

電磁波形態によるエネルギーの長距離輸送

Long Distance Energy Transfer via Electromagnetic Waves

松本 紘*

Hirosi Matsumoto

1. はじめに

エネルギーを電磁波の形で遠くへ送ろうと考えたのは、古くは19世紀末のアメリカの電気工学者テスラに逆のぼる。彼は今から百年ほど前の1893年にマルコーニに先立って無線通信の可能性を発表している。微弱ながらもエネルギーを電磁波の形態で遠隔地へ実際に輸送したのは、今世紀初頭（1901年）に成功したマルコーニの大西洋横断無線通信の試験であった。しかし、大規模な電力を電磁波の形態で送ることが人々のアイディアとして具体的に考えられ始めたのは、そんなに古いことではない。八木アンテナで有名な八木先生も無線電力伝送がいずれなされるようになるだろうと語られたのは、第2次世界大戦の少し前、今から半世紀前のことである。マグネトロンの研究が進んで、戦時中には海軍の島田研究所でエネルギービームとしてマイクロ波兵器の開発がおこなわれていた。当時Z研究と呼ばれたこの研究には、当時の東京大学、大阪大学の教授の他、磁電管（マグネトロン）の理論的研究家として朝永振一郎先生らも関与しておられた。数メガワットのマイクロ波ビームをB29爆撃機に向けて発射し、その電気機器を狂わせ撃墜しようという試みであったらしい。戦争終結時には500キロワットの連続発振が可能なマグネトロンが開発されていた。

戦後はマイクロ波の平和利用が進み、家庭用の電子レンジを始め、穀物乾燥機、冷凍食品解凍機、マイクロ波削岩などに使われるようになった。これらの応用は殆どが極く近距離のマイクロ波によるエネルギー伝送である。僅かに削岩機が多少エネルギー伝送距離が長いだけである。またこれらの殆どは、マイクロ波エネルギーを直接に熱に変換するもので、電気エネルギーの伝送手段として使われているものではない。

電気エネルギーを電磁波の形態で遠くへ伝送する方

* 京都大学超高層電波研究センター教授
〒611 宇治市五ヶ庄

法としては、現在波長12センチメートルのマイクロ波を使うことが最も有力な候補と考えられている。レーザー伝送も検討されてはいるが、送電側から受電側までの全効率はまだまだ低く、今後の開発が待たれる。しかし、レーザーの場合、効率の悪さ以外に安全性の問題もあり、やはりマイクロ波を使ったエネルギー伝送の方が有望であろう。本稿ではレーザー電力伝送には触れず、マイクロ波による電力伝送について、これまでの研究開発の簡単なレビューと現状と今後の展望について述べることにする。

2. マイクロ波電力伝送実験の歴史

前節で述べたように、日本では戦時中に兵器としてマイクロ波によるエネルギー伝送の研究が行われていた。終戦時に米軍が島田研究所の資料を持ち帰ったらしい。その後米国でも大出力のマグネトロンの開発が進められた。1964年には米軍とレイセオン社との共同で、垂直に設置された横ぶれ防止用のワイヤーに沿って上下するヘリコプターへ向けて、送電実験が行われた¹⁾。ヘリコプターはマイクロ波エネルギーを受けて高度18メートルを連続10時間浮きつづけた。更に、1967年には自由飛行できるヘリコプターへの送電が成功した。1964年の実験では直流電源からヘリコプターの電気モーターへの入力までの効率は48%であった。その後、この効率は54%にまで改善された。その内訳は、マイクロ波への変換効率が69%、伝搬損失が5%、受電効率が82%であった。

本格的な電力の空間伝送実験は、1975年に米国のジェット推進研究所（JPL）とレイセオンによって、Goldsteinにおいて実施された。パラボラを送電アンテナとして、1マイル（1.6km）先の丘陵の中腹に設置された受電用のレクテナに向けてマイクロ波エネルギー伝送を行い、レクテナに接続された電球負荷に30kWの電力を供給した。このときのレクテナの受電効率は84%に達した²⁾。この実験を踏まえて、マイクロ波に

よる電力輸送のDCからDCまでの全効率は、将来70%に達すると予想された。

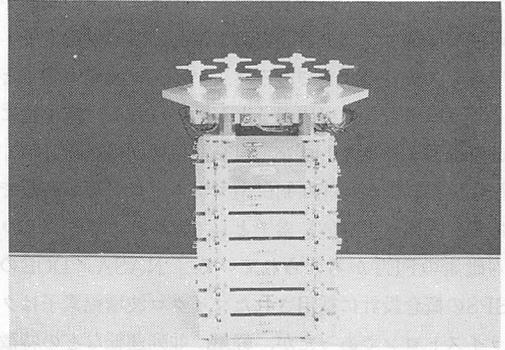
この研究は、第1次と第2次石油ショックを受けて開始された宇宙太陽発電所（SPS）の調査研究に受け継がれた。この時には30億円もの巨額の予算で米国航空宇宙局（NASA）とエネルギー省（DOE）によってSPSの詳細な調査研究と概念設計が行われた^{3), 4)}。結果は、SPSへ向けて研究を継続するのに否定的な要素はないとの結論が示されたが、議会の賛同が得られず、その後の石油事情の好転と財政上の理由で実施が見送られた。米国ではSPSの研究はその後停滞している。しかし、一部の熱心な研究者は現在でもSPSの研究を続けており、1990年頃からは、もともと検討された1000万キロワット級の大型SPSよりはずっと小型の数百キロワットから一万キロワット級のSPSの概念設計が行われている⁵⁾。

ヨーロッパでも、最近では1万キロワット以下の小型の宇宙太陽発電所のシステム検討が進められている。1991年に行われた「SPS91」という国際シンポジウムには、米国、旧ソ連、日本の他に、ヨーロッパからも多数の論文発表があった⁶⁾。

日本でも、経団連⁶⁾、科学技術庁⁷⁾、郵政省⁸⁾、通産省⁹⁾関係の研究所や財団を中心に、1979年以来いくつかの調査研究が報告されている。文部省においても京都大学^{10)–15)}、神戸大学^{16)–19)}、東北大学²⁰⁾、北海道大学²¹⁾、宇宙科学研究所²²⁾などが1970年代の後半頃から研究を始めた。

初期の研究は米国のSPSの研究を後追いつける調査研究が主であったが、レクテナについての基礎実験^{21), 22)}もおこなわれるようになり、ついには世界で最初のマイクロ波送電の宇宙実験MINIXが日本で行われた^{13), 18), 20)}。MINIXはマグネトロンを用いて、電離層プラズマ内で830ワットのエネルギービームを親ロケットから子ロケットに向けて放射し、エネルギー伝送とそのプラズマ環境に対する影響を実験したものであった^{23), 24)}。

その後、京都大学と神戸大学を中心に半導体素子を使ったマイクロ波送電器の開発が進められた。写1は我々が1987年に開発した90ワットの半導体マイクロ波送電器の外観である²⁵⁾。送電周波数に対して非対称な周波数偏移を持つパイロット信号を用いたレトロディレクティブ方式を採用し、7素子のダイポールアンテナが用いられた。同じ年にはカナダでSHARPと呼ばれるマイクロ波エネルギーで飛ぶ飛行機の実験が行われた。この実験では4.5メートルのパラボラアンテナ



写1 90ワット送電可能な半導体マイクロ波送電モジュール。レトロディレクティブ方式を採用している。

を使って、2.45GHz、出力20キロワットのマイクロ波を高度150メートルの飛行機に20分間照射し、飛行機を飛ばせることに成功した²⁶⁾。この実験は電子管と機械式のアンテナを用いたという点では、世界で最初に行われた日本のMINIXロケット実験と変わるところはなかった。

日本のMINIXやカナダのSHARP実験で用いられたのは電子管式マイクロ波増幅器とマイクロ波ビームの方向を機械的に制御する導波管打ち切りアンテナやパラボラアンテナであった。これを一歩押し進め、増幅器には半導体素子を採用し、マイクロ波ビームの制御を電子式に行えるActive Phased Arrayを採用した新しい実験が、1992年に行われた。この実験は1992年の8月に実施されたMILAXと呼ばれるマイクロ波飛行機実験と1993年の1月に行われる予定の宇宙科学研究所のロケット実験である。この実験は宇宙プラズマ中のマイクロ波エネルギー送電に関するMINIXについて世界で2例目の宇宙実験である。いずれも京都大学、神戸大学を中心に通信総合研究所や米国の研究者からも参加して行われる。

3. マイクロ波による電力輸送の技術的課題

電力伝送に用いられるマイクロ波の周波数はISM（産業・科学・医療用）周波数帯の一つである2.45GHzが有力である。この周波数は電子レンジで使用されている電磁波と同じ周波数である。これ以上高い周波数だと大気中の水蒸気による吸収（22GHz、183GHz）や酸素分子による吸収（60GHz、119GHz）が大きく、これより低い周波数だと波長が長くなり、アンテナなどのサイズが大きくなりすぎる。

当面、研究開発すべき技術課題は高効率なマイクロ

波増幅器の開発、高精度にマイクロ波ビームの制御が可能な送電アンテナの開発および高効率の受電素子・受電システムの開発であろう。マイクロ波発生素子としては電子管と半導体素子とが考えられる。電子管には直進型クライストロン、直交電磁界増幅器(CFA)、振幅位相制御が可能な制御型マグネトロン等が有望である。固体(半導体)素子としてはシリコンやガリウム砒素のFETが考えられている。NASA/DOEのSPSの概念設計に採用されたマイクロ波増幅素子はクライストロンであったが、軽量、並列運転などの特徴からCFAや制御型マグネトロンが電子管では有望とされている。これに対して、半導体増幅器は電子管に比べ、低電圧で動作が可能なこと、寿命が長いこと、量産化による低価格化が可能なことなどの長所があり、今後の開発が期待されている。アンテナひとつひとつに増幅器を取り付けるActive Phased Array方式をマイクロ波送電器に採用する場合には電子管よりは半導体素子の方が有利であろう。

目的地のみに向けて自動的に送電するビーム制御技術、小型軽量で高効率の電力増幅器を備えたマイクロ波送電器を開発するには、レトロディレクティブ方式とコンピュータ制御方式を組み合わせた送電システムと安価で高効率・高出力な半導体送信モジュールの開発を進める必要がある。

4. マイクロ波エネルギービームの電磁環境への影響

電磁波による電力輸送を考えると、微弱電波には見られなかった問題が持ち上がってくる。マイクロ波を用いる場合、大別して次の三つの問題が考えられる。第一は生体への影響、第二は通信など既存の電波利用サービスへの影響、第三はエネルギービームの伝搬路に当たる大気や宇宙プラズマへの影響および逆に伝搬路上のエネルギービームの伝搬特性の変化である。

電磁波が生体や生態系に与える影響や効果については前世紀末から研究が始められていたが、マイクロ波を含む高周波電磁波が生物に及ぼす作用とその機構の研究は1940年から1950年代にかけて精力的に行われた。それらの成果を受けて電磁放射に対する安全基準は1960年代後半から1970年代後半にかけて、米国、ヨーロッパ諸国、共産圏諸国で決められた²⁷⁾。米国を中心とする西欧諸国ではマイクロ波の生物への影響は熱的効果だけという考え方にに基づき、安全基準は連続放射に対し、 $10\text{mW}/\text{cm}^2$ を採る国が多い。旧共産圏諸国

では非熱効果もあり得るとして基準を3桁も低い $0.01\text{mW}/\text{cm}^2$ としている。しかし、マイクロ波の非熱効果については学術的にも未知で、未解決の問題である。日本でも最近郵政省において安全基準の検討がなされ、 2.45GHz のマイクロ波の連続放射の安全基準は電波利用設備を有する職場など、放射源の存在とその運転状況が明かな状況下では $5\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下、居住環境など電波の管理が出来ず、不確定要素が多数存在するような状況下では $1\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下と定められた²⁸⁾。

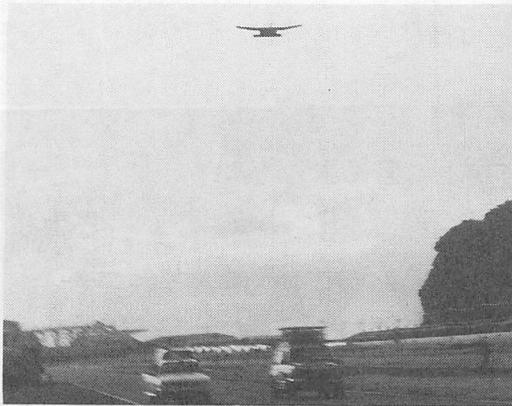
第二の検討課題は送電および受電用アンテナからの不要電波放射などを十分抑え、既存の通信網などへの影響が出ないようにすることである。この問題はマイクロ波の送電方式、特に使用する電力増幅素子とアンテナに大きく依存する。最も大きな不要電磁波放射は電力増幅素子からのスプリアス放射であるから、基本波のみならず、不要放射に対する送電アンテナの放射指向特性が重要である。また、大規模なSPSの場合にはその発生する熱雑音が電波天文観測などに影響を与えないよう工夫が必要となろう。

第三の検討課題である伝搬路上の大気やプラズマとの相互作用については、今後も研究が必要である。大気との相互作用は殆どないと思われるが、プラズマとの相互作用については、MINIXロケット実験の他に計算機実験による理論的研究が行われ、強いマイクロ波の非線形散乱に伴うプラズマ加熱やプラズマ波動起(発生)過程についても研究が行われている²⁹⁾。

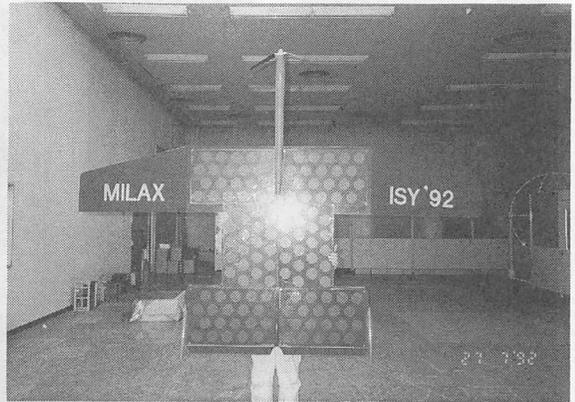
5. MILAX実験とISY-METS実験

マイクロ波によるエネルギー伝送の実験として、京都大学、神戸大学等のグループは1992年8月にMILAX飛行機実験を行い、1993年1月にはISY-METSロケット実験を計画している。この2つの実験は同じマイクロ波送電器、受電器を用いる実験で、前者はマイクロ波の飛行体への送電実験、後者は電離層プラズマ中でのマイクロ波送受電実験である。

MILAX飛行機実験は1992年8月22日、23日、29日の三日間にわたり行われた。MILAXとはMicro-wave Lifted Airplane experimentの略称で、 2.411GHz のマイクロ波を用いて飛行機の飛行に必要な電力を送電するという実験である。この実験は上空約10mを水平飛行する模型飛行機に送電器を装備した追尾送電車からマイクロ波で電力を伝送する方法がとられた。MILAX飛行機実験は、SPSを実現するためのマイクロ波送受電に関する基礎実験であり、また、近い



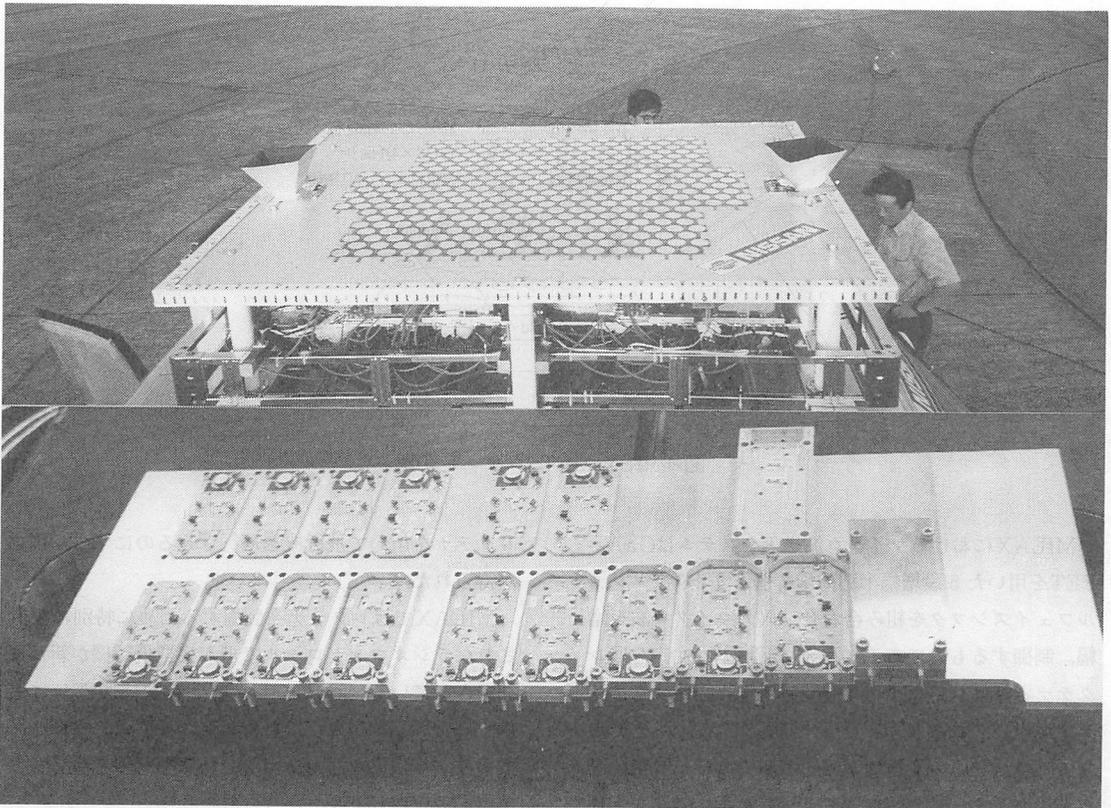
写2 マイクロ波電力だけで飛行するMILAX飛行機



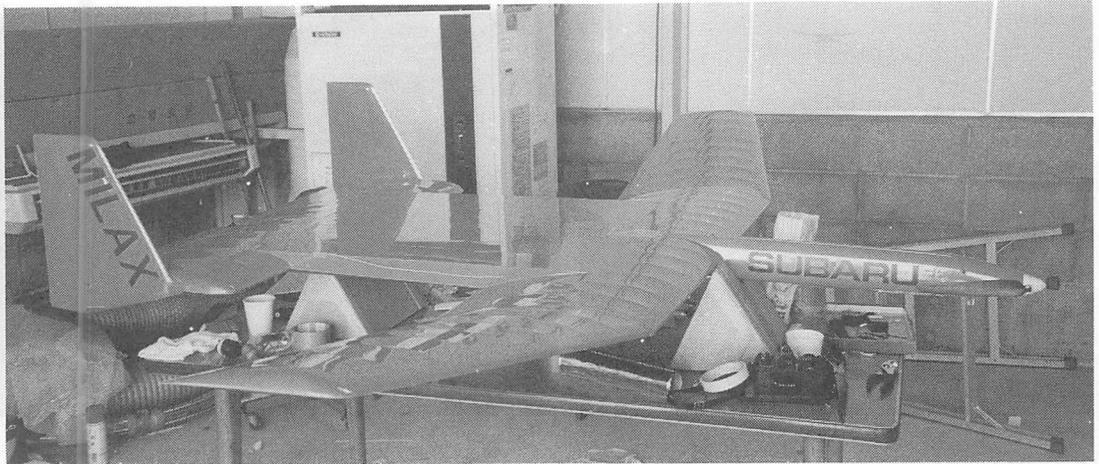
写4 MILAX飛行機に装着されたレクテナ

将来の実現を計画している成層圏無線中継機システムのための基礎実験でもあった。MILAX飛行機実験においてはそのシステムは大きく4つに大別できる。送電システム、受電システム、飛翔体システム、追跡システムである。これらのシステムは固定基地から固定基地へのマイクロ波エネルギー伝送だけでなく、移動

基地から移動基地へのエネルギー伝送の技術に大きな関わりを持っている。MILAX飛行機実験は約40秒間、上空10mから15mを約400mの距離をマイクロ波送電で飛行するという成功を納めた(写2)。この時間、距離の制限は単に実験場の広さからくるものであった³⁰⁾。



写3 半導体増幅器とマイクロ波送電アンテナアレイ



写5 MILAX飛行機

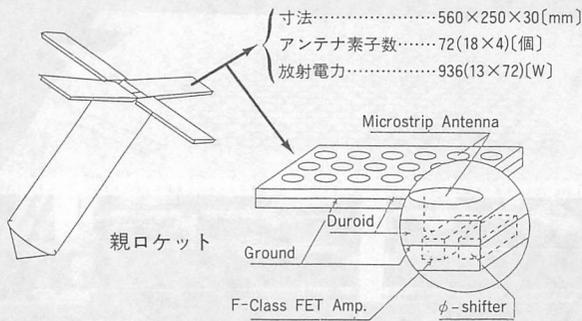
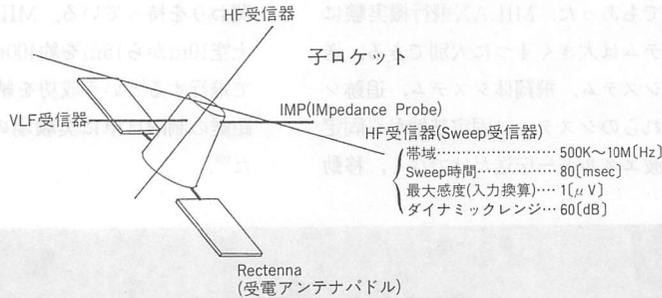


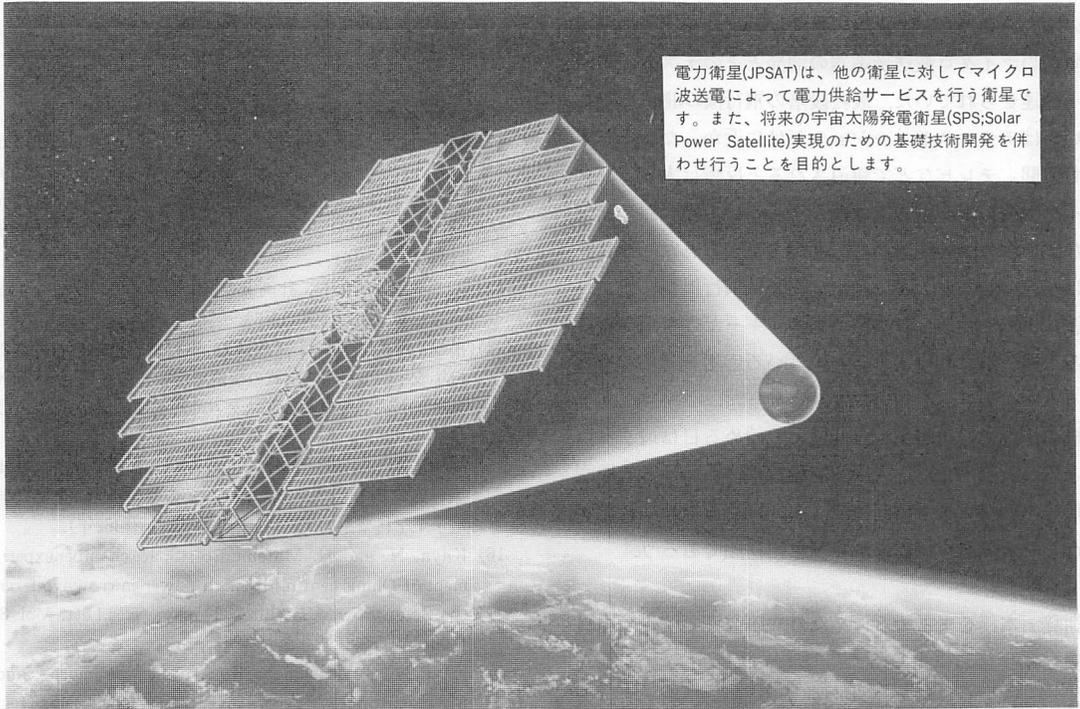
図-1 ISY-METSロケット実験

MILAXにおけるマイクロ波送電システムはGaAs-FETを用いた5段増幅半導体増幅器と4-bitデジタルフェイズシフタを組み合わせ、入力マイクロ波を増幅、制御するものである(写3)。受電システムはレクテナと呼ばれるマイクロ波受電用整流回路つきアンテナが用いられた(写4)。今回開発したレクテナのマイクロ波-直流変換効率は約40%であり、今後の高周波用ダイオードの改良等によってさらに効率を上げる必要がある。しかし、MILAX実験においてはこの

レクテナを用いて飛行機を飛行させるのに十分な電力が得られた。

MILAXではレクテナを装備するために特別に設計されたラジオコントロールで飛ぶ模型飛行機が新たに開発されている(写5)。レクテナを胴体腹部分に装備するため、胴が太く、あたかもエイのような形をしており、その形で浮力を得るために機体を軽量化し、尾翼を2枚にして設計がなされた。

このMILAX実験で開発された技術を用いて1993年



電力衛星(JPSAT)は、他の衛星に対してマイクロ波送電によって電力供給サービスを行う衛星です。また、将来の宇宙太陽発電衛星(SPS; Solar Power Satellite)実現のための基礎技術開発を併せ行うことを目的とします。

図-2 電力衛星の概念図

1月にISY-METSロケット実験が行われる(図-1)。ISYはInternational Space Yearの略で、コロンブスのアメリカ到達500年を記念した国際宇宙年のことである。METSロケット実験はその記念事業の一つに選ばれている。また、METSはMicrowave Energy Transmission in Spaceの略で、宇宙プラズマ、特に電離層プラズマ中でのマイクロ波エネルギー伝送実験を意味する。METSは1983年に行われたMINIXロケット実験を発展させたもので、前回の実験では開発されなかった固体素子、誘電体基板を用いた送受電システムの開発と、正確なマイクロ波ビーム照射によるプラズマとマイクロ波の非線形相互作用のより詳細な研究を目的としている。METS実験は電離層中で親ロケットと子ロケットを切り離し、親から子に向けてマイクロ波を送電する工学実験モードと、磁場の向きを考えて、子ロケット以外の地点にマイクロ波を集中させ、プラズマの状態を測定する理学実験モードを持っている。SPSやJPSAT(電力供給衛星; 図-2)で用いられる電力伝達用のマイクロ波は、電離層プラズマと非線形相互作用を起こし、プラズマそのものや地球の電磁環境に影響を及ぼす。そのためこの非線形相互作用を事前に理解し、その対策をたてておく必要がある。

大振幅マイクロ波とプラズマの非線形相互作用の研究だけでなく、METS実験ではプラズマ中でのマイクロ波送電の実験という側面を持っている。METS実験ではMILAXで開発した自動追尾システムを改良し、宇宙空間でのマイクロ波ビーム制御の実験を行う予定である。

MILAX飛行機実験もISY-METSロケット実験もマイクロ波送電に関する基礎実験であり、その応用範囲はSPS、JPSAT、成層圏無線中継システムなど、幅が広い。しかし、マイクロ波エネルギー伝送の開発研究の余地はたぶんに残っており、今後さらにこういった実験を繰り返していく必要があるだろう。

6. おわりに

電磁波による電気エネルギーの長距離輸送の技術は、ようやく真剣に考え始められた。アイディアは1世紀も前からあったが、実際に実験が行われたの極く最近のことである。半世紀前の戦時研究に電磁波エネルギーを兵器として用いようという実験も行われていたが、電力を輸送するというよりは遠隔地のターゲットを破壊もしくは妨害電磁干渉を目的としたものであった。マイクロ波飛行機の実験はマイクロ波で電気エネルギーが空間伝送できることを如実に示す実験として、衆目

の関心を集めたが、実験の目的は飛行機を実際に飛ばす前のマイクロ波送受電器の開発とそのテスト段階で十分達せられていた。最終段階の飛行機の飛行試験は、いわばデモンストレーションだけに近かった。それでも新聞、テレビなどで報道されると反響は大きく、マイクロ波による電力遠距離輸送について幾つかの真剣な問い合わせと要求が各方面から寄せられた。「百聞は一見にしかず」というが、実際に飛行機がマイクロ波によって輸送された電気エネルギーだけで飛ぶところを目の当たりにすると、いろいろ応用を考えてくれる人々が現れ、心強いかぎりとなった。1キロワット級の小電力輸送が実社会で使われ始める日は遠くないと思われる。また、成層圏を昼夜飛びつづける成層圏無線中継システムに向けて、1メガワット級の送電が行われるのも今世紀末から来世紀初頭であろう。

謝辞：本稿をまとめるにあたり、研究室の院生篠原真毅君に手伝ってもらった。また、MILIX, MILAX, ISY-METS実験で共同研究を進めてきた神戸大学の賀谷信幸助教授には常々、本稿のテーマに関し有用な議論を頂いている。謝意を表したい。

参 考 文 献

- 1) Brown W. C.; The history of power transmission by radio waves, IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, MTT-32, No. 9 (1984), 1230-1242.
- 2) Dickinaon, R.; Evaluation of a microwave highpower reception-conversion array for wireliss power transmission, Technical Memorandum, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena (1975), 33-741.
- 3) Satellite Power System concept development and evaluation program plan, DOE/NASA Report, DOE/ET-0034(1978).
- 4) Koomanoff, F. A.; Satellite power system concept development and evaluation program, The assessment process, Proc. DOE/NASA SPS Program Review, DOE Report CONF-800491(1980), 15-20.
- 5) Proceedings of SPS 91-Power from Space, Paris 1991.
- 6) 宇宙 No.10 特集 太陽発電衛星, 経団連宇宙開発推進会議(昭和54年).
- 7) 宇宙空間における太陽発電に関する基礎調査, 未来工学研究所 (昭和54年).
- 8) 電波研究所季報; 太陽発電衛星 (SPS) 特集号, 電波研究所, Vol.28, No.148(1982).
- 9) サンシャイン計画委託調査研究成果報告書; 新エネルギー技術シリーズに関する調査研究, エネルギー総合工学研究所(昭和60, 61, 62年).
- 10) 松本 紘; 宇宙太陽発電用マイクロ波ビームと電離層プラズマとの非線形相互作用の理論的検討, 東京大学宇宙科学研究所報告, 15巻(昭和54年).
- 11) Matsumoto, H.; Numeical estimation of SPS microwave impact on ionospheric environment, Acta Astronautica, Vol. 9 (1982), 493-497.
- 12) Matsumoto, H. and T. Kimura; Nonlinear excitation of electron cteclotron waves by a monochromatic strong microwave: computer simulation analysis of the MINIX results, Space Solar Power Review, Vol. 6 (1986), 187-191.
- 13) 松本 紘; MINIX 計画-宇宙太陽発電に向けて, ISAS ニュース, 20号(昭和57年).
- 14) 松本 紘, 賀谷信幸, 宮武貞夫, 木村啓根, 鮎川一朗, 木村年成; SPSマイクロ波の電離層環境への影響: MINIX ロケット実験の概要とシステム, 電子通信学会連合大会(昭和59年).
- 15) 平田尚志; 宇宙小型プラットフォームによるマイクロ波無線送電実験用アンテナ・アレイの基礎研究, 京都大学電子工学科卒業論文, (松本研究室) (昭和62年).
- 16) Kaya, N. and H. Matsumoto; Space chamber experiment of Ohmic heating by high power microwave from the Solar Power Satellite, Geophys. Res.Lett. Vol. 8 (1981), 1289-1292.
- 17) Kaya, N., H. Matsumoto, S. Miyatake, I. Kimura, and M. Nagatomo; Microwave energy transmission test toward the SPS using the space station, Space Solar Power Review, Vol. 8 (1985), 163-169.
- 18) Kaya, N., H. Matsumoto. S. Miyatake, I. Kimura, M. Nagatomo and T. Obayashi; Nonlinear Interaction of strong microwave beam with the ionosphere: MINIX rocket experiment, Space Solar Power Review, Vol. 6 (1986), 181-186.
- 19) 賀谷信幸, 松本 紘, 佐藤 亨, 筒井 稔, 平田尚志, 宮武貞夫, 長友信人, 中司浩生, 橋爪 隆; SFU/METS 実験 設計の詳細, 第7回宇宙エネルギーシンポジウム, 宇宙科学研究所 (平成元年).
- 20) Nagatomo, M., N. Kaya, and H. Matsumoto; Engineering aspect of the micorwave-ionosphere nonlinear interaction experiment (MINIX) with a sounding rocket, Acta Astronautica, Vol.13(1986), 23-29.
- 21) Adachi, S. and Y. Shimanuki; Theoretical and experimental study on rectenna array for microwave power transmission, ISAS Energy Symposium, Vol. 3 (1984), 48-49.
- 22) Itoh, K., Y. Akiba and Y. Ogawa; Fundamental study of SPS rectenna printed on a sheet of copper clad laminate, ISAS Energy Symposium, Vol. 3 (1986), 45-47.
- 23) 松本 紘; マイクロ波エネルギー伝送, 日本航空宇宙学会誌, 第37巻, 422号(1989年), 120-127.
- 24) 松本 紘; 宇宙太陽発電システムにおけるマイクロ波エネルギー伝送, エネルギー・資源, 第9巻, 第3号(昭和63年), 54-58.
- 25) 中司浩生, 橋爪 隆, 松本 紘, 賀谷信幸, 長友信人; マイクロ波送電実験におけるレトロディレクティブ方式の検討, 宇宙エネルギーシンポジウム, 宇宙科学研究所 (1987).

- 26) Schlesak, J. J. and T. T. Ohno; A microwave powered High Altitude Platform, IEEE MTT-S International Microwave Symposium, May 25-27(1988).
- 27) 村上 昭; 電磁波の生体効果, 太陽発電衛星特集号, 電波研季報, Vol.28(1982) 689-714.
- 28) 電波防護指針, 電気通信技術審議会答申, 諮問第38号
- 「電波利用における人体の防護指針」(平成2年6月).
- 29) 松本 紘; 波動と粒子の非線形相互作用, 核融合研究, 11 9-132, (1991).
- 30) 松本 紘, 賀谷信幸, 藤田正晴, 藤原 暉雄, 佐藤達男; マイクロ波飛行機実験報告書, 京都大学 (1992).

Information

FIRST ANNOUNCEMENT
INTERNATIONAL CONFERENCE ON
COMBINED CYCLE POWER GENERATION

January 1994, Calcutta, India

TOPICS :

- integrated gasification combined cycle
- partial gasification systems
- pressurized fluidized bed combustion
- gas based combined cycles
- cycles design and optimization
- operation of plants
- hot gas clean up
- gas turbines for combined cycles, etc

A short course on Coal-based combined cycle power generation will be conducted simultaneously

ORGANIZER :

The conference is organized jointly by the Technical University of Nova Scotia and the Indian Institute of Technology, Kharagpur, India with the help of the International Steering Committee of Combined Cycle Power Conference and under the sponsorship of a number of professional societies in America, Europe and Asia.

DEADLINE :

Submit 100-300 words abstract by February 3, 1993 to :

Prof. Prabir Basu
Department of Mechanical Engineering
Technical University of Nova Scotia
P. O. Box 100
1360 Barrington Street
Halifax, NS, Canada B3J 2X4

Phone : 902-420-7531
Fax : 902-420-7640