

宇宙太陽発電所について

SPS : Solar Power Satellite

SBSP: Space Based Space Power

2021/3/29

宇宙政策委員会 基本政策部会 資料

京都大学 篠原真毅

[SPS/パラメータ]

太陽光発電所 > 1GW

太陽電池面積 > 2kmf

マイクロ波送電アンテナ径 > 2kmφ

衛星重量 < 10,000 t

発電所としてのSPS

	設備稼働率	CO2排出量	判定
SPS	> 90%	11-31 g-CO2/kWh	◎
地上太陽光	< 15%	53-76 g-CO2/kWh	○
LNG火力	> 90%	631 g-CO2/kWh	×
原子力	> 90%	22 g-CO2/kWh	△

CO2排出量: 吉岡他, 宇宙太陽発電衛星のある地球と将来, 2009

[SPSとSDGs]



SDGs7. エネルギーをみんなにそしてクリーンに
SDGs9. 産業と技術革新の基盤をつくろう

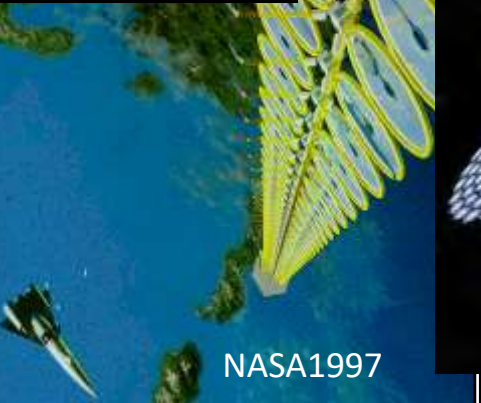
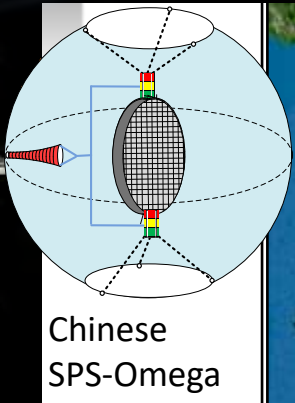
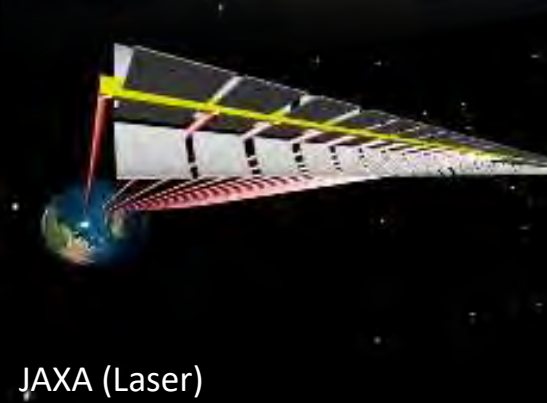
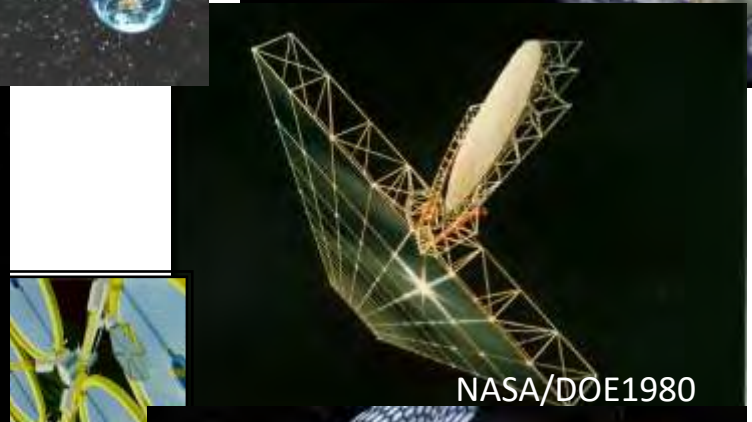
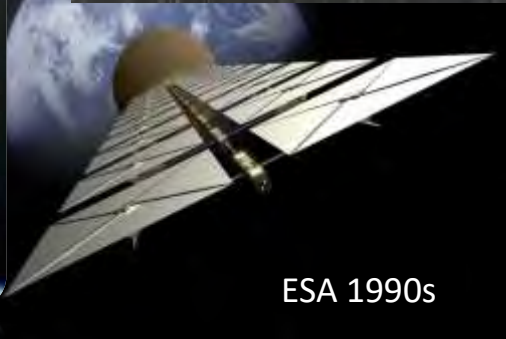
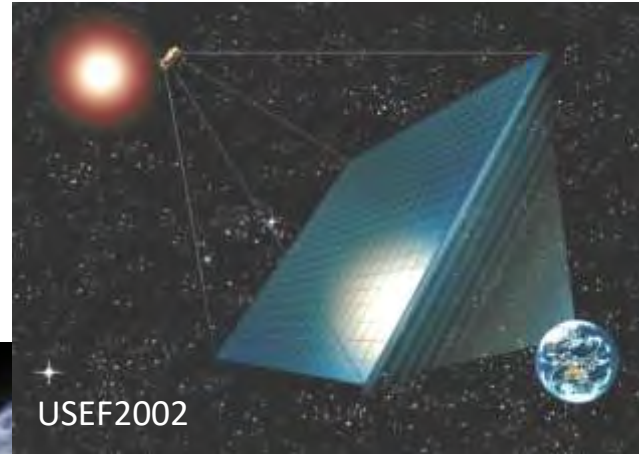
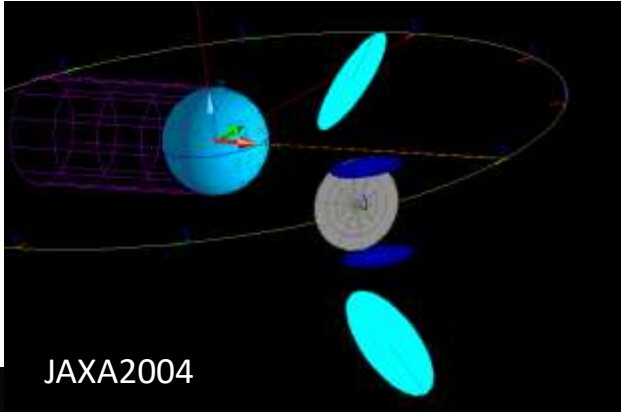
宇宙太陽光発電

日本では1980年代以降細々と
しかし脈々と研究開発を実施。



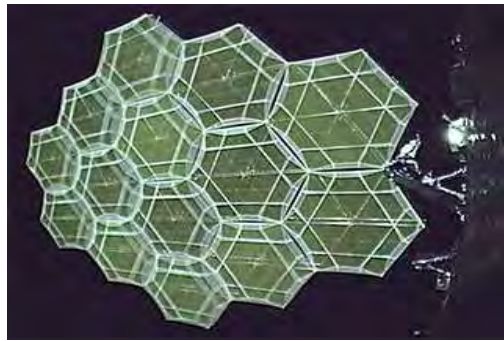
Solar Power Satellite as Application of MPT

1GW, 36,000km Wireless Power Transfer



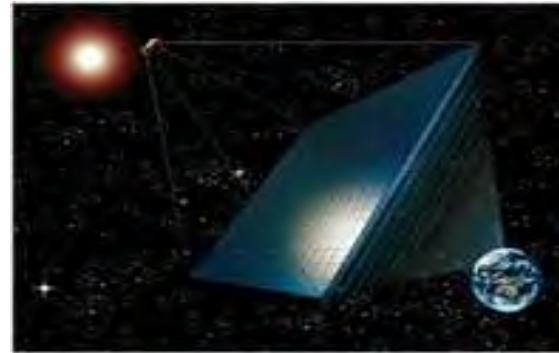
Scale of Space Structure

10 m 100 m 1 km 10 km 100 km



Modular Reflector

International
Space Station



SPS

Space Colony

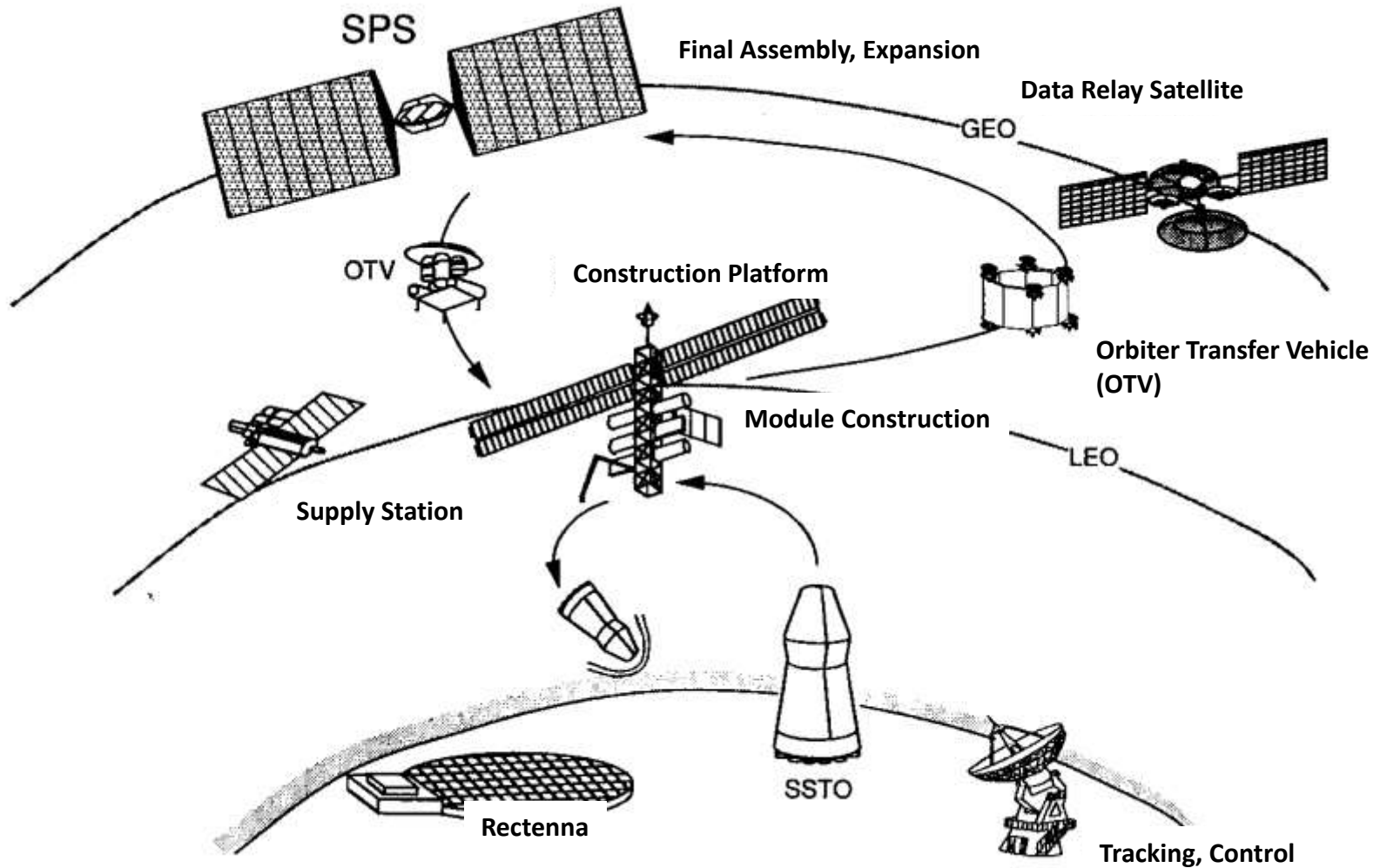


[SPSのキーテクノロジー]

- **打ち上げロケットのコスト削減** -> 数万トンの打ち上げ
- **超巨大高効率高精度軽量安価フェーズドアレー** -> 数十億素子アンテナ,
100万kWのマイクロ波技術
- **超大型宇宙構造物の建設・制御・保守** -> 数kmの宇宙構造物
- **宇宙での電力制御技術** -> 100万kW以上の宇宙電力制御

How to Launch > 10,000 tons Space Segment

2 Step Launch (Ground→LEO(400km), LEO→GEO(36,000km))



How to Construct/Maintain > 2km Space Structure by Robot for SPS Construction/Maintenance

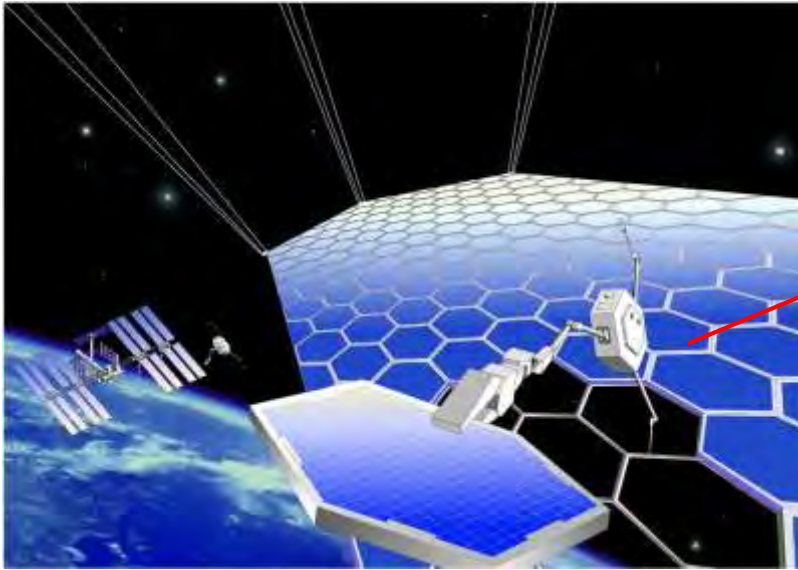
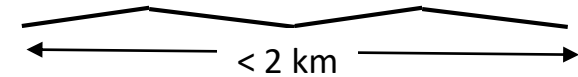


Image of SPS Structure (Solar Cell, WPT)
(Easy Construction)



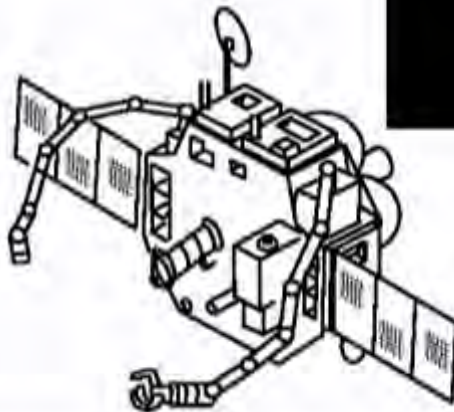
Unit Structure (Micro : Rigid, Macro : Soft)
Actively Fluctuated Structure

Structure Friendly Robot
Robot Friendly Structure

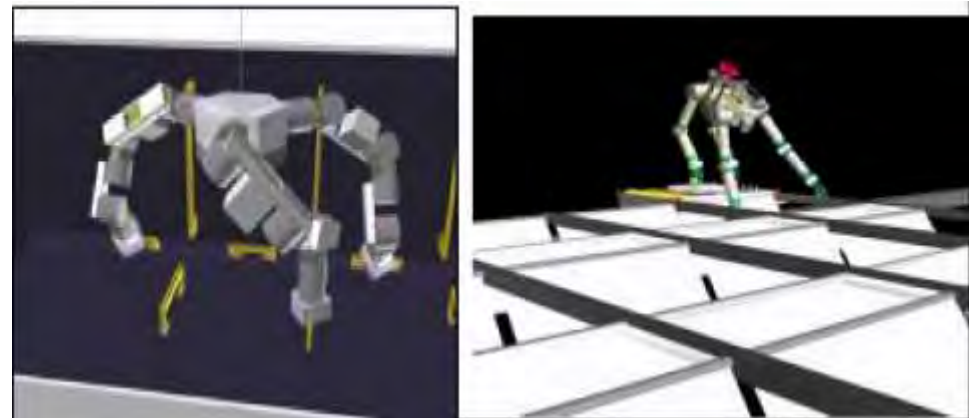
**Robot
in Space**



Storage



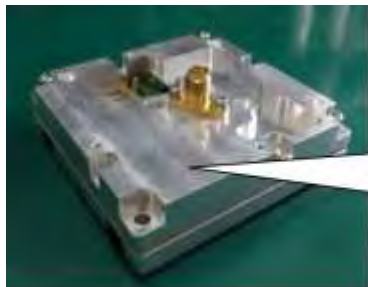
Robot on Structure



経産省SPS PJの成果 (2009-)

FY2009-2014

薄型高効率マイクロ波送電装置の開発
50m水平方向送電実験の成功



GaN MMIC
増幅器モジュール



FY2016-2018

ドローンへの垂直方向
送電実験(30m)の成功



FY2019-2023頃

発送電モジュールの開発
長距離送電実験(予定)



高効率マイクロ波
増幅器(2021)



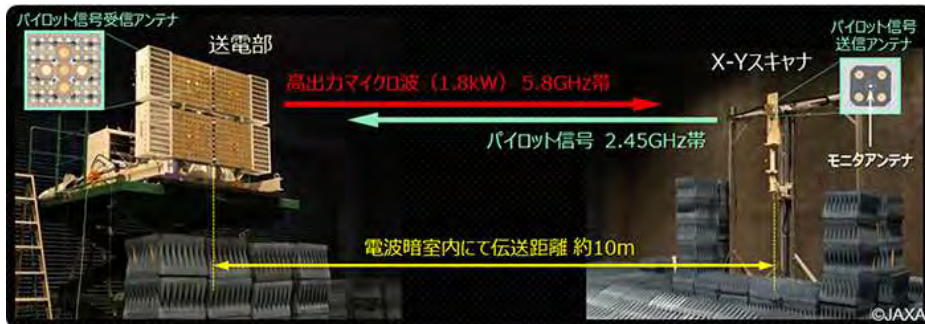
放射線試験(2021)



長距離送電実験
システムイメージ

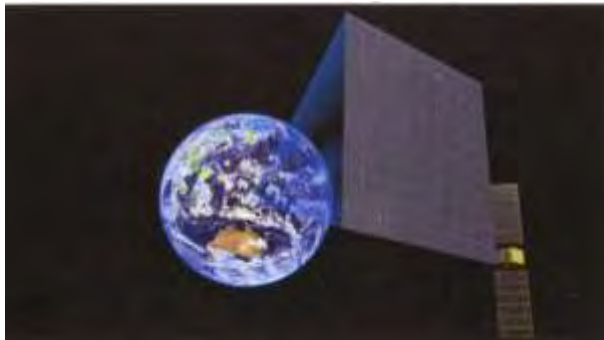
日本のSPS/WPT研究開発状況(JAXA)

・マイクロ波送電技術 (経産省PJと連携)



<https://www.kenkai.jaxa.jp/research/ssps/150301.html>

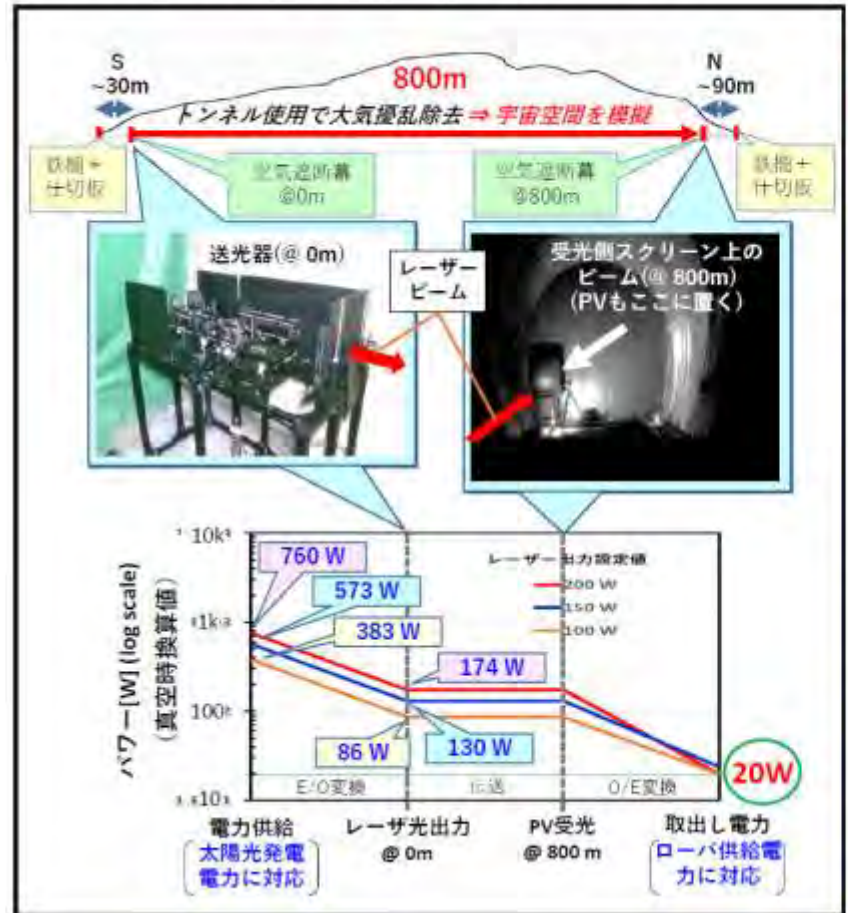
・大型構造 (JAXA内連携)



大型
展開構造
降雨レーダー

・レーザー送電技術

国内トンネル内で実験を実施 (FY2018-FY2020)



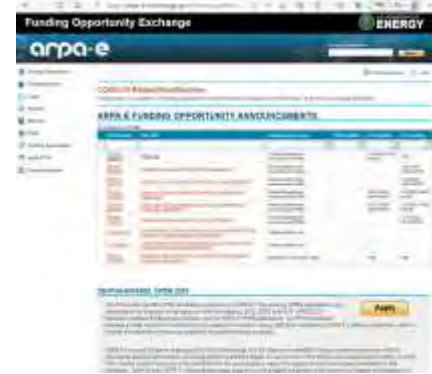
内閣府第3回月の開発利用に係る技術動向研究会資料 (2021)

・SSPS総合システム検討 (2017-19)

<https://www.kenkai.jaxa.jp/research/ssps/ssps-sys.html>

最近の世界のSPS / Beam WPT PJ

- (米国) **Naval Research Laboratory**によるレーザー送電実験成功(400W, 325m)(2019.5.23)
- (米国) **Air Force Research Laboratory**が**Northrop Grumman社**とともにSPS用ビーム送電の開発に**100万ドル**を投資 (2019.10)
- (米国) **Pentagon's X-37B**を用いた発送電パネル(PRAM)の**宇宙展開実験に成功** (NRL他, 2020.5)
- (米国) **NASA**が”Big Idea Challenge”プロジェクトを公募し、3大学でレーザー送電の研究開発が採択 (2020)
- (米国) **Department of Energy**がビーム送電に関する研究開発を募集中。(2021.4) 1kW-1MW級、1km送電が例示。フロリダ大が京大と共同で提案予定
- (欧州) **ESA**がSPS関連の研究を公募、スイスEPRLと京大提案のミリ波月面ローバーの研究が採択 (2021.1.11)
- (英国) **英国政府**がFrazer-Nash ConsultancyにSPS研究を委託 (協力に**米国と中国**, 日本は1度contact済)(2020.11)
- (中国) **Committee of Space Solar Power**が設立 (委員長Prof. Ming Li, 参加70名以上) (2021.3)
- (中国) 武漢701研究所が35GHzミリ波ビーム送電実験に成功 (GaNダイオード、300m以上) (2020).
- (中国) 重慶に**SPS研究所**を建設中。民間提案でSPS衛星実験を計画中 (2021)
- (中国) スマホ大手のシャオミ(小米)が**ミリ波フェーズドアレイ**によるスマホ充電器を開発と発表 (受電電力5W)(2021.1.29)

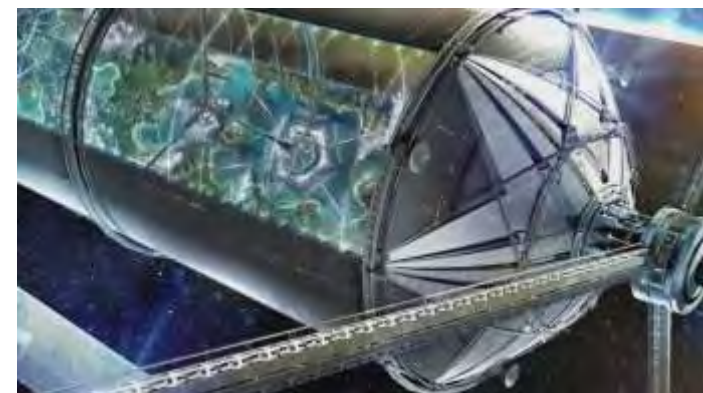


SPSの意義

将来の宇宙開発へのマイルストーンの一つ
(巨大宇宙構造物 (ロケット, 宇宙構造, etc.))

近い将来の安定でCO2フリーな発電所
(宇宙での太陽光発電)

今の経済活動を活性化する様々なスピンオフ技術
(ワイヤレス給電、宇宙ビジネス等)



現在



未来

ワイヤレス給電の研究開発とビジネス

電磁誘導
($< 100\text{kHz}$ 磁場)



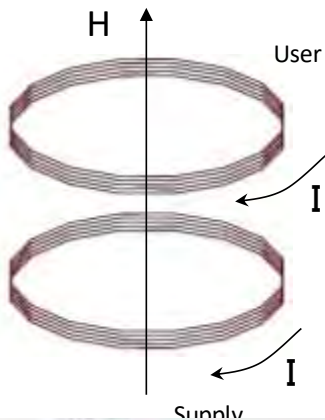
ビジネス・標準化で
連携

マイクロ波送電
(GHz帯電磁波)



ビジネスで連携

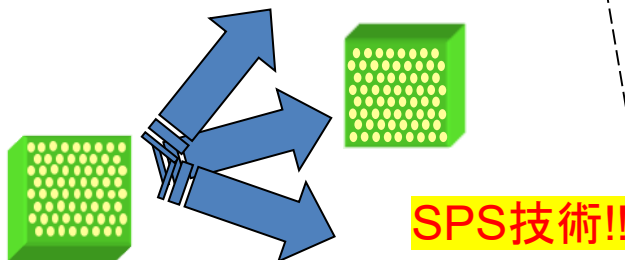
レーザー送電
(PHz程度レーザー光)



Apple含む500社以上参加の
コンソーシウムWPC



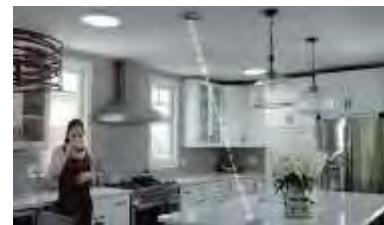
IEC, ISO, ITU, SAE等で標準化
中国欧州で実用化開始



SPS技術!!



米国FCCの周波数認可を受けた
米国ベンチャー会社



米国ベンチャー会社のビジネス



米国NRLによるデモ (2019)



パナソニック, 京大

様々な研究開発への投資, 2021年
夏以降のマイクロ波送電用周波数の
省令改正(日本、総務省)



中国Xiamiのミリ波ビームに
よるスマホ充電器(2021)

マイクロ波送電市場試算(2025)

用途	市場規模予測金額 (2025年・国内)
①FA/IoTセンサ	3,750億円
②介護・見守り用途センサ	500億円
③モバイル端末 (スマートフォン、タブ レット等)	1,270億円
合計	5,520億円

ブロードバンドワイヤレス
フォーラムにおいて試算

宇宙開発ができる地球環境の「診断」と「治療」

