

LF シリーズのバックアップ電源電圧の監視

秋山 峻 寛*†

Monitoring of Backup Power Supply Voltage for the LF Series

Takahiro AKIYAMA*†

はじめに

地震観測点のうち定期的に観測をするオンライン観測点は、リアルタイムでデータをサーバーに送っている。オンライン観測点を安定的に運用するためには機器の状態を知ることが重要である。観測点を構成する主な機器として地震計と収録装置、通信機器、電源装置が挙げられる。地震計は波形を見ることでその状態を監視できる。収録装置は様々な処理を行っており、その稼働状況は収録装置が生成するステータス情報によって知ることができる。ステータス情報の中でも重要なものの一つが電源電圧である。

地震研究所の観測開発基盤センターが展開する標準的な地震観測点での機器構成を図 1 に示す。電源装置は 2 種類に大別される。一つは市販の無停電電源装置を使用するものである。もう一つはバッテリーと充電器を使用するものである。前者の場合は常に一定の電圧で給電するため停電の前兆はない。後者の場合も平常時はほぼ一定の電圧で給電するが、停電後にバッテリーのみで稼働し始めた場合、その電圧値は徐々に低下していく。このバッテリー電圧の推移がモニタリングできれば、観測点から離れた場所でも電源にどのような問題が生じたか推測することができる。例えば、電源電圧が徐々に低下した後、ステータスや波形などのデータ伝送が途切れれば停電したことが分かる。また、バッテリーの電圧値が正常にもかかわらずデータ伝送が止まった場合は通信に関連した経路や装置に問題が生じたことが推測できる。収録装置が電源電圧を監視できる機能を持っていると、観測点に問題が生じた際の原因の切り分けの際に大変有用である。

2023 年 9 月 29 日時点の観測開発基盤センターの定常ま

2023 年 9 月 29 日受付, 2023 年 12 月 18 日受理.

† akiyama@eri.u-tokyo.ac.jp

* 東京大学地震研究所技術部総合観測室

* Technical Supporting Section for Observational Research, Technical Division, Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

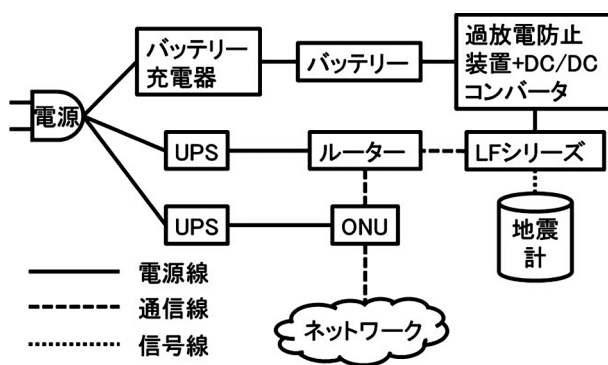


図 1. 地震観測点の標準的な機器構成。UPS は無停電電源装置、ONU は光回線終端装置を指す。過放電防止装置はバッテリーへの充電が止まった後、過放電しないようバッテリー電圧が設定したある電圧を下回った際に給電を止める装置である。DC/DC コンバータでは過放電防止装置からの電圧を 24V に変換し LF シリーズへ給電している。

表 1. 観測開発基盤センターの定常または準定常、臨時の地震観測点で使用している収録装置の一覧 (2023 年 9 月 29 日時点)。いずれも白山工業社製である。

収録装置	観測点数
LF シリーズ	51
LS-7000XT	25
LS-8800 + TP-8800	2
LT-7700	1
合計	79

または準定常、臨時の地震観測点で使用している収録装置の一覧を表 1 に示す。列挙した収録装置の中で電源電圧を監視する機能を持っていないのは LF シリーズのみである。LF シリーズとは白山工業社製のデータロガーであり、地震火山観測の用途で特にテレメータが可能な環境で用いられる。LF シリーズはコントローラとデジタルの 2 種類の機器で構成される。このロガーを使用した観測点数は全 79 点中 51 点にも及ぶ。これは大半の観測点で電源電圧が

監視できていない状態であることを意味し、監視できるようにすることは観測点の運用上、非常に有用である。

LF シリーズ専用の電源制御装置 DATAMARK PS1024 は LF コントローラへの出力電圧や出力電流、バッテリーの電圧、内部抵抗などをモニタリングする機能がある。他にもバッテリーの充放電制御やルーターがハングアップしたときの自動復帰機能を持っている。これを導入すれば電源監視が可能になるが、機器が高価であり観測点のスペースが限られていることから、導入することが困難だったため、より簡易的な方法を模索していた。ある観測点では電源に繋いだ 3V 出力の AC/DC アダプタの出力電圧を LF シリーズでモニタリングすることにより停電の有無をリモートで監視している。停電時はバックアップ電源により収録装置や通信機器はしばらく稼働し続けるが、AC/DC アダプタの出力電圧は 0V になる。この出力電圧を常時監視することで停電の有無を監視している。しかしながら、バッテリーの電圧は監視できていなかった。そこで、バッテリーの電圧が監視できる新たな仕組みを構築し 2023 年 9 月 29 日時点で 15 箇所の観測点に導入した。本稿では、その詳細について紹介する。

バッテリー電圧監視システムの構成

LF シリーズには広帯域地震計のマスポジション電圧を監視するための簡易アナログ入力端子（以下、AI 端子）がある。マスポジションとは広帯域地震計の振り子の位置のことであり、電圧で出力される。AI 端子は電圧が測定できる端子であり 6 チャンネルある。これを用いることで、図 2 のような構成で電圧監視ができないか考えた。AI 端子はシングルエンドで $\pm 10V$ レンジであるため、バッテリーを直接 AI 端子に繋いでも約 12V もある電圧を測定できない。そこで、直列に抵抗器 R をつなぎ入力電圧を分圧させて測定することにした。しかし、この構成では正しく電圧値を得るのに手間がかかることが分かった。まず、AI 端子で測定する電圧値には十分大きいオフセットが含まれているため、測定値からこれを差し引かなければいけない。オフセットの値は AI 端子と AIGND 端子とをショートさせるとわかるが、その大きさに個体差があるため個体ごとに確認する必要がある。オフセットは製造時の検査で $\pm 300mV$ 以内であり、同一個体中の AI1~6 でほぼ同じである。また、AI 端子は $Z=100k\Omega$ のインピーダンスを持つため、使用する抵抗器の抵抗値によって AI 端子にかかる電圧の大きさが異なる。これも事前に計算しておく必要がある。このように複数の不便があったため別の構成を考えることにした。

AI 端子が AIGND 端子に対してシングルエンドの $\pm 10V$ レンジであることに着想を得て、2 つの AI 端子に電源を出力することにした。つまり、AI 端子を 2 つ使って 20V

レンジを生み出そうとした。この 2 端子間の midpoint として AIGND 端子を利用するために同じ抵抗値を持つ 2 つの抵抗器 R を図 3 のように繋いだ。このように構成することでバッテリー電圧が 2 つに分圧されてレンジ内で測定することができた。また、各 AI 端子にはそれぞれ並列に繋がった抵抗器と同じ電圧がかかるため AI 端子のインピーダンス $Z1$ および $Z2$ を計算する必要がなくなった。さらに、分圧された電圧値をそれぞれ引き算することで電源電圧を算出するが、その際に AI 端子のオフセットもキャンセルされる。ただし、バッテリーが電氣的に独立している必要がある。理由は、AIGND が LF シリーズの電源の負極や FG と共通であるため、監視する電源の負極が AIGND と同電位だと 2 つの AI 端子にうまく分圧することができなくなるからである。本システムを採用した観測点では、LF

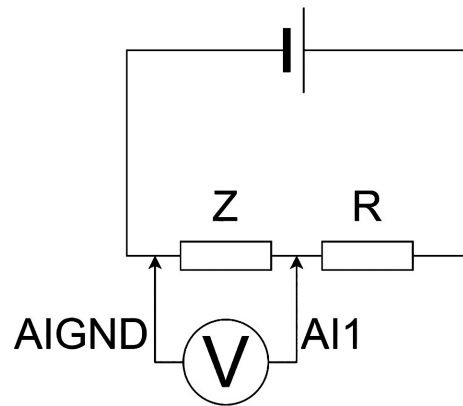


図 2. 電圧監視のための回路構成の 1 つ。バッテリーと AI 端子、抵抗 R を直列に繋いだだけのシンプルな構成。バッテリー電圧が抵抗と AI 端子に分圧されている。したがって、AI1 で測る電圧値 V_1 、抵抗にかかる電圧値を V_2 とすると電源電圧 V は $V_1 - V_2$ である。AI 端子はインピーダンス Z を持つので抵抗の抵抗値によってインピーダンスが変わることに注意。

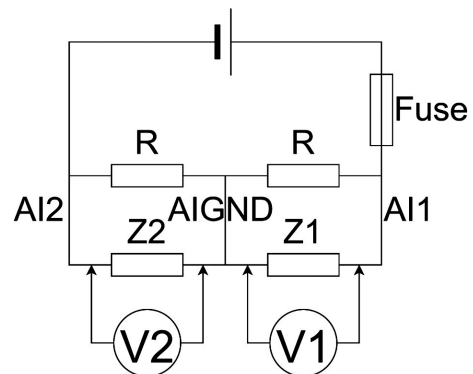


図 3. 採用した回路構成。図の例では AI1 と AI2 を使用しているが組み合わせは自由。AI1 と AI2 で測った電圧値をそれぞれ V_1 と V_2 とすると電源電圧 V は $V_1 - V_2$ である。AIGND 端子は接地させるフレームグラウンドと共通であり、AI 端子は AIGND 端子に対する電圧値を出力するため、 V_2 は負の値になる。

シリーズへの給電のために使用する DC/DC コンバータに絶縁型のものを使用することで監視するバッテリーを電気的に独立させている。こうして LF シリーズの電源電圧を簡易的に監視する仕組みが構築できた。実際に結線した様子を図 4 に示す。バッテリーから AI 端子に直接出力せず、過放電防止装置からの出力を AI 端子に分岐させている。それは、停電した場合、過放電防止装置を介さないと LF シリーズへの電源供給が途絶えた後もバッテリーから電流が流れてしまい過放電になる恐れがあるからである。

次に、リモートで電圧値を得る方法を紹介する。これは広帯域地震計のマスポジション監視と同様である。ここでは二通りの方法を簡単に紹介する。一つは、コントローラに telnet でログインし airect コマンドで確認する方法である。詳細はマニュアルを参照されたい。もう一つは SNMP (Simple Network Management Protocol) を用いる方法である。例えば以下のようなコマンドをコントローラに送れば電圧値が返ってくる。

```
snmpwalk -c hakusan -v2c -Ovq 192.168.xxx.xxx .1.3.6.1.4.1.3693.20.5.1.~.1
```

ここで、c オプションで指定するコミュニティ名は固定値で hakusan, v2c は SNMP のバージョン (LF シリーズは v2c までサポート), Ovq は出力形式のオプション, 192.168.xxx.xxx はコントローラの IP アドレスである。~~ は使用する端子毎に異なり AI1 の値を得るには 40, AI2 は 41, … とする。コマンド末尾の数字はそのデジタイザが何個目かを表す。ここでは出力形式のオプションを Ovq としたので、出力は数字のみで 6280 のようになる。単位は mV である。もう一方の端子の電圧値も取得し、-6400 だったとすると電源電圧は 12.68 V である。シェルスクリプトを作るなどして定期的に値を取得すれば電源電圧が監視できるようになる。

最後に、必要な部材の作り方の例を紹介する。準備するものは固定抵抗器 2 つと電源ケーブル、圧着端子、絶縁キャップ、熱収縮チューブ、ヒューズである。固定抵抗器は安価な炭素皮膜固定抵抗を用いた。ただし、抵抗器で生じる消費電力をどれだけ抑えるかは検討すべきである。実際に観測点で導入しているものは定格容量が 1/4 W の 10 kΩ の抵抗器である。まず、図 5 のように抵抗器に圧着端子と絶縁キャップをつける。ショート防止の為、熱収縮チューブなどでリード線を保護するとより良い。次に、図 6 のように電源ケーブルの末端を加工する。また、機器の故障防止の為、ヒューズを用いた。以上のような簡単な方法で必要な部品が揃う。

導入結果

前述の通り、51 の地震観測点で LF シリーズを使用し

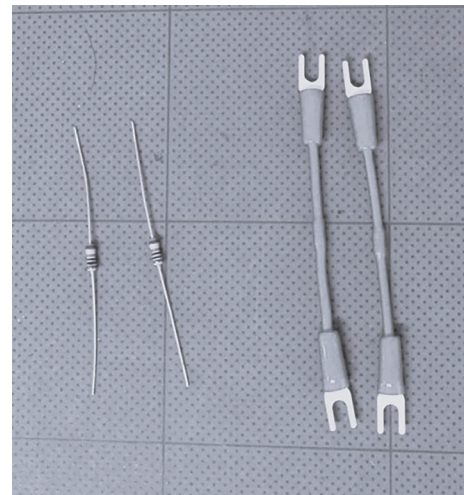


図 5. 部品加工の様子。左の 2 つの固定抵抗を右のように加工する。

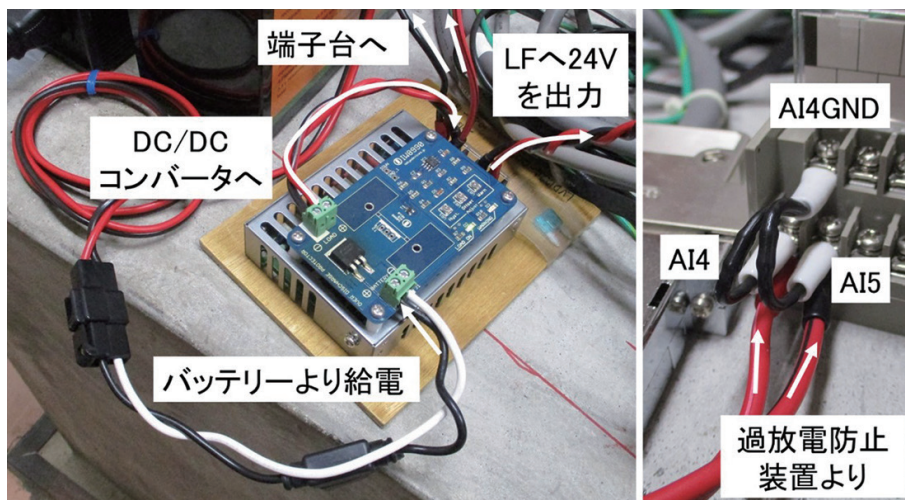


図 4. 実際に結線した様子。バッテリーからの約 12 V の出力は過放電防止装置を経由して AI 端子にかかっている。

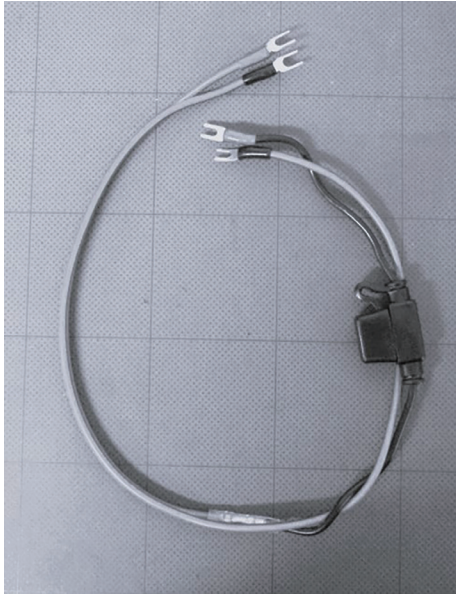


図 6. 部品加工の様子. 電源と端子台を繋ぐ電源ケーブルにヒューズを付けた.

ている. このうち 2023 年 9 月 29 日時点で 15 日に導入済みである. 図 7 は福島県にある湯ノ岳観測点で 2023 年 3 月 11 日に発生した停電の例である. この観測点の機器構成は図 1 と同様である. この日は 9 時~12 時頃に周辺で工事による停電があり観測点への給電が断たれた. 停電が始まる 9 時までは充電器がバッテリーをフロート充電する電圧を示している. 9 時以降は充電が止まりバッテリー自体の電圧を示している. 電圧は時間の経過とともに少しずつ低下した. この観測点は通信機器のバックアップ電源としてバッテリー容量の小さい無停電電源装置を使用している. 11 時頃にそのバッテリーが切れ, 途中で通信が断絶し電源電圧値を取得できなくなった. グラフの途中が切れているのはそのためである. その後 12 時すぎに復電し, 通信が復旧した. また, バッテリー充電器も再稼働し, バルク充電をした後, 再びフロート充電に移行したことが分

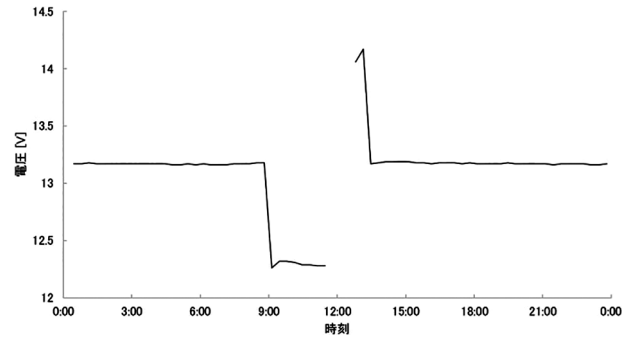


図 7. 湯ノ岳観測点の電源電圧の推移. 2023 年 3 月 11 日の電源電圧の時間変化を示している. データのない部分は通信機器の電源をバックアップする UPS からの給電が途絶えていた時間帯である.

かる. なお, 通信断絶中もバッテリーにより LF シリーズは稼働していた. このように, LF シリーズで電源電圧の監視が可能になり, 観測点の稼働状況, 特に電源の情報により詳細に得られるようになった. 未だに, 本システムを導入した 15 の地震観測点で突然の停電や電源関係のトラブルは起こっておらず活躍を見せていないが, 今後, トラブルが生じた際には原因の切り分けや特定に大きく寄与することが期待される.

ま と め

LF シリーズの電源電圧が監視できる新たな仕組みを構築した. 順次, 観測点に導入しており, 安定して稼働している. 今後も保守などで観測点を訪れた際に設置し, 監視できる観測点を徐々に増やしていく.

謝 辞: この仕組みの構築及び本稿の改善にあたり, 藤田親亮技術専門職員には多大なるご助言とご協力を賜りました. 技術研究報告編集委員会と塩原肇教授および匿名査読者には, 有益なご指摘を賜りました. ここに記して感謝申し上げます.