

## 第九章 画像センサのプラットフォーム

1. プラットフォームとは
2. プラットフォームの軌道
3. 軌道の種類
  - 軌道傾斜角
  - 周期性
4. 現在運用されているプラットフォーム
  - NOAA
  - Landsat
  - SPOT
  - JERS-1
  - その他

### 問題

1. 地心直交座標系 (x, y, z) 単位kmで表された人工衛星がある (4069, 3414, 3694) . この人工衛星を , 緯度・経度・高度で表せばどのようなになるか計算せよ . なお地球は , 半径6,378kmの球形とする .
2. 地表から240km上空を飛行するスペースシャトルの周期を求めなさい . なお , 地球の半径を6378km ,  $G^2M$ の定数を $3.986 \times 10^{20}(\text{cm}^3/\text{s}^2)$ とする .

## プラットフォームとは？

### 1. プラットフォームの種類

- センサを搭載する装置をプラットフォームと呼んでいる。人工衛星や航空機が代表的なものである。それ以外にもラジコン飛行機・気球・クレーン車など様々なプラットフォームがある。

### 2. なぜ、人工衛星をプラットフォームに利用するのか？

- 航空機などは風の影響を受けるため姿勢制御が難しい。また、天候によっては飛ばせない場合もある。ところが、人工衛星の場合、大気がほとんどないため軌道が安定しており、太陽電池の寿命が尽きるまで絶え間なくデータを取得することができる。したがって、時系列的な変化を追跡するのに優れている。
- つぎに挙げられる利点は、広域観測が可能なことである。これは人工衛星ならではの利点で、気象観測衛星「ひまわり」などは、常に地球の半分の状況を監視することができる。他にも広域観測が可能な衛星センサもあり、地球規模での環境変動のモニタリングに極めて有効である。
- さらに、同じセンサで全地球のデータを取得することができるためデータが均質であることも利点としてあげたい。実際には大気状態の影響で、時系列処理が困難な場合があるが、適切な大気補正さえできれば、基本的に同じセンサでデータが取得されているので、データ同士の比較は容易である。

# プラットフォームの軌道

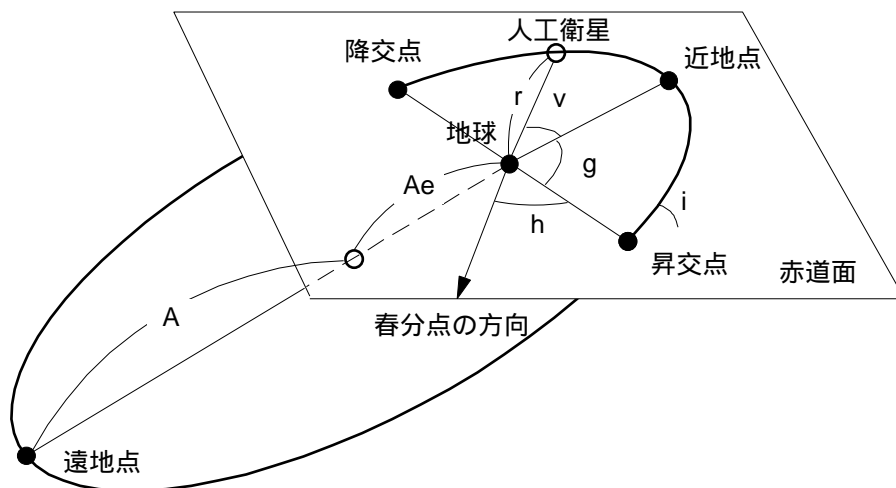
## 1. 軌道要素

- 人工衛星は、通常楕円軌道で運動する。地球はその楕円の焦点に位置する。楕円軌道上での人工衛星の位置は、以下に示す6つの軌道要素で決定できる。

- ・ 軌道長半径 (A) : 軌道楕円の長径
- ・ 軌道離心率 (e) : 軌道楕円の離心率

下図において  $e = Ae / A$

- ・ 軌道傾斜角 (i) : 軌道面と赤道面とのなす角度
- ・ 昇交点赤経 (h) : 軌道が赤道を南から北へ横切る点の赤経
- ・ 近地点引数 (g) : 軌道面内の近地点方向
- ・ 真近点離角 (v) : 軌道面内の衛星と近地点のなす角度



## プラットフォームの位置推算

### 1. 位置推算

- + 引力定数を求め、ケプラーの法則を適用すれば、軌道上での衛星の位置が求まる。
  - 地球は楕円軌道の焦点に位置する
  - 面積速度一定
  - 衛星の周期の2乗は、軌道半長径の3乗に比例する。
- 軌道上の位置が決まれば、座標変換により地心座標系に変換し、さらに赤道座標系に変換すれば、衛星の見かけの位置が求まる。

### 円運動時の軌道速度

$$V = \frac{2\pi r}{P}$$

r: 軌道半径  
P: 周期

### 万有引力の法則

$$mg = G \frac{Mm}{r^2}$$

M: 地球の質量  
m: 人工衛星の質量  
g: 重力加速度  
G: 万有引力定数  
K: 定数 (GM)<sup>1/2</sup>

### 加速度

$$a = \frac{V^2}{r}$$

a = g として整理すると、以下のケプラーの法則を得る。

$$\frac{r^3}{P^2} = \frac{G^2 M}{4\pi^2}$$

## 軌道の種類

### 1. 軌道形状

- 離心率によって円軌道，楕円軌道，放物線軌道，双曲線軌道に分類できる．主な地球観測衛星は，円軌道に近い形状をしている．

### 2. 軌道傾斜角

#### + 赤道軌道

- 軌道傾斜角が $0^\circ$ 程度のものを赤道軌道と呼んでいる．常に赤道上に位置するため，

#### + 極軌道

- 軌道傾斜角が $90^\circ$ 程度のものを極軌道と呼んでいる．地球は自転しているので，地球上をくまなく計測することができる．

#### + 傾斜軌道

- 赤道軌道でも極軌道でもないものがこれに当たる．赤道から中緯度地域を集中的に測定するのに用いられる．

### 3. 周期性

#### + 太陽同期軌道

- 衛星の軌道面が1恒星年の間に地球の公転と同じ向きに1回転する軌道である．同一の地点で毎日同じ地方時に，同じ方向に衛星が上空を通過する．つまり，太陽の角度などの観測条件が毎回同じとなる．

#### + 静止軌道

- 地球の赤道を地球の自転と同じ1恒星日の周期で周回する．同一の地点では，時刻に関らず同じ方向に衛星を見ることができる．気象衛星や通信衛星の軌道として採用されている．

## 現在運用されているプラットフォーム(Landsat )

### 1. 概要

- 米国が打ち上げた世界で初の本格的なリモートセンシング衛星である。1972年に1号機が打ちあがり，現在5号が運用されている。6号は1993年に打ち上げを失敗したが，7号が1999年に打ち上げ成功。

### 2. 軌道

- 軌道要素は，軌道高度705km，軌道傾斜角は98°の太陽同期極軌道である。17日間で地球全体を観測し，17日周期で同じ地域の上空を観測する。

### 3. 観測機器

- Landsat5号は，MSSとTMという2種類のマルチスペクトル走査計を搭載している。つまり多チャンネルのポイントセンサである。MSSの地上での空間分解能は80mなのに対し，TMは30mと高い分解能を有している。観測幅は，約185kmである。

## 現在運用されているプラットフォーム(NOAA)

### 1. 概要

- 米国海洋大気庁 ( National Oceanic and Atmospheric Administration ) によって運用されている気象観測衛星
- 現在12号と14号が運用されている .

### 2. 軌道

- 12号と14号の軌道要素はそれぞれ833kmと870kmの軌道高度で、軌道傾斜角は98.9°と98.7°、周期は102分と101分の太陽同期極軌道である。常に2機体制で運用されているのは、気象観測を目的としているため同一領域を1日に2回観測するためである。

### 3. 観測機器

- NOAAの主なセンサは、AVHRR/2 (Advanced Very High Resolution Radiometer model 2)とTOVS (TRIOS Operational Vertical Sounder)である。AVHRR/2は、雲の分布、値表面・海面の温度分布の観測が主な目的である。地上での空間分解能は衛星直下で約1.1km、観測幅は約2700kmと非常に広域をカバーする。TOVSは、大気中の気温や湿度の鉛直分布を見るための分光計である。両センサともポイントセンサである。

## 現在運用されているプラットフォーム(SPOT)

### 1. 概要

- フランスが、1986年に打ち上げた高性能な地球観測衛星である。斜め観測による立体視が可能な点で特徴的である。

### 2. 軌道

- 軌道要素は、軌道高度830km、軌道傾斜角は98.7°の太陽同期極軌道である。26日間で地球全体を観測し、26日周期で同じ地域の上空を通過するが、斜めにセンサを向かせることもできるので実質的には4～5日間隔での観測が可能。

### 3. 観測機器

- HRVセンサを搭載し、マルチスペクトル(XS)とパンクロマチック(PA)の2つのモードを持つ。XSは地上での空間分解能が30mなのに対し、PAは10mと非常に高い分解能を有している。観測幅は、約60kmである。



## 現在運用されているプラットフォーム(JERS-1)

### 1. 概要

- 日本が1992年に打ち上げた高性能な地球観測衛星である。立体視が可能なマルチスペクトルセンサと能動型のマイクロ波センサを持つ。電源システムの寿命により1999年に運用を終了。

### 2. 軌道

- 軌道要素は、軌道高度568km、軌道傾斜角は98°の太陽同期極軌道である。44日間で地球全体を観測し、44日周期で同じ地域の上空を観測する。

### 3. 観測機器

- OPSセンサとSARセンサを搭載し、OPSは地上での空間分解能が18m×24m、観測幅は75kmである。リニアアレイセンサを採用している。また、マイクロ波センサのSARも搭載し1.275GHz、HH偏波のマイクロ波によって気象条件に関らず観測できる。

## その他のプラットフォーム

### 1. GMS

- 日本の静止気象衛星，ひまわりと呼ばれている．東経140°の赤道上空36,000kmに位置している．3時間ごとにデータを取得．GMSは，スピン安定型の衛星でいわゆるポイントセンサである．

### 2. ADEOS

- 日本が1996年8月に打ち上げた地球観測衛星．OCTS, AVNIR, NSCAT, TOMS, IMG, POLDER, ILAS, RISの8つのセンサを搭載する大型プラットフォーム．残念ながら1997年6月に観測停止．大型プラットフォームのリスクの高さもろに現れた．2002年ADEOSIIが打ち上げ予定．

### 3. TRMM

- 日本が1997年8月に打ち上げた熱帯地域観測用衛星．軌道傾斜角が35°で，常に赤道付近を周回．熱帯林地帯の雨量などを求めるのが目的．現在順調にデータ取得中．

### 4. ALOS

- 日本が2003年に打ち上げ予定の地球観測衛星．PRISM, AVNIR-II, PALSARの3つのセンサを搭載する大型プラットフォーム．PRISMは，地上分解能2.5mのスリーラインセンサ．PALSARと伴に高精度の地形情報を得ることができる．

### 5. 商業衛星

- Early Bird: 米国Early Bird社が打ち上げる商業衛星．地上での空間分解能が3mという超高分解能衛星．1997年12月打ちあがったが，太陽電池パネルの異常で失敗．
- IKONOS: 米国Space Imaging社が打ち上げる商業衛星．地上での空間分解能が1mという超高分解能衛星．2000年打ち上げ成功．