

Fundamental Experiment of Software Receiver for Demonstration Satellite of Space Solar Power System*

Yoshiyuki Fujino, Jyunichi Mikita

Toyo University

Postal address: 2100 Kujirai, Kawagoe, Saitama, 350-8585, JAPAN

Abstract

Space Solar Power Satellite (SSPS) is now attracting attention as a next-generation clean energy source. For this reason, in the JAXA-ISAS, etc., are considering in orbit demonstration by using the small satellite.

The reception test of demonstration satellite at the ground, it is necessary to receive the satellite signal in real-time at multiple points. So, it need to construct a large number of receiving system with highly reproducible at low cost.

For this reason, we are now planning a software receiver by using widely diverted in a commercial one segment TV broadcasting receiver with USB dongle for PC. We made a fundamental circuit experiments of software receiver and we will report of this basic characteristics.

宇宙太陽発電実証衛星システム用ソフトウェア受信機の基礎実験†

○藤野義之 三木田純一

東洋大学

〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100

はじめに

太陽発電衛星は次世代のクリーンなエネルギー源として注目を集めている。このため、JAXA 宇宙科学研究所等では小型衛星を活用した軌道上実証を検討している。この実証衛星の受信試験では、複数地点で衛星をリアルタイムで受信する必要性があり、安価で実現性の高いシステムを多数構築することが必要となる。このため、市販の PC 用ワンセグテレビ受信用 USB ドングルを流用したソフトウェア受信機を計画し、その基本回路の実験を実施したので報告する。

実証試験衛星の概要

宇宙太陽光発電 (Solar Power Satellite) とは、宇宙空間上で太陽光発電を行い、その電力を地上に送る発電方法であり、伝送手段としてマイクロ波を用いる。このための技術開発項目として、軌道上でなければ実証できない課題がある。例えば、衛星軌道上から地上目標点への正確なマイクロ波電力伝送技術であり、これは、衛星からの送信アンテナが正常に制御され、パターンが形成されていることを確認するために必要である。このため、試験衛星が計画されている[1]。衛星高度は低軌道の 370km の準回帰軌道であり、送電電力約 2kW の電波が直径 1.9m のアレーアンテナから放射されることが想定されている[1]。

その実験シーケンス案を図 1 に示す。地上の受信点の近傍 20km 程度にアンテナおよび受信機を 20 点程度ランダムに配置する。そして小型衛星から送信されたビームパターンを地上の多数の受信機で同時に受信することで確認する。このことで衛星からのビーム制御が正常に行われていることを検証する。また、低軌道衛星であるので、受信時間は 10 分くらいであり、高速なデータ受信や蓄積が求められる。

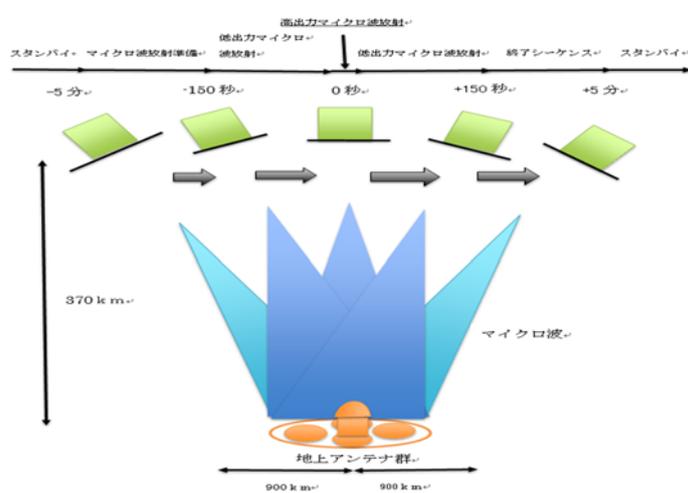


図 1 実証試験衛星のシーケンス図

ソフトウェア受信機の構成

小型衛星のビームパターンを地上で確認するための受信機について検討する。要求条件として、20 個以上の複数の受信機を製作するため、できるだけ 1 台あたりの価格を抑えた安価な構成とする必要がある。このため、今回は PC 上でワンセグ TV 放送を受信する USB ワンセグチューナーを利用した受信機の利用を検討した[2]。

USB ワンセグチューナーはその筐体内にチューナーと A/D コンバータ、デコーダ（復調器）まで組み付けられており、これを PC 本体にインストールした視聴ソフトウェアで制御する構成となっている。このチューナー部と A/D コンバータは広帯域であり、20~1350[MHz]程度まで対応している。そこで、PC 側に別の受信ソフトウェア（HSDR など）を導入することで、広帯域受信機とすることができ、同時に周波数スペクトルも観測することができる。図 2 に広帯域受信機としての利用法を示す。しかしながら、この使用可能周波数は想定されている C バンド帯には合致しないので、ダウンコンバータを設計・製作し、評価を行うこととする。

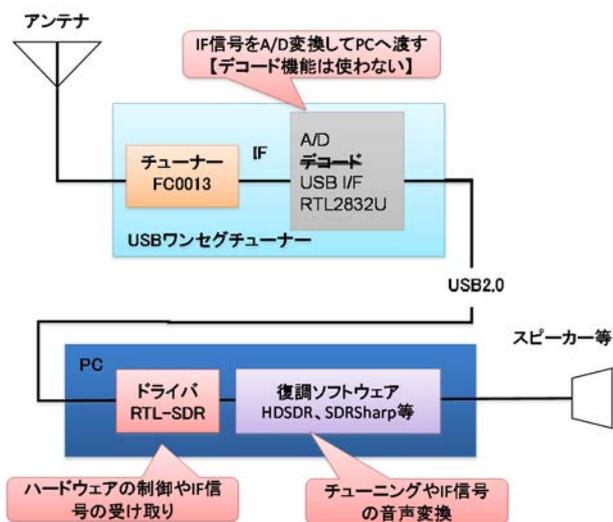


図 2 USB ワンセグチューナーと広帯域受信機としての利用

図 3 は今回のソフトウェア受信機の図を示す。アンテナから入力された 5.729GHz の電波は、コンバータを介して 140MHz に変換され、USB ワンセグチューナー内の A/D によってデジタル化される。そのデータを PC 内の受信ソフトウェア（HSDR 等）で受信し、レベルを記録する。

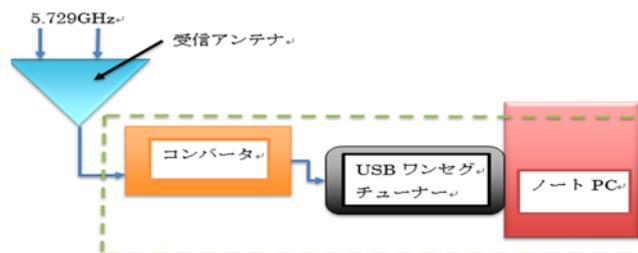


図 3 ソフトウェア受信機の図

コンバータの製作

図 4 にコンバータのブロック図を示す。アンテナで受信された電波は BPF を介して増幅器に入力され、その後、ミクサーで周波数変換される。

ミクサーには LO（局部発信機）として、SG から 5.589GHz、+4dBm を供給する。ミクサーから出力した 140MHz の中間周波(IF)は、LPF を介して USB ワンセグチューナーに入力される。これらの要素部品について設計・試作・評価をおこなった。

一例として、図 5 に試作した BPF を示す。インターディジタル型の BPF を採用し、文献 [3]により計算したものを ADS においてシミュレーションを繰り返して設計した。図 6 に BPF の理論値と実験値を示す。理論値と実験値は 20MHz 程度誤差があり、損失が理論値より 4dB 程度悪くなったが、動作としては問題ない。

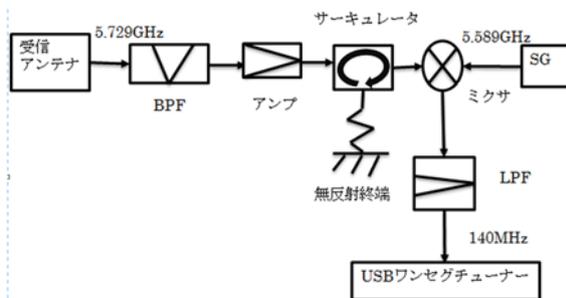


図 4 コンバータのブロック図



図5 BPFの構成図

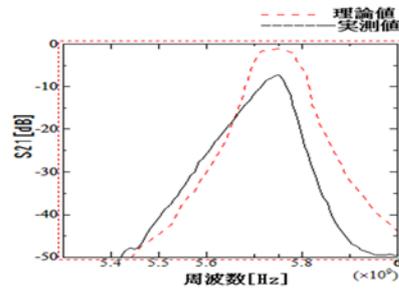
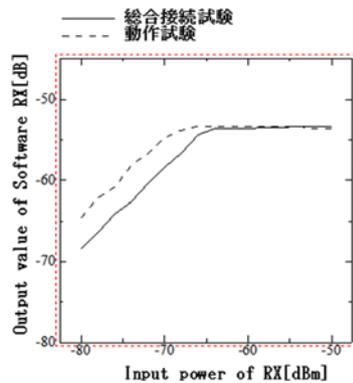


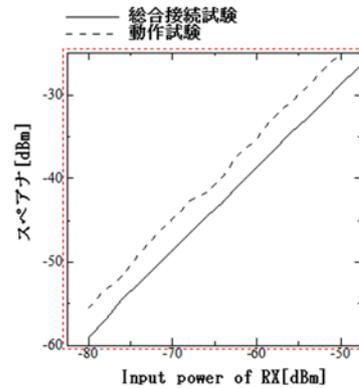
図6 BPFの周波数特性

ソフトウェア受信機の実験結果

これらの要素を組み合わせて製作したコンバータの測定を、総合試験としてケーブルで接続して行うとともに、電波暗室内で空間を飛ばした試験を行った。図7に入出力特性の測定結果を、USBワンセグチューナーとスペアナの場合を比較して示す。両者は同様に受信



(a) ソフトウェア受信機で受信



(b) スペアナで受信

図7 試作した受信機の入出力特性

が可能であったが、USBワンセグチューナーでは受信電力-53dBm以上で、受信系が飽和していることがわかる。図8にこのときのソフトウェアの画面を示す。スペクトル形状とともに、その時間変動が表示されていることがわかる。

まとめ

宇宙太陽発電実証衛星からのパターンを地上で測定を行うために、USBワンセグチューナーを使った安価なソフトウェア受信機の基礎実験を行った。チューナーを使用してスペクトルを確認できたことから、ソフトウェア受信機のプロトタイプが製作出来た。今後の課題として受信アンテナの製作・アンプの製作・局部発信器の製作と受信したときのデータの記録方法の検討等が必要である。

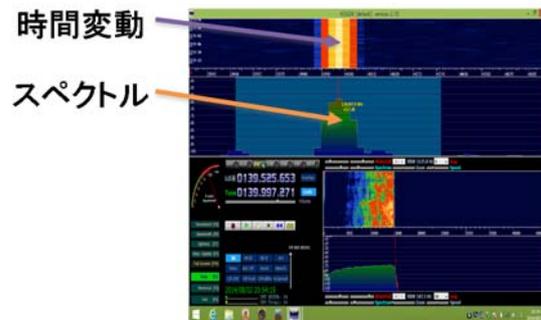


図8 ソフトウェア受信機の実験中画面

参考文献

- [1] 田中孝治,ほか, “太陽発電衛星のための小型科学衛星を用いた実証実験計画 II”, 第14回宇宙科学シンポジウム,2014.
- [2] 鈴木 憲次, ワンセグ USB ドングルで作るオールバンド・ソフトウェア・ラジオ, CQ出版,2013
- [2] 小西良弘, マイクロ波回路の基礎とその応用, 総合電子出版社, 1990