



日本航海学会第138回講演会  
航空宇宙研究会

平成30年6月9日

# 宇宙旅行ビジネスの実現に向けて

パトリック・コリンズ

日本宇宙旅行協会・会長、麻布大学・名誉教授

- 1 技術と歴史
- 2 経済成長への貢献
- 3 競争と日本の将来



## 1 技術と歴史

なぜ宇宙旅行サービスはまだ実現されていないのか？

「**技術の面で難しすぎる**」と大勢に思われている。

しかし、これは **ナンセンス**。



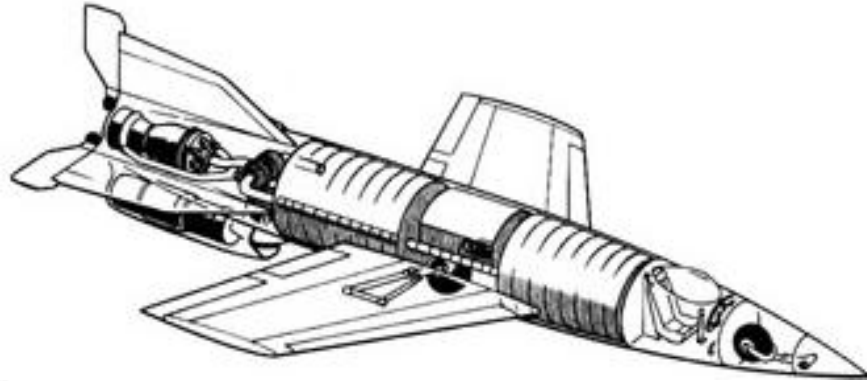
1942年10月3日。ドイツの秋晴れの昼、  
世界初めて宇宙へ飛んだA4ロケット。



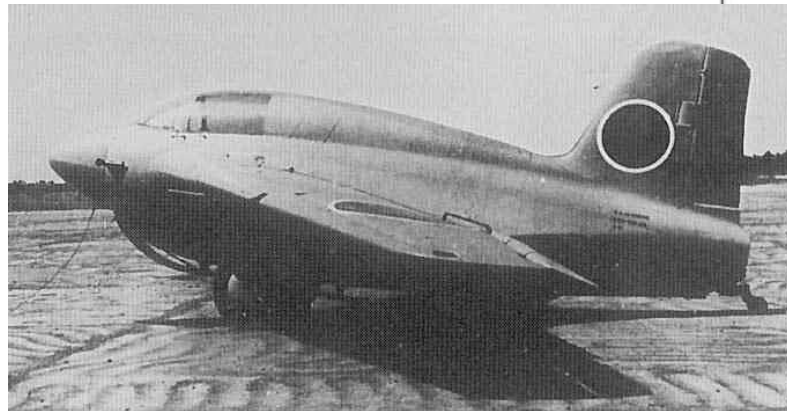
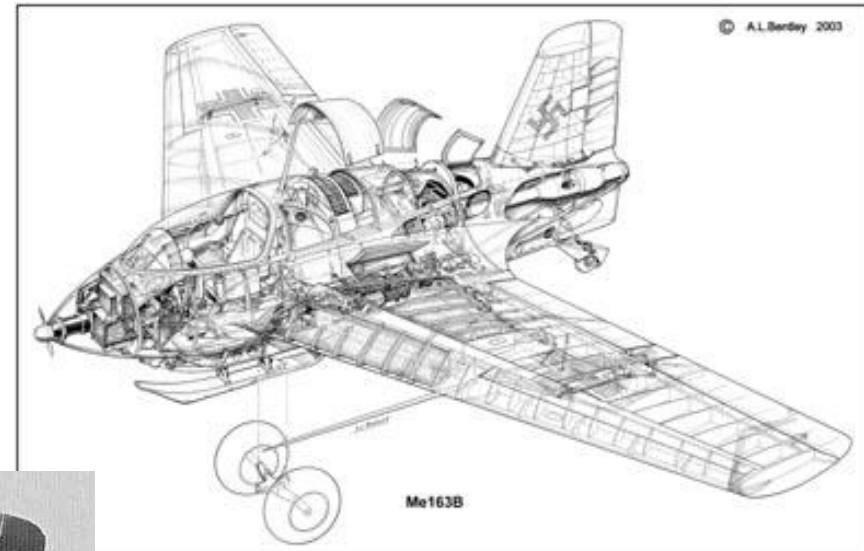
1942年10月3日の夜の懇親会で、ドルンベルゲル大差は宇宙旅行の将来についてのスピーチに：

「今日、人類が宇宙旅行することができると証拠しました。戦後に実現しよう！乾杯！」

しかし、**76年後**、我々は**まだ待っている**！



ドイツの1940年代の  
A4b有人ロケット計画



Me163及び秋水の  
再使用型、有人  
ロケット・プレーン

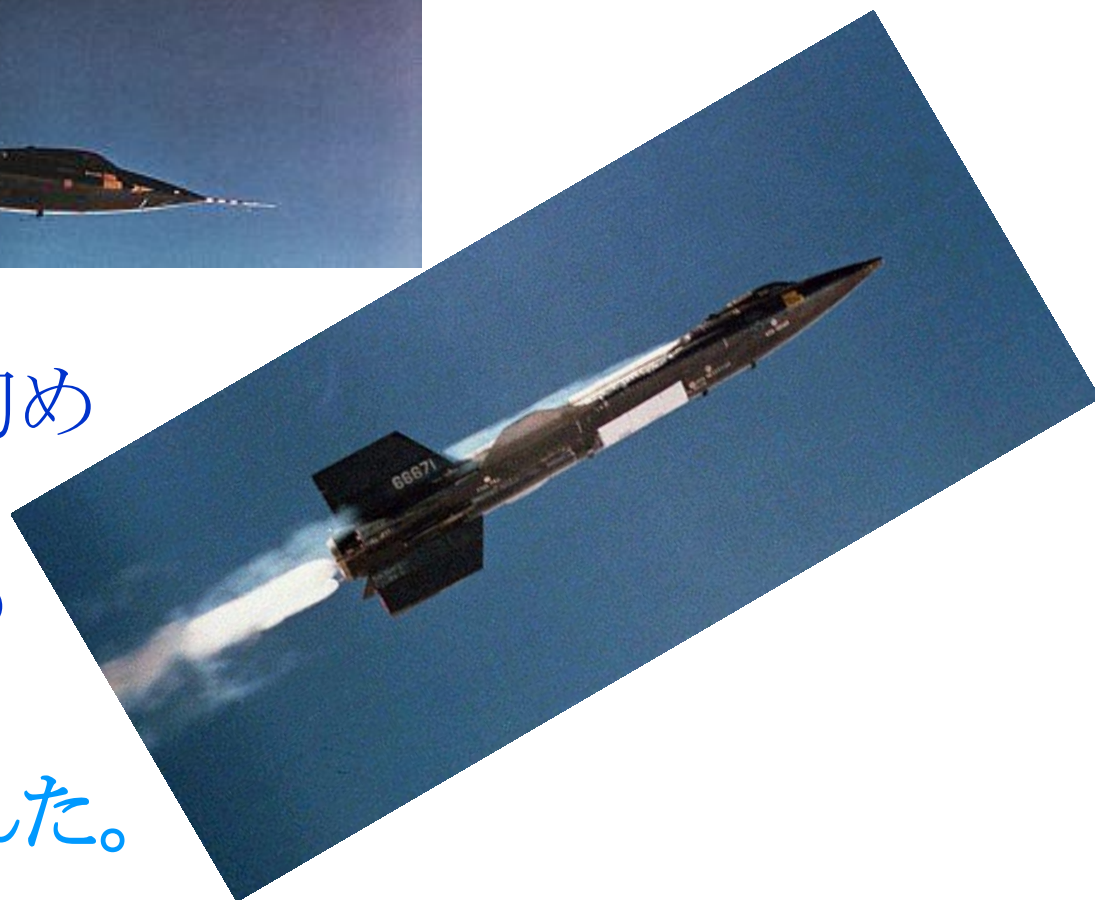


Me163の設計者の  
ヴァルテール博士  
は、1957年に超音  
速ロケット戦闘機  
のSR. 53をイギリ  
スで開発した。





1960年代、世界初め  
でのスペース・  
プレーンの米国の  
X-15。  
1968年に中止された。





2004年に民間会社がサブオービタル用スペース・プレーンを安く開発した： プロトタイプの費用は約20億円だけ。







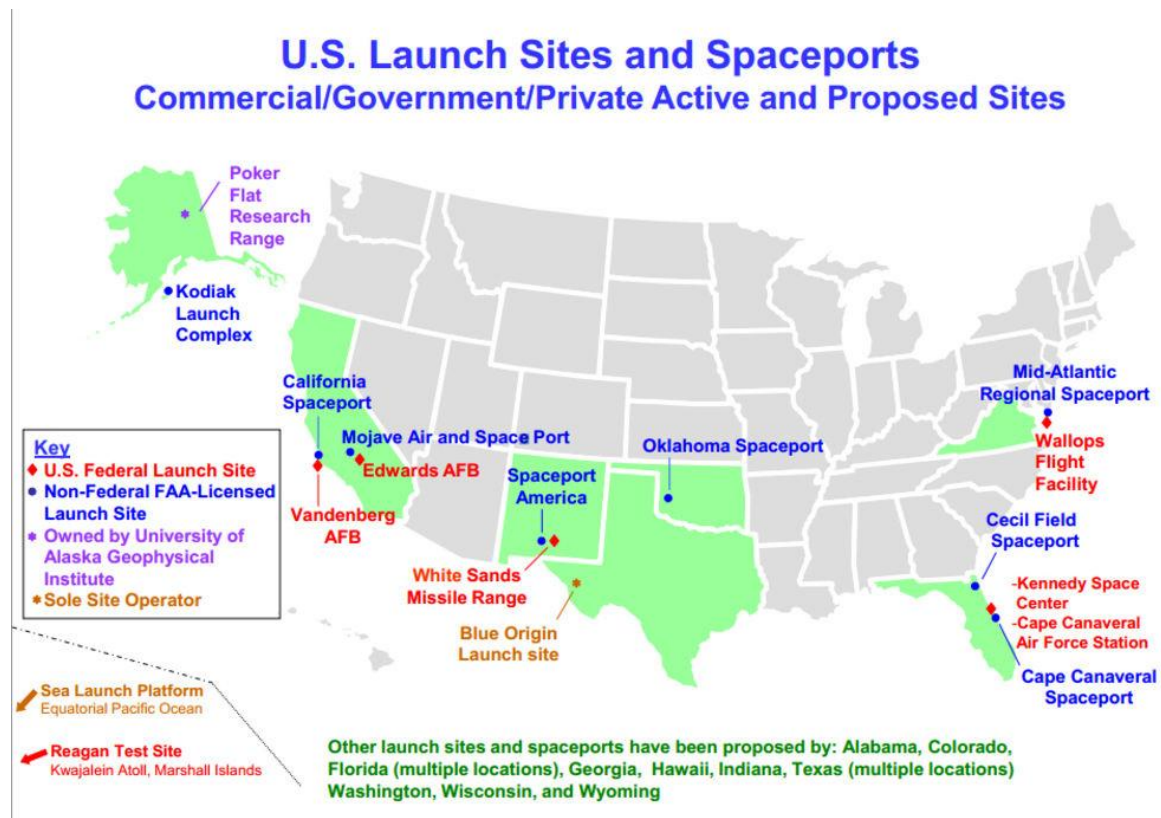
これに対照的に、NASAは**毎日50億円**を使う。

1985年に、NASAは「**商用宇宙活動を、できるだけ支持する**（“seek and encourage”）」という責任を受けた。

にもかかわらず、世界中の宇宙局は**宇宙旅行産業の発展を支持していない**。



2004年から、米政府の航空局(FAA)は宇宙旅行の安全基準や規制等を担当している。





UK Government Review of commercial  
spaceplane certification and operations

Technical report

July 2014



2014年、英政府の  
CAAは宇宙旅行を  
実現するためのレ  
ポートを公開した。



欧米で  
開発中、  
サブオー  
ビタル用  
旅客機。

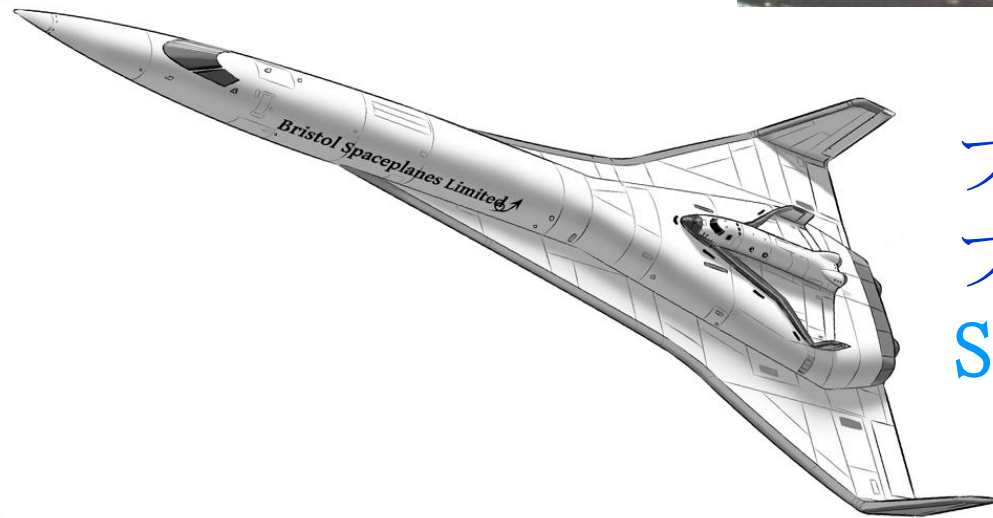




60年代に欧米で2段式軌道用スペースプレーンは研究されたが、X15と同時に終わった。



現在の技術で、  
軌道用スペース  
プレーンは乗客  
を軌道まで安く  
運べる。



ブリストル・スペース  
プレーンズ社の  
SpaceCabとSpaceBus。

# NPO法人 日本宇宙旅行協会

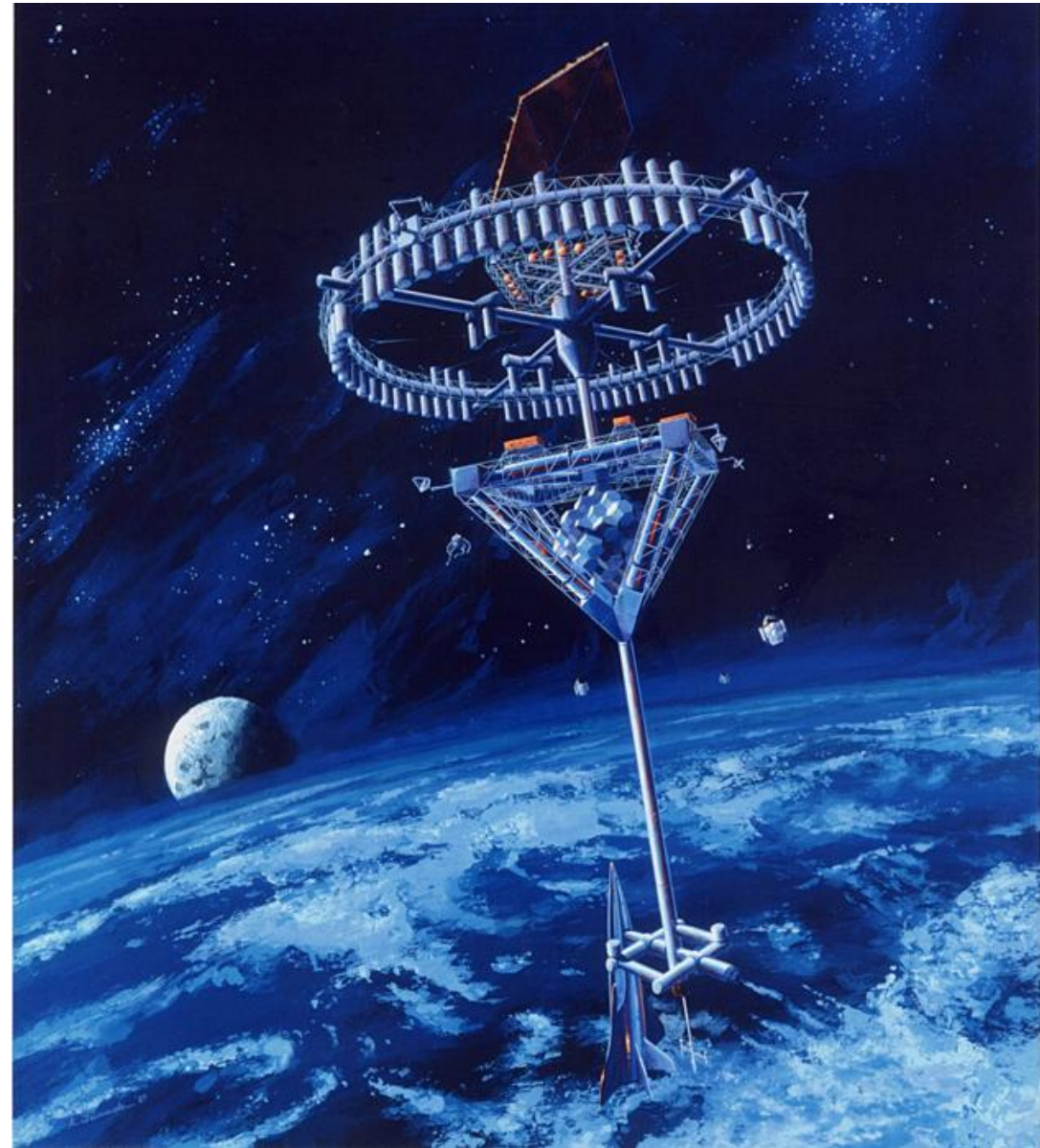


輸送機の種類	2段式	端段式	端段式	端段式
乗客数/便	20人	20人	60人	180人
毎年の乗客数	2,000	120,000	360,000	1,000,000
宇宙港の数	2	18	18	18
便数/宇宙港/年	50	355	355	355
便数/輸送機	250	500	500	500
便数/ロケット・エンジン	50	100	100	100
<b>開発費用 (\$)</b>	<b>15億</b>	<b>30億</b>	<b>39億</b>	<b>46億</b>
インフラの費用 (\$)	4億	20億	22億	30億
全部費用 (\$)	19億	50億	61億	76億
便当たりの費用 (\$)	138万	125万	97万	330万
<b>乗客当たりの費用 (\$)</b>	<b>69,000</b>	<b>62,500</b>	<b>16,167</b>	<b>18,333</b>

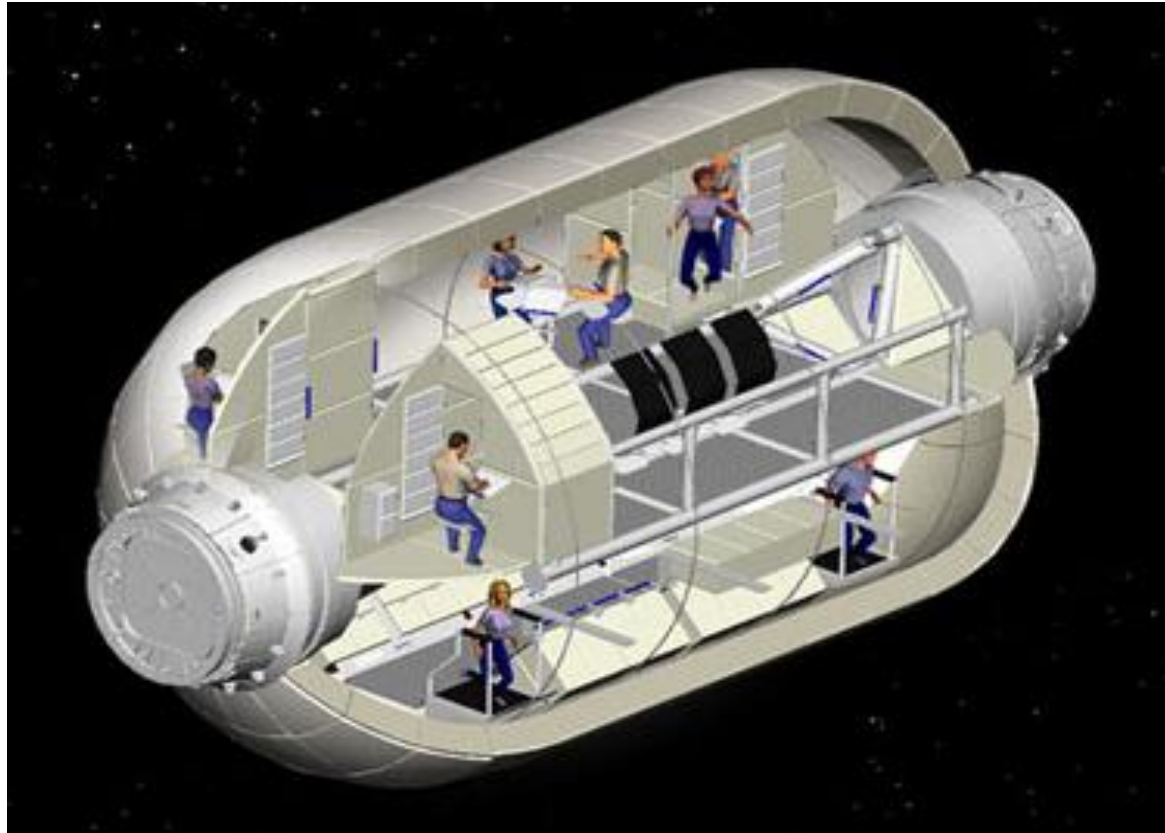
NASAのベッキー博士の1998年の計算によって**可能**。



1989年に、清水  
建設 **kk** は宇宙  
ホテルの概念設  
計を出版した。



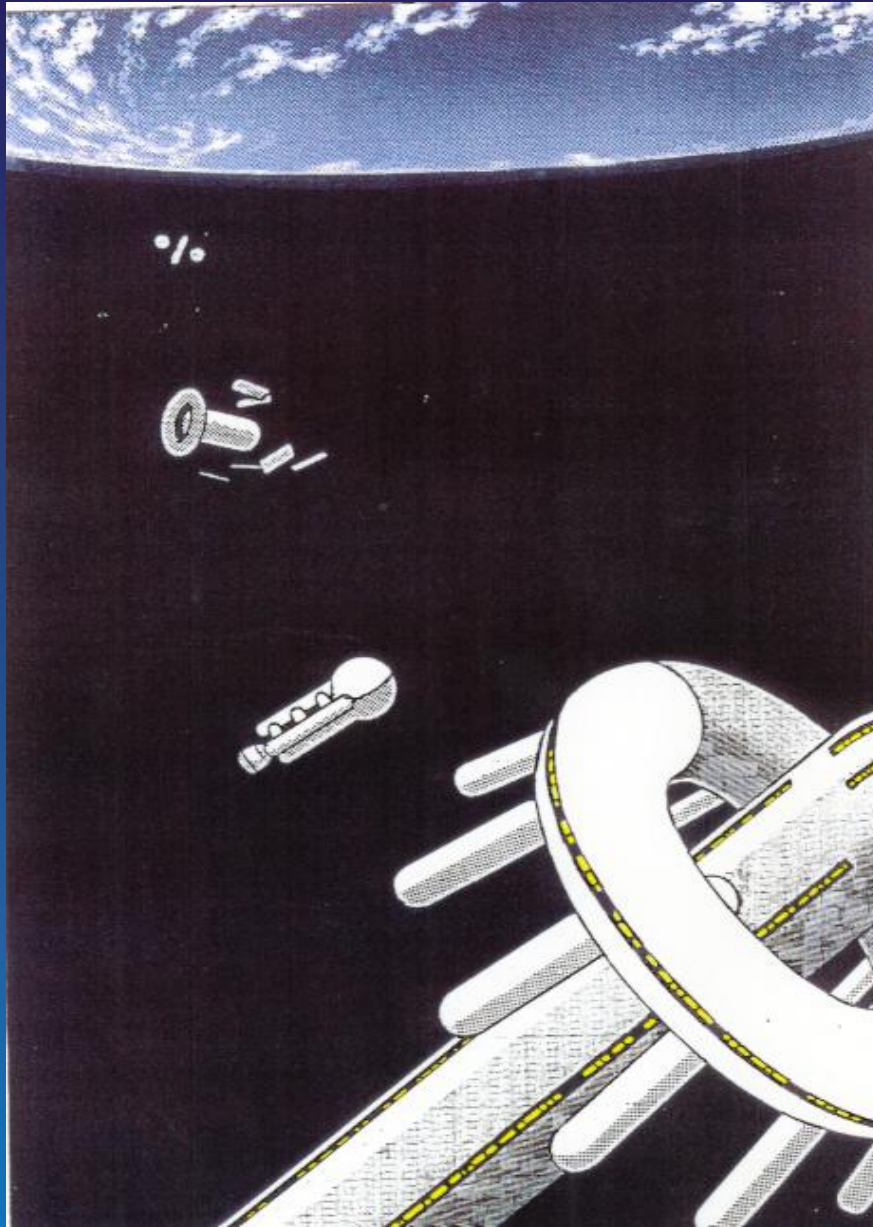




今、ビゲロー・エアロスペース社は、  
宇宙ホテルを開発している。



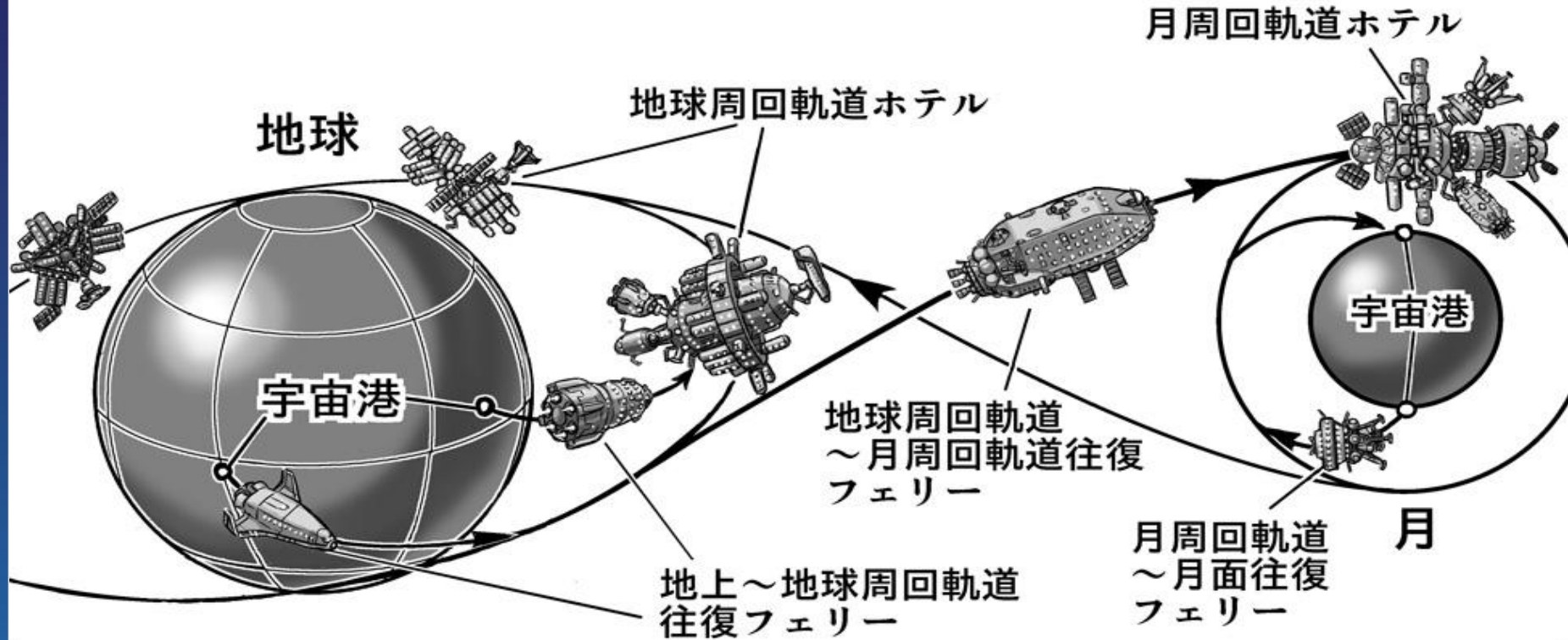
2016年に、最初のモジュールは ISS  
に利用されることになった。



軌道用旅客機  
ができれば、同  
軌道に乗ってい  
る宇宙ホテルは  
2030年代に増え  
る。



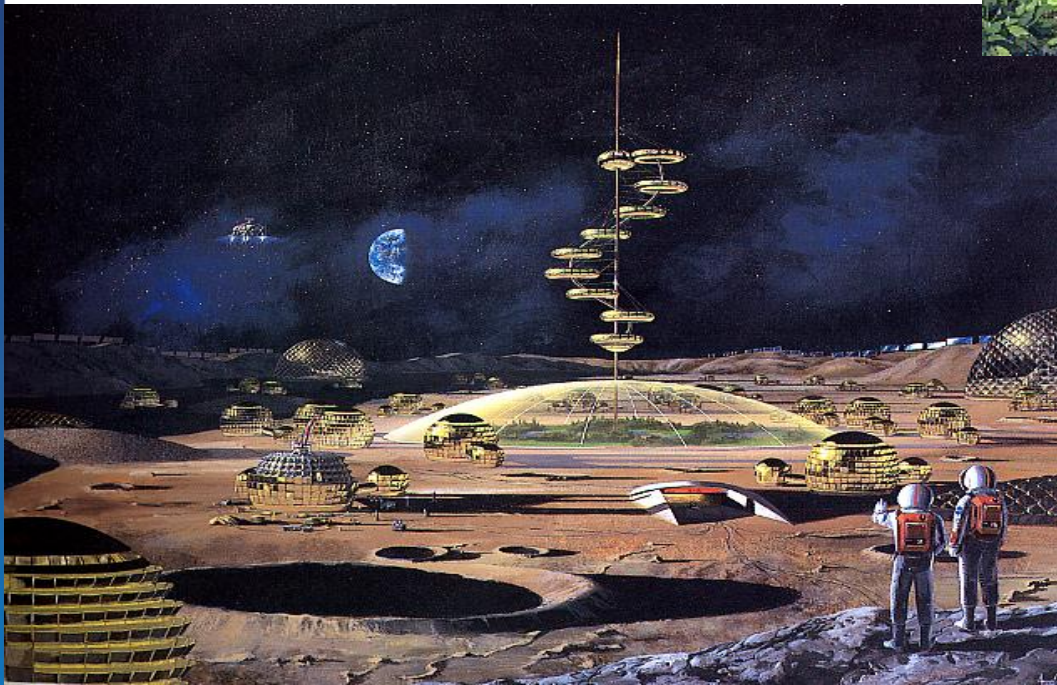
## 月旅行の輸送システム



月面旅行に必要な輸送システムのインフラ



1987年に、大林組は、  
2050年の**月面観光地**の  
概念設計を出版した。



2018年現在の技術  
を使えば、**可能に  
なった**と明らかにな  
った。



## LUNAR UTILIZATION

ABSTRACTS OF PAPERS  
PRESENTED AT A SPECIAL  
SESSION OF THE SEVENTH ANNUAL  
LUNAR SCIENCE CONFERENCE

16 MARCH 1976

SPECIAL SESSION ORGANIZED AND ABSTRACTS EDITED BY

DAVID R. CRISWELL  
LUNAR SCIENCE INSTITUTE

SPONSORED BY NASA THROUGH  
THE LUNAR SCIENCE INSTITUTE  
AND  
THE JOHNSON SPACE CENTER



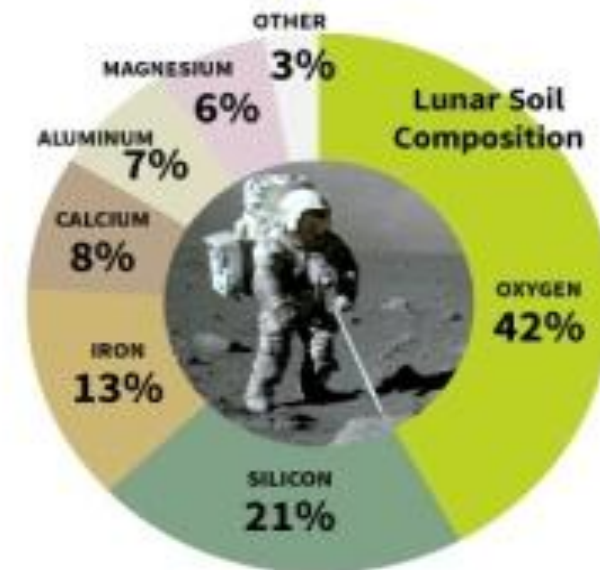
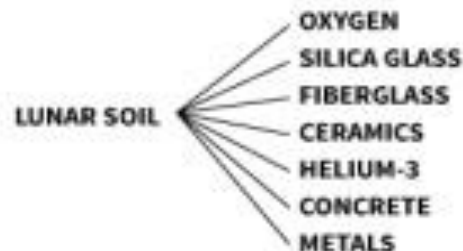
National Aeronautics and Space Administration  
LYNDON B. JOHNSON SPACE CENTER  
Houston, Texas

Universities Space Research Association  
LUNAR SCIENCE INSTITUTE  
Houston, Texas 77058



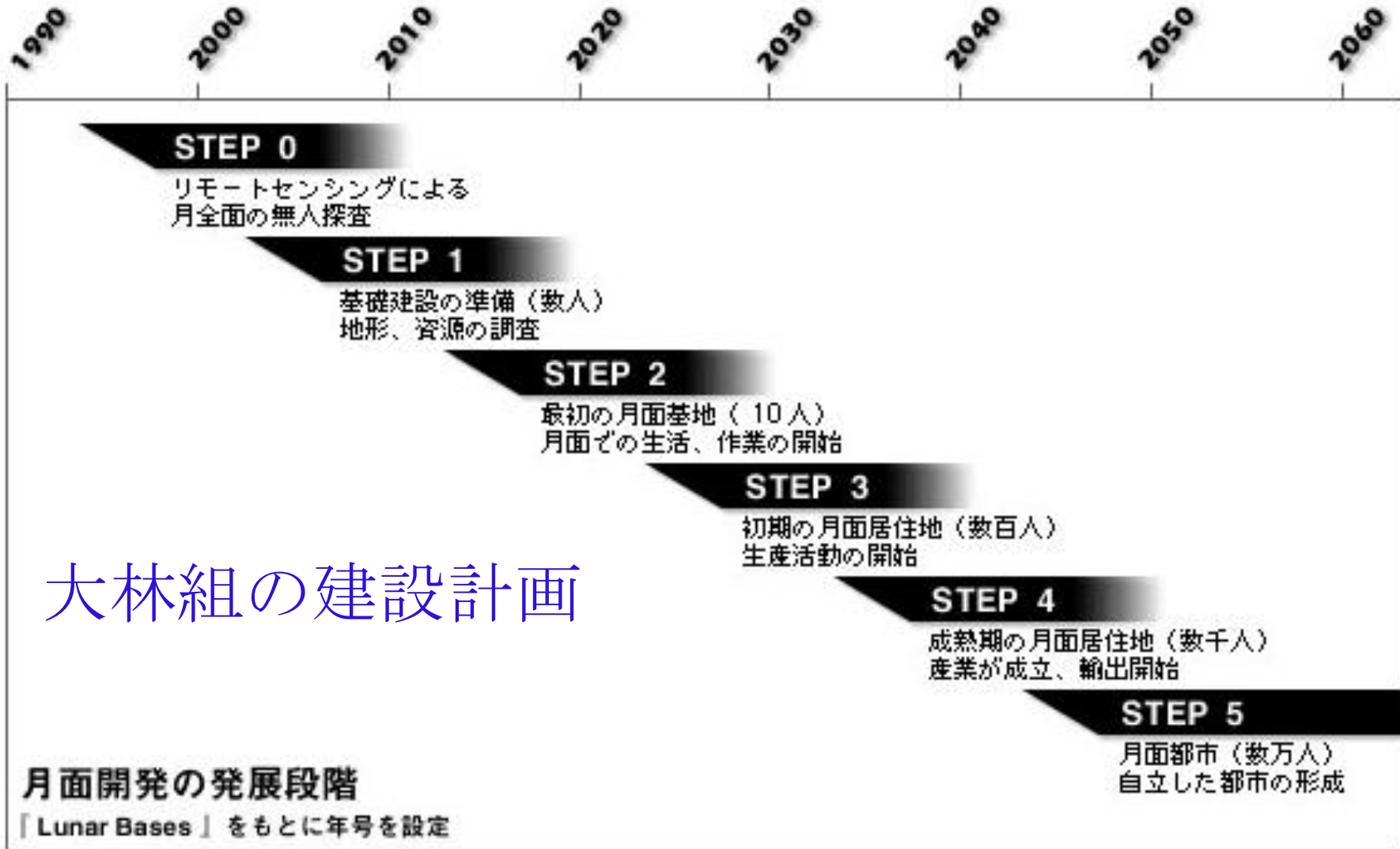
## Living Off the Land

The basic necessities for human life – air and water – could be derived from the lunar soil. Building materials, rocket fuel and other necessities could also be manufactured. These materials could be used by the astronauts on the moon or shot into space electromagnetically by a "mass driver."



INSET: GEOLOGIST HARRISON SCHMITT  
SAMPLES THE MOON ON APOLLO 17.

月面用化学工学や建設の研究は  
1970年代から続いている。  
投資すれば、実現は早くできる。

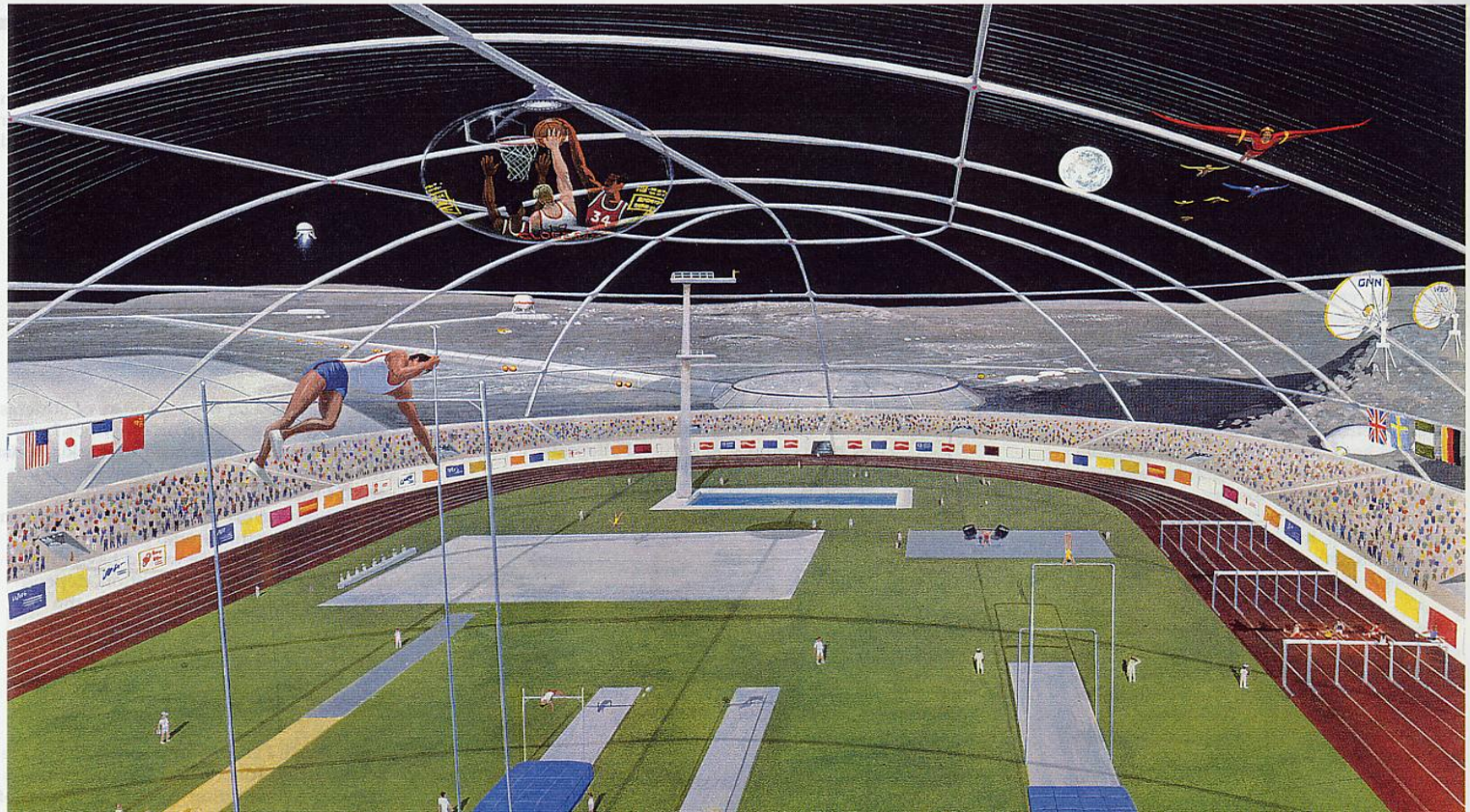


## 大林組の建設計画



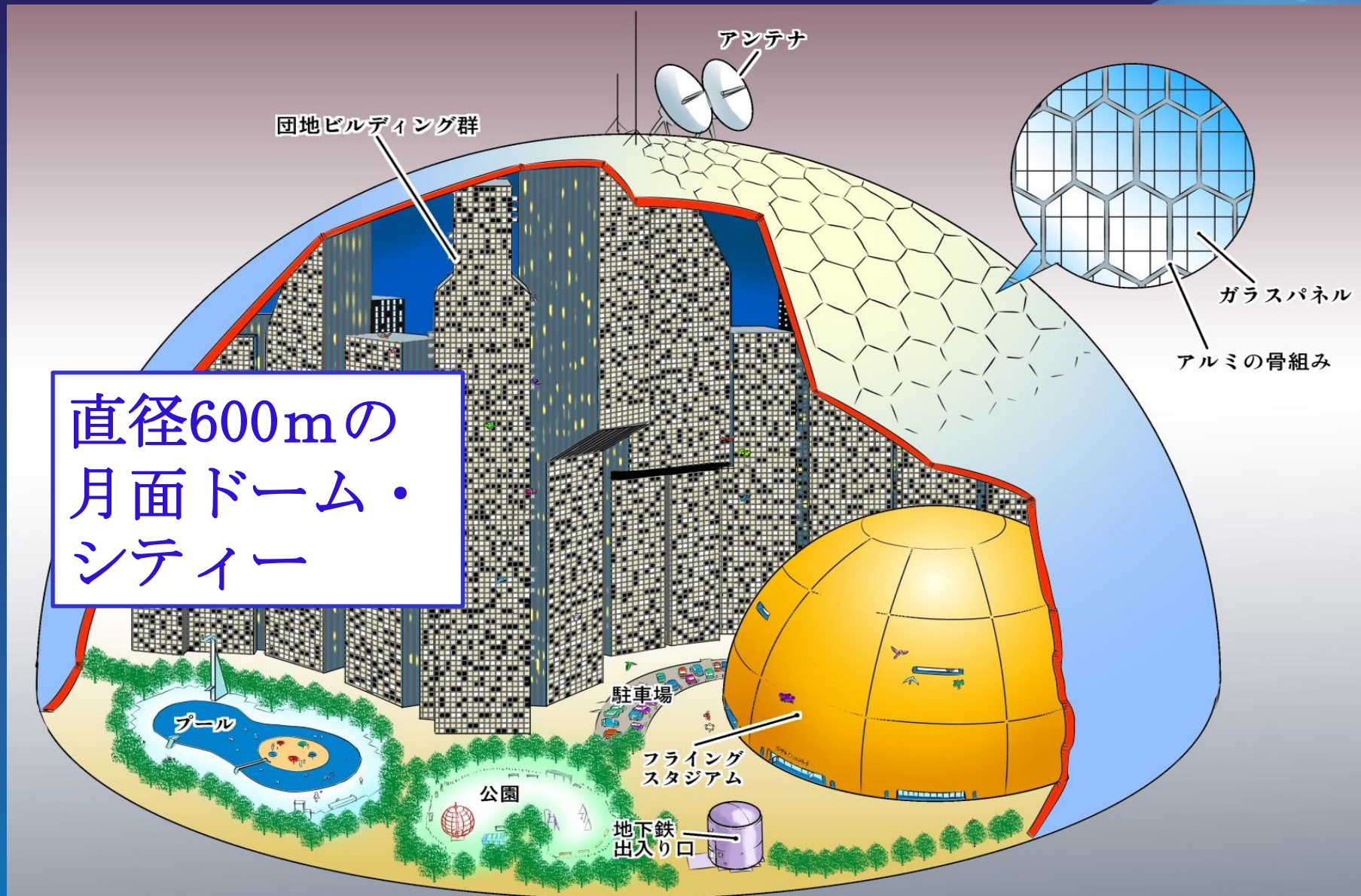
National Aeronautics and  
Space Administration

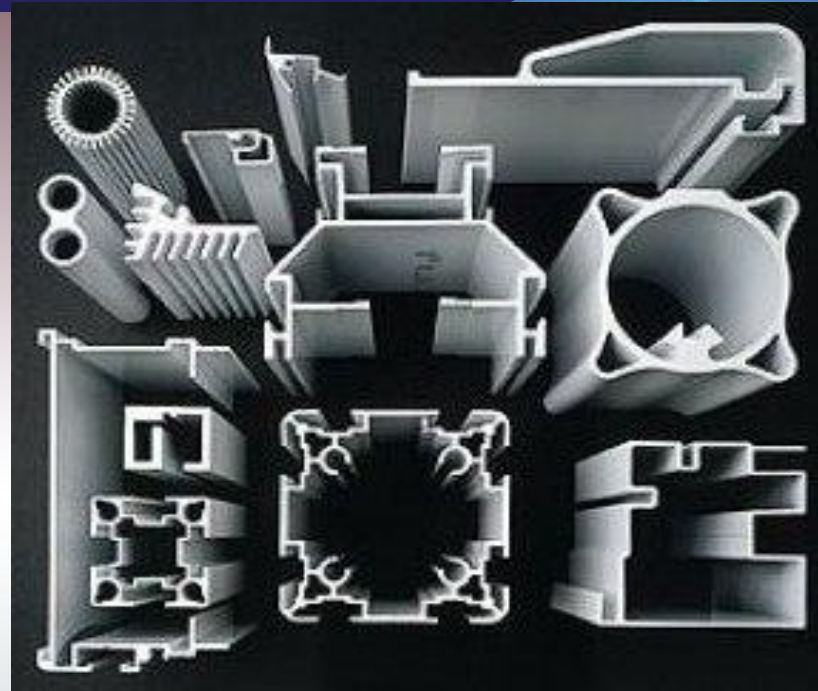
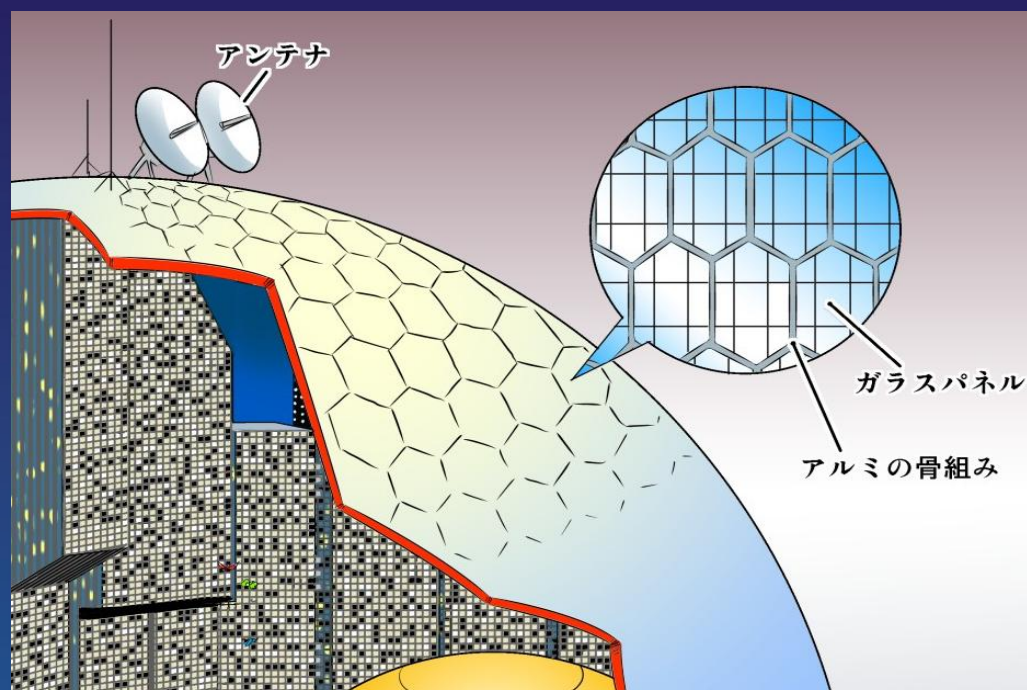
The Lunar Games



NASAの2006年のイラストに、月面の低重力のスポーツの可能性を認識した。







直径600mのドームのアルミ（航空宇宙に大いに使われる**アルミ合金2219**）は約**2万トン**、ガラスは約**10万トン**。

これは現在、普通の工場の1年間の産出量だけ。アルミの**押し出し加工技術**はとても進んでいる。

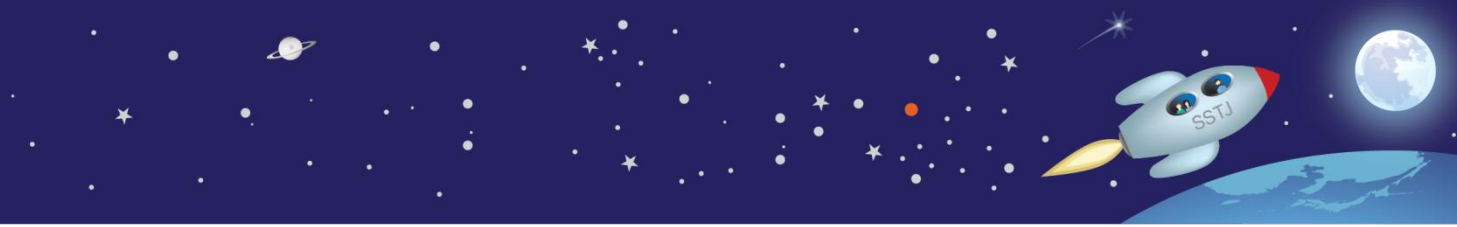


地球軌道と月面の間の輸送には、翼を使わない。

垂直離着陸機 (VTOL) ロケットは大いに利用される。



NPO法人  
日本宇宙旅行協会





## 2 経済成長への貢献

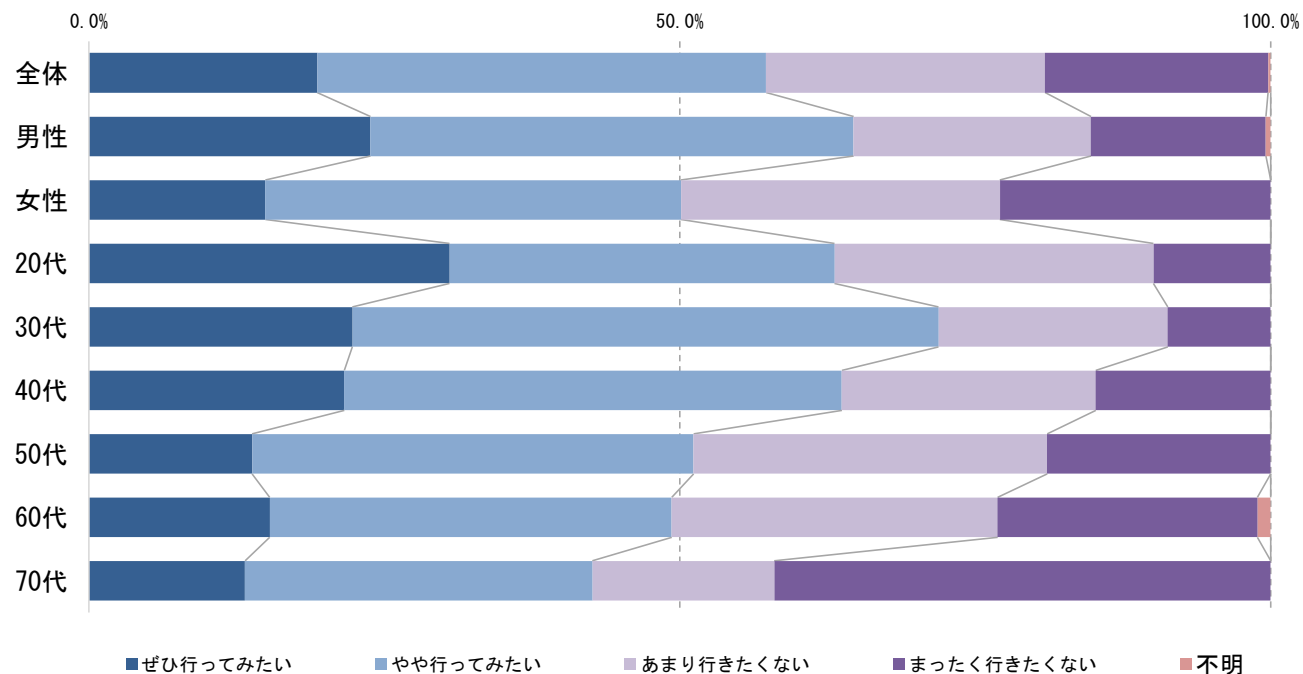
技術で可能なので、投資すれば実現することができる。

市場調査で、宇宙旅行の潜在的な需要が高いと明らかになった。



JAXAの2013年の調査によると、日本人の大部分は宇宙旅行してみたい。

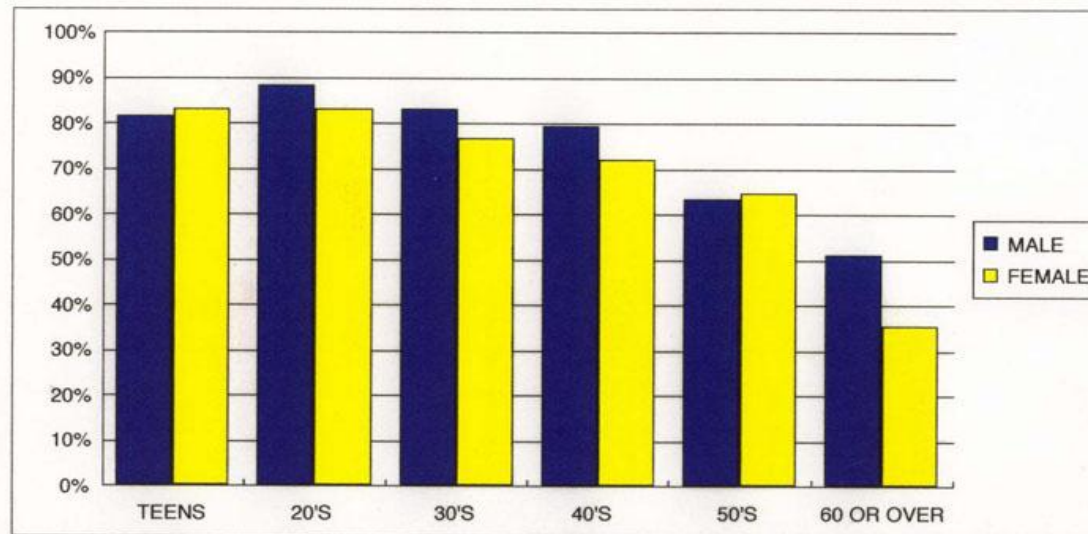
図1-1 宇宙旅行（全般）参加意向





1993年の世界初て宇宙旅行についての市場調査の結果と同じだった。

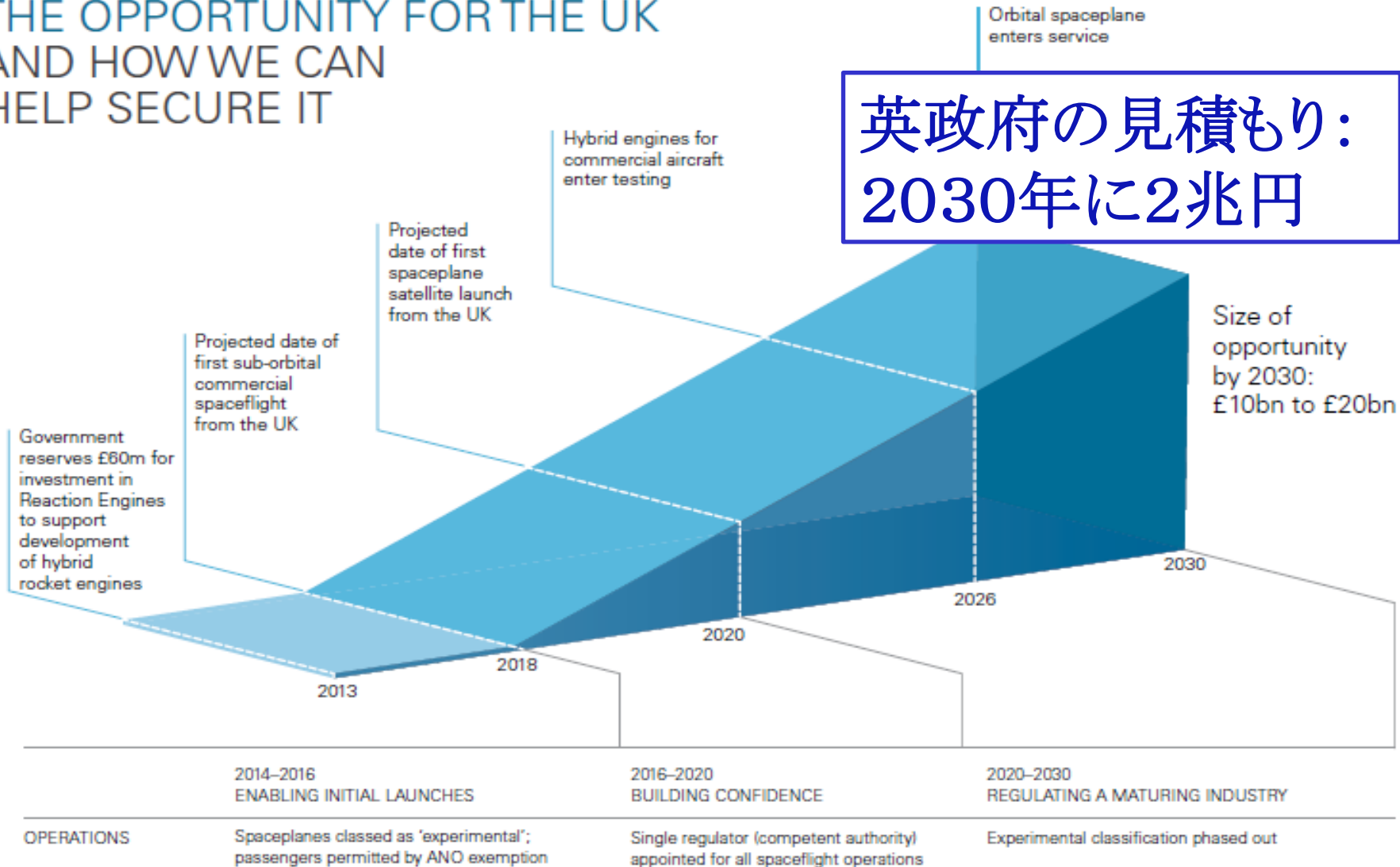
*Percentage Wishing to Visit Space, by Age and Sex*



- Nearly 80% of all those under 60 years of age would like to visit to space.
- There is little difference between men's and women's opinions.



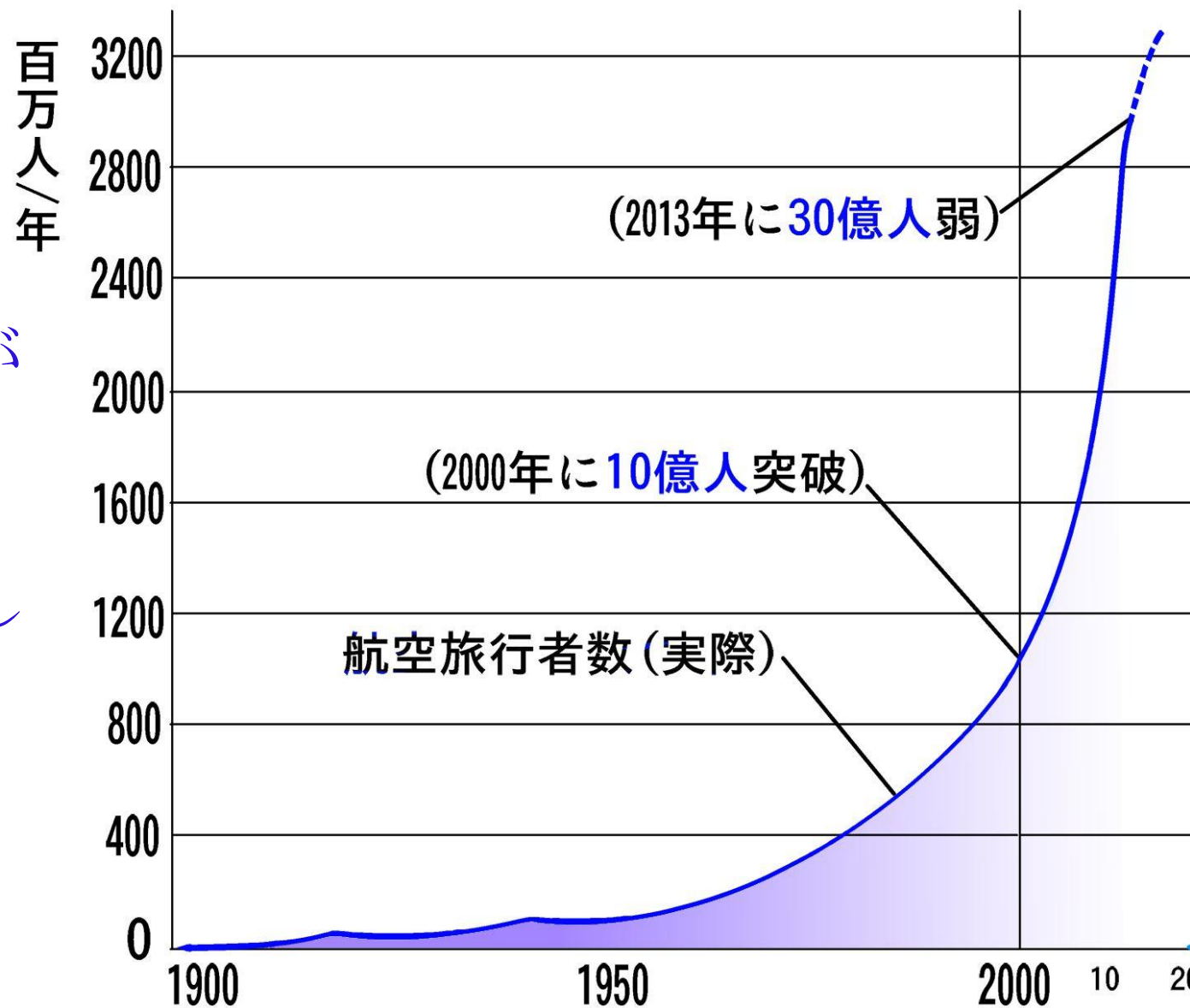
## THE OPPORTUNITY FOR THE UK AND HOW WE CAN HELP SECURE IT







航空産業が  
大規模の  
基幹産業  
まで成長し  
てきた。





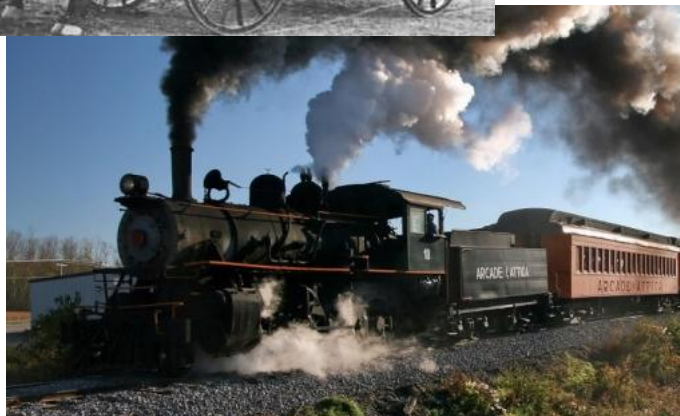
これから、宇宙旅行ビジネスに  
投資すれば、21世紀の新しい基幹  
産業になれるか？

複数の前例はある：

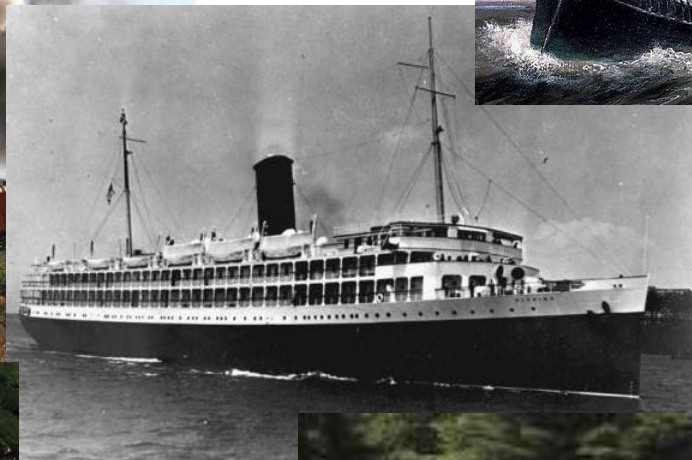


馬車

帆船



汽車



汽船



車

飛行機





上記の六つの輸送ビジネスは、  
**基幹産業**になって、**世界中拡大**し  
て、それぞれ**一億人前後**を雇用す  
ることになった。

たくさんの関係している新産業  
が生まれて、**無数の発明**のきっか  
けになった。



## 各輸送ビジネスの関連技術開発の例

馬車 宿屋、馬の飼育、郵便

帆船 大工、港、大砲、国際化

汽車 鉄、線路、炭鉱

汽船 鋼、港と国際化の延長

車 大量生産、石油、道路

飛行機 アルミ、空港、天気予報



これから、再使用型有人ロケット  
やスペース・プレーンは宇宙旅行  
ビジネスの基礎である。

第7番目の大輸送ビジネスになれば、  
新しい基幹産業になって、世界  
中何千万人を雇用する。



宇宙旅行ビジネスは宇宙局より、  
航空ビジネスの延長である。

米**F A A**と英**C A A**は既に安全基  
準などを用意している。

航空産業のように、何十年中成長  
する。



そうすれば、これから**宇宙旅行産業**  
は**三つのフェーズ**で成長する：

- φ 1 サブオービタル（準軌道）
- φ 2 軌道上滞在
- φ 3 月面旅行

日本宇宙旅行協会





## 宇宙旅行産業の関連技術開発

### φ 1 サブオービタル

- ★ 再使用型スペース・プレーン及びロケット
- ★ スペースポート
- ★ パラダイム・シフト（教育）



## φ 2 軌道上滞在

- ★ 軌道用再使用型旅客機（大きい）
- ★ 推進剤の供給が約百倍アップ
- ★ 24時間大規模のスペースポート
- ★ 宇宙ホテル、無重力スポーツ
- ★ 軌道上施設：修理、燃料、農業



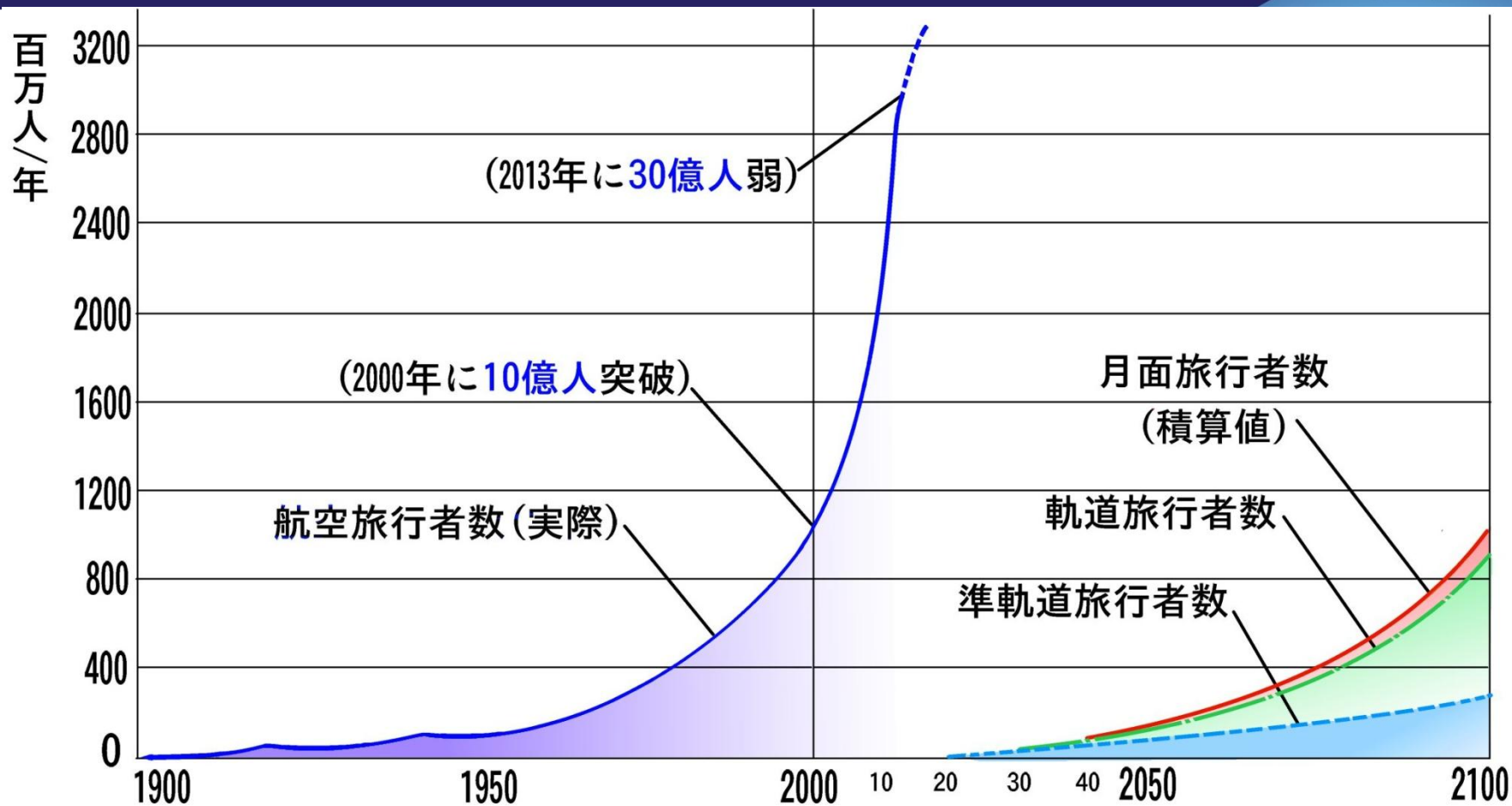
### φ 3 月面旅行

- ★ 地球 - 月間フェリー
- ★ 月面スペースポート
- ★ 月面ホテル、モノレール、等
- ★ 月面スポーツ・スタジアム



宇宙旅行が始まったら、航空産業のように、拡大しながらずっと安くなる。

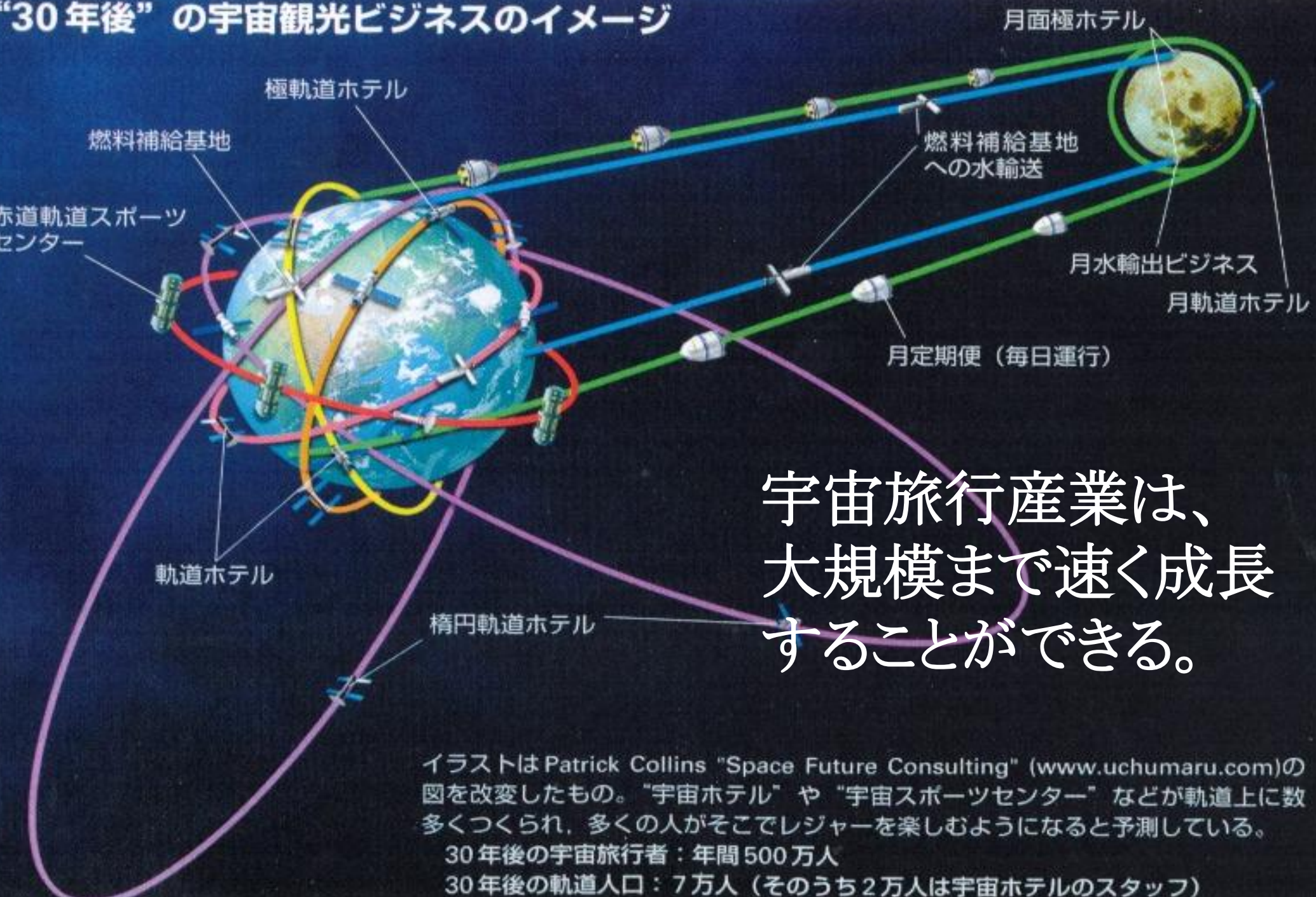
年	フェーズ	必要な投資	一人の値段
2020年代	サブオービタル	何百億円	数十万円
2030年代	軌道上滞在	何千億円	数百万円
2040年代	月面旅行	何兆円	数千万円



20世紀～21世紀の、航空旅行者数と、宇宙旅行者数増加のシナリオ

宇宙旅行産業は航空産業のように成長する。

# “30年後”の宇宙観光ビジネスのイメージ



宇宙旅行産業は、  
大規模まで速く成長  
することができる。

イラストは Patrick Collins "Space Future Consulting" ([www.uchumaru.com](http://www.uchumaru.com))の図を改変したもの。“宇宙ホテル”や“宇宙スポーツセンター”などが軌道上に数多くつくられ、多くの人がそこでレジャーを楽しむようになると予測している。

30年後の宇宙旅行者：年間500万人

30年後の軌道人口：7万人（そのうち2万人は宇宙ホテルのスタッフ）



段階	年	サービス	準備時間	開発費	一人当たりの値段
1	2020年代	サブオービタル	5-10年間	数百億円	数十万円
2	2030年代	軌道上滞在	15-20年間	数千億円	数百万円
3	2040年代	月面旅行	25-30年間	数兆円	数千万円

宇宙旅行産業の3フェーズの準備時間が違うので、今から全部始まる方が最適。



現在、日本の企業の貯金は**380兆円**。

これを投資すれば、**何百万人**の雇用の増加になる。

しかし、お金があるのに、ネックは、大規模まで成長する**新産業のアイデア**は足りない。





世界中の失業の主な原因は：**新産業不足。**

古い産業は費用が安い国へ移転したら、先進国に新しい産業の必要があるが、**足りない。**

このため、日本の**ゼロ経済成長は25年間続いた！**



政府は「**21世紀型インフラの整備**」という予算を作った。

宇宙旅行用インフラの研究に最適ではないか？

宇宙旅行産業用インフラの開発費用の大部分は**建設産業**に流れる。

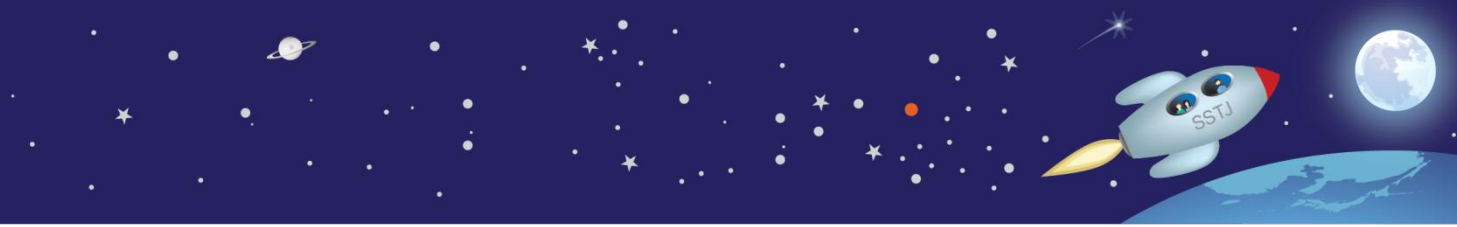
そして**地上と同じ**、宇宙旅行産業の収入は、インフラの建設費用を払う。



地域の何か所の赤字空港でサブオービタル用スペースポートを造れば、地方創生に貢献する。

また、軌道用スペースポートを造れば、アジアのハブスペースポートになれる。

NPO法人  
日本宇宙旅行協会





### 3 競争と日本の将来

1993年 - 2002年、日本ロケット協会は宇宙旅行の先駆者だった。

しかし、現在、複数の外国で宇宙旅行は開発中なのに日本は遅れている。

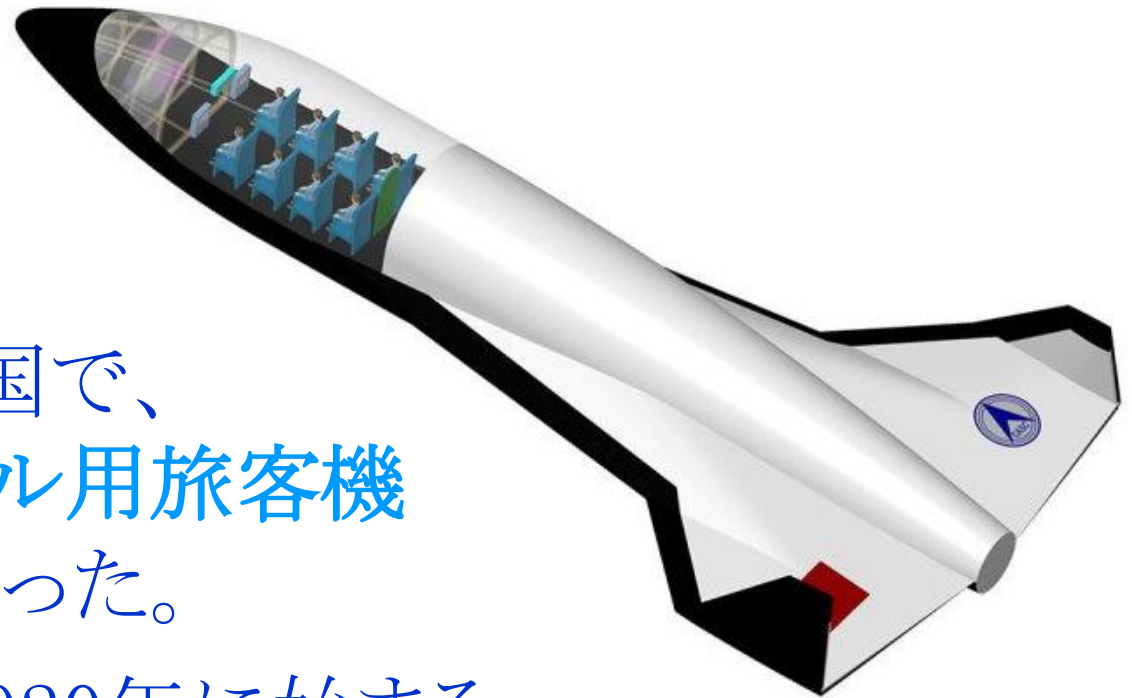


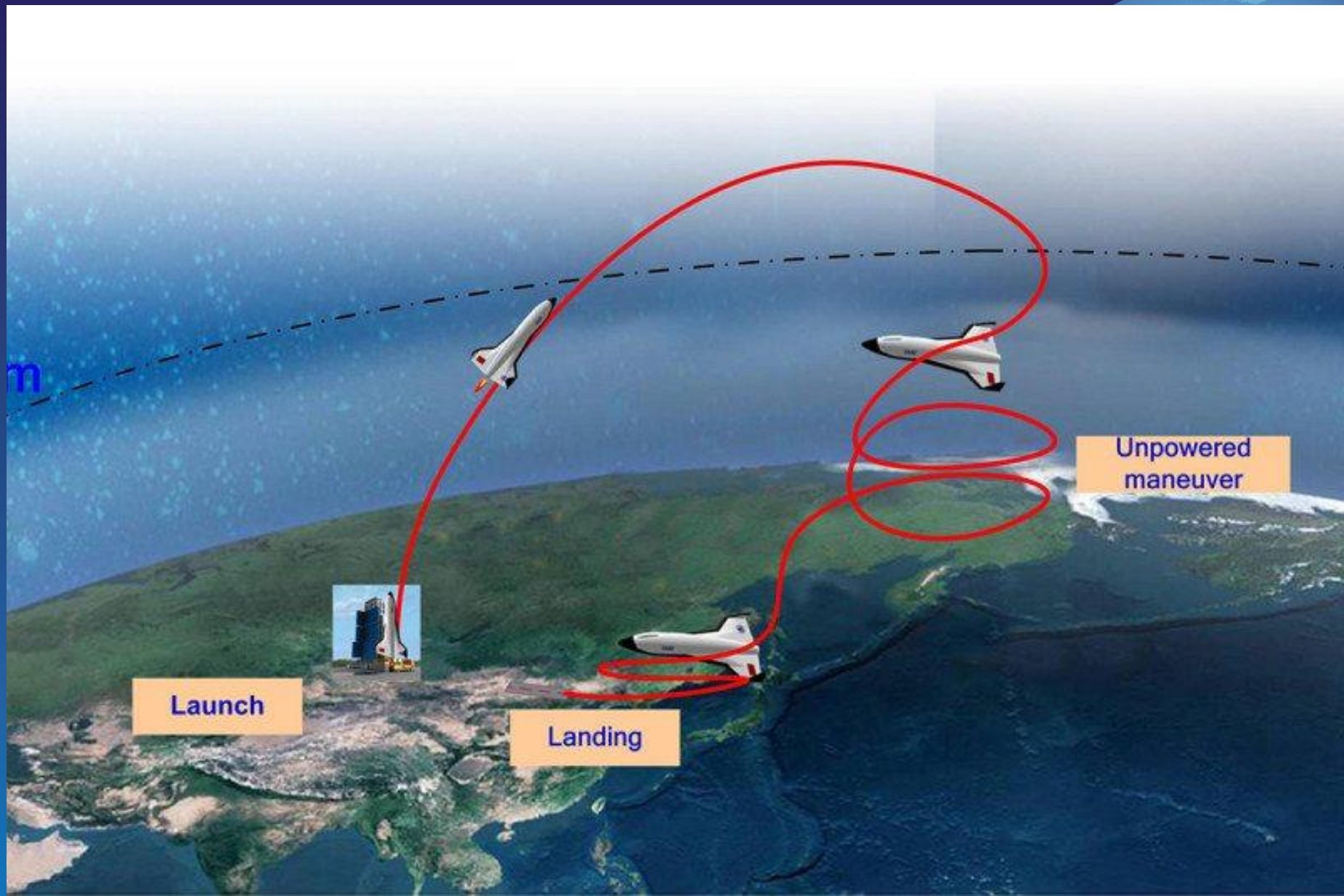
欧米に加えて、ロシアのサブオービタル旅客機の試験飛行は2020年に始まる。

また、軌道用スペースポートの開発は今年5月に発表された。



2016年、中国で、  
サブオービタル用旅客機  
の開発は始まった。  
試験飛行は2020年に始まる。





Launch

Landing

Unpowered maneuver





4月18日の日本経済新聞の記事で、  
中国の「**航天科工集団**」という企業は、  
2段式、軌道用有人スペースプレーン  
を開発する。

2030年の試験飛行をめざす。



同じ記事によると、  
JAXAの再使用型、  
サブオービタル用  
VTOLロケット(無  
人)の試験飛行は  
2019年春に始ま  
る。

(既に関係されたエ  
ンジン唯一。)

 REUSABLE SOUNDING ROCKET

推進薬	LOX/LH <sub>2</sub>
エンジンサイクル	エキスパンダーブリード
再使用可能回数	100フライト (部品交換あり)
耐故障性 (機体システム)	エンジン1基故障時に他のエ ンジンでアポート帰還が可能
運用性	最短24時間ターンアラウンド
海面上推力	40 kN
海面上比推力	320 sec
スロットリング範囲	40~100% (連続制御可)



実機搭載型エンジン諸元と外観



これはいいニュースだが、日本経済が世界第3なので、もっと野心的なプロジェクトをしないと、外国より遅れる。

宇宙旅行産業の3フェーズの準備研究を今から進めようとするれば：



- 1 準軌道のVTOLとHTOLの開発、及びスペースポートのF-S。
- 2 軌道への旅客機の研究、及び軌道用スペースポートの「ロケハン」の開始。
- 3 月面基地、宇宙港、及び月面工場の研究の開始。



5月31日に、PDエアロスペース社は、ANAやHIS  
など5社から**5.2億円**を調達できたと発表した。  
無人サブオービタル用ロケットの開発に使う。

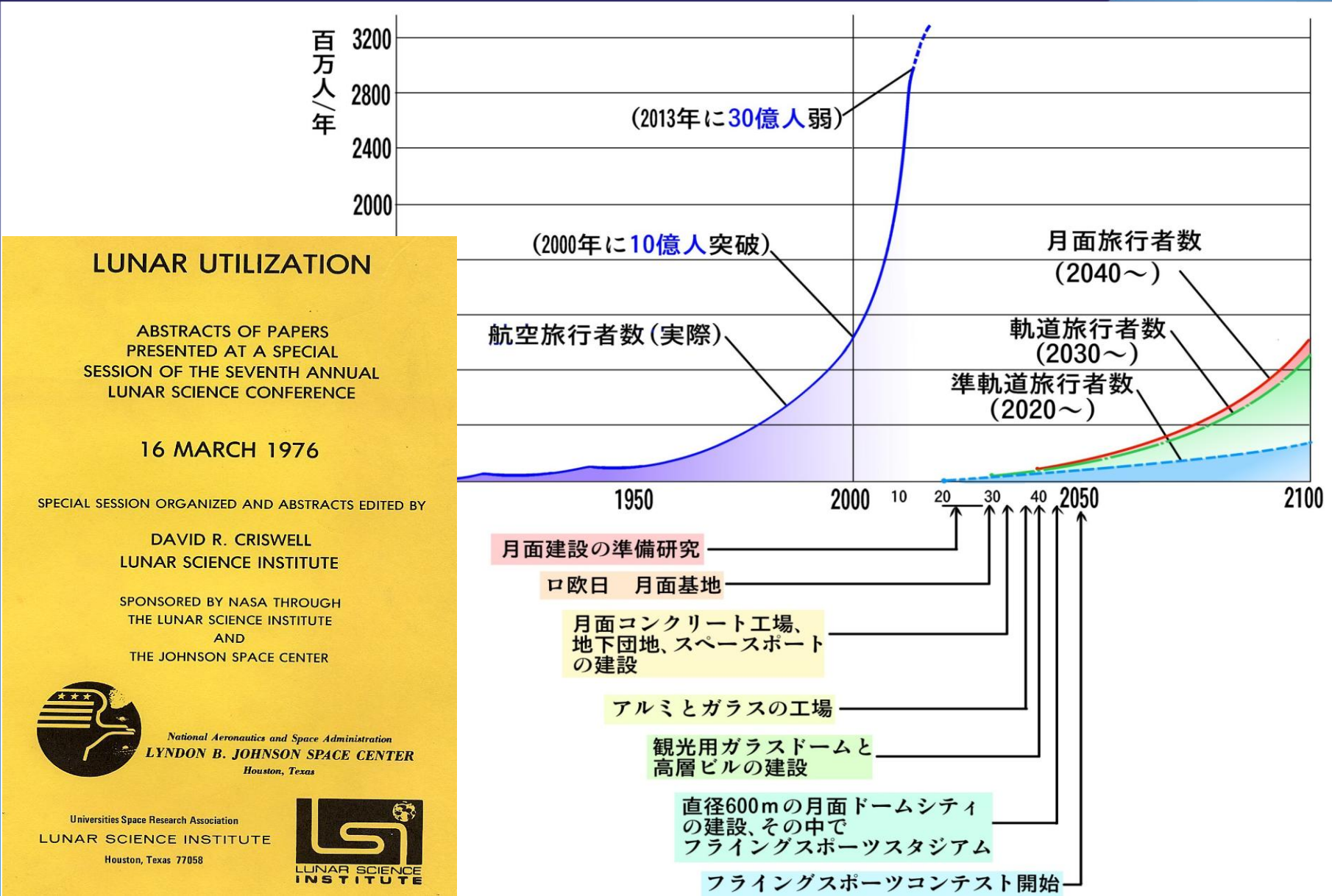




ロシア、中国、インド、ESAのように、JAXAが**月面インフラ**の技術開発を検討すると発表した。

経済の観点から、月面基地の一番重要な利用は**月面工場**の開発。

**2030年代**に、コンクリート、ガラス、鋼、アルミ、チタン等の**月面工場**を造れば、**2040年代**に大量生産は可能になる。



## LUNAR UTILIZATION

ABSTRACTS OF PAPERS  
PRESENTED AT A SPECIAL  
SESSION OF THE SEVENTH ANNUAL  
LUNAR SCIENCE CONFERENCE

16 MARCH 1976

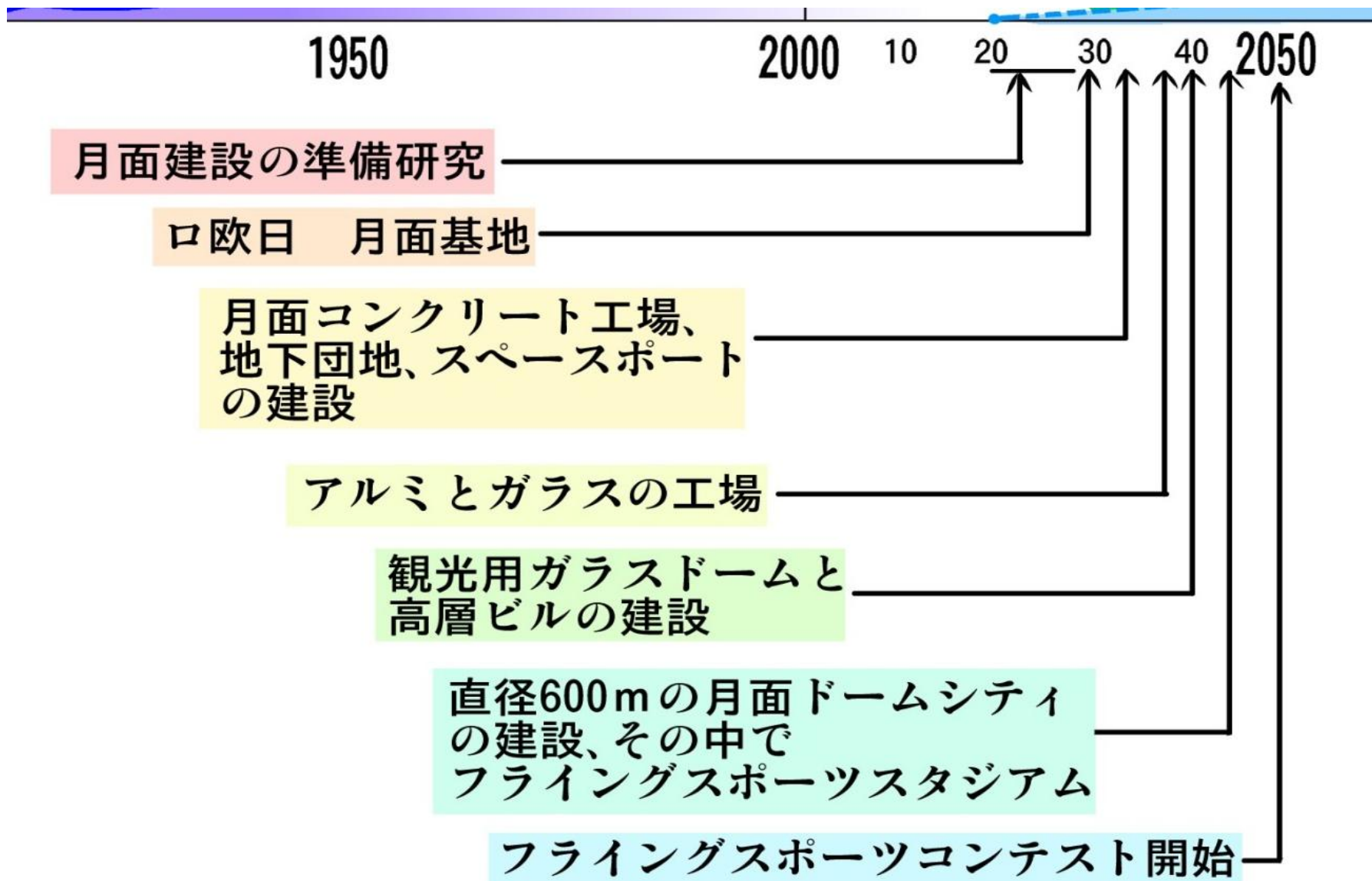
SPECIAL SESSION ORGANIZED AND ABSTRACTS EDITED BY

DAVID R. CRISWELL  
LUNAR SCIENCE INSTITUTE

SPONSORED BY NASA THROUGH  
THE LUNAR SCIENCE INSTITUTE  
AND  
THE JOHNSON SPACE CENTER

National Aeronautics and Space Administration  
LYNDON B. JOHNSON SPACE CENTER  
Houston, Texas

Universities Space Research Association  
LUNAR SCIENCE INSTITUTE  
Houston, Texas 77058







政府がこの研究をするための予算を早く出せば、このシナリオは可能で、経済成長に大いに貢献する。

研究したら、政府の変わりに**観光産業**はホテル、低重力競技場、ドーム・シティー等の建設費を払うことができる。

月面スポーツ等の人気のお陰で、月は**21世紀の大観光地**になれる。



76年間延期されている**第7番目大輸送ビジネス**の開始は、21世紀の世界経済の低迷の解決に大いに貢献する。

宇宙旅行産業の展開は何千万人を雇用して、若い日本人に明るい将来を開けて、最高の動機づけになる。



この明るい将来のビジョンは**第5次産業革命**または**スペース・ルネサンス**と名付けている。

将来の歴史学者は、現在の経済行き詰まりを「**宇宙時代寸前不況**」と名付けるだろう。



御清聴ありがとうございます。