

1. 合成開口レーダ（SAR）の散乱

高度数百 km 上空を巡回する人工衛星に搭載された SAR は、マイクロ波（電波の一種）を地表に向けて斜め下方向に照射し、反射して戻ってきたマイクロ波を高い分解能で観測する。SAR による観測では、後方散乱強度・位相・偏波の 3 種類の情報を取得するが、本章では後方散乱強度に関する 4 種類の散乱について解説する^{3)、4)、5)}。

1.1 後方散乱

SAR から照射されたマイクロ波は、地表面で地面・森林・建物等の地物に衝突した後に様々な方向に散乱する。このうち、マイクロ波の照射方向に向かって発生した散乱だけが衛星によって観測できる反射波となる。マイクロ波の照射された向きに対して後方への散乱であることから、この反射波は「後方散乱 (backscatter)」と呼ばれる。

この後方散乱の強さを色階調に割り当て、強くなるほど明るく、弱くなるほど暗くなるように可視化すると「SAR 強度画像」となる。

後方散乱が強く発生しやすい場所としては凹凸に富み、様々な方向に散乱が発生しやすい形状が挙げられる。

【後方散乱】

地表面で発生する散乱のうち、マイクロ波の照射方向に対して後ろ向きに発生する散乱。

後方散乱は凹凸に富んだ形状の場所で強く発生するが、対象物の構造や向きにより強さは異なる。

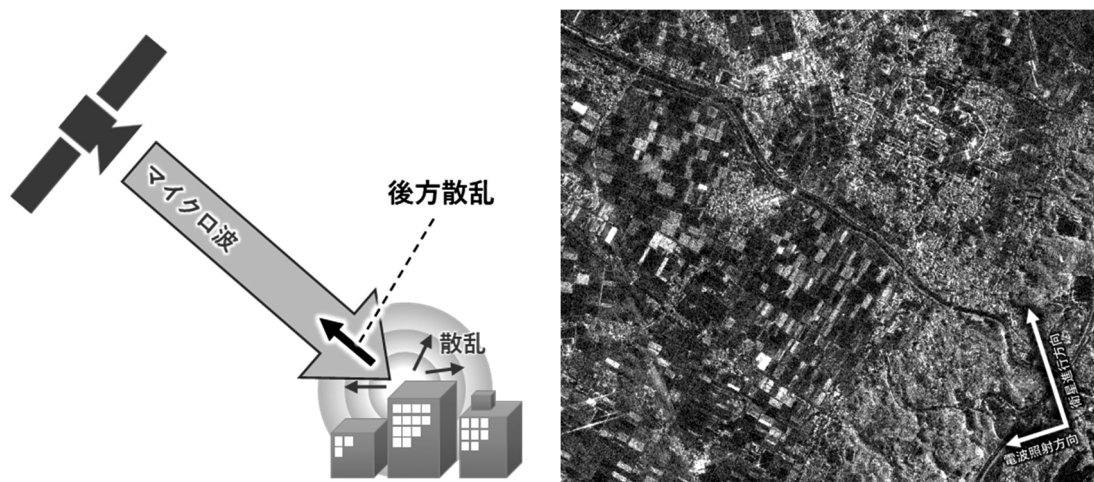


図-1.1 後方散乱の概念（左）および後方散乱を示す SAR 強度画像の例（右）

1.2 前方散乱

起伏のない平坦な地物に対して SAR からマイクロ波を照射すると、鏡面反射によってマイクロ波の照射方向に散乱が強くなり、後方散乱が得られない。マイクロ波の照射された向きに散乱することから、「前方散乱」と呼ばれる。

湖沼・大規模河川など波の立たない静水面や、駐車場、運動場、大規模建築物の平屋根などにおいて前方散乱が強くなり、これらの平らな地物からは反射波を観測することができないため、前方散乱が強く発生する場所は SAR 強度画像上で暗い領域として表現される。

【前方散乱】

地表面で発生する散乱のうち、マイクロ波の照射方向に発生する散乱。
起伏のない平地では鏡面反射によって前方散乱が強くなる。

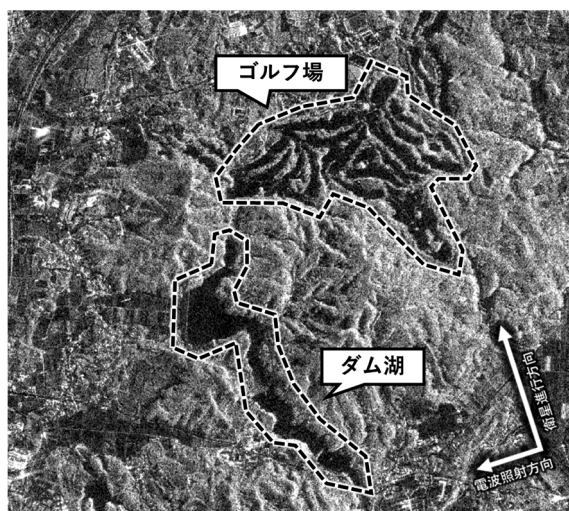
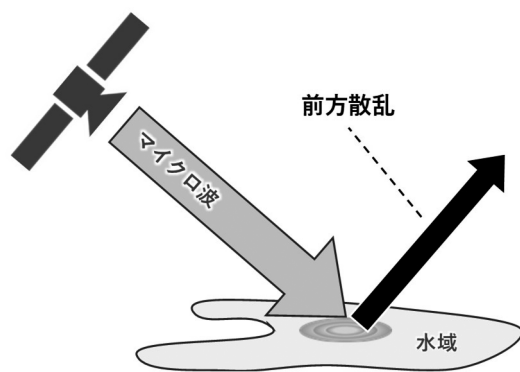


図-1.2 前方散乱の概念（左）および前方散乱を示す SAR 強度画像の例（右）

1.3 2回散乱

SAR からマイクロ波を照射した方向に正対する向きで建築物など垂直に地物が立っている場合、地表面と壁面で2回の反射が発生し、マイクロ波の照射方向に向かって折り返して強い反射波が発生する。このように対象物による後方散乱に加えて、後方散乱が非常に強くなることを「2回散乱」という。

SAR 強度画像において2回散乱が発生した場所は強い後方散乱によって非常に明るい色の領域として示される。

【2回散乱】

地面で反射した前方散乱がマイクロ波の照射方向に正対する構造物によって再び反射した散乱。

極めて強い後方散乱として観測される。

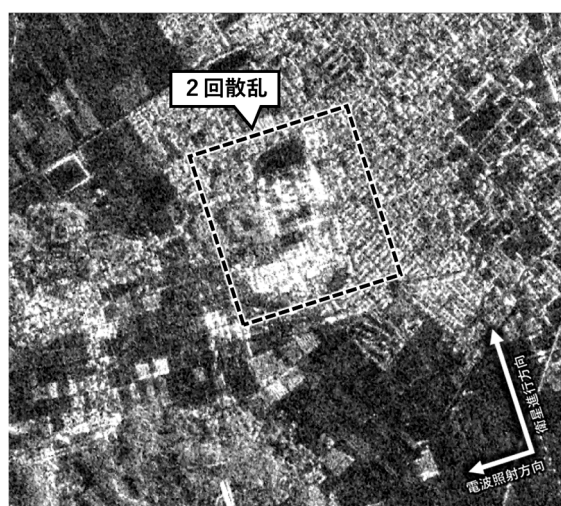
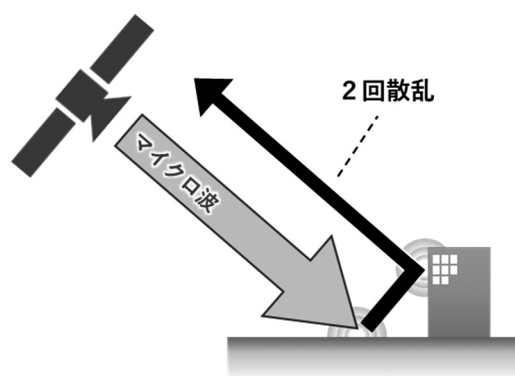


図-1.3 2回散乱の概念（左）および2回散乱を示す SAR 強度画像の例（右）

1.4 体積散乱

樹木・植物など、枝や葉が入り組んだ複雑な立体構造を持つ地物では、立体構造内であらゆる方向に散乱が発生する。このような散乱形態を「体積散乱」と呼ぶ。

通常の散乱と違う点として、立体構造の中をマイクロ波が通り抜けながら様々な場所で反射した結果、全方位に対して散乱が発生するため、一様な面での反射に比べるとぼやけた散乱状況となる。また、地形効果を除けば、異なる方向から照射されても後方散乱の強さにあまり変化が見られない。

【体積散乱】

複雑な立体構造の中をマイクロ波が通り抜けながら様々な場所で反射した散乱。

体積散乱は構造物と比べると後方散乱の強度は低く、ぼやけたように視認される。

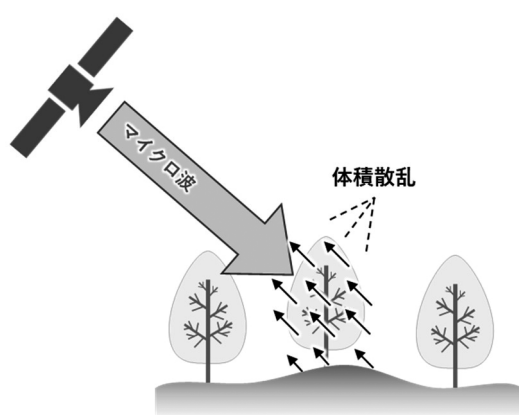


図-1.4 体積散乱の概念（左）および体積散乱を示す SAR 強度画像の例（右）

1.5 局所入射角との関係

散乱面の平滑度に加えて、後方散乱強度は散乱面に入射する角度（以下、「局所入射角」という。）に依存する。

図-1.5 に示すように、一般的に局所入射角が大きくなると後方散乱強度は小さくなる傾向がある。粗い散乱面と比較して、滑らかな散乱面に対しては局所入射角が大きく影響する。森林において卓越する体積散乱は、局所入射角に応じた後方散乱強度の変化が小さい⁶⁾。

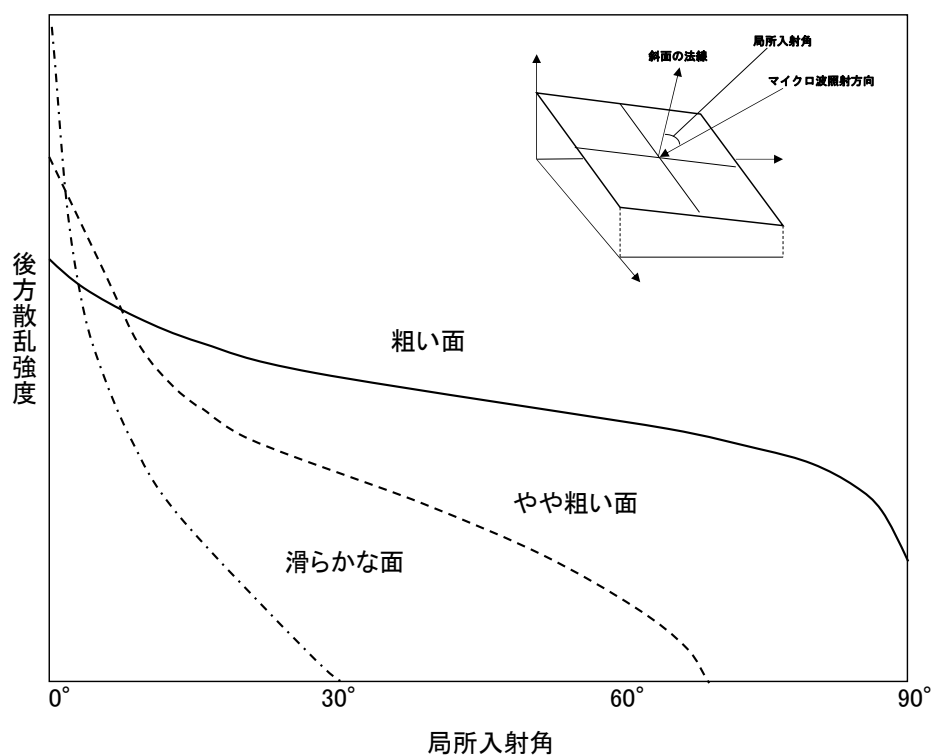


図-1.5 散乱面の粗さに対する後方散乱強度と入射角との関係