

講座2-1 ほんもの体験講座

リモートセンシング

北見工業大学 地球環境工学科 准教授 舘山 一孝

2.1 計測と制御

対象を測定し、現在の**状況を把握**する(計測)
 目標を達成するために**動作を調節**する(制御)



SUBARU Eyesightのホームページより
<https://www.subaru.jp/safety/eyesight/>



上士幌町の自動運転バス

2.2 リモートセンシングとは何か

通常、上空から大気・地表面を観測し、知りたい情報を得る技術のこと。広義には、**対象物に接触すること無しに離れた場所 (Remote)** から**観測する (Sensing)**ことを意味する。

身近な例:人間の**五感**に例えると…

- **視覚**: 光(カメラ) ← 一般的なリモートセンシング
- **聴覚**: 音波(マイクロフォン)
- **味覚**: 膜電位変化
- **嗅覚**: 気体分子
- **触覚**: 圧力(歪ゲージ)

● **五感以外**: 赤外線, 加速度, 磁気など

① 視覚センサー

カメラとコントローラーからなり、対象物の**形状**, **位置** 関係, **個数**, **色の違い**といった特徴を計測し、**傷**や**汚れ**などの異常を検知する。

オムロンHPより

リアルカラーセンシングで認識できる色差

部品(茶色)に発生した同系色の汚れを検出

赤矢印の地点(→): 汚れの位置
 青矢印の地点(→): ベースの色

モノクロ画像処理

濃度変化量がほとんどないので、よこれが付着しても検出できませんでした。

濃淡の1軸の情報に変換。

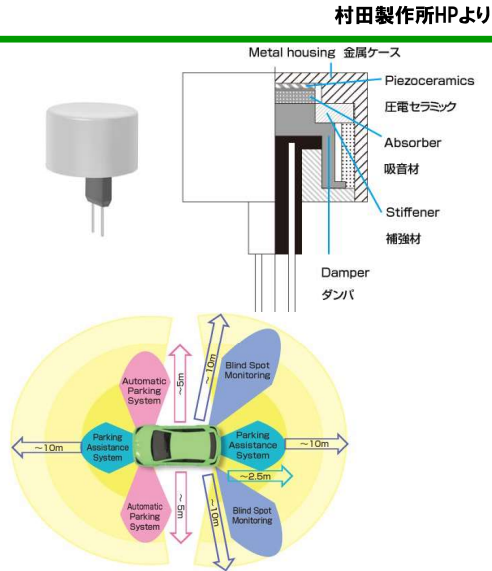
リアルカラー画像処理

色差が出るので、欠陥検出ができます。

隣接する画素間の色差を算出し、RGB 3次元での空間上の距離の差としてとらえる。従来のモノクロ1軸上の濃淡では変化量が大きく出ないような微細な変化量をとらえ、欠陥検出ができる。

②聴覚センサー

圧電セラミック素子を用いた小型センサから **超音波** を発し、壁などの **障害物** や他車から反射し戻ってくるまでの時間を基に **距離** を計算する。



5

食味計

サタケHPより

近赤外 透過連続波長方式で、玄米や白米などの美味しさ(食味)を点数で表す測定器



食味ランキング2016 特A 44地区

北海道	ななつぼし, ゆめびりか ふっくりんこ	福島, 新潟, 栃木, 山梨, 岐阜, 長野, 兵庫	コシヒカリ
青森	青天の霹靂	富山	てんこもり
岩手	ひとめぼれ	神奈川	はるみ
秋田	あきたこまち	岐阜	ハツシモ
宮城	つや姫	福井	あきさかり
山形	ひとめぼれ, つや姫	滋賀	みずかがみ
		京都	キヌヒカリ

アミロース： 粘り気
水分： 味
タンパク質： 硬さ
脂肪酸化度： 鮮度、香り

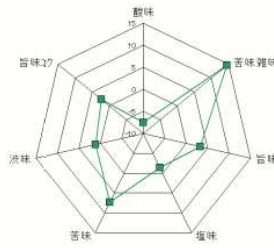
③味覚センサー

インテリジェントセンサーテクノロジーHPより

様々な呈味物質と静電相互作用や疎水性相互作用することにより、**脂質膜** の **電位** 変化をセンサーで検知する



先味	酸味	ビール、コーヒー
	塩味	醤油、スープ、つゆ
	旨味	スープ、つゆ、肉
	苦味雑味	豆腐、つゆ、スープ
	渋味刺激	果実
後味	甘味	菓子、飲料
	一般苦味	ビール、コーヒー
	渋味	ワイン、お茶
	旨味コク	スープ、つゆ、肉
	塩基性苦味	
	塩酸塩苦味	



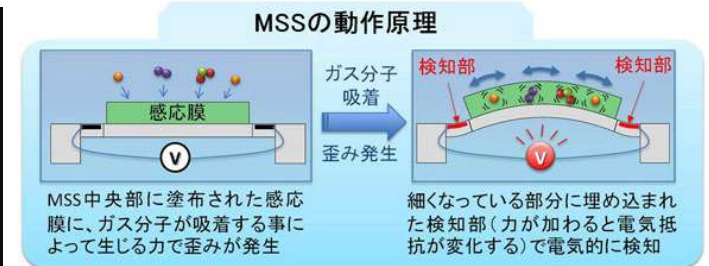
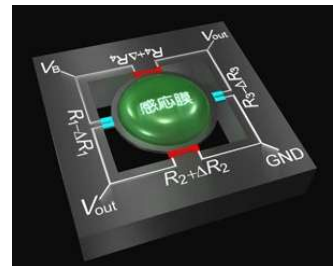
ビールのレーダーチャート

6

④臭覚センサー

京セラHPより

MMS Membrane-type Surface stress Sensor / 膜型表面応力センサ
臭いの元となる **ガス** 分子から、DNA、たんぱく質など **生体** 分子にいたるまで、多様な分子を大気中あるいは液体中で測定できる、汎用性の高い超小型・超高感度センサー素子



8

2.3 リモートセンシングの歴史(1)

リモートセンシングの出現は以下の3つの技術の進歩に基づく

① **センサ**, ② **プラットフォーム**, ③ **コンピュータ**

■センサの歴史

紀元前4世紀 アリストテレス **ピンホールカメラ**
 1839年 銀塩固定 **ダゲレオタイプカメラ**
 1939-1945年 第二次世界大戦 **熱赤外**, **レーダ**

■プラットフォームの歴史

1860年 **気球** それ以前は鳩, 凧など
 1903年 ライト兄弟の **飛行機**
 1914-1945年 第一次, 第二次世界大戦 偵察
 1957年 **人工衛星** ソ連・スプートニク1号

2.3 リモートセンシングの歴史(2)

■コンピュータの歴史

1950年以降 第二次世界大戦後, 急速に発達
 人工衛星の打ち上げ・制御, 観測データの処理

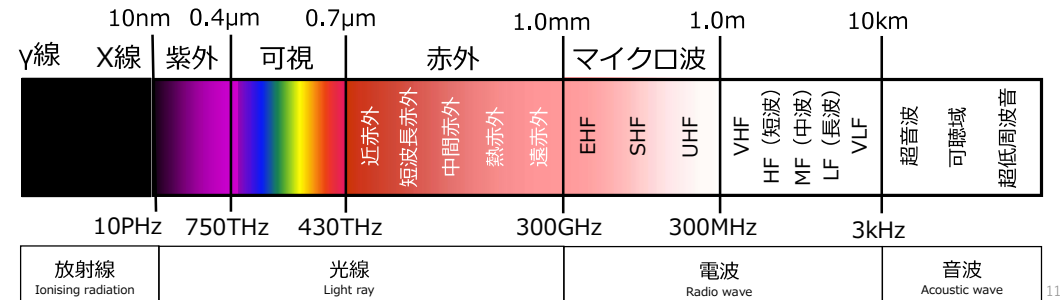
■リモートセンシングの歴史

1950年代 米国・海軍研究所の **地理学者**が最初に提唱
 1972年 ERTS-1(のちに **Landsat-1** に改称)打ち上げ以降, 世界的に普及 日本では「リモートセンシング」の名称で定着
 1970年代 **宇宙ステーション** Salute, Skylabによる観測
 1980年代 仏, 日, 印などが **地球観測衛星**を打ち上げ 災害・農業・資源探査に利用

2.4 リモートセンシングで使用される電磁波(1)

X線:物質との相互作用が減少し, **透過**するため, **レントゲン** 写真や **X線CT** に利用される.

紫外線:**太陽**が放射しているエネルギーの一部を構成する, 目に見えない光線. **太陽灯** や **殺菌** などに利用される.



9

11

2.4 リモートセンシングで使用される電磁波(2)

可視光:太陽が放射している **目に見える** 光線. 物質に吸収されて化学反応や発熱などの相互作用を生じることがある. **光合成** やソーラーパネル (**光電効果**) などに利用される.

赤外線: **熱** を発生するものからは必ず放射される目に見えない光線. **近距離** 通信, **センサ**, **暖房** 器具などに利用される.

電波:進行方向に多少の障害物があっても**進行**することができるため, **テレビ** や **ラジオ**, **携帯電話** などの**通信**などに利用される.

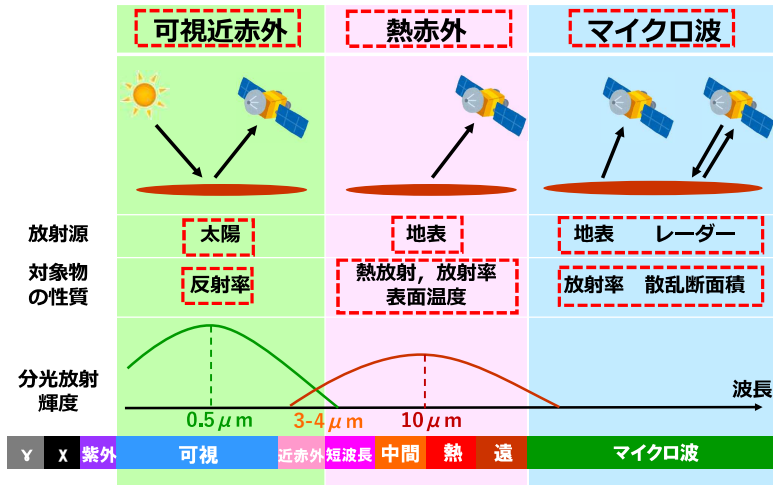
音波:必ず**気体・液体・固体**の媒質を介して伝播する. 距離を測定する **ソナー** や内部を測定する **エコー** などがある.

10

12

2.5 リモートセンシングの種類

波長帯により3つの種類がある



3.2 人工衛星の歴史

*他国の打上機で衛星軌道に投入した数を含む, 2022年
合計29,268機 (データ: United Nations Office for Outer Space
Affairs)

自国の打上機で衛星軌道に投入成功した国のリスト

打上順位	国名	打上年	人工衛星	衛星数*
1	ソビエト連邦	1957	スプートニク1号	3,661
2	アメリカ	1958	エクスポローラー1号	7,466
3	フランス	1965	アステリックス	622
4	日本	1970	おおすみ	314
5	中国	1970	東方紅1号	923
6	イギリス	1971	プロスペロ	533
7	ESA	1979	CAT-1	102
8	インド	1980	ロヒニ	138
9	イスラエル	1988	オフエク1号	41
10	イラン	2005	オミード	8
11	北朝鮮	2012	光明星3号	2

3.1 プラットフォームの種類と高度,目的

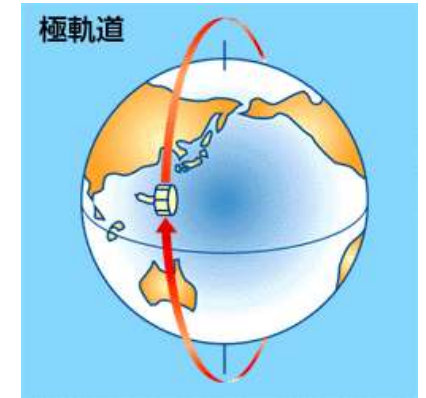
調査対象の現象や目的によって使い分ける

プラットフォーム	高度	目的	備考
静止衛星	36,000km	広域定点地球観測	気象衛星
極軌道衛星	200~1,000km	広域周回地球観測	地球観測衛星
成層圏プラットフォーム	15~30km	広域常時観測	ソーラープレーン
高々度ジェット機	10~12.5km	広域随時調査, 空撮	
低中高度飛行機	500~6,000m	随時調査, 空撮	
飛行船	500~3,000m	随時調査, 空撮	
ヘリコプター	100~1,000m	随時調査, 空撮	
無人機	50~500m	随時調査, 空撮	ラジコン機
車両	0~30m	近接観測, 調査	
船舶	0m	水面, 水面下随時調査	

3.3 極軌道

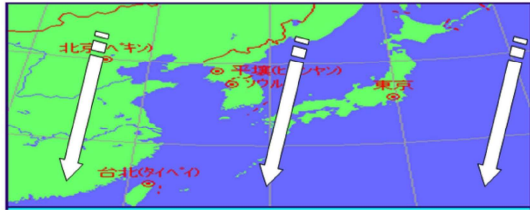
南北両極のほぼ上空を通過し、赤道に対してほぼ直交する。

- 軌道傾斜角はほぼ90度
- 高緯度地域も観測可能
- 高度1,000km以下
- 軌道周期は約100分
- 多くの地球観測衛星で採用されている



JAXA宇宙情報センター HPより

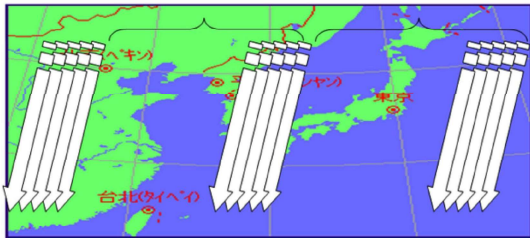
3.4 回帰・準回帰軌道



回帰軌道

利点：毎日同じ時刻に、同じ地点を観測

欠点：観測エリアに隙間が開く



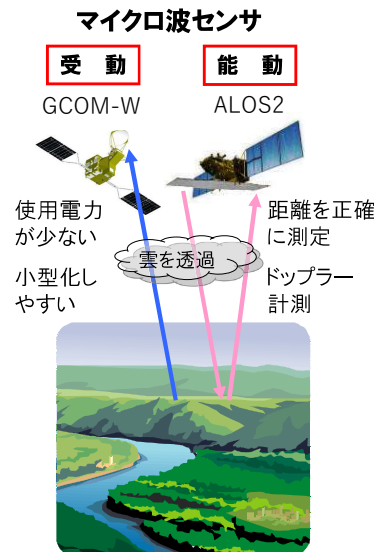
準回帰軌道

利点：地球をくまなく観測

欠点：同じ地点を観測するのに何日かかる

4.1 センサの方式と分類

光学	受動	画像型	光学画像センサ
		非画像型	スペクトロメータ (特定点の波長分布)
		能動	ライダー (光学レーダ)
マイクロ波	受動	画像型	マイクロ波放射計 (イメージャ)
		非画像型	マイクロ波放射計 (サウンダ)
		能動	合成開口レーダ(SAR) マイクロ波散乱計 降雨レーダ

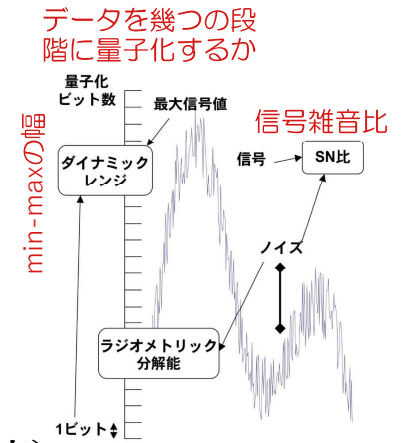


4.2 センサの性能

ラジオメトリック 性能

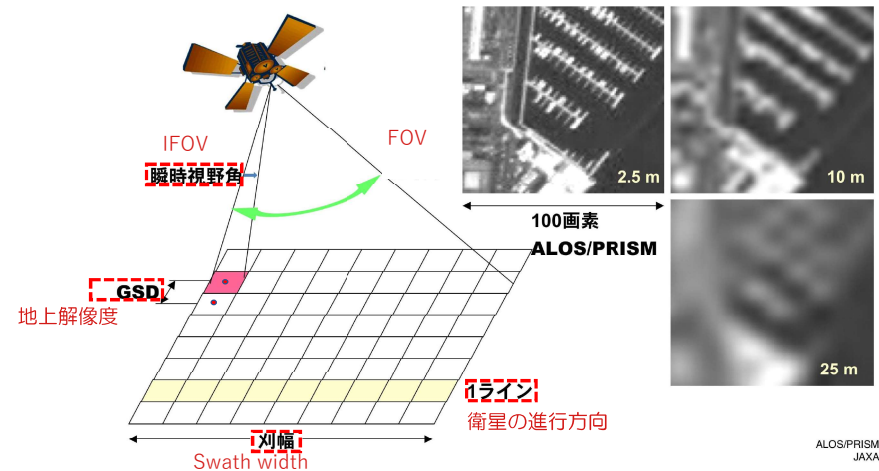
明るさ(放射量)をどれだけ表現できるか

- 信号雑音比 (S/N比)
 - 値が大きいと雑音の影響が小さい
- 量子化レベル (ビット数)
 - 量子化: 予め定められた段階に近似
- ダイナミックレンジ
 - min-maxの幅(表現力)
- ラジオメトリック分解能(雑音等価放射輝度)



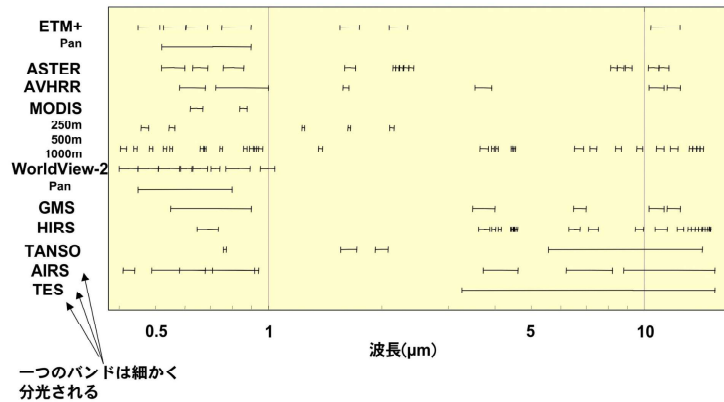
ジオメトリック 性能:

どのくらい忠実に空間情報・幾何学形状を表現できるか



スペクトル 性能:

どれだけ細かく正確に**波長分布**を表現できるか
観測波長域, バンド数, 波長分解能

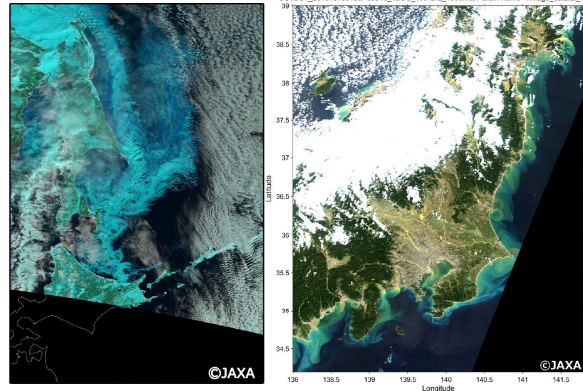


5.1 衛星搭載可視近赤外放射計の代表例 地球環境変動観測衛星 GCOM-C (しきさい)

将来の気温上昇量の正確な予測に必要となる**放射収支**および**炭素循環**の変動メカニズム解明することを目的とする。



項目	SGLI
打ち上げ	2017年12月
周波数	0.38-12 μ m
GSD	250 ~ 1,000m
バンド数	VNR 13, IRS 6

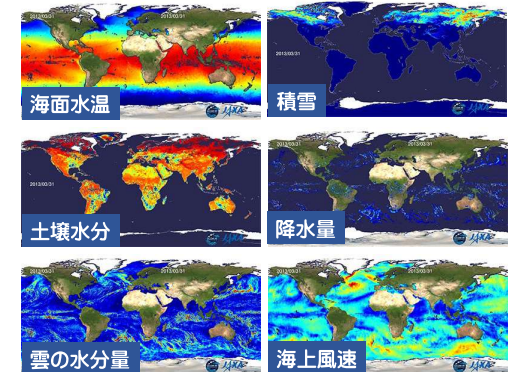


5.2 衛星搭載マイクロ波放射計の代表例 水循環変動観測 GCOM-W (しずく)

地球表面および大気から放射される微弱なマイクロ波帯の電波を**多周波・多偏波**で測定し, 主に**水**に関する様々な地球物理量を推定する

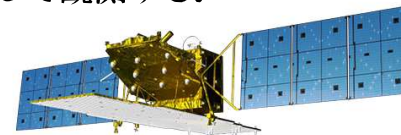


項目	AMSR2
打ち上げ	2012年5月
周波数 (GHz)	6.9, 7.3, 10.7, 18.7, 23.8, 36.5, 89.0
GSD	3×5 ~ 35×62 km



5.3 衛星搭載合成開口レーダの代表例 陸域観測 ALOS-2 (だいち2号)

災害状況や森林分布の把握, 地殻変動の解析など, 様々な目的に使用される。地表に向けて**電波を照射**し, その**反射された電波を受信**して観測する。



項目	PALSAR-2
打ち上げ	2014年5月
周波数	Lバンド(1.2GHz)
GSD	1 ~ 100 m



2014年6月に取得された富士山周辺の画像
緑色が植生、明るい紫色や黄緑色が市街地、暗い紫は裸地