

# The Central Role of Space-Based Solar Power in Future Economic and Industrial Development in Space

Patrick Collins, Azabu University

## Abstract

Some people have argued that Solar Power Satellites (SPS) should be developed in order to combat “anthropogenic global warming” (AGW), but predictions of global warming have been mistaken for the past 17 years. However, this does not reduce the potential value of developing SPS technology, since the availability of large-scale space-based solar power systems would have many other beneficial uses.

During the 1970s, a significant part of SPS research in the USA concerned the use of extra-terrestrial materials. It was generally concluded that if industrial activities in space grew to a sufficient scale, the use of materials extracted from the Moon, asteroids and cometoids would become more economical than continuing to launch materials from Earth.

The success of the Japanese satellite “*Hayabusa*” in bringing samples of asteroidal material back to Earth in 2010 has moved this idea from being fiction to reality, and already two venture companies have been established in the USA to exploit asteroid resources. However, the economic success of such projects depends on there being substantial demand for materials they produce *in Earth orbit*, where prices will be much higher than on the Earth’s surface. The current development of 3D printing in micro-gravity also promises further new industrial and commercial possibilities in space.

Even if space-based solar power does not become a major source power for Earth, it could have other major uses such as a source of power for facilities on the lunar surface or in orbit, a source of fuel for large-scale space tourism, and even as a unique counter-measure to the growing threat of the next Ice Age.

Countries around the world are suffering from very high unemployment, due in large part to a **lack of new industries**. The wide range of new industrial possibilities offered by SPS development in combination with the low-cost reusable launch systems that it requires, continue to be ignored by governments. However, these could create much new employment in fields in which the more industrialised countries have notable strengths. The present Prime Minister has pledged to implement “**bold policies of a different dimension**”. Let us hope that he will put this into effect and make the space industry contribute to economic growth rather than merely burdening taxpayers.

# 宇宙での経済発展と産業化には、太陽発電衛星の中心的な役割について

パトリック・コリンズ  
麻布大学

## 1 1970年代の地球外資源の利用についての研究

近年の地球温暖化説についての予測は間違っていると明らかになった。IPCCのレポートによっても、気候は今まで17年間中熱くなっていない。逆に、太陽の黒点が二百年ぶりに少なくなっているのも、これから気候が寒くなるリスクが高いと述べる物理学者、地質学者、天文学者などは増えている。従って「温暖化対策としてSPSの開発が重要だ」というの説得力は弱いと考えられる。ただし、グレーザ博士の1968年に提案したSPSの主な便益が、地上の太陽発電と異なって、発電は（彼岸の中日以外）年中無休だと。ただし、これに加えて、SPSの開発のもっと重要な便益もある。

1970年代後半、米国に行ったSPS研究のある部分は、地球外資源（ETM, Extra-Terrestrial Materials）の利用を調べた。ETMの利用の研究によると、SPSシステムの規模が充分大きくなれば、地球外資源の費用は地球からの資源より安くなるだろう。確かに、地球外資源を利用するために、最初に宇宙インフラの投資の必要があるが、資源の量が増えるに従って、その単位費用は減る。

また、無重力環境で沢山の新しい技術能力が開発されるとわかった。地上に無理けど無重力に魅力的な新技術の一つの例は**金属の泡**。地上で造られる金属の泡が小さいが、無重力で金属に大きい泡は造られる。軌道上工場で金属の泡沫で軽くて強い梁や直径百メートル以上の泡の製造は、将来で、大きなビジネスになる可能性はある。

## 2 近年の「はやぶさ革命」の続き

日本製「はやぶさ」のお陰で、地球外資源の利用はサイエンス・フィクションではなくなった。その上、日本は「トップ・ランナー」になった。「ETMの利用はまだ遠い将来」と言われているが近年の新産業の成長が「思ったより速い」なので、シャープやソニーやパナソニック等の優れている日本のメーカーにも苦しい。

ETMの利用の場合、米ベンチャー企業の Planetary Resources Inc [1] 及び Deep Space Industries Inc [2] は既に小惑星の資源の利用を設計している。カナダの Deltion Innovations Ltd もオンタリオ州の Sudbury 市に設立された。「長期的な月面基地のために、あそこの資源を利用する必要があるため、地上の鉱業用ロボットを使う」と言われた。確かに、2010年代のロボット等の技術は1970年代より遥かに進んでいる。

複数の建築家とESAの宇宙エンジニアのチームは3Dプリンターを使って、造りやすい月面基地などを既に設計している。砂を使う3Dプリンターの実験は既に行っている。従って、日本でも地球外資源の利用の研究を強化して、加速すれば良いと考えられる。ただし、地球外資源のベンチャー企業が利潤を得るために、軌道上の需要の必要がある。このために、今まで、宇宙太陽発電及び宇宙ホテルしか提案されていない。

地上の電源になる可能性以外、軌道上太陽発電が複数の便益をもたらすだろう。

### 1 軌道上安い電源

軌道で使う電力の費用が地上のレクテナからの電力の費用の約1/4だけなので、エネルギーを沢山使う活動は軌道でやれることになるだろう。

### 2 衛星間の無線送電

電気推進などには高いパワーを利用する衛星に供給する必要がある場合、SPSからの無線送電は有望である。

### 3 月面の電源

南極と北極以外、月面基地や観光地などには、14日間の夜中の電源は重要な問題である。しかし大気圏や天気などが無いので、SPSから月面までの電波エネルギーの供給は最適だろうと考えられる。

### 4 宇宙旅行産業の燃料供給

もし宇宙旅行産業の軌道までの乗客の人数が年に数百万人まで増えれば、それに使うエネルギーは数十GWになる。図1の21世紀のシナリオの場合、宇宙旅行産業のエネルギーの消費は世界経済の2割ぐらいになれる。宇宙旅行産業がそんなに大規模まで成長すれば、そのエネルギーはSPSによって供給することができるだろう。

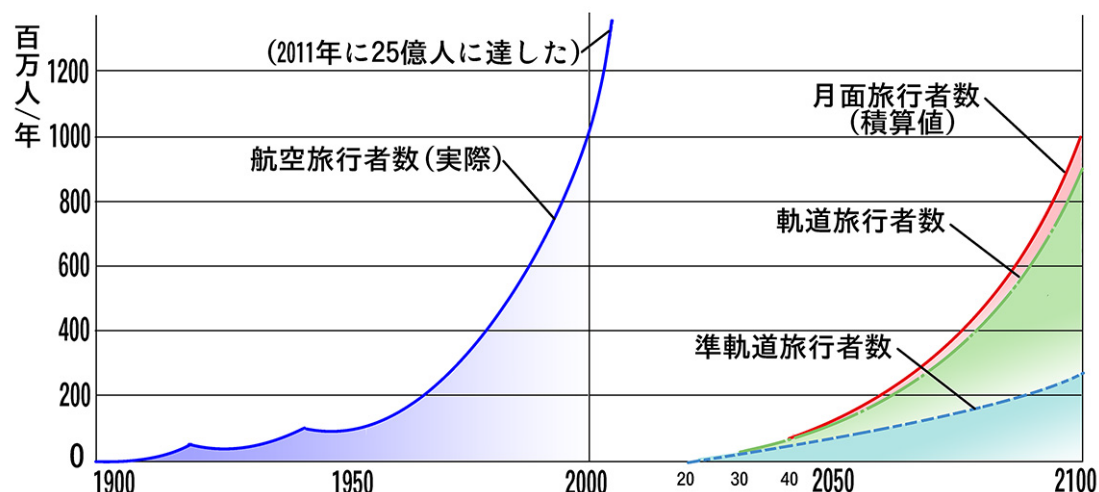


図1： 20世紀の航空産業の成長に基づいて21世紀の宇宙旅行産業のシナリオ

## 5 大雪や次の氷河期の唯一の対策：融雪衛星（SMS）

近年、地球の温暖化より、次の氷河期までの寒冷化のリスクの方が危ないという証拠は増えている。対策として、地上まで電波エネルギーを送る大規模の衛星は唯一の可能性ではないかと提案された[3, 4]。

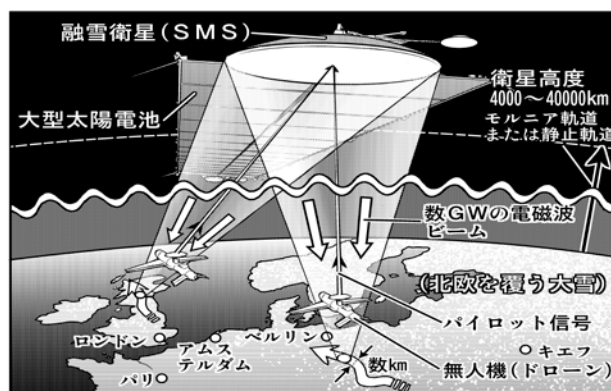


図2： 大雪の脅威への対策の融雪衛星（SMS）

上記の理由で、宇宙太陽発電システムの開発は複数の便益をもたらすので、大規模まで成長するだろう。従って、SPSの開発に加えて、日本のメーカーが宇宙資源の利用の研究にも参加すれば、色々なビジネス・チャンスは生まれる。

例えば、今開発中「はやぶさ2」の持って帰るETMから世界初めて太陽電池を造ればいいではないか？その面積が一平方センチだけでも、人間の歴史に残る。その上、宇宙で造れば？（例えばISSに？）また、3Dプリンターで造れば？こういう革新がビジネスになるためにSPSのように時間がかかるが、これで宇宙活動はやっと経済成長に大いに貢献することになれる。

## 3 経済政策及び国家戦略の観点

新産業不足現状に低迷している日本経済を活性化するために「次元の違う政策」の必要があると安倍総理大臣は述べている。上記に説明しているように、宇宙太陽発電及び宇宙旅行の発展は長期的に大規模の新産業になれる。これを実現するために複数の産業の協力の必要がある。宇宙産業と航空産業以上、電気メーカー、機械メーカー、建設産業などの参加は望ましい。2013年に再生している「宇宙開発建設研究会」(CEGAS)がこの仕事に「次元の違う公共事業」の予算を受ければ、毎年何兆円の公共工事の経済と国民への便益は増えるだろう。

大規模の太陽発電システムが軌道上産業化の基礎的な技術なので、宇宙太陽発電及び地球外資源の利用は21世紀の新しい基幹産業になるだろう。従って、経済政策及び国家戦略のため、この技術の発展のために政府の投資は火星探査などより多ければ良い。「利潤を得ないと、しない方がいい」という決め方はISSや公共工事などに使われて

いないので、この**宇宙インフラ**にも適当ではない。近年、新しい産業の発展が前より速くなったので、日本の研究者とメーカーがこの「次元の違う新産業」の発展に早く参加する方が経済の再生へ貢献する可能性は高いだろう。

最後に、失業対策に加えて、近年話題になった「資源戦争」のリスクを減らすために、人間の使える資源の供給を増やすことは日本の国家戦略として最高ではないかと提案したい。宇宙資源で造ったSPSで無限の太陽エネルギーを使って、地上のクリーン・エネルギー及び関連しているサービスを供給すれば、日本から世界平和へ素晴らしい貢献になるだろう。

### 参考文献

1) [www.planetaryresources.com](http://www.planetaryresources.com)

2) [www.deepspaceindustries.com](http://www.deepspaceindustries.com)

3) パトリック・コリンズ&マルコー・バーナスコーニ、2011年、「地球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が対策としての可能性」、宇宙科学研究所、第30回宇宙エネルギーシンポジウム講演集。

4) P Collins, 2011, "Risk Analysis of Climate Change, and Potential SPS Contribution to Global Warming or Global Cooling Mitigation", Proc. IAA 50th Anniversary Celebration Symposium on Climate Change/Green Systems, pp 89-96.