

地球探査衛星業務の概要



平成27年12月11日

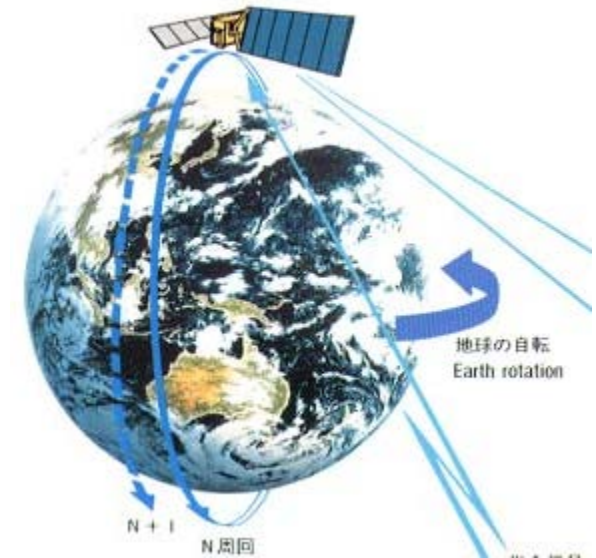
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
周波数管理室

地球探査衛星とは

- 気候変動、水循環及び地球温暖化・炭素循環等、人類は地球環境に関するさまざまな問題に直面しているが、これらの問題への対応、解決法を見出すためには、まずは現状を観測することが必要となる。
- 衛星からの観測（リモートセンシング）は、このような地球規模の変化を把握するために有効な手段である。地球環境問題解決に貢献するための各国主要宇宙機関の取組みは、主に政府主導で行われている。
- 衛星からのリモートセンシングは、この他、①災害分野、②気象予報、③水産業に関する海面温度・海色分布・海洋ガバナンス、④農林業に関する植林面積・農地面積、⑤国土保全に関する土地利用状況、⑥測量・地図作成に関する地殻変動、⑦地表面の立体画像等、実利用における多種多様なニーズへのソリューションとして重要な役割を担っている。

地球探査衛星のセンサー種類

- 電波高度計
- 合成開口レーダ(SAR)
- 散乱計
- 降雨レーダ
- 雲レーダ
- パッシブ計（水蒸気、土壌、温度計測等）



リモートセンシングを行う地球観測衛星は、地球全体を観測するグローバルなシステム。衛星が地球上の同一地点を定期的（回帰性）に同一時刻（太陽同期性）に観測できるように衛星の軌道が決められる。具体的には、地球の両極近くを通る太陽同期準回帰軌道に投入されることが多い。この軌道では、いつもほぼ同じ時刻に同一地点の上空を通過し、一周ごとに違った経路をたどりますが、ずれ方に規則性があり、ある一定日数を経過後には再びほぼ同じ時刻に同じ位置に戻ってくるため、観測対象の変化を捉えることが容易となる。

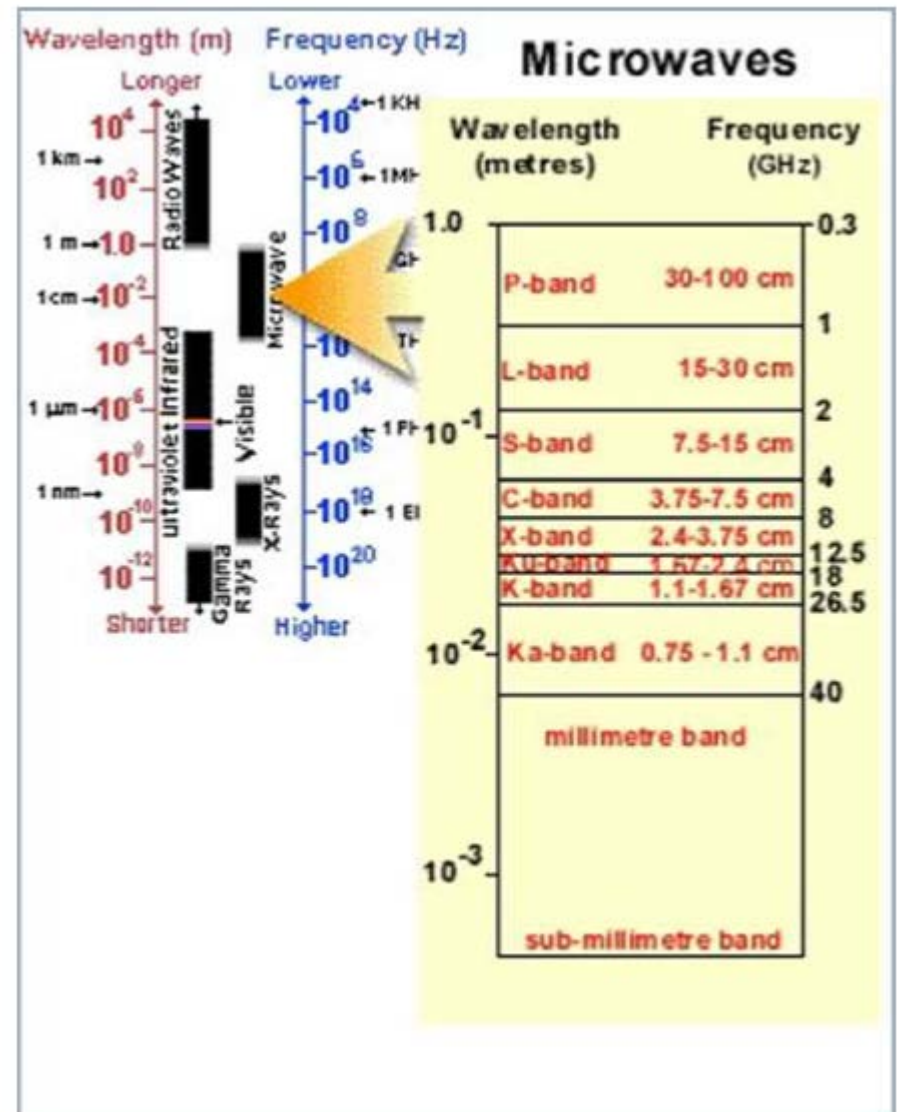
地球探査衛星用センサーの周波数特性

1mm~1mの波長の電磁波は、マイクロ波と呼ぶが、マイクロ波は、さらに波長により、Pバンド、Lバンド、Cバンド、Xバンド等に分類され、各バンドに観測上の特徴がある。

合成開口レーダの例では、このうち、Lバンド、Cバンド、Xバンドが使われている。

低い周波数ほど透過能力が高く、雲だけでなく植生の中にも浸透する。またXバンドなど高い周波数ほどターゲットの表面で散乱しやすくなる性質がある。

一方、物体の大きさが波長に近い場合、共振を起こし、反射強度が強くなることがある。したがって、観測しようとするターゲットの大きさ、散乱性質や伝搬媒質の特徴を調べた上で、レーダを設計し、データを解析する必要がある。



5GHz帯を利用した主な地球探査衛星システム

- 5,250MHz-5,570MHz : 地球探査衛星業務（能動）に分配
- 主に、合成開口レーダ(SAR)、電波高度計、散乱計で使用
- 主なシステム

①Sentinel-1

ヨーロッパ宇宙機関（ESA）と欧州連合（EU）による地球観測プログラム「コペルニクス計画」の下、開発されているSAR。陸域観測等。2基からなる衛星コンステレーション。2014年に1号機打ち上げ。2号機は2016年に打ち上げ予定。

②Sentinel-3

Sentinel-1同様、2基からなる衛星コンステレーション。海面温度、地表面温度、海面高度を計測。2015年12月に1号機を打ち上げ予定。

③RADARSAT-2、-3

カナダ宇宙機関（CSA）が運用するSAR。全天候の陸海域モニタリング。2号機は2007年12月に打ち上げ、現在運用中。3号機は、2018年に打ち上げ予定(3基からなる衛星コンステレーション)。気象庁がオホーツク海における海氷の把握等に利用するなど、観測データは国内でも活用されている。

④Jason-2、-3

米国航空宇宙局（NASA）、米国海洋大気庁（NOAA）、フランス国立宇宙研究センター（CNES）、欧州気象衛星機関(EUMETSAT)が運用する海面高度計。海洋大循環のモニタ等に活用。Jason-2は2008年打ち上げ、現在運用中。Jason-3は2016年打ち上げ予定。

5GHz帯無線LANと地球探査衛星の共用検討

- 既に、ITU-Rにおいて5GHz帯無線LANと地球探査衛星との周波数共用についての検討が実施されており、ITU-R勧告、レポート等により、共用条件や、共用の可否についての見解が示されている。
- 国内 : 5,250MHz-5,350MHz帯は、過去のITU-Rにおける研究により、屋内利用を前提に一定の運用条件を満たす無線LANとの共用が可能との結論が得られ、現在利用されている。
- WRC-15 : 議題1.1 (IMT用追加周波数の検討) の下、5,350MHz-5,470MHz帯への無線LANの導入が検討されたが、地球探査衛星との共用が可能との結論が得られなかった。その中で、干渉軽減技術の検討も行われたが、既存業務保護にあたり、有効性が認められる干渉軽減技術は識別されなかった。
- WRC-19 : 無線LANの5GHz帯への追加割当の検討を行う新たな議題が設定。
検討周波数帯 5,150-5,350MHz、5,350-5,470MHz、5,725-5,850MHz、5,850-5,925MHz帯
(注1 : 5,150-5,350MHzの屋外利用の検討も含む。)
(注2 : WRC-15の結果を踏まえ、5,350-5,470MHz帯に無線LANを導入する場合、新たな干渉軽減技術の導入が必要な旨も記載。)
- 共用検討にあたっては、地球探査衛星を保護するための、新たな干渉軽減技術の導入、または、実行性のある導入数制限の管理が必要となる。さらに、ITU-Rにおける過去の検討、及び、WRC-19に向けた検討動向にも留意していくことが必要。

(参考) 5.3GHz帯のSAR諸元例①

出典:ITU-R RS.1632

Parameter	Value			
	SAR1	SAR2	SAR3	SAR4
Orbital altitude (km)	426 (circular)	600 (circular)	400 (circular)	400 (circular)
Orbital inclination (degrees)	57	57	57	57
RF centre frequency (MHz)	5 305	5 405	5 405	5 300
Peak radiated power (W)	4.8	4 800	1 700	1 700
Polarization	Horizontal (HH)	Horizontal and vertical (HH, HV, VH, VV)	Horizontal and vertical (HH, HV, VH, VV)	Horizontal and vertical (HH, HV, VH, VV)
Pulse modulation	Linear FM chirp	Linear FM chirp	Linear FM chirp	Linear FM chirp
Pulse bandwidth (MHz)	8.5	310	310	40
Pulse duration (μ s)	100	31	33	33
Pulse repetition rate (pps)	650	4 492	1 395	1 395
Duty cycle (%)	6.5	13.9	5.9	5.9
Range compression ratio	850	9 610	10 230	1 320
Antenna type (m)	Planar phased array 0.5 \times 16.0	Planar phased array 1.8 \times 3.8	Planar phased array 0.7 \times 12.0	Planar phased array 0.7 \times 12.0

次頁に続く

(参考) 5.3GHz帯のSAR諸元例①

前頁からの続き

出典:ITU-R RS.1632

Parameter	Value			
	SAR1	SAR2	SAR3	SAR4
Antenna peak gain (dBi)	42.2	42.9	42.7/38 (full focus/beamspoiling)	42.7/38 (full focus/beamspoiling)
Antenna median side lobe gain (dBi)	-5	-5	-5	-5
Antenna orientation (degrees from nadir)	30	20-38	20-55	20-55
Antenna beamwidth (degrees)	8.5 (El), 0.25 (Az)	1.7 (El), 0.78 (Az)	4.9/18.0 (El), 0.25 (Az)	4.9/18.0 (El), 0.25 (Az)
Antenna polarization	Linear horizontal/vertical	Linear horizontal/vertical	Linear horizontal/vertical	Linear horizontal/vertical
Receiver front end 1 dB compression point ref to receiver input (dBW)	-62 input	-62 input	-62 input	-62 input
Allowable density of configuration saturation ref to receiver input	-114/-54 dBW input at 71/11 dB receiver gain	-114/-54 dBW input at 71/11 dB receiver gain	-114/-54 dBW input at 71/11 dB receiver gain	-114/-54 dBW input at 71/11 dB receiver gain
Receiver input max. power handling (dBW)	+7	+7	+7	+7
Operating time (%)	30 the orbit	30 the orbit	30 the orbit	30 the orbit
Minimum time for imaging (s)	9	15	15	15
Service area	Land masses and coastal areas	Land masses and coastal areas	Land masses and coastal areas	Land masses and coastal areas
Image swath width (km)	50	20	16/320	16/320

(参考) 5.3GHz帯のSAR諸元例②

出典: JTG 4-5-6-7 ITU-R新報告草案

Parameter	Radarsat-3 (RCM)	Sentinel-1 CSAR
Sensor type	SAR	SAR
Orbital altitude (km)	586.9-615.2	693
Orbital inclination (degrees)	97.74	98.18
RF centre frequency (MHz)	5 405	5 405
Peak radiated power (W)	1 490	4 140 (at ant input)
Polarisation	HH, VV, HV, VH, compact (circular on Tx, linear on Rx)	V and H
Antenna type	Phase array	Phase array
Antenna gain (dBi)	40-45	43.5 to 45.1
Antenna pattern steering capability	Steerable in elevation from 16 to 51 degrees	Steerable in elevation 18 to 40 deg
Antenna orientation (degrees from nadir)	33° (right-looking)	20 to 47 deg
Receiver noise figure (dB)	6 (system)	3.2
Pulse/Receiver bandwidth (MHz)	14-100 (selectable)	Up to 100 MHz
Minimum Pulse Width (µs)	10	25.83
Noise power (dBW)	-128/14 MHz to -119/100 MHz	-121/100 MHz
Service area	Global	Global
Footprint (km ²)	225 (avg)	250
Image swath width (km)	20-500	20-250

