



## 宇宙の利用と電波

2014年6月19日

広島国際大学 工学部  
川上 用一

## 目次

- (1) 宇宙との関わり
- (2) 地球と宇宙
- (3) 宇宙の利用
- (4) 電波による情報伝送
- (5) 電波による地球観測
- (6) 電波による位置計測
- (7) 今後の宇宙における電波利用

## 宇宙との関わり

### 通信衛星(衛星搭載機器)の研究開発

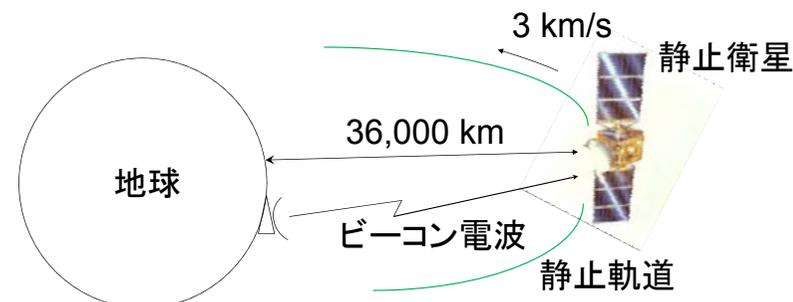
- 1983(S58)年～ 技術試験衛星(ETS-VI)  
1994年打上げ
- 1992(H4)年～ 商用通信衛星(N-STAR)  
1994年、1995年打上げ
- 1997年～ 技術試験衛星(ETS-VIII)
- 2001年 2006年打上げ



1995年南米ギアナ  
射場組立て

## 宇宙との関わり

### 人工衛星に搭載するアンテナの指向(電波発射方向)を高精度に制御するシステムの研究



## 地球と宇宙

### 太陽系惑星 地球



誕生: 46億年前  
質量:  $5.6 \times 10^{24}$  kg  
赤道半径: 6380 km  
自転軸の傾き: 23度26分  
自転周期: 0.997 日  
公転周期: 365.24 日

### 大気構造

|               |         |                        |
|---------------|---------|------------------------|
| 対流圏: 0~20 km  | 高度      | 大気(空気)の組成: 窒素78%、酸素21% |
| 成層圏: 20~50 km | オゾン層を含む | 高度 80 kmまでは同じ組成        |
| 中間圏: 50~80 km |         | 大気圧: 高度15kmで1/10       |
| 熱圏: 80 km ~   |         | 重力環境: 高度10km毎に0.3%減    |

ユビキタスフォーラム'14.06、2014年6月19日

5

## 地球と宇宙

### 宇宙の広がり

地球から電波(光)の速度で到達する時間

|           |       |
|-----------|-------|
| 月:        | 1.3 秒 |
| 火星(最接近時): | 3 分   |
| 太陽:       | 8.3 分 |
| 海王星:      | 4 時間  |
| 太陽系の周縁    | 1.6 年 |
| 天の川銀河の周縁  | 2 万年  |

ユビキタスフォーラム'14.06、2014年6月19日

6

## 宇宙の利用

### 宇宙の何を利用するか

#### 地球との距離

- ⇒地球上の広い範囲が見れる
- ⇒地球を外から見れる

#### 地球上と異なる環境

- ⇒真空
- ⇒微小重力
- ⇒電磁環境

ユビキタスフォーラム'14.06、2014年6月19日

7

## 宇宙の利用

### 利用目的

- ・科学の探求(地球の起源、未知の発見)
- ・地球の解明(自然環境、資源探査)
- ・人類への貢献(文明の進化、防災、安心・安全)
- ・夢の実現(教育、旅行、居住)

ユビキタスフォーラム'14.06、2014年6月19日

8

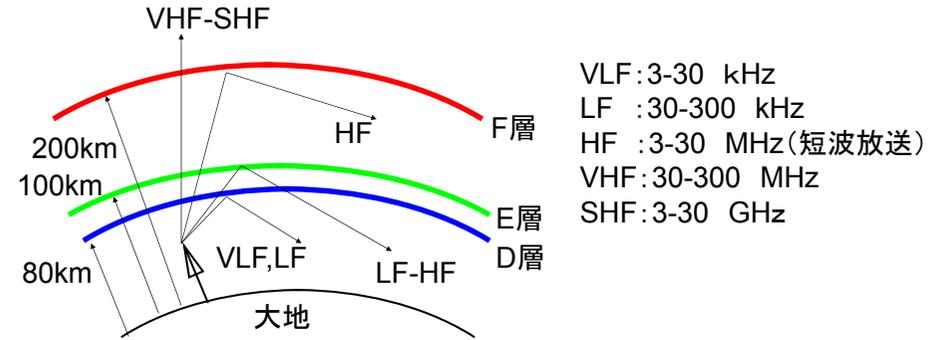
# 宇宙の利用

## 利用に必要な技術

- 通信技術 : 無線技術、回路技術、信号処理技術  
半導体技術、計算機技術
- ロケット技術: 推進系技術、軽量化技術、  
耐熱構造技術、航行制御
- 観測技術 : レーダ技術、センサー技術、画像解析
- 制御技術 : 軌道制御、姿勢制御、熱制御
- 生命科学技術: 環境維持、生体科学

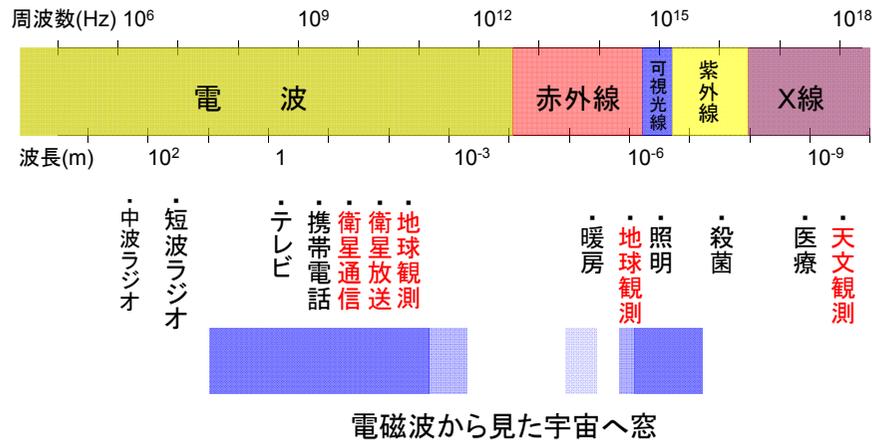
# 宇宙の利用

## 電離層の影響



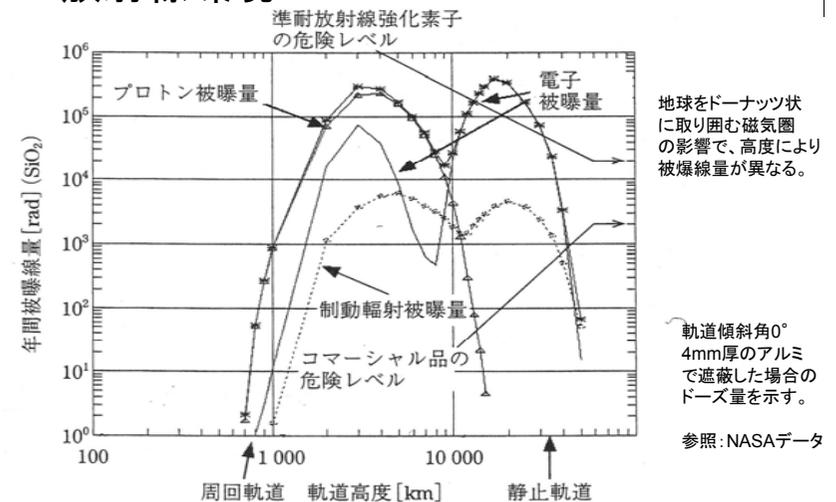
# 宇宙の利用

## 電磁波の利用

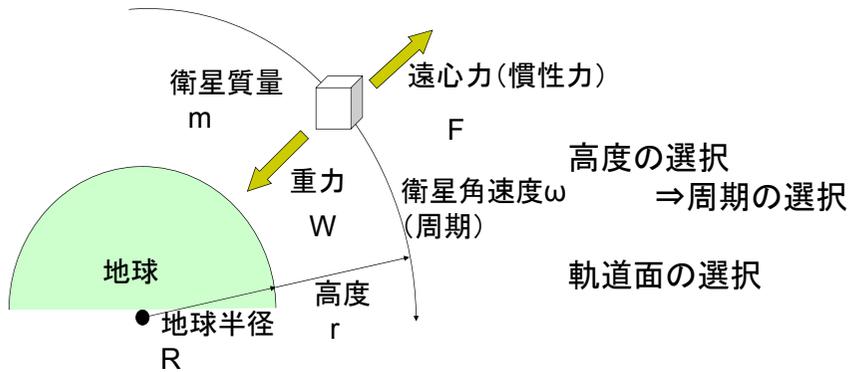


# 宇宙の利用

## 放射線環境



# 宇宙の利用 軌道の選択



- 1周/1日、赤道面(静止軌道)  $\Rightarrow$  放送、通信
- 中高度、複数の準同期軌道  $\Rightarrow$  衛星測位
- 中高度、極軌道(太陽同期)  $\Rightarrow$  地球観測

ユビキタスフォーラム'14.06、2014年6月19日

# 電波による情報伝達 世界の通信・放送衛星

静止衛星数(2009年)

Kuバンド 134(E) + 95(W)  
(12.4 - 18.0 GHz)

C バンド 88(E) + 75(W)  
(4.0 - 8.0 GHz)

ワールドICTビジュアルデータブックより

ユビキタスフォーラム'14.06、2014年6月19日

# 電波による情報伝達

## 日本の衛星放送

### BS放送システム



B-SAT社HPより

BSデジタル衛星  
BSAT-3C (2011年8月打上げ)  
送信電力:120 W



受信アンテナ(12 GHz)  
直径約45 cm

ユビキタスフォーラム'14.06、2014年6月19日

# 電波による情報伝達

## 日本の衛星放送

2014年5月現在

|               | BSアナログ      | CSアナログ            | BSデジタル     | CSデジタル       |
|---------------|-------------|-------------------|------------|--------------|
| 周波数帯 (GHz)、下り | 11.72-12.0  | 12.5-12.75        | 11.72-12.0 | 12.26-12.75  |
| 帯域幅           | 27 MHz      | 27 MHz            | 27 MHz     | 27 MHz       |
| 軌道位置 (度,東経)   | 110         | 150,154, 158, 162 | 110        | 110,124, 128 |
| サービス期間        | 1989 - 2011 | 1992-1998         | 2000-      | 1996-        |
| 加入者数*         | ————        | ————              | 約2090 万    | 約350 万       |
| チャンネル数        | 3 ch        | ————              | TV:12 ch   | TV:270 ch    |

※有料視聴契約数(衛星放送協会 HP、衛星通信年報参照)

ユビキタスフォーラム'14.06、2014年6月19日

# 電波による情報伝達

## 日本の通信・放送衛星

2013年6月現在

保有衛星数

放送衛星システム: 4

スカパーJSAT: 16

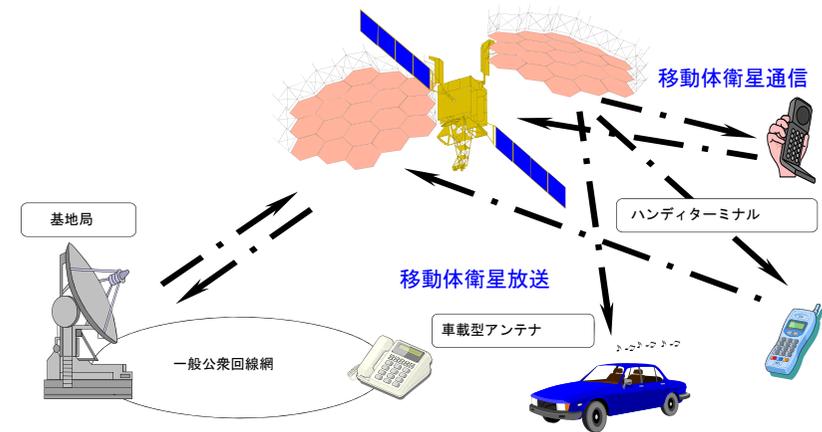
衛星通信ガイドブック 2013より

ユビキタスフォーラム'14.06、2014年6月19日

17

# 電波による情報伝達

## 衛星移動体通信



ユビキタスフォーラム'14.06、2014年6月19日

18

# 電波による情報伝達

## 日本の衛星移動体通信サービス

| 会社名  | 衛星軌道            | 衛星数 | 使用周波数 | サービスエリア             |
|--|-----------------|-----|-------|---------------------|
| Inmarsat                                   | 静止軌道            | 3   | Lバンド  | 極地を除くグローバル          |
| Iridium                                    | 低軌道<br>(780 km) | 66  | Lバンド  | グローバル               |
| Thuraya                                    | 静止軌道            | 2   | Lバンド  | 中東を中心に欧州から<br>極東アジア |
| DoCoMo                                     | 静止軌道            | 2   | Sバンド  | 日本本土および近海           |
| Lバンド: 0.39 - 1.55 GHz、Sバンド: 1.55 - 3.9 GHz |                 |     |       |                     |

ユビキタスフォーラム'14.06、2014年6月19日

19

# 電波による情報伝達

## 衛星携帯電話

Inmarsat  
Isat Phone  
279g、2.4 kbps(音声)



KDDI.comより

Iridium  
247g、2.4 kbps(音声)  
kbps(データ)



Aqua-tec.jpより

Thuraya  
193g、15kbps(上り)  
60kbps(下り)



Softbank.jpより

ユビキタスフォーラム'14.06、2014年6月19日

20

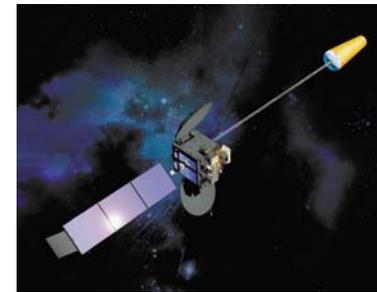
# 電波による地球観測

## 電波や光を用いた観測

| 種類    | 波長(周波数)              | 検出対象          |
|-------|----------------------|---------------|
| マイクロ波 | 23, 31 GHz           | 大気中の水蒸気、積雪、流水 |
|       | 14 GHz               | 降雨状況          |
|       | 1.3 GHz              | 地形            |
| 赤外光   | 11, 12 $\mu\text{m}$ | 地表、海面および雲の温度  |
|       | 6.8 $\mu\text{m}$    | 対流圏の水蒸気量      |
|       | 3.7 $\mu\text{m}$    | 雲の状態          |
|       | 0.8 $\mu\text{m}$    | 植物の生育状況       |
| 可視光   | 0.6 $\mu\text{m}$    | 雲や地表面からの太陽光   |
| 紫外光   | 0.3 $\mu\text{m}$    | オゾン量          |

# 電波による地球観測

## 気象観測



ひまわり6号(MT-SAT1R)  
2005年2月打上げ  
2010年6月まで運用、以降は待機予備  
質量:1.6トン  
寿命(気象ミッション):5年

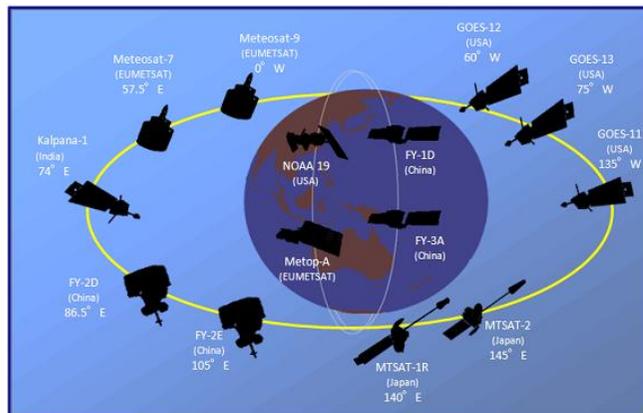


ひまわり7号(MT-SAT2)  
2006年2月打上げ  
2010年7月から運用  
質量:2.4トン  
寿命(気象ミッション):5年

気象衛星センター HPより

# 電波による地球観測

## 世界気象観測網



静止気象衛星  
日本 2 機  
米国 2 機  
欧州 2 機  
中国 2 機  
インド 1 機

極軌道気象衛星  
米国 1 機  
中国 2 機  
欧州 1 機

気象衛星センター HPより

# 電波による地球観測

## 降水観測



JAXA HPより

全球降水観測計画主衛星  
(GPM主衛星)

JAXA/NASA 共同開発

使用目的

水資源管理、洪水の警報  
気象予報精度向上  
異常気象の解明

搭載センサ:

DPRレーダ: 14, 36 GHz  
マイクロ波放射計: 11, 19  
24, 37, 89, 166, 183 GHz

軌道高度: 400 km

打ち上げ: H26 2月28日

# 電波による地球観測

## 陸域観測



JAXA HPより

だいち2号(ALOS 2)

使用目的

- 地図作成
- 災害状況把握
- 資源探査

主センサ:合成開口レーダ

周波数:1.2 GHz

分解能:1 m

軌道:太陽同期準回帰軌道

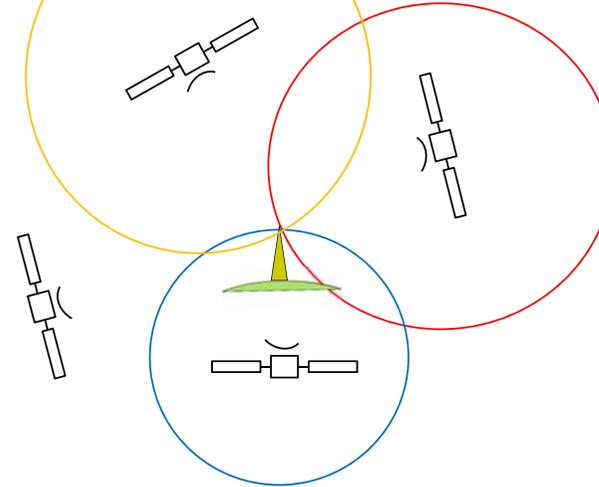
高度:628 km

打ち上げ:H26 5月24日



# 電波による位置計測

## 衛星測位方法

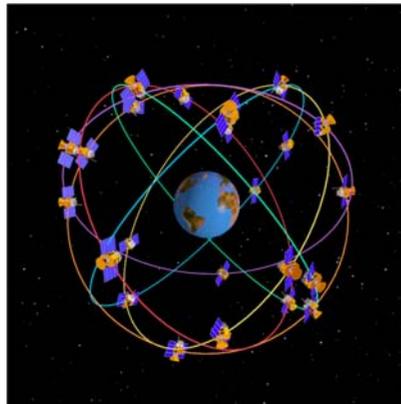


位置(軌道)が正確に分かっている3衛星からの信号伝搬時間を測定し衛星までの距離を計算する。  
時間も未知数として、最低4衛星からの情報で3次元位置を求める。



# 電波による位置計測

## GPS



www.montana.eduより

位置精度(単独測位):10m

使用周波数:1.6, 1.2GHz

衛星高度:20,180 km

衛星軌道数: 6

衛星総数(運用最低数)24

運用組織:米国 空軍

運用開始時期:1994年



# 電波による位置計測

## 世界の衛星測位システム

| システム名  | GPS          | GLONASS      | BeiDou       | Galileo      | QZSS         |
|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 開発国    | アメリカ         | ロシア          | 中国           | 欧州連合         | 日本           |
| 対象領域   | 全世界          | 全世界          | 全世界          | 全世界          | 日本周辺         |
| 初号機打挙げ | 1978年        | 1986年        | 2007年        | 2011年        | 2010年        |
| 現状     | 30機で運用中      | 24機で運用中      | 14機で地域サービス中  | 4機で実証中       | 1機で実証中       |
| 衛星数    | 24機          | 24機          | 35機          | 30機          | 4機           |
| 軌道     | 中高度          | 中高度          | 静止、中高度       | 中高度          | 同期軌道         |
| 衛星高度   | 20180 km     | 19130 km     | 静止/21,528 km | 23222 km     | 35778 km     |
| 使用周波数  | 1.2, 1.6 GHz | 1.3, 1.6 GHz | 1.2, 1.6 GHz | 1.2, 1.6 GHz | 1.3, 1.6 GHz |



## 今後の宇宙における電波利用



### (1) Kaバンド(20/30 GHz)の通信、放送への利用

- ・Cバンド、Kuバンドの周波数不足
- ・広帯域化

### (2) 衛星移動体通信の充実(Sバンド利用)

- ・防災対策
- ・地上通信網との接続

### (3) 衛星測位への利用拡大

- ・位置情報サービスの需要増大