

1

# ALOS計画と電波センサの 利用可能性について

2002年8月21日

汽水域リモートセンシング研究会第5回勉強会

島根大学 総合理工学部 古津年章

**概要**：マイクロ波リモートセンサは、光センサに比べて一般に空間分解能が劣るため、衛星からの観測で現在のところ宍道湖・中海観測に使用できるのは合成開口レーダ (SAR) のみです。これまでの研究から、SARによって高分解能の海上風速マッピング、油などの水面汚染や水流の検出可能性が示されており、汽水域でも有用と考えられます。

我々は2004年打上げ予定の地球観測衛星 (ALOS)による観測研究テーマとして、「光・電波複合リモートセンシングによる汽水域観測」を提案し、採択されました。この採択により、過去の衛星観測データ提供や既存の衛星による実験実施へのNASDAからの支援が得られ、ALOS打上げ後の研究推進に備えることが可能となっています。本発表では、マイクロ波センサの特徴、ALOS衛星と本研究テーマの概要を紹介します。

衛星観測は観測時期や頻度に限界があり、連続的な監視には不向きです。一方航空機や地上設置型のセンサが利用できれば、「監視」の意味で極めて有用です。その観点で、衛星搭載SAR以外の種々の電波センサの利用可能性についても議論します。

2002.8.21

2

## マイクロ波センサの特徴

・波長数十cm～数mm (光の1000～10,000倍)。

・光に比べて空間分解能が劣る。但し合成開口レーダ (SAR) では、地上での信号処理により光センサと同等の分解能が得られる。

・大気の透過率が一般に極めてよい。(強雨時は、波長数cm以下の電波は減衰の影響を受ける。)

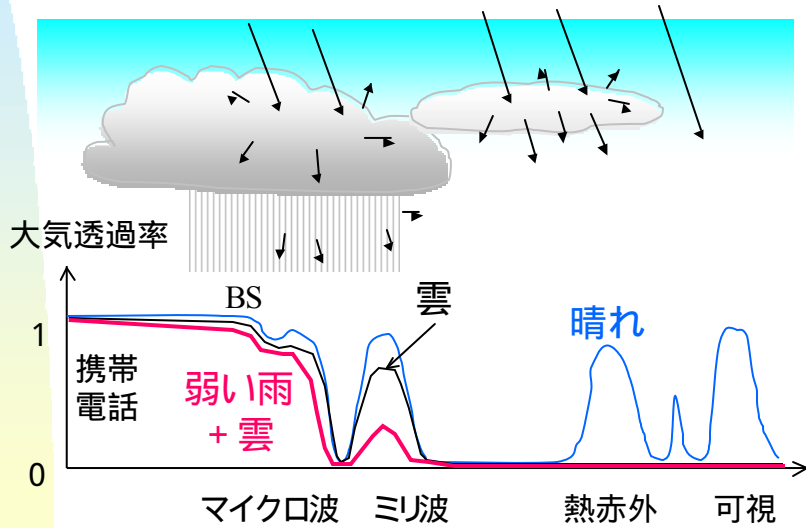
・一般に放射率 (反射率) は光領域と異なる。陸域の放射率は1に近く、水面は小さい (入射角や偏波による)。

・電波の散乱は、電波の波長との相対的な物体の幾何学的な形状や大きさに依存する、

2002.8.21

3

### 空気中を通る電磁波

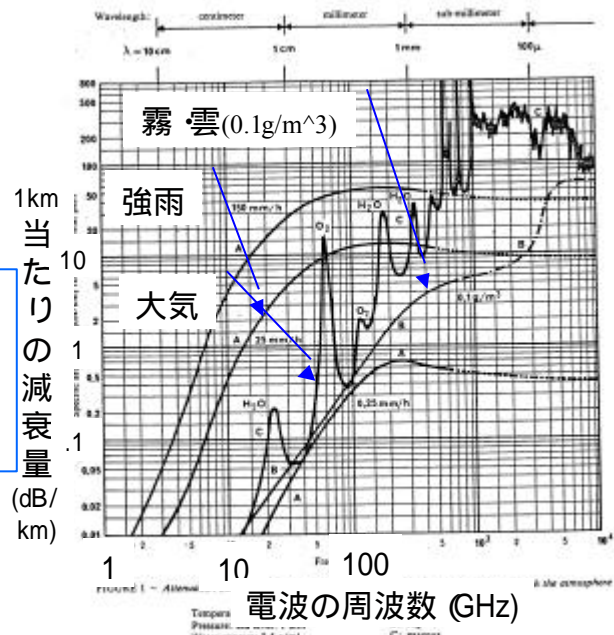


2002.8.21

4

### マイクロ波 ~ ミリ波の 大気減衰 係数

10GHz以下の周波数では,雲の影響は無視できる. 中程度の雨でもOK.



2002.8.21

5

## マイクロ波レーダの利用可能性

### 1. 水面風ベクトル

水面の風と水面との相互作用により、水面波が励起される。  
風速、水の表面張力・粘度、風との相対角度などによって、異なる強さで水面波が励起されることを利用。

### 2. 水面 (水中?) 汚染

汚染物質の存在による水面波の発達度変化を利用。

### 3. 水流

水流の存在により、水面波の抑圧や発達が生じることを利用し、映像レーダのシグナチャから検出。あるいはXバンドの船舶レーダも連続観測に使える？

### 4. 船舶, その他の漂流物体

2002.8.21

6

## マイクロ波放射計の利用可能性

### 1. 水温

温度変化に対する輝度温度の変化は、淡水の方が海水より大。  
水面粗さの補正が必要。曇りでもOK。

### 2. 水面風

水面の粗度によって、水面の放射率と下向きの大気放射の散乱特性が変わる。(「泡」の存在も影響。)

### 3. 塩分濃度

1~2GHz帯で塩分濃度に対する放射率の変化が大きい。(高い温度分解能のセンサが必要)

### 4. 水面汚染 (汚染による放射率の変化を検出する)

- 油膜の存在により、誘電体二重層を形成する。
- 水面の単分子膜 (オレイルアルコールなど) による異常分散

上記の複合測定には、複数の条件 (周波数, 偏波, 入射角) での観測が必要。衛星搭載システムは、空間分解能が悪い。

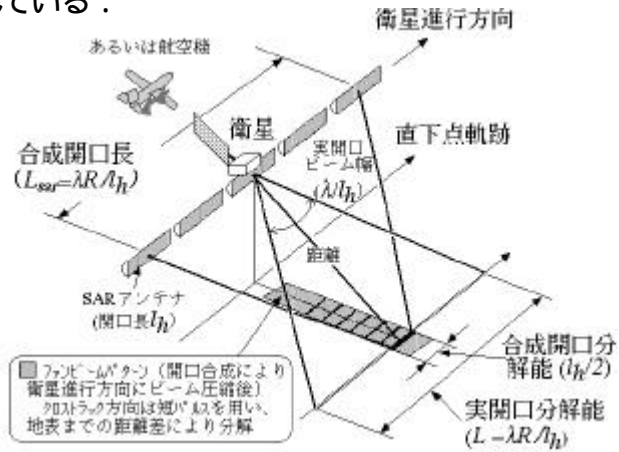
2002.8.21

7

### 衛星搭載合成開口レーダの利用可能性

衛星からのマイクロ波センサで唯一数十m以下の空間分解能が、数十km以上の観測幅で得られる。

これまでの研究で、風速測定、油汚染、水流などの検出能力が示唆されている。



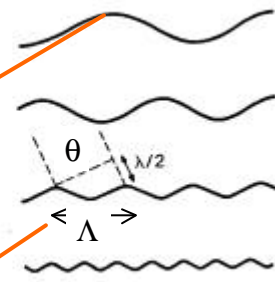
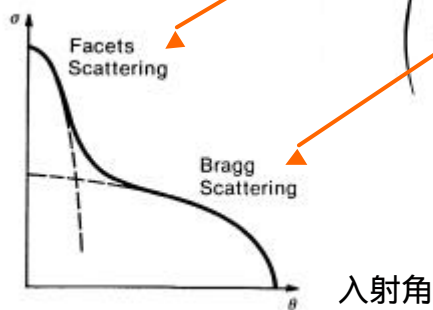
2002.8.21

8

### 水面のモデル化とBragg散乱

ランダム水面は、多くの異なる波数ベクトルの波浪の重ね合せ

散乱係数



近似 2-scale モデル

$$\Lambda \sin \theta = \lambda/2$$

2002.8.21

9

海面散乱係数の風速依存性

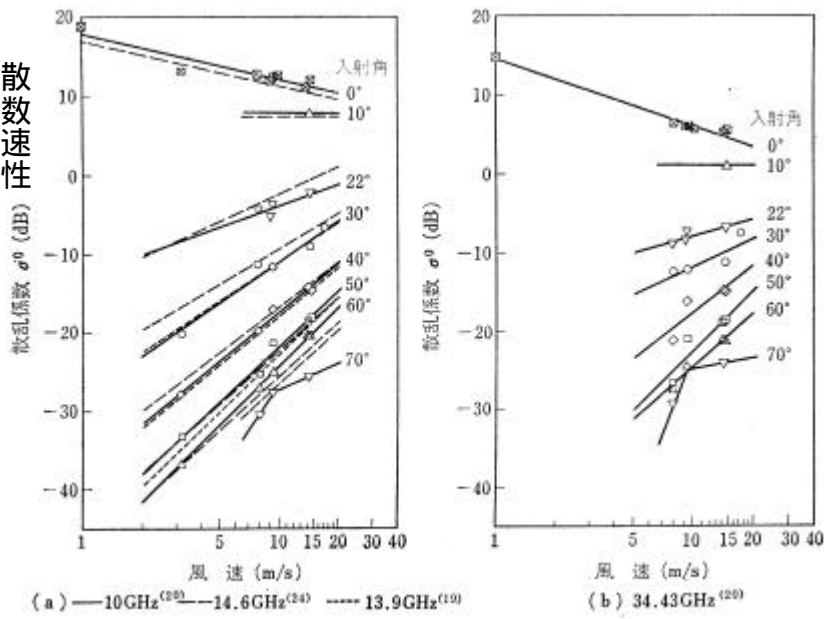


図 4.12 海面の散乱係数  $\sigma^0$  の風速依存性<sup>(22)</sup>. up-wind, 水平偏波.

2002.8.21

10

海面散乱係数の風向依存性

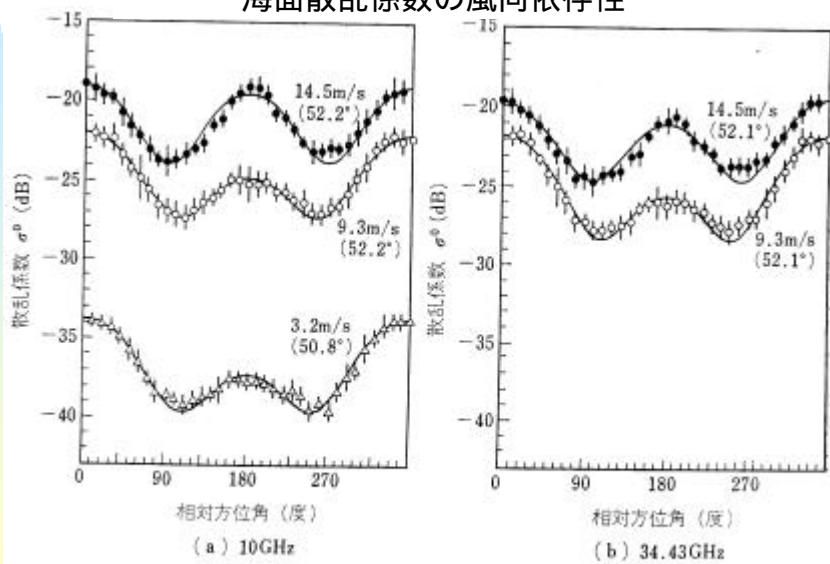


図 4.11 海面の散乱係数  $\sigma^0$  の測定例<sup>(23)</sup>. 横軸は風向に対するレーダビームの方向の相対的な角度。水平偏波。入射角約 52°.

2002.8.21

## SARによる水面汚染検出の可能性 について

・これまでの航空機搭載映像レーダによる実験結果を紹介する。

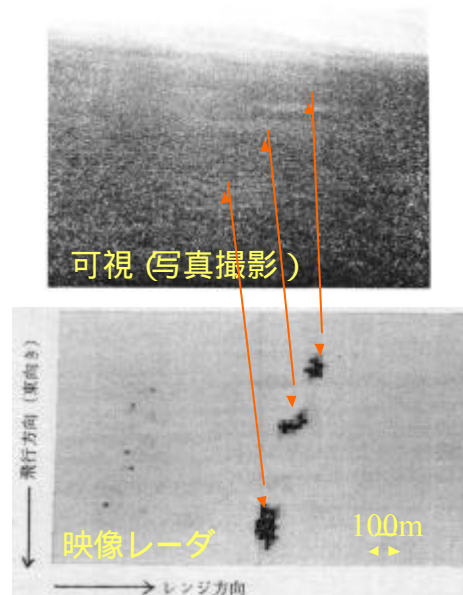
・衛星搭載SARは周波数が比較的低いが、いくつかの観測研究から海洋上の油汚染検出能力が示されている。

・但し、汚染物質の特定は「間接的」にしかできない。

2002.8.21

### 航空機搭載映像 レーダによる 油汚染の観測

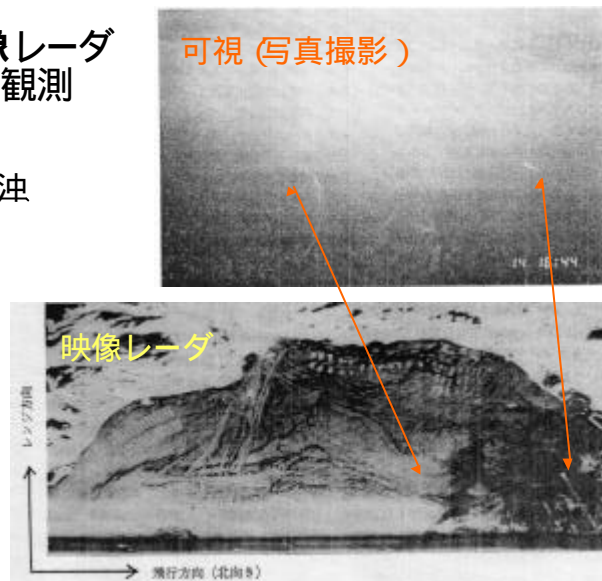
1986.11.16 大阪湾



2002.8.21

## 航空機搭載映像レーダによる赤潮の観測

1986.11.14 洲本沖



2002.8.21

## 陸域観測技術衛星 (ALOS) の概要

高分解能の陸域観測を主目的とした衛星

高精度で標高抽出を行うためのパンクロマチック立体視センサ (PRISM)

高性能可視近赤外放射計2型 (AVNIR-2)

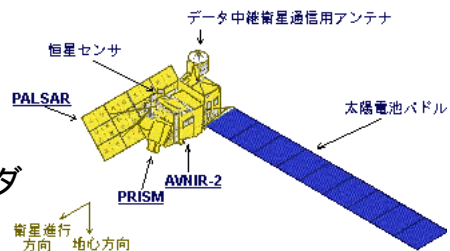
ch1 :0.42 ~ 0.50  $\mu$ 、ch2 :0.52 ~ 0.60  $\mu$ 、

ch3 :0.61 ~ 0.69  $\mu$ 、ch4 :0.76 ~ 0.89  $\mu$

昼夜の別なくまた天候によらず  
陸域の観測が可能なフェーズド  
アレイ方式Lバンド合成開口レーダ  
(PALSAR) :

Lバンド, HH and/or VV, VH, HV

2004年度にH-IIAロケットにより打上げ予定.



2002.8.21



## 高性能可視近赤外放射計2型 (AVNIR-2)

AVNIR-2は(ADEOS )に搭載されたAVNIRの分解能をさらに向上させたもので、可視、近赤外域の観測波長を用いて、主に陸域、沿岸域を観測することにより、地域環境監視等に必要な土地被覆分類図、土地利用分類図などの作成を行う。

AVNIR-2はまた、災害状況の把握のために衛星進行直交方向に観測領域を変更するポイントング機能を持っている。

### AVNIR-2主要諸元

観測波長帯	ch1 :0.42 ~ 0.50 $\mu$ m, ch2 :0.52 ~ 0.60 $\mu$ m, ch3 :0.61 ~ 0.69 $\mu$ m, ch4 :0.76 ~ 0.89 $\mu$ m
信号対雑音比	200
地上分解能 (瞬時視野角)	2.5m ( $\beta$ .57 $\mu$ rad)
空間周波数伝達特性	ch1 ~ 3 :0.25, ch4 :0.20
観測幅	70km
ポイントング角	+/-40deg. (cross track)

2002.8.21

## フェードアレイ方式バンド合成開口レーダ (PALSAR)

PALSARは、JERS-1に搭載された合成開口レーダ (SAR) の機能、性能をさらに向上させたものである。PALSARはオフナディア角を可変する機能や広い観測幅を有する観測モード (ScanSAR) を持っている。

### PALSAR主要諸元

観測モード	高分解能モード、高観測幅モード
周波数	L-band
偏波	HH or VV (option: HV or VH)
地上分解能	10m (2 looks)、20m (4 looks) 100m
観測幅	70km、250 ~ 360km ( $\beta$ ~ 5scans)
オフナディア角	18 ~ 48deg.
信号対ambiguity比	25dB
雑音等価NRCS	- 25dB

2002.8.21



## ALOSによる汽水域観測研究の目的

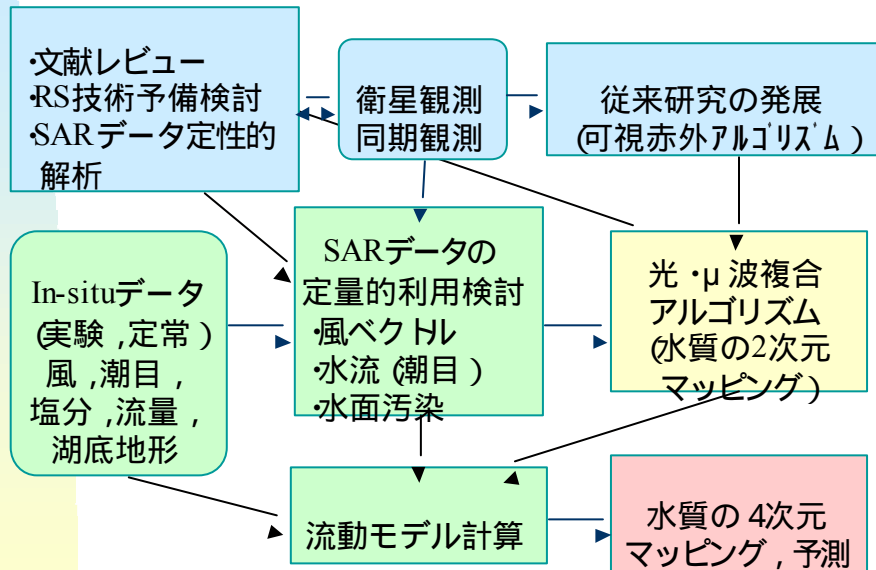
タイトル：マイクロ波・光複合センサによる  
汽水域環境モニタの可能性の研究

目的

1. 可視センサによる水質モニタ技術の改善, 水温分布測定  
→ これまでの研究結果をもとにして, 更に改善を図る.
2. マイクロ波 (SAR) データの基礎検討  
→ 何か見えそうか, 何が見えているか? 予備実験, 理論検討
3. SAR データの定量的利用 (風, 水流, ...)
4. 可視 + マイクロ波の結合 (相補的に使用, 複合アルゴリズム, ...)
- (5). リモートセンシングデータ + モデルによる解析・予測

2002.8.21

## 研究の目標と流れ



2002.8.21

## マイクロ波センサによる 水流 , 塩分 , 水温測定の可能性について

新規にセンサやデータ処理システムを開発する必要があるが、これまでの実験結果から技術的には可能性はある。

2002.8.21

### X-band船舶レーダによる 水流推定例

海面散乱の時系列データから、波浪の角周波数と波数スペクトルを求め、それと矛盾しない水流ベクトルを決定。



図-8.4.1 観測地点

2002.8.21

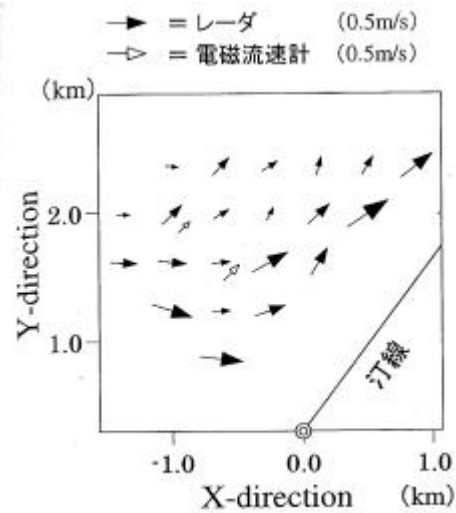


図-8.4.8 推定された海洋表面流速分布

後藤真太郎, 他: 土木学会編: 陸上設置型レーダによる沿岸海洋観測, 第8章, 2000

21

## チェサピーク湾における鉛直入射 2周波マイクロ波放射計による水温および塩分濃度観測例

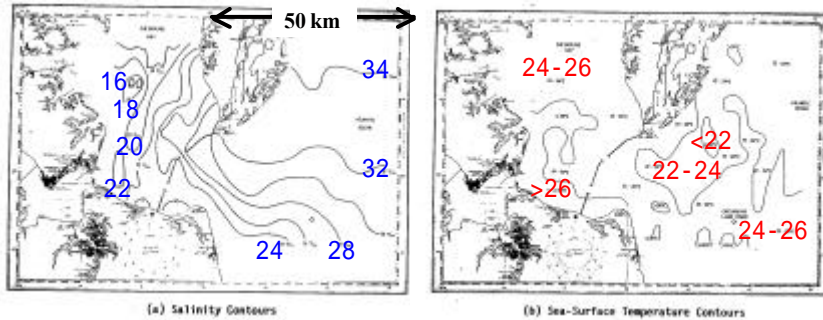


Fig. 18.15 (a) Salinity contours of the lower Chesapeake Bay with  $2 \text{ ‰}$  increments, and (b) temperature contours with  $2^\circ\text{C}$  increments, both generated from measurements by a two-frequency microwave radiometer on 24 August, 1976 (from Blume *et al.*, 1978).

**1.43 GHz and 2.65 GHz Radiometer system. Alt = 1.4 km, Accuracy estimates:  $1 \text{ ‰}$  and  $1 \text{ deg/C}$ . [Blume *et al.*, 1978]**

Ulaby, F.T., R. Moore and A.K. Fung, Microwave Remote Sensing, Vol.III, Chap.18, Artech House, Norwood MA, 1986.

2002.8.21

22

## まとめと課題

衛星搭載SARは、観測頻度に問題はあるが、天候に左右されない。風速マッピング、水面汚染・水流などの検知ができれば、流動モデル検証・初期値決定やイベント解析に有用。

- ・航空機搭載SARは更に高分解能が得られ、観測タイミングにフレキシビリティがあるが、既存のSARは少ない。
- ・新規にセンサを開発する場合、地上設置レーダや航空機搭載の放射計などが有用と思われる。航空機搭載の場合、光センサとの同時搭載が望ましい。

### 課題

- ・SAR観測の定量的評価 (既存データの解析)
- ・光センサとの複合利用方法の検討 (同時観測データの解析)
- ・地上設置レーダ、放射計などの観測性能の理論検討。
- ・流動モデル計算とリモートセンシングデータの比較、結合。

2002.8.21