

SAO サービス VSAT とハイブリッド独立電源による地震観測

辻 浩^{*†}・卜部 卓^{**}

Earthquake Observation by the SAO Service VSAT and a Hybrid Independent Power Supply

Hiroshi TSUJI^{*†} and Taku URABE^{**}

はじめに

伊豆諸島神津島北東部の地震研究所神津島地震観測点は1985年2月に旧地震予知観測室によって設置された。商用電源が利用できないために太陽電池を電源とし、当初は400 MHz 無線 FM テレメータ装置で新島へデータを伝送した。1999年10月にテレメータ装置を60 MHz 無線 PCM 方式に、送信先を伊豆半島富戸に、それぞれ変更した。もともと地形的に冬季は日照不足となる場所であり、冬季間は欠測しがちであったため、2000年11月には発電量を補うために風力発電機を追加設置した。しかし周囲の木立のために十分な風が得られず、また取り付け強度が十分でなかったために、風力発電機は短期間で壊れてしまった。

この状況を改善するために、2001年9月から小諸支所の敷地内で、神津島での使用を想定した、太陽光発電と風力発電機による新しいハイブリッド独立電源装置の試験運用を行ってきた。また同敷地内では2003年4月より、衛星ネットワーク(株)(SNET)の新たな衛星VSATサービスである、SAOサービスを利用した地震観測の試験運用を行った。これらの成果に基づき、2004年4月に神津島観測点の移設と機器一新を含む更新作業を行ったので報告する。

ハイブリッド独立電源装置と試験運用結果

2001年9月に(株)石田製作所による太陽光発電と風力発電を併用したハイブリッド独立電源装置を小諸支所に導入し、それとNanometrics社製VSAT地震テレメータ装

置を組み合わせた試験運用を開始した。2002年3月には風力発電機を効率のより高いゼファー株式会社製Z-500(定格出力450W)に交換し、併せて専用設計されたハイブリッドパワーコントローラー(ゼファー株式会社製CP-7)を取り入れて試験運用を継続した。同年9月には同型の風力発電機を1台増設して2台並列構成とした。最終的なハイブリッド独立電源装置の構成を図1に示す。バッテリーはライフライン社製ディープサイクルバッテリー(GPL-31, 105AH)を4個並列に接続し、太陽電池モジュールは定格出力55Wのパネル(ジーメンス社製SM55)を6枚並列に接続した。これらは風力発電機も含めてハイブリッドパワーコントローラーによって効率よく制御される。

この試験運用期間内には太陽電池と風力発電機のそれぞれの発電電圧と、バッテリー出力電圧をデータロガーに記録した。その中の2002年9月2日12時から10月8日12時までのグラフを図2に示す。これを見ると風力発電はおおよそ太陽光発電と同じ日中に稼働していることが見て取れる。またグラフ中の9月13日には太陽電池と風力発電機の入力を一時切断して風力発電機を1機から2機に増設した。その後、太陽電池は引き続き切断したままで、発電を2機の風力発電機のみで頼る環境を作り様子を見た。増設された風力発電機は当初不調であったが9月16日には2機の風力発電機で稼働し始めた。しかし太陽電池を切断してから約4日でバッテリーからの電源出力は落ちてしまった(バッテリーの過放電保護のため一定電圧以下になるとコントローラーが出力を切る)。そこで再び太陽電池を接続して稼働させると、そこから約4時間で電源出力は復旧した。9月25日再び太陽電池からの供給を切断し2機の風力発電機のみで稼働させてみたが、バッテリーの電源出力が復旧することはなかった。

これら長期にわたるハイブリッド独立電源装置の試験運

2004年8月23日受付, 2004年11月18日受理.

[†] htsuji@eri.u-tokyo.ac.jp

* 東京大学地震研究所技術部総合観測室,

** 地震地殻変動観測センター.

* Technical Supporting Section for Observational Research,

** Earthquake Observation Center, Earthquake Research Institute, The University of Tokyo.

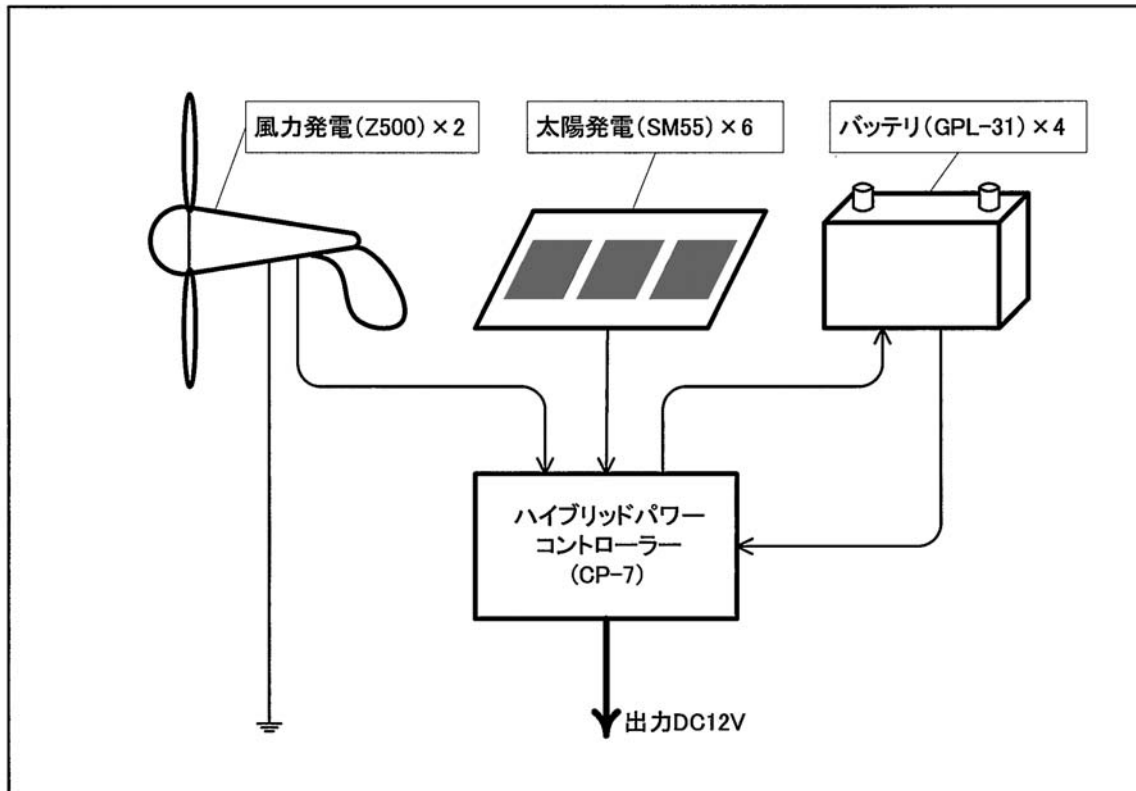


図 1. ハイブリッド独立電源装置の構成図。ここに示すものは風力発電機を2機に増設した2002年9月13日から最終(2004年2月26日)までの構成である。

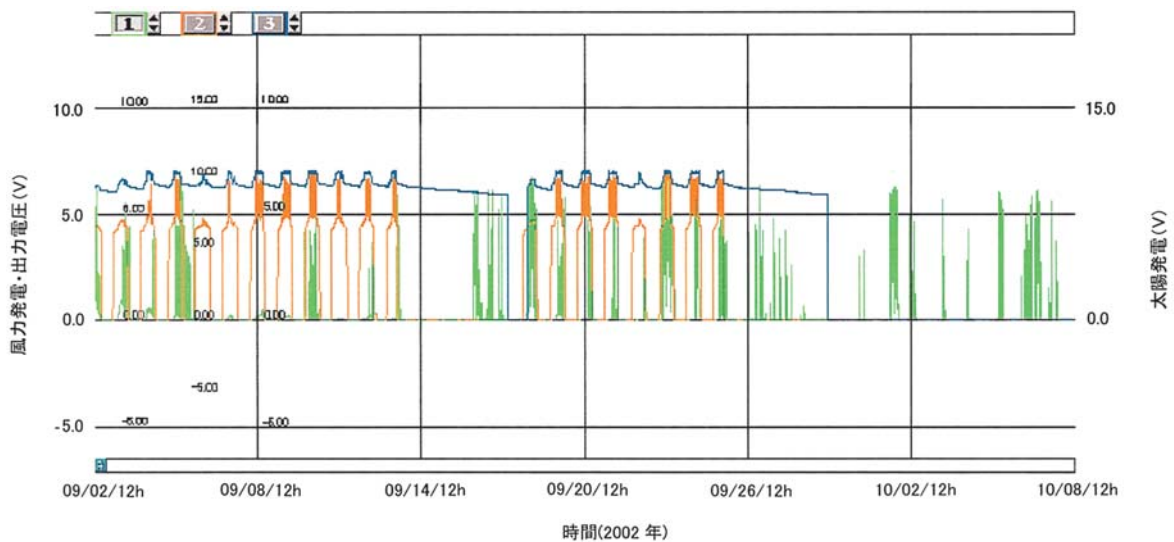


図 2. 試験運用時におけるハイブリッド独立電源装置の太陽電池と風力発電機の発電電圧とバッテリー出力電圧のグラフ。横軸は時間で2002年9月2日12時から10月8日11時50分までを示す。縦軸は出力電圧で、各々の値はグラフの左右端の数値に対応する。緑の線は風力発電機の発生電圧、オレンジの線は太陽光発電の発生電圧、青の線はバッテリー出力電圧をそれぞれ示し、バッテリー出力電圧値は実際の半分の数値を示す。

用から、小諸の環境下では2機の風力発電機のみでは十分な電力供給ができないことが確認できた。この構成で風力発電機が太陽光発電に匹敵する発電量を示すのは、台風時の強風下のみであり、このハイブリッド独立電源装置では電力供給のほとんどを太陽光発電に頼っていることが明確となった。

SAO サービスの概要とそれを利用した地震観測

今回、神津島の地震観測テレメータを地上無線方式からSAO (Shared but Always On) サービスと呼ばれる衛星通信方式に変更した。SAO サービスはJSAT (ジェイサット株式会社) とSNET が2002年夏から共同で行っている帯域共用型常時接続の双方向衛星通信サービスである。SAO サービスは静止衛星JCSAT-1BのKu帯トランスポンダを使用する。VSATは口径60~75cm程度の小型パラボラアンテナを使用し、IDU (Indoor Unit) はGilat社製のものである。SAO サービスはVSAT間の双方向通信を提供し、通信方式は常に中継局 (SNET 群馬通信センター) を経由する2ホップ方式である。

SAO サービスの特徴は、まずVSAT1局あたりの月々定額料金で利用でき、VSATによるプライベートIPネットワークが簡単に構築できるということである。利用者はVSATを購入するが、ハブ局を保有・運用する必要はない。またもう一つの特徴として、VSATの設置作業が非常に簡便であるということが挙げられる。設置場所によって決まるSGと呼ばれる基本パラメータを、あらかじめパソコンからIDUに設定しておく必要はあるものの、例えばNanometrics社製VSATのようにUAT (Uplink Access Test) の際にパソコンを接続して操作するといった面倒な作業は必要ない。ただしSNETより、実運用時には複数の観測点のディジタイザ (白山工業製LS-7000XT) から毎秒GPS時計に同期して発生するパケットがSAOシステム上で衝突するのを避けるために、観測点毎に異なる遅延をかけてからパケットを送り出す工夫を要請された。そこで今回の神津島に続いて2号機を設置した沖縄県久米島村硫黄島では、LS-7000XTとSAO VSATの間にLinuxBox (超小型PC) を接続して、LS-7000XTからのパケットをいったん受けた後、一定 (200 ms) の遅延をかけてからSAO VSATへ送り出せるよう対処した。

SAO サービスVSATを設置する手順は次の通りである。アンテナとODU (Outdoor Unit) を組み立てて各ケーブルを接続し、スペクトラムアナライザを使って衛星を捕捉すると、IDUのRX LOCKというインジケータが点灯する。この時点でSNET群馬通信センターに連絡すると、UAT操作はすべてSNET群馬通信センターが遠隔制御で行う。当然、受信レベルが低い場合などは他のVSAT同様アンテナの微調を要求されるが、基本的な設置



図3. 小諸支所で試験運用中のSAOサービスVSAT。これは試作品の45cmアンテナ。IDUはアンテナポールの向こう側にある、シートに包んだ容器に収容されている。

作業はこれで完了である。

小諸支所では2003年4月から約3ヶ月間、このSAOサービスVSATの試験運用を行った。その際には60cm, 75cm, 45cmの3種類のパラボラアンテナを試用した。そのテスト風景を図3に示す。その後2003年11月に、SAOサービスVSAT4台を正式に導入した。そのうち1台は75cmアンテナで、データ受信用として地震研究所屋上に設置し、残り3台は60cmアンテナの観測点用である。アンテナはいずれもChannel Master社製である。SAOサービスを利用した地震観測の構成図とデータの流れを図4に示す。

今回の神津島観測点の機器構成として、ディジタイザにLS-7000XTを、地震計にマークプロダクツ社製L-4C-3Dをそれぞれ用いた。地震計からの信号はLS-7000XTでA/D変換とタイムスタンプ付けされ、1秒毎のパケットとしてイーサネット/IP接続されたIDUに送られる。LANからデータパケットが入ると、VSATはその都度JCSAT-1B号衛星へ向け送信する。それをいったんSNET群馬通信センターで受信し更に1ホップしたものを地震研究所の75cmアンテナの受信用VSATで受信する。そしてそのデータはIDUからLANでPCに転送されるという流れである。観測点のLS-7000XTと地震研究所のPCの間は、

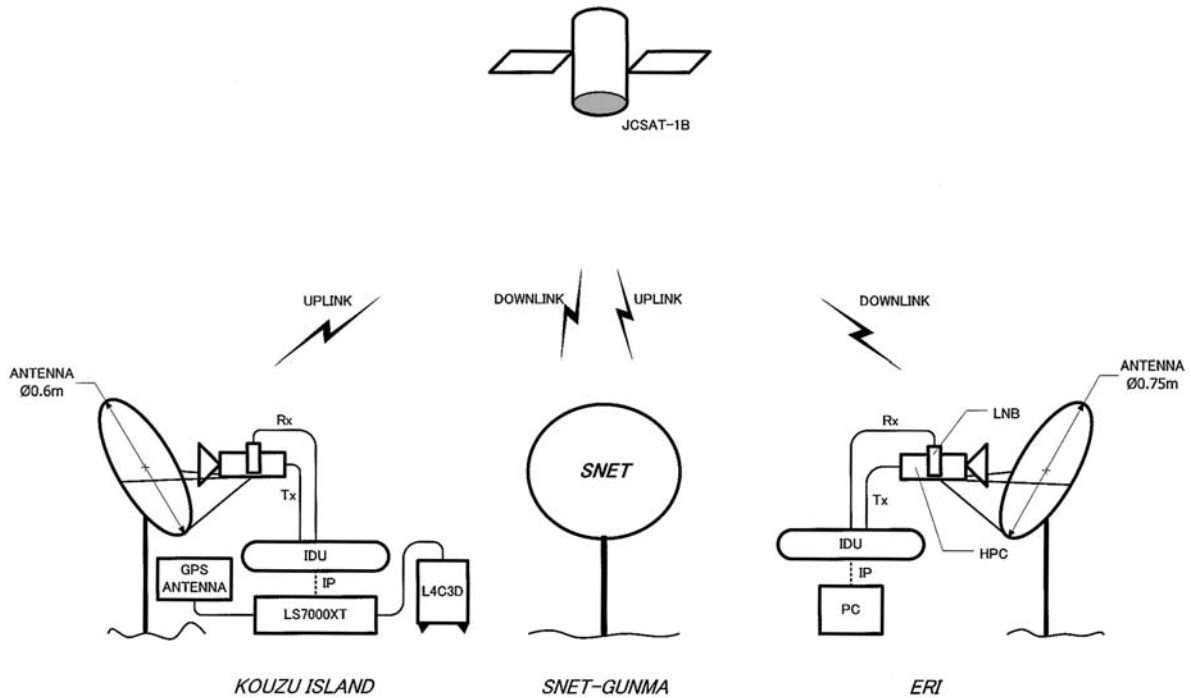


図 4. 神津島観測点に設置した SAO サービスによる VSAT テレメータシステムの構成図。データは SNET 群馬通信センターで中継され、静止衛星 JCSAT-1B を 2 回通る 2 ホップで伝送される。VSAT は口径 60 cm または 75 cm のパラボラアンテナ、LNB (受信機) と HPC (SSPB, 送信機) とホーンで構成される ODU, それに IDU からなる。

SAO ネットワークにより双方向に IP 接続される。往復時間は ping 応答で 1.3 秒程度である。

神津島観測点の新設作業

今回機器の更新に際して、事前に観測点位置の見直しを行った。今までの観測点は南側に急斜面が隣接し、周囲が雑木林になってしまったことから、太陽光発電と風力発電による電力が十分に得られないという判断からである。そこで我々はこれまでの観測点から、都道を約 200 m 東に行った道路脇の場所に南側上空が開けた風通しの良い広場を見つけた。そして神津島村と東京都大島支庁の協力を得て、観測点をすみやかにその場所へ移転することができた。

2004 年 4 月上旬には観測点移設工事として、現地の電設業者に依頼して太陽電池パネル用基台の基礎コンクリートを打ち、同時に今まで使用していたパンザマスト (5 m) を流用するため、その移設工事を行った。この電設業者には我々が設置する当日にも協力してもらった。

ハイブリッド独立電源や SAO サービス VSAT の設置及び地震計の移設作業は 2004 年 4 月 19 日～20 日に実施した。神津島は離島であるため、設置する機材や資材を運送業者に託す場合は混載便で送らなければならない、不定形の鉄材や壊れやすいアンテナ等の梱包は大変な作業である。そこで我々は小諸支所の公用車 (ライトバン) に必要な機材や資材をすべて積み込み、事前にそれごと東京・辰

巳埠頭から貨物船に乗せて神津島へ送る方法をとった。こうすることにより余計な梱包や積替え作業は省かれ、現地で車を借用する必要も無くなった。地震計の移設は新観測点の場所から 30 m ほど離れた都道脇落差 3 m 下にある路側構造物 (フーチン) に設置した。風力発電機とパラボラアンテナはパンザマスト上の人の手の届かない高さに取り付けた。また SAO サービス VSAT の IDU, デジタイザ, ハイブリッド独立電源のバッテリーとパワーコントローラー等はすべて太陽電池パネル用基台下の耐候性金属箱の



図 5. 金属箱内の機器収容状況。上に載っているのが SAO の IDU。その下は LS-7000XT (左) と電源コントローラー (右)。下は 4 個の鉛蓄電池。

中に収めた(図5)。冬期間も十分な日照が期待できる場所に移転したため、風力発電機は1台とした。こうして設置作業はトラブルも無く予定どおりに完了した。図6は今回新設した神津島観測点のハイブリッド独立電源装置とSAO サービス VSAT を使用した地震テレメータ装置の全

景である。

ま と め

ハイブリッド独立電源装置とSAO サービス VSAT の組み合わせによる地震観測の試みは今のところ順調である。これは小諸支所における事前の試験運用によるところが大きいと確信する。

ハイブリッド独立電源装置に関しては、未だそのほとんどが太陽光発電に頼っている。しかし神津島においては観測点移設によって日照・風力ともに十分に得られることが期待でき、また最新のハイブリッド独立電源装置を取り入れたことにより、電源の不安材料は著しく減少した。地震データに関しては、最新の24ビットディジタイザを使用したことでデータの質が向上した。

SAO サービス VSAT については、その利便性から地震研究所の1号機となった神津島観測点に続いて2号機が、2004年7月1日に気象研究所との合同地震観測によって無人島である硫黄島に設置された。この可搬性に優れた簡易な衛星通信システムは、今後も地理的条件の悪い機動力を必要とする地震観測点等のテレメータシステムとして大いに期待される。

謝 辞：神津島での観測機器の設置には、(有)南陽電気のご協力をいただいた。風力発電の実験では、橋本信一氏のご協力をいただいた。SAOの実験では、SNETの佐藤真一氏、中野浩伸氏のご協力をいただいた。SAOの地震研究所局は荻野 泉氏、出川昭子氏に設置していただいた。地震検測収録システムは持丸佳美、出川昭子の両氏に設定していただいた。森田裕一、阿部勝征、岩崎貴哉の各氏には査読をしていただき、本稿の改善に役立ちました。ここに記して感謝いたします。



図 6. 神津島観測点のSAO サービス VSAT とハイブリッド独立電源装置の全景。地震研究所における最初のSAO サービス利用観測点である。