

世界の宇宙技術力比較と 中国の宇宙開発の現状について (ビッグ・プロジェクト編第二部)

2010年4月15日

元JST中国総合研究センター特任フェロー

辻野 照久

中国の宇宙開発の現状

0. 中国の累積衛星数

1. 宇宙輸送システム分野
2. 衛星バス技術分野
3. 通信放送分野
4. 地球観測分野
5. 航行測位分野
6. 宇宙科学分野
7. 有人宇宙活動分野
8. その他の衛星ミッション分野
9. 地上・追跡管制関連技術分野

0. 中国の累積衛星数(冊子には掲載なし)

中国の衛星打上げ実績(ミッション別) 2009年末まで

区分	ミッション	衛星数	うち静止
官需	通信放送衛星	9	7
	地球観測衛星	13	
	気象衛星	10	5
	航行測位衛星	6	4
	月・惑星探査機	1	
	科学衛星	6	
	有人宇宙船	3	
	微小重力実験衛星	10	
	技術試験衛星・その他	20	
民需	通信放送衛星	20	15
	大学衛星	2	
軍需	偵察衛星	20	
	軍事通信衛星	6	3
	軍事技術試験衛星	3	
計		129	34

年別衛星数

年	衛星数	うち静止
1970	1	
1971-1980	7	
1981-1990	23	6
1991-2000	30	15
2001	1	
2002	5	
2003	8	2
2004	10	1
2005	6	1
2006	7	2
2007	10	2
2008	14	3
2009	7	2
計	129	34

注: 香港企業の衛星はイギリスが登録したが、香港返還に伴い中国へ移管

1. 宇宙輸送システム分野 p63-67

米・ロ・欧・日と比較して性能的に一步の遅れ。
長征5号で世界最高水準を目指している。

(1) 打上げロケット

運用中の長征2・3・4号は1996年から2009年4月まで75回連続打上げ成功

(2009年8月の打上げは「基本成功」)

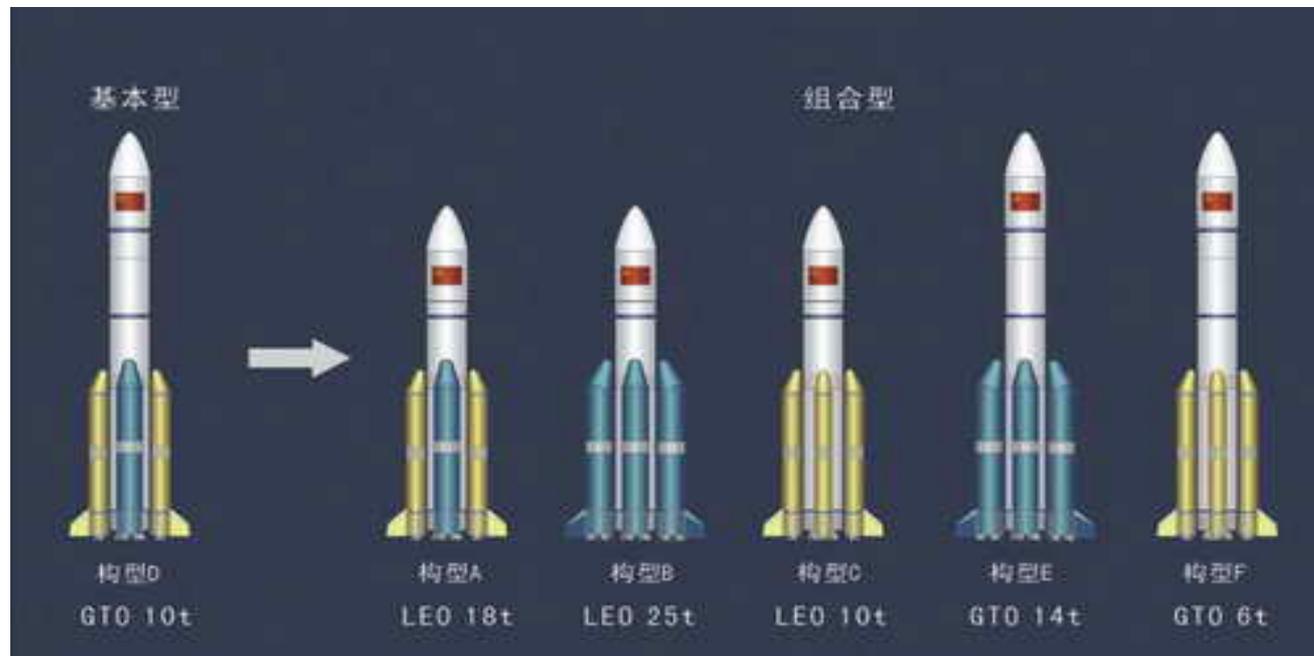
長征5号、長征6号及び長征7号(有人用)を開発中

(2) 射場及び着陸場

現在3箇所、海南島に第4の基地を建設中。

長征5号系列 p64

- 機体直径5m(鉄道輸送不可)
- 大型補助ブースタ直径3.35m(長征3号と同じ)
- 小型補助ブースタ直径2.25m
- 第1段エンジン(計10基)の燃料はケロシン⇒低公害
- 静止軌道投入用H/O段(LOX/LH2)⇒無公害



長征6号と長征7号

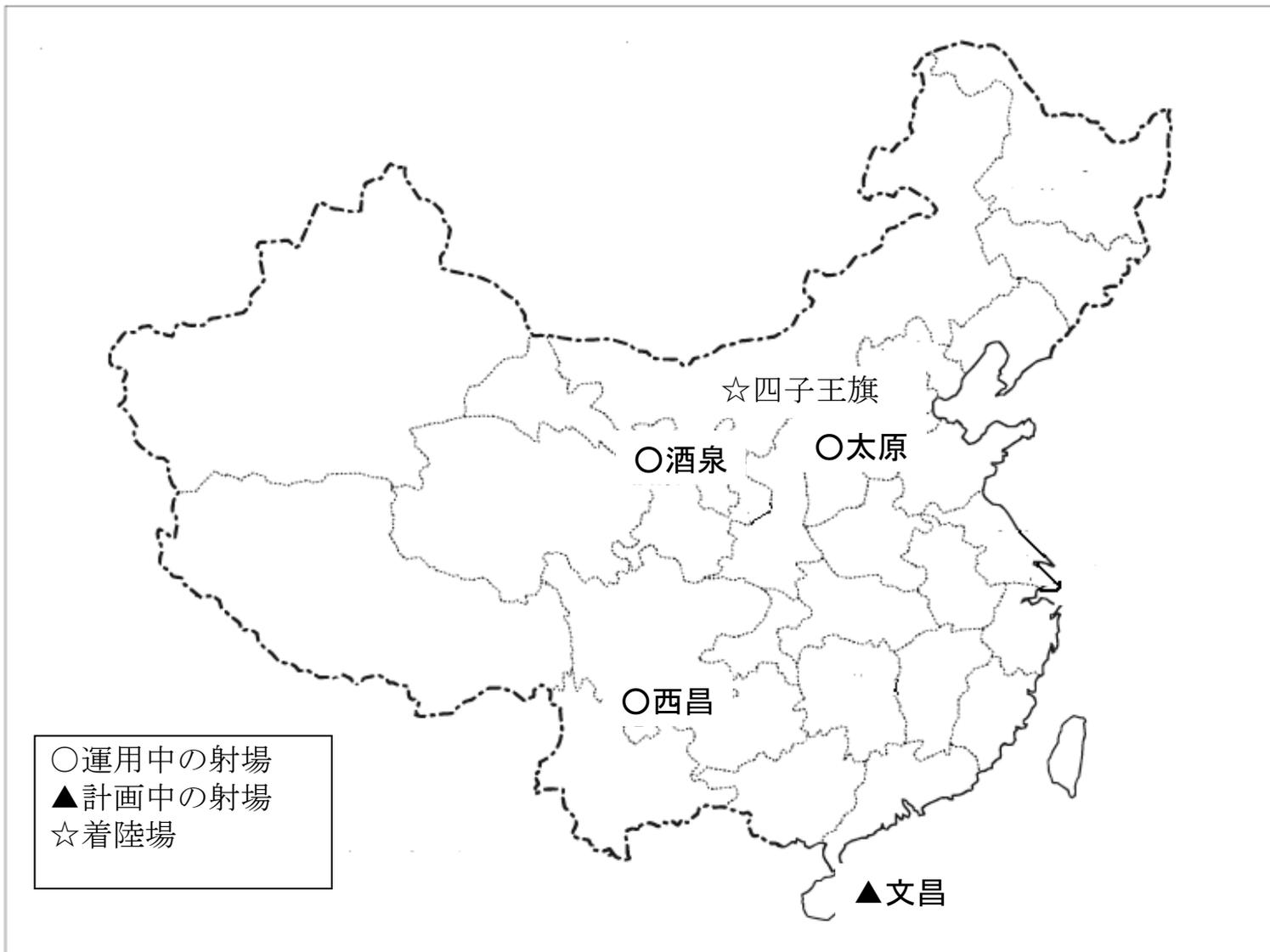
長征6号

500kg程度のペイロードを打ち上げる小型ロケット
直径2.25m 3段式(第1段は長征5号の小型補助
ブースターと同じ)

長征7号

有人打上げ用(長征2Eの置換え機)
直径3.35m 3段式(第1段は長征5号の大型補助
ブースターと同じ)

射場と着陸場の位置 p67



2. 衛星バス技術分野 p68-69

衛星バスの標準化を推進。東方紅4型バスは世界水準。

中国の衛星バス

- 東方紅3型バス⇒嫦娥、Compass、天鏈(5. 参照)
- 東方紅4型バス⇒Sinosat
今後パキスタン・ボリビア・ラオス
- CAST968型バス⇒環境、風雲
- FSWバス⇒回収式、実践(8. 参照)

ベネズエラ通信衛星 (Simon Bolivar 1) (衛星バスは東方紅4型)



打上げ: 2008年10月
ロケット: 長征3B/E
重量: 5050kg
中継機: C14本
 Ku12本
 Ka2本

© ベネズエラ政府

3. 通信放送分野 p70-71

通信需要の急増で衛星通信利用が進んでいる。北京オリンピックを機に直接放送衛星も打ち上げられた。

- 衛星通信による「村村通」と衛星放送の普及
- 中国衛星通信集团公司 (China Satcom)
中星、Sinosat、APStar等を統合化
Sinosat-4は2011年打上げ予定
APStar7 (TAS製)は5.5t級で2012年に長征3B/E (増強型)により打上げ予定
- 香港の衛星通信企業 Asiasat 5C打上げ予定

中星9号直接TV放送衛星 (衛星バスは欧州製)



打上げ:2008年6月
ロケット:長征3B
重量:4500kg
中継機:Ku22本

© TAS(ターレス・アレニア)

4. 地球観測分野 p72-73

衛星の利用分野として地球観測を重視。各種のシリーズを開発し、打上げ及び運用を実施。

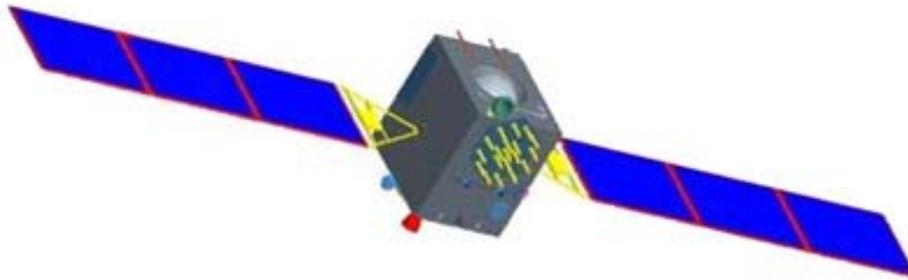
- FSW 光学カメラで写真撮影⇒地上回収(運用終了)
- 資源(ZY)及びCBERS 資源探査、継続予定。
- 海洋(HY) 海洋観測、今後別ミッション用を予定。
- 環境(HJ) 環境観測、今後6機打上げ予定。
- 風雲(FY) 気象観測衛星。静止軌道及び極軌道の気象衛星を継続する予定。
- 遥感(YG) 偵察衛星？昨年12月以降5機打上げ
- ドラゴン計画 ESAのEnvisatデータを利用した地球観測研究プロジェクト。2期目。

5. 航行測位分野 p74

米国のGPS、ロシアのグロナスに続き、全球航行測位衛星システムの構築を目指している。

- 北斗導航衛星 第1世代(静止)を4機打上げ
- Compass M1(時刻信号を送出)今後2020年までに24-30機打上げ予定。
- Compass G2、G1(2010年1月打上げ)
(アンテナの形状から見て補強情報も発信?)
- 欧州のガリレオ計画との関連
北京にガリレオ訓練センターを設置。
欧州ではEU主導となり民の出資は消滅。
中欧間は協調から競争へ。

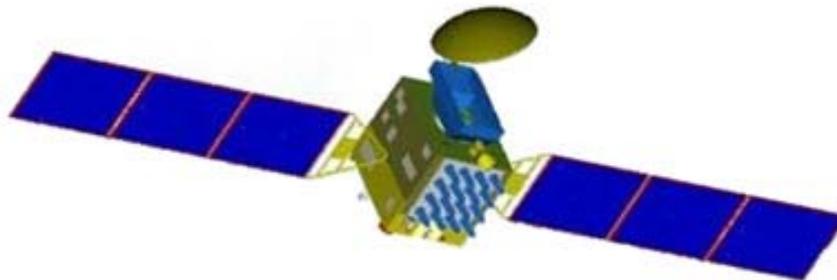
航行測位衛星の外観



打上げ:2007年4月
ロケット:長征3A
高度:約21,500km
軌道傾斜角:約55度

Compass M(時刻信号送出)

©CAST



打上げ:2009年4月(G2)
2010年4月(G1)
ロケット:長征3A
静止位置:東経80度(G2)
東経145度(G1)

Compass G(補強情報も送出?) ©CAST

6.宇宙科学分野 p75-76

月探査などの分野で急速に米国・ロシア・欧州・日本のレベルに追い付き、天文学でも世界をリードするレベルへの向上を目指している。

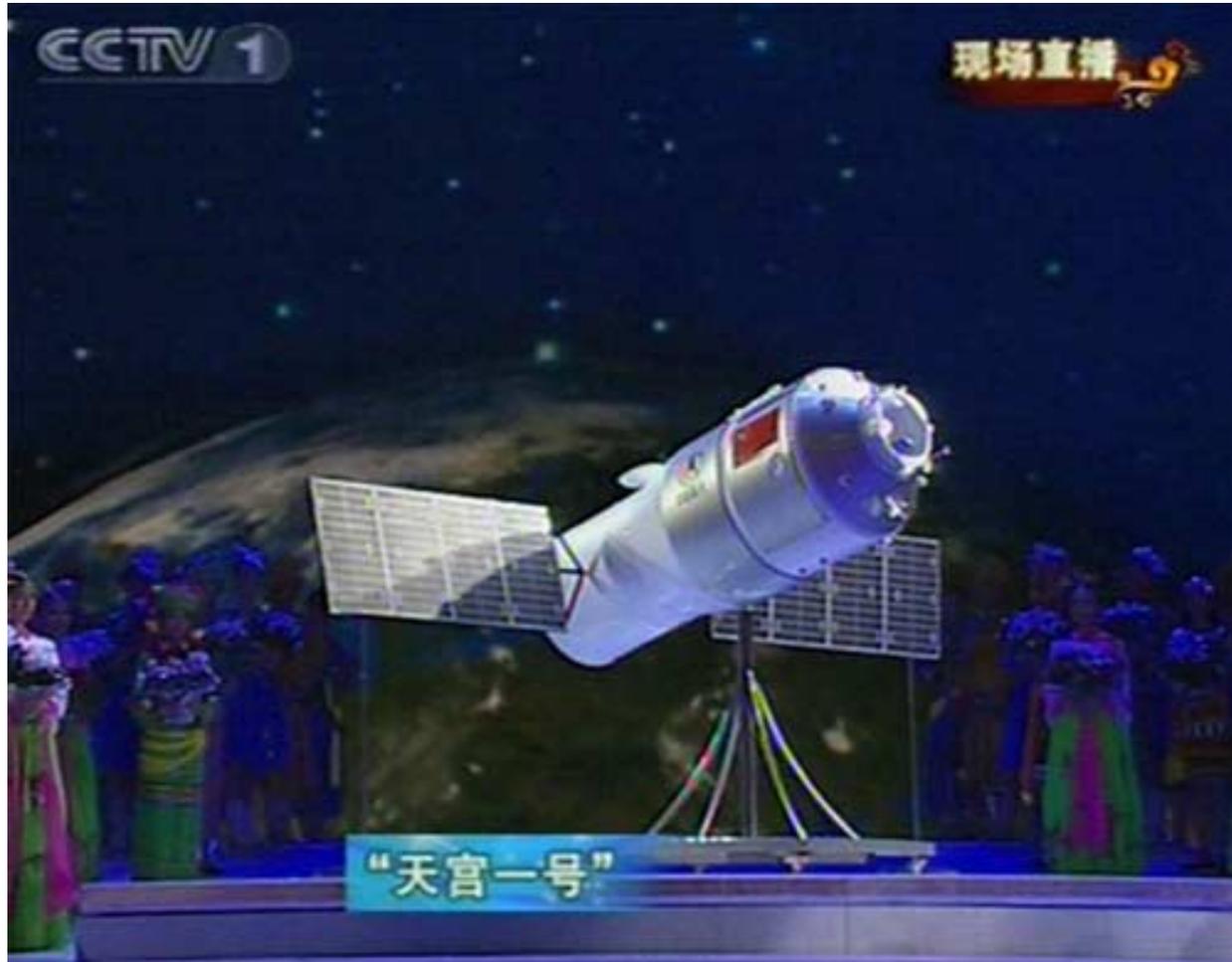
- 宇宙科学衛星
 - 双星2機 (ESAと共同)、実践2機を打上げ。
- 天文観測衛星
 - 硬X線望遠鏡 (HXST)、太陽望遠鏡 (SST)
 - 太陽顕微・太陽全景計画
 - ブラックホール、ダークマター探測
- 月探査プロジェクト
 - 2010年嫦娥2号打上げ予定、その後3号で月面着陸、5号・6号でサンプル回収。(4号は欠番?)
- 火星探査 萤火1号は2011年に延期。
 - 2050年に有人火星探査を標榜(2009年)

7. 有人宇宙活動分野 p77-78

中国は、2003年に有人宇宙船「神舟5号」を打ち上げ、ロシア・米国に次ぐ独自の有人宇宙飛行能力を有する国となった。

- 神舟4号まで無人で技術確認を着実に実施。
- 神舟7号までに3回の有人宇宙飛行、6名の宇宙飛行士、船外活動も実施。
- 神舟8号(無人)は2011年打上げの天宮1号とドッキング実験。
- 神舟9号・神舟10号は有人で天宮とドッキング。
- 天津に新しい製造基地を建設中。
- 宇宙飛行士は人民解放軍所属。候補者には女性も含む。2010年に男5名。女2名の新たな候補者を選定。

天宫1号



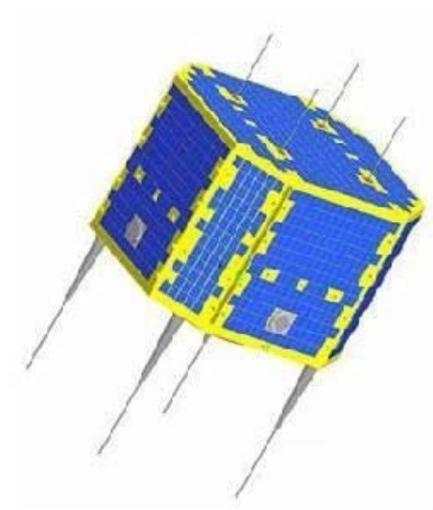
天宫1号模型 © CCTV

8. その他の衛星ミッション分野 p79

- 微小重力実験
FSW、実践8号
(宇宙育種)



- 小型衛星 希望1号
2009年12月打上げ



9. 地上・追跡管制関連技術分野(1/2) p80-81

- 打上管制施設

北京航天飛行管制センター



- ダウンレンジ船

遠望1-6号



9. 地上・追跡管制関連技術分野(2/2)

- ・データ中継衛星
天鏈1号(TL-1)

- ・衛星管制
中国東方通信衛星
会社の衛星管制室



- ・データ受信
密雲の受信局



参考資料1 中国の宇宙開発組織 p86-91

- 工業・信息化部(MIIT)
- 国防科技工業局(SASTIND)(MIIT所属)
- 国家航天局(CNSA) SASTIND傘下の宇宙機関
- 中国航天科技集团公司(CASC) 13万人
- 中国航天科工集团公司(CASIC) 10万人
- 科学技術部(MOST)－遥感(リモセン)
- 中国科学院(CAS)－天文台・微小重力・遥感
- 人民解放軍総装備部
- 大学(MIIT直轄の北京航空航天大学など)

中国科学院(CAS)の宇宙関連研究 p89-90

宇宙環境利用⇒力学研究所国家微重力実験室

宇宙科学(天文)⇒国家天文台

地球観測⇒遥感応用研究所

宇宙科学・地球観測(センサ開発など)

⇒空間科学・応用研究センター

月探査⇒自動化研究所(月ローバ)

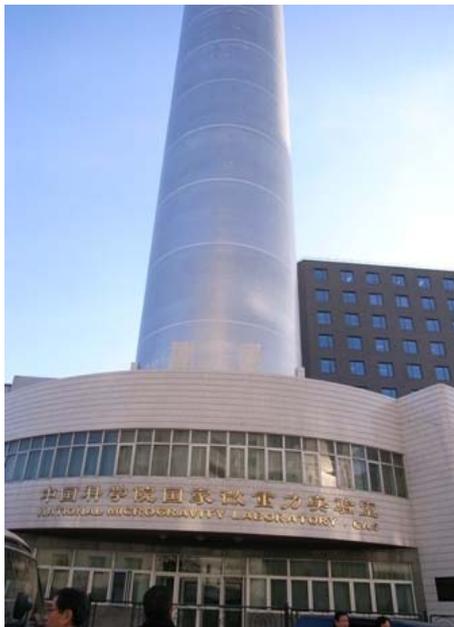
小型衛星⇒上海微小衛星工程センター

北京市内の落下塔（高さ100m）



外観

- 北京市海澱区の一画に宇宙関係の国家機関・研究機関・大学・企業が集中。
- その中に微小重力実験用の落下塔がある。（中国科学院所属）
- 年間の実験件数は100件程度。



玄関



管制室

参考資料2 中国の宇宙政策 p92

ミサイル

- 両弾一星（核爆弾・導弾・衛星）
官・軍・産・学一体で自主開発（ロシアの技術を取り入れ、独自の改良）
- 中国的航天（中国の宇宙白書）
- 宇宙開発第11次5カ年計画（ほぼ達成）
2011年から第12次5カ年計画開始
- 2050年までの宇宙科学技術ロードマップ

参考資料3 国際協力 p93-94

- 外国衛星の打上げ 資金提供(融資)も含む
- 欧州との協力 ドラゴン計画
- ブラジルとの協力 CBERS
- ロシアとの協力 火星探査、宇宙服
- アジア太平洋宇宙協力機構(APSCO)
タイ・イラン・ペルー・トルコなど9カ国が参加
- 国際災害チャーター 中国はCNSAがFY・ZY等で参加

(日本との協力 微小重力実験、VLBI、気球など)

国際協力担当組織 CNSA

10. 宇宙技術力の各国比較 p83

8つの分野で23項目の観点から数値化して評価した結果、

米国 > 欧州・ロシア > 日本・中国 > インド・カナダ

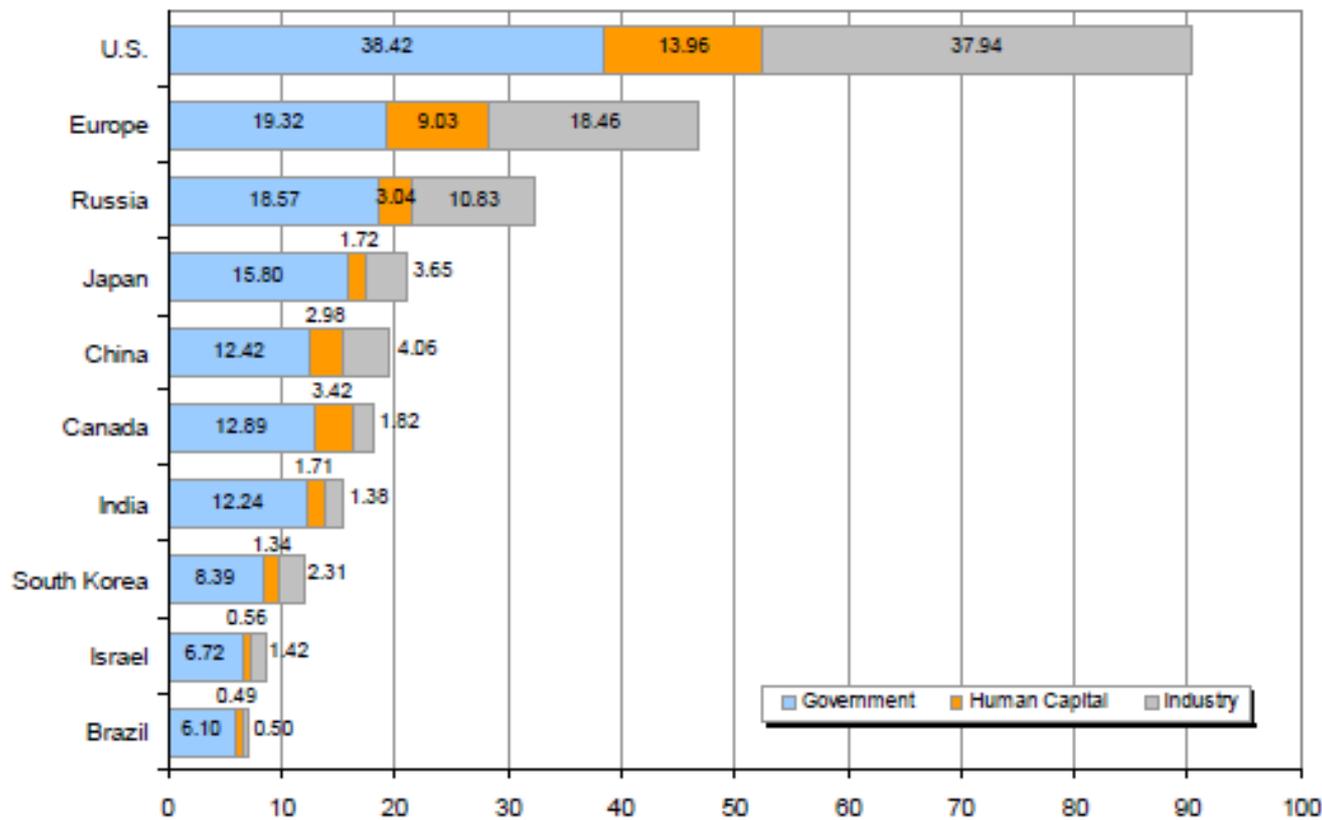
となり、日本は中国と4位・5位グループを形成していると評価できる。

朝日新聞3月26日付朝刊23面科学欄 参照

外国の宇宙技術力比較の例(1)p84

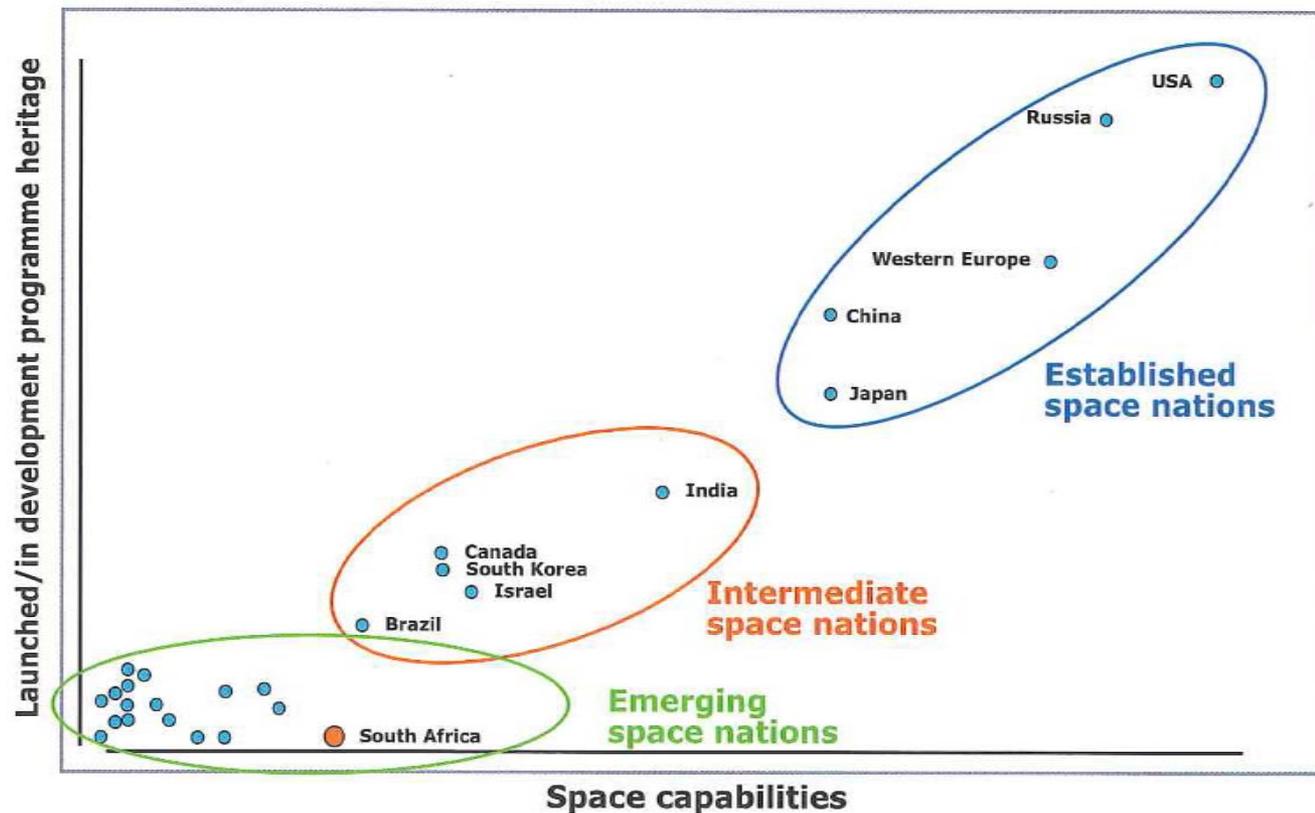
- Futron社の宇宙競争力指数(SCI)が有名。
- 2009年に日本は前年の7位から4位になった。

Figure 2: 2009 Space Competitiveness Index: Total Aggregate Scores by Country



外国の宇宙技術力比較の例(2)p85

- 南アフリカ政府の分析
- 量(プログラム数)と質(能力)で2次元化している。



Heritage versus industrial capabilities of various emerging, intermediate and established space nations.

宇宙技術力の各国比較 評価結果 p95

分野	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
累積衛星数	10	6	9	4	4	2	1
宇宙輸送システム	9	8	10	5	6	2	0
衛星バス技術	10	8	5	6	7	3	1
通信放送	9	8	3	6	5	4	5
地球観測	9	9	3	6	5	3	3
航行測位	10	6	8	5	5	3	4
宇宙科学	10	6	7	4	2	2	1
有人宇宙活動	9	5	8	4	4	1	3
合計	76	56	53	40	38	20	18
順位	1位	2位～3位		4位～5位		6位～7位	

(合計最大80点)

評価の観点1 累積衛星数 p96

- 衛星数はその国の宇宙開発の実績を反映
- 1957年からの衛星数はロシアが圧倒的に多いが、1991年以降は米国の方が多い。
- ただし質的内容に注意。サイズ・重量・技術要素・ミッションの有用性・ミッションの多様性・コスト・調達方式・運用中/終了などを識別する必要がある。この評価は量を主体に比較。
- 自力で打ち上げた衛星数の多さはロケットの信頼性やコストにも影響する。

累積衛星数の評価結果 p96

年代	米国	欧州	ロシア	日本	中国	インド	カナダ
1991-2000	535	112	442	32	30	14	7
2001-2009	251	106	184	58	64	22	14
計	786	218	626	90	94	36	21
総合評価	10	6	9	4	4	2	1

衛星数は2009年9月末まで

評価の観点2 宇宙輸送分野 p97-99

- ロケット打上げ数

ロシア > 米国 > 欧州 > 中国 > 日本 > インド

- ロケットの最大性能

スペースシャトル(米) > アリアン5(欧)・プロトンM(ロ)
> H2B(日) > 長征3B(中) > GSLV(印)

- 射場整備状況

有人: バイコヌール(ロ)、ケネディ(米)、酒泉(中)

静止: バイコヌール、ケープカナベラル(米)、ギアナ(欧)、
種子島(日)、西昌(中)、スリハリコタ(印)

その他: プレセツク(ロ)、バンデンバーグ(米)、太原(中)

宇宙輸送システム分野の評価結果 p99

評価項目	米国	欧州	ロシア	日本	中国	インド	カナダ
打上げ数	8	6	10	3	4	2	0
最大性能	10	9	9	7	5	2	0
射場状況	8	8	10	4	6	4	0
合計	26	23	29	14	15	8	0
総合評価	9	8	10	5	6	2	0

(最大30点⇒総合評価最大10点)

評価の観点3 衛星バス技術 p100

世界の主要な衛星バスの比較(受注実績と打ち上げ時重量で評価)

国名	企業名	バス型式名	打ち上げ時重量	最大電力	設計寿命	受注実績
米 国	ロッキードマーチン	A2100AX系	3-4t	4kW	15年	25
	ボーイング	BSS702系	5-6t	18kW	15年	19
	スペースシステムズ /ロラール	LS1300系	6-7t	5- 12kW	15年	71
欧 州	EADSアストリウム	Eurostar-3000系	5-6t	10kW	15年	16
	ターレスアレニア	Spacebus-4000系	5-6t	16kW	15年	11
ロシア	NPO PM	MSS-2500-GSO	2-3t		12年	15
日 本	三菱電機	DS-2000型	4-5t	12kW	15年	2
中 国	中国空間技術研究院 (CAST)	東方紅 4 型	5t	10.5k W	15年	10
インド	インド宇宙研究機関 (ISRO)	I-2000型	1-2t		10年	21

受注実績は当該バス型式の分だけを計上。製造中の衛星も含む。

衛星バス技術の評価結果 p100

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
代表的な衛星バス受注実績	115	27	15	2	10	21	なし
最大重量t	6-7	5-6	3-4	4-5	5	1-2	N/A
総合評価	10	8	5	6	7	3	1

(総合評価最大10点)

評価の観点4 通信放送衛星分野 p101-103

1. 衛星通信放送技術

小型化、中継器の数、新たな周波数帯域、移動体通信用の大型アンテナ、ブロードバンド通信、衛星間通信

2. 衛星通信放送の応用

TV放送、遠隔教育、遠隔医療、安全保障、移動通信

3. 衛星通信放送企業の売上げ(2008年)

インテルサット(米) > SES(欧) > ユーテルサット(欧)
> テレサット(カナダ) > スカパーJSAT(日本) >
RSCC(ロ) > 中国衛星通信 > INSAT(印)

通信放送分野の評価結果 p103

評価項目	米国	欧州	ロシア	日本	中国	インド	カナダ
衛星通信放送技術開発	10	8	2	9	6	3	2
衛星通信放送ミッション	7	4	3	3	4	6	6
衛星通信放送企業の売上げ	8	10	4	5	4	2	6
合計	25	22	9	17	14	11	14
総合評価	9	8	3	6	5	4	5

(合計最大30点⇒総合評価最大10点)

評価の観点5 地球観測分野 p104-106

1. 地球観測ミッションの種類

気象、陸域、地図、海洋、資源、大気、地震

2. 地球観測センサの種類と性能

光学(可視、赤外)とレーダ、分解能(空間、時間)、
観測幅

3. GEOSSSへの貢献

9つの公共的利益分野

災害、健康、エネルギー、気象、水、気候変動、生態系、農業、生物多様性

地球観測分野の評価結果 p106

評価項目	米国	欧州	ロシア	日本	中国	インド	カナダ
ミッションの種類	7	8	4	6	4	3	2
センサ種類及び性能	10	9	4	7	5	5	5
GEOSSSへの貢献	10	10	1	5	5	2	2
合計	27	27	8	18	14	10	9
総合評価	9	9	3	6	5	3	3

(合計最大30点⇒総合評価最大10点)

評価の観点6 航行測位分野 p107-109

1. 航行測位衛星数(運用中)

米国(GPS) > ロシア(グロナス) > 中国(北斗) > 欧州(ガリレオ) > 日本(QZS=2010年打上げ予定)

2. 測位性能(2015年頃を展望した将来性)

インドは赤道に近く有利。日本はQZSでアベイラビリティ大幅改善の可能性。

3. 測位応用

カーナビ、GIS、測量、タイミング、緊急事態

4. 受信機製造

カーナビ機器は自動車生産台数に伴って増加。質では日本が圧倒的。数は今後中国が上昇の見込み。

航行測位分野の評価結果 p109

評価項目	米国	欧州	ロシア	日本	中国	インド	カナダ
測位衛星数	10	2	6	0	2	0	0
測位性能・能力	7	6	4	8	4	9	6
測位応用	10	8	6	8	8	6	8
受信機製造	10	8	8	10	6	4	4
合計	37	24	24	26	20	19	18
総合評価	10	6	8	5	5	3	4

(合計最大40点⇒総合評価最大10点)

評価の観点7 宇宙科学分野 p110-112

1. 地球近傍宇宙環境観測

磁気圏、電離層、放射線帯、太陽風などの観測。

2. 天文観測

日本はX線観測がお家芸。可視光、赤外線、紫外線、ガンマ線、電波、距離計測など。

3. 月惑星探査

米国は有人月探査と木星以遠の探査で圧倒。

ロシアは以前は盛んだった。欧州と日本は月・火星・彗星等で同程度。中国とインドが月探査で飛躍を目指す。

宇宙科学分野の評価結果 p112

評価項目	米国	欧州	ロシア	日本	中国	インド	カナダ
宇宙環境計測	10	6	8	2	1	1	1
天文観測	10	7	3	5	0	0	1
月惑星探査	10	4	9	5	2	2	0
合計	30	17	20	12	3	3	2
総合評価	10	6	7	4	2	2	1

(合計最大30点⇒総合評価最大10点)

評価の観点8 有人宇宙活動 p113-115

1. 有人打上げ能力

ロシア、米国、中国だけ。(インドが4番目か?)

2. 有人宇宙船と物資補給船

日本はHTVの成功で物資補給技術を確立。欧州もATVで同様。

3. 宇宙環境利用体制

落下塔などの地上実験設備、大学や研究機関との連携など。

4. ISS 中国とインドは未参加。

5. 宇宙飛行士数

ロシアと米国は圧倒的な実績。日本と中国・カナダはほぼ同レベル。インドは1回しかない。

有人宇宙活動分野の評価結果 p115

評価項目	米国	欧州	ロシア	日本	中国	インド	カナダ
有人宇宙船 打上げ能力	4	0	4	0	2	0	0
有人宇宙船 及び物資補 給船	3	1	3	1	1	0	0
宇宙環境利 用体制	4	4	2	2	3	1	2
ISS参加	3	2	3	2	0	0	1
宇宙飛行士 経験・技能	5	3	5	2	2	0	2
合計	19	10	17	7	8	1	5
総合評価	9	5	8	4	4	1	3

(合計最大20点⇒総合評価最大10点)

おわりに

- 我が国は今年には金星探査機の打上げと準天頂衛星の打上げでミッションの拡大が見込まれる。
- 中国は今年には2回目の月探査機、多数の航行測位衛星の打上げ、独自の宇宙ステーションの準備などが予想される。
- 中国・インドの追い上げは急速で、我が国が宇宙先進国であり続けるためには宇宙基本計画に基づく着実な活動拡大が必要。

御清聴ありがとうございました。

問い合わせ・連絡先

e-mail: ttsujino@jcom.home.ne.jp

ホームページ(宇宙切手の展示室)

<http://members.jcom.home.ne.jp/ttsujino/space/>



東方紅1号



東方紅3号



長征2Eロケット



双星

神舟6号



FSW(回收式衛星)



風雲1号



嫦娥1号