

1

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 - ALOS公募研究の紹介 -

第3回宍道湖・中海リモートセンシング研究会
2001年3月16日

島根大学・総合理工学部・電子制御システム工学科
古津年章

2001.3.16

2

ALOS研究の目的

1. 可視センサによる水質モニタ技術の改善
作野らによるアルゴリズムをもとにして、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、何が見えそうか？
予備実験・データ解析、レビュー、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 + モデル計算による解析・予測

2001.3.16

3

可視赤外センサとマイクロ波センサの比較

・波長 : $3 \sim 3 \times 10^2$ mm 対 $3 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-2}$ mm

1. 大気透過特性

共鳴周波数付近以外では、基本的には透過率は1に近い。
降水現象に対しては、減衰が周波数とともに増加。

2. 散乱・放射メカニズムおよび特性

非共鳴型の誘電・伝導現象、回転順位による共鳴

cf. 可視赤外では、電子順位、振動順位の変移が主に寄与する。

“粗さ”のスケールやアルベドが μ 波と可視赤外では大きく異なる。

3. センサの構成、大きさ (μ 波では、無線の送受信機と同等)

4. 空間分解能 (通常、 μ 波の方がかなり悪い。SARは別)

5. スペックル雑音 (μ 波では、レベル(温度)分解能に影響)

などに、大きな違いが現れる。

2001.3.16

4

衛星搭載マイクロ波センサの種類

受動型センサ

1. イメージャ (2次元マッピング)
2. サウンダ (視線方向の積分値, プロファイル)

能動型センサ (レーダ)

1. 映像レーダ (合成開口レーダ)
2. 散乱計 (海上風ベクトル)
3. 高度計 (海面トポグラフィ, 海上風, 波浪)
4. 降雨レーダ

2001.3.16

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り、水面波の発達度が変化することによる。

3. 水流

水流の存在により、水面の幾何学的形状や粗さが特徴的に変化することを利用。

4. 水面波のスペクトル

合成開口レーダ(SAR)の分解能より長い波長のスペクトルの推定可能。

備考

湖水観測に利用可能なセンサは、「映像レーダ」(主にSAR)である。

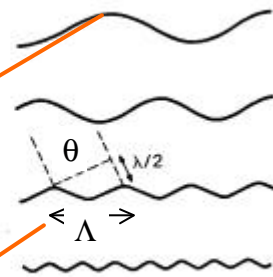
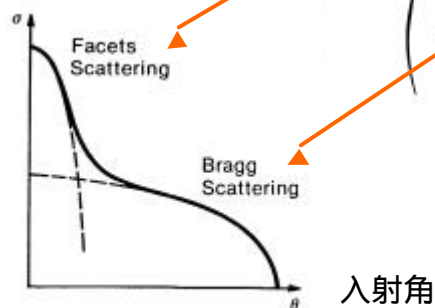
2001.3.16

6

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



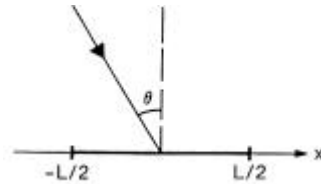
近似 2-scale モデル

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

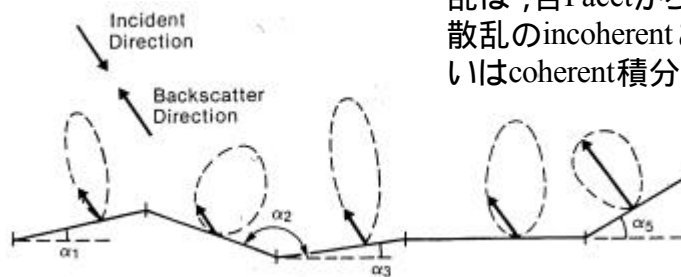
2001.3.16

7

低入射角後方散乱 (Facetモデル, 物理光学近似)



Facetからの散乱は,
Facet上の波源からの
放射のcoherent積分



多くのFacetからの散
乱は,各Facetからの
散乱のincoherentある
いはcoherent積分

2001.3.16

8

風波の スペクトル

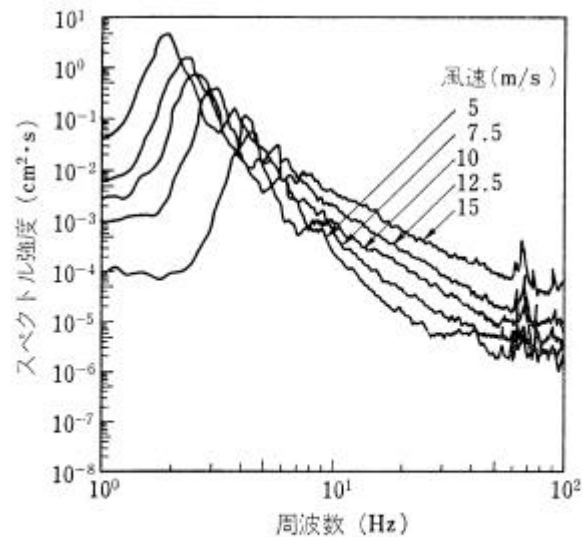


図 4.10 風波の高周波スペクトル。
風速が 5 m/s→15 m/s と変化したときの周波数スペクトルの変化 (光易, 本田⁽¹¹⁾)

2001.3.16

9

海面散乱係数の風速依存性

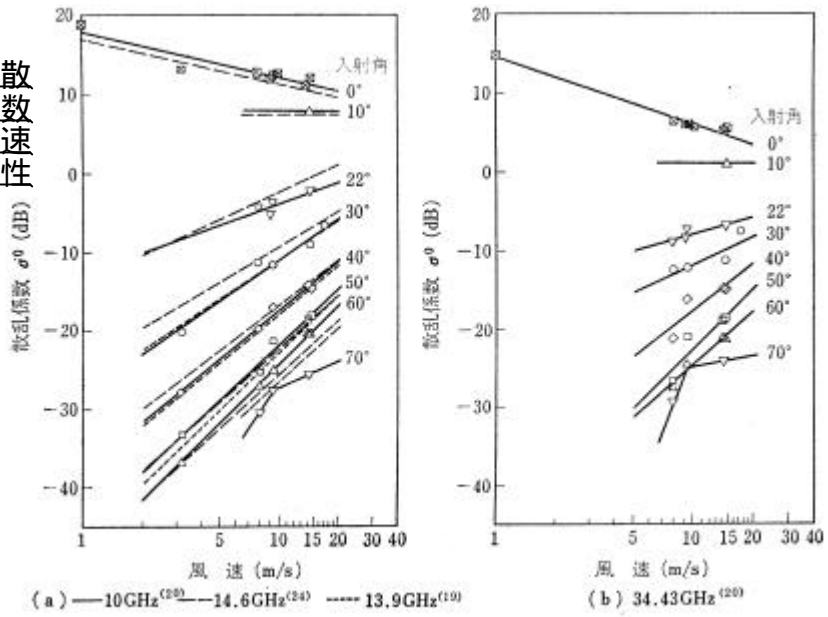
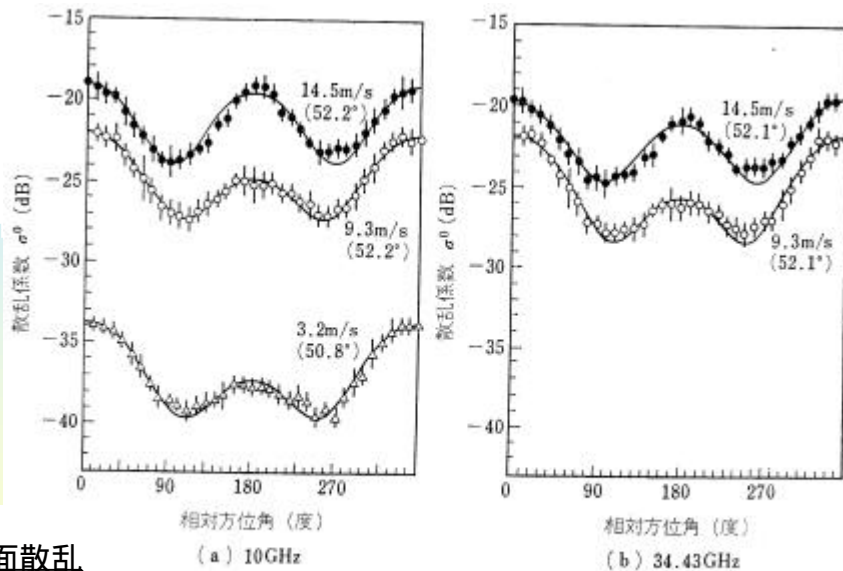


図 4.12 海面の散乱係数 σ^0 の風速依存性⁽²²⁾. up-wind, 水平偏波.

2001.3.16

10

海面散乱係数の風向依存性



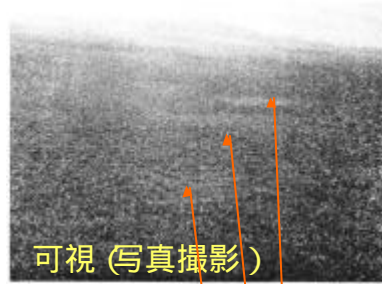
11 海面の散乱係数 σ^0 の測定例⁽²³⁾. 横軸は風向に対するレーダビームの方向の相対的な角度. 水平偏波, 入射角約 52° .

2001.3.16

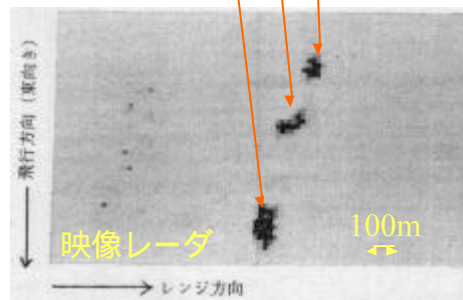
11

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



可視 (写真撮影)



映像レーダ

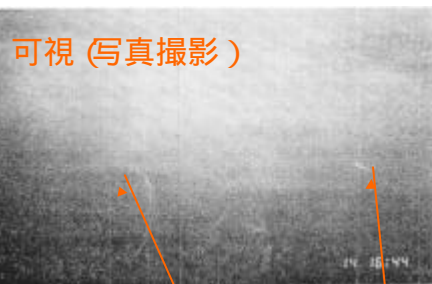
100m

2001.3.16

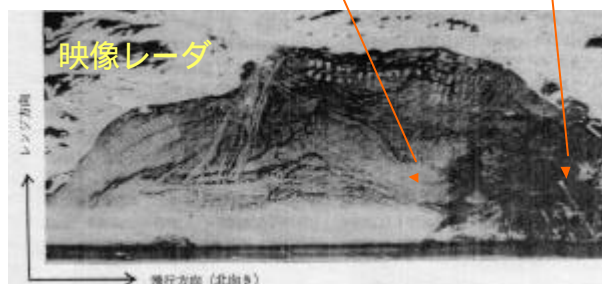
12

航空機搭載映像レーダ による赤潮の観測

1986.11.14 洲本沖



可視 (写真撮影)



映像レーダ

2001.3.16

13

利用可能(?)なマイクロ波レーダ

1. 航空機搭載レーダ

- π -SAR (CRL / NASDA) : X/Lバンド、多偏波・干渉計方式SAR
- CRL航空機搭載マルチパラメータ降雨レーダ (CAMPR) : 14GHz、多偏波、ドップラ
- CRL航空機搭載ミリ波雲レーダ (SPIDER) : 95 GHz、多偏波、ドップラ

2. 地上・橋・タワー設置型レーダ

- 多周波・多偏波自動化散乱計 (CRL) : L,C,X,Ku,Kaバンド、多偏波

3. 衛星搭載レーダ

- JERS-1 SAR (LバンドHH)
- RADARSAT SAR (CバンドHH)
- ERS-2 AMI (CバンドVV)
- TRMM 降雨レーダ (14GHz、HH、入射角 ± 18 度、分解能4 km)
- ALOS SAR (?? 打上げ予定、LバンドVVあるいはHH) + AVNIR-2

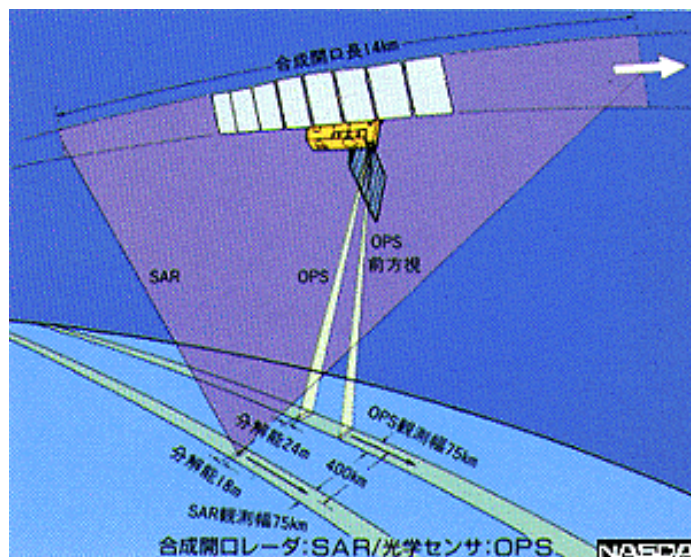
参考 地球観測衛星の紹介ページ

http://www.eoc.nasda.go.jp/guide/satellite/sat_menu_e.html

2001.3.16

14

JERS-1の観測概念

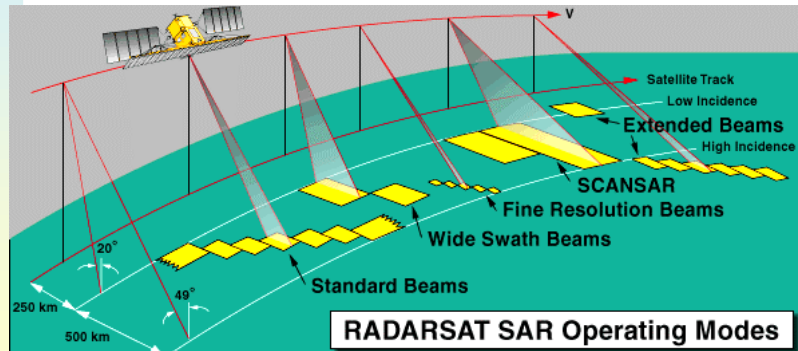


2001.3.16

15

RADARSATの観測概念

Frequency 5.3 GHz ,Polarization: HH
 Aspect: Right-looking (North), Left-looking (Antarctica)
 On-Time: 28 minutes/orbit (12 Minutes for Antarctica)



2001.3.16

16

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ナクロマチック立体視センサ (PRISM)
- ・土地被覆の観測を高精度に行うための高性能可視近赤外放射計2型 (AVNIR-2) ch1 :0.42 ~ 0.50 μ 、ch2 :0.52 ~ 0.60 μ 、ch3 :0.61 ~ 0.69 μ 、ch4 :0.76 ~ 0.89 μ
- ・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

平成14年度にH-IIAロケットにより打上げ予定。

2001.3.16

17

主要諸元

- 打上げ： ? / H-IIAロケット種子島宇宙センター
- 寿命： 3年以上（5年目標）
- 軌道： 高度約700kmの太陽同期準回帰軌道 /
軌道傾斜角 約98度 / 周期 約99分 /
周回日数 約45日 / 降交点通過地方時
午前10時30分+/-15分
- 重量： 約3,850kg（打上げ時）
- 電力： 約7,000W（寿命末期）

2001.3.16

18

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 μm , ch2 0.52 ~ 0.60 μm ,
ch3 0.61 ~ 0.69 μm , ch4 0.76 ~ 0.89 μm
- 信号対雑音比 200
- 地上分解能 (瞬時視野角) 2.5m (3.57 μrad)
- 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)

2001.3.16

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。

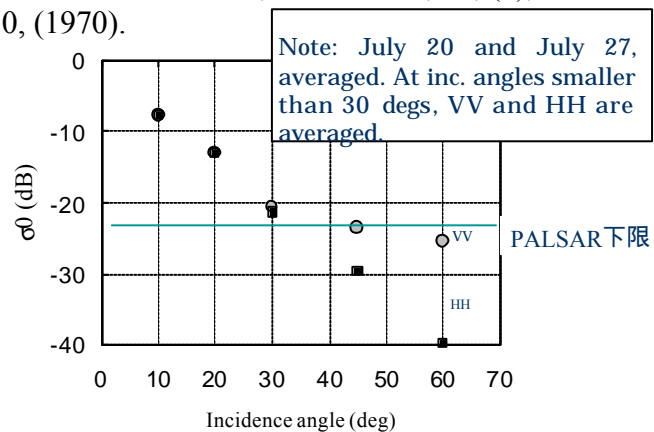
PALSAR主要諸元

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 (3 ~ 5scans)
オフナディア角	18 ~ 48deg.
信号対ambiguity比	25dB
雑音等価NRCS	- 25dB

2001.3.16

入射角対Lバンド後方散乱断面積

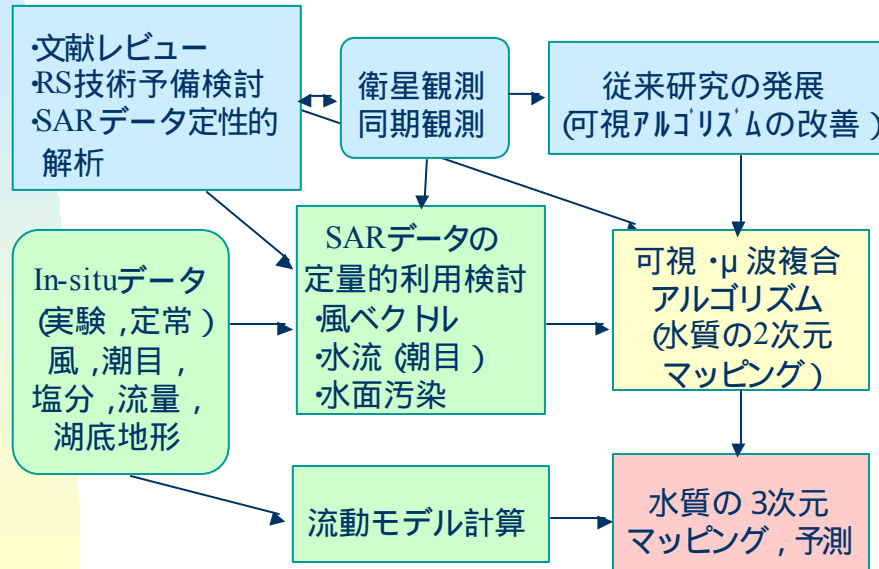
N. W. Guinard and J. C. Daley, An experimental study of a sea clutter model, *Proc. IEEE*, **58**, (4), 543-550, (1970).



海面のNRCSから考えると、PALSARの感度が問題かもしれない。

2001.3.16

研究の目標と戦略



2001.3.16

まとめと課題

- ・可視クロロフィルアルゴリズム：
- ・これまでの研究では，“汽水”に的を絞ったものは少ない．
- ・SARから推定できそうなもの．水上風，水流，油汚染，等．
- ・JERS-1 SAR画像は“情報”を含んでいる．今後に期待．

課題

- ・可視クロロフィルアルゴリズムの改良
- 過去のJERS-1 SARデータの解析→定性的SARデータ評価
- RADARSATデータの解析→更に定量的な解析
- ・可視・マイクロ波同時観測データ (現状ではない．)
- ・流動モデル計算とリモートセンシングデータの比較

2001.3.16