

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月13日現在

機関番号：82645
研究種目：若手研究(B)
研究期間：平成23年度～平成24年度
課題番号：23760378
研究課題名（和文） バイスタティック・レーダポーラリメトリによる物理量推定の研究
研究課題名（英文） Research on estimation of physical parameters by bistatic radar polarimetry
研究代表者 福田盛介 (FUKUDA SEISUKE) 独立行政法人宇宙航空研究開発・宇宙科学研究所・准教授 研究者番号：50332151

研究成果の概要（和文）：本研究は、レーダリモートセンシングにおいて、偏波情報を徹底的に活用するポーラリメトリ観測と、送受信のアンテナを分離して多様な入反射角のジオメトリを実現するバイスタティック観測の融合を目指したものであり、その好適なパイロット実験として、GPS 衛星等の送出電波を用いる GNSS reflectometry に、偏波観測のコンセプトを導入する新たな着想の研究を実施した。

研究成果の概要（英文）：This research aims at combining polarimetry which thoroughly utilizes polarimetric information with bistatic observation using separate transmitting and receiving antennas in radar remote sensing. As appropriate pilot experiments for the bistatic polarimetry, a kind of polarimetric observation has been introduced to some works of GNSS reflectometry.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：リモートセンシング、バイスタティックレーダ、GNSS-R、偏波、GPS

1. 研究開始当初の背景

レーダを用いたマイクロ波リモートセンシングは、地球環境問題に対する世論の高まりや災害対策の急務性などから、大きな注目を集めている。例えば、マイクロ波を用いた能動型の画像センサである合成開口レーダ (Synthetic Aperture Radar; SAR) は、多岐に亘る地球観測センサの中でも、全天候性 (雲域の透過)・全時間性の観点から、主幹的な位置づけがなされており、日本においても、JERS-1 (ふよう) や ALOS (だいち) といった地球観測衛星に搭載され、積極的な研究・利用が進められている。

現在、レーダリモートセンシングの分野では、観測手法における二つの大きな技術トレンドが存在する。一つは直交二偏波を送受組み合わせ合わせて観測することにより、ターゲットで発生する散乱の完全なベクトル偏波情報を取得するポーラリメトリ観測、もう一つは送受信のアンテナを分離し、後方散乱に留まらない多様な入反射角のジオメトリを実現するバイスタティック観測である。

ポーラリメトリックな送受信機能は、昨今、航空機 SAR はもとより、わが国の「だいち」をはじめとする地球観測衛星に具備され始めており、それらが取得したデータに固有値

解析,あるいは散乱モデルによる電力分解などを施すことによる,ターゲット解析手法の研究が広く行われている。

一方,バイスタティック観測については,本質的に複数のプラットフォームを要する関係上,衛星のフォーメーションフライトなどの技術的課題が多く,実現へのハードルはより高いものがある。しかしながら,昨今,ドイツ DLR の二衛星 TerraSAR-X/TanDEM-X が,史上初の本格的な衛星バイスタティック観測を成功させたように,バイスタティック及びマルチスタティックコンフィギュレーションは,近い将来,レーダリモートセンシングの重要な選択肢となるポテンシャルを有している。

2. 研究の目的

1で述べたような背景を踏まえ,本研究は,ポーラリメトリとバイスタティック観測を融合し,レーダ観測の新たなステージを切り拓くことをねらうものである。すなわち,ターゲットの物理量抽出というリモートセンシングの本質的課題に,バイスタティック・ポーラリメトリという新たなツールを導入することが重要なテーマである。

しかしながら,例えば衛星バイスタティック観測を実施するため,複数衛星を専用打ち上げることのコスト的な敷居がまだまだ高い現状においては,既存の大型衛星に送信を担わせ,周囲に受信専用の小型衛星を配置するようなシステムが有望である。小型衛星技術は急速な進歩を遂げており,SARの受信専用衛星は十分にその守備範囲となっている。似たようなアイデアとしては,GPSに代表されるGNSS(Global Navigation Satellite Systems)衛星の送出電波の地面/海面での反射成分から,ターゲット情報の抽出を試みる,いわゆるGNSS reflectometry (GNSS-R)が挙げられ,これにポーラリメトリックなコンセプトを加えることにより,物理量抽出のための新たな手法を検討する。

また,低リソースな小型衛星ミッションへの展開を視野に,送信側が単一偏波の状況下で,パルス繰り返し周波数(Pulse Repetition Frequency; PRF)の倍加を防ぎつつ,偏波ベクトルを推定する,いわゆる「コンパクトポーラリメトリ」技術との関係等も意識・整理しつつ,研究を遂行する。

3. 研究の方法

(1) バイスタティック・ポーラリメトリによる物理量推定という課題に対し,モデル化やシミュレーションによるアプローチと並行して,GPS衛星が送出するL1信号(1575.42MHz)を用いた,バイスタティック・ポーラリメトリのパイロット実験を行った。測定対象として,研究棟の屋上に2m四方の

木枠で囲まれた土壌架台(図1)を構築し,また,裸土(bare soil)に比して,偏波情報の活用が大きなメリットを供すると考えられる植生のある土壌面(vegetated soil)をテンポラリに模擬できるように,人工草などを実験環境に導入するなどした(図2)。



図1 土壌架台



図2 植生を模擬する人工草

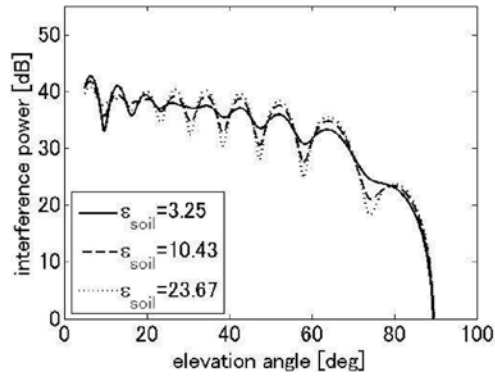
(2) GPS反射波の偏波状態の推定,例えば電力測定によるストークスパラメータの取得には,水平・垂直・45度・135度の直線偏波と,左旋・右旋円偏波の6通りの偏波での測定データが必要となる。本来,同時測定が理想であるが,(1)で示した土壌土台に対し,6種の1.5GHz帯受信アンテナを配置することはスペース的に困難である。そこで,本研究では,アンテナの回転とスイッチ切り替えにより,これら6種の偏波測定が可能なGPS L1帯のショートバックファイア(SBF)アンテナを新たに開発した(図3)。これは,直線偏波計測時には,図3の中心部の直線アンテナを水平・垂直・45度・135度の任意の角度に回転させて使用する。また,円偏波計測時には,直交する2つの直線アンテナ出力を,90度位相ハイブリッド合成することにより,右旋・左旋円偏波出力を得るものである。



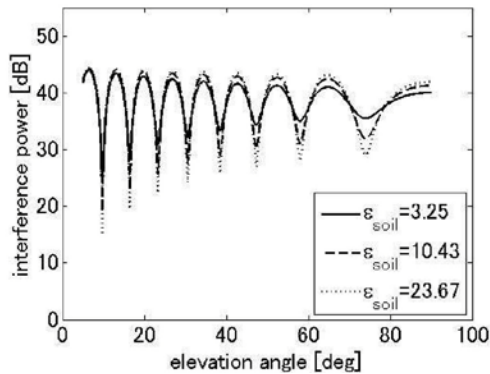
図3 GPS L1 帯多偏波 SBF アンテナ

4. 研究成果

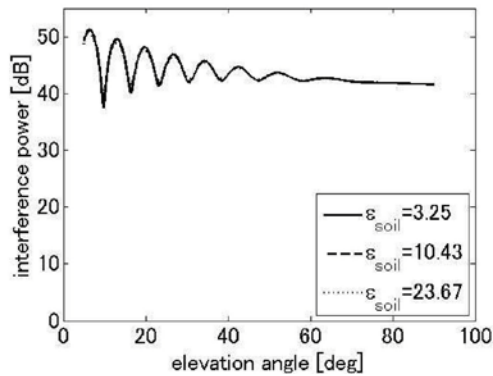
(1) GNSS-R の分野で主流である、GPS の直接波と反射波の干渉パターンを、直線垂直 (V)、水平 (H)、右旋 (R) の各アンテナで受信するコンフィギュレーションについて、植生を想定した多重散乱環境のシミュレーションを実施して、土壌水分に対する応答を確認するとともに (図 4)、実際のパイロット実験でデータを取得し、干渉パターンの振幅 (ブリュースタ角の効果を含む) や高周波成分と、植生量との関係等を検討した (図 5)。



(a) V 偏波

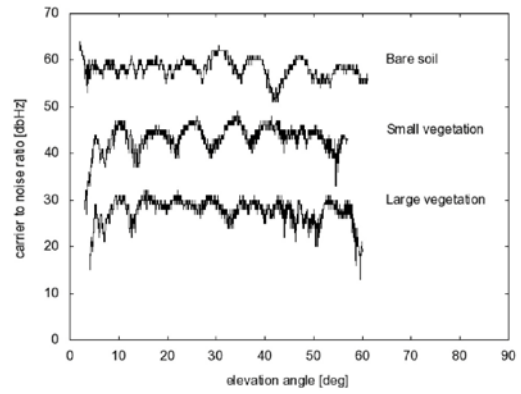


(b) H 偏波

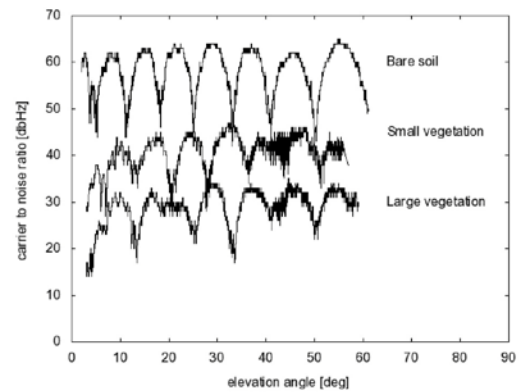


(c) R 偏波

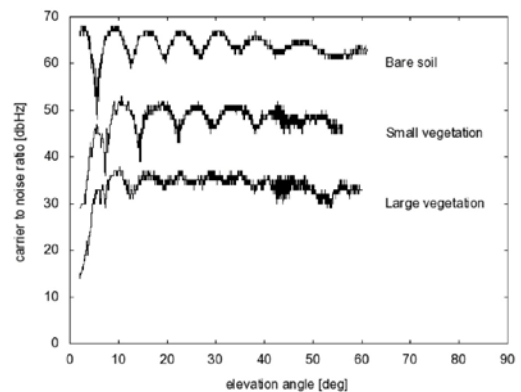
図 4 干渉パターンのシミュレーション結果例



(a) V 偏波



(b) H 偏波



(c) R 偏波

図 5 干渉パターンの実測例

(2) パイロット実験の環境において、植生の高さや受信アンテナの角度を変化させた種々のケースに対し、3の(2)で示した SBF アンテナを用いた 6 種偏波の受信電力を測定し、ストークスパラメータの推定を行った。これにより、偏波度 (Degree of Polarization; DoP) とバイスタティック・コンフィギュレーション (図 6)、及び植生量への依存性を調査するとともに、将来の小型衛星ミッション等を見据えた低リソース化検討として、2 偏波電力からの DoP 推定に着目し、推定精度の評価等を行った。

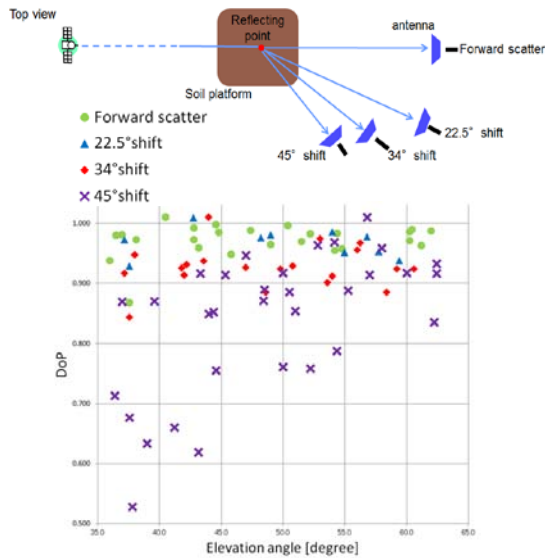


図4 電力測定による推定ストークスパラメータから求めた DoP とバイスタティック・コンフィギュレーションの関係 (例)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 5 件)

- ① 加藤竜太, 齋藤宏文, 福田盛介, “GPS 信号地表反射波の偏波特性を利用したリモートセンシングの実験的評価,” 電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス (SANE) 研究会, 2011 年 5 月 20 日, 神奈川.
- ② R. Kato, H. Saito, and S. Fukuda, “Experimental study for GNSS-R polarimetry,” 2011 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2011), July 26, 2011, Vancouver, Canada.
- ③ 加藤竜太, 江川光, 齋藤宏文, 福田盛介, “GPS 地表反射波を用いたリモートセンシングにおける偏波情報を考慮した実験的評価,” 電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス (SANE) 研究会, 2012 年 5 月 18 日, 神奈川.
- ④ 江川光, 齋藤宏文, 福田盛介, “バイスタティックレーダに向けた GPS 反射波を用いた偏波情報計測の実験的評価,” 電子情報通信学会総合大会, 2013 年 3 月 20 日, 岐阜.
- ⑤ H. Egawa, H. Saito, and S. Fukuda, “Experimental evaluations of polarimetric observation for bistatic radar using GPS reflected signals,”

4th Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR 2013), Sept., 2013, Tsukuba. (accepted)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福田盛介 (FUKUDA SEISUKE)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・

宇宙科学研究所・准教授

研究者番号: 50332151

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

齋藤宏文 (SAITO HIROBUMI)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・

宇宙科学研究所・教授

加藤竜太 (RYUTA KATO)

東京大学・大学院工学系研究科・

修士課程学生 (平成 23 年度)

江川光 (HIKARU EGAWA)

東京大学・大学院工学系研究科・

修士課程学生 (平成 23~24 年度)