

3. 衛星の高度と軌道

地球観測衛星の高度、周期及び搭載するセンサのポインティング性能について以下に説明する。

また、表 3-1 に国内で利用可能な地球観測衛星の高度、周期、観測波長帯域、観測幅、解像度等の仕様諸元を示す。

3.1 衛星の軌道

衛星の軌道には様々な要素があり、軌道形状、軌道傾斜角、周期性、回帰日数などの組み合わせにより規定される。地表面を隈無く観測できるように設計された地球観測衛星のほとんどは、太陽同期準回帰軌道と呼ばれる軌道上を周回しており、地球を周回する毎に少しずつ観測位置をずらして、数日後、元の位置に戻るまでに全球を観測する仕組みになっている。また、同一地点では衛星と太陽の位置関係が常に一定になるように設定されており、継続的に観測して時系列にデータを比較することができる。継続的に同一位置を同一条件（太陽位置）でモニタリングできることは、地球観測の継続的な応用分野において重要なポイントであり、衛星を利用する最大の利点の一つである。

■ 衛星の軌道要素

軌道要素	概要
軌道形状	衛星軌道の形のこと。「円軌道」や「楕円軌道」などがあります。
軌道傾斜角	赤道に対する傾斜角のこと。傾斜角が0度で常に赤道上に位置する「赤道軌道」、傾斜角が90度で両極を通る「極軌道」、傾斜角が0度から90度の間にあり、中緯度付近を集中的に観測する場合などに用いられる「傾斜軌道」があります。
周期性	赤道상을地球の自転と同じ速度で周回する「静止軌道」、衛星の軌道面と太陽方向が常に一定になるような「太陽同期軌道」などがあります。
回帰日数	毎日、同じ場所の上空に衛星が戻る「回帰軌道」、少しずつ軌道をずらして数日後に同じ場所の上空に衛星が戻る「準回帰軌道」などがあります。

(地球環境センター 提供)

3.2 衛星の高度

衛星の高度は、地上分解能（地上の様子を空間的にどの程度細かく認識できるかを示す能力）と観測幅（一度に観測できる領域の広さ）に密接に関わっていて、高度を低くすれば、同一のセンサを用いても地上分解能を向上させることができる。しかし、観測幅が狭まり、衛星データ利用の特徴の一つである広域な観測が行えない可能性もある。また、運用上、高度を低く保ち、安定した衛星姿勢で観測することが難しく、結果、燃料消費が早く、衛星の寿命を短くさせることも考えられる（ピンポイントで高分解能なデータ取得が要求される場合のみ高度を下げるといった運用方法もある）。

3.3 ポインティング機能

ポインティング機能とは、衛星の姿勢を制御することにより、軌道直下だけでなく軌道からかなり離れた地域を特定してデータを取得する技術である。衛星の回帰日数にくらべて、再帰観測日数（同一箇所を再び観測できるまでの間隔）を短縮することができ、ユーザのリクエストに素早く対応できるなどの利点がある。地上分解能 1m を商用衛星で初めて実現した IKONOS は、11 日の回帰日数であるのに対し、設計上、最大で 1 日 1 回の観測が可能である（ただし、首振り角 10 度以内で 1m 精度のデータを取得する場合は、最大でも 3 日に 1 回の観測頻度となる）。森林火災や森林伐採の把握など、特定地域のデータを高頻度で得たい場合などに有効と考えられる。

■ 主な衛星プラットフォーム

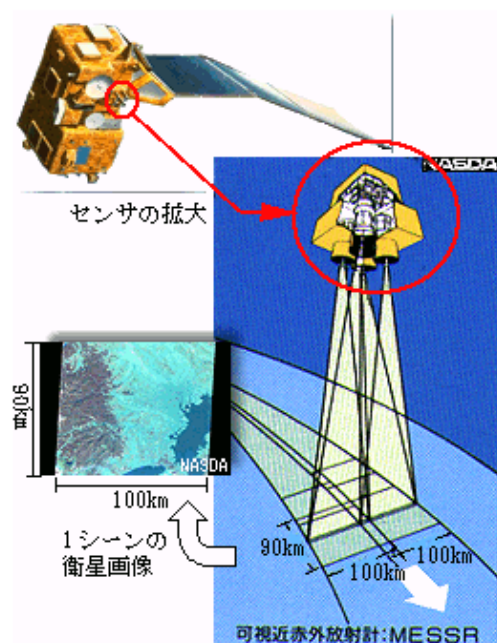
衛星名	高度	首振り角	回帰日数	再帰観測日数
ADEOS II	803km	-	4日	-
ALOS	690km	±40度	46日	不明
IKONOS	680km	±45度	11日	1.6日
JERS-1	568km	-	44日	-
LANDSAT7	705km	-	16日	-
OrbView3	470km	±45度	16日	3日
OrbView4	470km	±45度	16日	3日
QuickBird	600km	±30度	20日	1.5~2.5日
SPOT4	832km	±26度	26日	2.5日

（地球環境センター 提供）

3.4 観測幅

センサが観測できる幅（観測幅）は、センサの種類に応じて決められている。地球観測衛星は、この観測幅で地球を観測する。観測幅は、走査幅ともいう。なお、観測結果として得られる衛星画像は、観測した範囲が広いことから、便宜的に設定された一枚の画像の大きさ（1シーン）になって提供される。

図 3-1 は、海洋観測衛星 1 号「もも 1 号」(MOS-1) に搭載された可視近赤外放射計 (MESSR) の観測の様子を表したものである。このセンサの観測幅は 100km であり、地表を 100km の幅で帯状に観測する。また、衛星画像は、1 シーンの大きさを約横 100km × 縦 90km として提供される。観測幅や衛星画像 1 シーンの大きさは、センサの種類によって異なる。

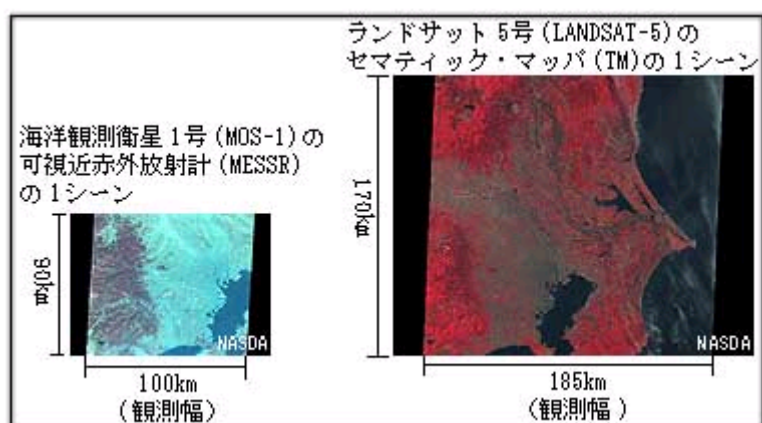


(宇宙開発事業団 提供)

図 3-1 海洋観測衛星 1 号「もも 1 号」搭載センサ (MESSR) による観測

例えば、海洋観測衛星 1 号「もも 1 号」(MOS-1) とランドサット 5 号 (LANDSAT-5) が観測した関東地方の衛星画像を用いて比較すると、図 3-2 から、観測幅と衛星画像 1 シーンの大きさに違いがあることがわかる。

また、代表的な地球観測衛星の観測幅について以下に説明する。

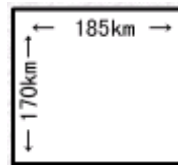
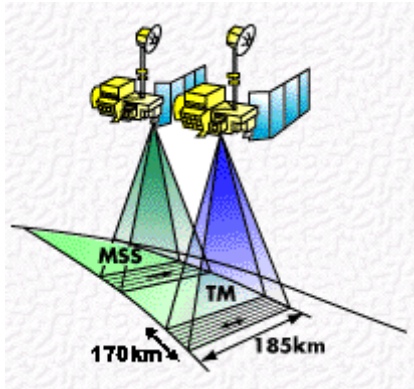


(宇宙開発事業団 提供)

図 3-2 各センサで異なる観測幅と1シーンの大きさ

(1) LANDSAT

図 3-3 は、LANDSAT の ETM+や TM、MSS の観測の様子で、それぞれのセンサの幅は 185km となっている。この観測幅は、それぞれの画像の大きさに関連している。例えば、LANDSAT/MSS、TM 及び ETM+の画像 1 シーンの大きさは、およそ横 185km×縦 170km で、右に便宜的な LANDSAT/MSS、TM 及び ETM+の画像 1 シーンの大きさを示す



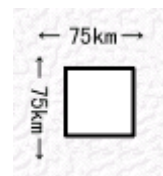
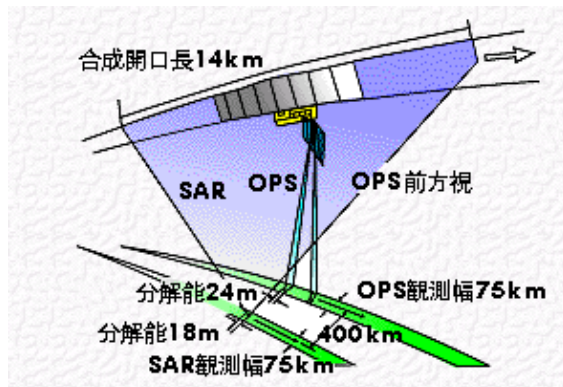
分解能：
15m(Pan)
30m(VNIR)

(宇宙開発事業団 提供)

図 3-3 LANDSAT の観測幅と観測シーンの大きさ

(2) JERS-1

図 3-4 は、JERS/OPS/VNIR、/OPS/SWIR 及び/SAR の観測の様子で、JERS/OPS/VNIR、/OPS/SWIR 及び/SAR の観測幅は 75km である。画像 1 シーンの大きさは何れも、およそ横 75km×縦 75km となっている。右に便宜的な画像 1 シーンの大きさを示す。



分解能：
15m(Pan)
30m(Multi)

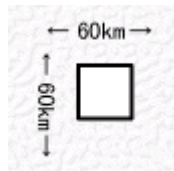
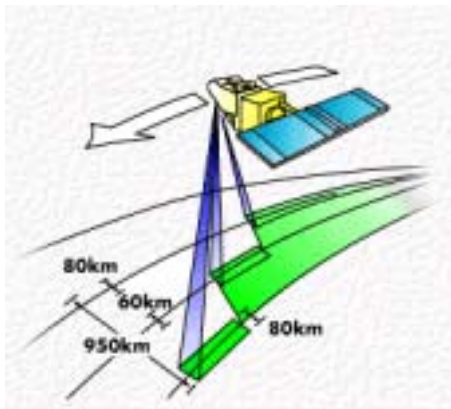
(宇宙開発事業団 提供)

図 3-4 JERS-1 の観測幅と観測シーンの大きさ

(3) SPOT

図 3-5 は、SPOT/HRV の観測の様子で、SPOT-1～3/HRV 及び SPOT-4/HRVIR の観測幅は、60km である。画像 1 シーンの大きさは、およそ横 60km × 縦 60km となっている。

また、観測する画像をセンサの直下とする以外に、衛星の進行方向に垂直の方向に角度を変えて観測ができ、災害などの緊急時に 4、5 日で同地域を観測できる他、鳥瞰図などの立体的な画像を得ることができる。この場合は 1 シーンの範囲は違ってくる。右に便宜的な画像 1 シーン (SPOT-1～3/HRV 及び SPOT-4/HRVIR 直下の場合) の大きさを示す。



分解能 :

10m(Pan)

20m(Multi)

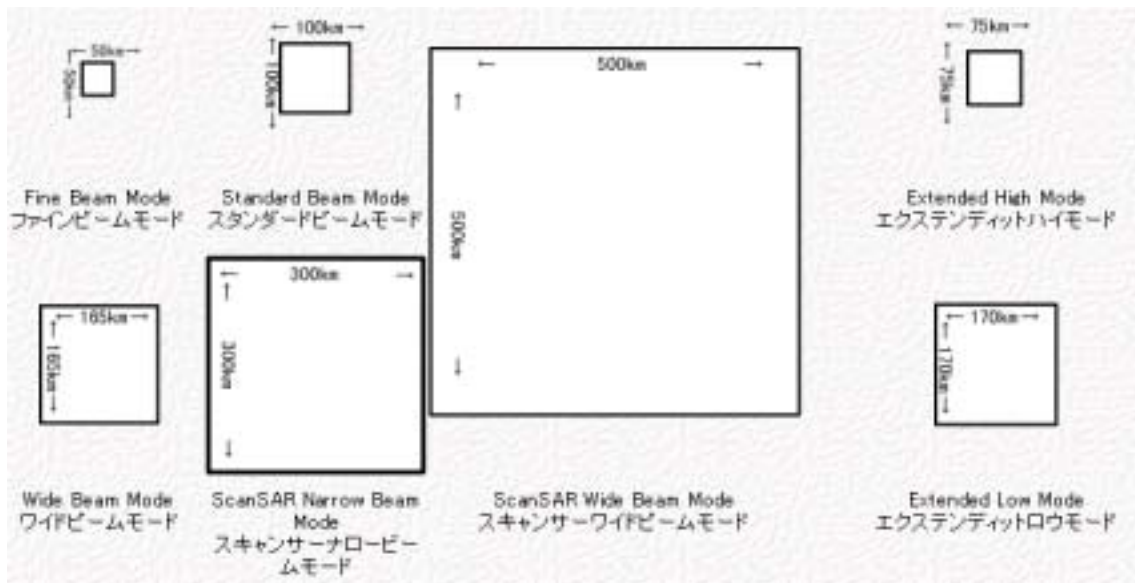
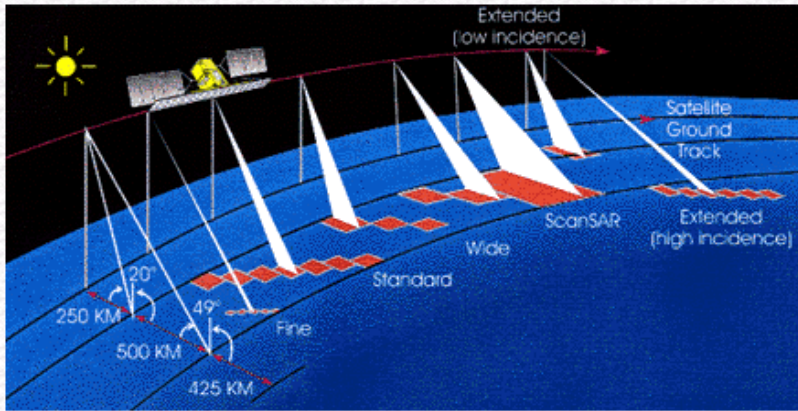
(宇宙開発事業団 提供)

図 3-5 SPOT の観測幅と観測シーンの大きさ

(4) RADARSAT

図 3-6 は RADARSAT の観測の様子で、観測幅や画像 1 シーンの大きさは、運用モードによって各々異なっている。

- Fine Beam Mode : 横 50km × 縦 50km
- Standard Beam Mode : 横 100km × 縦 100km
- Wide Beam Mode : 横 165km × 縦 165km、横 150km × 縦 150km、横 130km × 縦 130km
- Scan SAR Narrow Beam Mode : 横 300km × 縦 300km
- Scan SAR Wide Beam Mode : 横 500km × 縦 500km
- Extended High Mode : 横 75km × 縦 75km
- Extended Low Mode では、横 170km × 縦 170km



モード	分解能
Fine Beam Mode ファインビームモード	10 m
Standard Beam Mode スタンダードビームモード	30 m
Wide Beam Mode ワイドビームモード	30 m
ScanSAR Narrow Beam Mode スキャンサーナロービームモード	50 m
ScanSAR Wide Beam Mode スキャンサーワイドビームモード	100 m
Extended High Mode エクステンディットハイモード	25 m
Extended Low Mode エクステンディットロウモード	35 m

(宇宙開発事業団 提供)

図 3-6 RADARSAT の観測幅と観測シーンの大きさと分解能

表3-1 衛星及びセンサー仕様一覧(1/3)

衛星(国名) *2	軌道		観測センサー機器					
			センサー名	スペクトラムバンド数	空間分解能(m)	観測幅(km)	シーンサイズ(km)	シーンデータ量(Mbyte/シーン)
Landsat-7 (USA)	軌道	太陽同期準回帰	ETM (Enhanced Thematic Mapper)	Pan 1	15	185	185 × 170	139.8
	回帰日数	17 days		VNIR 4	30			34.9
	衛星高度	Approx.705 km		SWIR 2				
	傾斜角	Approx.98.2 deg.		TIR 1	60			
SPOT-4 (France)	軌道	太陽同期準回帰	HRVIR (High Resolution Visible and Middle Infrared)	Multi 4	20 × 20	60	60 × 60	9
	回帰日数	26 days		Pan 1	10 × 10	60	60 × 60	36
	衛星高度	Approx.832 km	VEGETATION					
	傾斜角	Approx.99 deg.		4	11.15 × 1.15km	2200		
IRS-1C/1D (India)	軌道	太陽同期準回帰	LISS-3 (Linear Imaging Scanner System)	Multi 3	23.4	141	140 × 140	35.8
	回帰日数	22 days		1	73			70 × 70
	衛星高度	Approx.904 km	PAN (Panchromatic Camera)	Pan 1	10	70.5	70 × 70 23 × 23	49
	傾斜角	Approx.98.6 deg.	WiFs (Wide Field Sensor)	2	188	774		
Radarsat (Canada)	軌道	太陽同期準回帰	SAR (Synthetic Aperture Radar)	1				
	回帰日数	24 days			(8 ~ 9) × 9	50	50 × 50	61.8
	衛星高度	Approx.798 km		Fine				
	傾斜角	Approx.99 deg.		Standard	25 × 28 (4looks)	100	100 × 100	
				Wide	(23,27,35) × 28 (4looks)	150	165 × 165 150 × 150 130 × 130	
				Scan SAR Narrow	50 × 50 (2 ~ 4looks)	300	300 × 300	70
				Scan SAR Wide	100 × 100 (4 ~ 8looks)	400/500	500 × 500	
				Extended High	25 × 28 (4looks)	75	75 × 75	
		Extended Low	25 × 35 (4looks)	170	170 × 170			

表3-1 衛星及びセンサー仕様一覧(2/3)

衛星(国名) *2	軌道		観測センサー機器						
			センサー名	スペクトラムバンド数	空間分解能(m)	観測幅(km)	シーンサイズ(km)	シーンデータ量(Mbyte/シーン)	
TERRA (USA)	軌道	太陽同期準回帰	ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection radiometer)			60	60 × 60		
	回帰日数	16 days		VNIR 3	15				16
	衛星高度	Approx.705 km		SWIR 6	30				4
	傾斜角	Approx.98.2 deg.		TIR 5	90				0.4
ALOS (Japan)	軌道	太陽同期準回帰	PRISM (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping)	1	2.5	35	70 × 70 35 × 35	784	
	回帰日数	Approx.45 day	AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2)	4	10	70	70 × 70	49	
	衛星高度	Approx.700 km	PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) Fine Resolution Scan SAR	1					
	傾斜角	Approx.98 deg.			10 (2 looks) 20 (4 looks)	70	70 × 70	250.1	
					100	250 ~ 360	350 × 350 350 × 300 350 × 250	24.5	
IKONOS (USA)	軌道	太陽同期準回帰	Pancromatic	1	1(Nominal) 0.82(直下)	11(Nominal)	11 × 11 (Nominal)	166	
	回帰日数 衛星高度 傾斜角 平均再訪時間	11 days Approx.680 km Approx.98.1 deg. 11日(最大2~3日)	Multispectral	4	4(Nominal) 3.3(直下)		11 × 100 ~ (Strip)	10.4	

表3-1 衛星及びセンサー仕様一覧(3/3)

衛星(国名) *2	軌道		観測センサー機器					
			センサー名	スペクトラムバンド数	空間分解能(m)	観測幅(km)	シーンサイズ(km)	シーンデータ量(Mbyte/シーン)
QuickBird (USA)	軌道 回帰日数 衛星高度 傾斜角 平均再訪時間	太陽同期準回帰 20 days Approx.450 km Approx.98 deg. 1 ~ 3.5日	Pancromatic	1	0.61(直下)	16.5	16.5 × 16.5 (Nominal)	1006
			Multispectral	4	2.4(直下)		16.5 × 165 (Strip)	65
OrbView-3 (USA)	軌道 回帰日数 衛星高度 傾斜角 平均再訪時間	太陽同期準回帰 16 days Approx470 km Approx97.25 deg. 3日程度	Pancromatic	1	1(Nominal)	8	8 × 8 (Nominal)	88
			Multispectral	4	4(Nominal)			5.5