ALOS/PALSARを用いたモンゴル環境計測

東北大学　東北アジア研究センター　　草野　駿一

1.　はじめに

2006年1月、日本の陸域観測衛星であるALOS (Advanced Land Observation Satellite) が打ち上げられた。ALOSは偏波情報を利用するポラリメトリックSARであるPALSAR (Phased Array L-band SAR) を搭載している。PALSARは現在フルポラリメトリ計測が可能な世界で唯一の衛星搭載型ポラリメトリックSARであり、今後の働きに大きな期待が寄せられている (1)。

本稿ではモンゴルにおけるPALSAR観測データを紹介し、ポラリメトリックSARで得られる地表面に関する情報を紹介する。

2.　偏波とPALSAR

ポラリメトリックSARは、リモートセンシングに用いられるセンサの一つであり、電磁波の偏波を利用した観測を行う。偏波とは、光で言う偏光のことであり、PALSARは垂直偏波、水平偏波の送受信により4偏波（フルポラリメトリ）を観測する。それぞれ英語の頭文字をとりV偏波、H偏波と呼ばれ、H偏波送信、V偏波受信の場合はVHと呼ばれる。フルポラリメトリ計測により、単一偏波よりも多くの情報を得ることができ、それらを解析することで地表面パラメータの定量的な推定が可能となる。

ALOSに搭載されているPALSARは、世界初のフルポラリメトリック計測が可能な衛星搭載型LバンドSARである。運用周波数は1.27GHzであり、波長は約23cmである。一方でPALSARには偏波校正が不可欠であり、そのためにJAXAにより偏波校正検証チーム (CVST) が組織された。私たちはCVSTとしてモンゴルで校正実験を行った。これに際し、モンゴル科学アカデミーとも共同研究おり、校正実験を共同で行った。

3.　モンゴルにおけるPALSAR観測データ

モンゴルの観測は2006年5月25日、8月25日に行われた。図1に観測データ範囲を示す。5月、8月ともに14シーンの観測が行われ、その範囲はほとんど重なっている。南はゴビ砂漠の北、北はロシアのバイカル湖東までの観測がなされ、砂漠、都市域、山地などバリエーションに富む地表面の観測がなされた。

図 1: PALSAR観測データ範囲

1)　偏波情報

図2にウランバートル市街地の航空写真とPALSARカラー合成画像を示す。この画像は(HH+VV)/2、(HV+VH)/2、(HH+VV)/2の三成分の強度を、それぞれ赤、緑、青の三色に対応させ、重ね合わせたものである。それぞれの成分は、二面構造体からの散乱を示す二回反射、木の枝などのランダムな向きをもつワイヤの集合からの散乱を示す体積散乱、滑らかな面からの散乱を示す表面散乱を表している。図2から、実際の地表面の様子と、合成画像を比較すると、図の右上のあたりでは建物が密集しており、このような場所では、壁面と地面からの二回反射、壁面や屋根からの表面散乱が支配的であり、合成画像で同場所は紫 (赤と青) で示されている。また図の中央右には裸地が広がっており、合成画像の同場所では、表面散乱を示す青が見られる。そして下部には他の地域よりも木が多く生えており、ランダムな方向に伸びる枝による体積散乱が合成画像では緑色で示されている。このように、地表面の様子をレーダ合成画像で良く捉えていることがわかり、PALSARにより地表面の空間的な把握が容易にできる。

2)　時間変化の検出

次に、モンゴルから北に40kmほどの地域の光学写真と、5月、8月に取得された同地域のPALSARカラー合成画像を図3に示す。光学写真からわかるようにこの地域は畑である。5月では画

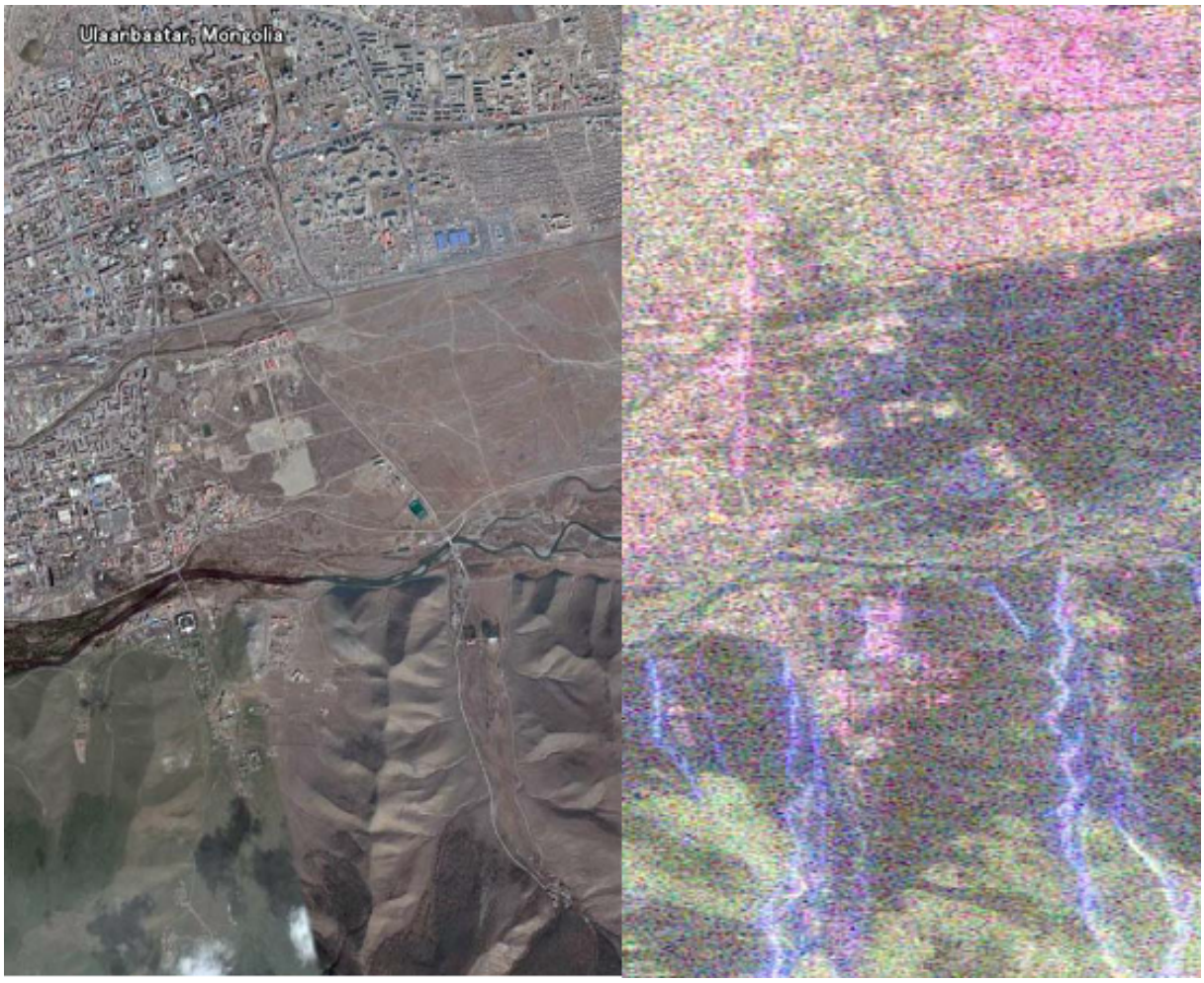

図 2: ウランバートル市街　左:光学写真　右:Pauli 分解による PALSAR カラー合成画像

像の中心部は暗いが、8 月では同じ場所で緑色、すなわち植生からの反射が強く見られる。航空写真で見られる畑の形と、8 月の合成画像で反射が強い場所の形が良く一致することから、この反射は畑の作物からのものであると推定される。このことから PALSAR によって 5 月に取得されたデータと、8 月に取得されたデータを比べることで、地表面状態の時間変化を容易に把握できる。

これまで、PALSAR による地表面の時空間変化を観察した。PALSAR で観測する偏波情報は、地表面の形状や、誘電率、植生などに影響を受けるから、受信データはそれらの情報を含んでいる。従って受信データに適切な解析を行うことでそれらの情報を定量的に抽出できる可能性がある。以下では例として、偏波 SAR による地表傾斜推定と土壌水分率推定を紹介する。

3)　傾斜推定

偏波 SAR データを解析することで得られるパラメータの一つにオリエンテーションアングルシフト θ と呼ばれるものがあり、それは以下の式で表される (2)。

$$\tan\theta = \frac{-\tan\omega}{-\tan\gamma\cos\phi + \sin\phi}$$

ここで ω はアジマス方向の斜度、γ はレンジ方向の斜度、ϕ はマイクロ波入射角である。このことから、オリエンテーションアングルシフトは地形に大きく影響されることがわかる。解析によって得られたオリエンテーションアングルシフト θ を図 4 に示す。図の地域は、ウランバートルから北に 20km ほどの山間部であり、複雑な地形をしている。光学写真とオリエンテーションアングルシフトを比べると、地形に応じてオリエンテーションアングルシフトも規則的に変化している様子がわかる。このことから、偏波情報を用いて地形の

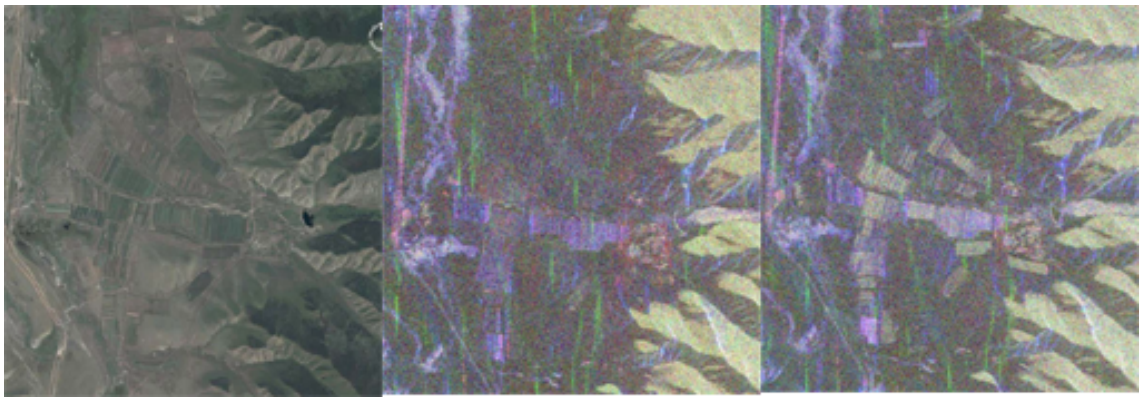

図 3: ウランバートル北の畑　上:光学写真　左下:5 月に取得された PALSAR カラー合成画像　右下:8 月に取得された PALSAR カラー合成画像

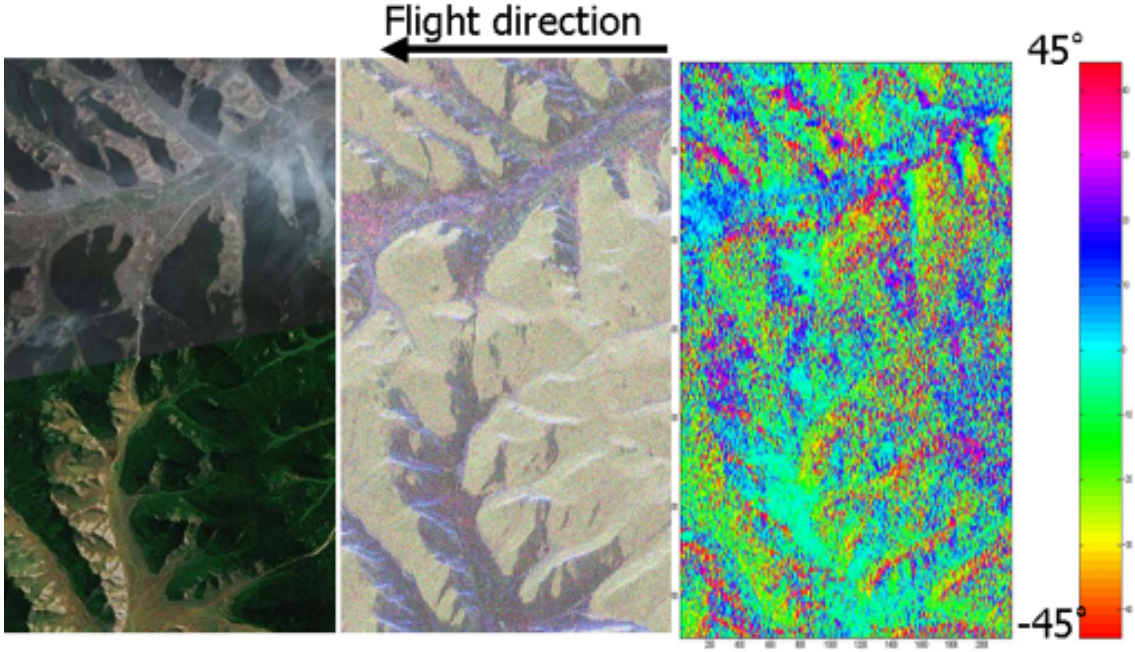

図 4: ウランバートル北の山間部　左:光学写真　中:PALSAR カラー合成画像　右:オリエンテーションアングルシフト

変化を定量的に推定できる可能性があることがわかる。

4)　土壌水分率推定

また、偏波を解析することで土壌水分率の推定を行う研究も盛んに行われており、様々な手法が提案されている。そのうちの一手法 (3) により推定された土壌水分率を図 5 に示す。図は仙台市東部の海岸に近い蒲生地区の水田地域である。図で黒く塗りつぶされている箇所は、この手法を適用できない散乱状態となっているため、黒でマスクをしている。図 5 を見てわかるように、マスクされている部分は多い。現在提案されている手法では、良い精度で水分率の推定を行えるものもあるが、誘電率、植生、表面粗さなどの面で適用範囲に制限がある。我々は PALSAR 観測と同期して、地中レーダ (GPR) による深度 20m までの地下水計測、TDR による土壌誘電率の計測を行っている。GPR では地中に電磁波を送信し、誘電率の違う層からの反射を見る。これにより地下水の深さ、分布を調べることが出来る。これらのデータを PALSAR によって推定された土壌水分率と比較し、その手法の評価を行う予定である。

謝辞

本研究で利用している PALSAR データは独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) より、Pi-SAR データは JAXA と独立行政法人情報通信研

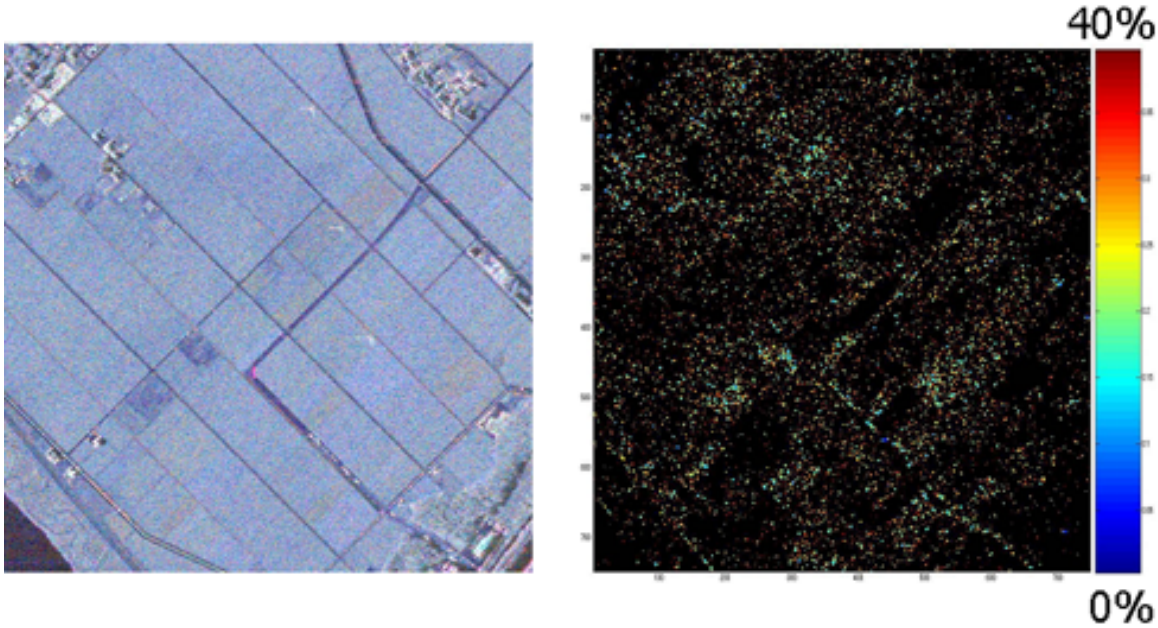

図 5: 仙台東部蒲生地区の水田　左:Pauli 分解によるカラー合成画像　右:土壌水分率推定値

究機構 (NiCT) より提供していただいている。
キーワード：偏波、PALSAR、土壌水分率

参考文献

[1] JAXA ホームページ, http://alos.jaxa.jp/

[2] Jong-Sen Lee, ”Polarimetric SAR Data Compensation for Terrain Azimuth Slope Variation”, IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, Vol.38, No.5, September 2000, pp2153-2163

[3] Irena Hajnsek,”Inversion of Surface Parameters From Polarimetric SAR”,IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, Vol.41,No.4, April 2003, pp727-744