

京都文教大学 2011年秋学期

宇宙の科学

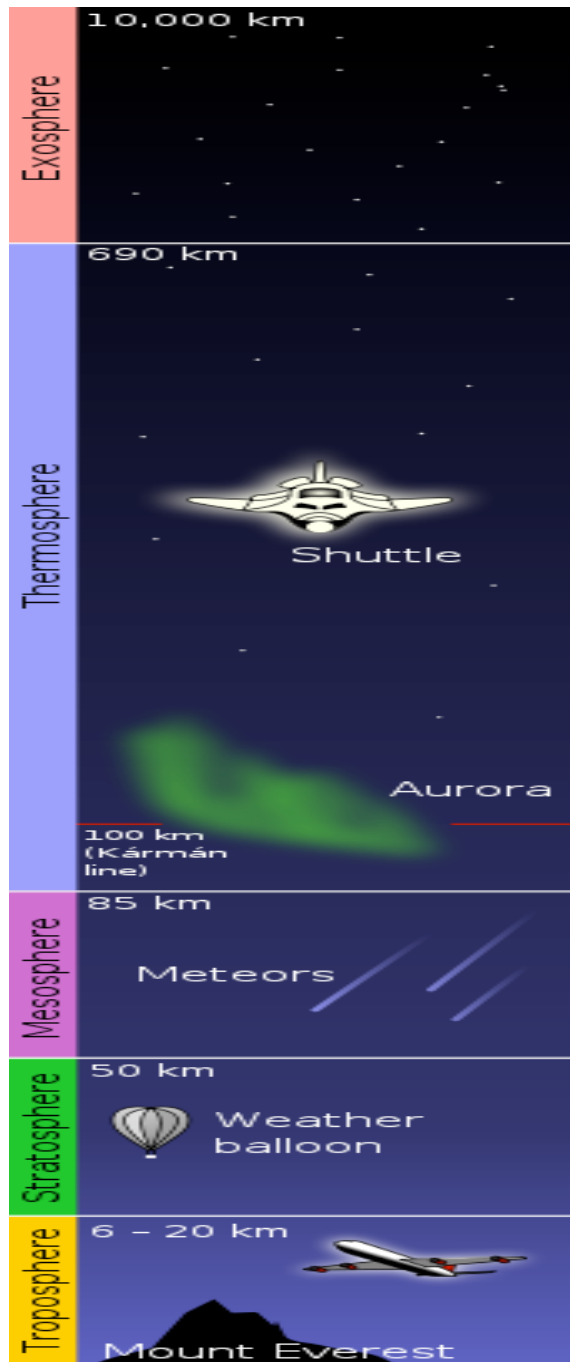
担当教員：磯部洋明

京都大学宇宙総合学研究ユニット・特定講師

京都文教大学・非常勤講師

第12回「宇宙開発と社会」

2011年12月20日



宇宙とはどこから？

外気圏>600km

熱圏(電離圏)~600km

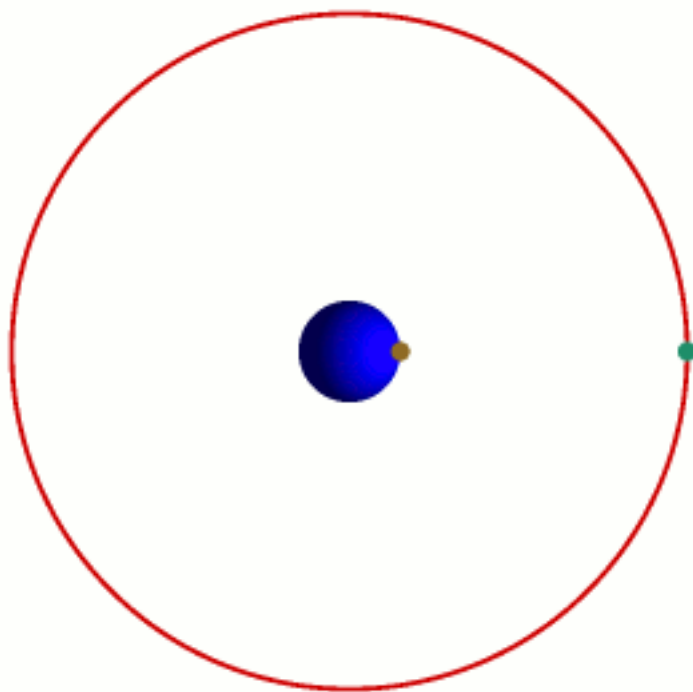
スペースシャトル、宇宙ステーション、オーロラ

中間圏~85km 流れ星

成層圏~50km オゾン層

対流圏~11km 飛行機

人工衛星と軌道



静止軌道 = 常に地球の同じ場所の
上空を飛んでいる軌道
高度3万6千km
(地球の半径は6500km)
気象衛星など

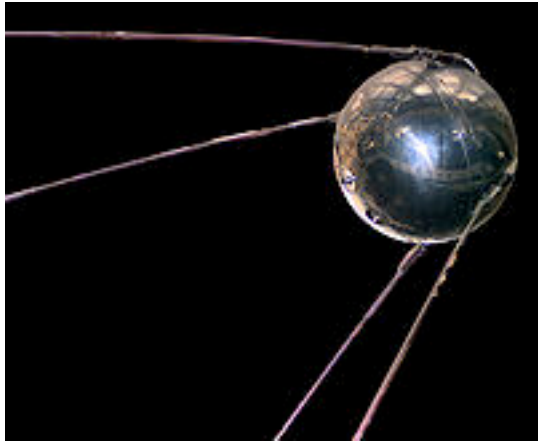


低軌道(宇宙ステーションなど)
高度数100km

世界の宇宙開発超略史

- 1200年頃 世界最初のロケットとして、火薬を使った「火せん」が発明された(中国)
- 1903年ライト兄弟、初飛行成功(アメリカ)
- 1926年 ロバート・ゴダードが、世界最初の液体燃料ロケット打ち上げに成功(米)
- 1942年 世界初のミサイルV-2の試験飛行に成功(ドイツ)
- 1957年 世界初の人工衛星「スプートニク」打ち上げ(ソ連)
- 1961年 ソ連のガガーリンがボストーク1号で人類で始めて宇宙へ
- 1969年 アポロ11号で宇宙飛行士2人が月面に着陸(アメリカ)
- 1979年 欧州宇宙機関(ESA)がアリアンロケット打ち上げ
- 1980年 インドが初の自力で人工衛星打ち上げ
- 1981年 世界初の有人再使用型ロケット「スペースシャトル」初飛行
- 2003年 宇宙飛行士1人を乗せた中国の神舟5号が打ち上げ、帰還成功。
- 2010年 国際宇宙ステーション完成

スプートニク1号



1957年に打ち上げられた世界初の人工衛星。球体の大きさ58cm、重さは約83kg。遠地点約950km、近地点約230km、軌道傾斜角65°の楕円軌道を96.2分で周回し、57日後に大気圏突入
衛星から出した電波を地上で受信することで、地球の高層大気(電離層)を観測。

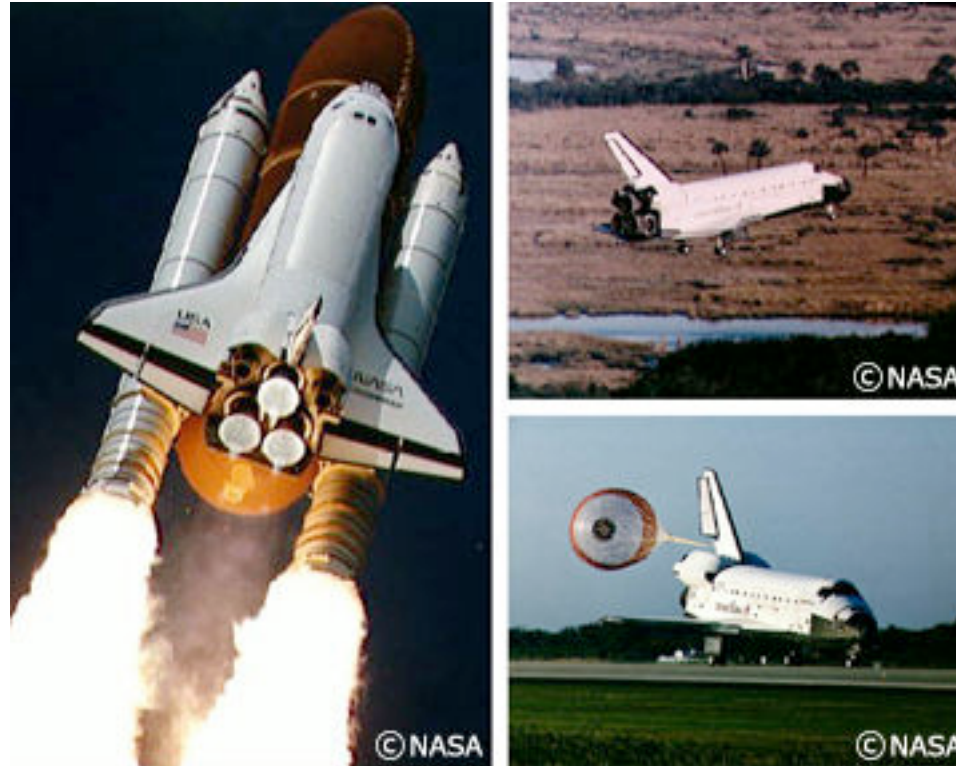
ソ連が宇宙開発でアメリカに先んじていることが明らかになり、アメリカは大きな衝撃を受けた(スプートニク・ショック)

直接関係ないが: コンピュートニク・ショック



2002年に完成した日本のスーパーコンピュータで、それまでの計算速度の世界記録を3倍以上更新して一気に世界一になった。アメリカでは主流でなかった「ベクトル型」というタイプの技術だったこともあり、計算機技術のアメリカの優位性を脅かすものとして、スプートニクショックになぞらえて「コンピュータ・ショック」と呼ばれた。高速計算機の技術が国力(産業、軍事)に直結しているという認識を示すもの。

スペースシャトル(1981-)



アメリカが開発した、初の有人再使用型宇宙輸送機。
ロケットで垂直に打ち上げられて、飛行機のように滑空してかえってくる。
2011年、運用終了予定。

ソユーズ

ソ連／ロシアのロケット／宇宙船

開発初期を除き、数十年間死亡事故なし

(スペースシャトルは2度死亡事故を起こしている)

基本的に開発当初の古い技術(＝枯れた技術、安定した技術)

今国際宇宙ステーションに人間を送り込めるのはソユーズのみ



日本の宇宙開発略史

- 1952年 糸川英夫教授率いる東大生産技術研究所発
- 足、ペンシルロケットの開発に着手
- 1969年 宇宙開発事業団発足。主に宇宙の実利用を担う
- 1970年 東京大学宇宙航空研究所が日本初の人工衛星「おおすみ」打ち上げ
- 1981年 東京大学宇宙航空研究所を母体として宇宙科学研究所 (ISAS) 設立。主に宇宙科学を担う。
- 1990年 TBS社員の秋山豊寛宇宙特派員、ソ連のソユーズTM11宇宙船に搭乗。日本人で始めて宇宙へ
- 1992年 日本人初の職業宇宙飛行士である毛利衛宇宙飛行士がスペースシャトル搭乗
- 2003年 宇宙3機関(宇宙開発事業団、宇宙科学研究所、航空宇宙技術研究所)が統合し、独立行政法人「宇宙航空研究開発機構」(JAXA)発足
- 2010年 国際宇宙ステーション・きぼう日本実験棟完成

日本のロケット



HIIロケット(液体燃料)



MVロケット(固体燃料)

打ち上げ動画 http://www.youtube.com/watch?v=ACI0hyU_D4U&feature=channel

ロケットとジェット機の違い

空気から酸素を取り込むのがジェットエンジン

酸素も一緒に持って行くのがロケットエンジン

今のロケットは燃料と酸化剤を燃焼させる「化学推進ロケット」。



コンスタンチン・ツィオルコフスキー

(1857 – 1935)



ロケットの理論、宇宙服、宇宙遊泳、人工衛星など、現在の宇宙開発に現れる概念のほとんどを最初に着想した

ツィオルコフスキーの公式

$$v = w \ln \frac{m_0}{m_T}$$

V : 出発からある時間たった時の速度

W : 推進剤の噴出速度

m_0 : ロケットの最初の重さ

m_T : ある時間たった時のロケットの重さ

ロケットの重量はほとんど燃料

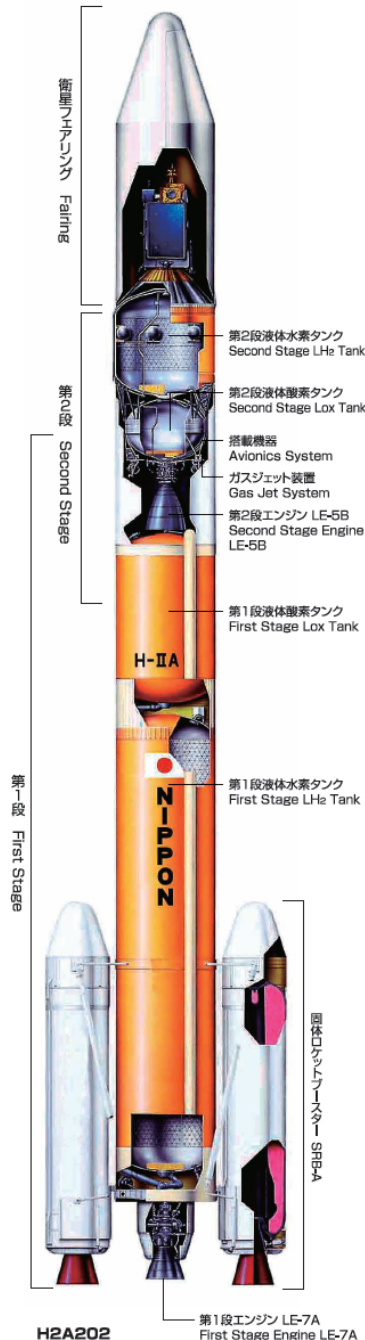
日本のHIIロケット
重さ～261トンのうち、

燃料質量：84%

機体質量：14.5%

ペイロード(積荷) 1.5% (～4トン)
(静止軌道に打ち上げる場合)

打ち上げ費用を約100億円(今はもう少し
安くなっている)とすると、1kgあたり2万5
千円

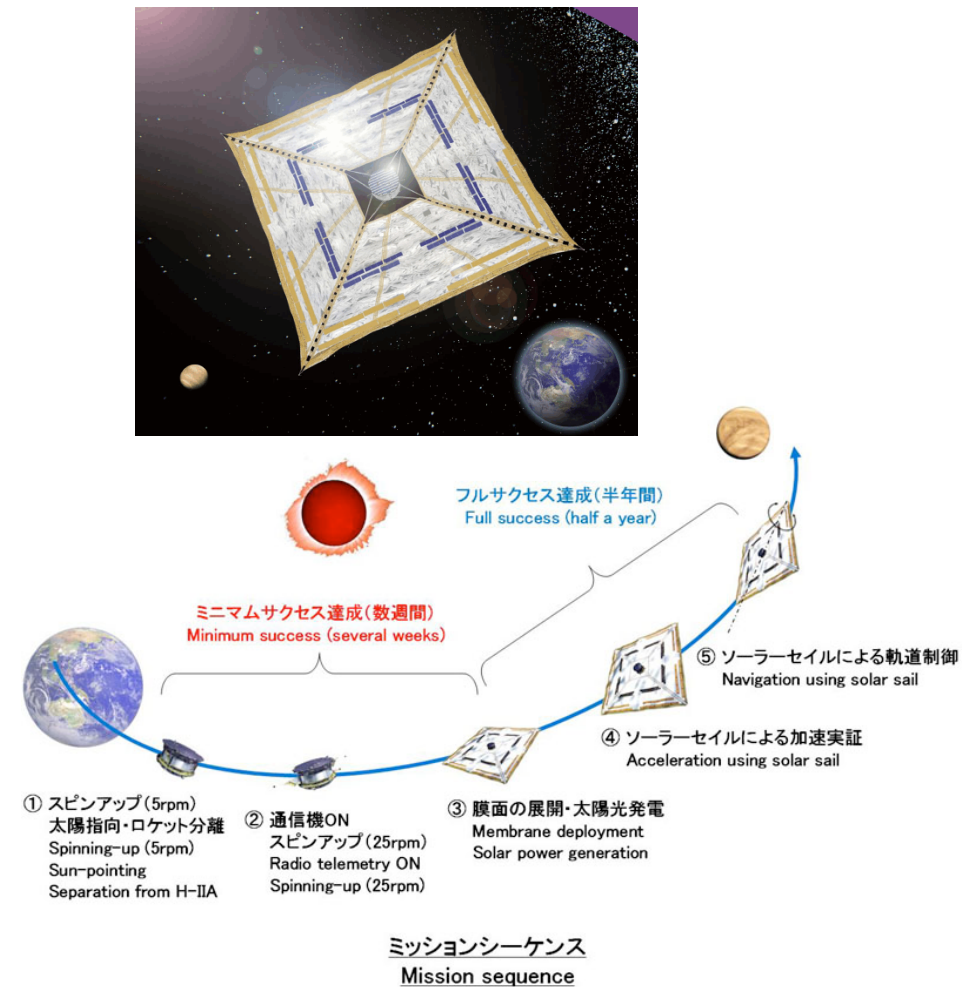


未来のロケット

- 電気ロケット(イオンエンジン)
 - イオンロケット推進剤をイオン化またはプラズマ状態にし、電気や磁気の利用して噴射。小型のものは衛星の制御用として実用化済(例:はやぶさ)
- 原子力ロケット
 - 原子炉の熱で推進剤を加熱し、噴射する。実験段階のみで実用化はされていません。
- 核分裂／核融合パルスロケット
 - 小型の原爆や水爆を連続的に爆発させ、その反動で推進
- レーザー推進ロケット
 - 地上からロケットにレーザーを照射し、それを受けて推進
- ソーラーセイル
 - 太陽光や太陽風の圧力を帆で受けて推進
- 核融合ロケット
 - 水素等の核融合物質を噴射して推進。宇宙空間の水素を集める場合も
- 光子ロケット
 - 物質と反物質を反応させ、光に変えて、それを噴射して推進

小型ソーラー電力セイル実証機 IKAROS

- 光も弱い「力」がある。空気抵抗のない宇宙空間では、太陽光の弱い光を受けることで帆船の用に進むことができる。
- IKAROSは太陽光による推進による技術実証のため、2010年に金星探査機「あかつき」と同時に打ち上げ。実験は成功。

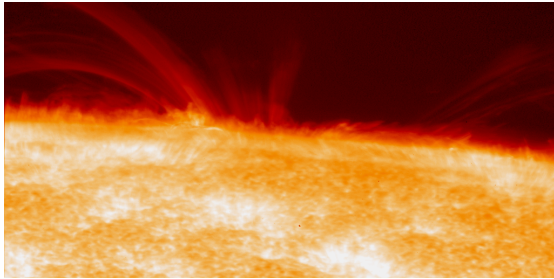


@ikaroskunはtwitterでもつぶやき中

宇宙でいったい何をしているのか？

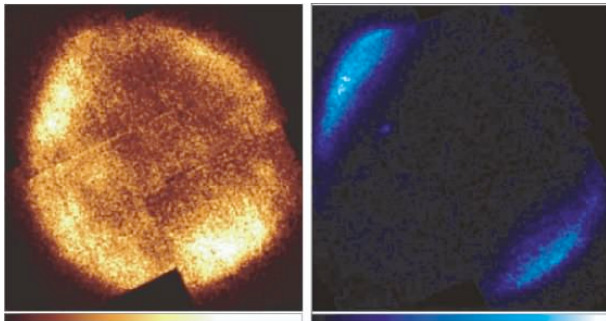
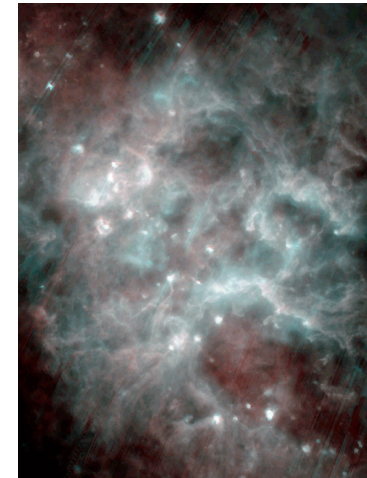
- 基礎科学・技術開発
 - － 天体観測、地球観測、太陽系探査
 - － 無重力中、宇宙放射線下での実験(宇宙ステーション)
 - － 技術実証衛星
- 実利用
 - － 放送衛星(BS)、通信衛星、GPS、気象衛星
 - － 情報収集衛星(軍事利用)
 - － ...

基礎科学・技術開発の人工衛星・探査機



太陽観測衛星 ひので

赤外線天文衛星 あかり

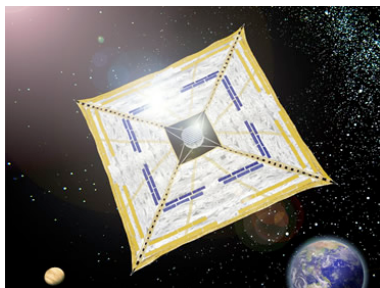


X線天文衛星 すざく

地球磁気圏観測衛星
GEOTAIL



小惑星探査機 はやぶさ



ソーラー電力セイル実証機
IKAROS

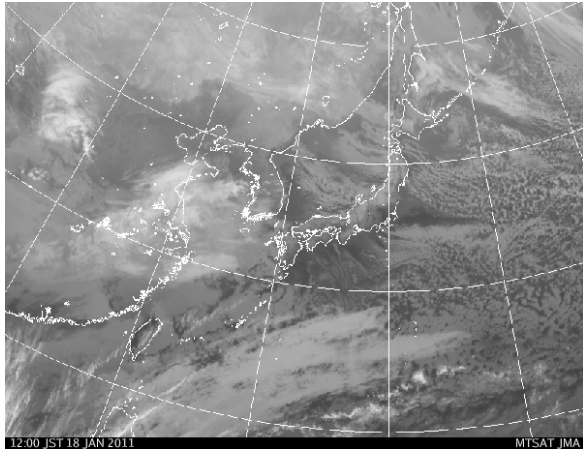
金星探査機 あかつき



実用のための人工衛星

(実用に向けた技術実証含む)

気象衛星 ひまわり7号(気象庁)



地球観測衛星 だいち(JAXA)



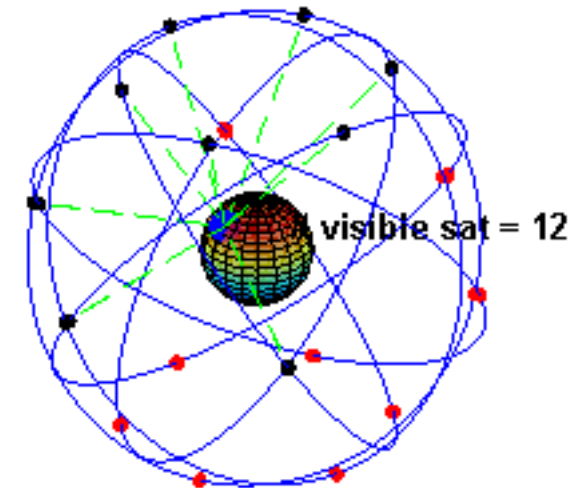
超高速インターネット衛星 きずな(JAXA)

放送衛星、通信衛星
BS、スカパー、WOWOW...

測位衛星(GPS、みちびき)

Global Positioning System (GPS: 全地球測位システム)

- 地球周回軌道をにある約30個の人工衛星のうち、数個から電波を受信することで、自分のいる位置を計算できる
- 衛星が送るのは、時刻と軌道の情報。
- 電波が届くまでの時間が衛星からの距離によって異なることを使い、位置を計算する(GPS衛星は電波を**送っているだけ**なので、追跡されているわけではない)
- 用途: 携帯、カーナビ、航空機や船舶の運行など
- 本来は**軍事用**にアメリカが打ち上げたシステム。非軍事目的に「も」使われている



日本政府が宇宙にかけているお金

平成22年度予算（政府原案）（宇宙関係予算）【各府省の主な施策】

全府省庁合計 **3,390億円**（対前年度 **▲90億円（▲2.6%）**）

【内閣官房】		63,638	(▲689)	【外務省】		190	(+3)
○ 情報収集衛星関係経費	63,536	(▲688)		○ 衛星画像における情報収集および分析にかかる経費	184	(+2)	
○ 宇宙開発戦略本部にかかる経費	102	(▲1)		※ その他、独立行政法人の運営費交付金の内数として、人工衛星を活用した技術協力を実施。			
【内閣府】		801	(+562)	【農林水産省】		1,110	(+380)
○ 総合防災情報システム（人工衛星等を活用した被害早期把握システムを統合）	697	(+562)		○ 農林水産施策におけるリモートセンシング技術の活用	762	(+99)	
【警察庁】		782	(+73)	○ 農林水産施策における衛星測位技術の活用	348	(+281)	
○ 高解像度衛星画像解析システムの運用等	782	(+73)		【経済産業省】		9,130	(▲307)
【総務省】		4,372	(▲191)	○ 小型化等による先進的宇宙システムの研究開発	2,246	(+608)	
○ 準天頂衛星システム、地上ノ衛星共用携帯電話システムの研究開発等	2,333	(+246)		○ 太陽光発電無線送電技術の研究開発	208	(+58)	
○ 超高速インターネット衛星「きずな」を利用した国際共同実験	100	(±0)		【国土交通省】		10,954	(▲693)
○ 地域衛星通信ネットワークの利用等	25	(+9)		○ 静止気象衛星業務等	9,087	(▲186)	
【文部科学省】		185,373*	(▲11,240)	○ 人工衛星の測量分野への利活用	1,038	(▲300)	
○ 地球環境変動観測ミッション(GCOM)	3,621*	(▲3,579)		○ 準天頂衛星システムに関する技術開発	385	(±0)	
○ 宇宙利用促進調整委託費	492	(+192)		【環境省】		1,682	(+174)
○ 陸域観測技術衛星2号(ALOS-2)	1,986	(+986)		○ 「いぶき」観測データ解析・処理	696	(+65)	
○ 準天頂衛星システム	8,114	(▲1,186)		○ 気候変動影響モニタリング・評価ネットワーク	336	(+99)	
○ 金星探査機(PLANET-C)	9,709	(+3,646)		○ 自然環境保全基礎調査	270	(+21)	
○ 日本実験棟「きぼう」の運用・科学研究等	15,310	(▲61)		【防衛省】		60,933	(+2,914)
○ 宇宙太陽光発電に係る研究開発	350	(+79)		○ 衛星通信、商用画像衛星の利用等	19,738	(+796)	
○ 宇宙ステーション補給機(HTV)	25,127	(+298)		○ 宇宙を利用したC4ISRの機能強化のための調査・研究	1,260	(+1,182)	
○ LNG推進系	2,950	(▲7,750)		○ 弾道ミサイル防衛(BMD)(宇宙関連)	39,932	(+934)	
○ 小型固体ロケット	2,000	(+1,787)					
○ 超小型衛星研究開発事業	300	(新規)					

* 平成21年度第2次補正予算案に5,076百万円を別途計上。

※ 各府省庁予算の単位は百万円。四捨五入の関係で合計は必ずしも一致しない。

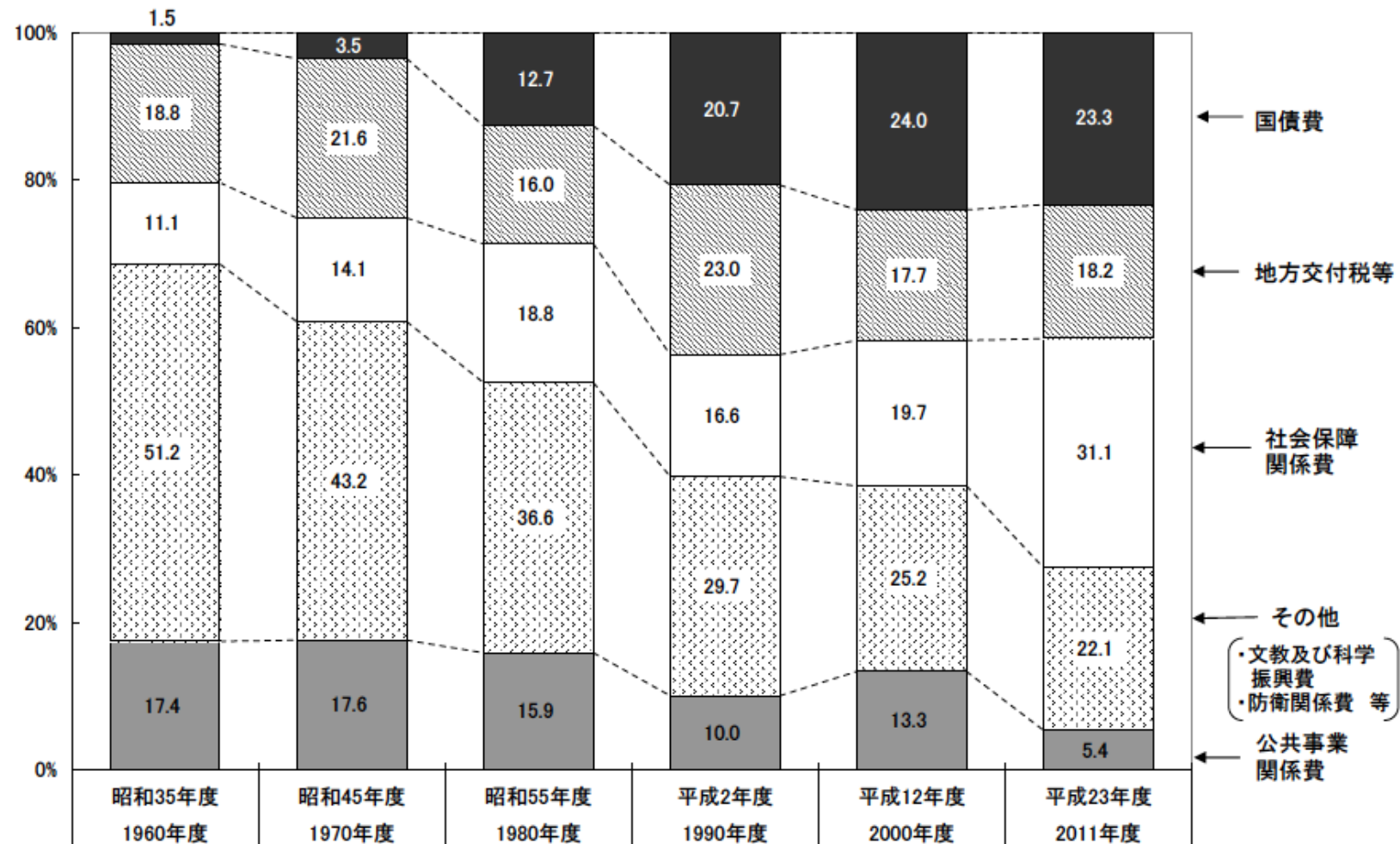
宇宙開発戦略本部 <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/utyuu/index.html> の資料より

そもそも日本の国家予算は？

- 平成22年度収入：~92兆円
 - 公債(借金)：~44兆円
 - 税収：~37兆円
 - その他収入：~11兆円
- 平成22年度支出：~92兆円
 - 社会保障関係：~27兆円
 - 国債費(借金返済)：~21兆円
 - 地方交付税：~17兆円

何にお金を使ってるか？

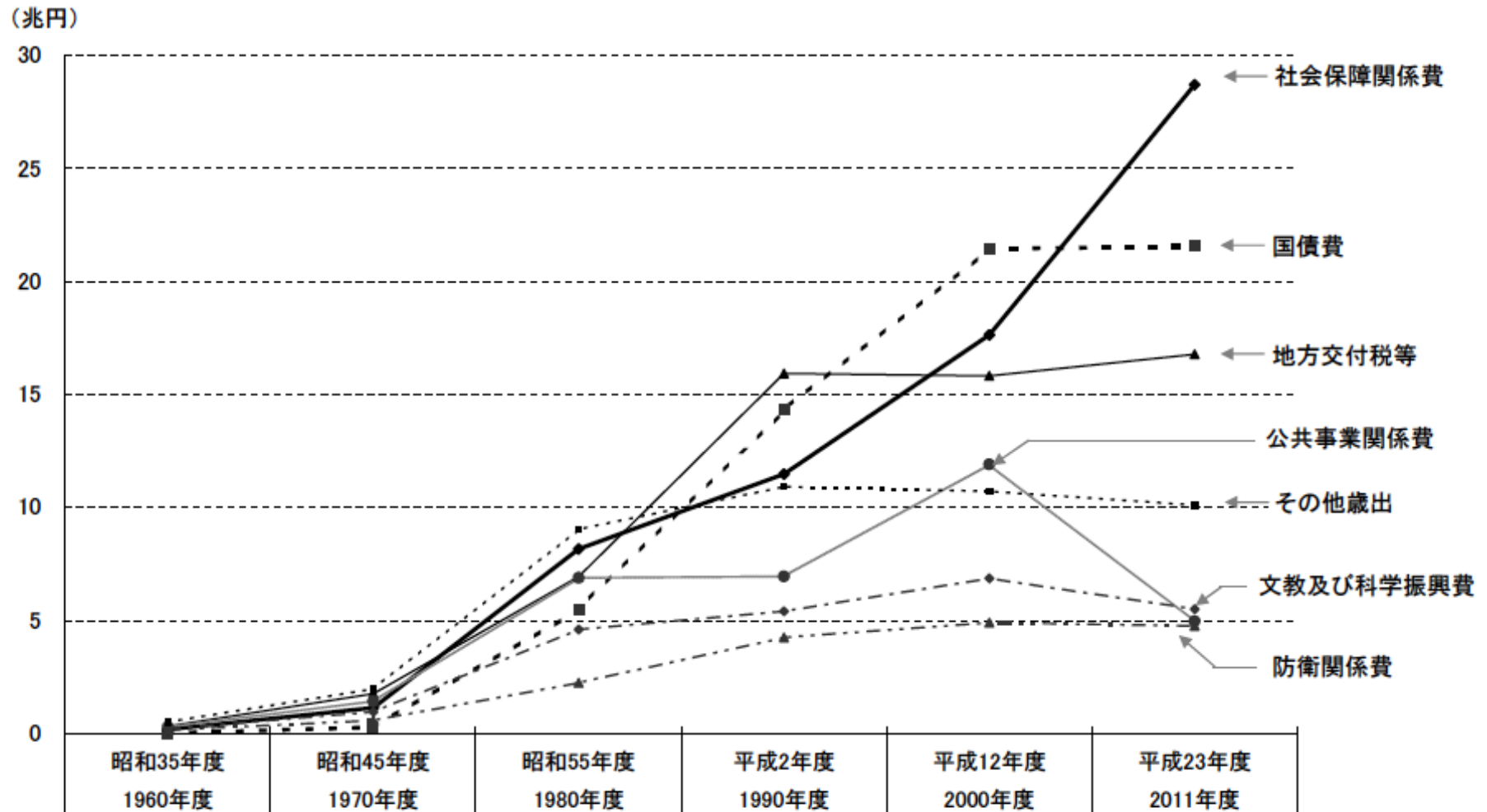
(7) 一般会計歳出に占める主要経費の割合の推移



(注) 平成12年度までは決算、23年度は政府案による。

何にお金を使ってるか？

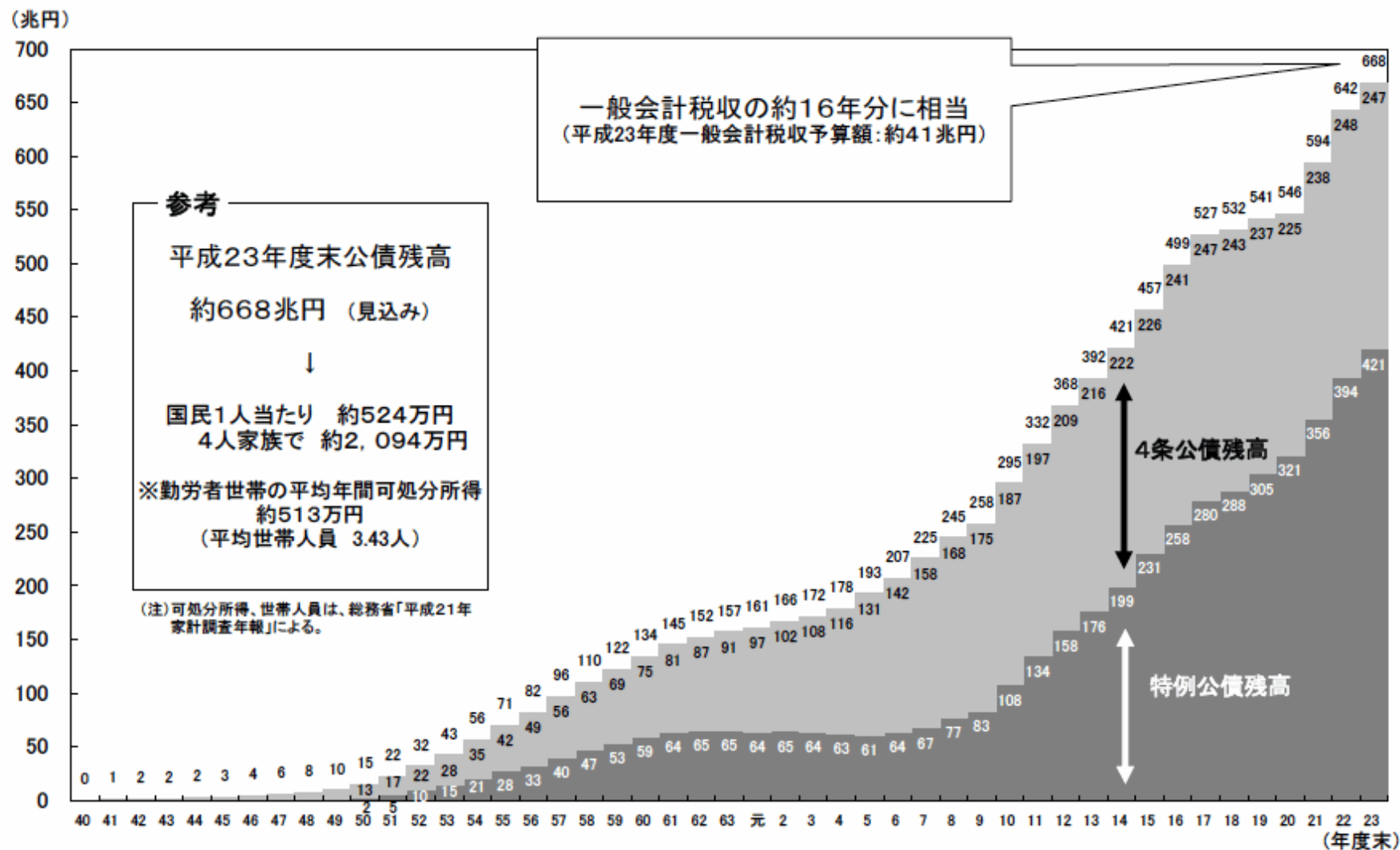
(8) 一般会計の主要経費別歳出額の推移



(注) 平成12年度までは決算、23年度は政府案による。

借金残高: 一人当たり524万円

(4) 公債残高の累増



(注1) 公債残高は各年度の3月末現在額。ただし、平成22年度末は実績見込み、23年度は政府案に基づく見込み。

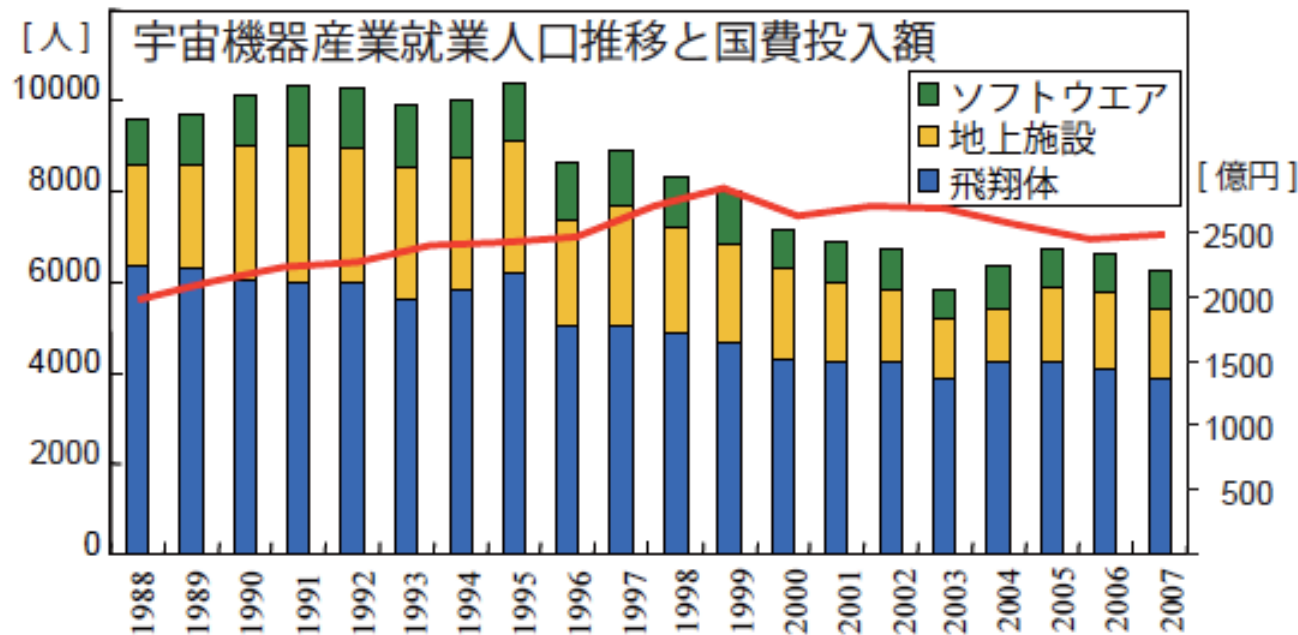
(注2) 特例公債残高は、国鉄長期債務、国有林野累積債務等の一般会計承継による借換国債を含む。

(注3) 平成23年度末の翌年度借換のための前倒借換限度額を除いた見込額は656兆円程度。

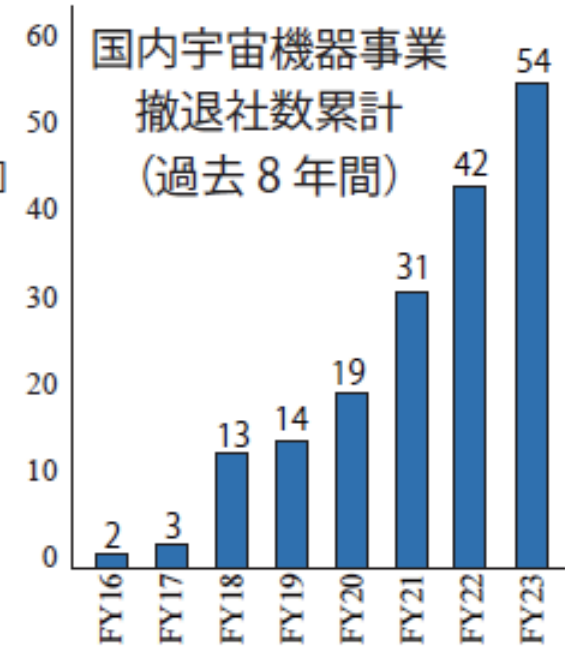
日本の宇宙産業

- 市場規模は6-7兆円(放送、通信など含む)
- ただし衛星など宇宙機器産業の規模は、国の予算規模とほぼ同額
- 国内外の民需のとらえられていない

＜国内の宇宙産業の動向と各国の状況＞



SJAC 平成 20 年度宇宙産業データブックから作成



JAXA/MHI 調べ

宇宙技術力ベスト10

Figure 1: Top-level Findings of Futron's 2010 Space Technology Capacity Index

Country										
RANK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

1. 米国: NASAの予算~18000億円(ただし軍関係は別でもっと多い)
2. 欧州: ESA(欧州宇宙期間)の予算 ~5000億円(各国の宇宙帰還もある)
3. ロシア
4. 日本: 宇宙総予算3千数百億(うちJAXAが~2000億)
5. 中国
6. カナダ
7. インド
8. 韓国
9. イスラエル
10. ブラジル

ただし人間を宇宙に連れて行って無事帰還させたのは
アメリカ、ロシア(ソ連)、中国の3カ国のみ

宇宙分野でも存在感を増す中国、インド



2008年 神舟7号、宇宙遊泳成功
Image credit CCTV



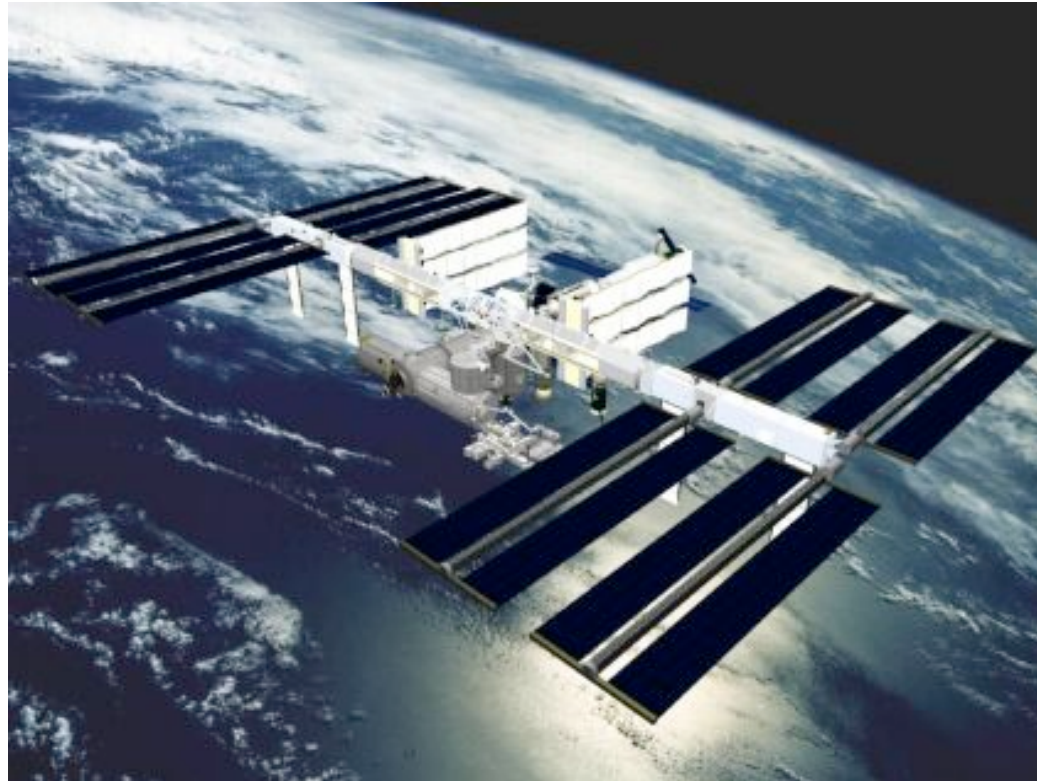
月周回探査機チャンドラヤーン1号打ち上げ
Image credit ISRO

宇宙にモノを持って行くのにいくらかかるか

- HIIAの打ち上げ費用:~100億円
(現在約85億円)
- 日本のHTV(愛称:こうのとり):
本体140億円
- 高度400kmの地球周回軌道(国際宇宙ステーション)へ、最大6トンの物資を補給する
- 1kgあたり400万円！
- 世界的な傾向としては、民間主導の開発が進み、価格は下がってくるだろうと期待される



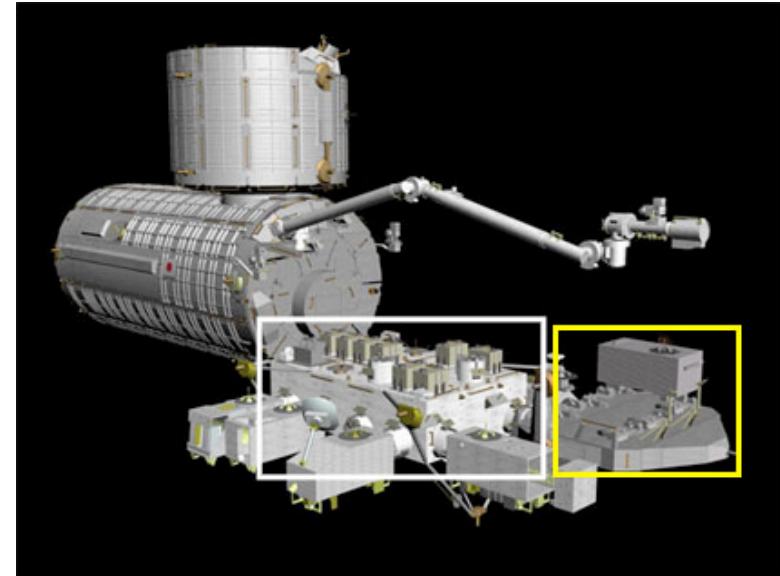
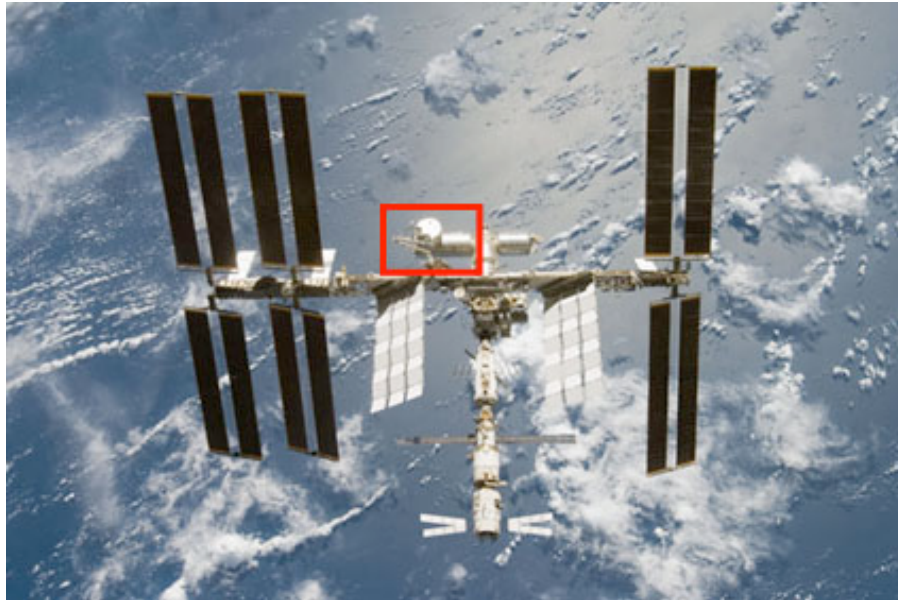
国際宇宙ステーション



1984年にアメリカのレーガン大統領(当時)が承認。当時はソ連に対抗した西側の計画。90年代にロシア(当時はミールを運用していた)が参加決定。現在、米国、日本、カナダ、欧州各国(イギリス、フランス、ドイツ、イタリア、スイス、スペイン、オランダ、ベルギー、デンマーク、ノルウェー、スウェーデン)、ロシアが参加。2010年完成。2015年まで運用決定。2020年まで延長を検討中。

日本の実験棟「きぼう」

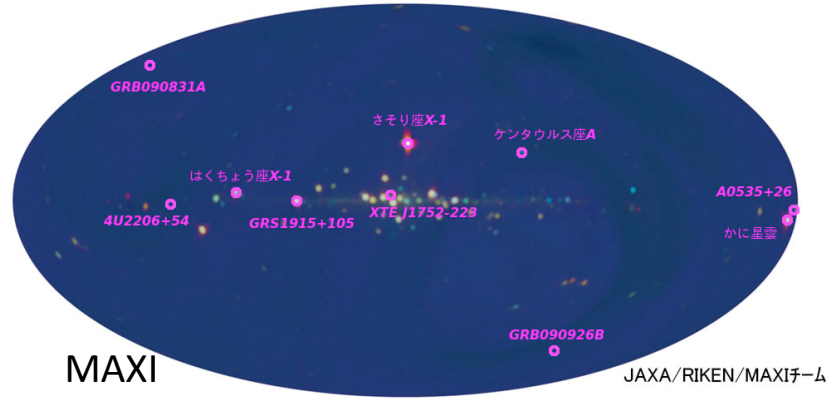
JAXA



2009年7月に完成。一番広い実験室は長さ11.2m、質量15.9t。
様々な実験のための暴露部(宇宙空間にさらされた場所)

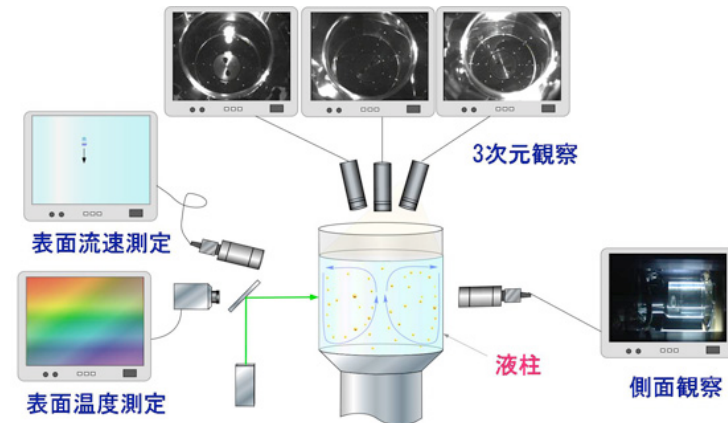
きぼうで行っている実験の例

天文観測、地球観測



JAXA/NASA

無重力中での物理(流体の運動)や
化学(結晶の作り方)



無重力、宇宙放射線の生命への影響

その他、無重力ならではの新しい物質(材料、薬品)の研究や、教育ミッションなど

平和利用に限る。

人を宇宙に送り出す能力

- 今、日本は有人の宇宙船開発を行っていない
 - 莫大なコスト...費用対効果は？
 - 死者が出た時に日本社会は耐えられるか？
- 宇宙へ人を送り込む能力を持っているのは、ロシア、アメリカ、中国のみ
 - アメリカ(NASA)はスペースシャトルが引退して、現在は有人宇宙輸送機を持っていない
 - NASAは火星をめざし、近い宇宙は民間に開発を委託

宇宙飛行を民間が担う時代がやってくる



- NASAのスペースシャトルは今年で引退。今後、地球周回軌道への輸送は、Space Exploration Technologies (Space X社)など民間に委託。
- NASAは火星などフロンティアをめざす
- 日本もHIIロケットの打ち上げは三菱重工に委託



[+ Newsletter](#) [+ Press FTP](#)

[HOME](#) [OVERVIEW](#) [NEWS](#) [MULTIMEDIA](#) [BOOKING](#) [SPACE BOOK](#)



**Book your
place in space**

*and join over 340 Virgin
Galactic astronauts who will
venture into space*

[+ Booking](#)



<http://www.virgingalacdc.com/>

国内・海外旅行の予約はJTB

 店舗検索



MyJTB(JTB INFO CREW会員専用)



予約照会・取消

[ホーム](#)

[ご利用案内](#)

[サイトマップ](#)

[ヘルプ](#)



国内

旅館
ホテル

高級旅館
ホテル

温泉

国内ツアー

JR・航空
+宿泊

レジャー
チケット

高速
路線バス

海外

海外ツアー

海外航空券

海外ホテル

海外現地
ツアー

[トップ](#) > JTB宇宙旅行



JTB宇宙旅行
Travel Experience in SPACE

SPACE adventures

-  **本格宇宙旅行**
(軌道飛行)
Orbital Space Flight
-  **宇宙体験旅行**
(弾道飛行)
Suborbital Space Flight
-  **無重力体験**
(アメリカ)
Zero Gravity Experience

JTBのウェブサイト <http://www.jtb.co.jp/space/>

日本は有人宇宙開発をやるべきか？

- Yes
 - － 人類の進歩の象徴であり、人類史的意義がある
 - － 中国やインドなども台頭してくる中、自前の宇宙輸送能力の有無は国力にかかわる
 - － 有人をやってこそ技術の進歩がある
- No
 - － 実質的な意義がない。象徴的。
 - － お金がかかりすぎる。
 - － 有人開発にお金をかけると、その分基礎科学がおろそかになる

- 日本が有人宇宙開発をやるべきかどうかについて、賛成か反対か、その理由と共にアンケートの感想欄に記入して、提出して下さい