

衛星ふよりのSAR画像で何がわかるか

渡辺 一郎



はじめに

現在，日本を含む世界数カ国及び団体から地球観測衛星が打ち上げられています。これらの衛星の主要な目的は鉱物資源の探索と地球環境のモニタリングです。そのうち地球環境のモニタリングについては森林観測が最重要課題の一つとなっています。

ところで，森林観測には定期的な観測が必要ですが，実際には必ずしも実行されているわけではありません。それは，稼働中のほとんどの地球観測衛星のセンサー（光学センサー）は，雲の下の地表の様子を観測することができないためです。そして，衛星の回帰日数（同一地点を再観測するまでの日数）は最短でも二十日程度で，年間 20 回ほどの観測日が毎回必ず晴れるというわけではありません。森林観測には葉が十分に生い茂った夏の衛星データが必要となるのですが，年間一度も必要とする時期に観測できないことも決して珍しいことではありません。特に，雲がよくかかる山岳地帯では無視できない問題となっています（最近 10 年間観測不能な場所もあります）。

森林の定期的な観測を可能にするには，一つの手法として衛星の回帰日数を極端に短くする方法があります。またこれとは別に，雲そのものを透過して観測する手法もあります。今回紹介する衛星ふよりのSARというセンサーは，後者の手法を可能としたセンサーです。

ここでは，新型センサーであるSARの特徴について紹介するとともに，森林分野での活用方法について検討してみます。

SARとは？

1 観測システムの話 能動型センサー

まずSARというセンサーの名称ですが，これは Synthetic Aperture Radar の頭文字の略です（「サー」と呼びます）。和名はそのまま訳して「合成開口レーダー」といいます。1992年に打ち上げられた日本の衛星ふよう（JERS-1）とヨーロッパ

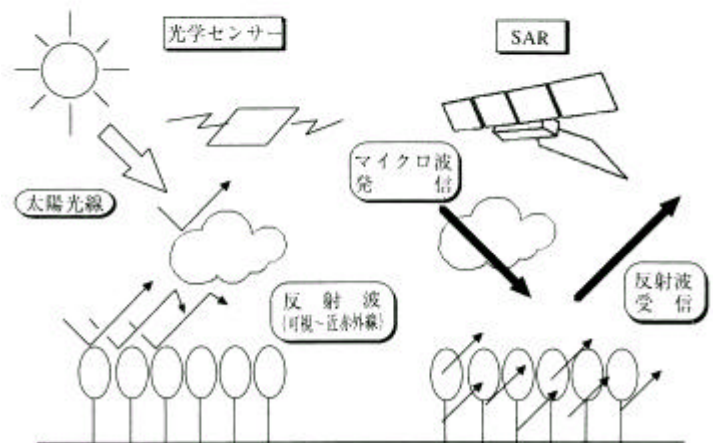


図 - 1 光学センサーとSARの観測模式図

の衛星（EERS-1）に搭載されています。このSARは、これまで開発されてきた主に光学センサーと呼ばれるもの（例えばアメリカの地球観測衛星LANSATのTM，NOAAのAVHRR等）とは違った特徴を持っています。その一つは能動性です。図-1に光学センサーとSARの観測模式図を示しています。イラスト左側の光学センサーが太陽を放射源としてその反射波（可視～近赤外線）を観測対象としている「受動型センサー」であるのに対して、イラスト右側のSARは自らが放射源となりマイクロ波を発信し、その反射波を受信する「能動型センサー」です。その結果、光学センサーでは太陽光線強度の変化によって観測値が微妙に変化する

ので、異なる観測日間でのデータの直接比較ができなかった

ので、SARはいつも同質の観測値が得られるため直接比較が可能となりました。

2 観測波長の話 曇りの日も大丈夫

SARのもう一つの特徴で最大の利点としてあげられることは、晴天日はもちろんのこと曇天の日も観測可能という「全天候性」です。写真-1は千歳から苫小牧周辺をSARデータにより実際に画像化したものですが、雲一つありません。図-1のイラストでも触れているように、光学センサーは可視光線から近赤外線にかけての波長帯を観測対象としているため、雲を透過することができず、雲の下の様子を観測することはできません。ところが、SARが発信・受信しているマイクロ波は波長が長く（図-2）、雲を透過して地上部を観測できるため、観測が天候に左右されることがありません。ただ、気をつけなければならないことは、可視光線から近赤外線にかけての波長帯を観測している光学センサーとは大きく異なるため、観測内容がかなり違っていることです。

SARデータで何がわかるのか

図-1で示したとおり、光学センサーの観測対象としている可視から近赤外線の波長帯の反射波は林冠部で反射し、SARの観測対象としているマイクロ波の反射は林冠下部からも反射しています。これは可視から近赤外線の波長の光線は、大部分が葉によって吸収されたり反射されたりするからです。光学センサーでは、葉による吸収・反射率が樹種により異なる場合があること（図-3）を利用して

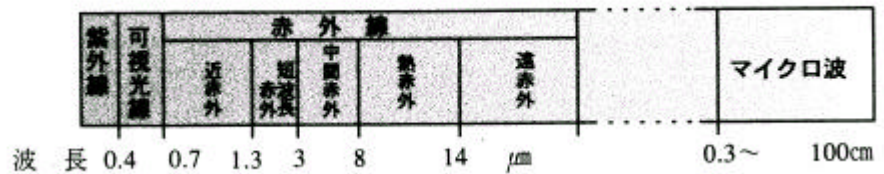


図-2 衛星リモートセンシングの観測波長帯

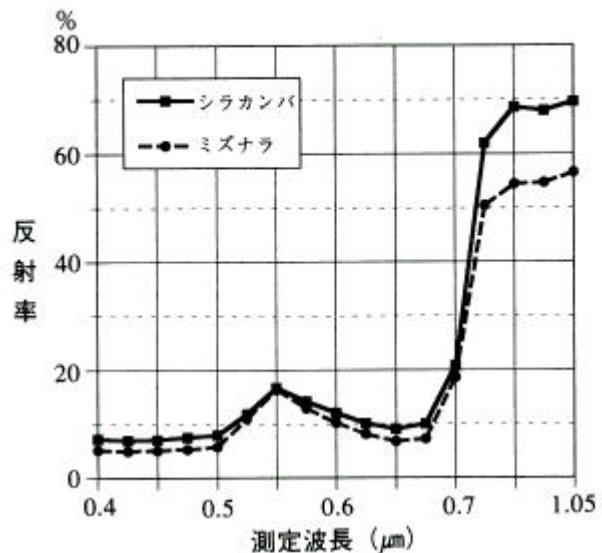


図-3 光学センサーによる葉の分光反射率特性

樹種分類などを行っています。それに対して、SARが発信するマイクロ波は雲のみならず葉も透過してしまう傾向があり、その反射波は幹や枝もしくは林床から反射するといった複雑な経路をたどってきているものと考えられています。

このようなマイクロ波の反射特性は物理量の推定、つまり森林の蓄積量の推定に適しているのではないかと考えられています。ここでは、写真 - 1 中央部にあたる苦小牧と恵庭の国有林を対象に、植栽年度とSAR画像上の輝度値（注の関係について調べてみました。図 - 4 がその結果です。エゾマツからトドマツ、カラマツ、そしてアカエゾマツへと植栽年度によって樹種が変化しているため同一樹種で調べる同一樹種で調べることはできませんでした。しかし、樹種が違っていても植栽年度が古くなるにつれ輝度値が高くなる傾向がみられました。これは林齢に関わる要素、例えば樹高とか直径、あるいはそれらの総体である蓄積が影響を与えているためだと考えられます。この点については、これから検討を重ねていく考えです。

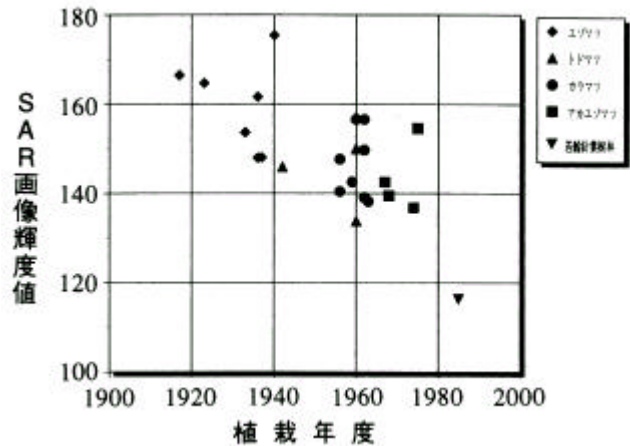


図 - 4 植栽年度とSAR画像輝度値の関係

光学センサーとSARを組み合わせると

これまで光学センサーとSARの違いに焦点を当てて説明してきました。全天候性という点では確かにSARが光学センサーに勝りますが、反面、写真 - 1 にみられるように水域と裸地が識別できない（両者とも黒色）など、SAR単独では苦しい一面があることも事実です。また、光学センサーにおいても、樹木がまだ開葉していない時期では森林域を明瞭に識別することは難しいといことがあります。そこで、この性格の異なる2種類のセンサーの良いところを組み合わせた合成画像の一例を紹介します。

写真 - 2 は、衛星ふよようにSARと共に搭載されている光学センサー（OPS）の4月のデータを用いた合成画像です。場所は、写真 - 1 と同じです。光学センサーデータの短波長赤外線線を赤色、可視光線を青色、そしてSARデータを緑色に割り振ってみました。画像上、青色に見えるのは雪、緑色に見えるのは森林、黒色部分は水域、赤っぽい部分がおおよそ裸地にあたります。この画像では、まずSAR単独では識別が難しかった裸地と水域の識別が明瞭になりました。また、この時期（4月）の光学センサーでは分かりづらい開葉前の落葉樹林が黄緑色で示され分かりやすくなりました。これは、SARが葉の反射に依存せずに幹などの反射を観測しているためだと考えられます。

おわりに

今回は、新型センサーSARについて光学センサーとの比較をとおしてその特徴をみてきま

した。SARの大きな特徴はマイクロ波を用いていることです。これにより「定期的な観測」が可能となり、また、光学センサーと組み合わせたりすることにより、新たな利用方法を開発していくことができます。

注)輝度地...コンピューターにより衛星画像を作成するときの画像上の明るさの単位。輝度地の階調は8ビットデータでは255(2⁸)になります。

(経営科)

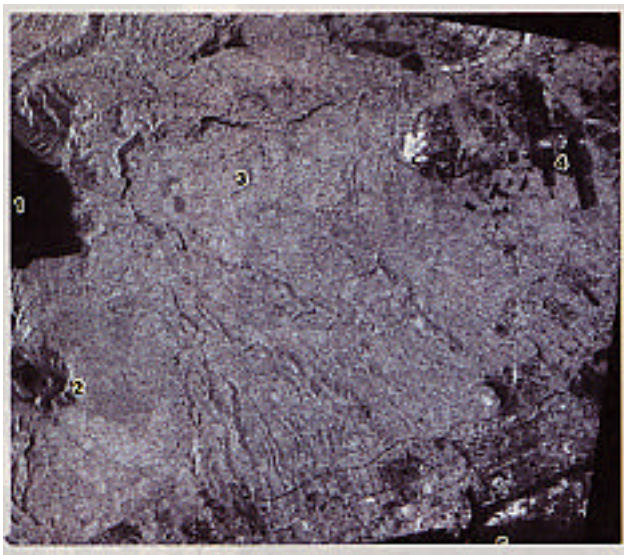


写真 - 1 SAR 画像

(1.支笏湖,2.樽前山,3.苫小牧・恵庭国有林,4.千歳空港,5.苫小牧西港)

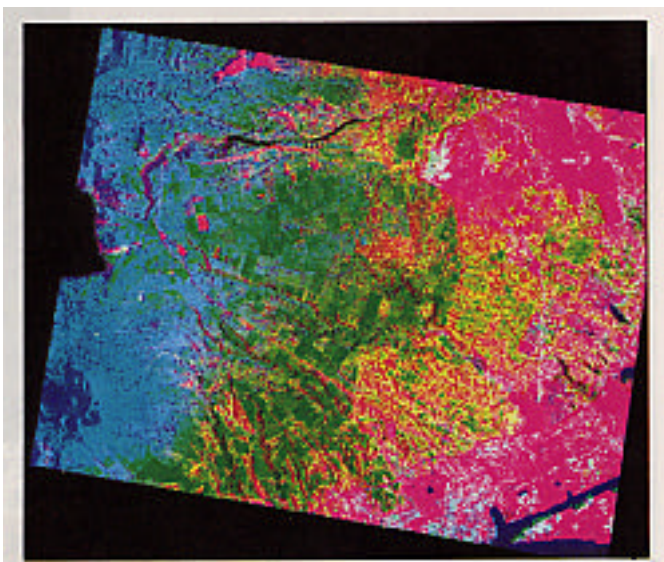


写真 - 2 衛星ふよりの2つのセンサー-SAR とOPS
(光学センサー)によるカラー合成画像