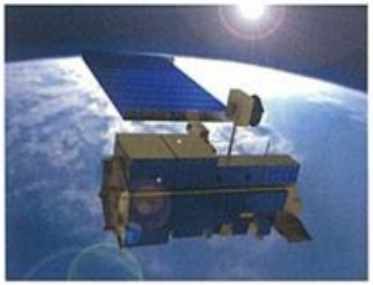
エネルギー資源分野における ALOS-2観測のニーズ

浅田 典親、 並川 貴俊
（財）宇宙システム開発利用推進機構

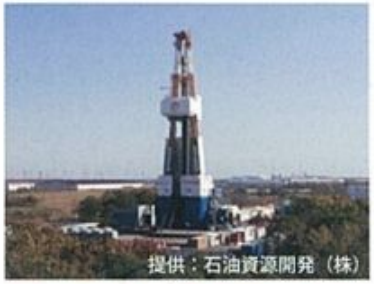
石油・天然ガス探鉱における衛星画像データの利用

■ 石油探鉱＆開発の流れ



予備調査

概査・精査



試掘・鉱床規模評価

開発・生産

地質情報

・探鉱ポテンシャル評価
・有望地の絞り込み

・地震探査の測線計画　・試掘場選定　・生産・輸送施設計画

地理情報

・排水、地盤沈下、森林回復のモニタリング

環境・測位情報

地質情報として、何を見るのか

1. 地形に現れる地質情報

ストライクリッジ、ディップスロープ、起伏量
（褶曲構造）　（岩相分布）

PALSAR, ASTER VNIR, ASTER GDEMが捉える。

目的とする地質事象：褶曲構造、断層

2. スペクトルに現れる地質情報

粘土鉱物、炭酸塩、SiO_2含有率、蒸発岩
（貯留岩の優劣）　（シール層）

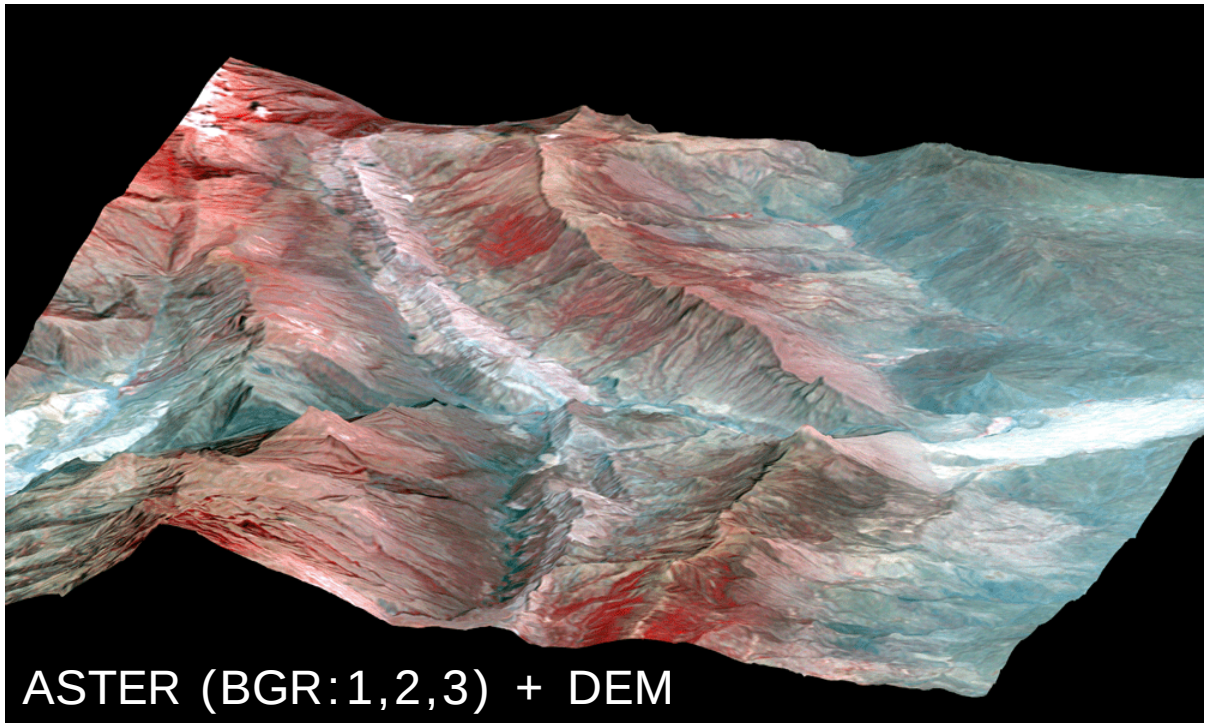
ASTER SWIR, ASTER TIR が捉える。

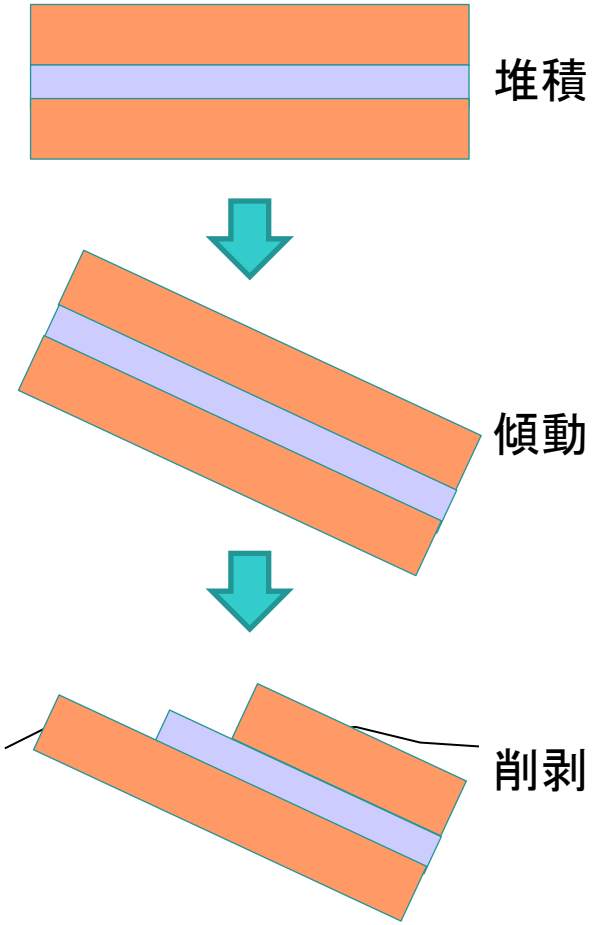
目的とする地質事象：貯留層・根源岩・シール層（分布、優劣）

1. 地形に現れる地質情報

石油・天然ガスは、数百～数千ｍの地下に埋蔵されている。

衛星データには、地下を推定する“手掛かり”が求められる。

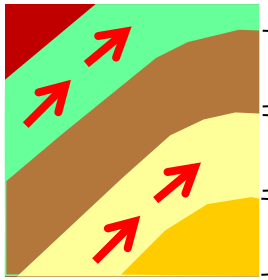




1. 地形に現れる地質情報

石油探鉱 ＝ トラップの存在を推定

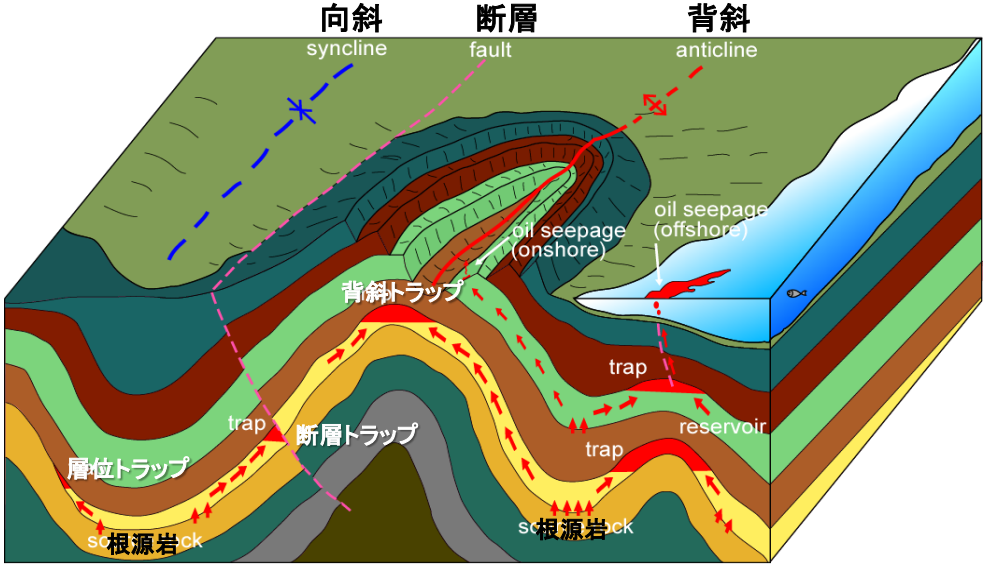
トラップ ： 貯留層内を、地層水に対する浮力により上方に移動しようとする油ガスを捉え留める地質構造

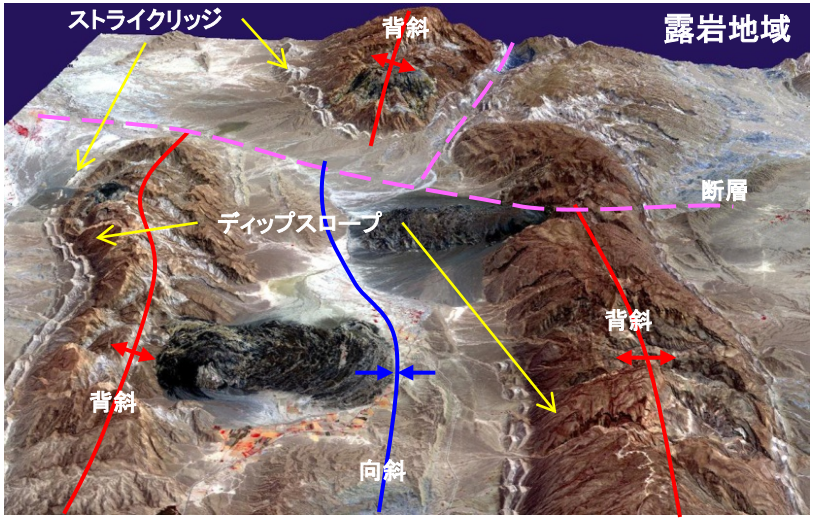


泥・蒸発岩など：シール層

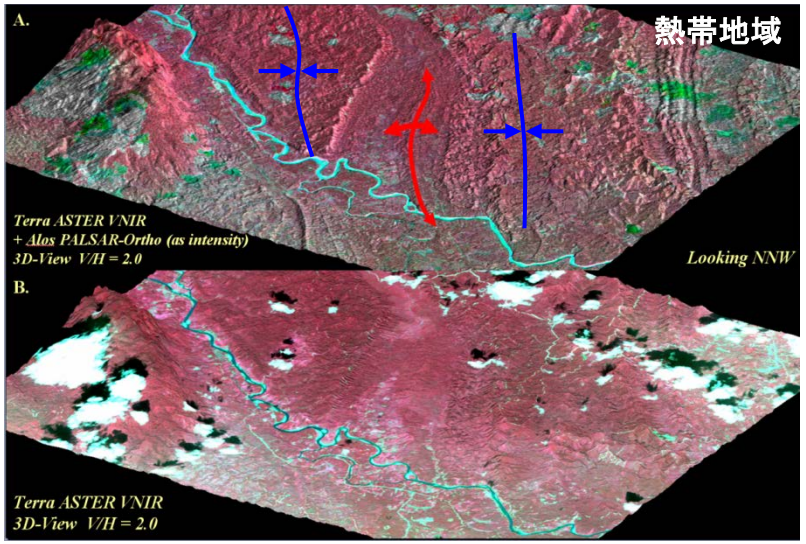
砂・石灰岩など：貯留層

泥・石炭など：根源岩





ASTER VNIRに標高値（GDEM）を用いて作成した俯瞰図



熱帯植生地域では、上図のようにPALSARの地形強調効果を活用して、地質構造を読み取ることが効果的。

地質情報として、何を見るのか

1. 地形に現れる地質情報

ストライクリッジ、ディップスロープ、起伏量
（褶曲構造）　（岩相分布）

PALSAR, ASTER VNIR, ASTER GDEMが捉える。

目的とする地質事象：褶曲構造、断層

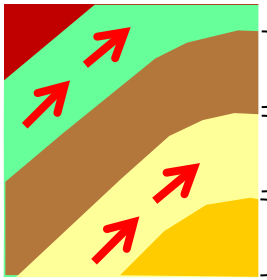
2. スペクトルに現れる地質情報

粘土鉱物、炭酸塩、SiO_2含有率、蒸発岩
（貯留岩の優劣）　（シール層）

ASTER SWIR, ASTER TIR が捉える。

目的とする地質事象：貯留層・根源岩・シール層（分布、優劣）

2. スペクトルに現れる地質情報



泥・蒸発岩など：シール層

砂・石灰岩など：貯留層

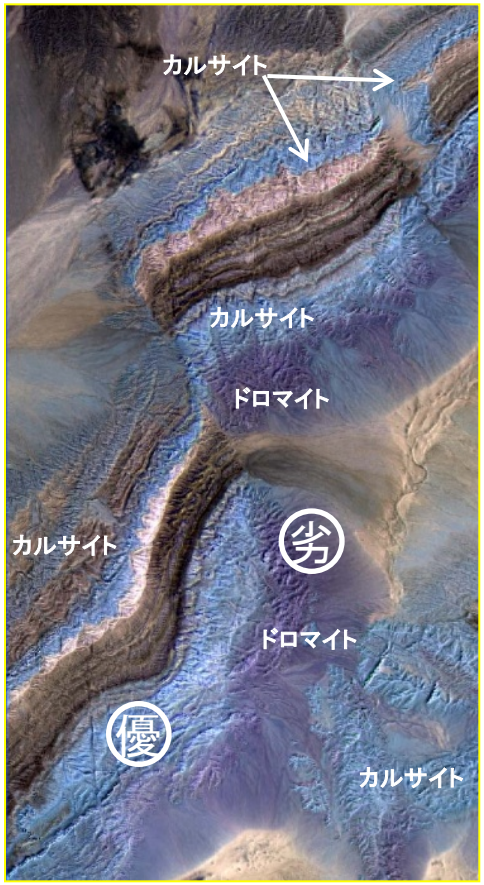
泥・石炭など：根源岩

	優良	劣等
シール層	硬石膏、緻密な泥岩	砂質泥岩
貯留層	珪質砂岩、カルサイト	粘土質砂岩、ドロマイト
根源岩	有機物に富む泥岩・石炭	有機物に乏しい地層

良好な貯留岩の分布

カルサイト 優　珪質砂岩 優

ドロマイト 劣　泥質砂岩 劣



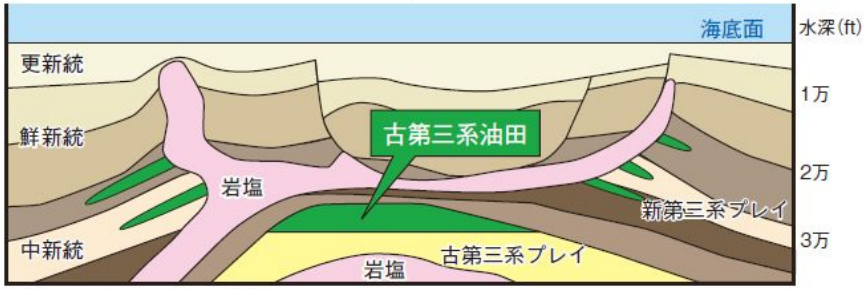
ASTER 6,7,8 (SWIR)

ASTER 11,12,14 (TIR)

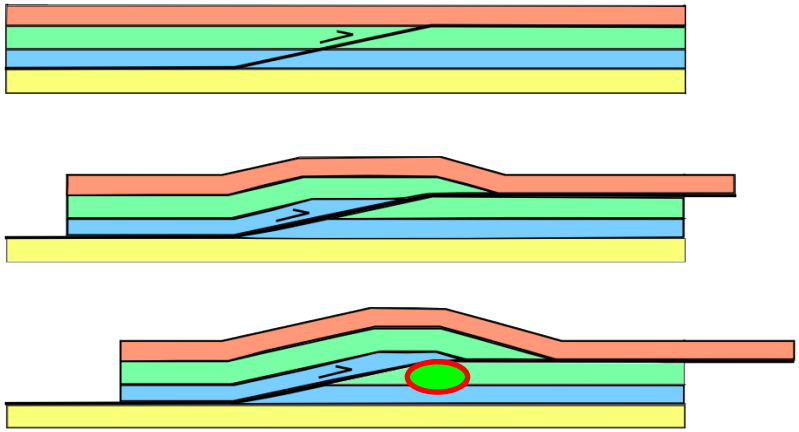
しかしながら、・・・

近年の主な探鉱対象地域は、

;海域、プレソルト、サブスラスト など、衛星による陸域表面のみの観測では貢献が難しくなってきている。



出所：デボンエナジーに加筆



さらに、・・・

地質情報は、一度全球をカバーすれば、一応十分

今後、必要な観測は、

1. 繰り返し観測が必要なもの
2. より高い空間分解能を必要とするもの

1. 繰り返し観測が必要なもの

（1）差分干渉による地表変位観測
　用途
　a. SAGD法によるオイルサンド生産
　b. 原油市場にインパクトを持つ油田の監視

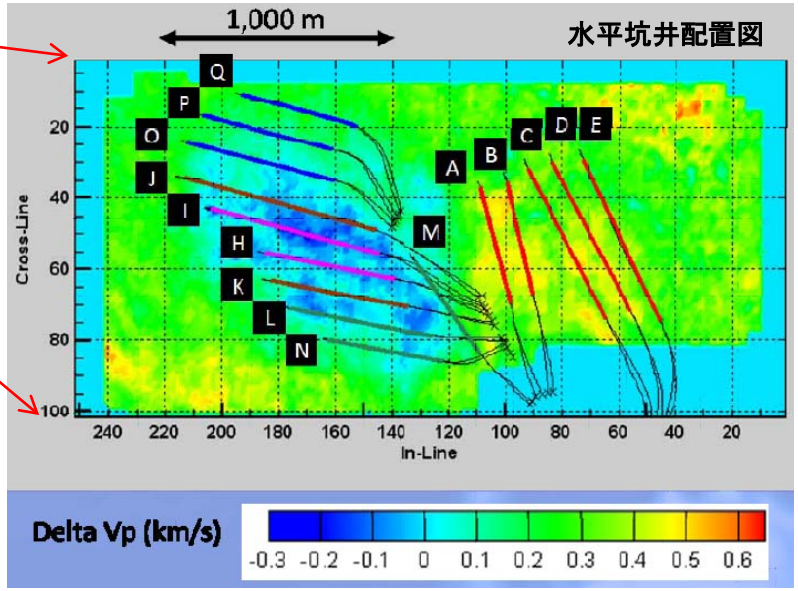
（2）オイルスリック解析

（3）北極海の海氷監視

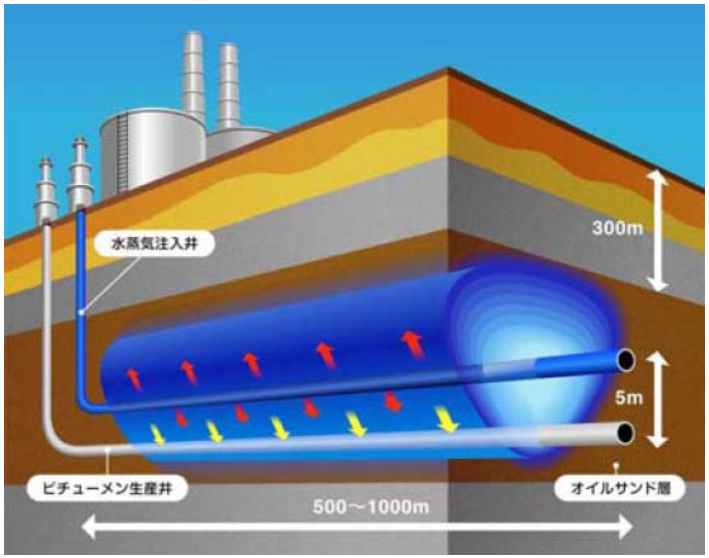
（1）差分干渉による地表変位観測

a. SAGD法によるオイルサンド生産（カナダ・アルバータ州）

SAGD(Steam Assisted Gravity Drainage)法
地上から300～500mのオイルサンド層に水蒸気を圧入し、
砂に付着している重質油を回収している。



＊4D針探結果

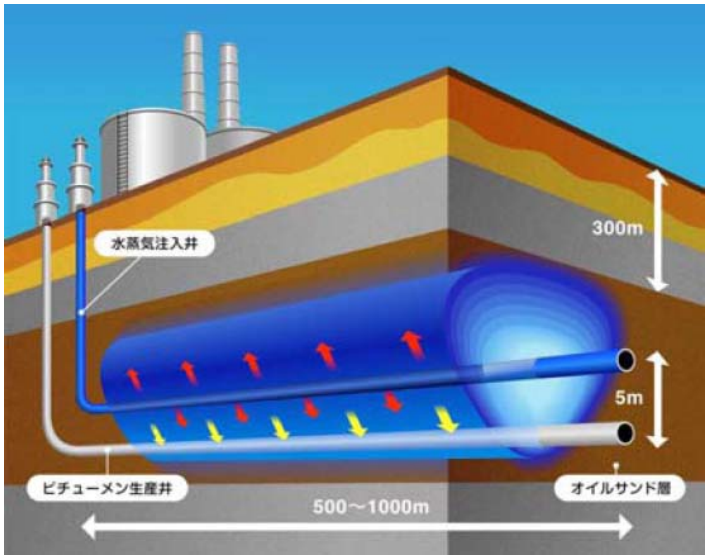


カナダ・アルバータ州・ハンギングストーンのオイルサンド層は河川堆積物のため極めて不均質であり、生産井の水平区間のどの部分が生産に寄与しているか、把握することが難しい。プロダクションロギング等の実施には、多額のコストがかかる。

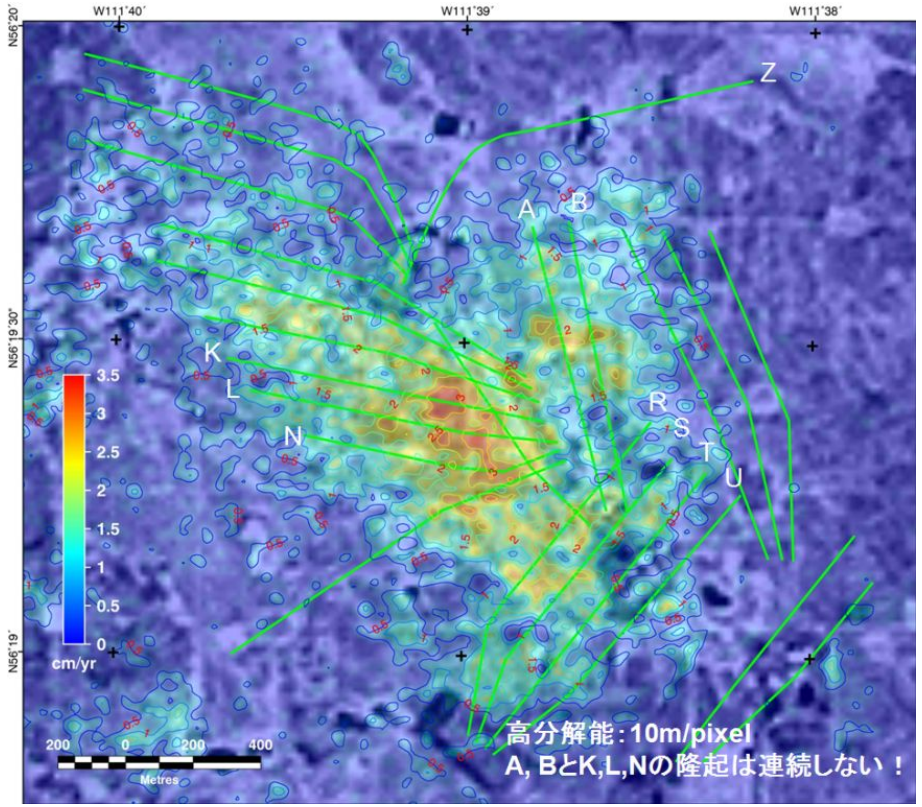
生産性の高い区間は、水蒸気が地層に入り易く、地表が隆起するため地表変位を監視すれば高生産性領域が把握できる。

（1）差分干渉による地表変位観測

a. SAGD法によるオイルサンド生産（カナダ・アルバータ州）



暖色系に表示される隆起量の大きな範囲が、
生産性の高い領域と推定できる。



地質的に不均一なオイルサンド層は、どこが生産性の高い領域かを正確に把握できれば、生産量増強のための追加坑井の位置選定などに大きく貢献する。

1. 繰り返し観測が必要なもの

（1）差分干渉による地表変位観測

用途

a. SAGD法によるオイルサンド生産

b. 原油市場にインパクトを持つ油田の監視

（2）オイルスリック解析

（3）北極海の海氷監視

（1）差分干渉による地表変位観測

b. 原油市場にインパクトを持つ油田の監視

・産油国・石油会社は、残存埋蔵量・生産余力を公表しない。

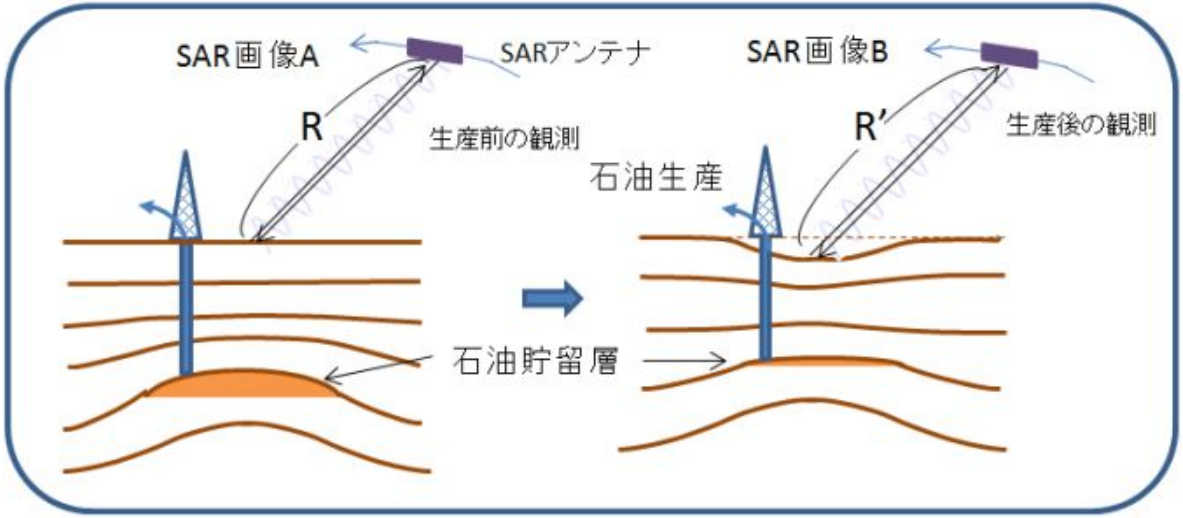
・将来の供給力懸念が油価高騰を招く。

生産量の大きな陸上油田（2009年前後の情報；一部は推定）

順位	油田名	所在国	最近の生産量
1	ガワール	サウジアラビア	500万bbl/日
2	ブルガン	クウェート	180万bbl/日
3	ルメイラ	イラク	130万bbl/日
4	サモトロール	ロシア	85万bbl/日
5	アフワズ	イラン	80万bbl/日
6	プリオブスコエ	ロシア	70万bbl/日
7	シャイバ	サウジアラビア	50万bbl/日
8	マジヌーン	イラク	50万bbl/日
9	キルクーク	イラク	48万bbl/日
10	アブカイク	サウジアラビア	43万bbl/日

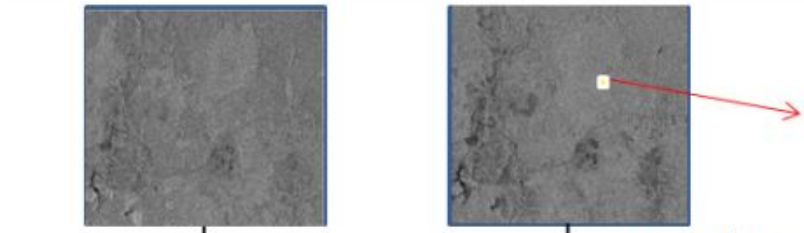
2009年統計
世界の原油貿易量：　5293万bbl/日
上位10油田生産量：　1253万bbl/日（23.7%）

（1）差分干渉による地表変位観測



地盤が沈下すると、R'＞R となり、地表-センサー間の距離が僅かに長くなる. 隆起すると、逆になる.

R' と R の距離差を位相差から検知.



$I*e^{i\phi}$

各画素は振幅(I)と位相(ϕ)情報を含む

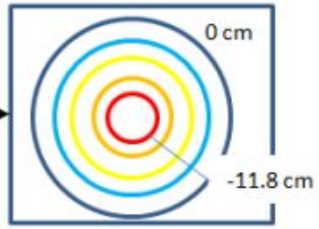
SAR画像A　SAR画像B

干渉処理（位相差を計算）

変動量分布(cm)

干渉縞

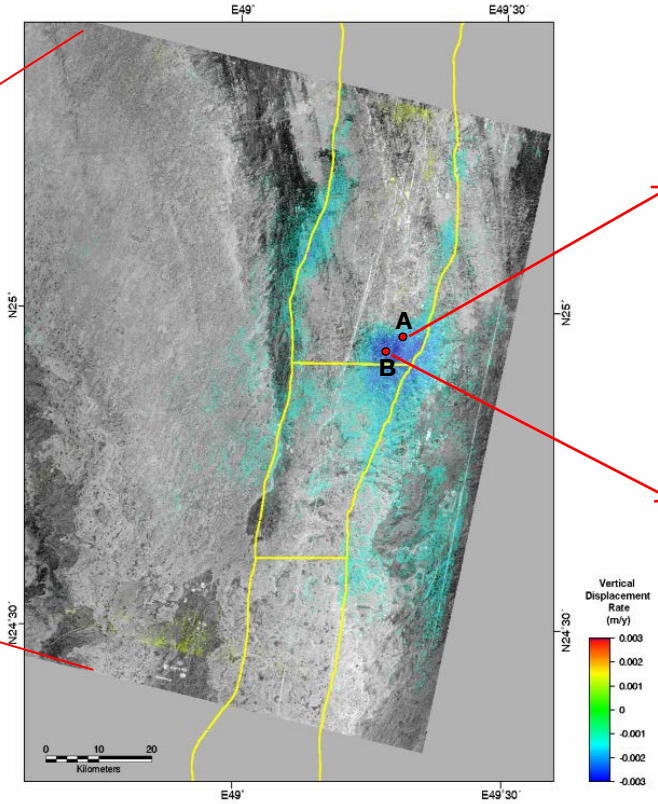
距離へ変換

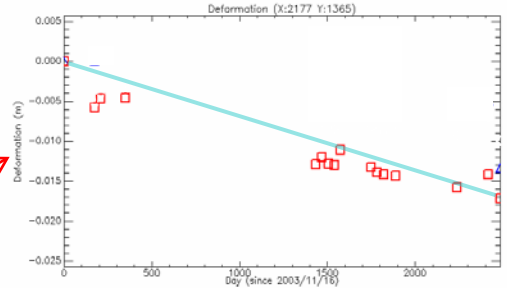


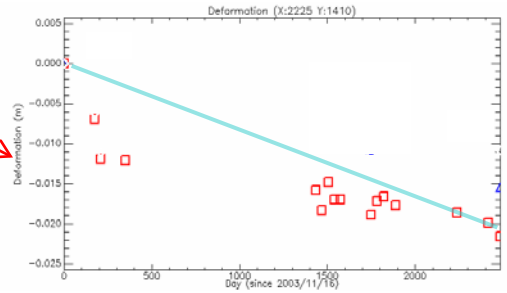
位相差360°が23.6cm（Lバンドの場合）の1/2（=11.8 cm）に相当する

（1）差分干渉による地表変位観測

サウジアラビア・ガワール油田への利用例



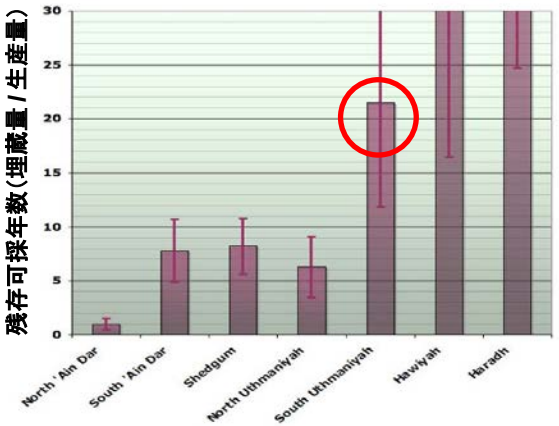




2003年以降の平均沈降速度：3mm/年

衛星による地盤沈下計測結果

南ウトマニアblockの南西部に沈降域を検出した。
この期間、ここに開発が集中したことがわかる。



ブロック毎の減退に関する情報との対応

（1）差分干渉による地表変位観測

b. 原油市場にインパクトを持つ油田の監視

監視対象は、ペルシャ湾岸に集中

1. 繰り返し観測が必要なもの

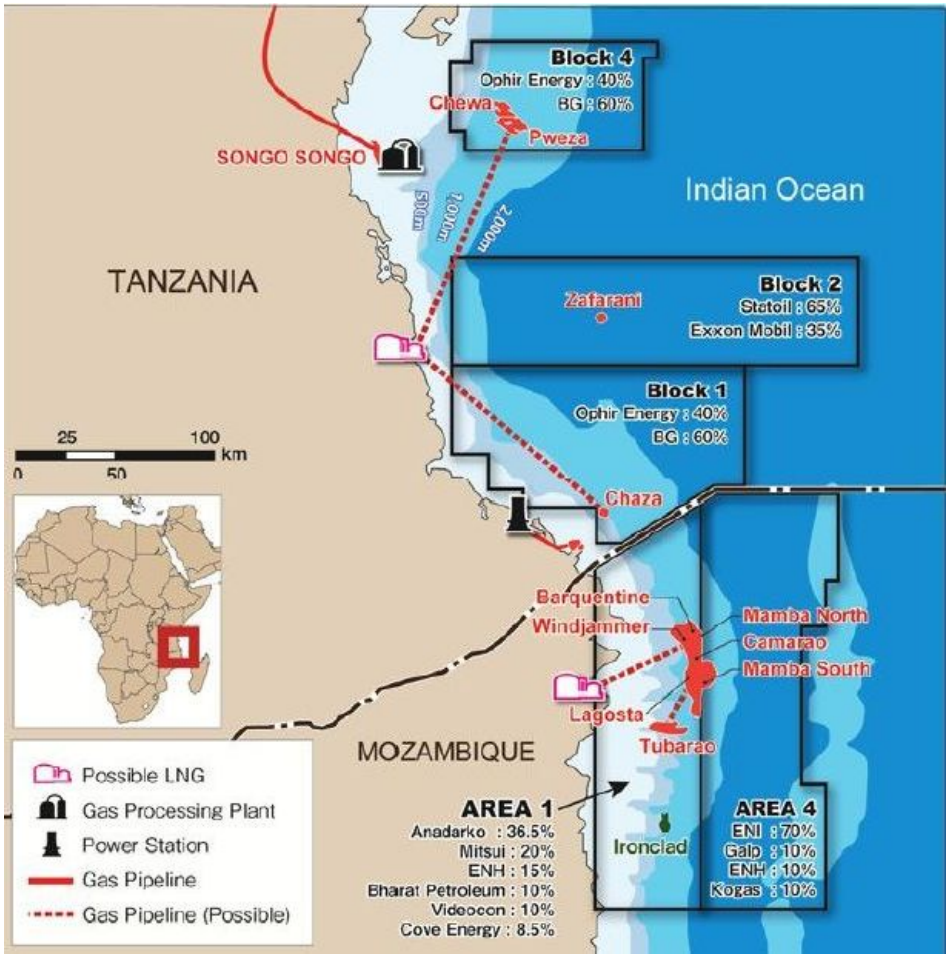
（1）差分干渉による地表変位観測
　用途
　a. SAGD法によるオイルサンド生産
　b. 原油市場にインパクトを持つ油田の監視

（2）オイルスリック解析

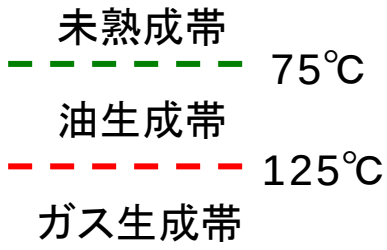
（3）北極海の海氷監視

（2）オイルスリック解析

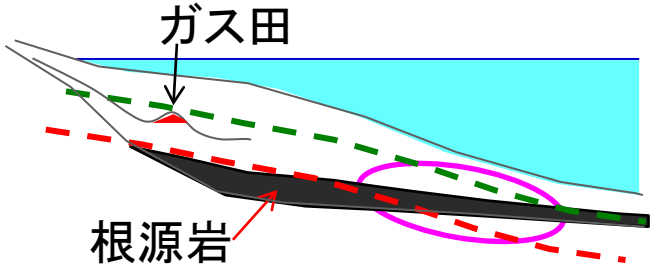
例えば、・・・
近年沿岸域でガス田の発見が相次いでいる東アフリカ海域



なぜ、ガス田なのか？



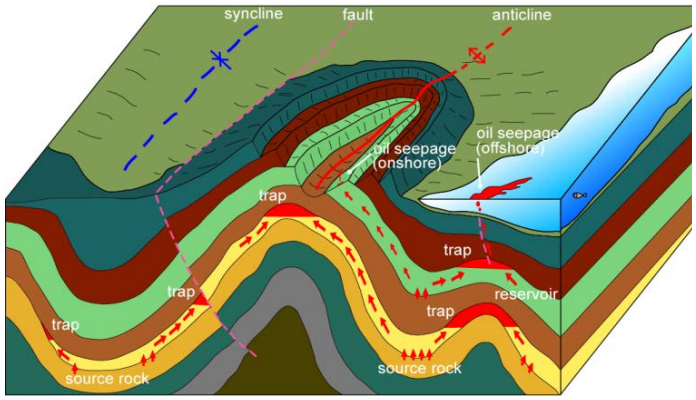
答え：根源岩が温められ過ぎ

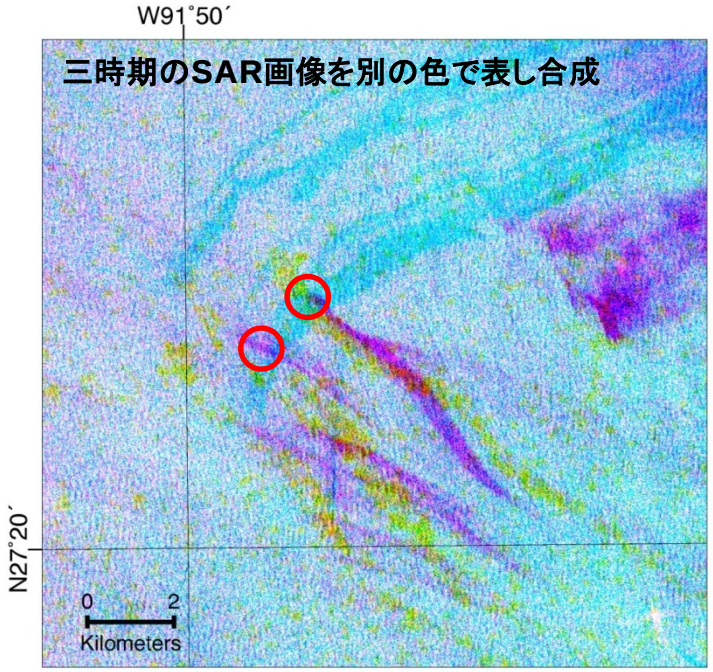


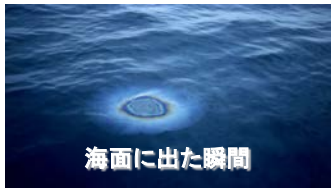
更に沖合では油田の可能性

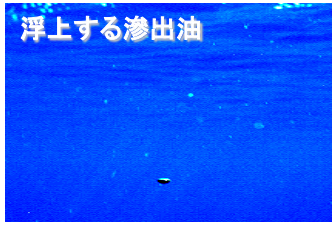
有力な確認手段の一つ、
オイルスリック解析

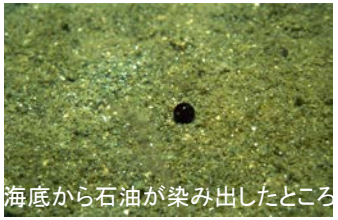
（2）オイルスリック解析











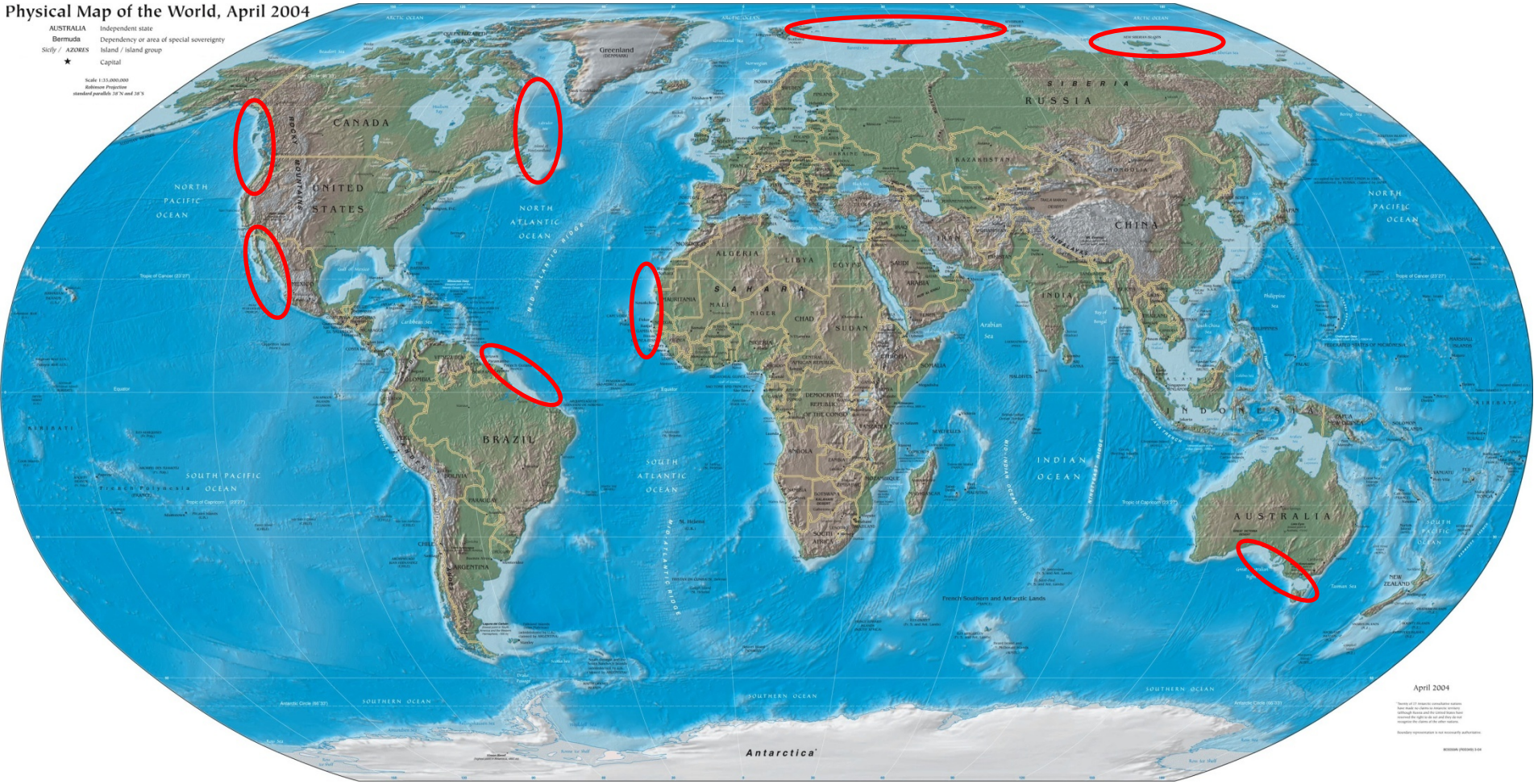
自然滲出由来の油膜は約1割

⇒　繰り返しの観測により識別

ALOSは「陸域観測衛星」のため、
観測回数が不十分な海域も多い。

（2）オイルスリック解析

繰り返し観測数が不足していると考えられる海域



1. 繰り返し観測が必要なもの

（1）差分干渉による地表変位観測
　用途
　a. SAGD法によるオイルサンド生産
　b. 原油市場にインパクトを持つ油田の監視

（2）オイルスリック解析

（3）北極海の海氷監視

（3）北極海の海氷監視

北極圏の資源への注目

世界の未発見資源のうち

天然ガス　30%

石油　　13%

出典：北極圏の石油ガス探鉱開発状況
JOGMEC

＋

北極圏の海氷の減少傾向

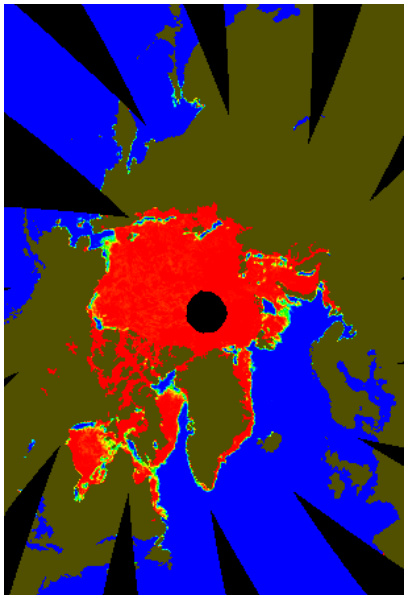
石油ガス消費量の増加傾向

出所：北極圏の石油ガス探鉱開発状況，
JOGMEC

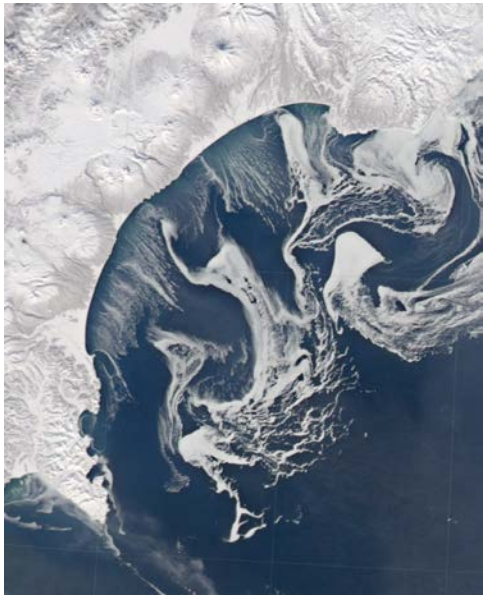
・海氷情報は、資源開発や輸送航路設定に重要な情報

（3）北極海の海氷監視

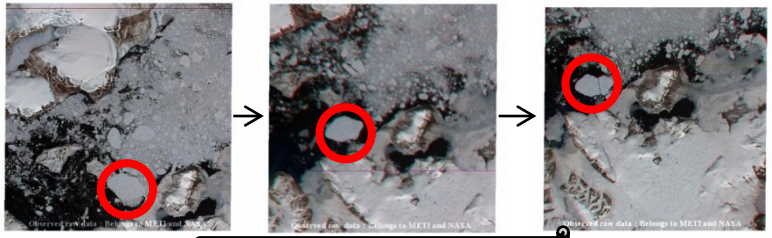
AMSR2



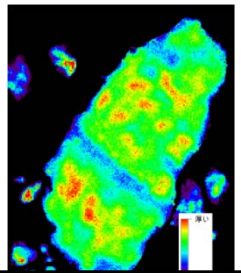
MODIS



ASTER



氷の追跡



相対的厚さ分布図

観測頻度

⇦ALOS2

空間分解能

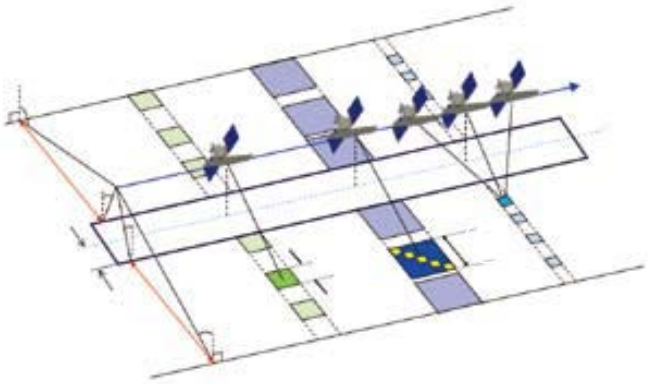
ALOS2

トレードオフになりがちな、観測頻度と空間分解能の関係において、
既存センサの補完を期待

今後、必要な観測

1. 繰り返し観測が必要なもの
2. より高い空間分解能を必要とするもの

2. より高い空間分解能を必要とするもの



ALOS-2　観測モード

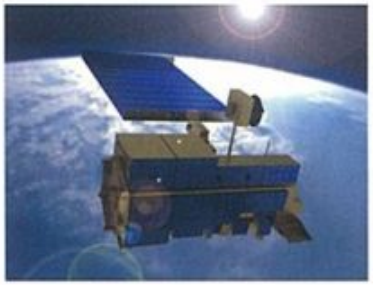
① 通常モード
Coverage: 70km×70km
Resolution: 3~10m

② 広域モード
Coverage: 350km×350km
Resolution: 100m

③ スポットライトモード
Coverage: 25km×25km
Resolution: 1~3m

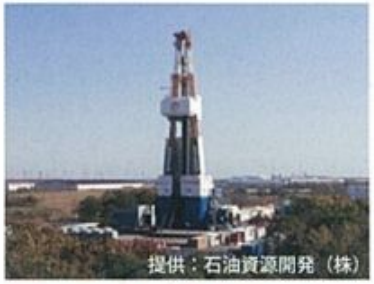
2. より高い空間分解能を必要とするもの

■ 石油探鉱・開発の作業計画には、高分解能



予備調査

概査・精査



試掘・鉱床規模評価

開発・生産

地質情報

・探鉱ポテンシャル評価

・有望地の絞り込み

・地震探査の測線計画　・試掘場選定　・生産・輸送施設計画

地理情報

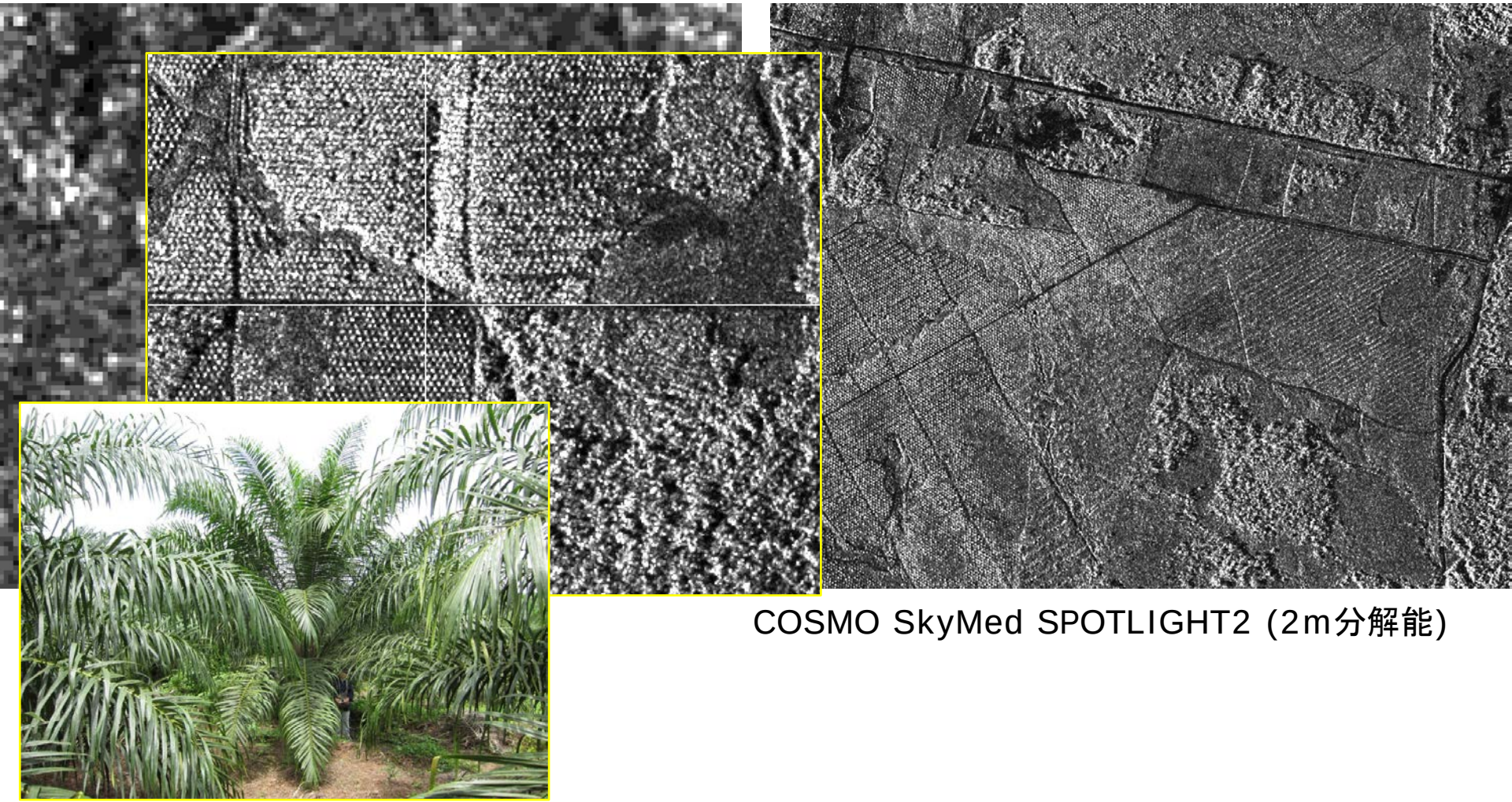
・排水、地盤沈下、森林回復のモニタリング

環境・測位情報

2. より高い空間分解能を必要とするもの

特に、熱帯地域における探鉱＆開発の作業計画に重要

PALSAR(L-band) と COSMO SkyMed(X-band)の比較



COSMO SkyMed SPOTLIGHT2 (2m分解能)

まとめ

資源探査分野におけるALOS2への期待は、

1. 繰り返し観測が必要なもの
   （1）差分干渉による地表変位観測
   （2）オイルスリック解析
   （3）北極海の海氷監視

2. より高い空間分解能を必要とするもの

にあり、継続的な観測と、ALOS-2と干渉ペアが成立する後継機の準備をお願いしたい。