

## SPS を目指した輸送系技術の研究開發現状

成尾芳博

独立行政法人 宇宙航空研究機構

宇宙科学研究本部 宇宙航行システム研究系

SPS が新しいエネルギーシステムとして人類社会に受け入れられるものとなるかは、すなわち発電事業として成立するかは、衛星本体の低コスト化は勿論のこと、輸送コストの2桁低減にかかっていると言っても過言ではない。ここで言う輸送とは、地上と地球周回軌道との間の輸送のことである。世界の宇宙開発をリードしてきた米国では、スペースシャトルに続く第2世代再使用型宇宙輸送機としてロケットエンジン推進による単段式シャトル (SSTO : Single Stage To Orbit) の構想を選択し、1990年代から技術実証計画を進めてきた。米国は、この第2世代再使用型宇宙輸送機によって、輸送コストを1/10に、安全性を100倍にすることを目標としていた。しかし、2000年を目処に開発を進めていた実験機 (X-33) において、軽量化や推進などの点で新規技術の実証に困難が生じ、2001年3月に計画は中止されてしまった。その後、それまでの経過を見直して新しく立案すべき計画の検討が行われたが、スペースシャトルの耐用年数 (2010年) が待ったなしで迫る中、輸送コストを桁違いに下げることが目的とした完全再使用型機の研究開発にこだわり続けることはできず、国家戦略として、有人月・火星探査を含むより広範囲な太陽系探査を目指すロケットの開発計画へと切り替えられた。これは、現時点ではまだ新型の再使用型宇宙輸送機を成功裏に開発できるレベルにまで技術が到達していない、との判断からなされた決定ではあるが、集中的な研究開発資金の投資が見送られることになった結果、完全再使用型宇宙輸送機による高頻度大量宇宙輸送の実現は、少なくとも20年は先送りとなったと言える。一方、欧州や日本でもいわゆる将来の輸送システムの研究が行われているが、年に20個程度の衛星打ち上げ需要しかない世界において、地上と軌道とを毎日往復できるような輸送系の開発に大規模な投資が行われるはずもなく、高頻度大量宇宙輸送に向けた国レベルの研究開発は世界的に停滞している。そんな中で、宇宙旅行ビジネスに代表される民間による宇宙輸送の商業化に向けた活動は一筋の光明といえるが、それとて革新的な技術開発を伴う投資ではない。以上のように、実用型 SPS の実現につながる輸送系の研究開発の現状はあまり元気の出る状況ではない。しかし、このようなときこそ、進むべき方向性をしっかりと見極め、基盤技術の確立に努める必要があると言えよう。

高頻度大量宇宙輸送を可能とする世界は一足飛びにはやってこない。今必要なのは需要と輸送技術の両者が段階的に成熟していくプログラムと言える。

## 大量宇宙輸送の必要性

US DOE/NASA Reference System規模のSPSの輸送  
太陽発電衛星のスタディによる目標輸送コスト

## 宇宙輸送の革新に向けた世界の動き

米国(NASA)によるHLV開発計画  
民間活力の導入

## 宇宙旅行ビジネスに対する期待

大量宇宙輸送の必要性と宇宙旅行ビジネス

## 再使用輸送系研究の現状

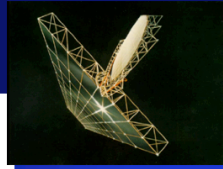
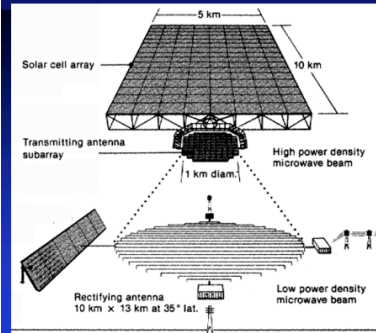
観光丸  
SPS輸送のための機体規模(発電事業の成り立ちより)  
再使用型観測ロケット

## 需要の成熟に向けて

スペースシップワン → 税金によらない宇宙開発の可能性  
まとめ

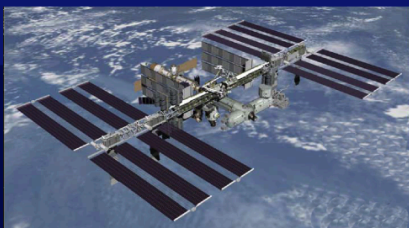
## 大量宇宙輸送の必要性

### US DOE/NASA Reference System



寸法 10km × 5km × 0.5km  
重量 約 50,000ton/基  
軌道 LEO: 480km (S. B.)  
GEO: 35,800km (F. C.)  
出力 5GW × 60基 (300GW)  
設計寿命 30年  
建設速度 2基/年  
組立人員 600人  
点検員 240人  
レクテナ直径 10km × 13km  
@35° lat

## 国際宇宙ステーション(ISS)



大きさ: 約108.5m × 約72.8m (サッカー場と同じくらい)  
重量: 約420トン  
電力: 110kW (一般家庭150件分の位の電力)  
人口(常時滞在搭乗員): 6名  
建設期間: 約12年(2010年完成予定)  
打ち上げ回数: 40数回  
建設にかかる費用: 約5兆円 (日本の負担分は今のところ約6000億円)

## 米国(NASA)によるHLV開発計画

### Building on a Foundation of Proven Technologies



2004年1月ブッシュ演説: 国際宇宙ステーション完成と同時にスペースシャトルを引退させ、生じる財政的余裕で有人月・火星探査を含むより広範囲の太陽系探査を実施する。

## 民間活力の導入

シャトル退役後の国際宇宙ステーションへの物資の供給に競争市場の導入を図ろうとする試みが進行中

### Commercial Orbital Transportation Services (COTS) Program

これには、有人宇宙輸送と大量貨物輸送を含む。  
これを民間で開発したロケットに依頼しようとする全く新たな試みである。

## 宇宙輸送の商業化

うまく行けば、NASAはそのサービスを利用する顧客の一人となるだろう  
と言っている。2006年8月18日、NASAは、SpaceX社とRocketplane-Kistler社の2社と総額約5億ドルに上る契約を締結した。



## 宇宙旅行ビジネスに対する期待

民間で開発が進められている FALCON 9 の打上げ目標コストからも明らかのように、既に完成をみた多段式の使い捨て型ロケットでは、画期的なコストダウンを図ることは困難

大量宇宙輸送を実現するには質的に異なる輸送システムを実現する必要がある

しかしながら、  
一般には宇宙輸送コストを桁違いに下げることの必要性及びそれを必要とする市場は、まだ存在しないと考えられている。

## 国の予算による宇宙開発の限界

将来は現在とは異なる分野からの要求によって新たな宇宙商業化の道が開ける可能性がある。

そのようなビジネスの一つが、民間航空機と同じように運航できる「再使用型ロケット」に支えられる一般大衆の宇宙旅行である。

## 地上輸送系に学ぶ大量宇宙輸送のための機体規模

### 航空輸送

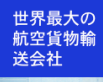
国内航空輸送量 約88万トン

国際航空輸送量 約132万トン

(日本のみの輸送量、平成16年度・国土交通省調べ)



運行機: 671機を保有  
 ・エアバスA300-600(47機)  
 ・エアバス A310-200/300(62機)  
 ・ATR72(11機) ・ATR42(29機)  
 ・ボーイング727-100(15機)  
 ・ボーイング727-200(94機)  
 ・ボーイングD10-10(25機)  
 ・ボーイングD10-30(17機)  
 ・ボーイングMD10-10(41機)  
 ・ボーイングMD10-30(6機)  
 ・ボーイングMD11(58機)  
 ・セスナ208A(10機)  
 ・セスナ208B(243機)  
 ・フォッカーF27(13機)



エアバスA300-600  
最大離陸重量: 165トン

世界最大の航空機  
エアバスA380-800  
最大離陸重量: 560トン  
ペイロード: 66.4トン



構想から初飛行まで16年  
開発コストは130億ユーロ(1兆8000億円)  
(採算ラインは当初の25機から420機へ)

取扱貨物量: 1営業日あたり330万個以上

大量輸送は(HLVのような)巨大システムを用いなくても「回数で運ぶ」ことにより実現できることを示していると言える。

## 需要の成熟に向けて

民間による有人宇宙船の開発

### スペースシップワンの功績



一般人を対象とした宇宙旅行ビジネス(弾道飛行ではあるが)を目的に、民間で、「乗物としての宇宙船」を開発した。加えて税金によらない宇宙開発の可能性を示したことは極めて意義深いといえる。



高頻度繰り返し飛行が必要な「需要」と「輸送技術」の両者が成熟しなければ、SPSを打ち上げるような世界は実現し得ない。今必要なのは、需要と輸送技術の両者が段階的に成熟していくプログラムである。