

Low-altitude Flight Experiment of Microwave Power Transmission Technology

Hiroshi Yamakawa*, Kozo Hashimoto, Shigeo Kawasaki,
Naoki Shinohara, Tomohiko Mitani (Kyoto University, RISH),
Takahiro Hirano (Graduate student, Kyoto University),
Hideaki Yonekura (Undergraduate student, Kyoto University),
Teruo Fujiwara (Sho Engineering, Inc.),
and Kenji Nagano (Space Technology, Inc.)

*Gokasho, Uji, Kyoto , 611-0011 Japan, yamakawa@rish.kyoto-u.ac.jp

This paper describes the current status of a flight experiment aiming at exploring the applications of microwave transmission of power and information. The experiment configuration is composed of a flight system onboard an airship and ground system. Power on the order of several hundreds Watt is transmitted from the flight system, using a flat dish type antenna (radial slot array antenna), onboard an airship at the altitude of approximately 50 m, to the ground system, downward and vertically. The receiving antenna on the ground collects the transmitted power, which is used for charging cell phones, lighting small bulbs, etc. At the same time, the telemetry data of the flight system is transmitted to the ground via wireless LAN system, and the flight system is remotely controlled through the commands sent from the ground system to the onboard computer. The total system intends to validate the simultaneous power-information transmission system capability. The flight system is also assumed to have a beam forming and a retro-directive capability.

The flight system is equipped with two phase-controlled magnetrons (500-600 W class) at 2.46 GHz frequency, slot array antenna for wireless power transmission, Lithium-ion battery, data storage for onboard data, PC with wireless LAN capability for controlling the flight system and receiving commands from the ground. The total mass of the flight system other than the airship system is estimated as 35 kg, which makes possible a flight time of at least 20 minutes for a midsize, commercial airship with 17 meter length. The peak power density on the ground is as low as 10 W/m² at the center point beneath the airship, which yields 2-3 W power generation with a light, inflatable rectenna (receiving antenna) of 1 m² area.

マイクロ波無線伝送技術の飛行実証実験の試み

山川 宏*、橋本弘藏、川崎繁男、篠原真毅、三谷友彦（京都大学生存圏研究所）
平野敬寛（京都大学大学院工学研究科電気工学専攻）、米倉秀明（京都大学工学部電気電子工学科）
藤原暉雄（翔エンジニアリング）、長野 賢司（スペーステクノロジー）
* 611-0011 京都府宇治市五カ庄、yamakawa@rish.kyoto-u.ac.jp

1. 背景・目的

本研究が対象とするのは、マイクロ波による電力と情報の同時無線送受信技術である。無線 LAN 等、マイクロ波による情報送受信技術の研究が盛んに進められているが、これに電力送信という観点を付加することにより、多様なアプリケーションを開拓していくことを意図する。

送電という観点から見ると、京都大学生存圏研究所では、地上応用例としてはユビキタス電源システムの研究、自動車への無線充電に関する研究等を進めてきた。また、近い将来の宇宙応用例としては、地球周回軌道にある宇宙太陽発電所（SPS）から太陽電池で発生した電力をマイクロ波に変換して地上へ無線送電するシステムに関する研究を精力的に行なっており、これらの研究成果を本提案研究に応用していく計画である。今年度、技術実証の観点から、飛行船にマイクロ波出力装置を搭載して、電力と情報を地表に向けて送信する実験を予定している。

2. 飛行船による実証実験

技術実証の観点から、飛行船にマイクロ波出力装置を搭載して、電力と情報を地表に向けて送信する実験を提案する。図 1 に示すように、地上では、ふろしき状の軽量展開型アンテナを利用して、バッテリーレス携帯電話による通話、あるいは、携帯電話バッテリーの無線充電を行ない、同時に無線LANを介してテレメトリ・コマンド操作を行なうことで電力と情報の同時送受信システムを実証する。携帯電話基地局の機能に関する試験は次の段階で想定する。地上では、面積 1m^2 程度のふろしき展開型アンテナを利用することで、2-3W の電力を受信することが可能である。このとき、電力密度としては、常時安全基準を満たす $10\text{W}/\text{m}^2$ （中心）を想定している。2007 年度のシステム機能確認実験では、高度 50 m の位置で、飛行船をゴンドラの 4 点で係留させ、飛行船の姿勢が安定しているときのみ、電力を送信する。

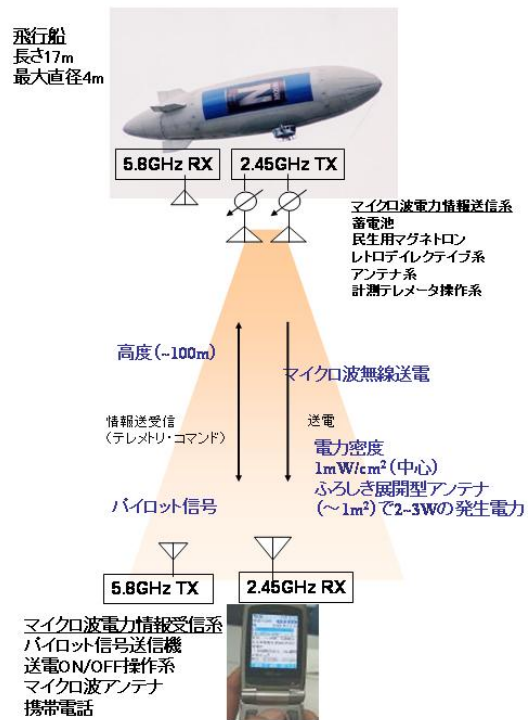


図 1 飛行船実験概要(周波数は要調整)

図 2 に飛行船に搭載する送電系の機器構成図、図 3 に地上に展開する実験機器構成図を示す。なお、商業ベースでレンタル可能な飛行船では 35 kg 程度の搭載重量で、少なくとも 20 分間は飛行可能である（飛行時間は消費ガソリン量に依存し、積載重量を 10 kg の場合は 2 時間程度の飛行時間が可能）。

送電系（飛行船搭載）（図 2）

蓄電池 (2 個)、マグネトロン (2 個)、レトロディレクティブ系、アンテナ系、計測テレメータ操作系、GPS 装置、電気系・機械系計装

受電系（地上配置）（図 3）

レクテナ（携帯電話・地上用）、パイロット信号送信機、計測テレメータ操作系

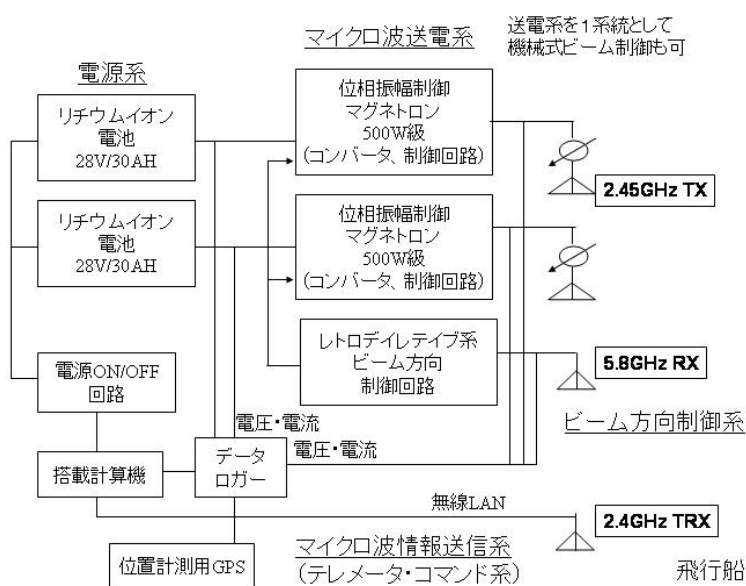


図 2 飛行船実験・飛行船搭載機器構成図

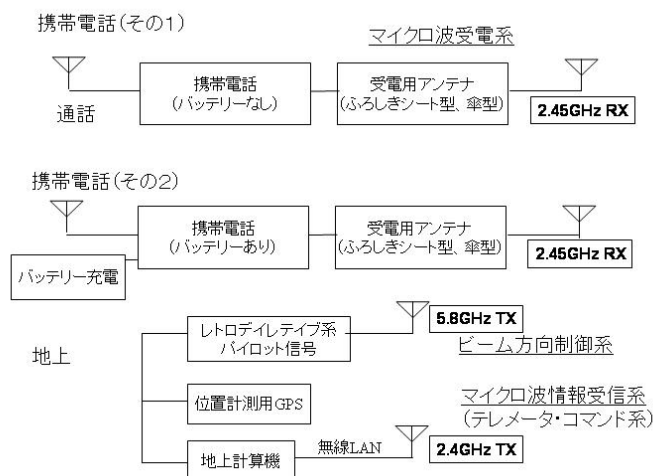


図 3 飛行船実験・地上機器構成図

3. マイクロ波送電系

周波数としては、2.45GHz, <600W(送信機出力)を希望している。前提条件は、以下の通りである。

- ・ 2.45GHz (ISM バンドを用いたエネルギー伝送という条件による)。
- ・ 2素子フェーズドアレイによるビームフォーミング実験。
- ・ 送信距離 50m 上から直下 (飛行船の能力による条件)。
- ・ 受電点での電力密度 $10\text{W}/\text{m}^2$ に極力近く (ユビキタス電源としての必要電力と人体への安全基準 $10\text{W}/\text{m}^2@2.45\text{GHz}$ 、からの条件)。
- ・ 受電設備 「レクテナ」=電波を受信し直後に直流に変換するアンテナ・回路一体装置。完全パッシブ(ダイオードベース)。
- ・ 上記条件から求められた送電電力とアンテナ径は、送電電力 $300\text{W} \times 2$ (飛行船の搭載重量及びバッテリー重量、実験時間等の制約による条件)、送電アンテナ 60cm 径、ラジアルスロットアレイアンテナである。

4. レトロディレクティブ目標追尾系

本来送電すべき上部システムを「送電側」、受ける方を「受電側」と呼ぶ。受電側から送られる 5.8GHz パイロット信号の送受信系を「パイロット系」、送電側からの 2.45GHz 応答ビーム送受信系を「ビーム系」と呼ぶこととする。

受電側よりパイロット信号を送信し、送電側で 2 素子以上のアンテナで受信し、その位相差から到来方向を測定する。3 素子以上による高精度測定も行なう。パイロット信号を送受するビーム系では、スペクトル拡散を掛けた実験も行なう。

送電側からは、測定された到来方向にアレイアンテナの指向性を向けて送り返す。本来はビーム系で別途大電力送電をするが、本実験ではそれほど大きな電力ではなく、フェーズドアレイでビームを作り、受電側では受信電力分布を測定することにより、性能を評価する。また一部の受信強度などの結果を送電側に送り返し、精度の向上を図る。

5. スケジュール

2006 年度中に、蓄電池、位相制御マグネトロン(PCM)、アンテナ系、計測テレメータ操作系、GPS 装置、受電用展開型アンテナの準備を行った。2007 年度は、レトロディレクティブ系、パイロット信号送信機を開発中であり、同時に、2007 年度中に実験を実施することを目標に、総務省無線免許の申請を行っている。場所としては、京都(70mx70m で周囲に建物がないこと)を想定している。

謝辞

本研究は以下の多くの御支援のもとで行っております。

科学研究費基盤研究 B (研究代表者：橋本)、財団法人国際コミュニケーション基金 (以下、研究代表者：山川)、科学技術振興機構 (JST) 地域イノベーション創出総合支援事業 重点地域研究開発推進プログラム 平成 19 年度シーズ発掘試験、財団法人大川情報通信基金 (予定)、京都大学 生存圏研究所 マイクロ波エネルギー伝送実験装置共同利用研究、京都大学総長裁量経費、京都大学生存圏研究所 ミッションプロジェクト経費。