

中国総合研究交流センター

第85回 研究会

詳報

■ 研究会開催報告 ■

「中国の宇宙開発動向 2015」

日 時：2015年6月15日（月）15:00～17:00

場 所：JST 東京本部別館 1Fホール



【講演概要】

中国の宇宙開発は飛躍的に発展する段階を迎えており、技術的失敗などで停滞気味の米国及びロシアに割り込んで各領域で世界のトップに立つ勢いを見せている。

中国は2003年に世界で3番目の有人宇宙飛行を成功させて以来、陳腐化したロケットや設備で最大限の成果を上げているが、新しいロケット・射場・衛星バス・独自の宇宙ステーション・有人月探査など現時点でもまだ計画段階にあるプロジェクトが一斉に同時並行で進められており、2020年頃までにはそれらがほとんどすべて実現する可能性が高い。

一方、米国ではベンチャー企業のスペースX社が既存の宇宙航空巨大企業を凌駕する勢いを見せており、衛星打上げビジネスで中国の顧客も奪っている。これは中国の宇宙産業界にとっては伏兵現るという状況である。

これまでの実績を基に、今後の中国及びスペースX社の宇宙開発計画に関する情報を整理し、両者の力関係を分析する。

【講師紹介】



辻野 照久（つじの てるひさ）氏：宇宙航空研究開発機構 調査国際部特任担当役
[略歴]

1950年大阪府出身。大学教養課程で中国語を履修。1973年東北大学工学部卒業、日本国有鉄道入社。1986年より宇宙開発事業団（現宇宙航空研究開発機構：JAXA）。2011年よりJST/CRDS特任フェローとして世界の宇宙技術力比較調査や中国の天体望遠鏡LAMOSTの現地調査、タイ及びブルネイの科学技術情勢の調査などを担当。JAXAでは調査国際部調査分析課特任担当役として世界の宇宙開発動向調査を担当。文部科学省科学技術・学術政策研究所客員研究官も兼ねる。

■■ 目次 ■■

1. 講演録	2
2. 講演資料	12

《発行》 国立研究開発法人 科学技術振興機構 中国総合研究交流センター

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ3F

TEL 03-5214-7556 <http://www.spc.jst.go.jp/>

1. 講演録

【開会】

(JST 倉澤上席フェロー)

これより中国総合研究交流センター月例研究会を開催する。今日は中国の宇宙開発について、宇宙航空研究開発機構の辻野様にお話いただく。中国の宇宙開発は非常に進歩が激しく、新しい技術をどんどん開発していくこれからしばらくは中国が宇宙開発の先頭を率いていくのではないかとも見られている。

本日の講師である辻野様は大学ではもちろんのこと、日本国有鉄道や今の JAXA (旧宇宙開発事業団)、また JSTにおいても中国の宇宙関係の調査を続けられており、“Science Portal China”にも興味深いシリーズをご執筆いただいている。

今日は講演を3部立てにされるそうで、1部終了毎に質疑の時間を設けたい。

【講演】



皆さんこんにちは。

今回の講演を打診いただいた際、4月から6月の間でいつ行うかとなった時、中国の宇宙開発についてはなるべく遅い方がいいだろうと思い6月に設定してもらった。予想は当たり、4月、5月に分かっていなかったことが6月に入つてから明らかになり始めている。今年の基本的なところは大体カバーできると思うので順を追つてお話をさせていただく。

今日は話題を13セクションに分けた。13の質問を設定し、それに答える形で話していきたい。

はじめは中国の宇宙開発の概況だ。最近、衛星の打上げ数が増えているがそれはどのような傾向か、また技術力は本当のところはどの程度なのか。

中国の技術は物真似だったり実際大したことは無かつたりするのではないかと言う人もいるが、他国がやっていないところを一生懸命やっている面もある。累積衛星数を見てほしい。第30回研究会(2010年4月15日)でも中国の宇宙開発動向について紹介したが、2009年末までは129機だった衛星が今では235機に増えている。1970年から40年かかり120機だったものが、この5年で100機も打上げている。著しいペースだ。右の表、1970年の1機

から10年ごとに見ていくと、年に20~30機のペースが最近では1年で20機になっている。昨年は25機だ。ちなみに日本は24機だった。12月30日までは両国共24機で並んでいたのだが、12月31日に中国はもう1機、静止気象衛星を打ち上げて日本を追い抜き、米国、ロシアに次ぐ世界第3位となった。

技術力はどうかと言うと、皆さんの参考になると思うのがJST/CRDSで出している技術力比較だ。ここに7ヶ国、欧州は地域だが、4つの分野に分けて点数を付けている。中国は日本に比べて部分的にまだ追いついていないところがあるということで5位となっているが、その内に日本と逆転することは間違いないだろう。欧州、日本と比べまだ少し下の所にいるが、今後の伸びが大きく見込まれるため、選挙に例えると当選確実のような傾向が出ている。いずれは3位、場合によっては米国を追い抜く可能性もある。

次は宇宙輸送システム、つまりはロケットについてだが、果たして今年はロケットを何回打ち上げるだろうか。去年は30回打ち上げるという話を聞いていたが、今年になってみるとトーンダウンして20回という動きになっている。米国、ロシア共に20回以上を計画しているが、5月末の時点で米国は10回、ロシアも6月に10回目の打上げと予定回数の半分を行っている。ロシアの方は失敗が続いているので今後どうなるか分からぬが、米国はスペースX社がもの凄い勢いでロケットを打上げている。中国は半年でまだ1基しか打上げていないが、これまでの傾向から察するに、私は必ず20回打上げると思う。次の打上げは7月予定で新型ロケットだ。力を溜めてこれからどつと出てくるだろう。

ロケット打上げ回数を見ると、2014年末まで211回を数える。ロケットは長征1型、2型、3型、4型とある。1型は最初の2機で終わっているが、2型~4型は現在も運用している。長征3型は西昌(四川省)からしか打上げられないが、他のロケットは太原という山西省の射場や酒泉という一番古い甘肃省の射場と3箇所を使い分けて打ち上げている。長征だけで203機、最近では“快舟”というロケットが出てきてそれが2機、既に終わってはいるが“風暴”というロケットも6機あった。“開拓者”もあつたがこれは失敗のまま終わっている。

中国の打上げ傾向を年の前半と後半で比べると面白い。下の青い線が年の前半、赤いところが後半だ。去年も年間に16機打ち上げるとして前半で1機しか上げておらず、しかし7月以降に15機を上げている。20機としても集中して打上げられる能力があるようで、今年はまだ1機だとしても来月から年が終わるまで19機いけるだろうというのが私の予想だ。

長征5型は新型ロケットとして開発中だが、これが出来れば日本のH2Bロケットの倍近い能力になる。低軌道で25トン、静止トランスマート軌道で14トン。直径5mはH2B

と同等で海南島の文昌射場から打上げられる予定だ。長征6型は7月20日（資料の7月2日は間違い）に初打上げを予定している。延期になる可能性はあるが、太原から打ち上げられる予定になっている。2機目からは海南島の射場を使うかもしれない。これだけで衛星を20機打上げるとしており、数では今年の日本を上回る。

長征7型は有人宇宙用だ。これまでには有人宇宙船だけだったが、物資補給船を現在開発しており、来年あたりから試験を始めるのではないか。あまり聞き慣れないかもしれないが、長征9型は数十トンクラスで長征5型の2、3倍くらいある。昔、米国のアポロで使われたサターン5型ロケットはおよそ100トンの能力を持っていたが、あれほどではなくとも月に有人宇宙船を打ち上げるくらいの能力にはなるだろう。そのためここに有人月探査と書いた。一方、長征11型は極端に小さい、日本でいうとイプシロンより小さいロケットだ。新しいロケットを全部合わせると相当軽いものからかなり重いものまでいろいろなものを作ることになっている。

長征5型については最近、設計変更のあったことが分かった。当初は大小ブースターと静止、非静止の組み合わせで6種類作るとしていたが、それを4種類に整理した。大小を2本ずつ使うパターンを止めて、一番力が弱いものと最大のものを残す形で中間の性能は要らないということになった。また当初計画では第1段のメインエンジンは周りを囲むブースターと同じ強力なケロシン燃料のものを使うとしていたが、現在は液体水素燃料のエンジンを使うというように変わっている。液体水素エンジンは少し力が弱いため、そうなると1段全体の推力が低下するが、宇宙に飛ぶ時は強力になる。しかしそのために世界最高性能にはならないというのが中国の結論のようだ。

酒泉、西昌、太原の3箇所の射場は引き続き運用中で、海南省の文昌射場は実は昨年内に開業している。実際のロケットの打上げはおそらく今年の後半、あるいは来年ということで、射場の設備は殆ど出来上がり、組織センターとして既に仕事を始めている。これら射場は人民解放軍の総装備部が管轄している。これはGoogleなどで見られる文昌射場だ。左下と右上で少し拡大したが、よく見ると避雷針やマストが立っていて射点を2箇所用意していることが分かる。

輸送を外国と比べるとどうだろう。米国、欧州、ロシアにはまだ及ばないが日本よりは上にある。有人打上げ技術があることが大きな加点となり、日本とハッキリした差がついている。反対にそれが無ければ33点で日本より低くなるのだが、有人技術があるため日本より上だと結論づけている。ここは長征2、3、4号で見ているので、5、6、7、9号になると相当点数が上がることになるだろう。日本とは差がつくばかりになるかもしれない。

ここで米国のスペースX社について触れておきたい。一昨年の暮れあたり、私は中国に対抗できるのはスペースXくらいだと思っていたが、去年初めから同社の台頭が著しくなり、スペースXに対抗できるのは中国だけではないかと逆の見方をするようになった。表現を逆さまにしたことでスペースXの力が相当上になったことが感じられると思う。

スペースX社はファルコンロケットを作っていてマーリンエンジンを開発している。最初はエンジン1基の小さいロケットだった。3回連続して失敗したが、4回目に初めて成功し、マレーシアの小型地球観測衛星を有料で打上げている。これはすぐに運用を終了し、その後、エンジンを9基—中心に1基、周囲に円形に8基並べたファルコン9を18機打上げ、全て成功している。宇宙ステーションに物資を運ぶドラゴン宇宙船を乗せたロケットを6回、静止衛星を6回で7機、LEOに5機、ラグランジュ点に1機とどんどん上げ、最短13日のインターバルで次のロケットを打上げている。この勢いから中国の方がむしろ負っているのではないかと感じたほどだ。

さらに凄いのが再使用型の開発だ。ファルコン9ロケットは、ドラゴン宇宙船という非常に重い物を運び、残った燃料でまた地上に降りてくる。今はまだ海上のプラットフォームだが、そこに降ろしてまた使うということを考えていた、今年から試験が始まり、3回試みて3回とも失敗してはいるが着々と成功に向かっていると思う。次回の試験は6月26日だ（資料作成時の6月22日より変更）。

エンジンを9基使うファルコン9を3つ、つまりマーリンエンジン27基が一気に火を噴くFalcon Heavyロケットも開発中だ。これが出来ると長征9号にほぼ匹敵する50トンクラスとなる。今年に入り5月末までに既に5機を打上げているが、米国の過半を打上げたことになり、残りはロッキードマーチンとボーイングが分け合っている。

国防総省の衛星も打上げ可能となったことでロッキードマーチンとボーイングが独占していたところに最近、スペースXが割り込んできた。ロシアの制裁問題もあり、ULAは厳しい立場となっている。

スペースXの海上プラットフォーム、“Drone Ship”に再使用試験ロケットは100kmくらいの高さから降りてくる。たった30m四方しかないプラットフォームがある場所に正確に降りてくるだけでも凄い。この時はブレーキが効かずに激突してしまったらしい。どうも着陸の足の所に仕掛けがあるらしいのだが、それがうまく働かなかったようだ。2回目は天候が悪く着陸できないということで、Drone Shipの方が大事だからと断念したらしい。海の上で静止状態になっていたとのことだ。3回目もスピードが落ちず激突炎上しているが、今度また6月26日に再使用の試験を行うので新聞記事等ご注目いただければと思う。

JSTの“Science Portal China”に中国の宇宙開発関係としてこれまで10数回寄稿している。NISTEPの“科学技術動向”という冊子にも書いているので、それらも見て

ただければと思う。

続いて有人宇宙活動について。今年、中国は有人宇宙飛行を行うだろうか。調べてみたところ、今年は無さそうだ。中国の発表では2016年に神舟11号、また現在宇宙に天宮1号があるが、今度は2号を打上げるとしている。この2つの打上げが2016年とされているので今年はないと思う。

今までの有人宇宙飛行の実績はご存知の方も多いだろう。2008年までの実績は、神舟1~4号は無人で、5号で初めて有人飛行を行った。6号では2名が搭乗し、7号で3名、船外活動も実施している。この辺りまでが第一段階と言われていて、宇宙飛行士は6名となった。

2011年に天宮1号と神舟8号を打上げているが、ここでは中国の新しい技術開発として無人のランデブードッキングを実現している。2012年には神舟9号を打上げ、天宮1号と手動操作によるドッキングを行った。この時には初めての女性宇宙飛行士が搭乗している。2013年の神舟10号も搭乗員3名の内、1名が女性だ。

宇宙飛行士は10人だが2回飛んだ人も2人いて、滞在日数は述べ104日になる。一方、日本はどうかというと滞在日数928日で世界第3位。圧倒的に多いのはロシア、次がアメリカで、この2国は20,000日とか10,000日というオーダーだ。他で1,000日に乗った国は無いが、今度、JAXAの油井宇宙飛行士が飛ぶので、それが成功すれば日本は1,000日を超える。

中国は有人宇宙活動でこれからどうしようとしているかというと、国際宇宙ステーション(ISS)に対抗して、独自の宇宙ステーションを作ろうとしている。ISSは2020年、もしくは2024年頃に止めてしまう可能性があるが、中国はそこから宇宙ステーションを始めるとしている。2020年頃から運用を開始し、2022年でモジュールを全て揃えて完成させるらしい。全体で“天宮”とし、基本モジュールは3つ、そこに貨物輸送船と有人宇宙船が両側に付き、連結モジュールもあるのでモジュール数は最大で6、7になる予定だ。

宇宙飛行士たちは全員、人民解放軍の航天員大隊という宇宙飛行士部隊に所属しているが、一般人や外国人が搭乗する可能性もある。例えばドイツは宇宙実験分野で中国と協力関係を持っており、ESAの宇宙飛行士で中国語の勉強を始めた人がいるという情報もある。ISSが運用を止めた後、中国の方にすり寄る国が出てくるかもしれない。

これが中国独自の宇宙ステーションの構成図だ。モジュールはコアとなる“天和”と“巡天”、“問天”、そこに神舟と物資輸送船の“天舟”。これはソ連時代のミールと同じなので技術的には今までの技術の応用で難しくないとのことだ。しかもロケットは長征5型があるので、かなり大きなモジュールでも打上げられる環境が準備されている。

世界の技術力比較を見ると、満点なのはやはり米国だ。ロシアは有人探査技術が少し弱く米国に遅れるが、中国はそれにもう少し遅れるというところだ。独自の宇宙ステーションと言ってはいるが、日本は現にISSに参加していることで点が高くなるところもあり、トータルすると日本と中国ではそれほど変わらないと思う。とはいって、中国は米国、ロシアに次ぐ3番手になっている。

以上が最初の30分でお話しようと思っていたことだ。概況と宇宙輸送、有人宇宙飛行に絞って会場からご質問をお受けしたい。

(フロア)

今回の話とは関係ないが、北朝鮮の宇宙技術はどれくらいだろう。

(辻野)

私の理解としては日本の50年前にも及んでいないと思う。

(フロア)

中国の宇宙関係は人民解放軍が担当しているようだが、活動予算は軍事予算に入っているのかもしくは別枠に取られているのか。

(辻野)

たいへん難しい質問で満足に答えられるか分からぬが、その話は最後の方で触れることにしていた。正確なところは分からぬが、おそらく軍事予算ではない。そもそも人民解放軍は中国共産党のもので國軍ではなく、國家予算ではない。共産党のお金から運営している感じだ。宇宙に関して言うと、例えば燃料を運ぶトラックを誰が運転するか、ガソリン代を誰が出すかとした時に、軍が普段のオペレーションの一環としてやるとか、射場の警備に人民解放軍の兵士が立っているということだが、もし日本でJAXAがやるとなると燃料を運ぶのは燃料を作る会社や輸送会社と交渉、契約して会計検査院のチェックを受ける。セキュリティ関係ではガードマンを雇うにも警備会社と契約する。しかし中国ではそういう契約の手間は全く必要なく、共産党をあげて行う。言ってみれば家族が家事手伝いをする感じだろう。表面には出てこない、GDPに上がらない活動だと思う。

(フロア)

海南島に基地を持ってきたというのは軌道に乗せるのに北方より有利だからか。

(辻野)

その通りだが他にも理由がある。長征5型は直径が5mもある。それまでの長征3型は直径3.35mで新幹線の車体くらいだ。中国の鉄道は標準軌で新幹線の幅と同じ線路で出来ていてロケットを積んで走れる。今まででは鉄道で運べ

たが、5mになるとトンネルを通れない。中国の射場は全部山の中にあるのでトンネルをくぐれないと船で運ぶしかない。ロケットを作る機械の工場は天津にある。臨海の工業地帯から船に積み、そのまま海南島まで運んで打上げる。とても合理的だ。5mでやるとなった途端、今までの鉄道輸送のやり方を捨て、全て新しいやり方にした。

海南島は北緯20度なので静止衛星を打上げる場合、西昌の28度より少し楽になるし打上げ能力が上がるというメリットもある。では何故、最初に海南島が射場として選ばれなかつたかというと、海に近いと真っ先に攻められるのではないかという国防上の理由だった。

さて、続いて4番目の章、月探査について話したい。

2013年12月、中国は“玉兎”というローバーを積んだ嫦娥3号を打上げ、月面着陸に成功した。これはロシアのルナ24号以来37年ぶりのことだ、中国はロシア、米国に次ぐ世界3番目の月面着陸国になった。それまで周回があってから着陸だと思っていたが、米ソが競い合っていた1966年、両国は初めて月面着陸に成功しており、その2ヶ月以内に周回に成功している。つまり、着陸した時に周回はしておらず、周回の方が後だったということだ。周回の方が難しいのかもしれない。ところで“玉兎”は2ヶ月間、走行した。月の1日は地球での1ヶ月に相当するので2ヶ月というのは月面での2日間にあたる。月を地球から見た時に光っているところは月の昼で、見えない部分は夜、一地点で見ると昼と夜はどの場所でも半月ずつで14.5日で昼と夜を繰り返す。月の1日は地球で1ヶ月かかる。“玉兎”は地球での2ヶ月間、走行したが2晩目に蓋を閉じる時にゴミがたくさん入って動かなくなってしまった。通信は出来ても駆動出来ず、ローバーの役目を果たせなくなってしまった。

2017年には嫦娥5号の打上げが決まっているが、次の課題は試料を取って地球に戻すサンプルリターンだ。日本ではHAYABUSAがITOKAWAから微かなサンプルを持ち帰っている。

一方で月探査に関する質問、「中国は3号、5号ときているが4号はどうするのか」という話だ。実は4号は3号と一緒に作っていることが分かっている。例えば2号の場合は1号と一緒に作り、1号の失敗点を改修した後で打上げ、ミッションとして良い結果を得ている。4号では現在、中国国内の一般社会に向け利用計画を公募しており、それをみて2020年頃、打上げられる予定だが、一般募集のアイデアで探査しようというのは面白い。そのため5号は4号より先に打上げられる見込みとなっている。

月探査機の実績として、嫦娥1号は2007年、日本の“かぐや”的1ヶ月後に打上げられている。“かぐや”は高度100kmで観測したので結構精度が良かったが、嫦娥1号は200kmの高さだったので画像があまり良くなかった。その

後、2010年に嫦娥2号を打上げたが、この時は“かぐや”を真似した軌道投入方式を探ったり、高度100kmにしたりした。この時はかなり順調に進んだので余った燃料で小惑星に接近して写真撮影したり、ラグランジュ点までいって観測したりするなど、日本では考えにくいことだが当初予定に無かつたことをいろいろ勝手に行っている。また去年10月、嫦娥5号T1という月探査試験機を打上げ、月には降りないが、月を通じて地球に再突入し、カプセルを戻すという実験をしている。カプセルの中身はまだ空だが、月まで行って戻すことができるということを去年の内に実験したことだ。

月探査計画は「繞」、「落」、「回」の三段階に分けられている。第一段階の「繞」では嫦娥1号、2号の月周回、「落」は月面着陸で3号の軟着陸で達成された。「回」は2017年の5号によるサンプルリターンだ。その後、有人月面基地をやるかどうかが注目点で、やりそうな気配はあるがまだはっきりやるとは言ってない。しかし、論文などを見るとその辺りを見越したことをやっているように思われる。

こちら辺の技術力を比較すると、これは必ずしも全体の比較ではなく、月惑星探査に関する部分点である。どこで差がつくか。日本の点が高い理由にLPSC：月惑星科学会議という会が関係する。LPSCには米国や欧州から大人数が参加し、日本も参加している。ところがロシアや中国、インドからは殆ど論文が出ず参加も無いため点が落ちてしまう。中国語の論文はあるかもしれないが、国際的な会議に出る人はそう多くない。



地球観測分野における中国の特徴は欧州を模範していることにある。35ページに地球観測分野における技術力比較を挙げた。大体において米国は満点だが、地球観測については欧州が米国を上回るところがあり、公共利用など欧州は米国に無いことを行って高く評価されている。中国はそれを分かっているので欧州に教わりながら連携し、“ドラゴンプログラム”は第3期まで進んでいる。

この計画がどうなっているかをGoogleで調べる時のヒントをお伝えしよう。日本人が普通に入力すると“龍計画”

となると思うが“画”はPictureの意味なので、中国語では“劃”を使わないといけない。“龍計劃”と入れると良い検索結果が出てくる。これがノウハウだ。第1期にはプロジェクトが10くらいしかなく第2期で25、第3期には50になった。去年5月、成都で学術フォーラムが開かれ、環境、農業、寒冷圏、森林など6テーマが設定されていたようだ。“龍計劃”では欧州と中国両方の衛星画像データを使い、一緒に研究を行うという特徴がある。

日本では“ひまわり”でおなじみの気象衛星は、中国では“風雲”といい第3シリーズまで進んでいる。第1シリーズと第3シリーズは極軌道を採っているため南極と北極を通る。第2シリーズは静止衛星だ。これまで7機打上げられており、2Hを上げれば第2シリーズは終了する。新シリーズでは風雲4を用意しているようだ。まだ2Hが残っているのでもう少し時間がかかるだろう。

陸域観測衛星にはいろいろな種類がある。今年は“高分”4号が3号より先に打ち上げられる予定だ。“環境”という衛星には1A、1B、1Cとあり、1Aにはタイの通信機器も搭載されている。

測量衛星の“天絵”だが、“絵”は立体地図を意味するのでそのまま測量だと思ってほしい。またブラジルと共にCBERSという衛星を4機上げており、現在1機が運用中だ。“資源”はCBERSと殆ど変わらない衛星で3機上がっている。

海洋観測衛星もある。海を見て何が分かるかというと、かつて日本でも“もも1号”という衛星を上げていたが、海の色や温度を見る。海に地形は無いが、それでも高低差があったり波があったり、温度分布やプランクトン、藻類がどうなっているかという観測などに使われている。中国ではこれまでに“海洋”1A、1B、2の3機を上げている。“北京1号”は海洋観測衛星とは全く関係無く、民間ベースで作った衛星だ。

偵察用はどこが運用しているかよく分からず、おそらく人民開放軍だと思われるが、“遙感”シリーズが最近非常に多く上がっており、細分化すると6グループ、36機が殆ど運用中だ。数がどんどん増えているが、これを軍事衛星とみなすと民生用の地球観測衛星の数はそれほど多いとは言えない。

回収式衛星の方は最近、殆どやっていないが既に23機を打上げている。この頃は微小重力実験と相乗りというケースが多いようだ。最初の回収式衛星は1975年だった。着陸予定地は大体四川省だが、1機目の時は大変で、400km離れた貴州省の炭鉱入り口付近に落ちてしまった。炭鉱夫さん達がお昼ご飯を食べようとしている時に落ちてきて、皆、驚き逃げたが、町までおりて知らせてくれた。彼らは人工衛星という言葉すら知らなかったという。それで四川省で待っていた人達が400km移動して回収に成功し

た。中のカプセルは無事だった。衛星には普通のカメラが搭載されていたが、それを現像しないと偵察写真にならないので回収しなければ意味がない。流石に最近はこれが必要ということはあまり無いようだが、そういったことをこれまで23回やっている。

技術力で比較すると、地球観測について中国はロシアよりも日本より少しレベルが低い。これは分解能のやミッションの多様性による。

次に航行測位分野だが、これは何のことかというとGPSだ。今年になって1回だけ打上げがあったと話したが、それがこの航行測位衛星、北斗3号、今まで聞いたことのない名前だった。3月30日に打上げられて準天頂軌道を回っている。準天頂軌道については後で説明する。

はじめは第2世代の北斗衛星を35機打上げるとされていたが、15機打上げたところで20機を残したまま計画を止めてしまった。第2世代を綺麗さっぱり破棄して2015年から第3世代の北斗を打上げるという。衛星自体はIG5、Iは“Inclined”で赤道に対して傾斜が付いているということ。GのGeosynchronousというのは地球と同期しているということで、一周する速さが地球の自転速度と同じということだ。Inclinationがなく 0° であれば静止して見える（それを静止衛星という）が、Inclinedになると北半球と南半球を往復する。

それについてお話する前に15機の内容だが、北斗1号は5機で全て終了している。北斗2号は静止衛星5機、準天頂5機、中高度5機で、中高度はあと20機打上げる予定だったがこれも中止してしまった。北斗3号は現在、1機が飛んでいるがこれから34機を打上げるとしており、来月、中高度衛星を2機同時に長征3号で打ち上げる予定だ。

北斗の軌道だがこれが準天頂軌道だ。Inclinedだが、中国の場合は55度の傾きが付いていて、一番北の方ではこの辺りまで来る。半日経つと南半球の方に行き、ぐるぐる回る。大体8時間くらいが見える範囲だと言われている。3機あると替わりばんこに出てくるので3機で一組になる。中国ではIGの内、北京と香港を結ぶラインに3機を配置しているので、衛星がくるくると回りながらどれか一機は中国本土の上にある。静止衛星の場合は止まって見えるが、IGの描く8の字の場合、どんどん縮めていくと最後は1点になる。厳密には 0.1° でもあれば8の字を描くが、それが 0.1° もないから静止しているように見える。

準天頂衛星5機は何かというと、3機は北京、香港のラインだが、ややこしいのでここでは抜いている。この西側、ヒマラヤと青海省の上あたりを通る2機がある。今年打上げた衛星はどこに入れたのか調べると、5番目に投入したもののが近くを飛んでいる。日本の“みちびき”的軌道は、円形ではなく橙円形で飛ばしている。北半球の方は遠地点がとても遠くなっていて、近地点になるオーストラリアの

方は短い時間で広い範囲を行き、日本の上を8時間以上かけて丹念に、ゆっくりと狭い範囲を一周して飛んでいる。この小さい輪のところが8時間くらいだ。これが日本の準天頂衛星の軌道だが、これが12時間経つと逆の方にいく。衛星はGPSと一緒にため、中国からみると“みちびき”が使える、つまり西側の準天頂衛星が無くとも日本の衛星がエリアをカバーしているから、中国の衛星が要らない範囲が出来ているのではないだろうか。中国がそう発表しているわけではなくあくまでも私の推測だが、画を見る限りではそう解釈できる。資料に記したが、北斗2型2機と日本の“みちびき”は中国中央部から見て準天頂衛星3機1組に相当するということだ。

航行測位の技術力比較に関しては今回、大分難しいことを調べた。SIS-UREという指標で比較している。“みちびき”は非常に良いが、中国の方はまだ精度が低い。しかし今度は北斗3型になったので点が上がるかもしれない。SIS-UREというのは一個の衛星の性能観点からの比較だが、コンステレーションは衛星全体の比較なのでこの点が上がる可能性がある。しかし中国では基本的にコンステレーションが出来ていない。あと5年くらいはかかるかもしれない。

通信放送分野は“東方紅”だ。“東方紅”は国歌の題名で、その名を冠した1型が中国最初の衛星だ。東方紅5型は衛星ではなく衛星バスで共通的な部分を示している。今、中国の衛星通信をやっているのはChinaSatcom、昔の“中国通信”で、日本でいうNTTのような会社の一部だった。現在は分離されてCASCに所属し、衛星開発はCASTが行っている。現在は4型バスで5トン級が主力になっており、後で国際協力の方でも触れるが外国にも売っている。今、開発している東方紅5型のバスは相当大きく8トン級で、米国や欧州を上回っている。米国でもまだ7トンまでいかない。それを上回るものを作ろうとしている。同時に長寿命化や太陽電池の高性能化といった技術開発も含まれる。これを打ち上げるのに長征3型では無理なので5型ロケットが出来ることを前提にしている。

通信放送衛星は中国通信広播衛星公司が12機持っている。テレビ放送ができる“中星”があるが、おそらく軍から頼まれて軍事通信衛星も運用していると思う。また、有人宇宙開発で利用しているデータ中継衛星の“天鏈”もこの会社が運用していることが分かった。昔、Sinosatという会社があったが、ここも今は“中星”グループに統合されている。アジア太平洋のAPStarもChinaSatcomに統合されている。現在、中国内でこの会社に入っていないのはAsiasat、またABSは中国ではないとした方がいいかもしれないが、韓国衛星やフィリピン衛星などを軌道上で承継し、独自衛星も上げていて規模を拡大しようとしている。私がカウントする中には中国政府が知らないものまで入っているかもしれない。

通信衛星の輸出という観点で見た時、ナイジェリア、ベネズエラ、ボリビアのケースでは衛星を製造しロケットで打ち上げ、保険をかけ、運用要員を訓練し、費用は中国の銀行がお金を貸すというのがセットになって殆ど手ぶらで参加できそうになっている。しかし勿論、運用が始まるとローンを返さなければならない。いわば住宅ローンとセットで家を建てるというような商売だ。今後はコンゴやベラルーシ、スリランカ、ラオスといった国が予定されている。

これは一昨年に打上げたボリビアの衛星でKuバンドが26ある。Kuバンドはテレビ放送だがKaバンドはインターネット対応だ。数からみてもテレビ放送が主体のようだ。

東方紅5型の話に戻り、これが果たして良いことか悪いことを考えてみたい。メリットとしては、今、静止軌道が非常に混雑している中で、このような大型のものができれば集約によって数が減らせる、あるいは全体としての容量がもっと上がっていくという利点があると思う。また、これだけ大きくなるとハッブル宇宙望遠鏡のように修理に行こうかという規模になるかもしれない。中国が世界の需要を独占する可能性もある。これまでの衛星バスには時代時代の覇者がいて、20世紀はHughes（ヒューズ）というところが茶筒のような衛星をたくさんつくっていた。最近はヨーロッパの会社にスマートなものが多い。今後、中国の東方紅5型が世界最高だとなったら一気に移る可能性もある。価格も安いかもしれない。その一方でデメリットもあり、東方紅4型も最初は失敗して苦労しているので技術開発の難しさがあるのではないかということや、独占的な需要を獲得できないのではないかとか、あるいは逆に価格が高くなるのではないかとか、いろいろと分からぬ要素がある。これはあくまで私がメモ的に、東方紅5型がどちらにいくかこれから注目していく上でポイントとなるところをあげたものだ。

ここについても世界の宇宙技術力比較をしている。中国は通信方面がまだ弱いというのが実情だ。今後、東方紅5型で圧倒的にシェアが広がるようになると中国が満点になり、米国、欧州の評価が相対的に低くなるかもしれない。

以上、月探査と3つの応用分野で一かたまりとしたこの範囲でご質問を受けたい。

(倉澤上席フェロー)

まず私の方からお伺いしたいことがある。打上げコストと衛星のパッケージコストは米国、ロシアと比較してどれくらいなのか。

(辻野)

決して安くはない。ベネズエラの衛星でも300億円くらいかかっている。ロケットの打上げ自体は60～70億円くらいだと思うがあまりはっきりしない。先ほども触れたが、人民解放軍が負担しているところがあるのでコストがよく分からない。確かに一般には安いと言われているが極端

に安いわけではなく、欧米との競争感をみて高い値段をつけているように思う。

(フロア)

ZTE という中国の衛星通信会社があるが。

(辻野)

モバイルは衛星ではやっていないと思う。今、モバイルを衛星でやっている会社はアラブ首長国連邦のスラーヤ (THURAYA) だ。ソフトバンクと組んでいて、日本で専用端末を使えばアラブが持つ静止衛星とやり取りができる。これは非常に特殊な設計で端末になる携帯電話もサイズがやや大きい。内部でアンテナをぐるぐる巻いてあったりするが、そう簡単な技術ではないと思う。アンテナには大きさが必要で、波長をいかにちゃんと受け取るかだ。モバイルではなかなか難しいだろう。

(倉澤上席フェロー)

それでは、最後のところまでセッションを進めていただく。

次は宇宙科学分野の科学衛星だ。実のところ、中国には天文観測衛星が無い。ちなみにインドにもなく、インドでは去年、一昨年あたりから上げる上げると言っているものの上がっていない。中国も今の 5 カ年計画で必ずやるとは言っているがまだ出来ておらず、5 カ年計画も今年で終わるから最後まで無いのだろうと思っていたら、この原稿を JST に出した 2 日後に新しい情報が飛び込んできて、HXMT (硬 X 線望遠鏡衛星) と DAMPE というダークマターの衛星、また量子通信 (量子科学は量子暗号通信のことだと思う) の実験衛星と今年中に 3 つは上げたいということだ。5 種類打上げるというのを少し縮小して 2 つでも 3 つでも、というところだろうか。ロケットの方は手ぐすね引いて待っている。今年の打上げ目標達成にはあと 19 機あるが、北斗 3 号の衛星が何機上がるか、コンゴやラオスの衛星が何機上がるか。有人は無いだろうが地球観測衛星や偵察衛星もあるので打ち上げるものには事欠かない。科学衛星はなかなか割り込めないだろうと思うが、今年はロケット製造プロセスで旧型の在庫を一掃したいところもあると思う。今年後半にどの程度うまくやっていくのか注目している。

このように私が「やるのか、やらないのか」などと疑問を明らかにすると、盗聴でもされているのか、急に「やる」というニュースが入ってくる。(会場・笑)

科学衛星の実績自体は 0 ではない。天文観測ではないが地球圏に関する衛星が 15 機くらい打ち上げられている。しかし宇宙科学分野で技術力比較をすると中国は月・惑星探査も低く、インドやカナダと並ぶ最下位クラス、地球近傍宇宙環境観測も日本より少し落ちる。宇宙科学が一番弱いところかもしれない。

次に技術試験衛星その他について。中国の技術試験衛星はどのような組織が何機くらいあげているか。数えるところ、これまでに 3 企業、5 大学が技術試験衛星を打上げた実績がある。製作中だともっと多く、今度の長征 6 型ロケットにはいろいろな大学から衛星コンテストのように乗るかもしれない。今のところはこのような分布で規模は小型衛星だけではなく、例えば神舟の 1 号から 4 号は無人なので全て技術試験衛星になる。通信衛星でも使わないものは技術試験衛星だ。中国空間技術研究院 (CAST) がやっているということは、ここから出発して今の日常衛星に結びついているものがたくさんあるということだ。CAST は一種の軍事施設にあたる。訪問した時は入口の展示館だけ後は何も見せてくれなかった。しかし写真から大抵の想像はつく。東方紅 1 号から始まり実践衛星、試験衛星、創新衛星、納星というのはナノサット、CAST はピコはやっていない。ナノサットは 1~3、4kg までと決まっているが、CAST のナノサットは 25kg もあるので要件を満たしていない。他に“希望”というものもある。

上海航天技術研究院には“蜂鳥”という衛星がある。30kg と 160kg だからそこそこ大きく、この 2 機が編隊飛行の技術実証をしている。

清華大学には“靈巧”という衛星があるが、“靈”というのは携帯電話の意味なので、実用にはならないとは思うがモバイルの実験をやっているかもしれない。浙江大学では“皮星”というピコサット、ナノの下の単位のピコの衛星をやっているが、12kg もあるのでピコとは言い難い。ピコはグラム単位なので 100g 程度だ。ハルビン工科大学はかなり真面目に作っていて新型ロケット“快舟”に乗せる衛星 2 機を作っている。

国防科技大学では“天拓”で AIS という船舶の情報を収集するシステムをやっている。船は海の上でいくら電波を出してもなかなか海上で受け取ってもらえることはない。地上は空気があるので大体 100km が限界だ。しかし宇宙に行くと 400km くらいでも通信できる。AIS 受信機は全世界で使われているが、国際船舶にも AIS が積まれていて、今的位置がどこにあるとか、どこへ向かっているとか、何ノットで航行しているとかいうことが全部分かる。1 分おきに信号を出していて、その信号を繋いでいくと線になり航路が分かる。

他には南京航空航天大学や深圳航天東方紅海特衛星有限公司なども小型衛星の開発をやっている。

皆さんの資料には写真が大きく載っていて下の方は見えないと思うが、中国が結構力を入れている CSES という地震電磁観測試験衛星がある。中国ではかなり大きな地震が起きることがあり、地震に対してできることは何でもやろうと電磁波を使った地震の先行現象の研究を行おうとしている。写真はこの関係で開かれた会議時のもので、JAXA 職員を含め日本人も参加している。電磁波による地震先行現象を調べようという夢を持った人達が国際的に

集まった会議だ。

次は宇宙開発組織について話したい。中国でも基本的な組織図を作っているが、ローカルに見ると再編成や統合が行われているのでこの5年間でどのような変貌があったか述べたい。前回（第30回研究会：2010年4月15日）の時にお配りしたデータと現状を見比べると全部で5つくらいの目立った変化がある。一つは航行測位の実用化が非常に進み、準天頂衛星が全て完成して2012年あたりから始まっている。そこでCNAGA（中国衛星導航定位応用管理センター）という組織が出来た。有人宇宙関係では有人宇宙プログラム室（CMSEO）が出来ている。国連職員から聞いた話によると、CMSEOをヨーロッパや外国人向けにはCMSAと呼称し、我々はAgency、有人宇宙飛行庁だと言っているらしい。いずれにせよCMSEOというのが中国語的には正式な呼称となる。

有人宇宙関係では中国科学院が空間応用工程・技術センター（CSU）を設置しているが私はここに非常に関心がある。この組織は物資輸送船の“天舟”と“天宮”的全体設計をやるところで、専門的かつ高学歴の人を新たに多くを集めている。昔の国鉄の工事局もプロジェクトに必要な技術を持った人をどこからでも集めていた。そこに近いという印象で、中国全土から非常に優秀な人材を集めている。

③は地球観測関係で、遙感応用研究所（IRSA）と対地観測・数字地球センター（CEODE）が統合され、遙感・数字地球研究所（RADI）になった。ちなみに遙感はリモートセンシングを意味する。2012年9月に設立され2013年4月に発足しているが、ホームページを見ると未だにIRSAのURLが残っているので、まだ完全には統合されていないようと思う。

④の宇宙科学関係では中国科学院の空間科学・応用研究センター（CSSAR）の名称が変わり、国家空間科学センター（NSSC）となった。

この図を説明すると非常に時間がかかるので、ご質問があれば後ほどお受けする。

次に宇宙産業だが、私は中国の宇宙産業についてもしばしば質問を受ける。まず答えるのは“CASC”と“CASIC”的2つがあり“CASC”には13万人、“CASIC”には10万人、合わせて23万人が中国の産業組織で宇宙開発を担っているということだ。実のところこれは凄い人数で日本の20倍くらいである。最近、ロケットや衛星の打上げ数が今までの3倍、4倍に増えているが人数自体はそれほど変わっていない。つまり彼らの生産性が向上しているのかもしれない。今まで宇宙の仕事が無かった人にも仕事が回ってきて、単位従業員あたりの売上高も増えているのではないだろうか。また、昔に比べて高学歴者が増えている。特に“海亀政策”で海外留学生が呼び戻されており、故国に戻る技術者が増えている。

CASCの中で一番大きいのは中国長城工業集団有限公司

(CGWIC)というところでCASCの中核を成している。日本でいうと三菱重工と三菱電機の宇宙部門をまとめたくらいの大会社だ。世界10箇所に営業拠点を持っており、打上げサービスもやるが衛星輸出もするし、衛星通信用のアンテナや画像データを取るためにアンテナ、航行測位分野でも受信機や利用サービスなど中国の宇宙活動の全範囲、科学はビジネスに入らないが、主要なところを全部抑えている。また国際協力として中国の政府機関とパートナーになっている国への技術サービスやメンテナンス協力をしている。国の機関には100人くらいしかいないがCGWICだけで何万人もいる。共産党の下、国営企業として整然と動いている感じだ。

しかし、このような中国企業を米国は決して良くは思っていない。2005年にイラン不拡散法に基づき米国はCGWICなど9企業への制裁を実施している（CGWICへの制裁は2008年に解除され、今は平常化している）。

次に国際協力について、中国は宇宙での協力を何ヶ国と公式に行っているか。中国に聞くと米国と日本を除いて全部やっていると言うが、キリバスのように明らかに喧嘩しているところもあるので全部とは言いすぎだろう。主だった協力関係としては包括的な協力をしているところと分野別の協力をしているところ、あるいは海外に中国の施設を作らせてもらっているところがある。またボリビアのように衛星の輸出相手もいるし、APSCOというアジア太平洋宇宙協力機構に参加している国など、重複もあるが、カウントすると37カ国2機関との協力関係が公式にあると思う。2機関はESA（欧州宇宙機関）とEUMETSAT（欧州気象衛星機構）だ。

ロシアについては最近、新しい動きが出てきた。ウクライナ問題もあり米国や欧州から制裁を受ける中、新たな活路を見出すために中国と急接近している。具体的な話としては宇宙規格の統一、例えば宇宙船のドッキングを統一化しないとロシアと中国の設備を一体化できないということで交渉が始まっている。宇宙産業界の消息筋によると、将来の月探査を見据えてドッキングユニットや電気的接続、空気の規格などを共同作業で統一していくらしい。

最後の宇宙政策については言い出したらきりが無いが、2011年に出された宇宙白書の2016年版を作るのではないかと思う。もうそろそろ準備期間に入っているはずで今は計画段階だろう。今後の動向や発表に注目したい。

中国の宇宙予算は分からぬところが多い。ミッションごとに組織が分かれている、全体を統一しているところがない。製造部門と政府部門で分かれたりするので全体を分かれている人があまりいない。予算といつても集計していないと思う。

宇宙産業のところで説明しようと思ったが、23万人と

いう人数は宇宙の仕事だけをやっているわけではなく、一般向けの生産もやっている。面白いところでは香港の大仏も鋳造技術を活かして CGWIC が作っている。そのようなことにも人手が使われていて、売上げの 3 分の 2 か半分くらいを非宇宙で稼いでいるので企業の売上げだけを見てもよく分からない。こういったことを割引いて、軍事を抜いて民生だけで見ても中国の方が日本やロシアより大きいよう思う。

今日は不十分な話で申し訳ないが、宇宙政策については 2016 年版宇宙白書を早く見てみたいと思う。

最後に今までの話を全てまとめると、ロケットの関係では現在、長征 2、3、4 号と開発中の 5、6、7 号。他にもあるが、今年の後半から遅い時期にかけて打上げが混在し新型ロケットも飛ぶが昔のロケットも飛ぶことになるだろう。2020 年くらいになれば殆どが新型ロケットになるとと思うがそういう移り変わり期間になると思う。

有人宇宙飛行は来年からまた活発化し、天宮を構築することで定常運用に入るかもしれない。

地球観測衛星と航行測位衛星は引き続き規模を拡大し、通信放送衛星も外国向けに製造が増えしていくだろう。成長路線がある程度見込まれる。

月はサンプルリターンが 2017 年に迫っているし、将来的な有人月面基地も視野に入れている。天文観測衛星は開発が遅れているとされていたが、最近のニュースによると今年のうちに動きが出てくるかもしれない。

最後に余談だが、嫦娥 3 号や玉兔などは最近、切手になって宣伝されている。50 年くらい前は米国やロシアが切手を使って自国の宇宙活動を盛んに宣伝していた。今、それをやっているのは中国だけなので、やはり中国が一番そういう意識でいるのかとも思う。

以上だ。ご清聴に感謝する。

(JST 倉澤上席フェロー)

非常に興味深い、中国の宇宙開発全般の多岐にわたる話だった。折角の機会なので会場から質問を受けたい。挙手を。

(フロア)

宇宙政策について伺いたい。先月末に中国政府が発表した国防白書では 4 つの重点分野の中に“宇宙空間”を挙げている。どういう活動を行うことが重点活動となるのかお分かりの範囲で具体的に教えていただきたい。

(辻野)

これはあまり言えない話なのだと思う。中国の活動を見ていくとお分かりいただけたと思うが、宇宙科学のような分野を抜きにすると、有人宇宙は軍がやっているし、測位や通信などの分野も軍民両用、デュアルユースでやっている。国防白書的に言えば、人民解放軍の能力を使い、宇宙の軍民共用、今は軍民融合と言っているが、軍民融合で

やるということだ。

実際にやっている内容にそう新しいものはないと思う。一つだけ、JST の特任フェローの立場として言わせてもらうと、早期警戒衛星を本当に打ち上げるかということに注目している。これは軍事専用だ。国防白書にはこのようなことは書いていないと思うが、それをやるかどうか。

(フロア)

航行測位衛星のことだが、特に問題になるのは航空機の衛星航行システムだと思う。

(辻野)

GPS を使った無人誘導だと問題になるだろう。爆撃機の替わりになるからだ。

(フロア)

米国でも ADSB (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast) が既に使われているが、中国も国際的に航空機を飛ばしているので米国が GPS を使わせると言っても時にはシャットダウンする可能性もあるのではないか。それに対する中国独自のバックアップや国際協調となる衛星航行システムはどうなっているのだろう。

(辻野)

今までの北斗 2 と合わせて使うが性能がクリアに違う。北斗 3 は精度が 4 倍に上がっている。これを 35 機まで増やし、予定していた残り 20 機を廃棄して新しく 1 からやり直すとしている。この後 2 機ずつ周回衛星を打上げるということも聞いている。どんどん上がっていきそうだ。中国の GPS 受信機は米国、ロシアと中国の北斗の 3 つの信号を受けられるようになっている。米国の信号も使うし、日本の“みちびき”も使っている。

(フロア)

スペースデブリの件が気になる。西側は相当気にしているが中国はどれくらい対応しているか。

(辻野)

中国は航天白書の中でデブリ対策をやると書いている。そこまではっきり政策文書で明言している国は他にない。予算があり組織があっても、ポリシーにしている国はなかなかない。中国は 2007 年、自国の風雲 1 号にミサイルを打って破壊し、3,000 個のデブリを作ってしまった。粉々にしたらなくなると思ってやったのだろうが、速度を与えるとますます力を持ってデブリとして飛び続けるので逆効果になった。おそらくその時に非難を浴びたり思い通りにならなかつたという反省もあったりしたのだろう、その後、こういったことはしていない。それでも米国はいつ GPS 衛星が撃墜されるか分からないと常に警戒している。中国はデブリを作ってしまったことはあったが他のところでわざとデブリを作っているわけではなく、国際的なデ

ブリの調整会議にも参加している。コントロール範囲にあるとは思う。

(フロア)

中国がいろいろな分野に力を入れているということがよく分かった。測位衛星があり有人飛行があり月探査もある。多方面にお金をかけ力を入れているが、10年後、20年後の大目標はあるのだろうか。中国は宇宙を何のために行っているのか、最終目的は何なのか。例えば党なり軍なりの文書などに明記されているのだろうか。

(辻野)

素晴らしい、だが難しい質問だ。その答えを一番求めているのは米国だと思う。いつも米国から中国の真意は何かという質問が出る。いくら CIA が調査しても真意が分からぬ。私は 10 年前から中国の宇宙活動を追いかけているが、10 年前から中国が言っていたことと今とではそれほど変わりがなく、将来的に有人月探査をやりたいとか宇宙ステーションを持ちたいとか、世界的競争力を持つ宇宙産業にしたいとかいうことを言い続けている。それを上回るような話も出てこない。途轍もないことを考えているわけではないだろう。出来る限り自國の能力を高めて 13 億人いる国民を食わせていくということが彼らの政策目標だ。それが叶えば小康社会で、そこそこ皆が幸せを感じられる社会にしたいということがあるので、そういう意味では通信衛星で 100ch のテレビ放送が見られたり GPS で盗まれた車が戻ってきたりといった現実的なご利益がある。こういったことを段々と実現していくことに加え、宇宙飛行士の活躍などから国際的に中国の凄さをアピールして若い人たちに誇りとやる気を与えるという意義もあるだろう。それゆえ真意はどこにあるかということを彼ら自身も言わないと思う。

実は今日、私が特に言いたかったことがあるのでこの質問を借りてお話をさせていただくと、JAST が国立研究開発法人を対象に公募したイノベーションハブ事業で JAXA の宇宙探査テーマが採択され（2 件採択された内の 1 件で、もう 1 件は NIMS の材料データベース）、5 年間で 20 億円なので火星には対応できないが、例えば 2020 年に月に着陸させるというはどうだろう。月には今までアポロも降りているが、あれは何をしたかったのか、その後、月への有人計画はストップしてしまった。けれど行けばもっといいことがあるかもしれない。何故そう思うかというと、“かぐや”が 1 年間飛行して集めた月の地表データから発見されたことに、月には 100m くらい深い縦穴と洞窟のような場所があり、そこまで行くと宇宙放射線は直接当たらず温度も零下 20 度くらいで南極より暖かい。空気や水はないので設備は必要だが、その住みやすい場所自体が資源として利用できるかもしれない。これは凄いことだ。中国が気付いたら手を出そうとするかもしれない。実際、日本の科学者が裏側も含めて 3 箇所、とても良い所を見つけ学術論

文を発表している。これに対して米国は、日本人が見つけたものは手を出さないと言っている。

宇宙開発の真意は何か。米国の場合は火星に行けるようにして地球が絶滅するような時に米国人だけは火星に移住して生き延びるというようなことを考えているかもしれません、それが米国の宇宙開発の一番の動機かもしれないし、中国もそれに近いことを考えているかもしれない。ただし公式発表ではないので今、申し上げたことはあまり真に受けないでいただけると有難い。（会場・笑）

【閉会】

(JST 倉澤上席フェロー)

非常に多岐にわたって新しい話をいろいろと聞くことができた。辻野さん、本当に今日はありがとうございました。

(了)

2. 講演資料

中国の宇宙開発動向 2015

2015年6月15日

科学技術振興機構
第85回中国総合研究・交流センター研究会
CRDS特任フェロー 辻野照久

1

1. 中国の宇宙開発の概況

- ◆ 第1問 中国は最近衛星の打上げ数が増えているようだが、どのような傾向か？また技術力は米国やロシアなどの先進国に比べてどの程度なのか？

2

1. 1 中国の累積衛星数
ロシア・米国に次ぎ世界第3位

区分	ミッション	2009年 末まで		2010- 2014		累計
		衛星数	衛星数	衛星数	うち静止	
官需	通信放送衛星	9	6	15	13	
	地球観測衛星	13	11	24	0	
	気象衛星	10	4	14	7	
	航行測位衛星	6	14	20	13	
	月・惑星探査機	1	2	3	0	
	科学衛星	6	1	7	0	
	有人宇宙船	3	2	5	0	
	微小重力実験衛星	10	0	10	0	
	技術試験衛星	20	24	44	0	
民需	通信放送衛星	20	5	25	20	
	大学衛星	2	6	8	0	
	偵察衛星	20	28	48	0	
軍需	軍事通信衛星	6	3	9	6	
	軍事技術試験衛星	3		3	0	
	計	129	106	235	59	

3

1. 1 世界の宇宙技術力比較結果
(総合)

- JST/CRDS発行の2013年版による。対象期間は2013年末まで。

評価項目	満点	米国	欧州	ロシア	日本	中国	インド	カナダ
宇宙輸送分野	30	27	25	25	18	22	11	0
宇宙利用分野	30	29	25	12	19	12	8	5
宇宙科学分野	20	19	11	8	7	4	3	2
有人活動分野	20	20	9	15	9	10	1	3
合計	100	95	70	60	53	48	23	10
順位	1	2	3	4	5	6	7	

4

- JSTではG-TeC (Global Technology Comparison) のテーマの1つとして宇宙技術力比較を隔年で行っている。本年も2015年版の調査を行う予定である。

2. 宇宙輸送システム分野

- ◆ 第2問 中国は2015年にロケットを何回打ち上げるか？また、米国・ロシアを追い越せるか？
- ◆ 年初の計画では20回。
- ◆ 米国・ロシアとも20回以上を計画しており、5月末までに米10回、ロシアに達している。ただしロシアはソユーズとプロトンの連続失敗で停滞中。米国はスペースXが5回と半分を占める。
- ◆ 中国はまだ1回だけ。昨年と同じペース。
- ◆ 次の打上げは7月？そこから怒涛の打上げが行われる？

5

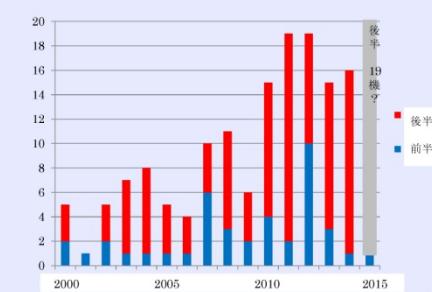
2. 1 ロケット打上げ回数

- ◆ 2014年末までに211回。
- ◆ 長征1型 2(酒泉)
- ◆ 長征2型 87(酒泉60、西昌7、太原20)
- ◆ 長征3型 75(西昌)
- ◆ 長征4型 39(酒泉5、太原34)
長征計203(酒泉67、西昌82、太原54)
- ◆ 快舟 2(酒泉)
- ◆ 風暴 6(酒泉)
- ◆ この他「開拓者」は打上げ失敗

6

最近の年間打上げ数

年の前半と後半の比較(後半の方が多い傾向)



7

2. 2 新型ロケット

- ◆ 長征5型 低軌道25トン、静止トランスポンダ軌道14トンの世界最大級のロケット。直径5m。2016年に文昌射場から初打上げの予定。
- ◆ 長征6型 極軌道衛星打上げ用で、長征4型よりも小型(直径2.25m)。本年7月20日に太原から、大学衛星やアマチュア無線衛星を最大20機程度同時に打ち上げる予定。その後文昌射場から森林監視衛星「長光1」(吉林1号)衛星を打上げ。1段主エンジンは長征7型1段(2基)と同じで、長征5型の補助ブースタとなる。
- ◆ 長征7型 有人宇宙活動用。文昌からは物資輸送船「天舟」を打上げ。有人は酒泉から。
- ◆ 長征9型 低軌道数十トンクラスの重量級ロケット。有人月探査など。
- ◆ 長征11型 全段固体燃料の小型ロケット。

8

2.2.1 長征5型の設計変更

- ◆ 当初の大小ブースターと静止・非静止の組み合わせは6種類あったが、現在は4種類に整理。(大型ブースターと小型ブースターを2本ずつ使う形態は不採用)
- ◆ 第1段のメインエンジンの燃料は当初ケロシンであったが、現在は液体水素に変更。そのため1段全体の推力が低下し、世界最高性能は実現できず。

9

長征5型ロケットの諸元

	CZ-5A	CZ-5B	CZ-5C	CZ-5D	CZ-5E	CZ-5F
ブースター	2.5x2 1(YF- 100x1段) 2.5x2 (YF- 100x2段)	4.5x2 1(YF- 100x2段)	4.5x2 1(YF- 100x2段)	2.5x2 1(YF- 100x1段) 4.5x2 1(YF- 100x2段)	4.5x2 1(YF- 100x1段) 4.5x2 1(YF- 100x2段)	4.5x2 1(YF- 100x1段)
第1段	H5-1(YF- 77x2段)	H5-1(YF- 77x2段)	H5-1(YF- 77x2段)	H5-1(YF- 77x2段)	H5-1(YF- 77x2段)	H5-1(YF- 77x2段)
第2段	-	-	-	H5-2(YF- 75x2段)	H5-2(YF- 75x2段)	H5-2(YF- 75x2段)
離陸推力 (8.337tN)	823t (10,454 kN)	1067t (10,454 kN)	583t (5,717 kN)	823t (8,887 kN)	1067t (10,454 kN)	583t (5,717 kN)
重量 発射 条件	623t 50 m	785t 52 m	459t 45 m	433t 59 m	802t 62 m	483t 54 m
ペイロード (LEO200 km)	18t	25t	10t	-	-	-
ペイロード (GTO)	-	-	-	10t	14t	6t

10

2.3 射場

- ◆ 酒泉(JSLC)、西昌(XSLC)、太原(TSLC)の3か所の既存射場は引き続き運用中。
- ◆ 海南省の文昌射場(WSLC)は2014年に開業。実際にロケット打ち上げが行われるのは早くても今年後半、あるいは2016年から。
- ◆ 射場は人民解放軍(PLA)総装備部が管轄。

11

2.3.1 文昌射場の整備状況

2014年12月頃の様子(射点は2か所)



12

2.4 世界の宇宙技術力比較結果 (宇宙輸送分野)

◆ JST/CRDS発行の2013年版による。対象期間は2013年末まで。

評価項目	満点	米国	欧州	ロシア	日本	中国	インド	カナダ
打上げ数及び信頼性	10	10	10	8	8	9	4	0
ロケット最大性能	10	9	10	6	6	4	2	0
衛星搭載環境	10	10	10	10	6	6	3	0
推進装置の性能	10	9	9	7	8	7	8	0
打上げ適用性	10	7	10	9	7	7	4	0
有人打上げ技術	10	8	0	10	0	10	0	0
合計	60	53	49	50	35	43	21	0
評価		27	25	25	18	22	11	0

13

2.5 米国のスペースX社のロケット

- ◆ スペースX社はファルコンロケット用にマーリンエンジンを開発。
- ◆ 最初はエンジン1基で小型衛星を打上げ。3回失敗の後、2回連続成功。その後1回はマレーシアの小型地球観測衛星(韓国製)を打上げ。運用終了。
- ◆ エンジン9基のファルコン9を18機打ち上げ、すべて成功。うち、ISSへの物資輸送船(ドラゴン)を6回、静止衛星を6回7機、LEO5機、ラグランジュ点1機。打上げ間隔は最短13日。
- ◆ 同時に再使用型の試験を実施。今年から3回試みて3回とも失敗しているが、いずれ成功の可能性は高い。次回は6月22日。
- ◆ マーリンエンジンを27基使用するFalcon Heavyも開発中(遅れ気味)。LEO50トン以上。
- ◆ 2015年は5月末までに5機を打上げ(米国の過半)
- ◆ 国防総省の衛星の打上げも受注可能に。ロシアのエンジン使用を規制されるULAは厳しい立場に。

14

SpaceX着陸用海上プラットフォーム (Spaceport Drone Ship) に再使用試験ロケットが激突

- ◆ 高度100kmから30m四方のプラットフォームの真上に降りてくるだけでもすごい。



2回目(2月11日) 3回目

悪天候で波が (4月14日)

高く着陸断念 激突炎上

1回目 激突炎上 海中に沈む。

(2015年1月10日)

15

2.6 宇宙輸送関係の参考資料

- ◆ [中国の宇宙開発事情\(その1\)宇宙輸送](#)
(JST 2012年12月 Science Portal China 第74号)
- ◆ [飛躍的発展段階に入る中国の宇宙開発](#)
(JST 2014年8月 Science Portal China 第94号)
- ◆ [各国の宇宙輸送システム開発動向\(科学技術動向2005年6月号\)](#)
—スペースシャトル退役がもたらす変化—

16

3. 有人宇宙活動分野

- ◆ 第3問 中国は2015年に有人宇宙飛行を行うか?
- ◆ 2015年は有人宇宙船の打上げはない見込み。
- ◆ 2016年に神舟11号及び天宮2号の打上げを計画。

17

3. 1 有人宇宙飛行の実績

- 2008年までに神舟1~4号(無人)、神舟5号(2003年、搭乗員1名)、神舟6号(2005年、搭乗員2名)、神舟7号(2008年、搭乗員3名、船外活動も実施)で宇宙飛行士数は6名。
 2011年 天宮1号と神舟8号(無人)
 2012年 神舟9号(搭乗員3名、うち女性1名)
 2013年 神舟10号(搭乗員3名、うち女性1名)
 宇宙飛行士数は10名。延べ宇宙滞在日数104日(日本は9名、928日)

18

3. 2 中国独自の宇宙ステーション

- ◆ 2020年頃には独自の宇宙ステーションを運用。
- ◆ 2022年頃完成。
- ◆ 全体を「天宮」と呼び、モジュールは3つで構成。貨物輸送船も新規開発。
- ◆ 宇宙飛行士は全員PLAの航天員大隊に所属する軍人である。
- ◆ 中国の一般人や外国人も搭乗する可能性がある。欧州ではドイツなどが宇宙実験で既に協力の実績があり、ESA宇宙飛行士の中には中国語を習得する者もいる。

19

有人宇宙活動

- 第1段階(~2005年)
 - 宇宙船を軌道上で運用し、回収。(2005年10月の神舟6号ミッションにより達成。)
- 第2段階(~2013年)
 - 船外活動及びドッキングによる短期、小型宇宙実験室を建設。(2011年11月3日、天宮1号と神舟8号のドッキング成功)
 - 2012年6月に神舟9号、2013年に神舟10号有人宇宙船を打ち上げ、天宮1号とドッキング。
 - 3名の宇宙飛行士のうち1名は女性が選抜された。
- 第3段階(2020年頃) 恒久的宇宙基地を建設(図参照)
 <中国の有人宇宙技術>
 - ロシアの技術をベースに改良が加えられたもの。
 - 中露協力プログラム枠組み(2010~2012年)により、月研究、有人宇宙分野に関する二国間協力等の協議を行うなど、ロシアとの関係を継続させていく。
 - 今後5年間の開発目標として、宇宙飛行士の中期滞在、再生型生命維持などの重要技術を獲得し、宇宙ステーション建設のための技術的準備を進める(宇宙白書)としている。



20

3. 5 世界の宇宙技術力比較結果 (有人宇宙活動分野)

◆ JST/CRDS発行の2013年版による。対象期間は2013年末まで。

評価項目	満点	米国	欧州	ロシア	日本	中国	インド	カナダ
有人宇宙船と運用管制技術	15	15	4	13	4	11	0	0
有人宇宙船在技術	14	14	11	14	10	11	1	3
有人宇宙活動支援技術	6	5	2	3	3	3	0	3
宇宙環境利用技術	6	6	5	6	5	0	0	2
有人宇宙探査技術	12	12	1	3	1	1	1	1
合計	53	52	23	39	23	26	2	9
評価		20	9	15	9	10	1	3

中国は国際宇宙ステーションに参加していない。

21

3. 6 有人宇宙活動関係の参考資料

- ◆ [中国の宇宙開発事情\(その2\)有人宇宙飛行 \(JST 2013年1月 Science Portal China 第75号\)](#)
- ◆ [微小重力利用の研究動向\(科学技術動向 2006年4月号\)](#)
—宇宙環境と地上環境での研究の競争と協調—

22

4. 月探査

- ◆ 第4問 中国は嫦娥4号を何年に打ち上げるか?
- ◆ 嫦娥3号は2013年に打ち上げられ、月面着陸に成功。月ローバ「玉兔」は2か月間走行し、その後は駆動できなくなり、通信のみの運用。
- ◆ 嫦娥5号の打上げは2017年で、月面で試料を採取し地球へ送りだす。
- ◆ 嫦娥4号は嫦娥3号と同時に製造済みだが、利用計画を募集中で、打上げは2020年頃になる見込み。嫦娥5号の方が先になる。

23

4. 1 月探査機の実績

- ◆ 嫦娥1号 2007年10月24日打上げ。
高度200kmで観測(我が国の「かぐや」の100kmに比べ分解能が低い)。
- ◆ 嫦娥2号 2010年10月1日打上げ。
かぐやと類似の軌道投入方式。高度100km。余った燃料を活用して小惑星の接近観測やラグランジュ点への移動などを実施。
- ◆ 嫦娥3号 2013年12月1日打上げ。
月面着陸・ローバ放出・相互通信などに成功
- ◆ 嫦娥5号T1 2014年10月24日打上げ
月フライバイの後、地球に再突入し、帰還に成功。

24

月探査計画

- 第1段階「繞」(2007年～)：嫦娥1号、嫦娥2号による月周回
- 第2段階「落」(2013年～)：嫦娥3号による軟着陸(ローバー含む)
- 第3段階「回」(2017年～)：嫦娥5号によるサンプル回収

<中国の月探査の狙い>

- 嫦娥1号、2号により月周回を達成したが、追跡や観測能力などはまだ限られている。(ESAのESOCがTTCでサポート)
- 嫦娥3号では、月面軟着陸、月面探査、月面での生存、深宇宙の観測・通信、遠隔操作、ロケットによる月遷移軌道への直接投入などの技術習得を目指す狙い。

第1段階(縦:月周回)
嫦娥1号 2007年10月24日打上げ
(嫦娥2号: 2010年1月打上げ)
Aerospace Exploration Agency.

第2段階(落:軟着陸)
嫦娥3号 2013年12月打上げ
嫦娥4号(3号のバックアップ)

第3段階(回:試料回収)
嫦娥5号 2017年打上げ予定

図 ⑥月探査プロジェクトセンター

5. 地球観測分野

第5問 中国と欧州で実施している第3期龍計劃*
(2012年開始)はどうなっているか?

- ◆ 当初50プロジェクトでスタートし、現在は51プロジェクトに増えている。2014年5月に成都で学術フォーラムを開催し、環境・農業・寒冷圏・森林など6テーマで討議を行った。
- ◆ 欧州と中国の衛星の画像データを利用。
*「龍計劃」で検索すると適切な結果は得られない。

29

4.2 今後の月探査計画

- ◆ 嫦娥5号 2017年にサンプルリターンに挑戦。
- ◆ 嫦娥4号 2020年ごろ、月面での公募ミッションのため月面着陸。
- ◆ 有人月面基地 2025年から2030年頃、短期滞在から長期滞在へ

26

4.3 世界の宇宙技術力比較結果 (月惑星探査分野)

- JST/CRDS発行の2013年版による。対象期間は2013年末まで。

評価項目	満点	米国	欧州	ロシア	日本	中国	インド	カナダ
月探査機数	3	3	1	3	1	2	1	0
惑星探査機数	4	4	1	3	1	1	1	0
対象惑星	2	2	1	1	1	1	1	0
地球帰還実績	1	1	0	1	1	0	0	0
LPSC発表論文数	10	10	6	1	4	1	1	2
合計	20	9	9	8	5	4	2	

中国はまだ火星・金星探査やサンプルリターンの実績がない。
LPSC:月惑星科学会議

27

4.4 月探査関係の参考資料

- 中国の宇宙開発事情(その3)月探査**
(JST 2013年1月 Science Portal China 第75号)
- 中国の宇宙開発事情(その12)月着陸機「嫦娥3号」と月面ローバ「玉兔」**
(JST 2014年1月 Science Portal China 第87号)

28

5.1 気象衛星

- ◆ 風雲シリーズは現在6機を運用中。
- ◆ 極軌道衛星の第1シリーズ(風雲1)はすべて運用終了。
- ◆ 風雲1Cは2007年にミサイルにより破壊され、3000個以上の宇宙デブリが発生。
- ◆ 静止衛星の風雲2はAからGまで7機を打ち上げ、3機が運用中。残りは風雲2Hのみ。
- ◆ 極軌道衛星の新シリーズ(風雲3)は3機運用中。性能的に欧米から高い評価を得ている。我が国は極軌道気象衛星を保有していない。
- ◆ 静止衛星の新シリーズ(風雲4)は開発中。

30

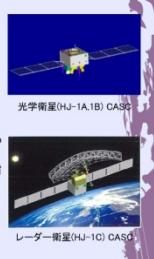
5.2 陸域観測衛星

- ◆ 高分は1号、2号を打上げ。
- ◆ 環境は1A、1B及びレーダ搭載の1Cを打上げ。
- ◆ 測量用の天絵を2機打上げ。
- ◆ ブラジルと共同のCBERSは4機打ち上げ、1機が運用中。
- ◆ 資源は3機打上げ

31

「環境衛星」(HJ-1A、HJ-1B、HJ-1C)

- 複数の光学衛星(HJ-1A,HJ-1B)及び合成開口レーダー(SAR)衛星(HJ-1C)のコンステレーションによる24時間体制の環境・災害立体監視ネットワークの構築を目指す。
- 光学衛星(HJ-1A, HJ-1B)
 - 2機を2008年9月6日、長征2Cロケットにより同時に打上げ。
 - CCDカメラ(30m)、4バンド赤外線カメラ(近赤外150m)を搭載
 - HJ-1AはAPSCOの小型多目的衛星(SMMS)のミッション機器も搭載。
 - 将来的に光学4機、レーダー4機によるコンステレーションを目指す。
 - 光学衛星は中国航天科技集团公司傘下の航天東方紅衛星公司が開発・製造。
- レーダ衛星(HJ-1C)
 - SバンドのSARを搭載、分解能5m、20m
 - 2012年11月18日に打上げ。



32

5.3 海洋観測衛星その他

- ◆ 海洋1A、1B及び2の3機を打上げ。
- ◆ 北京1号など民間ベースの衛星もある。
- ◆ 偵察用途が主とみられる遥感シリーズは細分化すると6グループに分かれ、36機打上げ。大部分が運用中。

33

5.4 回収式衛星

- ◆これまでに23機を打上げ。
- ◆最近は微小重力実験と相乗り。
- ◆最初の衛星は1975年。着陸予定の四川省ではなく、400km離れた隣の貴州省の炭鉱入り口付近に落下。炭鉱夫の通報により回収に成功。

34

5.5 世界の宇宙技術力比較結果 (地球観測分野)

◆ JST/CRDS発行の2013年版による。対象期間は2013年末まで。

評価項目	満点	米国	欧州	ロシア	日本	中国	インド	カナダ
ミッションの多様性	10	10	9	4	9	6	6	2
センサ種類及び性能	10	10	7	4	6	4	2	2
公共利用	10	8	9	2	4	3	3	4
衛星販売・画像販売	5	4	5	2	1	1	2	2
国際貢献	5	2	5	1	4	2	1	1
合計	40	34	35	13	24	16	14	11
評価	9	9	3	6	4	4	3	

35

5.6 地球観測関連の参考資料

- ◆ [中国の宇宙開発事情\(その5\) 地球観測](#) (JST 2013年2月 Science Portal China 第76号)
- ◆ [中国の宇宙開発事情\(その10\)回収式衛星](#) (JST 2013年4月 Science Portal China 第79号)
- ◆ [各国の地球観測動向シリーズ第3回 中国の地球観測活動の方向性\(科学技術動向2013年9月号\)](#)
—欧洲から学び地球観測応用範囲を拡大—

36

6. 航行測位分野

- ◆ 第6問 第3世代の航行測位衛星(北斗3)を2015年3月30日に初打上げ(準天頂軌道)したが、どのような軌道を周回しているのか?
- ◆ 第2世代の北斗衛星は35機を予定していたが15機で中止。
- ◆ 代わって2015年から第3世代の北斗を打ち上げ開始。北斗2 IG5の近くを飛行
- ◆ 北斗2に比べて測位精度が4倍程度向上。

37

6.1 北斗衛星の実績と予定

- ◆ 北斗1号 5機(静止)
- ◆ 北斗2号 15機(静止5、準天頂5、中高度5)
中高度衛星は24機以上必要だが5機で中止。
- ◆ 北斗3号 1機(準天頂)
今後北斗3号を34機程度打上げ
7月頃中高度衛星2機を同時打上げの予定。

38

6.2.1 北斗の軌道(準天頂3機と静止2機を示す)



39

6.2.2 みちびきと中国西部の準天頂衛星の軌道



40

中国西部の北斗2型2機(3型初号機はそのうちの1機に近い軌道)と日本の「みちびき」は、中国中央部から見て準天頂衛星3機1組に相当する。

6.3 世界の宇宙技術力比較結果 (航行測位分野)

- JST/CRDS発行の2013年版による。対象期間は2013年末まで。

評価項目	満点	米国	欧州	ロシア	日本	中国	インド	カナダ
SIS-URE	10	10	8	5	8	6	0	0
コンステレーション	10	10	2	6	1	4	1	0
GNSS補強技術	4	4	4	1	2	0	1	0
合計	24	24	14	12	11	10	2	0
評価	10	10	6	5	5	4	1	0

- SIS-URE:Signal-In-Space User Range Error
衛星の軌道・時刻に起因するユーザ視線方向の誤差

41

6.4 航行測位の参考資料

- ユビキタス測位における準天頂衛星の有効性
(科学技術動向2005年1月号)
- 中国の宇宙開発事情(その6)航行測位 (JST 2013年2月 SciencePortal China 第76号)
- 中国の宇宙開発事情(その14)突然発表された第3世代北斗航行測位衛星 (JST 2014年10月 Science Portal China 第96号)

42

7. 通信放送分野

第7問 東方紅5型衛星バスはどのくらいの規模か？

- 中国の衛星通信は当初中国通信の一部であったが、分離されてCASCに所属。
- 衛星開発はCAST
- 現在の主力は東方紅4型バス。5トン級。
- 開発中の東方紅5型バスは8トン級。
- 長寿命化、太陽電池高性能化などの技術開発を含む。長征5型ロケット+東方紅5型の需要動向に注目。

43

7.1 中国の通信放送衛星のラインナップ

- 中国通信広播衛星公司の衛星 12機
中星 テレビ放送など民生用3機、
軍事通信5機。
天鏈(データ中継衛星) 3機
Sinosat ⇒中星に統合 1機
- APStar ⇒ChinaSatcom に統合 3機
- Asiasat 香港企業として独立した企業。4機
- ABS 韓国衛星・フィリピン衛星などを軌道上で承継。独自衛星も1機打上げ。

44

7.2 通信衛星の輸出

- ナイジェリア Nigcomsat 1 2007年(軌道上不具合)
Nigcomsat 1R 2011年
- ベネズエラ Simon Bolivar 1 2008年
- パキスタン PakSat 1R 2011年
- ボリビア Tupak-Katari 1 2013年
- 衛星製作費・打上げ費・保険・運用訓練・金融などがセント
- 今後の予定(製造・打上げ契約済み)
コンゴ(旧ザイール)・ペラルーシ・スリランカ・ラオス

45

2013年打上げのボリビア衛星

- 通信放送衛星 Túpac Katari 1
- 中継器数 Ku:26、C:2、Ka:2
テレビ放送主体の構成

46

7.3 東方紅5型衛星バスの注目点

- メリット、チャンス
静止軌道の混雑緩和?
修理可能な規模(軌道上作業)?
世界の需要を独占?
価格が安い?
- デメリット、リスク
技術開発困難?
需要を獲得できない?
価格が高い?

47

7.4 世界の宇宙技術力比較結果 (通信放送分野)

- JST/CRDS発行の2013年版による。対象期間は2013年末まで。

評価項目	満点	米国	欧州	ロシア	日本	中国	インド	カナダ
技術開発	10	9	9	1	5	1	0	0
ミッション	5	4	2	2	3	2	3	3
企業	5	4	5	2	3	3	1	3
合計	20	17	16	5	11	6	4	6
評価	9	8	3	6	3	2	3	

48

7.5 通信放送衛星の参考資料

- ◆ [中国の宇宙開発事情\(その4\)衛星通信 \(JST 2013年2月 Science Portal China 第76号\)](#)
- ◆ [中国の宇宙開発事情\(その13\)ボリビア衛星の輸出 \(JST 2014年1月 Science Portal China 第87号\)](#)

49

8. 宇宙科学分野

第8問 中国の天文観測衛星はいつ打ち上げられるのか?

予定では2015年までに5種類のミッション*を計画していたが、開発が遅れており、次期5か年計画に持ち越しになりそう。

*硬X線望遠鏡衛星(HXMT)、量子科学実験衛星、暗黒物質粒子探査機(DAMPE)、太陽風観測衛星(夸父Kuafu)、宇宙育種衛星(実践10号)を開発中。

50

8.1 科学衛星の実績

- ◆ 双星 ESAと共に。2機打上げ。磁気圏観測。
- ◆ 実践 1、2、4、5、16の5機と実践6 2機セットで4回打上げ、8機を合わせて12機。宇宙環境観測。
- ◆ 以上の合計で15機となる。

51

8.2 世界の宇宙技術力比較結果 (宇宙科学分野)

◆ JST/CRDS発行の2013年版による。対象期間は2013年末まで。

評価項目	満点	米国	欧州	ロシア	日本	中国	インド	カナダ
月・惑星探査	20	20	9	9	8	5	4	2
天文観測	20	16	10	5	8	1	0	1
地球近傍宇宙環境観測	20	20	15	9	6	5	4	4
合計	60	56	34	23	22	11	8	7
評価	19	11	8	7	4	3	2	3

◆ 月・惑星探査は4.3の表の合計点を再掲

52

8.3 宇宙科学の参考資料

- ◆ [中国の宇宙開発事情\(その8\)地球近傍環境観測衛星 \(JST 2013年4月 Science Portal China 第78号\)](#)
- ◆ 現地調査報告・中国の世界トップレベル研究開発施設(その5)光学天文台「LAMOST」
http://www.spc.jst.go.jp/hottopics/1211/r1211_tsujino.html

53

9. 技術試験衛星その他

第9問 中国の技術試験衛星はどのような組織が何機くらい打ち上げているのか?

3企業5大学で合計47機。

- ①中国空間技術研究院(CAST) 34
- ②上海航天技術研究院(SAST) 2
- ③大学が開発した超小型衛星・小型衛星 10
- ④深圳航天東方紅海特衛星有限公司 1

54

9.1 中国空間技術研究院

中国空間技術研究院(CAST)は34機の技術試験衛星を開発。

- ◆ 東方紅1号 中国最初の衛星
通信衛星に分類する場合もある。
東方紅3号 ロケット性能確認用ペイロード
- ◆ 実践 科学衛星に分類されないもの。14機。
- ◆ 試験 4機
- ◆ 創新 5機
- ◆ 納星(ナサット) 1機
- ◆ 希望 1機
- ◆ この他神舟1~4号及び8号、天宮1号、嫦娥5T1も技術試験衛星に分類される。7機

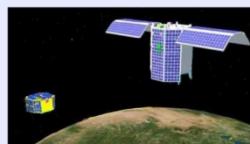


質量25kg

55

9.2 上海航天技術研究院

蜂鳥(FN) 2機

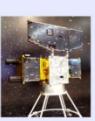


FN 1A FN 1
質量30kg 160kg
編隊飛行技術の実証

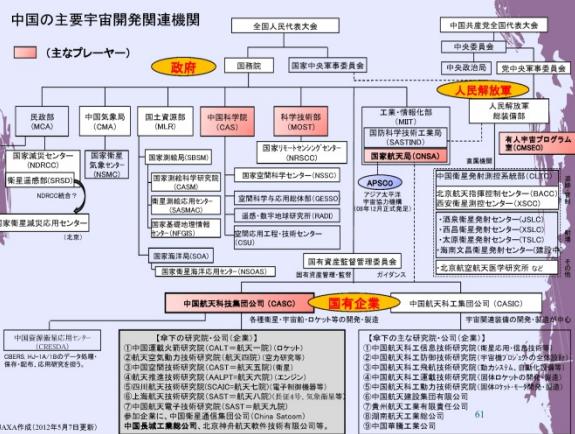
56

9.3 大学その他が開発した衛星

- 清華大学 清華1号、靈巧 2機
- 浙江大学 皮星(ピコサット) 3機
12kgもあるので名前負け。
- ハルビン工科大学 快舟 2機
新型ロケット「快舟」の実証用。地球観測衛星に分類する場合もある。
- 国防科技大学 天拓 2機
船舶自動識別システム(AIS)データ収集
- 南京航空航天大学 天巡 1機
- 深圳航天東方紅海特衛星有限公司 1機
新駿1(XY)
質量140kg



57



9.4 地震電磁観測試験衛星

- 2014年11月14～16日、CNSA、中国地震局、イタリア宇宙機関(ASI)が中国地震電磁観測試験衛星(CSES)プロジェクトの第1回学術フォーラムを北京で開催した。
- 電磁波観測により地震先行現象の研究を行うことが目標。
- 中国、米国、ロシア、フランス、イタリア、イギリス、ギリシャ、日本(JAXA職員を含む)、韓国、ペルー、タイの11か国から100名以上の地震電磁気関係の専門家が参加。中国地震電磁観測衛星プロジェクトの国際科学者委員会を組織。
- 衛星の主要諸元:CAST2000型衛星バス、SSO高度507km、軌道傾斜角97.4度
- 2016年に初号機打上げ、2018・2020年に2機ずつ追加予定



CSESの外観予想図

58

9.5 技術試験衛星の参考資料

- 中国の宇宙開発事情(その9)大学等の小型衛星(JST 2013年4月 Science Portal China 第78号)

59

10. 宇宙開発組織

第10問 過去5年間でどのような組織体制の変化があったか?

- 航行測位関係では、中国衛星導航定位応用管理センター(CNAGA)が発足。
- 有人宇宙関係では、有人宇宙プログラム室(CMSEO)を設置。
- さらに中国科学院に有人宇宙活動の設計を行う組織として、空間応用工程・技術センター(CSUS)が設置された。新規採用で高学歴の人材を募集中。
- 地球観測関係では、中国科学院の遙感応用研究所(IRSA)⇒対地観測・数字地図センター(CEODE)と統合されて遙感・数字地球研究所(RADI)となった。2012年9月設立、2013年4月開所。

- 宇宙科学関係では、中国科学院の空間科学・応用研究センター(CSSAR)が国家空間科学センター(NSSCO)となった。主任は眞季で変わりない。

60

11. 宇宙産業

第11問 中国の宇宙産業の規模はどれくらいか?

人員的には、CASC13万人、CASIC10万人の体制を維持。

ロケット・衛星の毎年の打上げ数が2倍以上になっているのに人員数はあまり変わりがない。

生産性の向上により単位従業員数あたりの売上高は増大しているとみられる。

海外留学者の呼び戻しなどにより学歴が高くなっている。(海亀政策)

61

11.1 中国長城工業集団有限公司(CGWIC)

CASCの中核をなす企業。

- 世界10か所の営業拠点(米ロとアフリカ・南米各2、欧州、アジア)
- 業務概要
 - 打上げサービス 長征ロケットによる衛星打上げ
 - 衛星通信 衛星輸出、地球局
 - 地球観測 衛星輸出、地球局
 - 航行測位 受信機、利用サービス
 - 国際協力 CNSAのパートナー国との技術・サービス協力

62

11.2 米国から中国企業への制裁

- 2005年に米国はイラン不拡散法に基づき中国長城工業総公司(当時の名称)など9企業への制裁を実施。
- 2008年に中国長城工業総公司への制裁措置を解除

63

12. 国際協力

第12問 中国は宇宙での協力を何ヵ国と公式に行っているのか?

包括的または分野別協力協定 16か国2機関
海外施設 3か国(パキスタン・ケニア・ナミビア)
衛星製造・打上げサービス(契約を含む) 18か国
(重複5か国)
APSCO8か国(重複3か国)
以上の合計で37か国2機関(ESA・EUMETSAT)

65

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(自宅)

ホームページ(宇宙切手の展示室)

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

⇒中国のページ⇒輸送・通信・地球観測・有人活動・月探査などミッションごとのページ

69

12. 1 ロシアとの協力

- ◆ 有人月探査に向けて宇宙規格を統一する動き
- ◆ 宇宙産業界の消息筋によると、ロシアと中国は、将来の有人月探査を見据えて、ドッキングユニット、電気的接続、宇宙機内空気等の規格統一に向けた共同作業を開始した。

66

最近の中国の宇宙切手



天宮1号 神舟8号とドッキング



神舟7号の搭乗員

70

玉兔

13. 宇宙政策

第13問 2016年から第13次五か年計画期間に入るが、宇宙開発計画の準備や予算計画はどうなっているか?

- ◆ 2016年版中国航天白書で第12次五か年計画までの総括と今後の計画が発表されるであろう。今後の発表に注目。
- ◆ 中国の宇宙予算は組織が分立していることや宇宙産業界が一般向けの生産も行っているため、不透明。日本やロシア民生分を上回ることは確実。

67

14.まとめ

- ◆ 中国は2015年後半から、運用中の「長征2・3・4型」ロケットと開発中の「長征5・6・7型」ロケットの打上げが混在するようになり、2020年頃にはほとんどが新型ロケットによる打上げになると予想される。
- ◆ 有人宇宙飛行は2016年から活発化し、複数のモジュールで独自の宇宙ステーション「天宮」を構築し、有人宇宙船「神舟」と物資輸送船「天舟」が定常運用される見込み。
- ◆ 地球観測衛星と航行測位衛星は引き続き規模を拡大の見込み。通信放送衛星は外国向けに製造し打上げサービスや運用要員の訓練、衛星保険、金融などとセットで開発途上国への売り込みを増やしていく。
- ◆ 2017年に月サンプルリターン、2020年頃に月着陸後の利用の拡大などを目指し、将来的に有人月面基地を視野に入れている。天文観測衛星の開発は遅れている。

68