

システムセンシング情報学講座 「地球環境解析のための高次衛星画像処理の研究」

■ はじめに

- 宇宙航空研究開発機構(JAXA)とは?
- リモートセンシングとは?
- 講座・自己紹介
- 講義内容(予定)

■ 「地球環境解析」と「高次衛星画像処理」

- 地球観測衛星: GCOM, 「だいち」(ALOS)概要
- 研究テーマ例
- 研究紹介

田殿 武雄 (Takeo Tadono)

宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター (JAXA EORC)

北海道大学 情報科学研究科 システム情報科学専攻

工学部L棟3階L359 新サイバーフィールドリサーチラボ(CFRL)内

E-mail: tadono.takeo@jaxa.jp / tadono@ssi.ist.hokudai.ac.jp

<http://www.eorc.jaxa.jp/ISS/index.html>

宇宙航空研究開発機構とは



宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency

2003年10月発足



航空宇宙技術研究所
National Aerospace Laboratory



宇宙開発事業団
National Space Development Agency of Japan



宇宙科学研究所
The Institute of Space and Astronautical Science



EORC Earth Observation Research Center

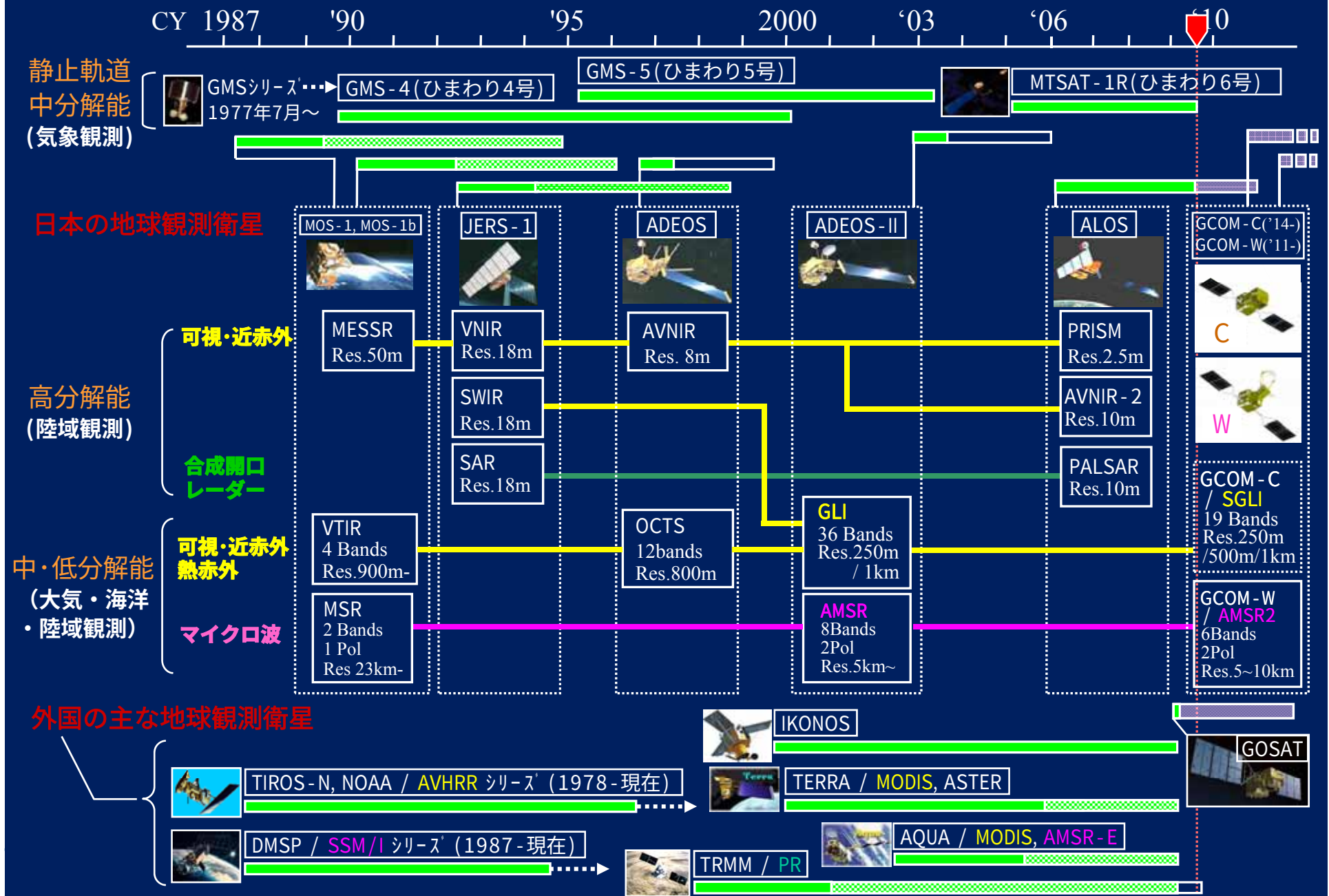


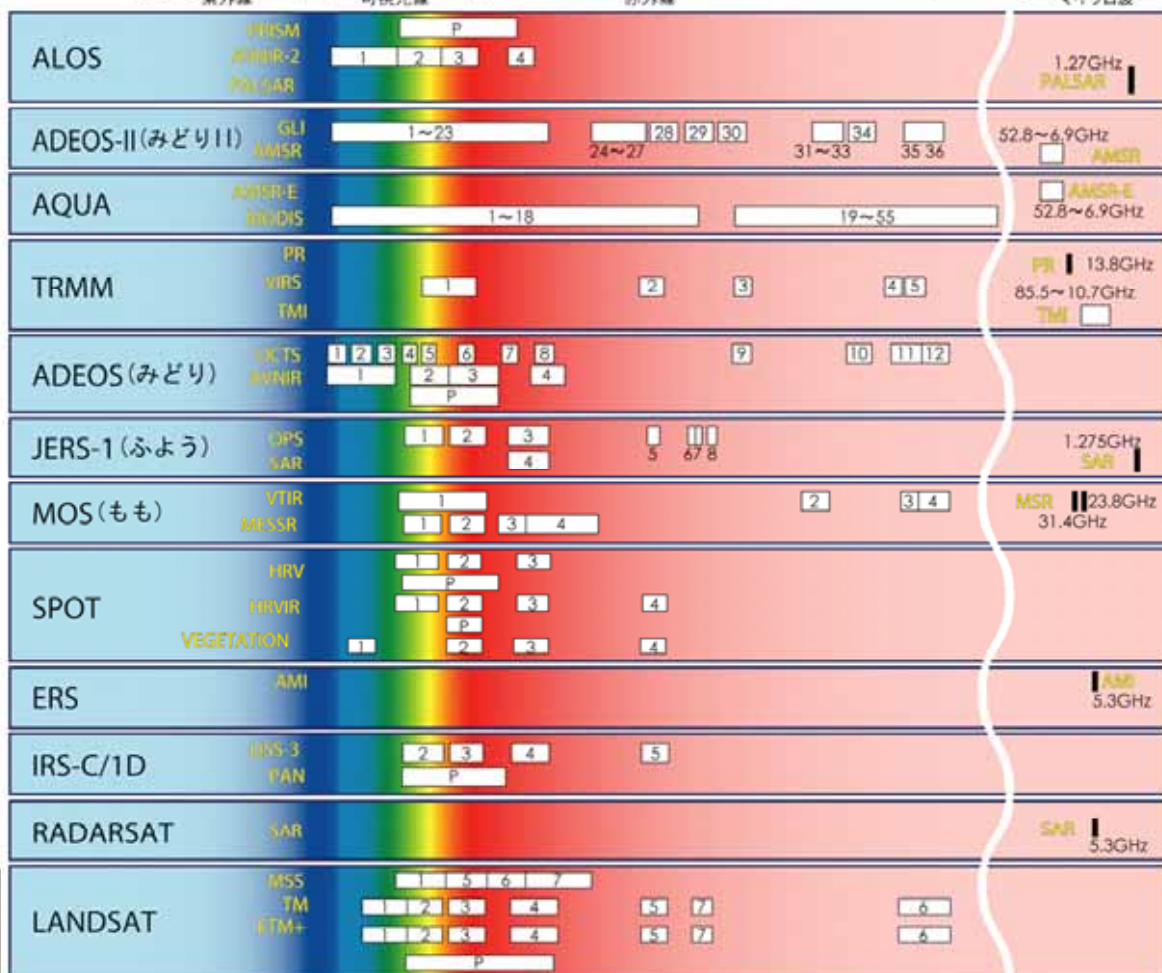
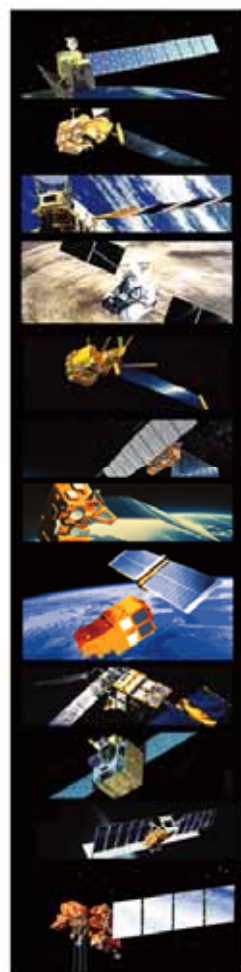
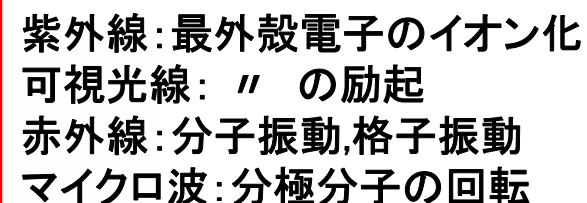
リモートセンシング(Remote Sensing)とは?



- ✓ 遠く離れたところから, 対象物に手を触れずにそれが {何か? どのような状態か?} を {電磁波, 音波, 振動} を使って計測する技術.
- ✓ 地球観測: {人工衛星, スペースシャトル, 航空機等} **プラットフォーム**(platform) に搭載された **センサ** (sensor) で計測. → **分光(スペクトル)特性**を利用.

日本および外国の主な地球観測衛星 / センサ





・Pはバンク ロマチックの略。

分光特性

(Spectral characteristics):

物質固有の波長特性

輝度

(Radiance, Brightness):

放射エネルギーの大きさ
を表す物理量

各バンドが観測する波長帯
の反射が強ければ画像が
明るくなる

■ システム情報科学専攻 連携講座:宇宙航空研究開発機構(JAXA)

- ✓ 平成20年度(2008/4/1)からスタート
- ✓ 工学部L棟3階L359 新CFRL内(2009/12月～)

■ 研究内容

- ✓ 地球観測
かつ詳細な
センシングの
データの
などにつ

やる気のある学生
積極的な学生
宇宙開発・地球観測に興味のある学生
募集中

データを広領域で
センシングの原理, セン
データ構造と大規模
情報の利用事例

■ メンバー

- ✓ 教員:森山 隆客員教授, 堀 雅裕客員准教授, 田殿 武雄客員准教授
- ✓ 修士2年:1人, 修士1年:1人(2009年度から)

■ 研究指導

- ✓ 教員来校
- ✓ インターンシップ(茨城県つくば市 筑波宇宙センター):旅費の支援あり
- ✓ 電子メールの利用, Web会議システムによる連絡会(1回/週-2週)

■ 講義:システムセンシング情報学特論(11-12月頃に集中講義)

■ 北海道大学-JAXA連携大学協定締結(2008年10月31日)

- ✓ 衛星データ・衛星画像利用研究拠点センター
- ✓ リモートセンシング・GIS分科会



- 学習の目的
 - リモートセンシングの原理と応用を理解し、身近な応用や新たな利用の創出ができる基礎知識を習得する。
- 学習内容
 - 宇宙開発全般、人工衛星、リモートセンシングの基礎理論、画像処理論、応用研究
- 学習の方式
 - パワーポイントによる講義と演習（一部に国際シンポジウムの聴講（講義3コマ分）を含む）
- レポート作成・提出
 - 講義最終日に提示される複数の課題から一つを選択し、A4用紙で2枚程度、年内にe-mailで提出

■ 森山(7コマ)

(1)宇宙開発全般

宇宙開発の歴史, JAXAの宇宙開発, 宇宙ステーション, 人工衛星, 地球観測衛星と利用, 衛星情報の受信・処理, 科学研究例, 実利用例

(2)リモートセンシング総論

原理, 方式, センサ, 信号処理, 判読, 画像応用

■ 堀(4コマ)

(1)画像処理論: 物理量プロダクトを作る準備

放射量補正(反射率・輝度温度変換), 観測対象物の分光情報の特徴と利用, 大気の吸収・散乱と大気補正の考え方

(2)画像処理の応用: 物理量プロダクトの抽出

地球物理量プロダクトの種類と利用, 光学センサによる積雪物理量の抽出事例(マイクロ波センサによる海氷物理量の抽出事例), 長期変動解析事例

(3)衛星プロダクトができるまで

JAXAでの衛星プロダクトの生産, データフォーマットの選択と解析ツール

■ 田殿(4コマ)

(1) リモートセンシング

高分解能衛星(ALOS, だいち)観測データの画像解析処理に必要な知識

(2) 画像処理論

幾何補正, 放射量補正, 校正・検証, 数値地形モデル(DEM)・数値地表モデル(DSM), 正射投影処理(オルソ補正画像)

(3) 画像処理の応用

「だいち」データによる画像処理(光学センサとマイクロ波センサのデータフュージョン)

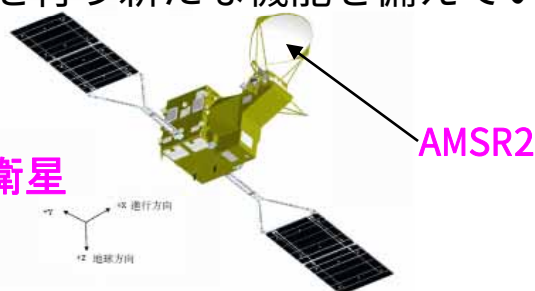
☆ 単位認定の必要条件

7割(11回)以上の出席と講義最終日に要求されたレポート提出を成績評価対象者となる条件とする。これを満たさない場合には, 原則として不可とする。

地球環境変動観測ミッション(GCOM)

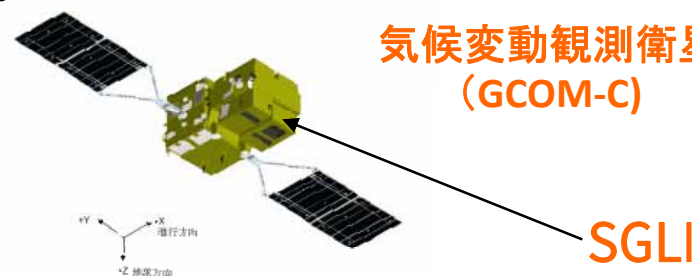
- 地球規模での気候変動・水循環メカニズムを解明する上で有効な物理量の観測を長期間継続的に行えるシステムを構築し、利用実証する。
- 2つ衛星(GCOM-W and C)を3世代(世代間は1年間重複)継続させることにより、13年間の均質かつ安定的な観測を行うこと(W: water and C: climate)。
- GCOM-Wは全球水循環の変動に注目し、AMSR-Eの観測を継承する。GCOM-Cは放射収支ならびに炭素循環の変動に注目し、GLIの観測機能を継承するとともに、偏光・多方向観測を行う新たな機能を備えている。

水循環変動観測衛星
(GCOM-W)



観測センサ	高性能マイクロ放射計2 (AMSR2) 〔マイクロ波帯による観測 水蒸気量、土壌水分等を検出〕
観測軌道	太陽同期準回帰軌道 高度: 約700km
外形寸法	5.1m(X) × 17.5m(Y) × 3.4m(Z)
衛星質量	1880kg
発生電力	4050W以上
打上	H-IIAロケットにより 平成23年度 打上げ
設計寿命	5年
開発状況	平成19年度 基本設計着手

気候変動観測衛星
(GCOM-C)

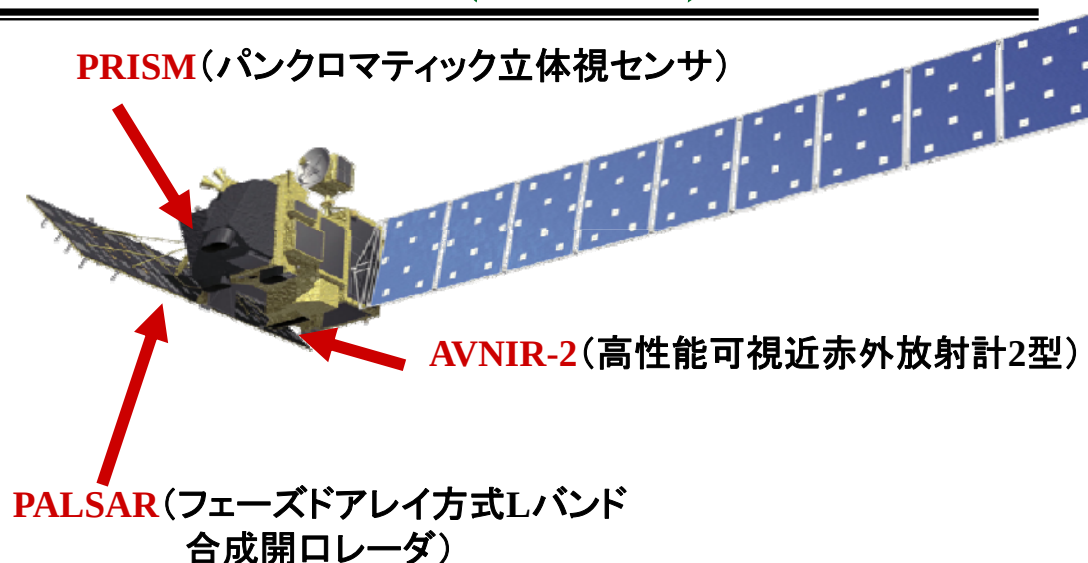


観測センサ	多波長光学放射計 (SGLI) 〔近紫外～熱赤外の波長帯による観測 雲・エアロゾル、海色、植生等を検出〕
観測軌道	太陽同期準回帰軌道 高度: 約800km
外形寸法	4.6m(X) × 16.3m(Y) × 2.8m(Z)
衛星質量	1950kg
発生電力	4250W以上
打上	未定
設計寿命	5年
開発状況	研究フェーズ。フェーズアップのための評価中

陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)

Advanced Land Observing Satellite (ALOS)

- 2006年1月24日打上げ
- 高度約700kmから3つのセンサーで地表を観測
- 地図作成, 土地利用観測, 災害状況把握, 資源探査等に利用



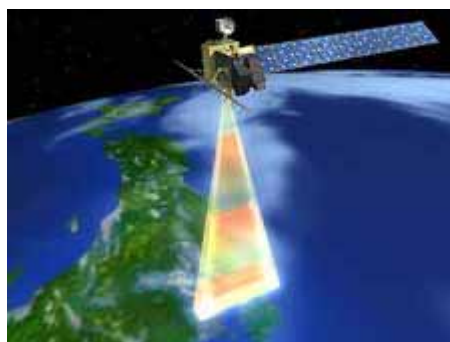
PRISM



衛星の進行方向に沿って
3方向を同時観測＝数値
標高データ(DEM)の計測

2.5mの分解能で地上の
建物などを観測可能

AVNIR-2



10mの分解能で地上を
カラー観測

左右44度の首振り機能
を持ち, 災害発生時に
は2日以内に観測できる

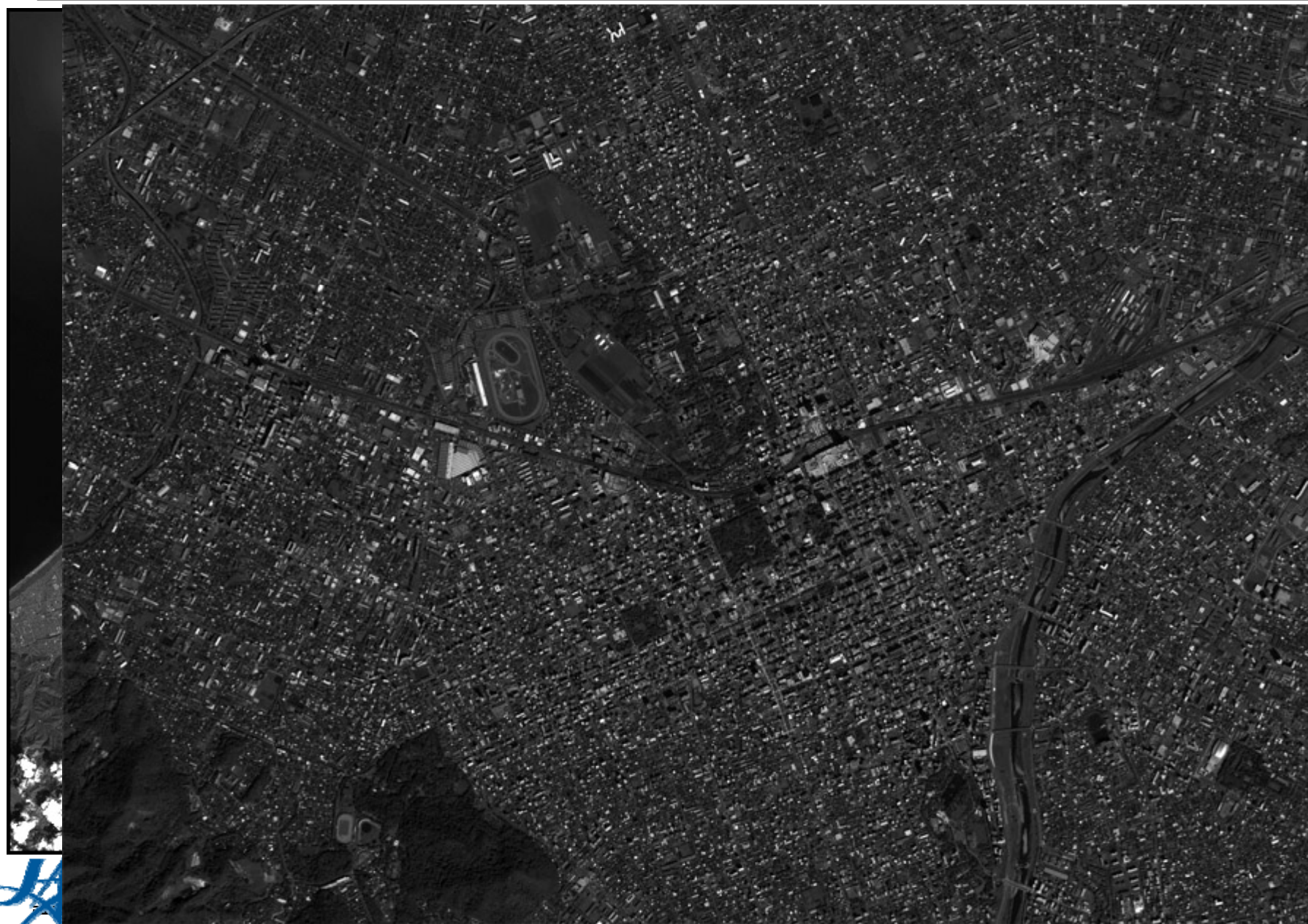
PALSAR



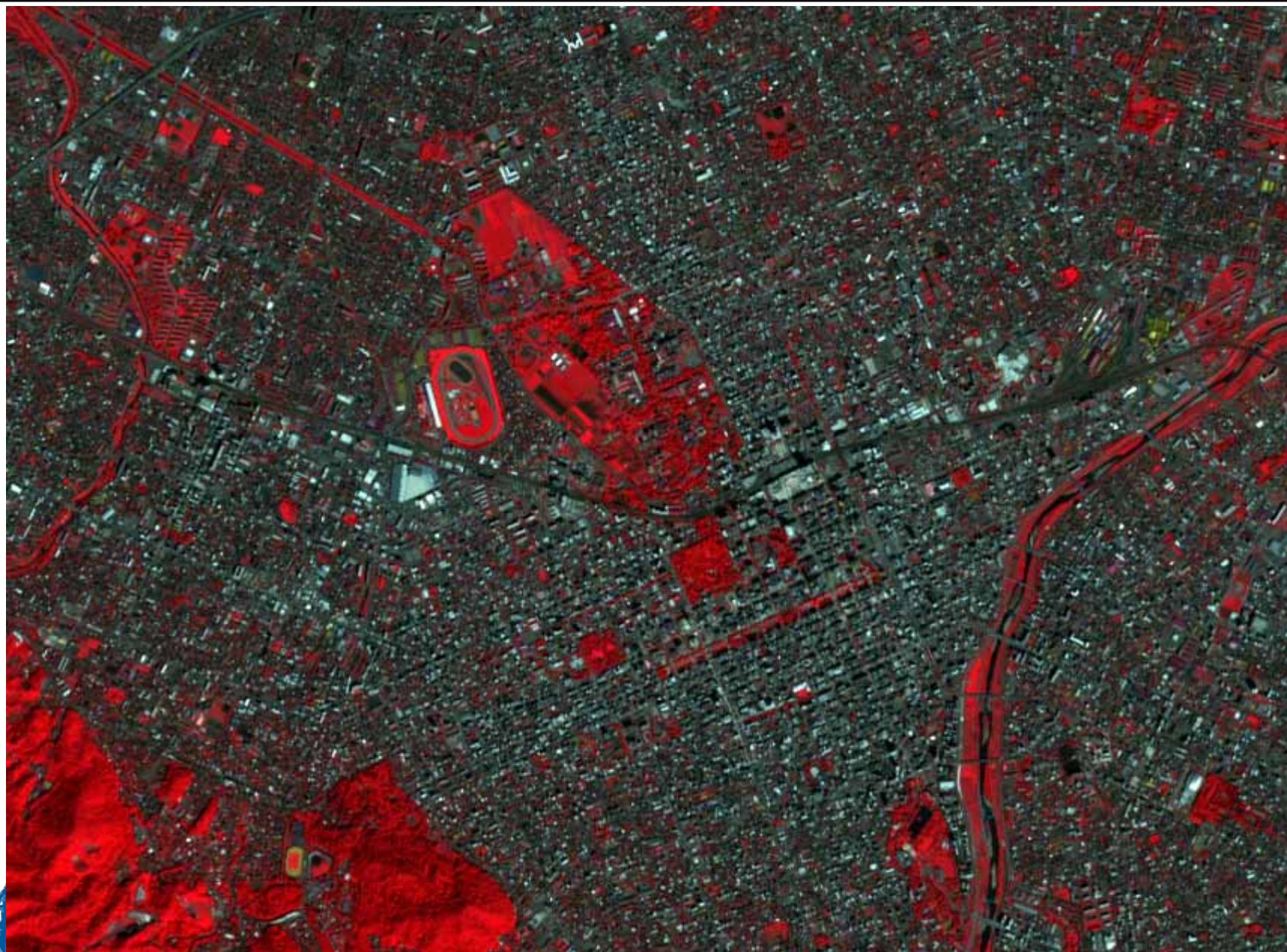
地上が曇りや雨の天候時
また夜であっても電波レー
ダによって観測可能



2007年9月18日観測PRISM画像



2007年9月18日観測AVNIR-2画像(R,G,B=Band4,3,2)





Pan-sharpened image using PRISM and AVNIR-2 acquired on Sep. 18, 2007.

■ 高次画像処理

- 幾何補正手法の開発
- 放射量補正手法の開発
- DEM/オルソ補正画像作成手法の開発
- 画質評価手法の開発
- 多次元(時空間)解析手法の開発
- 多センサデータを用いた解析手法の開発
- ...

エンジニアリング

情報処理
信号処理

■ 地球環境解析

- 地球環境変動の解析: 気候, 気象
- 物理量推定アルゴリズムの開発
 - ✓ 土壌水分, 積雪, 氷河, 凍土, 農業, 森林, 砂漠化...
- 経時変化解析
- 空間分布解析

サイエンス
地球科学



自分が興味ある事象を解明しようとすること!
人工衛星とデータはそのためのtool

衛星リモートセンシングによる 森林火災の延焼可能性推定

○本田 謙一¹, 堀 雅裕², 中右 浩二², 田殿 武雄²
森山 隆², 本間 利久¹

¹北海道大学 情報科学研究科

²(独)宇宙航空研究開発機構

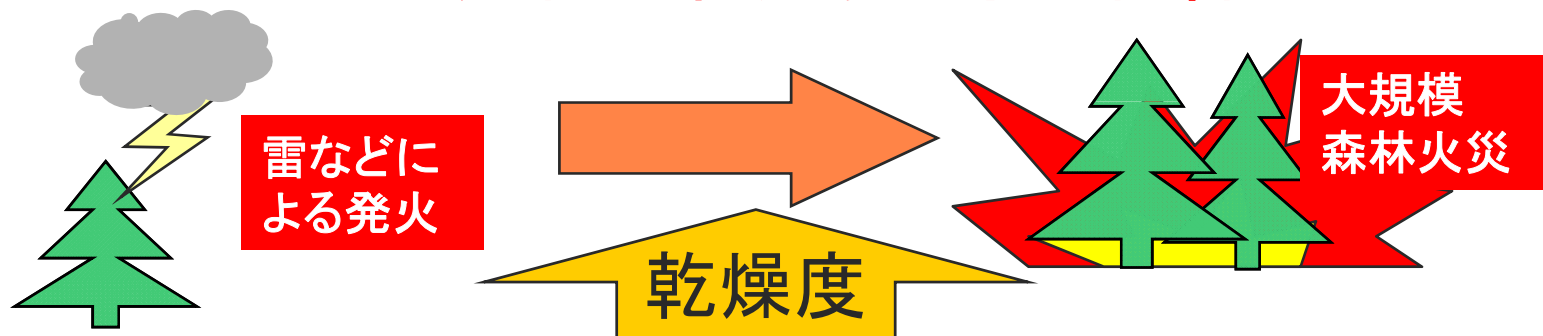
背景

- 大規模な森林火災が世界中で発生
 - 植生やインフラに多くの被害
 - 同時多発的に発生し、対応が困難
 - 数十kmにわたって延焼するため、延焼予測が必要
- 事前に延焼危険度を推定しようとする試みが進められている
- 既存の延焼危険度の推定手法
 - 気象データからの推定（一般的）
 - × 観測点が少ないと、空間補間で誤差が生じる
 - 衛星を利用した推定（僅少）
 - ○ 定期的・面的にデータが得られる

衛星リモートセンシングによる危険度推定が求められている

衛星を用いた危険度の考え方

- 延焼には可燃物の乾燥度が強く影響している

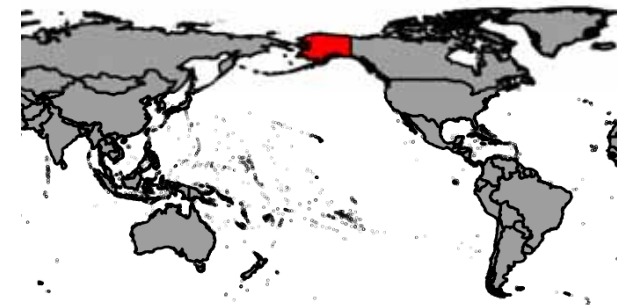


衛星より乾燥度として観測できる指標

- **NDWI** (Jan Verbesselt et al. 2006)
- **NDVI** (Jan Verbesselt et al. 2006)
- **LST** (Guo and Zhou 2004)
- **DNTD**(昼夜地表面温度差)
 - 小野ら(2009)
 - Day Night Temperature Difference
 - 11 μ mの昼夜輝度温度差(高いほど乾燥)

目的

- 衛星による指標と、森林火災の延焼時期の関係を比較
延焼予測の可能性を探る
 - NDWI, DNTD(昼夜地表面温度差)を使用
 - 1. 森林火災年と平年では指標の差があるか
 - 2. 同年でも燃焼期と非燃焼期では差があるか
 - 3. 事前の延焼予測は可能か
- 対象地域: 米国アラスカ州
 - 衛星から寒冷地を推定した例は少ない
 - 太陽高度の変動が大きい
 - 過去の森林火災焼失域データが豊富



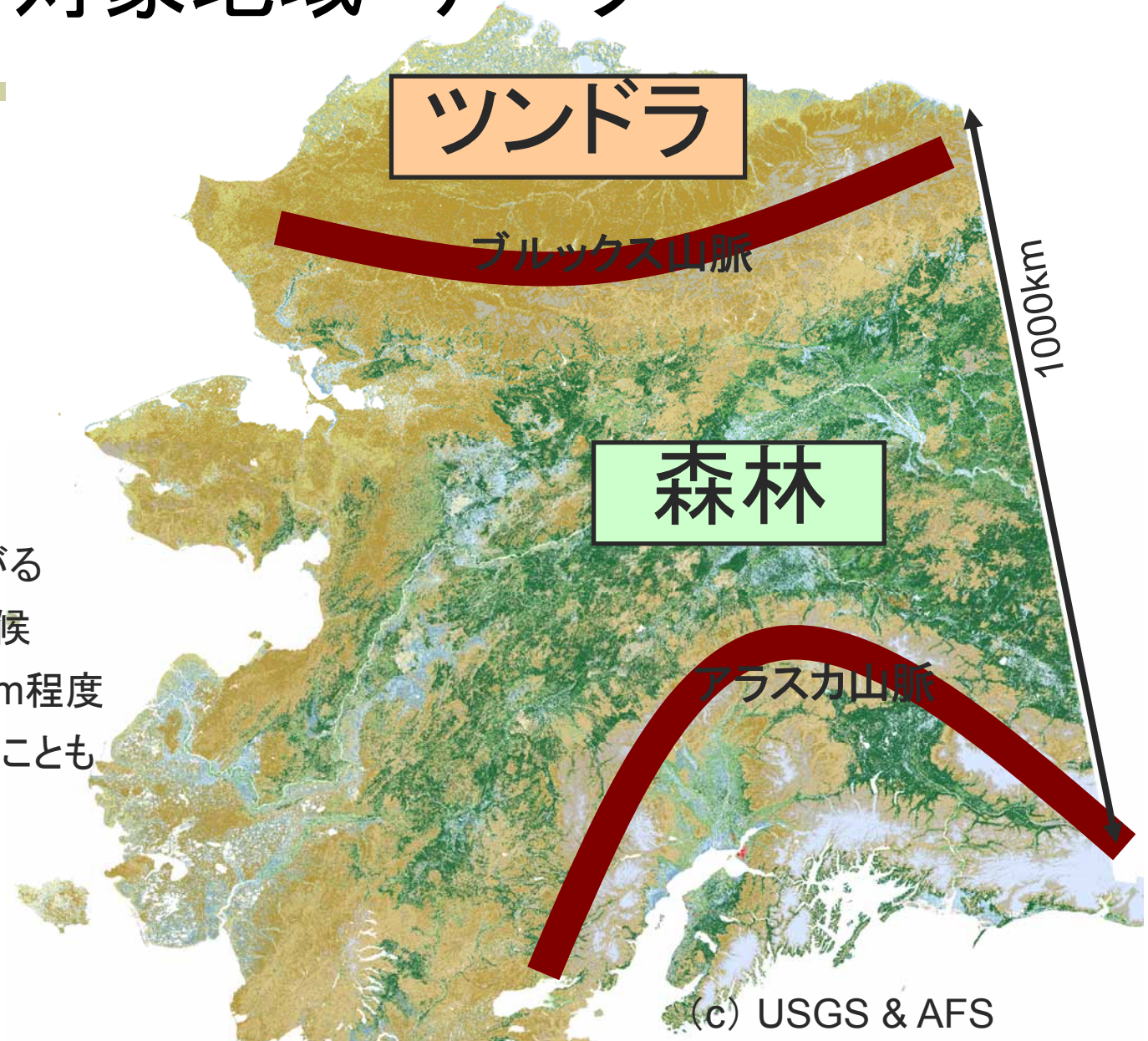
対象地域・データ

アラスカの植生

■ ツンドラ

■ 森林

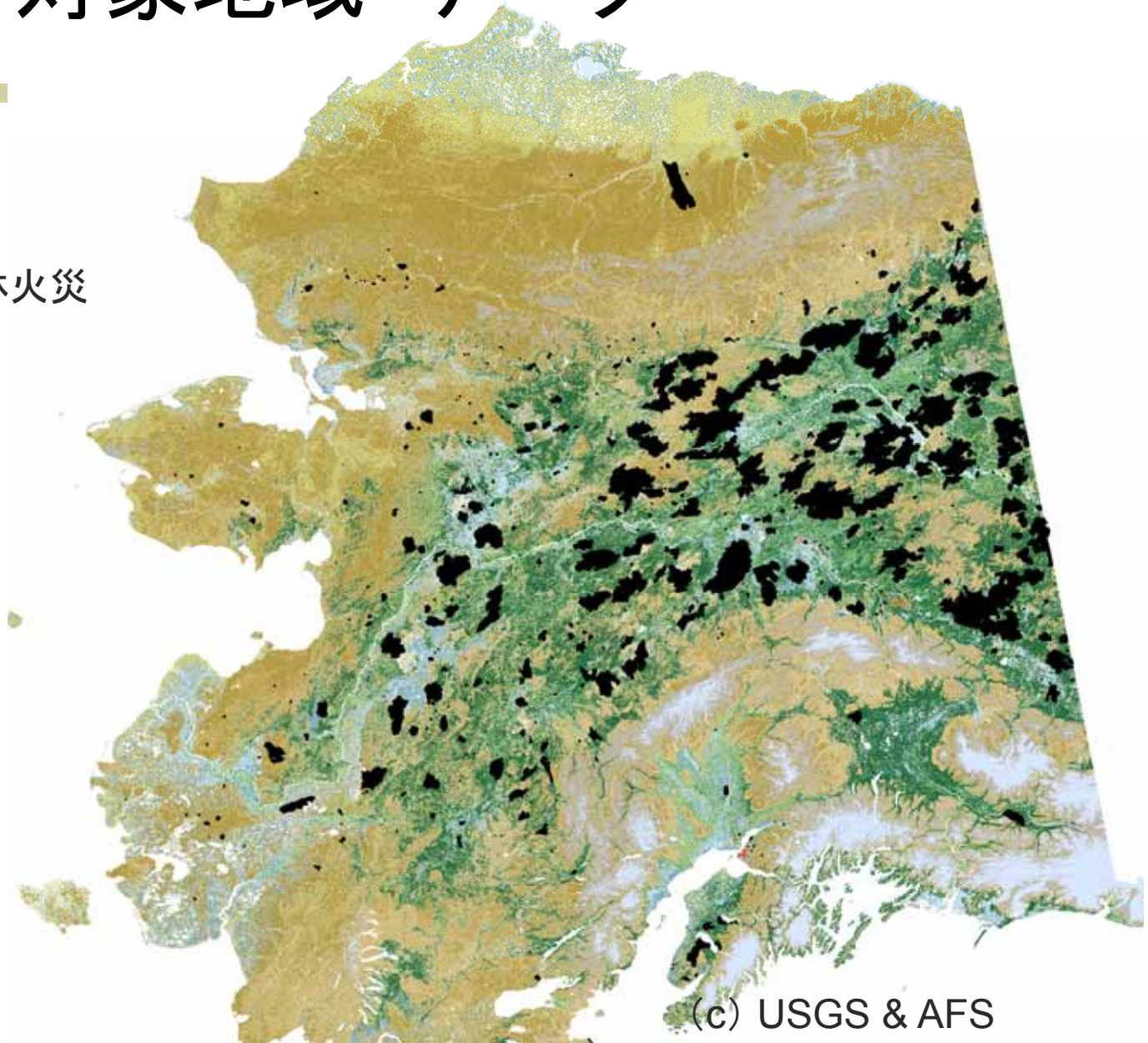
- 山脈の間に森林が広がる
 - 大陸性・内陸性気候
 - 年降水量は300mm程度
 - 夏は30°Cを越えることも



(c) USGS & AFS

対象地域・データ

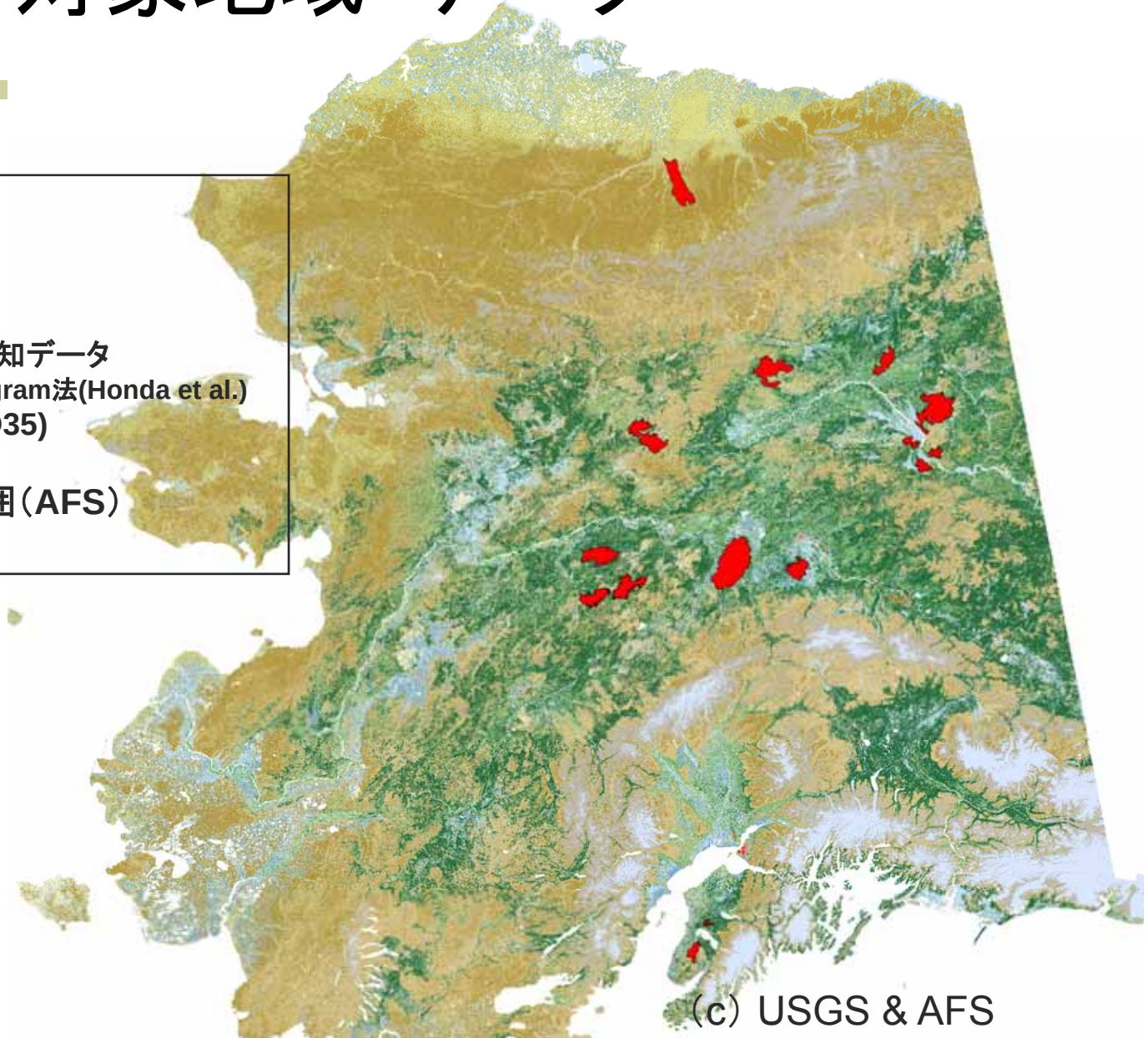
■ 2003-09年の森林火災
による焼失域



(c) USGS & AFS

対象地域・データ

- Terra/MODIS
 - MOD02SSH
 - 2003-09年
 - 森林火災の検知データ
 - 3D Histogram法(Honda et al.)
 - 雲マスク(MOD35)
- 森林火災焼失範囲(AFS)



(c) USGS & AFS

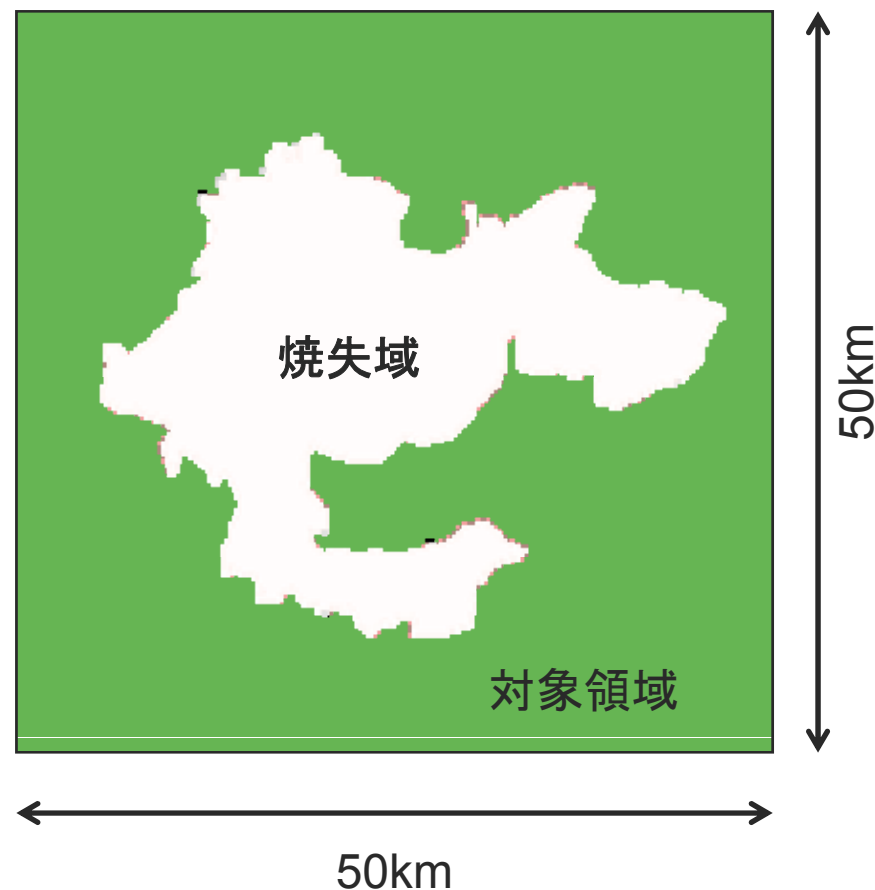
対象領域の設定

焼け跡による土地被覆変化の影響を除くため
火災の周辺の観測値で焼失域の指標を代替する

対象領域:

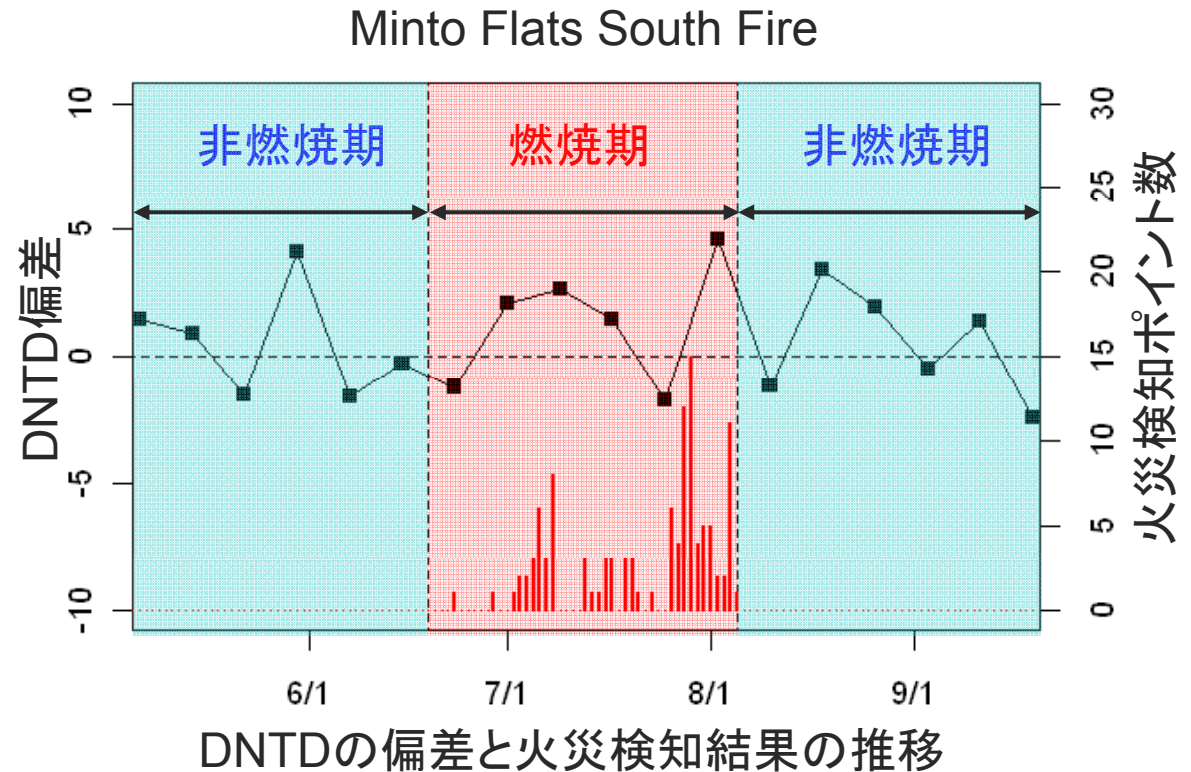
焼失域を囲む50km四方から
焼失域を除く

- 投影法: アルベルス正積円錐図
- DNTDは昼夜共に晴天であるときのみ算出
- 対象領域の晴天域が25%以上
- 対象領域の中央値を抽出



解析手法

- 対象期間:
 - 2003-09年
 - 5月1日～9月22日
 - 8日間ごとに平均
 - 7年間の平均を平年値
- 各期間を森林火災検知データで分類
 - 燃焼期（森林火災有り）
 - 非燃焼期（森林火災無し）



1. 森林火災年と平年では指標の差があるか
2. 同年でも燃焼期と非燃焼期では差があるか
3. 事前の延焼予測は可能か

1. 森林火災年と平年では指標の差があるか

森林火災の年は、平年値(偏差0)と差はあるか

p値

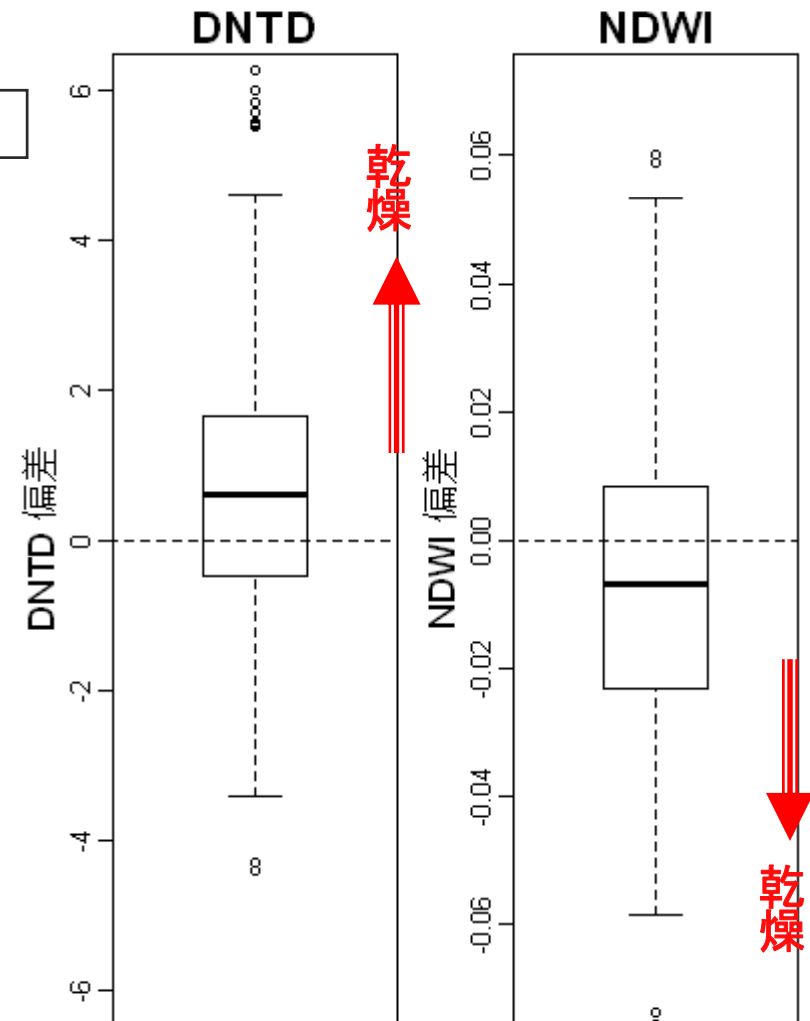
	DNTD	NDWI
T検定	4.8E-7	0.012

どちらも5%有意水準を満たす

- DNTDは平年値より高い
- NDWIは平年値より低い

- 森林火災年は平年より乾燥傾向を示す

両指標は火災の年と関連がある



2. 同年でも燃焼期と非燃焼期では差があるか

森林火災の発生した年の中でも燃焼期と非燃焼期に差はあるのかを比較

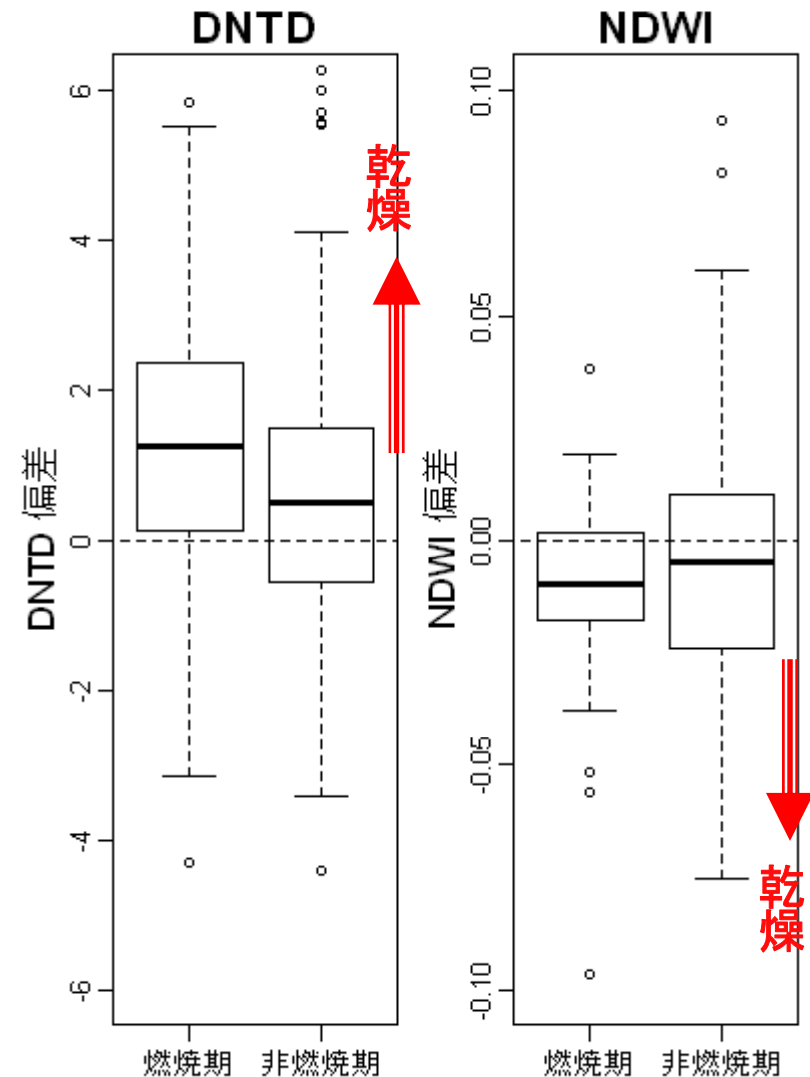
	p値	
	DNTD	NDWI
T検定	0.045	0.25
Man-Whitney U検定	0.015	0.78

DNTDは5%有意水準を満たす

- DNTDに有意な差が見られた
- NDWIに有意な差が見られない

- 燃焼期はDNTDが有意に高い

森林火災年の中でも、どの時期に火災が起こるかの予測に有望

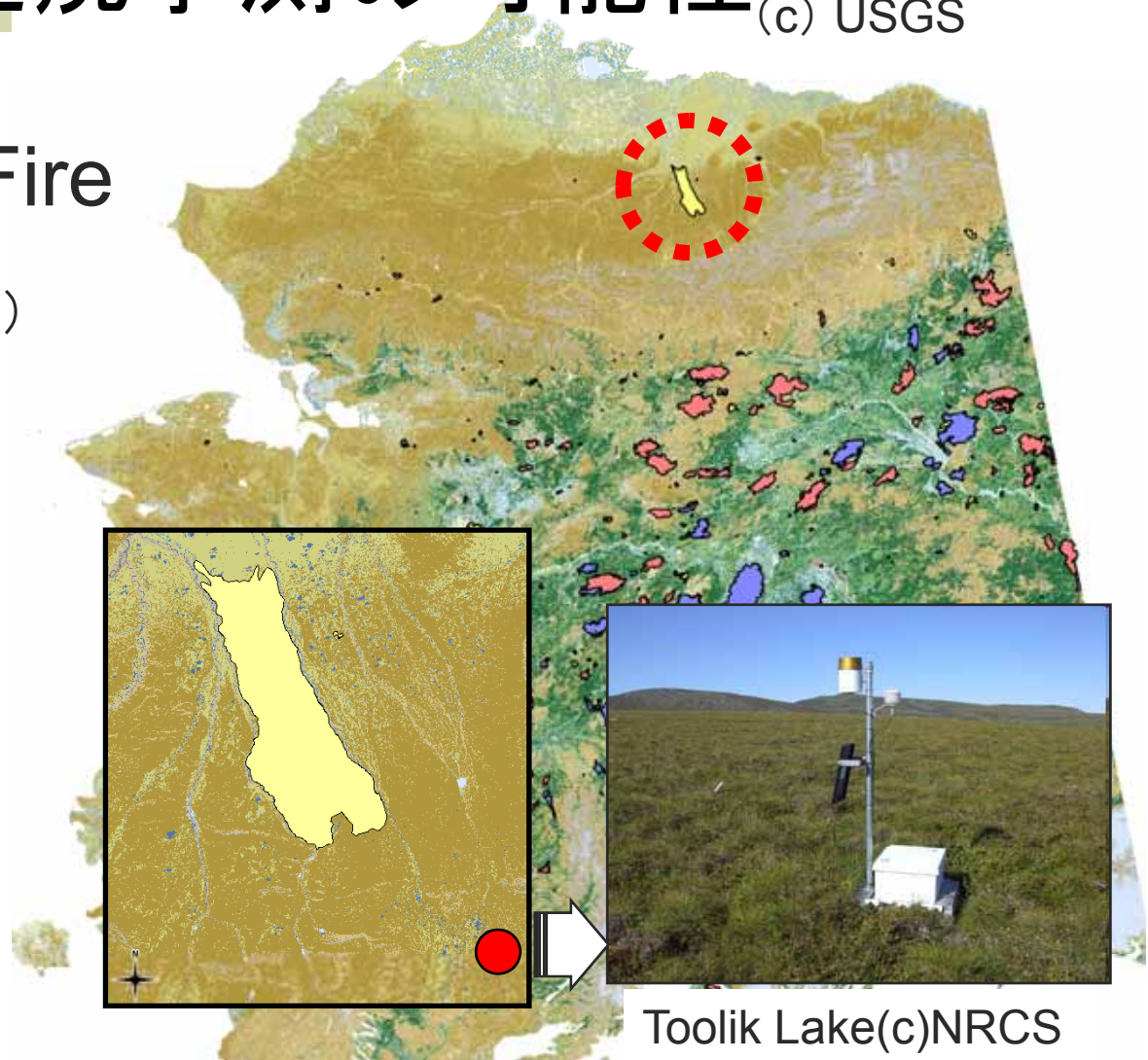


7

[3. 事前の延焼予測の可能性 (c) USGS

Anaktuvuk River Fire

- 69.0N, 150.8W(北極圏)
- ツンドラ地帯
- 2007年に延焼
7月16日に発火確認
8月末から9月に大きく延焼
- 焼失面積:1039km²
東京23区の面積の1.7倍



DNTDの季節変化

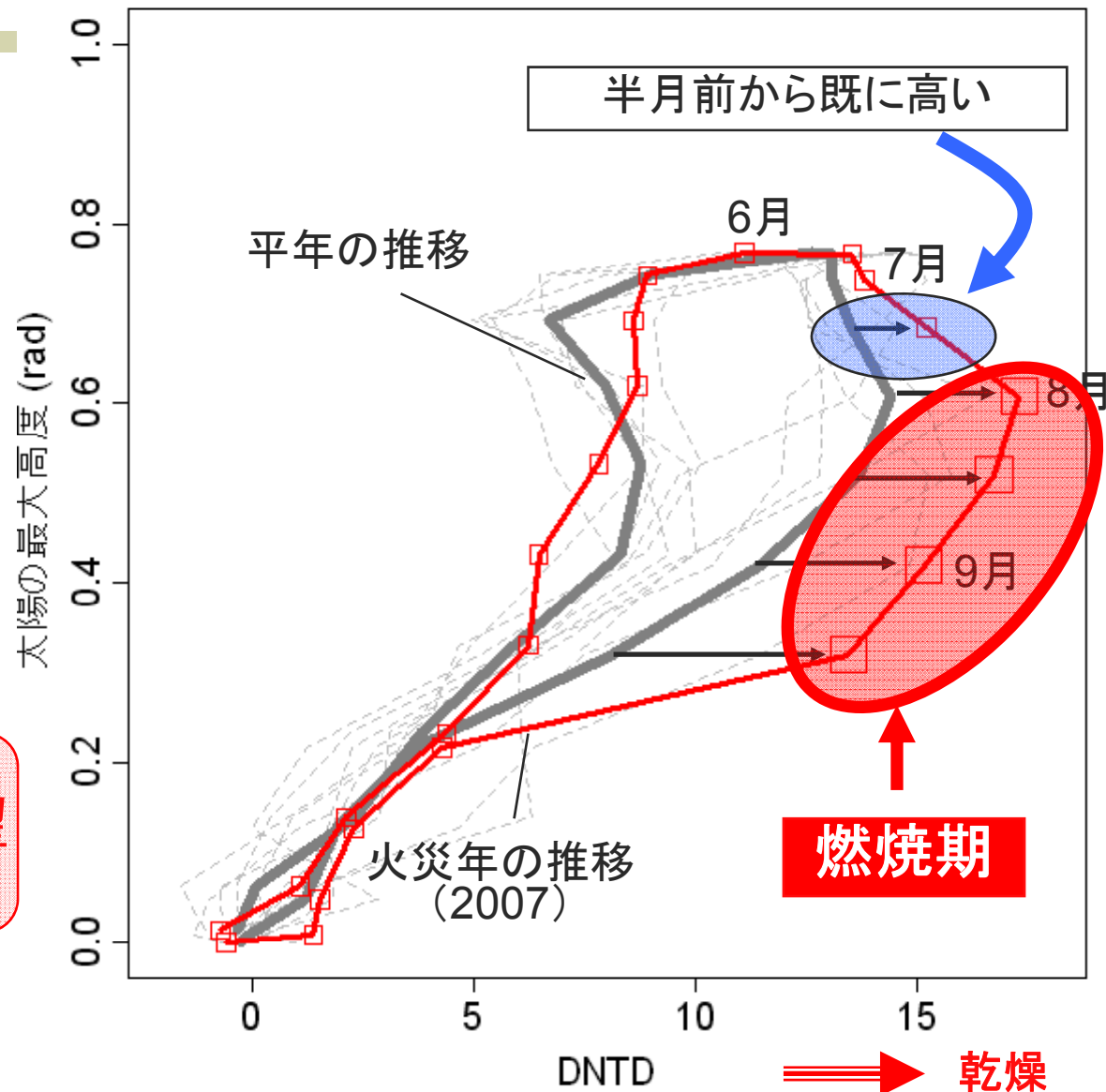
1

Anaktuvuk Solar Radiation & DNTD

1ヶ月の移動平均を
半月ごとにプロット

- 2007年はDNTDが高め
- 延焼前からDNTDが高い

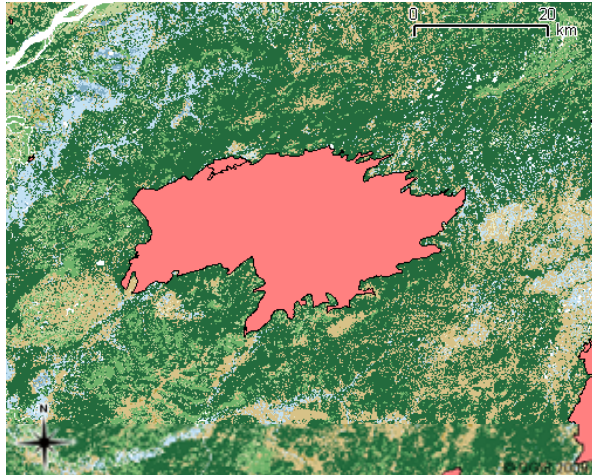
事前の延焼予測に有望



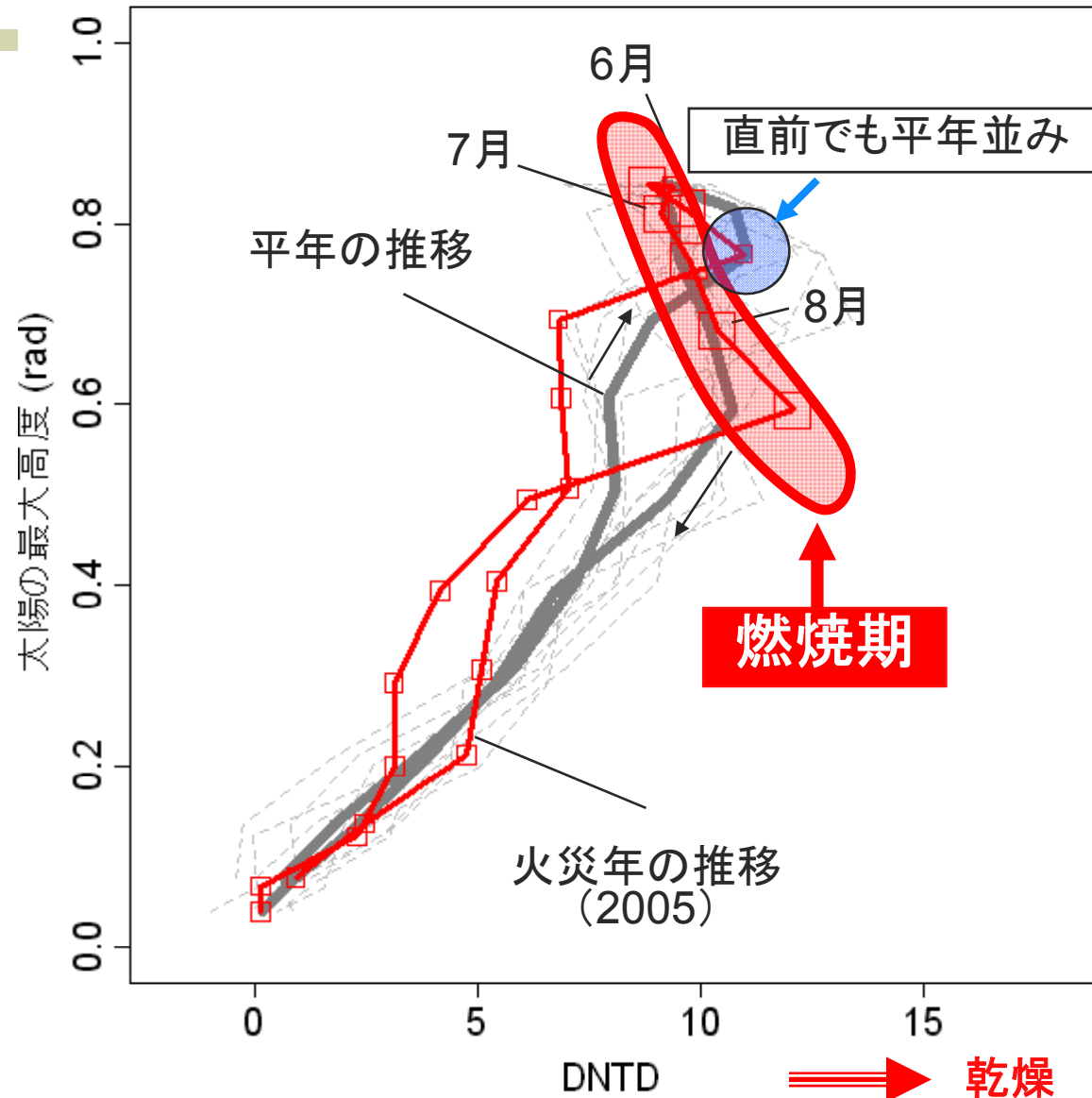
DNTDの季節変化

1

LittleMud Solar Radiation & DNTD



- Little Mud Fire (2005)
- 顕著な差がない事例もある
- 植生の違いが原因か



まとめ

- DNTDは森林火災の延焼危険度推定に対し有望である
 - 森林火災の年はDNTDが高く、NDWIが低い
 - 森林火災の年と関係がある
 - 森林火災年の中でも、燃焼期はDNTDの偏差が高い
 - 燃焼期の予測ができる可能性がある
 - 燃焼期の前から指標の変化が見られる
 - 事前の予測ができる可能性がある
- 課題
 - 絶対値として分離するのは難しい
 - 他の要因も考慮する必要がある（太陽高度・地温・雷など）
 - 植生によって、傾向が変わる
 - 植生が密な地域は感度が鈍い
 - 植生による分類が必要

高分解能衛星画像からの 災害による変化の自動検出(仮) 090930 GM

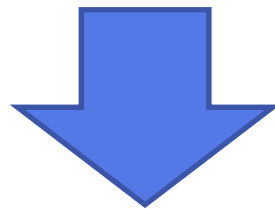
Shutaro Hashimoto

Graduate School of Information Science and Technology
Hokkaido University



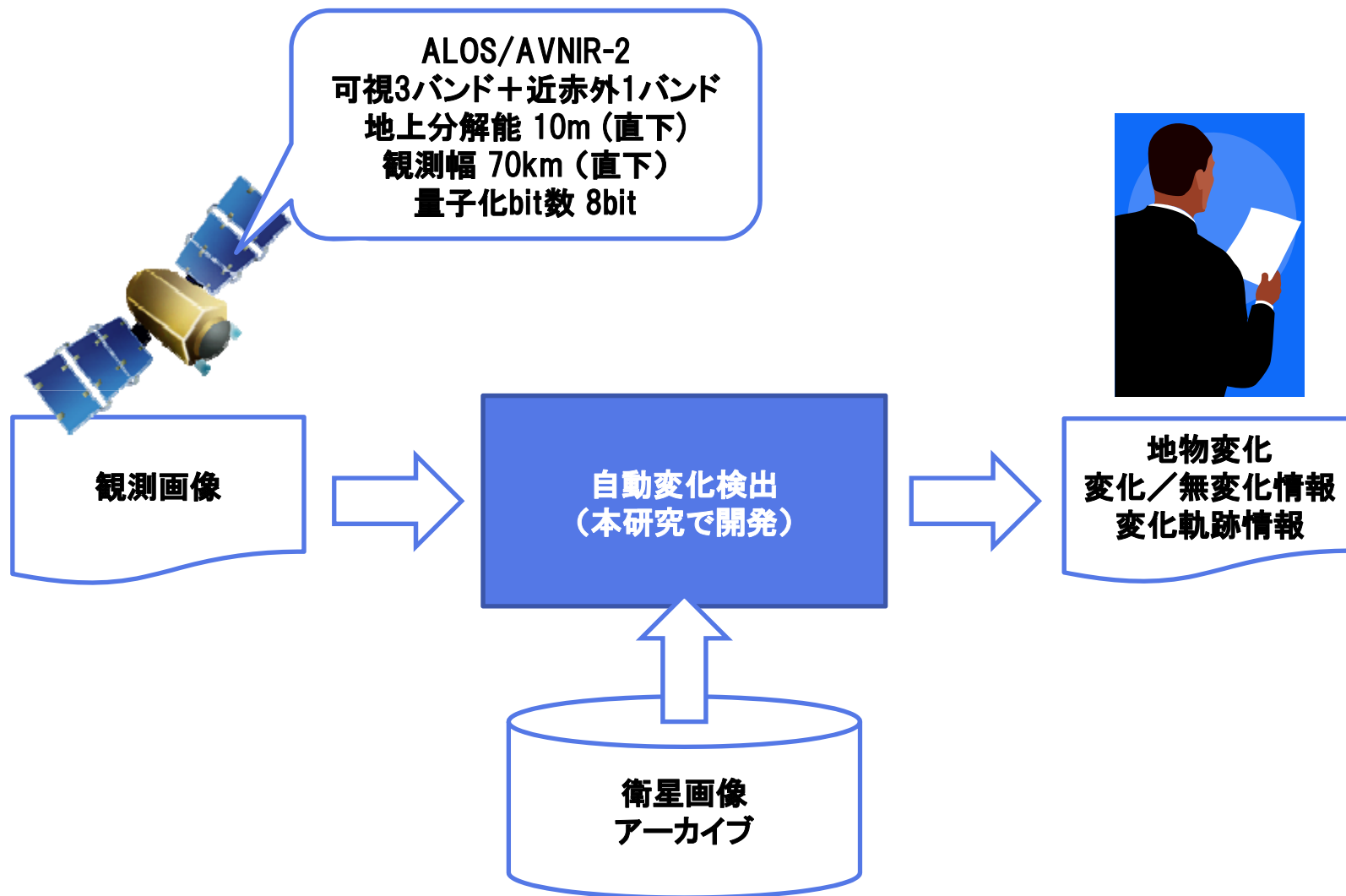
研究背景・目的

- ▶ 発災時の被害状況把握の手段として,
衛星画像を利用した地物変化の検出
- ▶ 高分解能化に伴い, 検出できる変化が増加
- ▶ しかし, 人間の処理能力で対応できていないのが現状



- ▶ Non-Adjustableな処理により, 人間が判読できるレベルの変化情報を抽出できないか？

目指すシステム



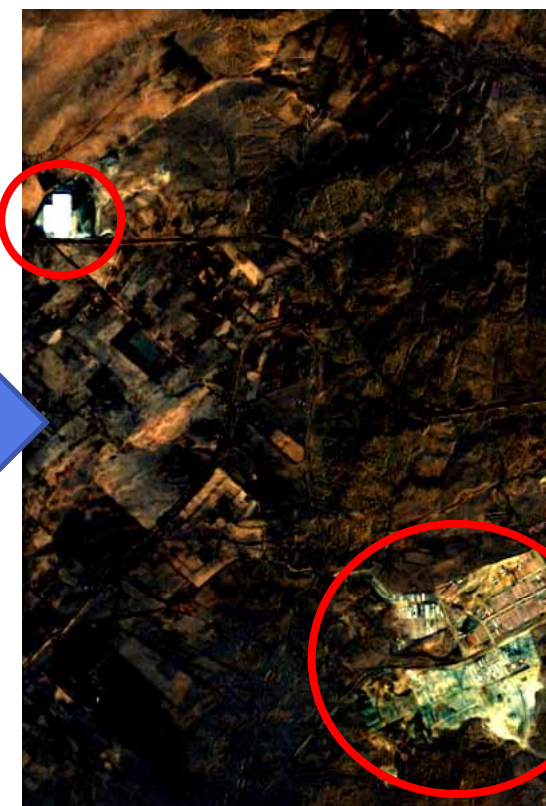
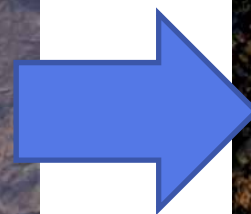
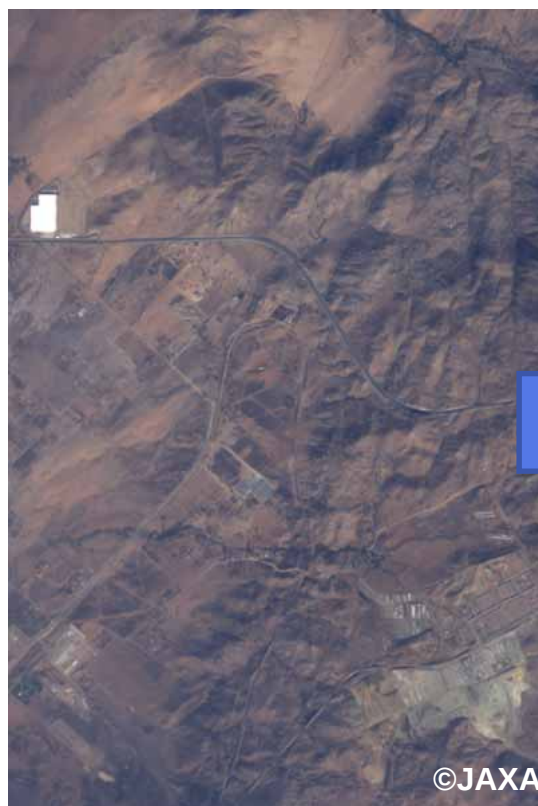
進捗状況 – 目標

▶ ピクセルベースの変化検出手法の精度検証

- 災害による地物変化をどこまで認識できるか
- このテーマで11月のリモセン学会にて発表予定



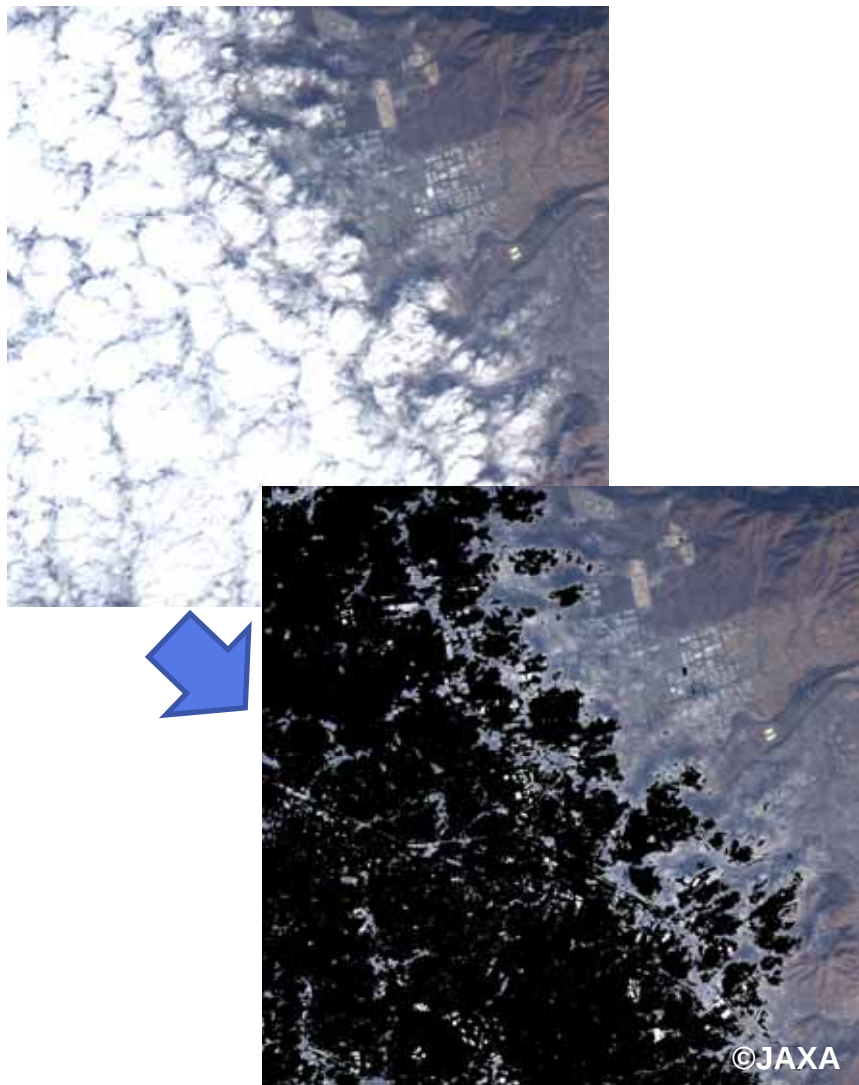
2時期の画像



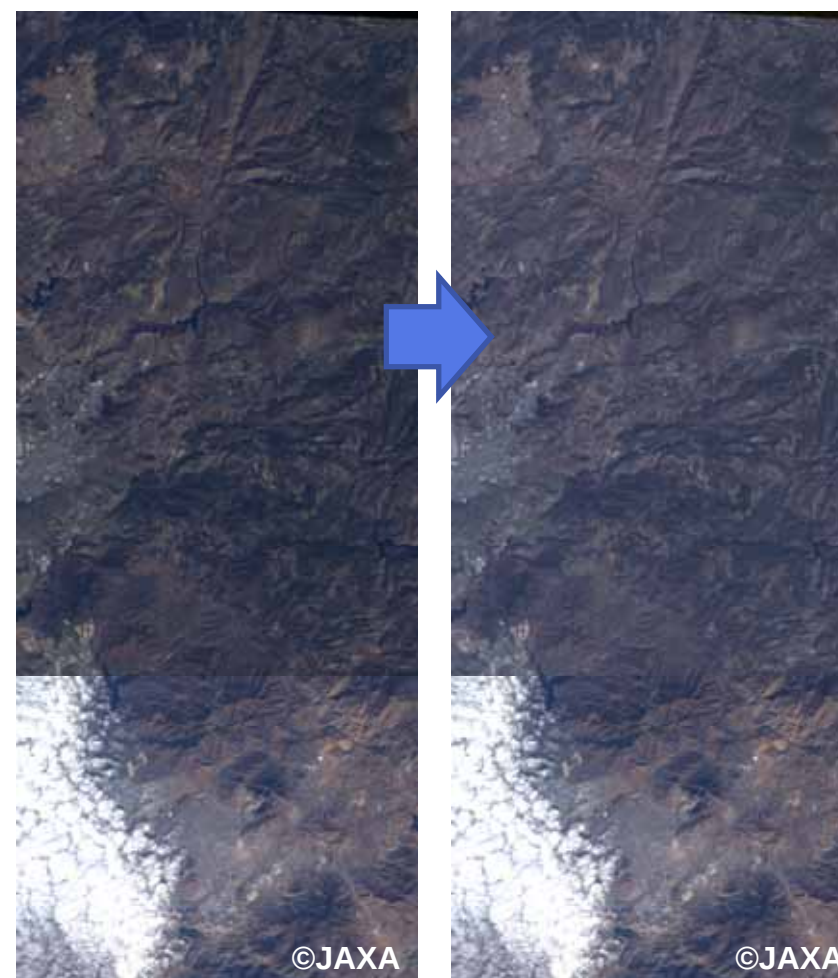
差分画像(バンド1~3のみ)

進捗状況 – 補正処理

▶ 雲マスク

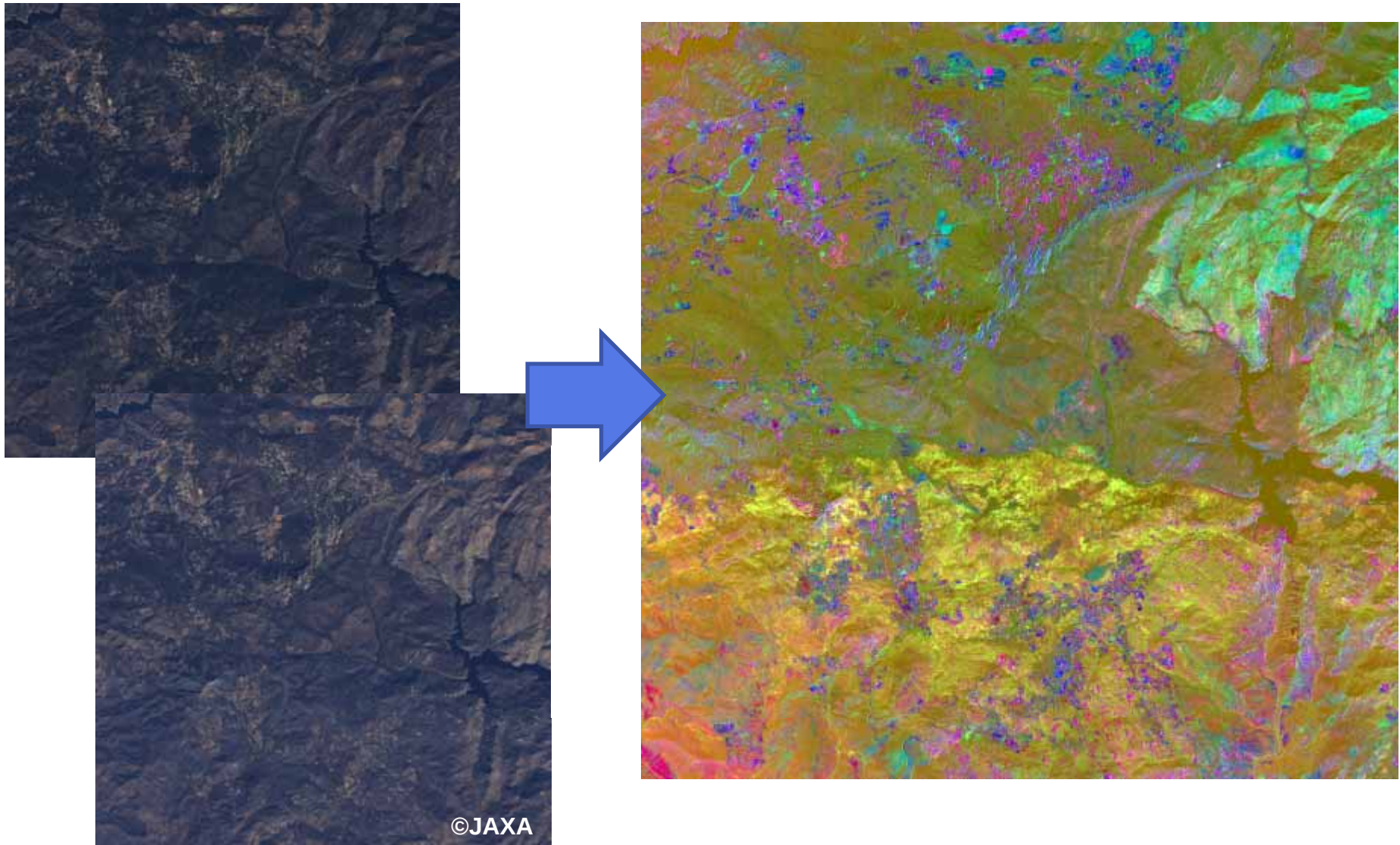


▶ 線形回帰による補正



進捗状況 – 統計処理

▶ 主成分分析



研究計画 – 変化検出システム開発の準備

- ▶ **ピクセルベースでない変化検出手法の精度検証**
 - 土地被覆分類を用いた変化検出
 - 小領域形状比較による変化検出
- ▶ **自動オルソ補正・画像レジストレーションの実装**
 - 高精度・全自動を目指す
- ▶ **大気補正・ヘイズ補正等の放射量補正の検討**
 - 線形回帰による補正のような物理的意味を考えない補正とどちらが適しているか

4月頃までにここまで進める計画

5月のリモセン学会にて発表予定

7月のIGARSSにも参加したい

研究計画 – 変化検出システム開発

▶ 独自の变化検出システムを考案する

- ここまでに蓄積したノウハウを活かし、検出法・補正の組み合わせの検討や、新しい検出法の考案を行う。
- 多時期・異時期画像の使用の検討
- 検出結果の評価方法(マルチエージェントシステムなど)の検討
- 検出結果の表示方法の検討

▶ 事例研究を交えながら進めていく予定

- 特定の災害事例に対して、ground truthと自動変化検出の結果を比較

M2の1年間での開発を目指す
冬のリモセン学会にて発表予定

まとめ

本発表では、「地球環境解析のための高次衛星画像処理の研究」と題して、システムセンシング情報学講座の概要、講義予定、研究内容についてご紹介しました。

人工衛星や搭載されているセンサは、必要な(知りたい)事象を見るための道具(**計測器**)の一つであり、得られる画像やデータから必要な(知りたい)情報を抽出するためには、データそのものの精度(**校正・検証**)を知る・高める必要があります。また、画像やデータをハンドリング、解析、研究など利用するために必要不可欠な**画像処理技術**に関する技術を身につけて頂きたい。

データの解析にはエンジニアリングや情報工学、現象の理解にはサイエンスや地球科学に関する知識を必要とします。これらにご興味をお持ちの方はぜひいらして下さい。

2010年 修士課程1年
2012年 博士課程1年 → JAXA職員?
2015年 博士課程修了

↓
JAXAポスドク? → JAXA職員?

1997年 熱帯降雨観測衛星(TRMM)
2006年 だいち(ALOS)
2009年 いぶき(GOSAT)
2011年 GCOM-W1?
2013年 GPM? EarthCARE? GCOM-C1?
2014年 ALOS-2?
2015年 ALOS-3?

...