

## **Direction Finding System for Spread Spectrum Pilot Signal**

K. Hashimoto, M. Iuchi, H. Matsumoto, and H. Matsumoto  
Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University  
(E-mail: kozo@kurasc.kyoto-u.ac.jp)  
FAX: +81-774-31-8463

In the Solar Power Satellite (SPS) system, a power receiving station sends a pilot signal to the SPS. Electric power is sent to the arrival direction of the pilot signal. Normally a retro-directive array is used for this purpose. We propose to use a spread spectrum (SS) modulation for the pilot signal. Arrival directions of pilot signals from multiple directions can be identified by the SS system. This is useful in transmission to even a single direction because it is robust to interference signals.

We have made experiments of the proposed system. A SS signal is connected to 2 phase shifters. The two outputs with different phases are connected to SS receivers and the phase difference of de-spread signals are measured. The errors were within 3 degrees in an experiment by a dedicated SS receiver board. This board has a function to prevent locking into the same timing of the same pseudo-noise (PN) code as that of another board. If two SS signal of the same PN code with the different timing are received, these two can be separately locked and independent de-spread signals can be obtained. The errors were within 4 degrees in this case. This system simplifies the system because all the receivers can be prepared for a single PN code.

# スペクトラム拡散法を応用したマイクロ波ビーム方向検知システムの開発研究

橋本弘藏、井内正紀、松本紘、篠原真毅  
京都大学超高層電波研究センター  
(E-mail: kozo@kurasc.kyoto-u.ac.jp)  
FAX: 0774-31-8463

## 1. まえがき

SPS (Solar Power Satellite)は太陽電池で作った電力を静止衛星からマイクロ波で地上にマイクロ波で送るシステムである[1]。また衛星に対して電力を送る電力衛星も提案されている[2]。これらのシステムにおいて、二つ(あるいはそれ以上)の方向に電力を送る方法について、前回のシンポジウムで提案した[3]。二つの受電点からはパイロット信号が送られ、その方向に電力を送るわけであるが、それらを区別するためにスペクトル拡散方式を用いる。誤動作が防止できるので、受電点が一つの場合であっても有用な技術である。今回は開発中のスペクトル拡散方式による複数方向からのパイロット信号の到来方向を測定するシステムを中心に述べる。

## 2. スペクトル拡散方式によるパイロット信号システム

### スペクトル拡散方式での位相比較専用ボード

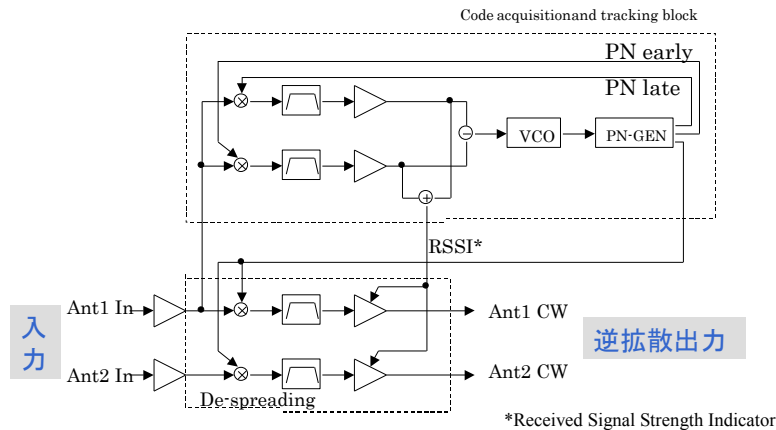


図1 スペクトル拡散信号復調(逆拡散)専用ボードのブロック図

複数の受電局からはスペクトル拡散されたパイロット信号を送信する。送電側では、二つ以上のアンテナで受信し、それぞれの局の信号を逆拡散する事により原信号を得る。二つの原信号の位相差から到来方向に関する情報が得られる。本方式の動作を検証するために図1に示すスペクトル拡散方式での位相比較を行うための逆拡散専用ボードを

作り、位相差の測定実験を行った。周波数は 10.7MHz である。スペクトル拡散された信号が入力され、逆拡散が共通の符号で行われ、この出力の位相差を測定する。信号にデジタル変調がかけられていても、フィルタの帯域内であれば位相差の測定は可能である。これは、暗号を用いたユーザ確認や受電局からのフィードバック情報などを同時に変調して送ることが可能であることを示している。図 2 に示す接続で、移相器で位相差を与えた二つの信号を入力し、その位相差測定を行った。チップレートは 1.25Mbps である。入力位相差に対する出力位相差の誤差特性の例を図 3 に示す。±3 度程度の誤差がある。

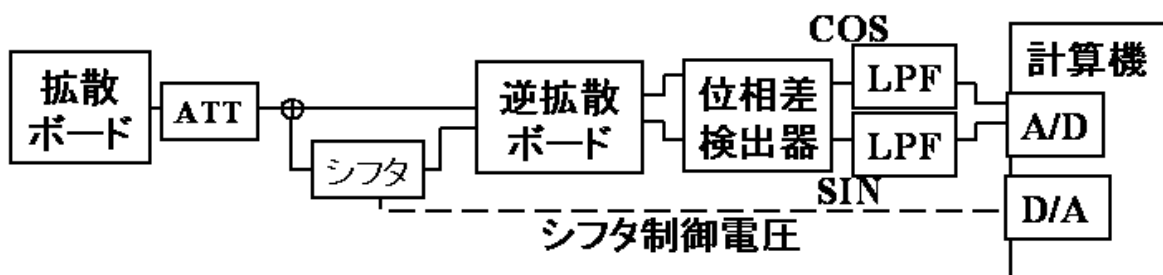


図 2 単一信号入力時の実験のブロック図

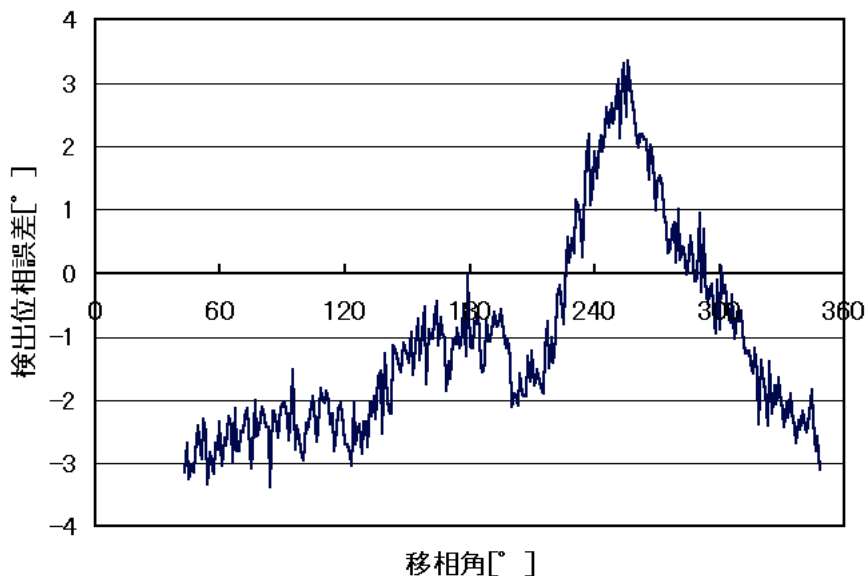


図 3 単一信号入力時の位相差検出誤差測定例

### 3. 二つの拡散符号を同時受信した場合の特性

二つの異なる拡散符号を用いて区別することは当然可能である。同一の拡散符号であっても、お互いのタイミングが 1 クロック (チップ) 以上異なれば、擬似拡散符号の相互相関係数は符号長の逆数と非常に少ないので、区別が可能である。その実験のブロック図と結果を図 4 示す。図 4(a) に示されたブロック図のように、二つの拡散ボードで同一の符号によるスペクトル拡散信号を発生させ、コンバイナで合成する。拡散符号として図 4(b) に示された生成方式による系列を使用した。それを分配器で二つの逆拡散ボードに入力する。図 4(c) が拡散された送信信号で、広帯域である。図 4(d) は同期が取れて元

の狭帯域になった信号である。図 4(e)は同期がとれず拡散されていない場合の信号を示している。やや帯域が狭く見えるのは受信部 (図 1 下段) のフィルタの特性である。同一の拡散符号を用いた場合、二つの受信部がともに同じタイミングで同期が取れてしまえば、片方の信号しか処理できない。そのため、一方で同期が取ればもう一方はそのタイミングでは同期しないようにするための回路が付加されている。

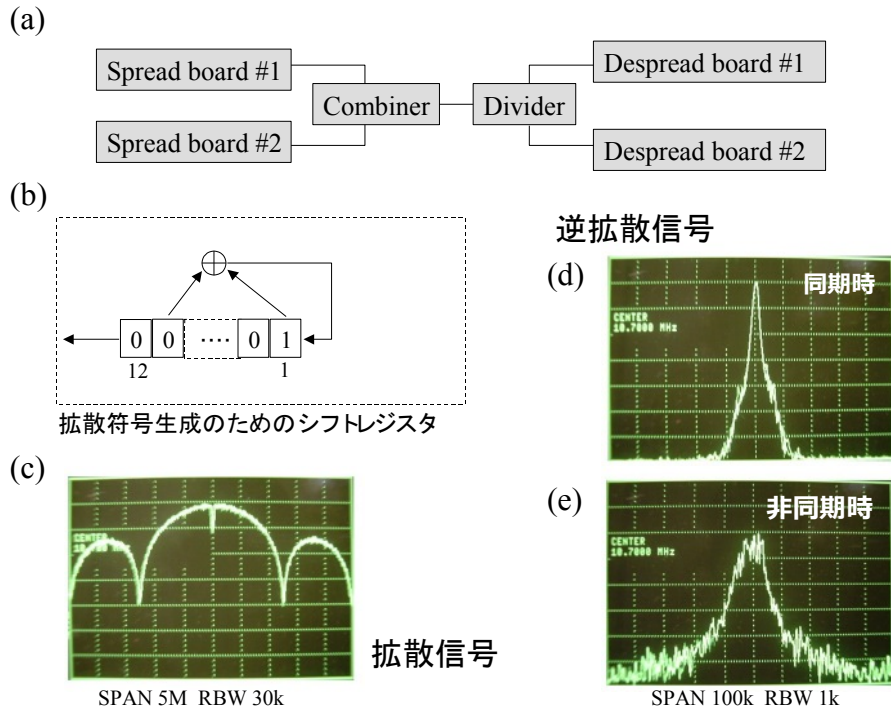


図 4 同一の拡散符号による送受実験

この様な条件下で前節と同様に位相差測定を行った。その結果、図 5 に示すように位相誤差が 1 度程度増加することがわかった。これは同期を取っていない方の信号は雑音と見なされるため、S/N 比が低下したからと考えられる。この実験では、二つの拡散信号の搬送周波数は正確に同じである必要は無いが、拡散信号のクロックは正確である必要があり、同期をとることが望ましいことが明らかとなった。クロックがずれていると、両者が非常に近いタイミング差もしくは同じになることがあり、逆拡散ができなくなるからである。

タイミングの異なる同一の拡散符号によるスペクトル拡散信号を発生させ、それらが区別できることが実証された。GPS を使うなどの方法により、同期の取れたタイミングが異なる信号が出せれば、システム全体で同一の拡散符号を用いることができる。これはシステムの簡素化に大きく貢献する。

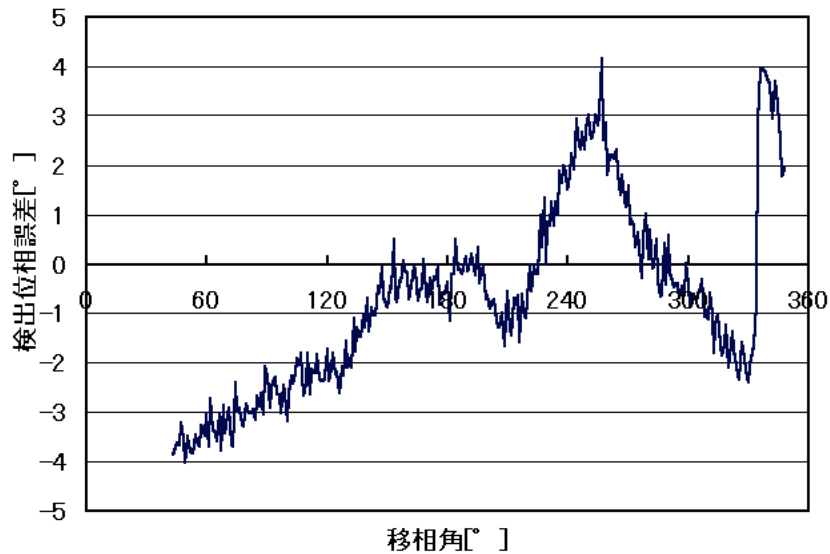


図5 同一符号の二信号入力時の位相差検出誤差測定例

#### 4. むすび

予期せぬ信号などによる誤動作が少なく融通が効く、複数方向へのマイクロ波電力伝送方式における、パイロット信号の位相差測定システムの実験結果を示した。汎用ボードでの逆拡散後の位相比較実験や専用スペクトル拡散システムによる多チャンネル化による本方式の実験などを行ってきた。ハードウェアなどに起因する誤差を減らすための検討は必要であるが、同一符号の場合を含め、動作は実証できている。本実験は10.7MHzで行われたが、周波数をマイクロ波に変換する装置を作成し、電波暗室で実際に電波伝搬させた実験を行っている。さらに、送電システムと組み合わせた総合実験を行い、JEMでのビーム制御実験を目指している。

#### 謝辞

本研究の一部は(財)日本宇宙フォーラムの援助を得て行われた。

#### 参考文献

- [1] H. Matsumoto, Microwave power transmission from space and related nonlinear plasma effects, Radio Science Bulletin, 273, 11-35, URSI, 1995.
- [2] H. Matsumoto, N. Kaya, S. Kinai, T. Fujiwara, J. Kochiyama, A feasibility study of power supplying satellite (PSS), Space Power, 12, 1-6, 1993.
- [3] 橋本、松本、複数の方向へのマイクロ波送電システム、第1回宇宙太陽発電システム(SPS)シンポジウム講演要旨集、太陽発電衛星研究会、67-70、1999.