

# 2: SAR偏波計の画像解析と応用

平成20年9月25日  
於 東北大学東京分室

東北大学東北アジア研究センター  
ビクトリア大学(カナダ)地理学科

工学博士 飯坂 譲二

## 25日の概要

午前 9:30-12:00

午後 13:00-15:00

(午後 15:00-IEEE –GRSS SAR ワークショップ)

9:30-11:15「SAR偏波計のリモートセンシング」

飯坂 譲二

11:15-11:30(ブレイク)

11:30-12:30 「データの検索と入手の仕方

演習に用いるデータセットの概要

プログラム“PoISARpro”のダウン

ロードと導入」

渡辺 学

12:30-13:30 (ランチタイム)

13:30-15:00 「PoISARpro操作と機能の基本」

飯坂 譲二

## 26日の概要 飯坂 譲二

- 09:30-10:45 「SAR偏波計画像による地被解析」
- 10:45-11:00 (ブレイク)
- 11:00-12:30 「PolSARproを利用した地被解析の演習」
- 12:30-13:30 (ランチタイム)
- 13:30-14:30 「SAR偏波干渉計画像を利用した樹高解析; SAR偏波干渉計の利用法」
- 14:30-14:45(ブレイク)
- 14:45-15:15 [地表パラメタの抽出: 土壌水分情報の抽出を中心に]
- 15:15-16:00 [SAR偏波計と防災]
- 16:00-16:30 「まとめと最近の傾向」「Q & A」

- レーダ偏波計 (Radar Polarimetry : **Polsar**:  
偏波 Metry: 測定measure)

- 電磁場の偏波状態を収集、処理と解析をおこなう科学である。
- 地被表面の幾何的構造、向きに関係したもの
- 湿度、凹凸などの表面粗度や土壌の伝導性とななどの地物的な特性の情報を含む。

# 「SAR偏波計のリモートセンシング」

## 2-0 はじめに

: 動機

: SAR偏波計リモートセンシングの現状

## 2-1 多重分光のリモートセンシングとSAR偏波計のリモートセンシング

## 2-2 PoISAR画像解析と多重分光リモートセンシング画像解析との違い

PoISAR:

## 2-3 なぜSAR偏波計?

シングル偏波対デュアル/全偏波:

地被解析を例に

# 「SAR偏波計のリモートセンシング」

## : 動機

地球環境に寄与するには幅広いユーザ人口が不可欠  
応用分野はエンドユーザの頭数と同等  
限られた専門研究者の結果のみに期待すべきではない

折角よいセンサーがあるのに利用度は低い

**卵と鶏とどちらが先か？**

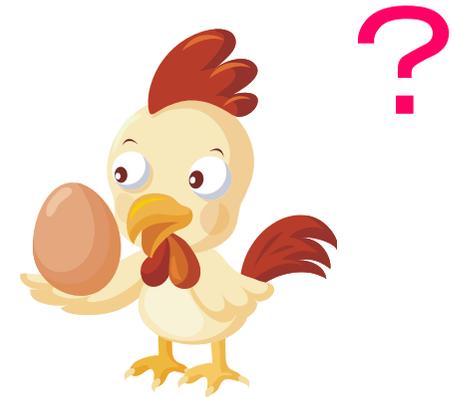
ユーザがいらないから、データをとらない。  
データがない、どのように解析したらよいか分からないから、リクエストしない。

地球環境に用いるには継続的な安定したデータ供給が  
不可欠

**SAR偏波計は従来の視覚判読では有用な情報は抽出  
不可: 原理の理解と支援技術知識の獲得**

# PoISAR利用推進

- ユーザと技術サイドの橋渡しが重要
  - 理論的な指導と応用面からのニーズの吸収
  - 道具としてのソフト(IT技術)の普及が不可欠
    - 食材はあるのか？ なべ・釜がない(ソフトがない)？料理法がわからない(レシピ:手順)？
  - 実用例の作成
    - うまいもの(役立つもの)を作って見せる
    - うまいものを食べさせてみる
- ユーザの育成が将来に地球観測の寄与が不可欠
  - 卵と鶏のどちらが先か？
    - 利用者が少いから不要？
    - データがないから使えない？
- 政策・意思決定に不可欠な情報の提供
  - 有効な情報が抽出できる人材の育成がかなめ



# SAR偏波計リモートセンシングの現状

# レーダ偏波計：シャトル・人工衛星レベル

センサー	打ち上げ機関
SIR-C	NASA/JPL(USA)
TERRASAR	BMBF/DLR/ASTRIUM
ENVISAT/ASPAR	ESA(EU)
ALOS/PALSAR	JAXA-JAROS
RADARSAT-2	CAS-MDA( Canada)



SIR-C  
NASA / JPL (USA)



I

PALSARの主要諸元

モード	ファイン モード		ScanSAR	偏波モード
中央周波数	1270MHz(L-バンド)			
バンド巾B	28MHz	14MHz	14,28MHz	14MHz
偏波方向	HH または VV	HH+HV または VV+VH	HH または VV	HH+HV+VH+V V
入射角	8 ~ 60度.	8 ~ 60度.	18 ~ 43度	8 ~ 30度.
レンジ方向の解像度	7 ~ 44m	14 ~ 88m	100m	24 ~ 89m
掃引巾	40 ~ 70km	40 ~ 70km	250 ~ 350km	20 ~ 65km
量子化レベル	5ビット	5ビット	5ビット	3 または 5ビット
データ・レート	240Mbps	240Mbps	120Mbps, 240Mbps	240Mbps

# 航空機レベル



**AES1**  
AeroSensing (D)



**AIRSAR**  
NASA / JPL (USA)



**DOSAR**  
EADS / Dornier GmbH (D)



**ESAR**  
DLR (D)



**EMISAR**  
DCRS (DK)



**MEMPHIS / AER II-PAMIR**  
FGAN (D)



**PHARUS**  
TNO - FEL (NL)



**PISAR**  
NASDA / CRL (J)



**RAMSES**  
ONERA (F)



**RENE**  
UVSQ / CETP (F)



**STORM**  
UVSQ / CETP (F)



**SAR580**  
Environnement Canada (CA)

## 2-1 多重分光のリモート・センシングと SAR偏波計のリモートセンシング

## 2-0 リモート・センシングとは？

- 地表または地表近くから放射・反射・散乱(電磁波と地被オブジェクトの相互作用)して電磁波を、人工衛星や航空機で観測する計測技術で、地球環境・資源の管理に応用することを目的とする。
  - 初代カナダ・リモートセンシング・センター所長
  - L.モーレ博士(1975)
- どのような相互作用？
- どんな地被オブジェクトとどんな属性？

## 2-1 多重分光のリモート・センシングと SAR偏波計のリモートセンシング

- SAR偏波計のリモートセンシング
  - 能動センサー
    - 全天候型・日夜・季節
    - 観測波長範囲
      - レーダ波長域
        - » P-バンド
        - » L-バンド
        - » (S)
        - » C-バンド
        - » X-バンド
        - » Ku-バンド
        - » K-バンド
        - » Ka-バンド
- 多重分光のリモートセンシング
  - 受動センサー
    - 主として日中
    - 観測波長域
      - 可視・近赤外・中間赤外・熱赤外
      - バンド数
        - » 3バンドから500バンド(ハイパースペクトル)
      - 帯域幅
        - » 5nm-200nm

## 2-1 多重分光のリモート・センシングと SAR偏波計のリモートセンシング

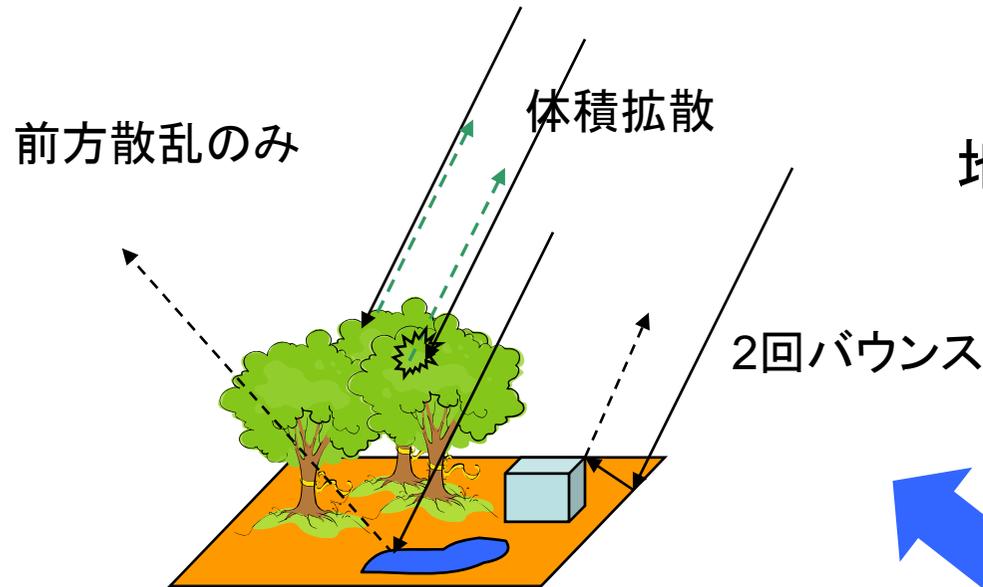
- SAR偏波計
  - 検出する量
    - 電界強度と位相
      - dB
- データのバンド数
  - 1バンドー4バンド(3バンド)
  - 複素浮動少数点
- 多重分光のセンサー
  - 検出する量
    - 分光放射輝度
- 多重分光の画像データ
  - データの表現・量子化レベル
    - 主として 8ビット符号なし整数
  - バンド数;波長域
    - 1-500バンド

# レーダ偏波計

- 後方散乱に含まれる情報
  - 地被の幾何的構造
  - 反射、形状や向き
  - 水分量、表面の粗さ・・・
    - 地被ターゲットへの電磁波の浸透
- 光学センサー：
  - 主として分子レベルも吸収、共鳴
  - 視覚に類似したオブジェクトに類似
- 必要性：
  - 地物的なパラメタ
  - 地生物的なパラメタ
  - レーダパラメタ

## 2-1 多重分光のリモート・センシングと SAR偏波計のリモートセンシング

- SAR偏波計

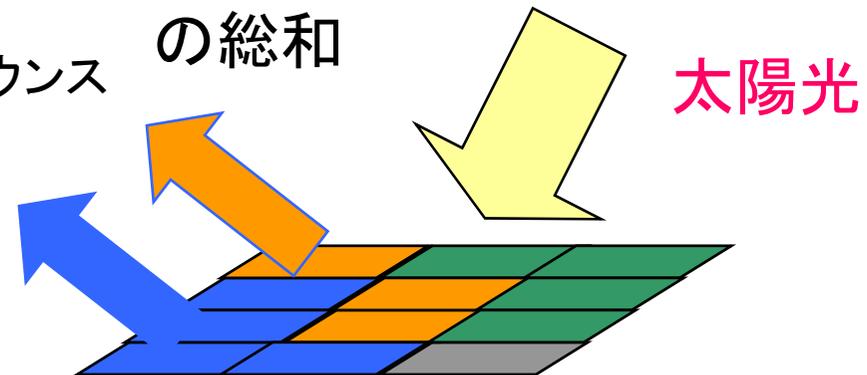


1画素の信号: その画素に混在する種々のターゲットからの信号の総和

表面下へのマイクロ波の浸透性が寄与する

- 多重分光のセンサー  
検出した情報

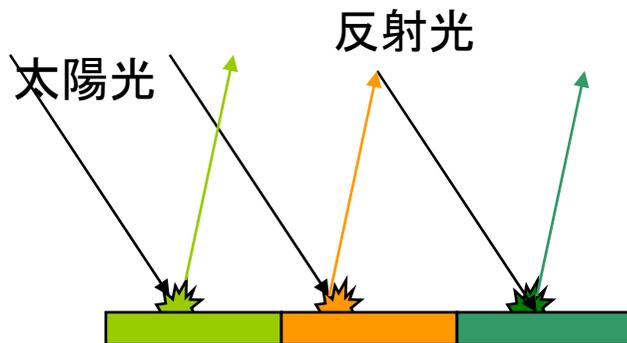
地表分解要素の表面からの平均的な反射エネルギーの総和



1画素からの信号:

# 地被オブジェクトの認識から地生物・地化学・地物的な情報抽出へ

- これまでのリモートセンシング：
  - 地被オブジェクトの認識とその分布
  - 主として人間が視覚的に認識できるもの
    - 太陽光の分光反射率の違い・空間的な変動:オブジェクトの色合い
    - 空間的な広がり・パターン:形状
    - オブジェクト間の空間的な相互関係



- これからの地球環境観測に求められるもの：

- 地被オブジェクトの特性

- 地物的なパラメタ

- 樹高、密度、土壤水分
- 草丈、密度、分布
- 傾斜・標高・表面の凹凸
- 積雪の等価水量
- 流域の水量

- 地生物的なパラメタ

- 光合成能力・バイオマス
- 葉冠体積
- 葉中水分
- 植生生育度

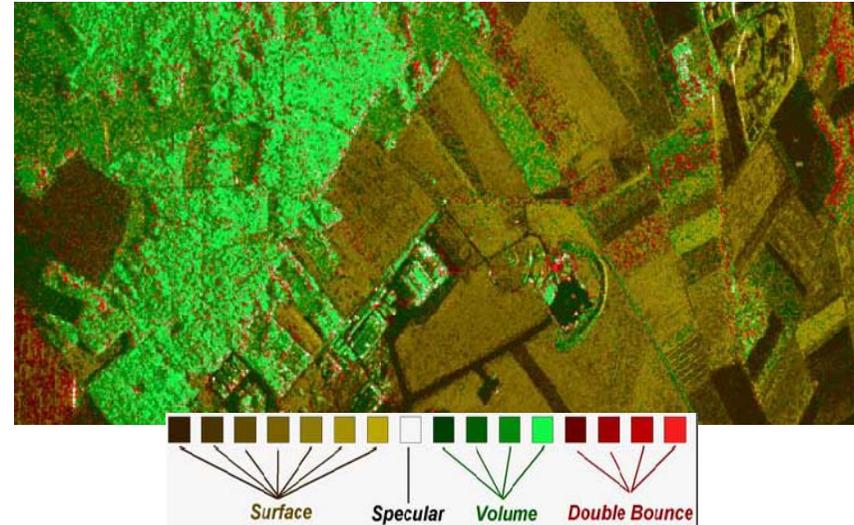
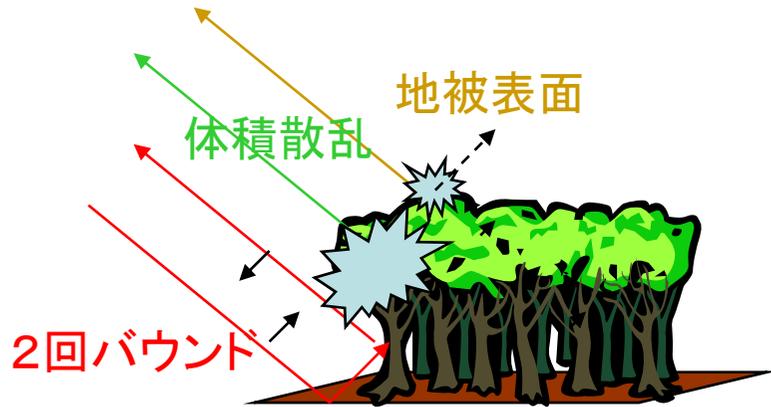
- 地化学的パラメタ

- 植生の化学的組成
- 地質の化学的組成
  - 宇宙からの化学分析
  - ハイパースペクトル画像:高分光解像度

- 地被の3次元的な構造と表面下の情報抽出

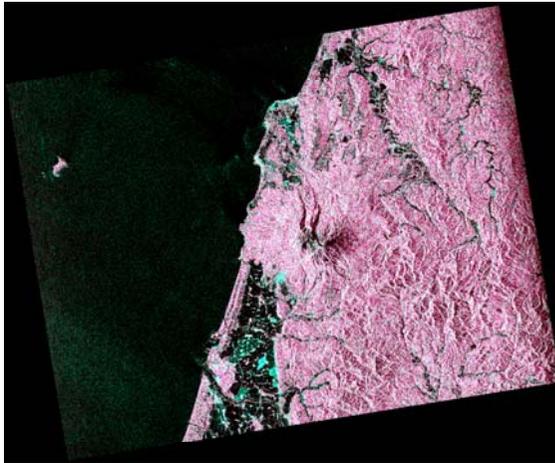
•SAR偏波計画像解析に期待されるもの

# 地表の垂直構造とパラメタの抽出

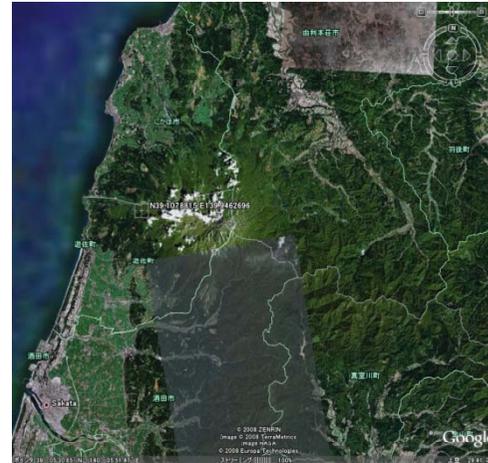


- SAR偏波計画像の利用
  - 地表調査の必要性が低い
  - 電波の偏波特性を利用
  - 1地表解像セル内のターゲット分布が解析可
  - 日本での応用解析が低調(ユーザ側の問題か?)

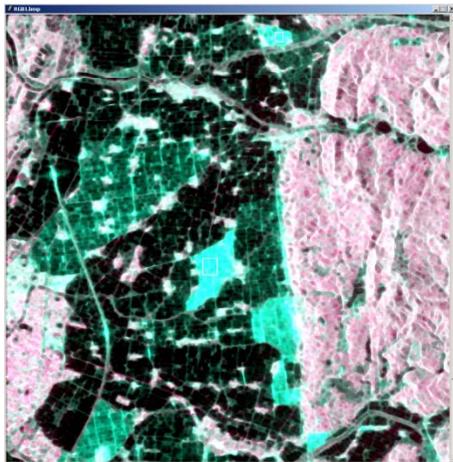
# 解析例： 日本のセンサー（PaISAR）画像を利用した地被 分類



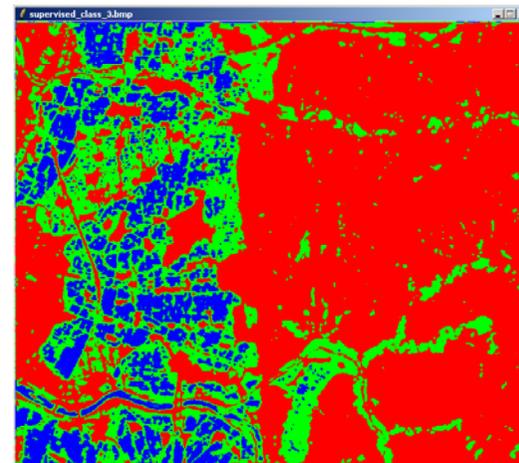
パウリのカラー・コードを用いた偏波画像の表示



参照用の画像（Google Earth より抽出）



部分画像の抽出



地被分類の結果

# 応用

- 農作地の利用
- 森林解析
- 海洋学、海氷、
- 気象、水文、地質
- 防災
- 標高測定、地図化
- 安全保障

# 2-2 可視・近赤外多重分光画像解析 と 偏波SAR画像解析の相違点

	多重分光リモートセンシング	PoSARリモートセンシング
データ	符号なし整数、ベクトル	浮動小数点、行列
特徴空間	分光空間	散乱行列のベクトル化パラメタ化
アルゴリズム	散乱メカニズム	考慮せず
	教師つき分類	あり
	教師なし分類	あり
	(クラスのラベル)	地上参照データ、既存のクラス
	クラスの確率密度関数	ガウス型分布
	類似性の測度	ユークリッド距離、マハラノビスの距離
分類可能なクラス数	20-30クラス	正準散乱毎に分類 あり あり 散乱メカニズムの考察 ヴィッツシャート分布 ヴィッツシャート距離 >15-20クラス以上可

## 2-3 なぜSAR偏波計？

### シングル偏波対デュアル/全偏波：地被解析の例

- 周波数の選択と偏波の選択が最重要
- NASA/JPL AirSAR
- P-バンド、L-バンドおよびC-バンド
- 偏波の組み合わせ
  - HH、VV, 位相情報の有無(位相差情報の重要性を検証するため)
- 対象：
  - 農作物分類

## 2-3 なぜSAR偏波計？

### シングル偏波対デュアル/全偏波：地被解析の例

- 分類

- 教師つき分類：地表参照マップからトレーニング領域を選択
- 全偏波成分、デュアル偏波成分、シングル偏波の比較
- 分類アルゴリズム：最尤法
  - ただし、偏波画像の分類ではガウス分布ではなく、ヴィッシャート分布
  - 距離の量：ヴィッシャート距離
- 正分類率：混同行列で評価

# 偏波計画像による作物分類; フレヴォランド(ドイツ)



オリジナルL-バンド カラー



オリジナル地表参照データ



トレーニング セット

- |                                                                                       |        |                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|   | 莖豆     |   | ビーツ |
|  | 森林     |  | 菜種  |
|  | ジャガイ   |  | 豆類  |
|  | 雁一サン乾草 |  | 草地  |
|  | 小麦     |  | 水   |
|  | 裸地     |                                                                                       |     |

# 全偏波による作物分類：波長による依存性



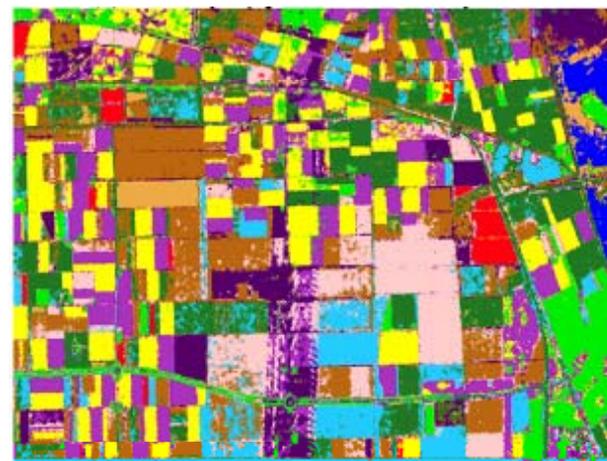
C-バンド



L-バンド



P-バンド



P-, L, C-バンドの組み合わせ

## 全偏波による作物分類： 分類性能と波長による依存性

	全偏波分類性能 (%)	コメント
P-バンド	71.37	過剰浸透
L-バンド	81.65	適切
C-バンド	66.53	十分な浸透パワーなし
P-,L-,および C-バンドの組み 合わせ	91.21	多重周波数偏波 SARの必要性！

# デュアル偏波による作物分類:L-バンド

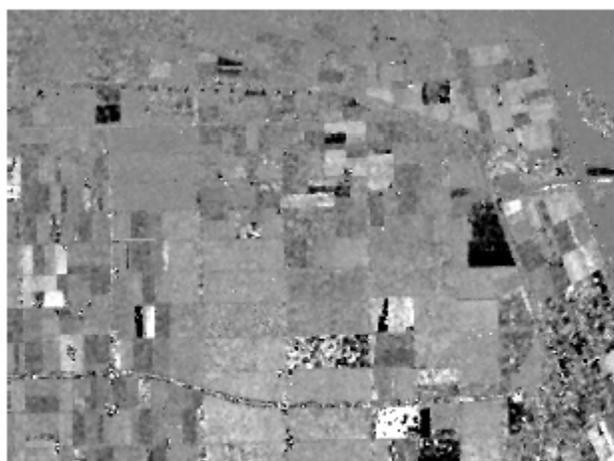
偏波の組み合わせ:L-バンド HHとVV、  
位相差の有無



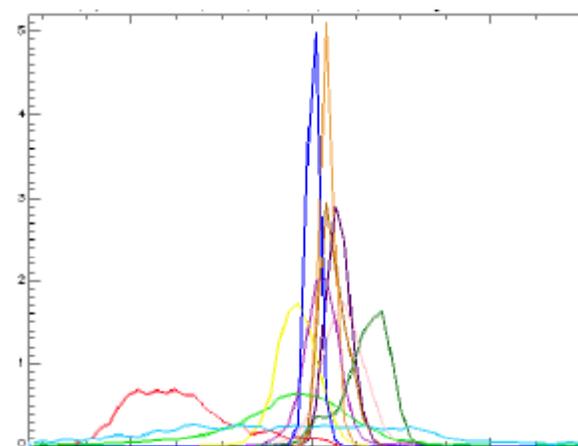
L-バンド複素HHとVV



L-バンド  $|HH|^2$ と  $|VV|^2$



HHとVV間の位相差



各クラスの位相差

# デュアル偏波の場合の作物分類 総合正分類率

	L-バンドによる作物分類の性能比較) J.S.Lee							
	全偏波	複素HH,HV	強度HH,HV	複素HV,VV	強度HV, VV	複素VV,HV	強度VV, HV	
莖豆	95.32	51.16	63.27	90.64	61.73	35.97	31.29	
森林	81.07	66.73	68.39	75.75	33.83	60.05	60.91	
ポテト	82.89	67.53	66.36	81.52	49.35	54.4	59.15	
ルセルン	97.91	39.29	38.23	99.26	65.15	67.49	65.3	
小麦	64.8	49.77	44.27	68.02	53.72	49.43	41.65	
裸地	99.36	90.04	82.86	98.42	93.15	90.93	63.74	
ビーツ	89.26	68.8	66.36	86.22	81.98	75.94	74.77	
菜種	89.05	55.01	53.23	87.18	49.85	82.31	77.12	
豆	86.47	50.77	39.25	84.59	65.21	81.82	79.59	
草	91.05	66.44	65.06	90.13	71.08	75.36	75.19	
水	100	90.39	87.33	100	99.86	96.3	70.53	
トータル	81.63	59.16	55.38	80.91	56.35	64.72	60.12	

## 作物分類のまとめ

- L-バンドはP-バンドやC-バンドよりよい。
- コヒーレンス(位相差情報を含む)デュアル偏波のHHとVVは全偏波を利用した場合と同程度の精度をもつ

# SAR偏波計の応用開発の条件

