

Private Space Activities Scenario based on Space-Based Solar Power Development

Patrick Collins
Azabu University

Abstract

A policy to develop space-based solar power stations would lead to the development of a range of major new space technology capabilities. Among these, fully reusable launch systems capable of low costs through large-scale operation would be developed. One result of such a development is that passenger space travel services are likely to grow rapidly. In order to consider how far they may grow, the precedent of 20th century air travel is instructive: having reached 1 billion passengers in 2000, it grew to 2.8 billion passengers in 2011. Based on this, a growth scenario leading to 1 billion space travel passengers in 2100 is considered. Among these 1 billion passengers, the paper considers the possibility that 1 hundred million passengers will travel to the lunar surface in 2100. Although this may seem ambitious, the paper considers possible problems, and suggests that there are no obvious bottlenecks. The scenario outlined would create a huge number of job opportunities in industrial sectors in which Japan has particular expertise, notably all forms of high-reliability mechatronic and aerospace engineering. As such, this scenario seems desirable as a national strategy, at a time of high unemployment and severe lack of new industries, which is having very damaging effects on Japanese society.

Presented at the 32nd ISAS Space Energy Symposium, 1st March, 2013

太陽発電衛星の開発政策に基づいて 21 世紀の民間宇宙活動の展開のシナリオ

パトリック・コリンズ

麻布大学

初めに： 太陽発電衛星の開発の複数の便益

太陽発電衛星(SPS)の研究の大部分は技術と科学の研究だが、最適な政策を決めるために、できるだけ広い観点から SPS システムを評価する必要がある。そうすると、まず、SPS の開発は沢山の違う便益をもたらすと認識する。

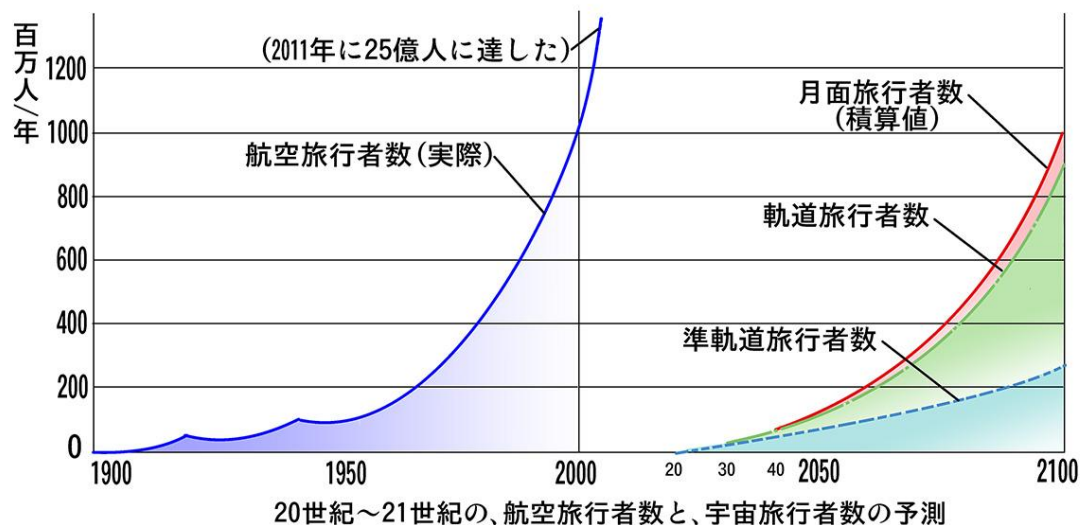
- 1) 大規模の地上電源 (成功する確率は不明だが、これで日本がエネルギー輸出国になる可能性は非常に有望だろう。)
- 2) 軌道上安い電源 (費用は地上のレクテナの出す電力の 1/4 だけであろう[1].)
- 3) 衛星間の無線送電 (衛星などの電気推進にも使われる。)
- 4) 月面の電源 (南極と北極以外、月面の基地には 14 日間の寒い夜は大問題。)
- 5) 安い打ち上げシステムの開発 (完全再使用型輸送機とそのインフラ (宇宙港など) を開発したら、他の商業利用は大規模まで成長するだろう。)
- 6) 宇宙資源の利用の動機づけ (1970年代、研究者が地球外資源の利用は大規模 (すなわち数百 GW) の SPS システムを安くするとわかった。「はやぶさ」の成功以後、この可能性はフィクションではなくなった。近年設立された米ベンチャー企業のプラネタリー・リソーセズ (PR 社) とディープ・スペース・インダストリーズ (DSI 社) は小惑星からの金属などを加工するビジネス・チャンスに投資すると発表した。)
- 7) 宇宙旅行産業の燃料供給 (軌道まで旅する旅行者の人数が大規模になれば、地上のエネルギー市場に負担しないように、太陽発電衛星が使われる可能性は充分ある。毎年五百万人が軌道まで旅することになれば、約 50 GW を使う[2].)
- 8) これからの氷河期の唯一の対策：融雪衛星(SMS)は SPS より造りやすい[3].

安い宇宙輸送費に基づいて、民間宇宙活動の展開

SPS の開発には安い打ち上げシステムはなくてはならない。宇宙への旅費が安くなるに従って、宇宙旅行産業は成長する。米国に開発中サブオービタル・サービスが成功したら、軌道までの旅行産業は開始すると思われる。VTOL と HTOL のプロトタイプが成功したら、約 50 人乗り軌道用「観光丸」や「スペースバス」等は開発されるだろう。

宇宙旅行のビジネス・モデルは航空産業なので、米連邦航空局(FAA)は担当して、必要な安全基準と規制、法律などは既に作られている (www.faa.gov に参照)。航空産業の 20 世紀の成長の前例に基づいて、21 世紀の宇宙旅行産業はどこまで成長することは興味深い。航空産業の 2000 年の乗客数の 10 億人は 2011 年に 28 億人まで増えた。これに基づいて、たたき台として、2100 年の宇宙旅行者は十億人に達すると前提する。「あり得ない」と思われても、ライト兄弟は 2000 年の航空旅行者が十億人まで多く成長すると

予測できなかっただろう。その現実性を考えるために、2100年の宇宙旅行産業を、図のように三つに分けられるのではないかと考えられる。



- ① 数億人はサブオービタル体験する。
- ② 数億人は軌道上ホテルに滞在する。
- ③ 約1億人は月面旅行する。

2100年の月面旅行シナリオの可能性

月面の南極と北極には連続の太陽エネルギーは可能なので、都市の位置として最適。簡単なシナリオとして、旅行者の半分ずつは南極と北極の都市に泊まるとする。その間に、五千キロのリニア・モーター南北線は造られる可能性もある。必要なインフラは次の通り：

- 1 地球軌道への大量フェリー・サービス
- 2 地球軌道上ターミナル（毎日数百万人が使う宇宙港、専用ホテル、等）
- 3 地球軌道 - 月軌道フェリー（毎日約六十万人の乗客は使う）
- 4 月軌道上ターミナル（毎日数十万人が使う宇宙港、専用ホテル、等）
- 5 月軌道 - 月面フェリー（複数の目的地）
- 6 月面スペースポート（南極と北極に二つずつ以上）
- 7 スペースポートからのLRT（複数の都市まで）
- 8 月面ホテル、施設（部分的に地下。同時に泊まる二百万人の旅行者。）
- 9 月面観光地、スタジアム（月面の重力が地上の1/6なので、鳥のように飛ぶスポーツ等は大人気になると思われている[4].）
- 10 月面都市、ドーム・シティー、等

このシナリオが可能か無理かと評価するために、2100年の月面旅行者が一億人に達することを妨害するネックはあるかどうかと調べる。

イ 宿泊施設はネック？

毎年の旅行者が一億人になったら、南北両極にそれぞれ5千万人になる。旅行者の大部分が1週間に月面に止まれば、毎週100万人ずつが泊まる。100万人の旅行者は約50万客室を使うが、その利用率が70%だったら、約70万客室の必要がある。

2010年、日本全国のホテル及び旅館には約160万客室だったので、このシナリオによると、2100年の月面ホテル産業は2010年の日本のホテル産業に相当すれば充分。原理として、これは無理だと言えないだろう。

ロ ロジスティックスはネック？

月面旅行する人数が毎年一億人になって、皆が一週間泊まれば、地球軌道と月軌道とのフェリーに同時に乗っている乗客者は約二百万人(×2)。航空産業の2011年の毎週五千万人の乗客者に比べてそんなに多くないが、航空の便の平均時間は約二時間だけ。月までの片道は三日間。両極のスペースポートに毎日十四万人(×2)は何百便に乗るだろう。

ハ スケジュールはネック？

21世紀後半の月面旅行産業の成長率が航空産業のように十年毎に倍になれば、2040年の乗客数は両極に毎週1万6千人で、両極のホテルに約1万客室の必要がある。それができるために、2030年代中の建設シナリオは鍵。サブオービタル・サービスが2020年までに成功したら、軌道までの旅行は2030年代中速く成長すれば、月面旅行産業は大きくなる。1980年代後半に、清水建設、大林組、西松などは月面の基地や観光地を設計していたが、宇宙産業の支援を受けなかったから、バブル後不況で止めた。1990年代に設立された「宇宙開発建設研究会」(CEGAS)が再生すれば、2030年代の月面ホテル建設シナリオを実現するために大いに貢献することができる。

二 技術はネック？

サブオービタル用技術は1942年から始まったので、難しいと言えない。その上、21世紀の技術はどんどん進んでいる。例えば最近、「グラフィン」及び「3Dプリンター」は革命的。面白い例として、DSI社は衛星のペイロードの中で3Dプリンターがあるので、ミッション中、地上からのソフトを電波で送れば、最前線な製品を造ることができる。

また、月面旅行者が多くなれば、地球の「宇宙エレベーター」も可能になる。高度3万6千キロを超えるに従って、もっと高い楕円形軌道に乗れる。それで太陽発電で、月軌道まで行ける。必要な投資が高いが、上記のシナリオ通り、毎年一億人が乗れば、売上高は必要な投資をビジネスとして返済するために充分だろう。

ホ エネルギー消費はネック？

軌道まで飛ぶ乗客数が年に五百万人になれば、約50GWのエネルギーを使う[1]。軌道

まで行く旅行者が年に五億人になれば、使うエネルギーは5 TW。その上、月面旅行する一億人はまた1 TW の電力を使う。2100年の世界人口が百億人になると言われて、地上の電力供給は約20 TW になるだろう。そうすれば、宇宙旅行産業の使う燃料は全世界のエネルギーの約1/4。このエネルギーが多いのに、必要だったら、その大部分をSPSで造れば、地上のエネルギー産業の負担にならない。

へ 需要はネック？

2100年の人間の皆が「一生に一度」宇宙旅行をすれば、各サービスの乗客数は毎年約1億人ずつになる。従って、航空産業のように「リピーター」が増えるに従って、毎年十億人は考えられるだろう。宇宙旅行の可能性が若い人たちに特に人気なので、マーケティングの世界の想像に任せば、需要はどんどん成長するだろう。レジャー活動だけでなく、教育への便益はとても重要なので、「理科離れ問題」の対策として宇宙旅行がよく成長するために、政府からの補助金の価値は高いと考えられる。

上記に書いたように、月面旅行者が2100年に一億人になるのは無理だと言えないが、実現するために、軌道まで飛べる旅客機の開発はすぐ始らないと間に合わないだろう。

国家戦略の観点

日本の宇宙政策には、半世紀中五兆円の補助金は使われている。それに対して商業宇宙活動はまだとても少ない。経済成長に大いに貢献する宇宙活動の二つの候補者しかない：太陽発電衛星及び宇宙旅行。安倍総理大臣が日本経済の危機状態を理解して、新産業不足状態を直すために「次元の違う政策」の必要があると発表した。経済成長、失業対策、教育などの観点から、SPSは21世紀の一番有望な新基幹産業ではないだろうか？

しかし、「宇宙政策」に決まるこの二つのプロジェクトの予算は全然足りない。上記にリストアップされているSPSの可能な便益、及び宇宙旅行産業の可能な成長のために、国家戦略として非常に望ましいだろう。従って、この二つのプロジェクトの予算を「宇宙政策」ではなく、**経済政策**によって決める方が国と国民に極めて重要である。

参考文献

- 1 P コリンズ & M バーナスコーニ、2011年、「気候の寒冷化のリスク分析及び宇宙からの電波エネルギー供給を直接対策としての可能性について」、宇宙エネルギーシンポジウム、19番。
- 2 P Collins, 2004, “Synergies between Solar Power Supply from Space and Passenger Space Travel”, Proceedings SPS’04, ESA SP.567, pp 59-63.
- 3 P Collins, 2011, “Risk Analysis of Climate Change, and Potential SPS Contribution to Global Warming or Global Cooling Mitigation”, Proc. IAA Symposium, Nagoya, pp 89-96.
- 4 ロバート・ハインライン、1965年、「地球の脅威」、早川出版。