

リモートセンシングとは

FiveQuestionZ合同会社代表
酪農学園大学特任研究員
小樽商科大学非常勤講師
北海道大学環境科学院
吉村 暢彦

- GPSとは？

- 衛星を用いて「位置」を記録するシステム

- GISとは？

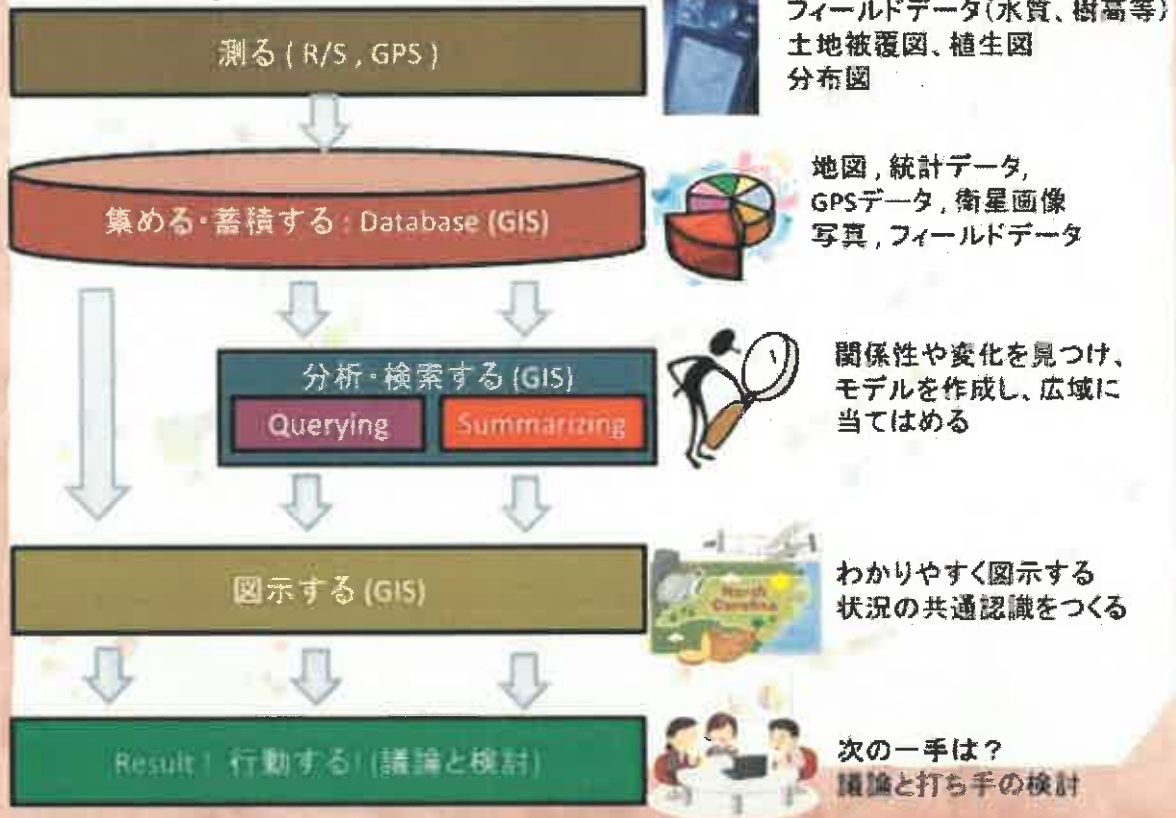
- 地図と、そこにあるものの属性を関連して管理・集計等を行うシステム

- リモートセンシングとは？

- 地上の状況を、上空、地上から、広く、複雑な対象地を効率的に計測する技術



役割 (GIS,R/S,GPS)



リモートセンシングとは？



離れた場所からモノを“測る”技術
ご使用になられたことがありますか？



離れた場所を計測するには 「間」をとるもつ何かが必要



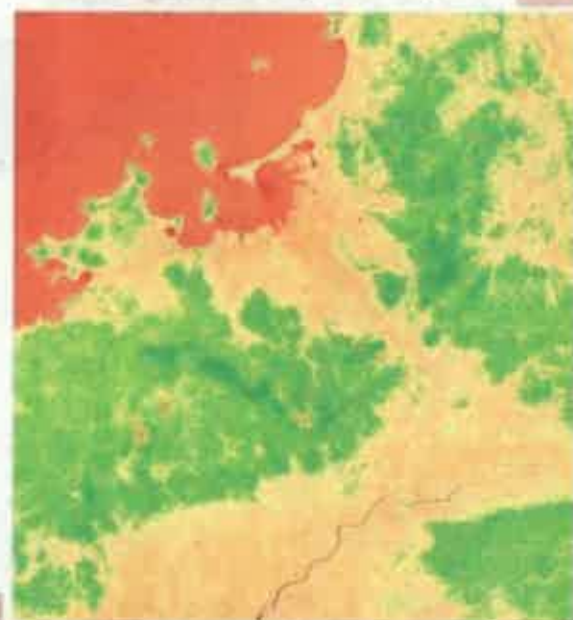
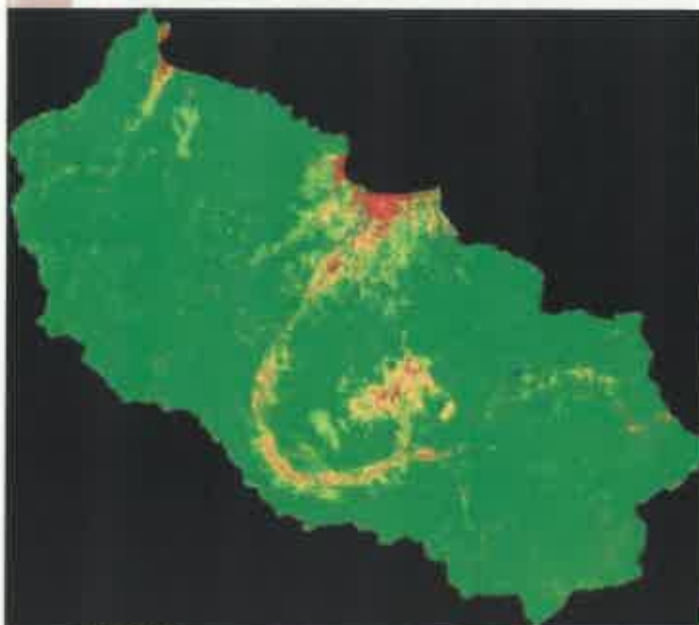
3/20/2018

5

土地利用図の作成や 植生の状態等の計測

● 土地利用図

植生指数 (NDVI)



3/20/2018

6

リモートセンシングの例

私たちがもつセンサーである目、耳、鼻(+脳)を、拡張するものである。特に、目(+脳)による認知の部分が、いわゆるリモートセンシングと呼ばれている分野である



耳(音)



ボイスレコーダー



Vertex(超音波)

http://www.fazlog.jp/product/pr_vertex4.html



魚群探知機
音波(ソナー)

いわゆる「リモートセンシング」



目(光)



カメラ



サーモグラフィー

記録



<http://www.hanshinco.com/en/pulse360.html>

レーザー測距器(レーザー:光波)

地上レーザー

<http://www.neg-japan.co.jp/product/termma/negi-vz2000.html>



距離を計測

リモートセンシングは測る仕事を効率化するもの

様々な場所から、人が測るには大変な(範囲、頻度)のモノを測るのに適する
森林では、高さ、太さ、種類、面積、本数等



衛星

例 Landsat
高度705km
幅 180km
地上解像度30m

空中から測る

航空機
高度2km程度
幅2km程度
地上解像度20cm



ドローン

150m以下
地上解像度1~2cm etc.

一般的に対象物から離れば、広範囲を計測できるが、解像度(精度)は低くなる
⇒技術は、広範囲かつ高解像度(高精度)へ!

地上から測る

Vertex

地上レーザー

ドローン

さまざまな種類の
リモートセンシングがあります



目的に応じて選ぶ必要があります

センサーの種類

- 光学センサー
太陽光の反射エネルギーを観測。
- 熱センサー → 山火事監視等に世界的に使われています
地表からの放射熱を観測
- マイクロ波センサー
マイクロ波を照射して、反射エネルギーの強さを観測
- Lidar (レーザー: 光波)
レーザーを照射して距離を計測
- Sonar (音波)
音波を発生させて距離を計測

リモートセンシングを活用のための 最も重要な、3つ(+1)のキーワード

1. 画像の詳細度(空間分解能)
…画像の細かさ、観測範囲
2. 観測頻度(時間分解能)
… 何日に一回撮影できるか?
何年前まで遡れるのか?
3. 情報の量(スペクトル分解能)
… どんな特徴を、どれだけ得られるか

+1 ラジオメトリック分解能
… 深さ 8bit or 16bit

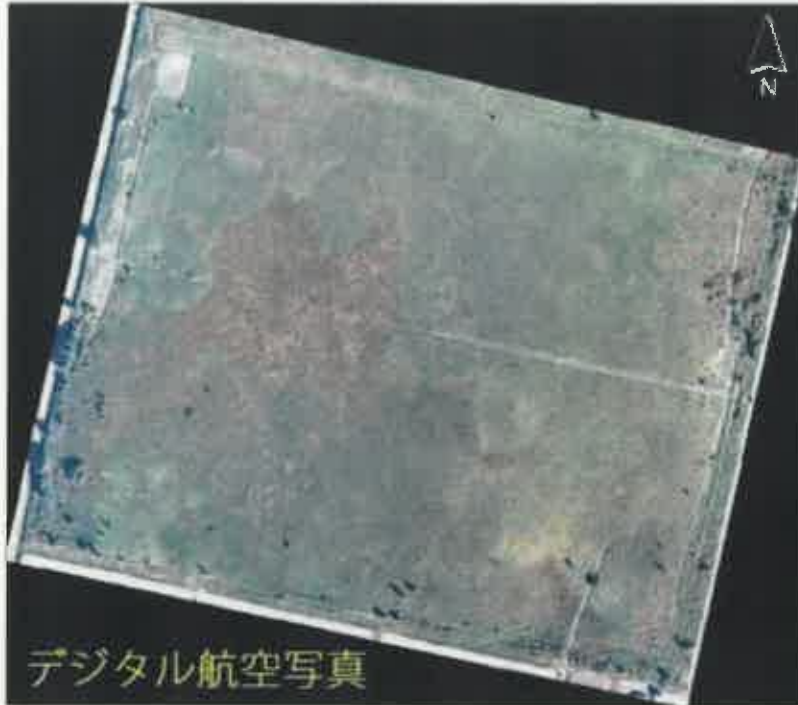
1. 空間分解能

- センサーの性能 × 対象物までの距離
 - センサーの性能がよければ、遠くからでも細かくみえる(広い範囲が細かくみえる)
 - センサーの性能が悪くても近くによれば、細かくみえる(近くまでよると狭い範囲だけ)



空間分解能

上空からのリモートセンシングの解像度
(センサーの性能と撮影の高度)

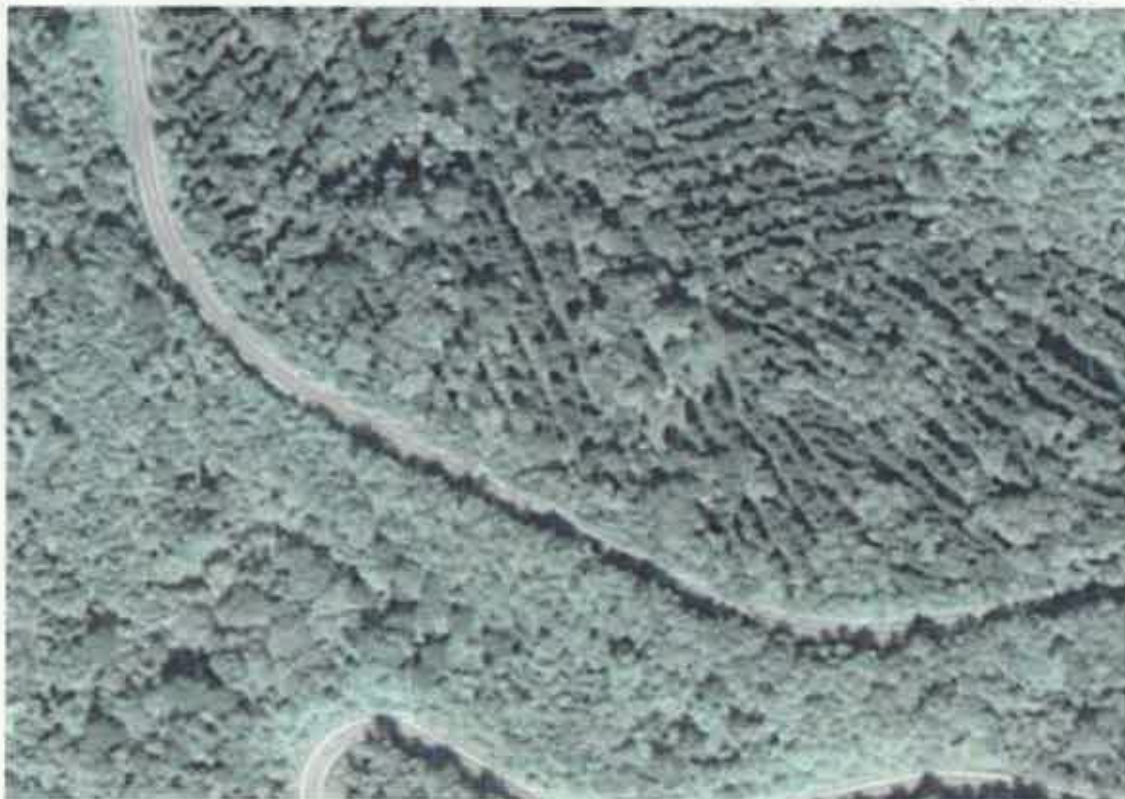


デジタル航空写真

0 25 50 100 150 200 250

Name of satellite	Spatial Resolution
LANDSAT Color data	30m/Pixel 705km
ALOS AVNIR-2	10m/Pixel 691km
IKONOS Color data	4m/Pixel 681km
Digital Airphoto image (UCD)	0.3m/Pixel (Bibai Marsh 2km程度)

Worldview2 770km 50cm解像度



Drone Phantom2 30m 2cm程度



2. 時間分解能(移動体の特徴)

- センサーA × 衛星A
- センサーA × 衛星B
- センサーA × 航空機
- センサーB × 自動車
- センサーC × ドローン・ヘリ
- センサーC × ドローン・飛行機
- センサーC × 人



移動体とその特徴

種類	空間分解能 (撮写体まで距離)	立体構造の 詳細把握	リスク	観測域	観測頻度
人	近くまで可	◎	低	広域は難しい。線・面両方に対応できる	低
バイク・自動車	近くまで可	◎	低	人よりは、少し広く観測できるが道路などにそったデータになりやすい	中～高
風	近い	×	中	とても狭い	低
ドローン ヘリタイプ	近くまで可	◎	高	1回のフライトではとても狭く、300m×300m程度。バッテリー次第。	中～高
ドローン飛行機タイプ	30m程度～150m以内	△高さのみ	高	1回のフライトで、3～5km四方を観測可能。バッテリー次第。	中～高
航空機	2km程度	△高さのみ	低	広い	低
衛星	700km程度～	△一部高さのみ	低	とても広いが、高解像度衛星の場合は狭くなることもある。	高

リスク、観測頻度は、リスト内での比較
(特に頻度は予算によるため現実的に比較)
ドローンはバッテリータイプ

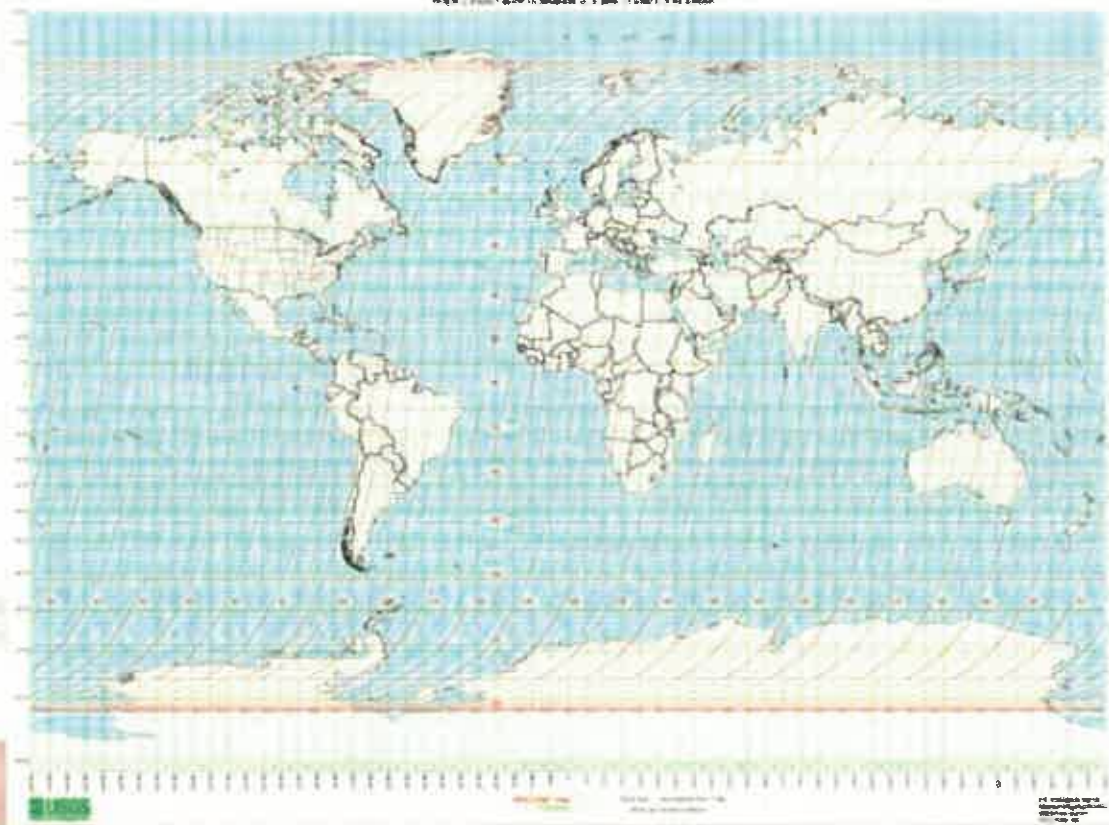
3/20/2018

17

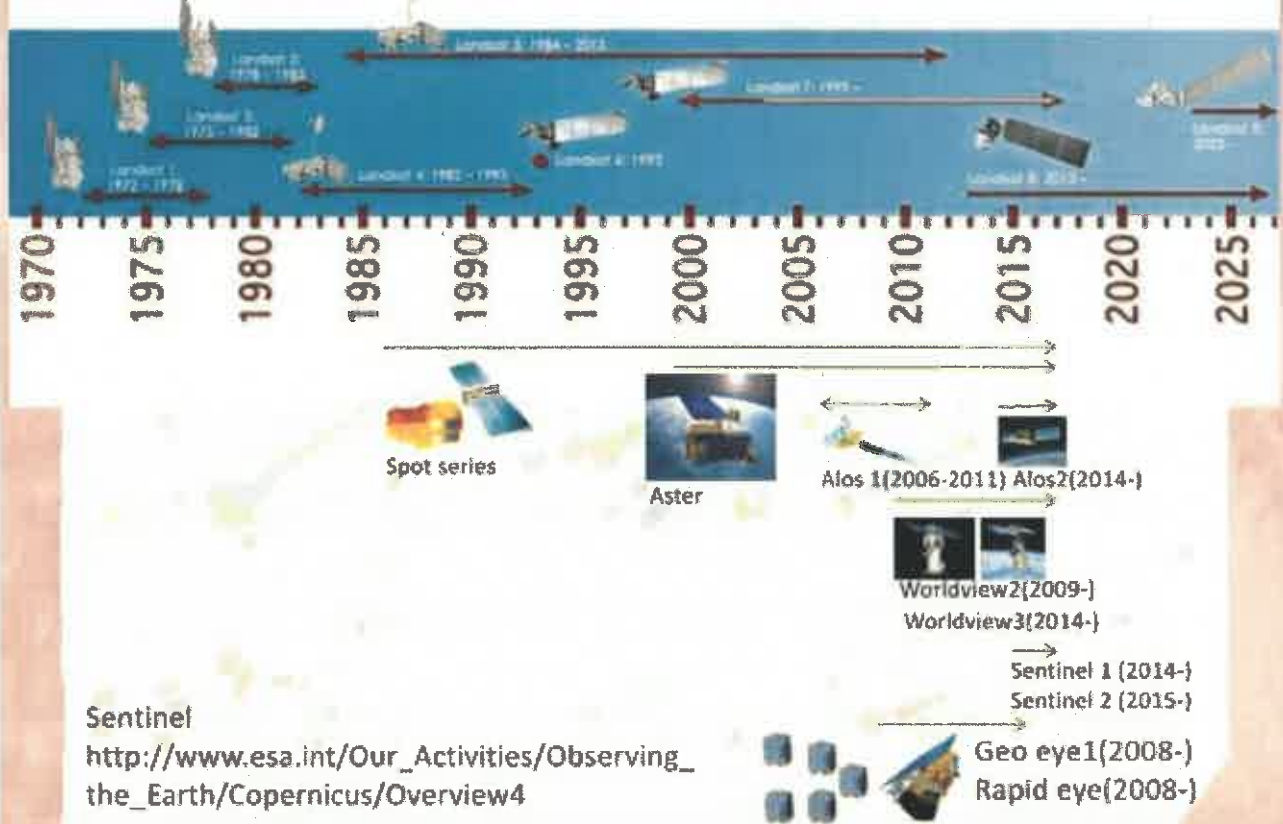
主要衛星の特徴

衛星名	打ち上げ年	空間分解能 画像の粗かさ	空間分解能 観測幅	時間分解能 撮影頻度
空中写真(日本)	1947-	～30cm程度		5年毎等
Landsat5 TM	1984-	30m	185km	16 days
Landsat7 ETM+	1999-	30m, 15m	185km	16 days
Landsat8 OLI & TIRS	2013-	30m, 15m	185km	16 days
ALOS	2006-2011	10m, 2.5m	70km	46 days(sub cycle 2 days)
SPOT4	1998-	20m, 10m	60km	26 days
SPOT5	2002-	10m, 5m, 2.5m	60km	26 days
IKONOS	1999-	4m, 1m	11km	11 days
GeoEye1	2008-	1.64m, 0.41m	15.2km	11 days
Quickbird	2001-	2.44m, 0.61m	16.5km	1-3.5 days
Worldview3	2014-	1.24m-30m, 0.3m	13.1km	1-4.5 days
Worldview2	2009-	1.85m, 0.46m	16.4km	1.1-3.7 days
Worldview1	2007-	0.50m	17.6km	1.7-5.9 days
Rapideye	2008-	5m	77km	5.5 days

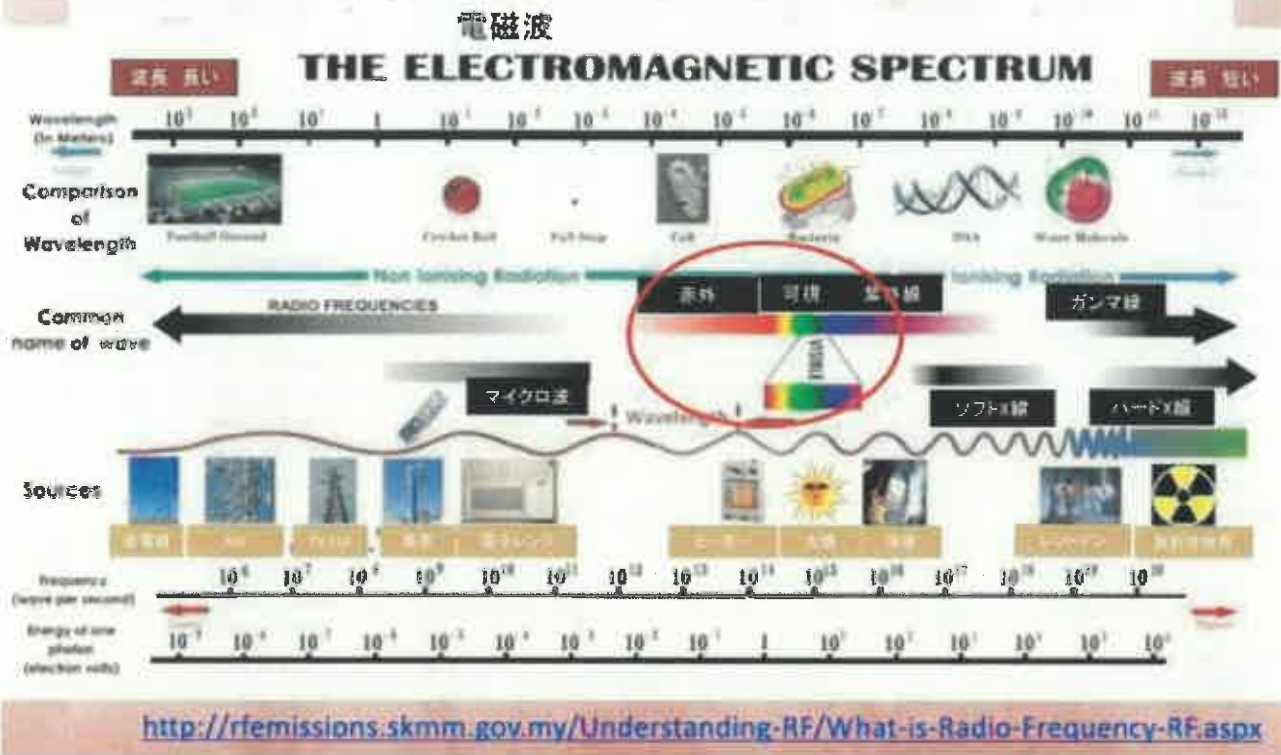
フライトパス



Landsat Operation Calendar

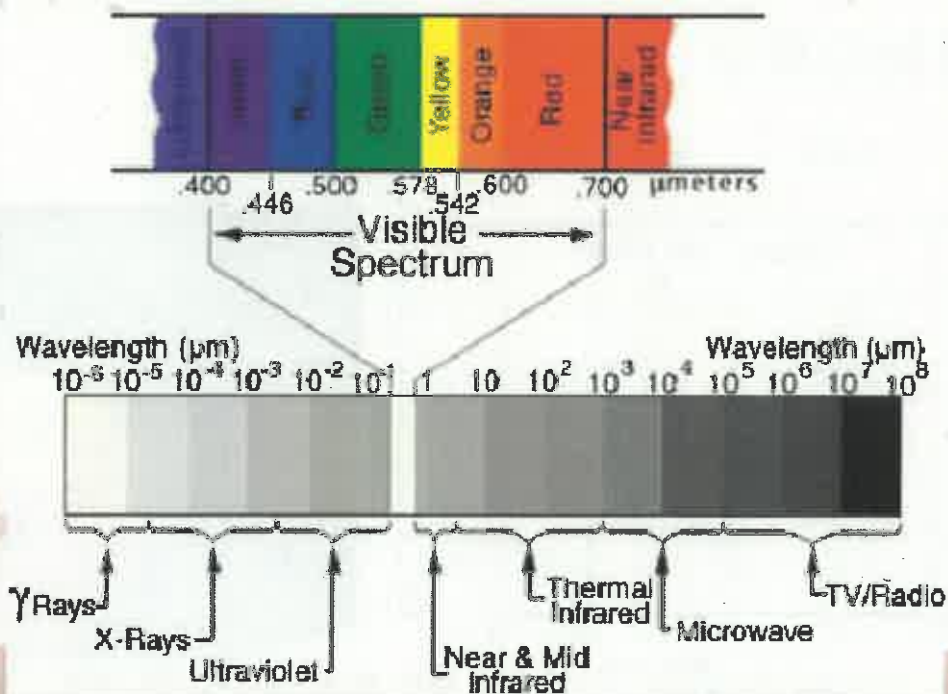


3. 情報の量(スペクトル分解能)



普通のカメラや私たちの目は、
「可視域」を観測しています

(1 μ m = 10⁻⁶m, 1nm = 10⁻⁹m)



前の図と並びが逆になっています

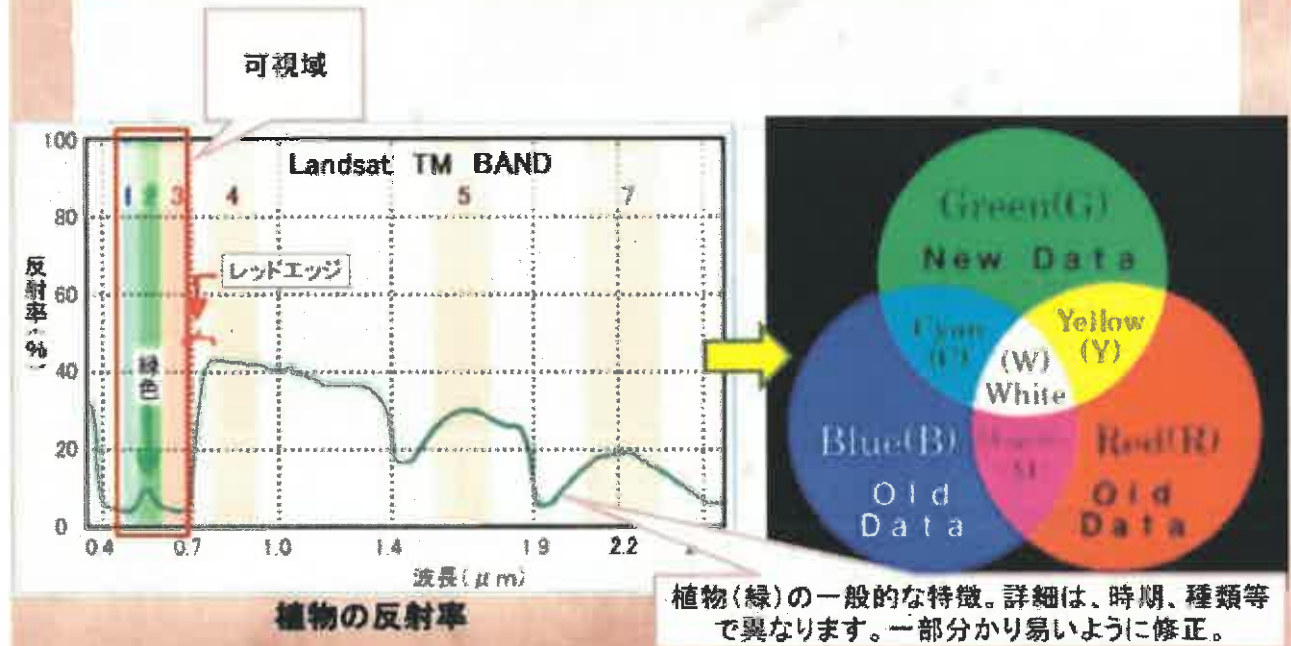
スペクトル分解能(衛星別)

Sensor name →	Multispectral Scanners (MSS)	AVHRR	Thematic Mapper (TM)	Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)	Operational Land Imager(OLI) and Thermal Infrared (TIRS)	Aster	Sentinel-2A
Color/ Satellite name	Landsat4-5	AiOS(2006-09)	Landsat-5 (1984-2013)	Landsat7 (1999-2003)	Landsat8 (2013-)	Terra(1999)	Sentinel
Coastal aerosol					B1		B1(0.44)
Blue	B1 (0.5-0.6)	B1(0.42-0.50)	B1(0.45-0.52)	B1(0.45-0.52)	B2		B2(0.49)
Green	B2 (0.6-0.7)	B2(0.52-0.60)	B2(0.52-0.60)	B2(0.52-0.60)	B3	B1(0.52-0.60)	B3(0.56)
Red	B3 (0.7-0.8)	B3(0.61-0.69)	B3(0.63-0.69)	B3(0.63-0.69)	B4	B2(0.63-0.69)	B4(0.665)
Red edge							B5(0.705)
Red edge							B6(0.740)
Red edge							B7(0.783)
Near Infrared (NIR)	B4 (0.8-1.1)	B4(0.76-0.89)	B4(0.76-0.90)	B4(0.76-0.90)	B5	B3(0.78-0.86)	B8(0.842)
Red edge							B8A(0.865)
Water vapour							B9(0.945)
SWIR 1			B5(1.55-1.75)	B5(1.55-1.75)	B6	B4(1.60-1.70)	B11(1.61)
SWIR 2			B7(2.08-2.35)	B7(2.08-2.35)	B7	B6(2.145-2.185)	B12(2.190)
SWIR						B7(2.235-2.285)	
SWIR						B8(2.295-2.365)	
SWIR						B9(2.360-2.430)	
Panchromatic				B8(0.52-0.90)	B8		
Cirrus					B9		B10(1.375)
						B10(8.125-8.475)	
						B11(8.475-8.825)	
						B12(8.925-9.275)	
Thermal Infrared (TIRS) 1			B6(10.40-12.50)	B6(10.40-12.50)	B10	B13(10.25-10.95)	
Thermal Infrared (TIRS) 2					B11	B14(10.95-11.65)	

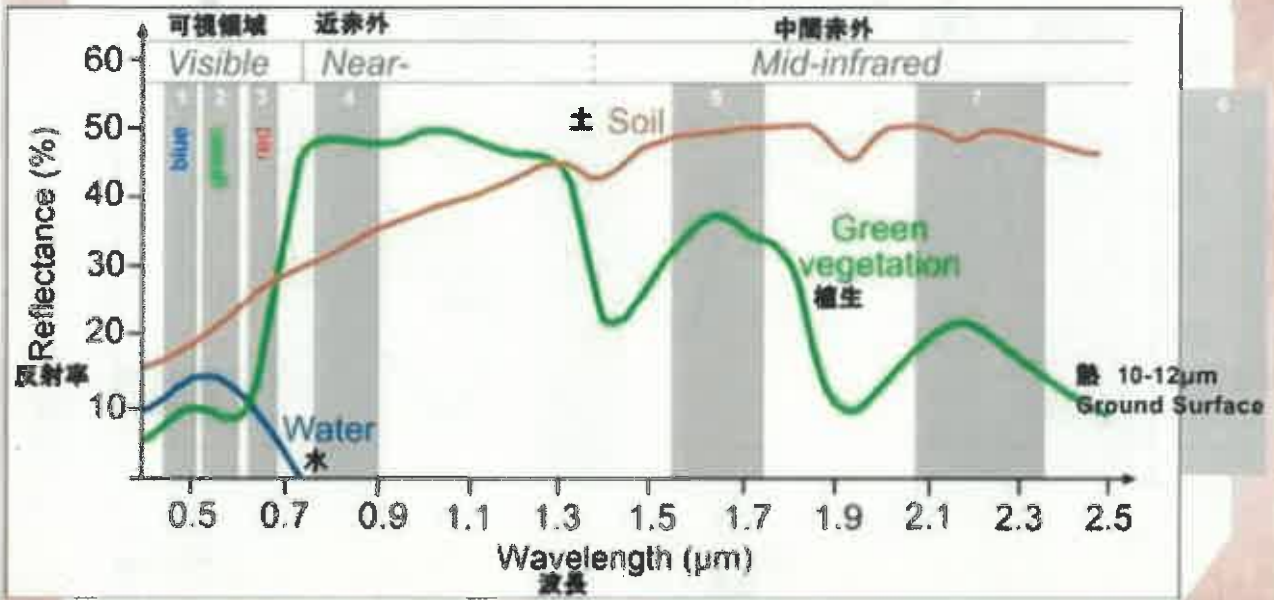
() unit is μm : Sentinel 2A shows center wavelength

リモートセンシングでの計測
モノには、反射や放射の特徴がある(分光特性)

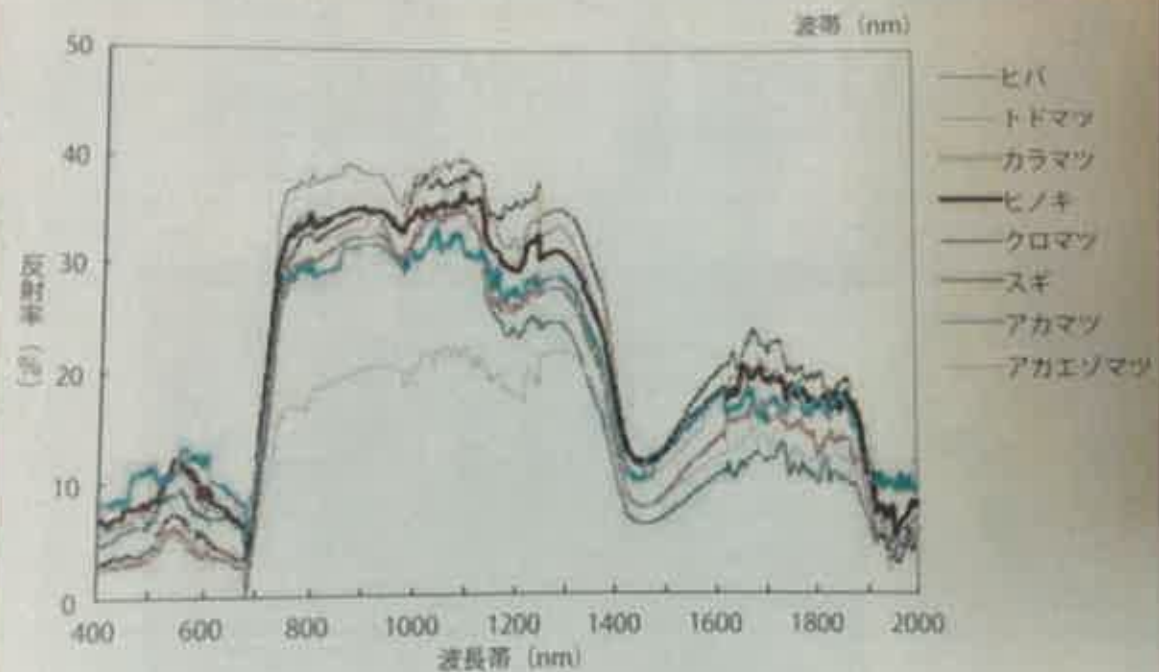
- 植物の葉は、なぜ緑に見えるのか？



水、土、植物の波長



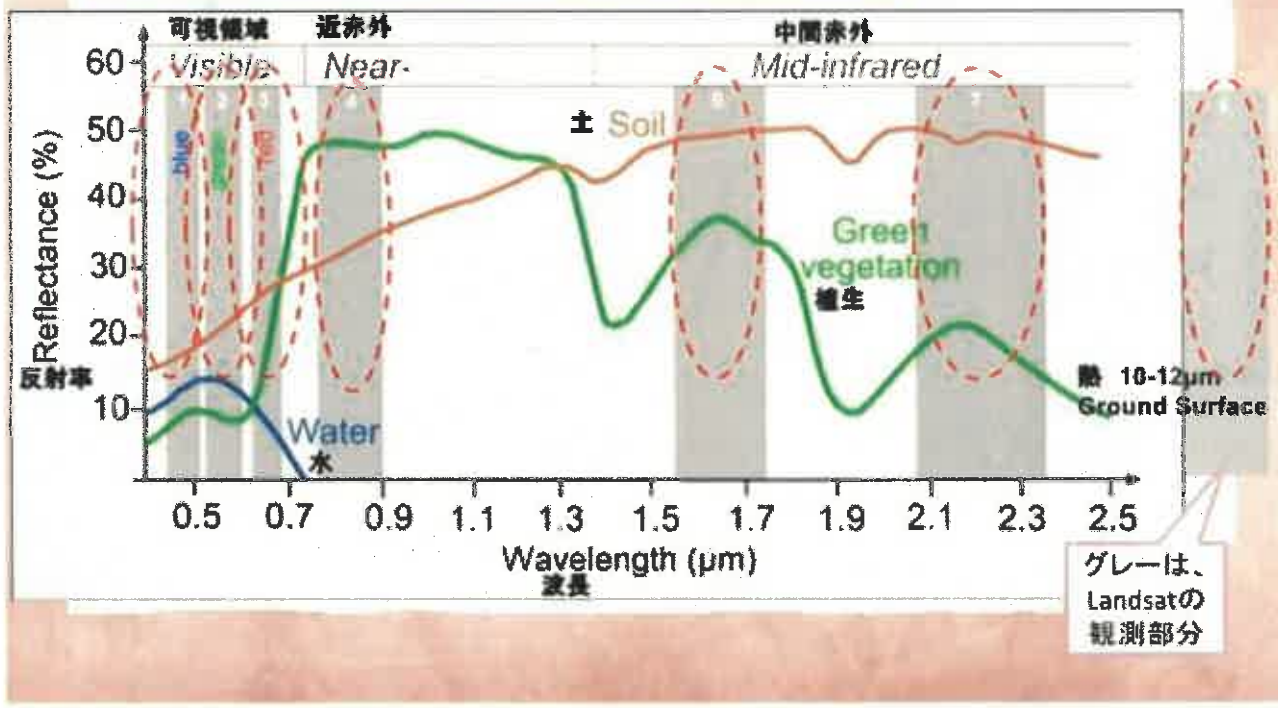
針葉樹の分光特性



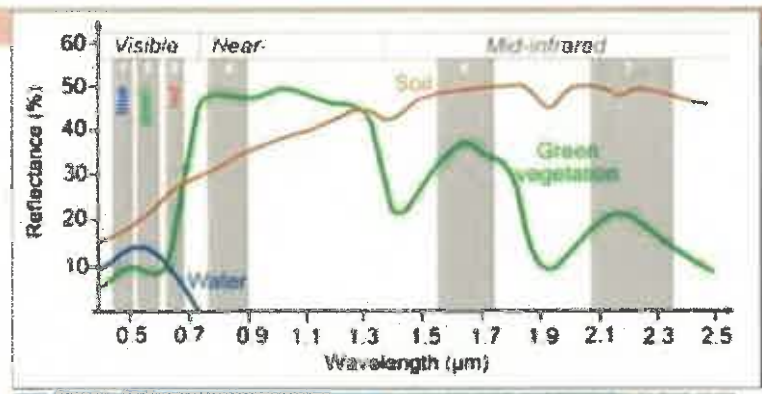
出典: 改訂 森林リモートセンシング
加藤正人編著 第8章2

例 ランドサット5-7(7つの眼をもつ)

各バンド(眼)は、それぞれ違う部分(波長)の情報を得るようになっている



ランドサット画像
札幌市



森林をみてみると

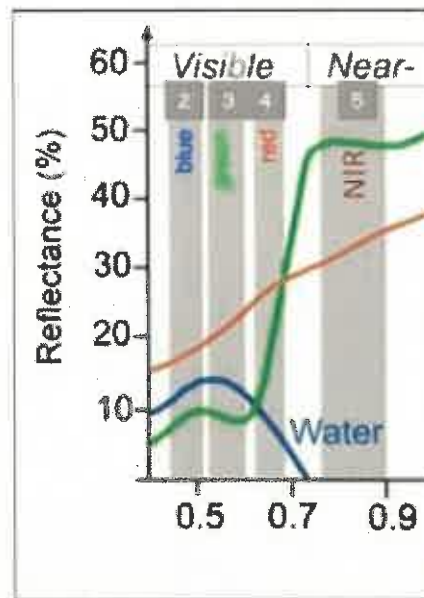


光学センサーの強みと弱み

- 強み
 - 直観的で解釈しやすい(空中写真+α)。Google earth
 - 面的な把握に向く。災害時等の被害状況等。
 - **ハイパースペクトル衛星**の運用により、樹種等判別能力の向上に期待できる。
 - **ドローン**を活用できる。高価だが他と比べると安価。
 - 衛星の種類が多い
 - 無料のデータ、ソフトも公開されている。QGISでも、活用可能。
- 弱み
 - **雲**により見えない場合がある
 - 日向と日陰等、地形の影響を受ける
 - **立体構造(高さ、太さ)**の把握には向かない。
ただし、**樹冠の大きさから推定**や、ALOS prismや航空写真のようにオーバーラップがあれば、高さを計測することができる。立体視。
 - 通常の衛星だと、樹種判別能力は弱い

指標の計算(対象物を強調する)

- NIR - Red
- NIR + Red
- NIR * Red
- NIR / Red



指標の例

正規化指数(ランドサット8の場合)

1. NDVI $TM = (Band5 - Band4) / (Band5 + Band4)$ 植生指数
Rouse (1973), Rouse et al. (1974)
2. NDSI $TM = (Band6 - Band5) / (Band6 + Band5)$ 土壌指数
Faraklioti, M et al (2001), Rogers et al (2001)
3. NDWI $TM = (Band4 - Band6) / (Band4 + Band6)$ 水指数
McFeeters (1996), Gao (1996)

Soil-adjusted Vegetation Index

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{(NIR + RED) + L} * (1 + L)$$

in areas where vegetative cover is low (i.e., < 40%) and the soil surface is exposed, where NIR is the reflectance value of the near infrared band, RED is reflectance of the red band, and L is the soil brightness correction factor. The value of L varies by the amount or cover of green vegetation: in very high vegetation regions, L=0; and in areas with no green vegetation, L=1. Generally, an L=0.5 works well in most situations and is the default value used. When L=0, then SAVI = NDVI.

http://wiki.landscapetoolbox.org/doku.php/remote_sensing_methods:soil-adjusted_vegetation_index

<https://www.harrisgeospatial.com/docs/backgroundburnindices.html>

自己紹介

- 吉村 暢彦 (FiveQuestionZ代表) 1975年福岡生まれ
北海道大学 農学院卒業 森林科学
- 酪農学園大学特任研究員
小樽商科大学非常勤講師
NPO法人Ezorock理事
- リモートセンシング・GIS・GPS等を用いた農業、林業、観光等、業務改善、研究支援、人材育成等を行っています。
 - 酪農大
農地整備等の管理へのリモートセンシング・GIS活用促進
 - IICA森林リモートセンシング研修
世界22カ国69人以上の森林官等に
 - 北海道大学、国立環境研究所
生態系サービス評価
 - 星野リゾート・トマム・アルツ磐梯
ゲレンデマップの更新・業務の可視化等



