

リモートセンシングによる環境計測と評価

東京大学生産技術研究所 村井俊治

1. リモートセンシングの基本原理解

リモートセンシングとは、直接手に触れずに、対象物から反射または放射する電磁波のスペクトル特性を収集することにより、対象物の種類や、それがおかれている環境条件などを判読する技術である。

リモートセンシングでこのような判読を行うことを可能にしている根拠は、『すべての物体は、種類やそれがおかれている環境条件が異なると、ことごとく異なる電磁波のスペクトル特性を有する。』である。

しかしながら、航空機や人工衛星などの上空にあるプラットフォームにおいて、地表からの電磁スペクトルを収集する場合には、光源である太陽光、大気、センサの位置、性能などに大きな影響をうける。

そのため、リモートセンシングによる電磁スペクトルの測定およびそのデータ処理には、ハードウェアおよびソフトウェアともに高度な技術を必要とする。

図1は、リモートセンシングにおけるデータ収集の概念を示したものであり、式(1)は、センサに入力される電磁エネルギーを示している。

図2は、リモートセンシングにおけるデータの流れを示している。

$$L(\lambda) = K(\lambda) \left\{ T(\lambda, \theta, \phi, h) \left[\int N(\lambda, \phi, \phi_2) \rho(\lambda, \theta, \theta_2, \phi, \phi_2) \sin \phi_2 d\Omega \right. \right. \\ \left. \left. + B(\lambda, T) \epsilon(\lambda, \theta, \theta_2) \right] + \epsilon(\lambda, \theta, \theta_2, h) \right\} \quad \text{----- (1)}$$

$L(\lambda)$: 分光放射エネルギー

$B(\lambda, T)$: $T^\circ K$ の黒体放射

$K(\lambda)$: センサの分光特性

$\epsilon(\lambda)$: 分光放射率

$T(\lambda)$: 透過率

$\epsilon(\lambda)$: 大気からのパストディアン

$N(\lambda)$: 太陽光の分光放射エネルギー

λ : 波長

$\rho(\lambda)$: 対象物の分光放射率

h : 高度

θ, θ_2 : センサと対象物のなす角 ϕ, ϕ_2 : 太陽高度角, 方位

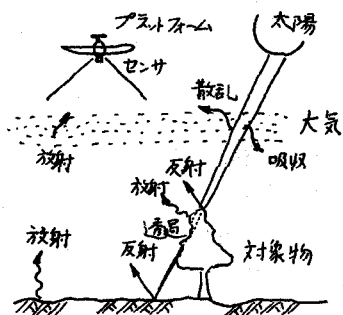


図1 センサに入力される電磁波

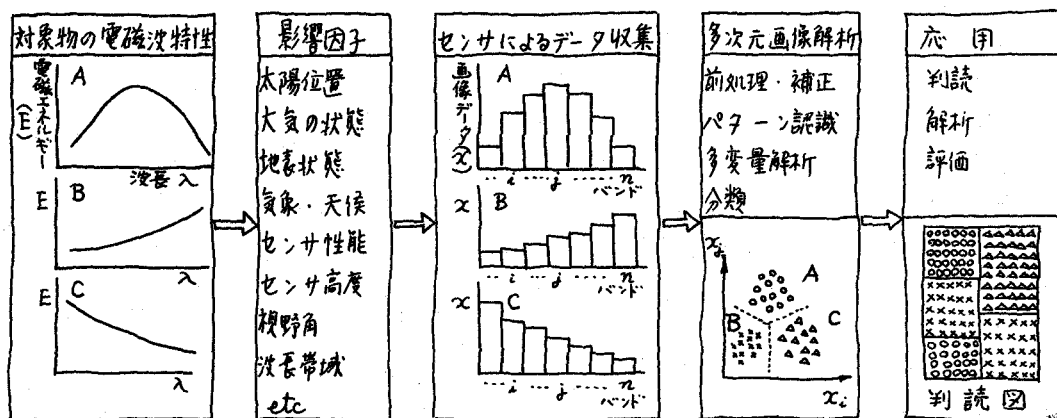


図2 リモートセンシングにおけるデータの流れ

2. リモートセンシングによる環境計測

2.1 リモートセンシングで取り扱われるスペクトル帯域とセンサ (図3参照)

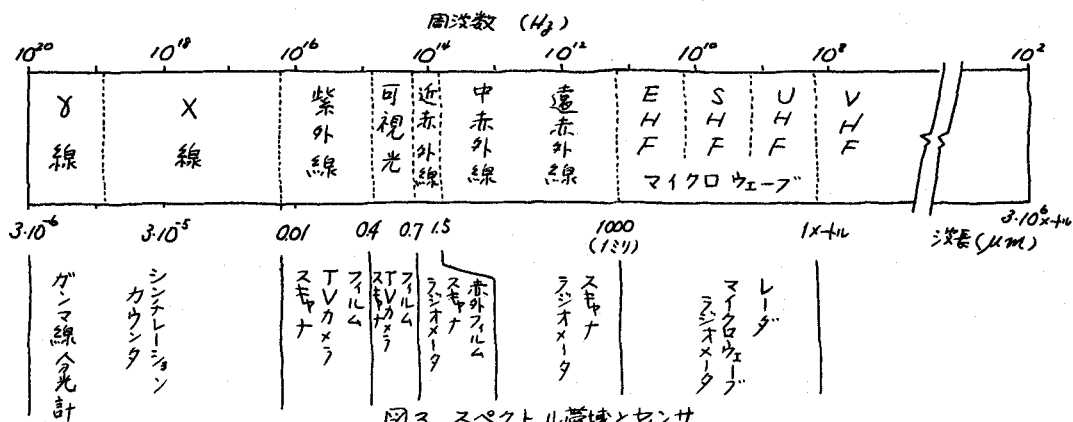


図3 スペクトル帯域とセンサ

2.2 リモートセンシングで計測可能な対象物の例 (図4)

対象	波長 (μm)										備考
	0.4	0.5	0.6	0.7	1.0	3.0	8.0	14.0	100	1000	
a. 水環境											
1. クロロフィル											クロロフィルの吸収バンド
2. 浮遊土砂											
3. 表面水温											
4. 赤潮											カラー写真
5. 波泥											スキャタロメータ
6. 工場廃棄物											物質による。
7. 石油											低空撮影が必要。
8. 浅い海色 (D<10m)											カラー写真にブルーカットフィルタ
b. 陸環境											
1. 植生											
2. 土地利用											
3. 地質 (線構造)											
4. 積雪											
5. 造成工事											
6. 市街地											
c. 大気環境											
1. 気象 (雲)											
2. 大気汚染 (スモッグ, 煙)											
3. エアロゾル											
4. 大気分子 O ₃ , H ₂ O, NO ₂ , HNO ₃											
CO											4.7 μm
CH ₄											8.0 μm
NH ₃											11.2 μm

3. リモートセンシングの長所と短所

リモートセンシングの長所

- (1) 広い地域環境に関するデータが容易に収集できる。
- (2) 短い時間内にデータ収集が可能である。
- (3) 面的な情報が得られる。
- (4) 面的に均質なデータが得られる。
- (5) 紫外線、可視光、赤外線に至る電磁スペクトル情報をとることができる。
- (6) 調査面積が大きい程、単位面積あたりの費用は安価になる。
- (7) 従来の地上調査方法では近接することが困難であったものの情報が得られる。
- (8) 多次元画像解析により、特殊な物体や現象をとることができる。
- (9) 数値化および自動化が可能である。
- (10) 人工衛星から地球規模の観測が可能である。

リモートセンシングの短所

- (1) 調査面積が小さい場合、単位面積あたりの費用が高価である。
- (2) 地上調査の併用が省けない。
- (3) 地上調査に比べて精度が落ちる。
- (4) 天候および気候の影響をうけ、任意の時の調査ができない。
- (5) 電磁スペクトルの情報以外のものは、他の知識、体験、資料などから類推しなければならない。
- (6) 大気による散乱などの影響と厳密に補正することが困難である。
- (7) センサおよび画像処理などのハードウェアが高価である。
- (8) 画像処理のソフトウェアの開発に労力がかかる。
- (9) データ量がきわめて多い。
- (10) 新しい評価基準が必要となる。

4. リモートセンシングからより多くの情報を得るには

- (1) より多くのスペクトル帯域に分光する。
- (2) より多くのステーションからリモートセンシングする。
- (3) より多くの異なる飛行高度からリモートセンシングする。
- (4) より多くの異なる日時のデータを収集する。
- (5) より多くの異なる偏波面の電磁波をとらえる。
- (6) より多くのエンハンスメントの画像処理を行う。
- (7) より多くの学問分野からの検討を行う。
- (8) より多くの異なる主題図に分解抽出する。

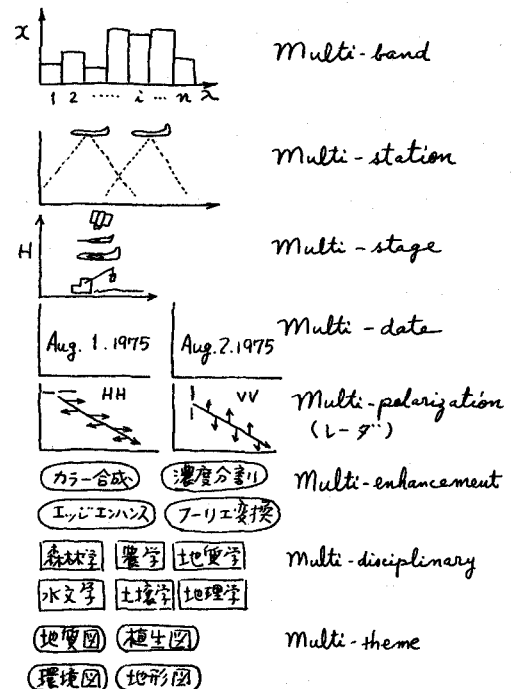


図5 リモートセンシングのもつ情報

5. リモートセンシングによる環境評価

5.1 新しい評価基準の必要性

- (1) リモートセンシングは、電磁波のスペクトル特性の側面から、環境の実態を捉えたデータを取り扱う。したがって、従来の地上調査法の代替的な調査方法としてリモートセンシングを利用することは、不適切である。
- (2) リモートセンシングによるデータを有効に利用するためには、リモートセンシングデータのもつ特質が生きるような、評価基準を作成する必要がある。
- (3) 新しい評価基準を作成する場合、リモートセンシングデータのもつ精度から見て、評価を決定する基準が、一つの値や線ではなく、幅のある境界である方が好ましい。
- (4) 現在の技術では、5段階評価または3段階評価などがよい。
- (5) リモートセンシングによる評価の成果を表現する方法は、面的な色表現がよい。この場合、地理的な位置がわかるような表現が不可欠である。
- (6) 成果を色表現する場合に、データの精度に応じて色に変化をもたし、たとえば、暖色系や寒色系の色系統のなかで、視覚的に全体の評価が可能であるように配慮する。
- (7) 可能な限り、新しい評価基準にそとずく評価の解釈が、従来の評価と関連づけるようにする。
- (8) 評価基準が一定して、季節や年月による変化の比較が可能であるようにする。

5.2 地球資源衛星のデジタル画像データを用いた首都圏の環境評価

地球資源衛星(LANDSAT)のデジタルデータを用いて首都圏の環境の実態を解析した例を紹介してみよう。解析にあたっては、5.1にのべられた考え方をとった。

- (1) LANDSATのデータの特質から、環境の実態を図6に示されるように、水、植物および無機物の3要素の組合わせで構成されていると考え、土地利用の実態を解析しようとした。
- (2) 環境の実態を色感覚上、水は青色、植物は緑色、無機物は赤色の三原色に対応させ、環境の実態を表わす色指標を確立する。
- (3) 水は赤外線による吸収、植物は赤のスペクトル領域におけるクロロフィルの吸収および赤外部の反射、無機物は赤のスペクトル領域の反射を利用して、色指標を定める。

図7は、LANDSAT データ用の土地利用色指標基準である。図8(スライド)はその応用例である。

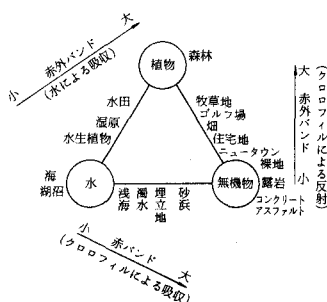


図6 三原要素による環境の表わし方

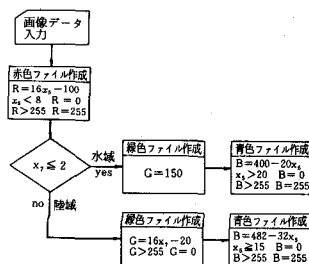


図7 LANDSATデータによる色指標の確立