ハイパースペクトルセンサ
 - 利点: スペクトルデータが得られる
 - 欠点: 空間分解能が低い
- マルチスペクトルセンサ
 - 利点: 空間分解能が高い
 - 欠点: 4色しか判らない



→ 高空間かつ高スペクトル分解能が欲しい
→ パン＋マルチでは、パンシャープン技術がある

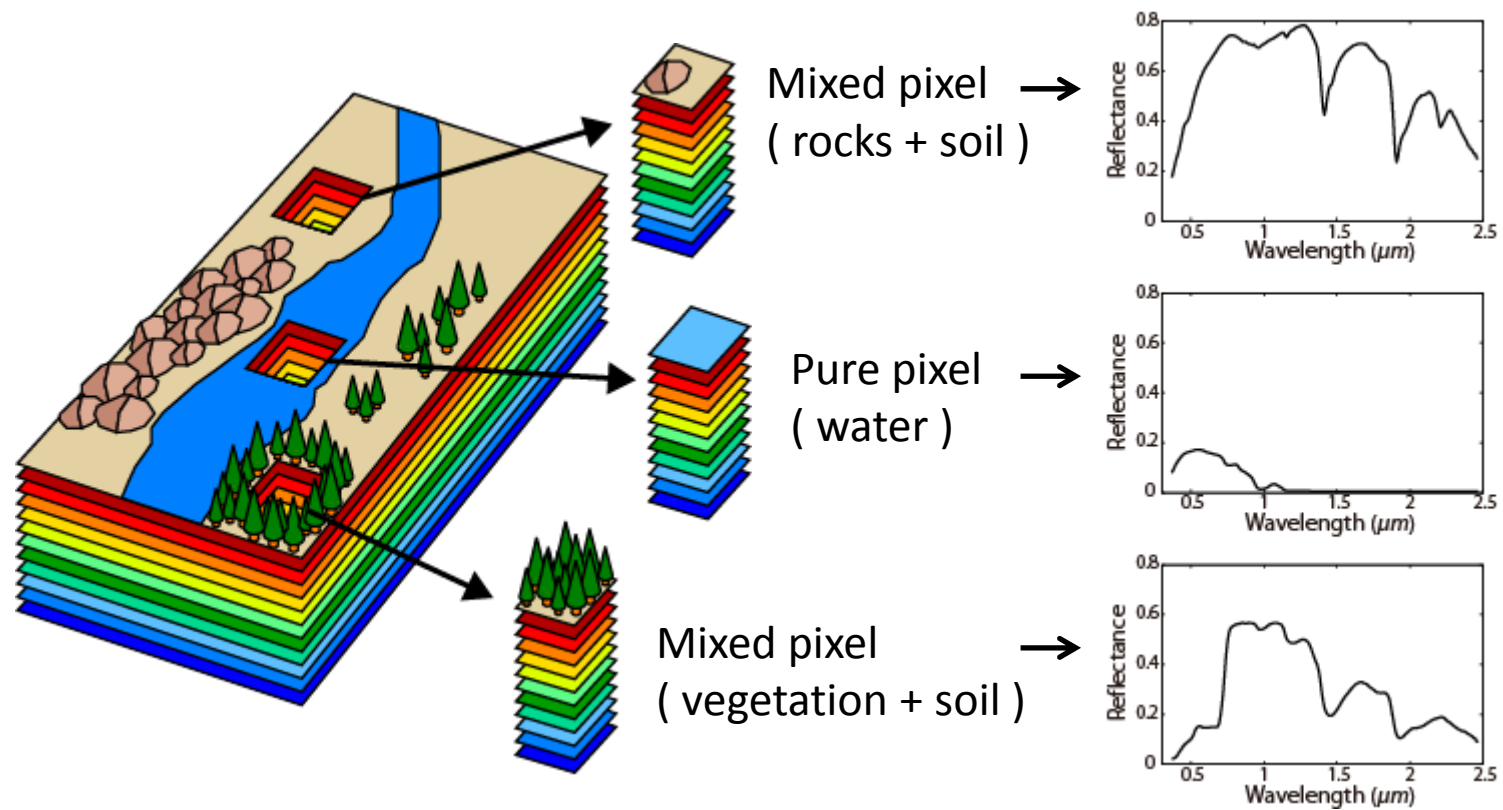
本研究の目的

- 低空間分解能HS画像と高空間分解能MS画像を融合し、高空間分解能HS画像を生成する

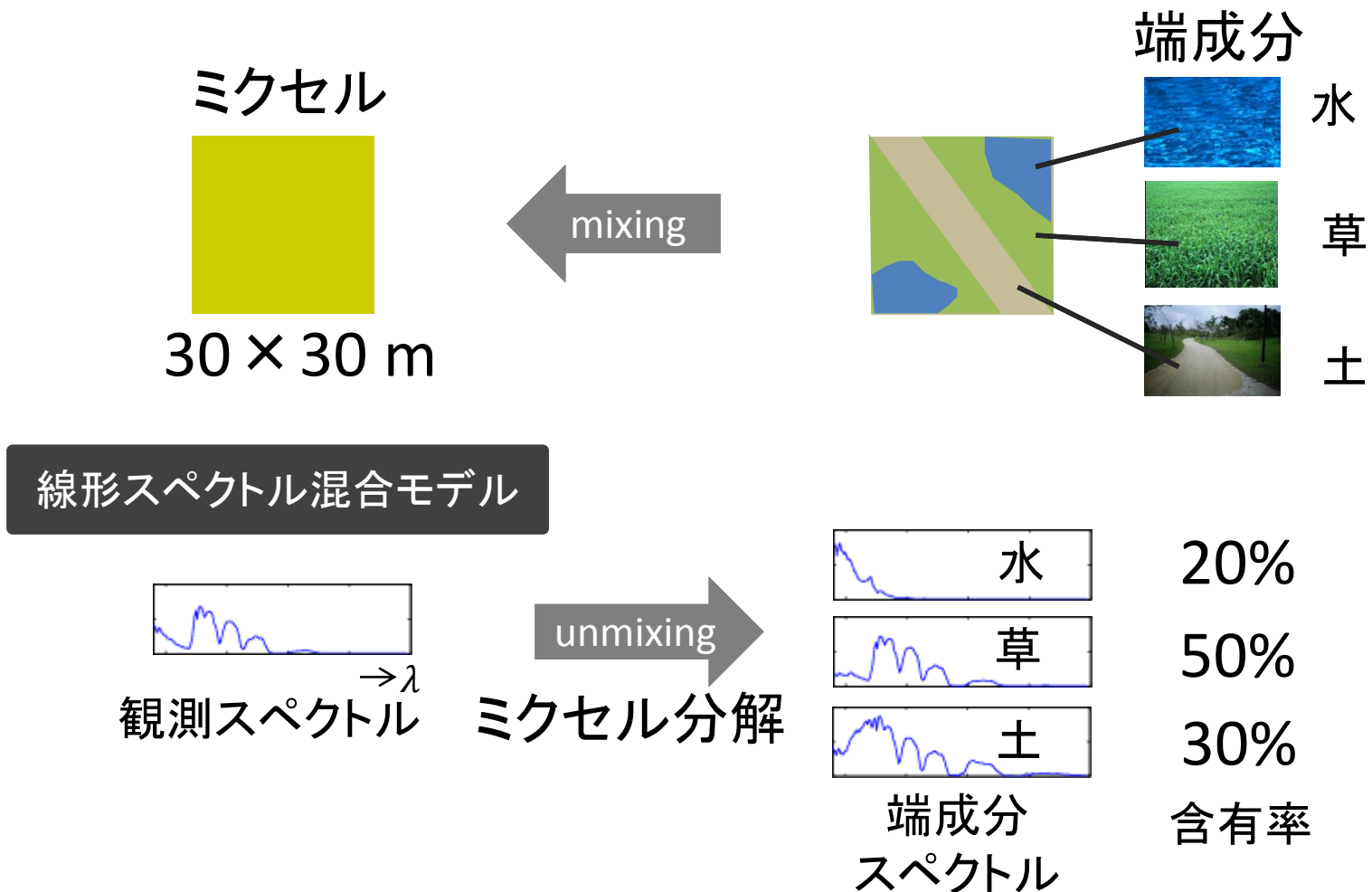


- 教師無しのみクセル分解を用いて、スペクトル歪みの少ない融合データ生成を目指す
(対象物が何であるかは、関知しない)

ミクセル



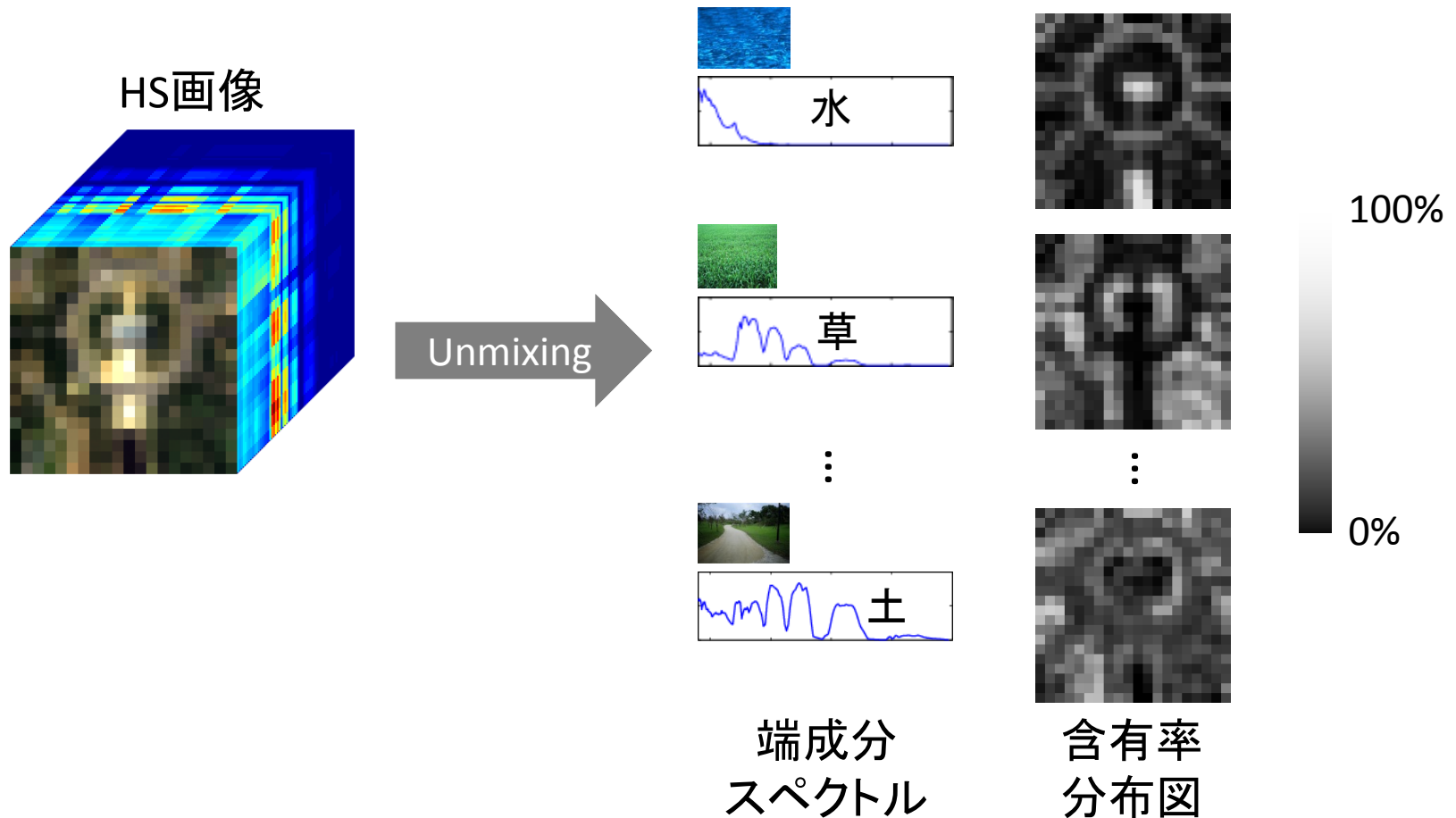
ミクセル分解



観測スペクトルを端成分スペクトルとその含有率に分解することをミクセル分解と呼ぶ

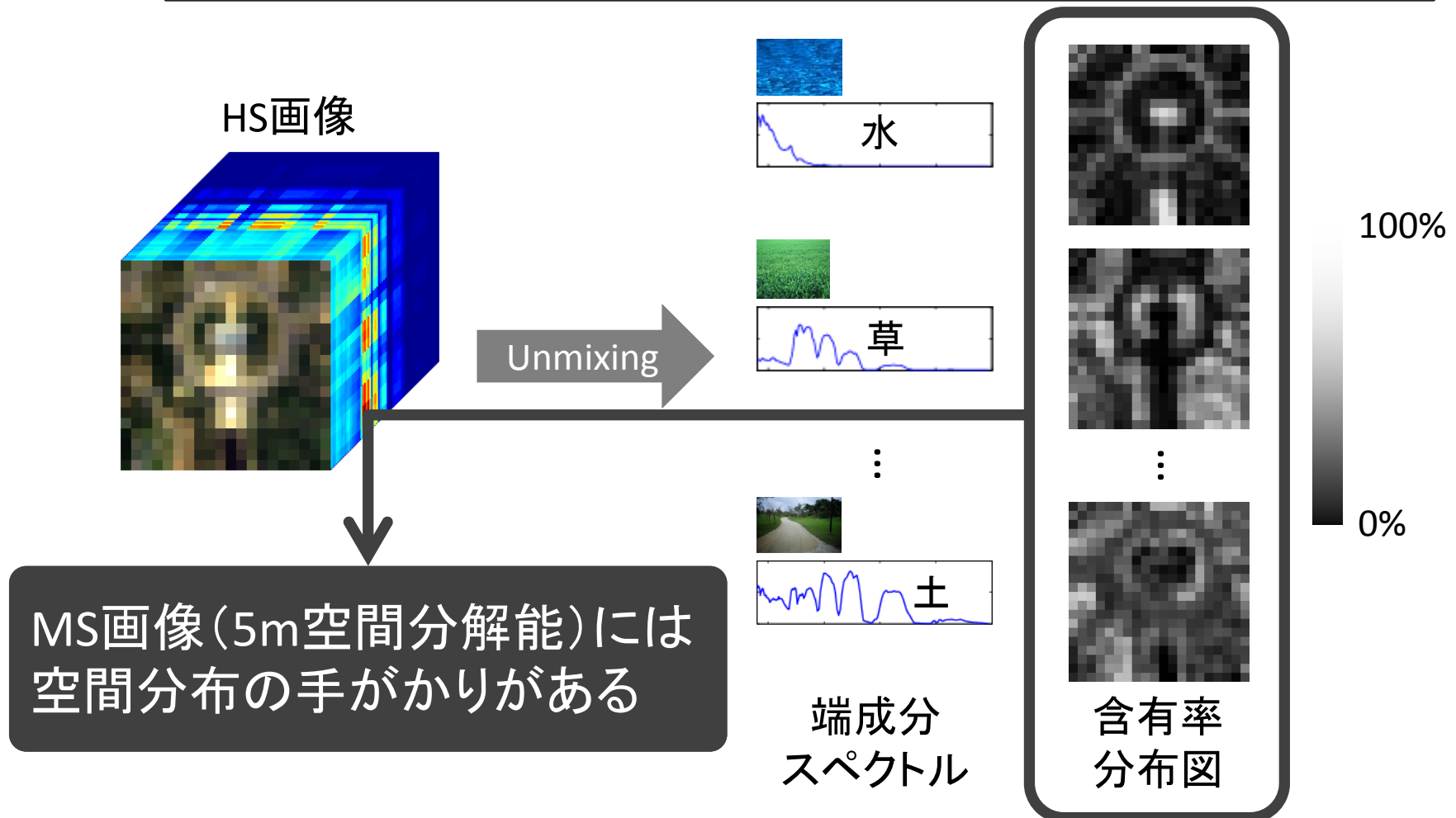
ミクセル分解

ミクセル分解を画像全体に適用する場合、撮像範囲に含まれる端成分スペクトルとその含有率分布図を求める問題になる



ミクセル分解

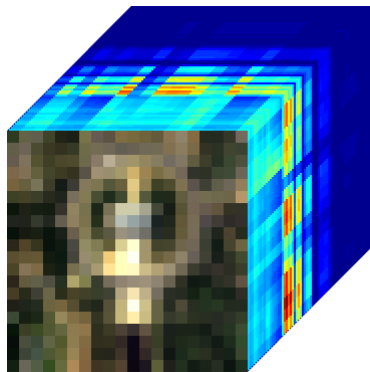
ミクセル分解を画像全体に適用する場合、撮像範囲に含まれる端成分スペクトルとその含有率分布図を求める問題になる



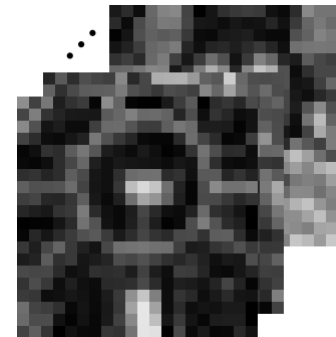
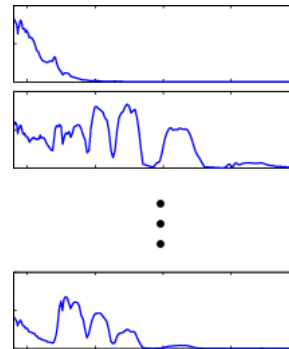
連成非負値行列分解

Coupled non-negative matrix factorization (CNMF)

HS画像



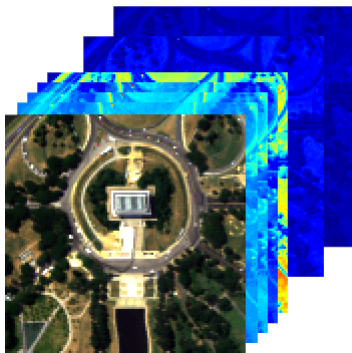
ミクセル
分解



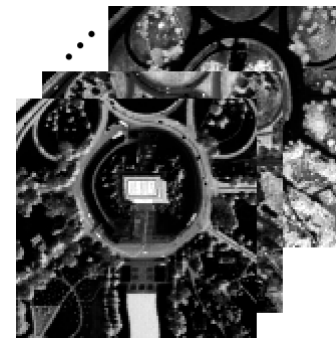
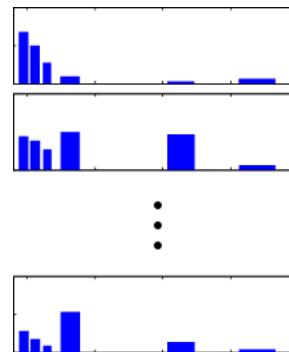
端成分
スペクトル

含有率分布図

MS画像



ミクセル
分解

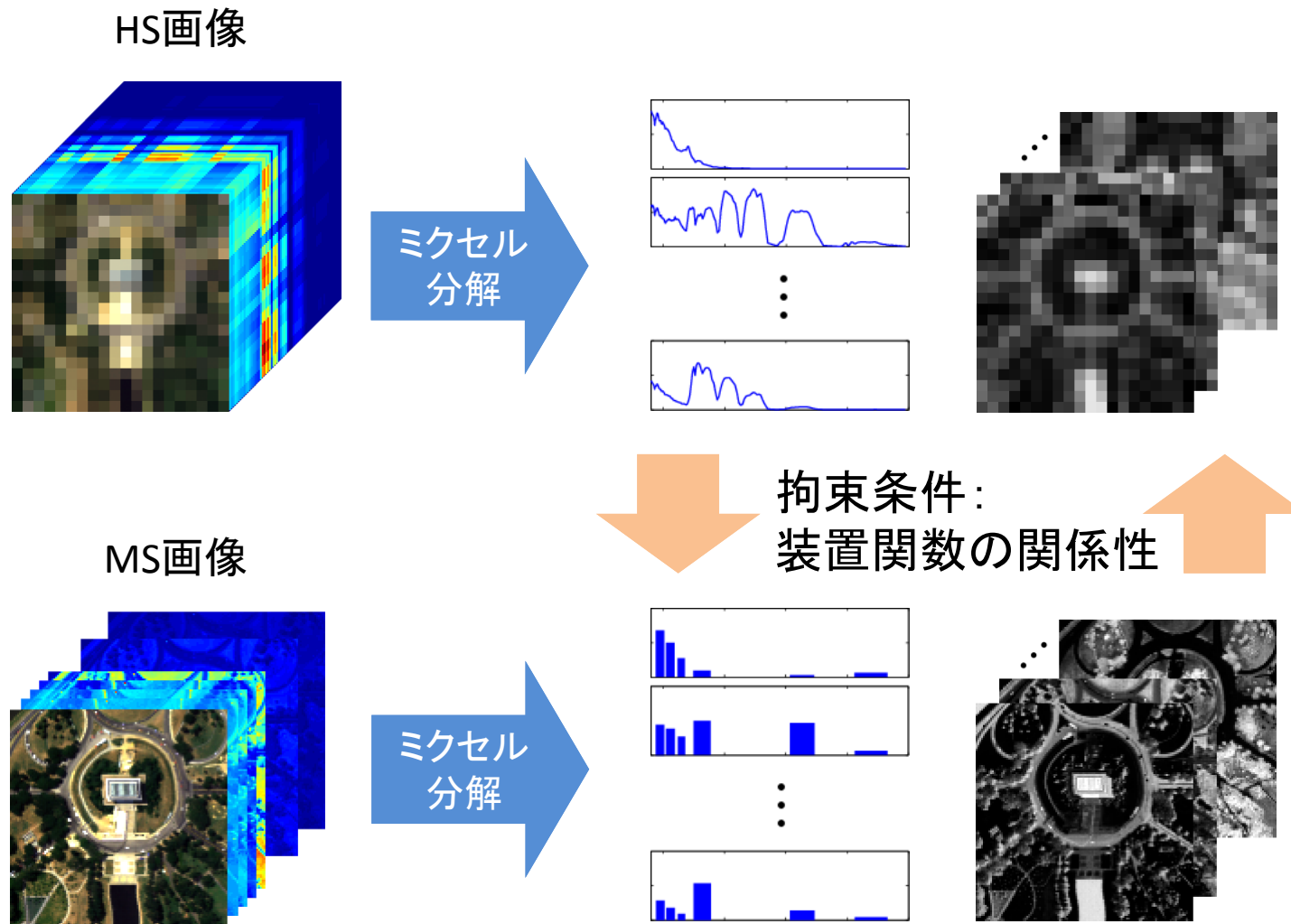


N. Yokoya *et al.*, *IEEE TGRS*, 2012.

N. Yokoya *et al.*, *IEEE JSTARS*, 2012.

連成非負値行列分解

Coupled non-negative matrix factorization (CNMF)

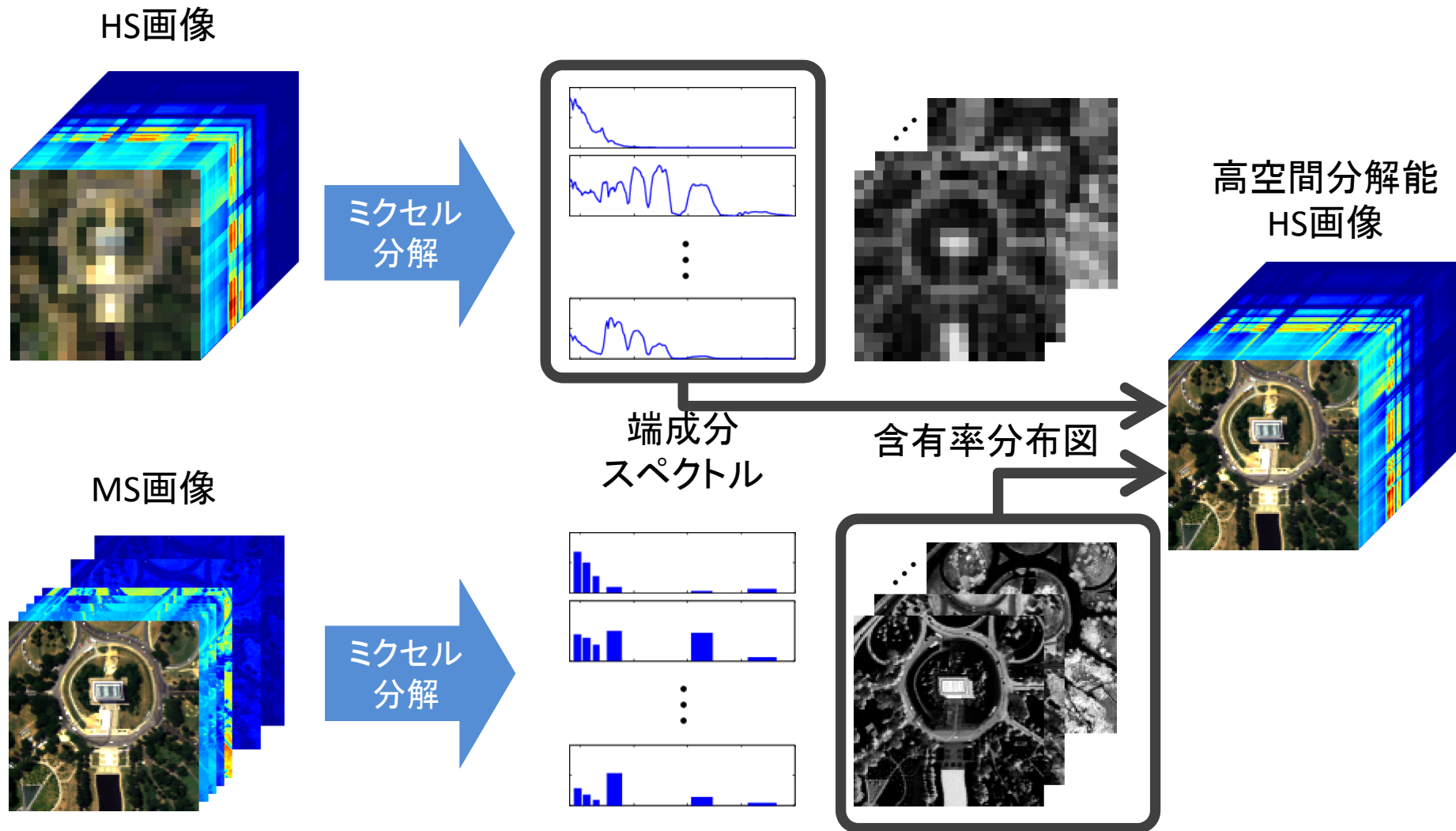


N. Yokoya *et al.*, *IEEE TGRS*, 2012.

N. Yokoya *et al.*, *IEEE JSTARS*, 2012.

連成非負値行列分解

Coupled non-negative matrix factorization (CNMF)



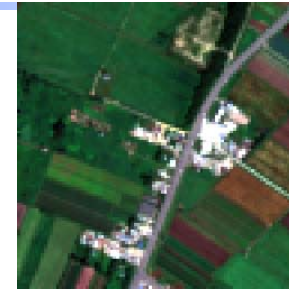
N. Yokoya et al., *IEEE TGRS*, 2012.

N. Yokoya et al., *IEEE JSTARS*, 2012.

データと評価方法

シミュレーションデータ

元野幌
(2008)



(Provided by JSpaceSystems)

- CASI-3: 1 m空間分解能

68観測波長(400-1060 nm)

- 空間方向と波長方向にダウンサンプリングして

- HS画像(30 m空間分解能、68観測波長)
- MS画像(5 m空間分解能、4観測波長)を作成

(装置関数は確定済みと仮定)

N. Yokoya *et al.*, *IEEE JSTARS*, 2012.

- 参照データ=5 m空間分解能のHS画像

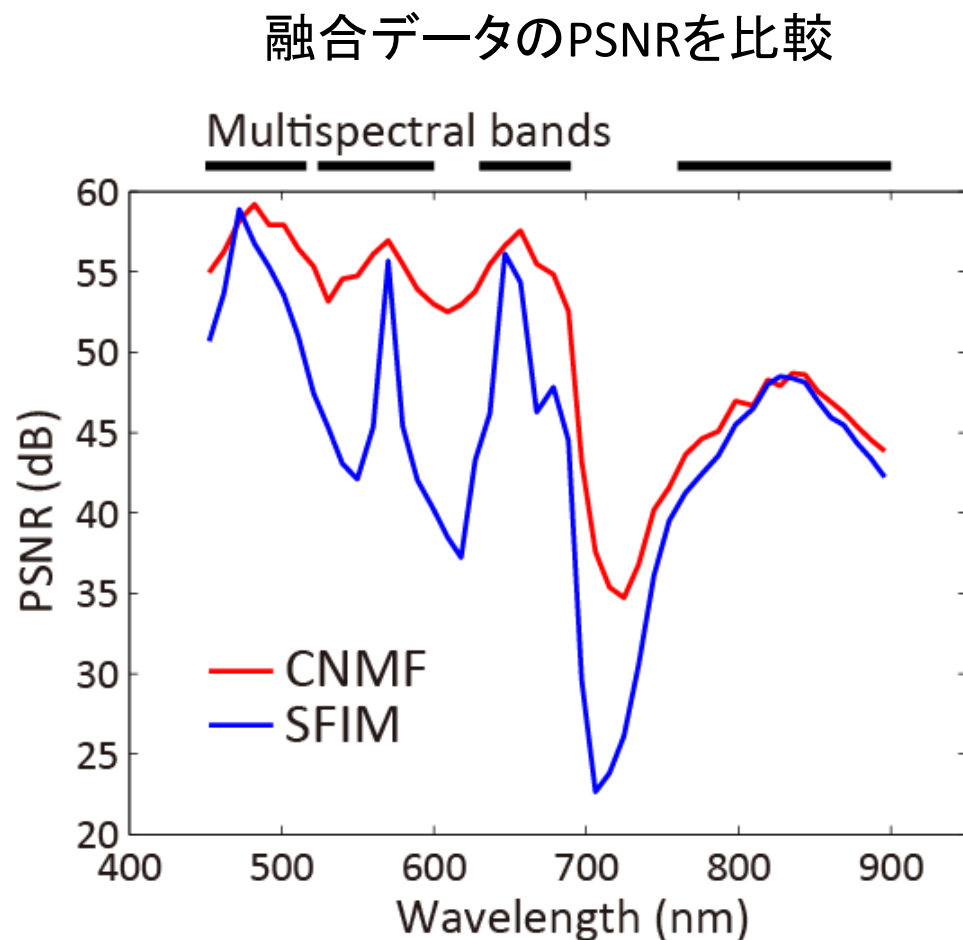
評価方法

- パンシャーブン手法(Smoothing Filtered Intensity Modulation: SFIM)と比較

- 空間性能: Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) 大きいほど良い
- 波長性能: Spectral Angle Error (SAE) 小さいほど良い

どれだけ元の空間分布を再現できるか？

どれだけ元の画像を再現できたか



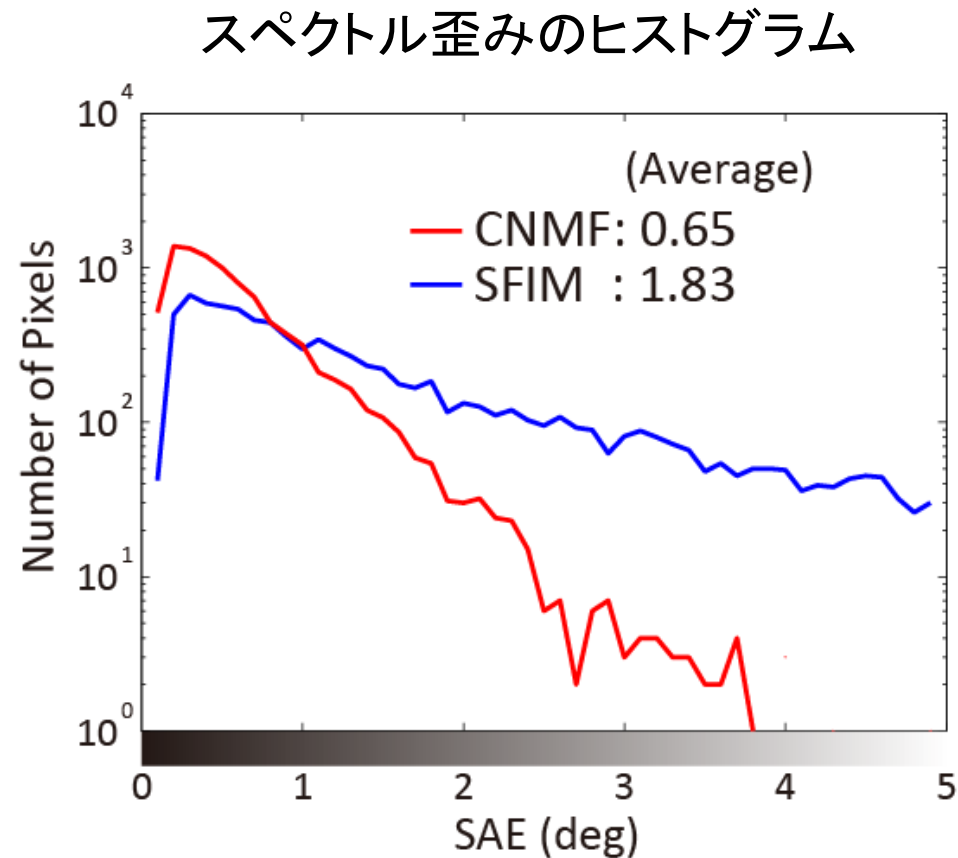
全波長帯を高精度に推定



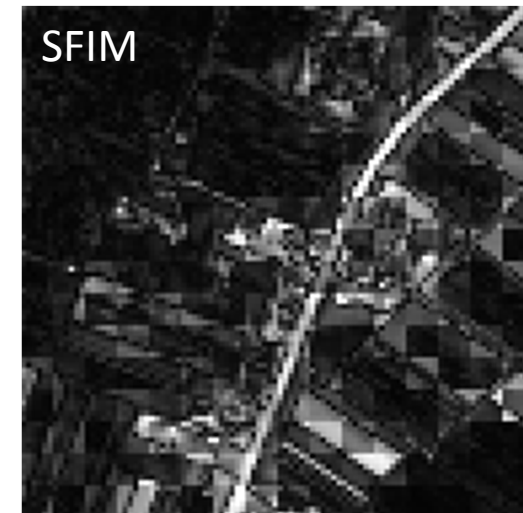
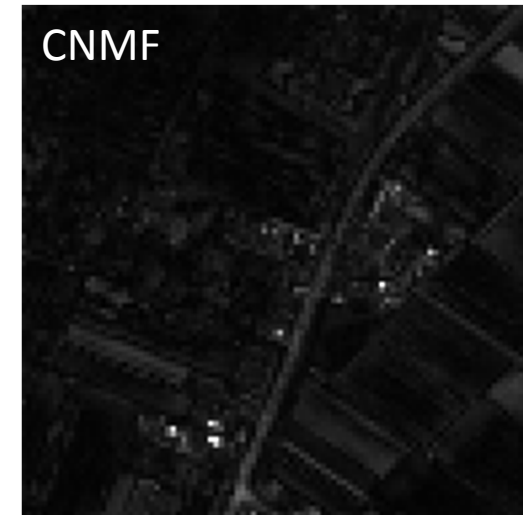
参照画像との差分
(同レベルに画像強調)
(R,G,B)=(462,560,667)nm

どれだけ元のスペクトルを再現できるか？

スペクトル歪みの分布図



スペクトル歪みが小さい



高度分類に使えるのか？

- センサ融合画像が牧草の品種分類に与えるインパクトを調べる

Orchard
Grass
(OG)



Reed
Canary
Grass
(RCG)



Kentucky
Bluegrass
(KB)



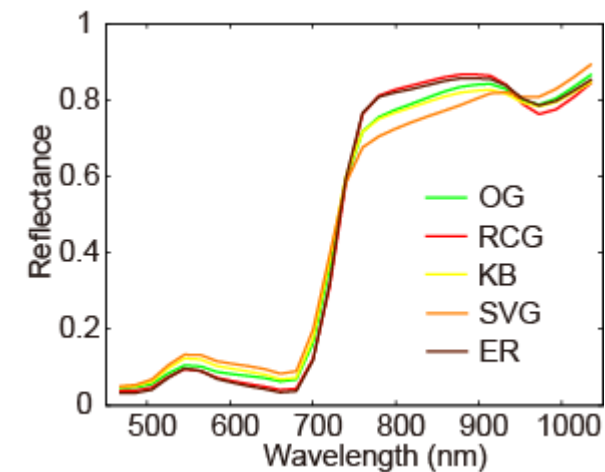
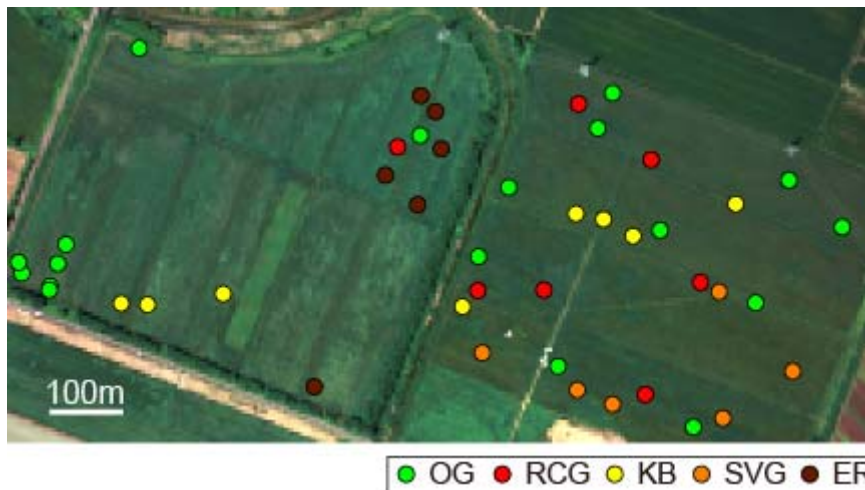
Sweet
Vernal
Grass
(SVG)



Elytrigia
Repens
(ER)



(Provided by JSpaceSystems)



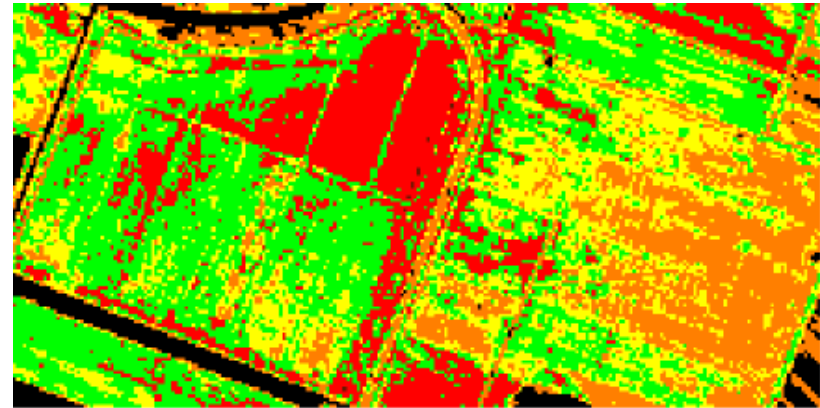
分類結果

融合画像は品種分類に必要なスペクトル性能を有する

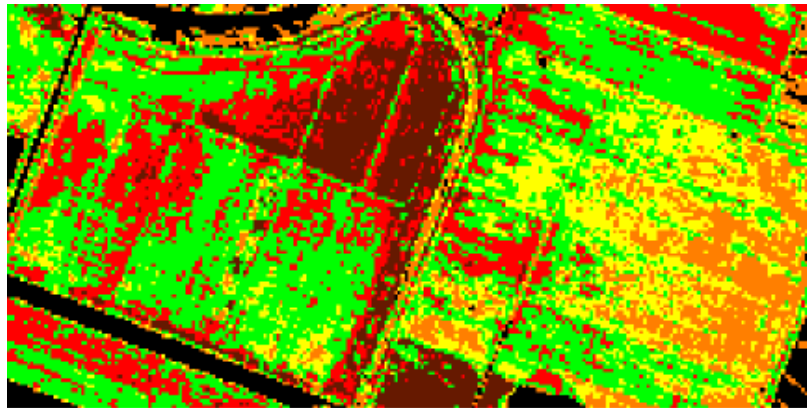
ハイパースペクトル: 46.7%



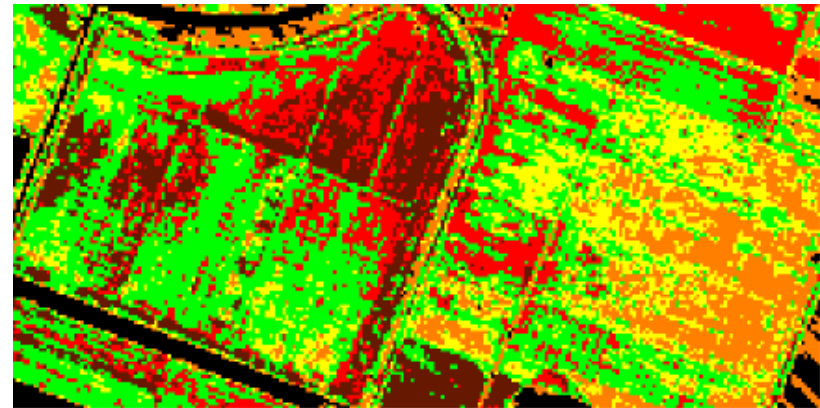
マルチスペクトル: 51.1%



融合画像: 64.4%



元画像: 66.7%



● OG ● RCG ● KB ● SVG ● ER

N. Yokoya et al., Proc. IEEE IGARSS, 2012.

まとめ

- Hyper-Multispectralデータ融合は新しい世界を開く
- 教師無しのミクセル分解に基づく手法を提案
 - スペクトル歪みが小さい
 - 高度な品種分類に有効
- ALOS-3が最初の実証機会となる
 - ALOS-3のキラーアプリケーションに！

さらなる発展に向けて

- パンクロ画像との融合

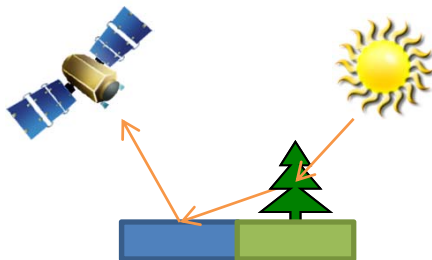
- 0.8mの空間分解能情報を加味

N. Yokoya *et al.*, *Proc. IEEE WHISPERS*, 2011.

- 非線形スペクトル混合モデルによる拡張

- スペクトル混合の非線形を考慮することでさらなる精度向上

N. Yokoya *et al.*, *Proc. IEEE WHISPERS*, 2012.



参考文献

- Journal paper
 - N. Yokoya, N. Mayumi, and A. Iwasaki, "[Cross-calibration for data fusion of EO-1/Hyperion and Terra/ASTER](#)," *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2012.
相対的装置関数の推定手法を提案
 - N. Yokoya, T. Yairi, and A. Iwasaki, "[Coupled nonnegative matrix factorization unmixing for hyperspectral and multispectral data fusion](#)," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2011.
ミクセル分解に基づく光学センサ融合手法を提案
- Conference paper
 - N. Yokoya, J. Chanussot, and A. Iwasaki, "[Coupled non-negative matrix factorization for hyperspectral and multispectral data fusion: application for pasture classification](#)," *Proc. WHISPERS*, Shanghai, China, Jun. 5-7, 2012.
非線形スペクトル混合を考慮した融合手法を提案
 - N. Yokoya, T. Yairi, and A. Iwasaki, "[Coupled non-negative matrix factorization for hyperspectral and multispectral data fusion: application for pasture classification](#)," *Proc. IGARSS*, Vancouver, Canada, Jul. 24-29, 2011.
融合画像のスペクトル精度が牧草分類に有効であることを実証
 - N. Yokoya, T. Yairi, and A. Iwasaki, "[Hyperspectral, multispectral, and panchromatic data fusion based on non-negative matrix factorization](#)," *Proc. WHISPERS*, Lisbon, Portugal, Jun. 6-9, 2011.
CNMFの枠組みでパンクロ画像も融合する手法を提案