

## 機動地震観測支援機器「レナーツテスター」の開発

田中伸一<sup>\*†</sup>・蔵下英司<sup>\*\*</sup>

### Development of the assistive devices of mobile seismic observation [Lennartz Tester]

Shinichi S. TANAKA<sup>\*†</sup>, and Eiji KURASHIMO<sup>\*\*</sup>

#### 1. は じ め に

地震の観測は、その目的によって地震観測点の配置やその数が異なる。たとえば、規模の大きな地震の余震観測を行う場合は、震源決定の精度を上げるため、余震活動域を取り囲むよう稠密に地震観測点を配置する必要がある（例えば、Kato *et al.*, 2013; 田中ほか, 2016, 2017）。また、自然地震を用いて地下構造をイメージングする場合は、目標とする空間分解能に応じて地震観測点を線状に稠密に配置する（例えば、Kurashimo *et al.*, 2011, 2018; 田中ほか, 2015）。

明らかにしたい現象のスケールに応じて地震観測の理想的な空間密度と配置が決まる。従って、実際に地震観測網を構築する場合は、その理想的な配置から大きく位置を変えることができない。結果的に、稠密な観測網を作る際は、露岩、道路の擁壁や堰堤、建築物のコンクリート基礎や犬走りなど、空間の広さが十分ではない場所に地震観測点を設置せざるを得ない場合がある。

また、近年においては、余震観測のみならず、地下のイメージングをする物理探査においても、比較的低周波数（～1 Hz）の波を解析に用いることがあるが、前述のように、設置したい場所に空間的な余裕が十分ではない場合がある。従って、地震計は、その設置面積が小さいほど有利である。また、稠密に観測点を配置するためには、多数の地震観測機材が必要になるため、観測機材の体積が小さければ輸送効率も上がる。

Lennartz electronic 社 製の LE-3Dlite MkII / MkIII

2018 年 11 月 22 日受付, 2019 年 1 月 8 日受理.

<sup>†</sup> sst@eri.u-tokyo.ac.jp

<sup>\*</sup> 東京大学地震研究所技術部総合観測室

<sup>\*\*</sup> 東京大学地震研究所地震予知研究センター

<sup>\*</sup> Technical Supporting Section for Observational Research, Technical Division, Earthquake Research Institute, the University of Tokyo.

<sup>\*\*</sup> Earthquake Prediction Research Center, Earthquake Research Institute, the University of Tokyo.

（Lennartz electronic GmbH, 2018. 以降、レナーツとする）は、固有周波数 1 Hz の 3 成分速度型地震計である。この地震計は、固有周波数 4.5 Hz のムービングコイル型地震計が 3 つ内蔵されており、その固有周波数を電氣的に 1 Hz まで低くするための電子回路が搭載されているため、その筐体は直径が 95 mm と小型である。同じく固有周波数が 1 Hz である 3 成分ムービングコイル型の Sercel 社製 L-4C-3D（直径 203 mm）に比べて、レナーツの設置時の占有面積はおおよそ 22 % である。そのため、レナーツは、L-4C-3D に比べて狭い場所に設置が可能である。さらに、レナーツは、その消費電力がおおよそ 0.1 W であり十分に省電力であるため、臨時に稠密な地震観測を実施する場合によく用いられる（例えば、西本ほか, 2014; 酒井, 2017）。

また、臨時地震観測、とりわけ緊急を要する余震観測などでは、安全を確保しつつ迅速かつ確実に観測を実施する必要がある。たとえば、緊急余震観測は、多数の作業を行う必要がある。観測前には、地震観測機材の準備と動作確認、理想的な観測点の位置決め、現地の状況について情報収集、経路 / 機材輸送手段の決定、宿の確保を行う。出発後、観測エリアに到着したら、道路の通行止めや電気 / 水道などのライフラインの状態など安全に関する情報に留意しながら観測予定点へ移動し、地震計が設置できる場所を探索する。このとき、良い観測データを得るために、なるべくバックグラウンドノイズが低そうな場所、地盤のよさそうな場所を選ぶ。設置可能場所が見つかったらその土地 / 建屋の管理者と交渉し、設置許可を取る。その後、なるべく短期間に地震計を設置する。これらを繰り返して余震観測網を構築する。

このように、臨時地震観測を行う際には、観測準備から観測開始まで、多くの作業があり、それぞれの作業を短時間で確実に行わなければならない。特に緊急余震観測においては、自身の安全の確保と同時に被災された方々への配慮も必要不可欠であり、普段の観測とは状況が大きく異なる。現地にて作業できる時間も限られるため、作業が遅れ

ると夜間の設置作業をせざるを得なくなるなど、状況が切迫することもある。そのため、作業が煩雑になってしまうと、普段は起こさない失敗を起こしてしまう。従って、現場での作業をなるべく簡便にすることは、失敗を減らし、観測を成功させることにつながる。現場での作業を少しでも簡便にする努力は極めて重要である。

そこで、臨時機動地震観測の作業のうち、重要であり時間のかかる「レナーツの動作状態確認」、「バックグラウンドノイズレベルの把握」、「観測点間の車両等での移動」に注目し、それらを迅速かつ簡便に実施できる機動地震観測支援機器「レナーツテスター」を開発した。

## 2. レナーツテスターの開発

地震計の動作を確認する方法の1つとして、地震計を振動台に乗せて既知の振動を与える方法がある。その際に、地震計から出力される電圧値と振動の速度と地震計の感度から計算される電圧値が一致していることを確認する。しかし、この方法は大がかりであり、振動台の調整も煩雑なため、簡単には行えない。キャリブレーションコイルが内蔵されている地震計では、既知の振幅の電圧をキャリブレーションコイルに与え、メインコイルの電圧出力値を理論値と比較することで、動作確認が行える。しかし、レナーツにはキャリブレーションコイルは無い。また、レナーツを手で叩くなどして振動を与えて出力を確認する方法もあるが、定量的な評価は難しい。

一方で、レナーツの電子回路には「CAL (calibration)」機能が備わっている。これは、Weight lift 法を擬似的にシミュレーションする方法であり、ムービングコイルに既知の電圧を与えてコイルを動かしている。正常なレナーツのCAL 機能を作動させると、規定の振幅の波形 (CAL 波形) が出力される。しかし、CAL 波形が出力されなかったり、CAL 波形の振幅が小さかった場合は、そのレナーツは異常と判定できる。レナーツのケーブル接続用コネクターには、CAL 用のピンがあり、CAL 用のピンと GND のピンを素早くショート / オープンさせることで CAL 機能が動作する。本章では、この CAL 機能を利用して迅速かつ簡便にレナーツを動作確認する「レナーツテスター」の開発過程を紹介する。

### 2.1 レナーツの CAL 機能

レナーツ MkII の出力はシングルエンド方式であり、感度が  $400 \text{ V/m/s}$  である。正常なレナーツ MkII の CAL 機能を作動させると、UD/NS/EW 成分が同時に最大振幅約  $-1 \text{ V}$  (D/S/W 方向) の CAL 波形が出力され、その約 2.5 秒後に、最大振幅約  $+1 \text{ V}$  (U/N/E 方向) の CAL 波形が出力される (図 1a)。レナーツ MkIII の電圧出力はディファレンシャル方式であり、感度が  $800 \text{ V/m/s}$  である。正常

なレナーツ MkIII の CAL 機能を作動させると、UD/NS/EW 成分が同時に振幅約  $-2 \text{ V}$  (D/S/W 方向) の CAL 波形が出力され、その約 2.5 秒後に、振幅約  $+2 \text{ V}$  (U/N/E 方向) の CAL 波形が出力される。

一方で、レナーツのマニュアルには、CAL 機能を作動させた時の電圧出力は十分な調整を行っているわけではないと記述されている。実際に、出力感度検定済みの 50 個のレナーツ MkII の CAL 機能を作動させてみたところ、その振幅は最小で  $\pm 0.7 \text{ V}$ 、最大で  $\pm 1.3 \text{ V}$  であった。また、同じく検定済みの 40 個のレナーツ MkIII の CAL 機能を作動させてみたところ、その振幅は最小で  $\pm 1.7 \text{ V}$ 、最大で  $\pm 2.3 \text{ V}$  であった。ただし、それぞれのレナーツにおいて CAL 機能を作動させて得られる波形の最大振幅はほぼ同じであった。従って、CAL 機能を 2~3 回作動させて、最大振幅値が上記の値の範囲内であり、かつ同じような振幅の波形が得られれば、そのレナーツは使用可能と判断してよい。この CAL 機能を用いると、わずか 20 秒たらずでレナーツの動作確認ができるため、迅速で簡便な方法である。

ここで、不良が認められるレナーツ MkII の例を 1 つ紹介する。CAL 機能を作動させたところ、波形は 3 成分とも表示されるが、鉛直成分と南北成分の振幅が約  $\pm 0.02 \text{ V}$  と正常値の約  $1/50$  であり周期も短いように見える (図 1b)。一方で、東西成分だけ約  $\pm 1 \text{ V}$  と正常の範囲内であった。このレナーツに振動を与えてみても、波形は 3 成分とも表示されるが、やはり東西成分と比べて鉛直 / 南北成分の値は小さかった。おそらくレナーツ内部の電子回路の一

(a)正常なレナーツ (b)故障したレナーツ

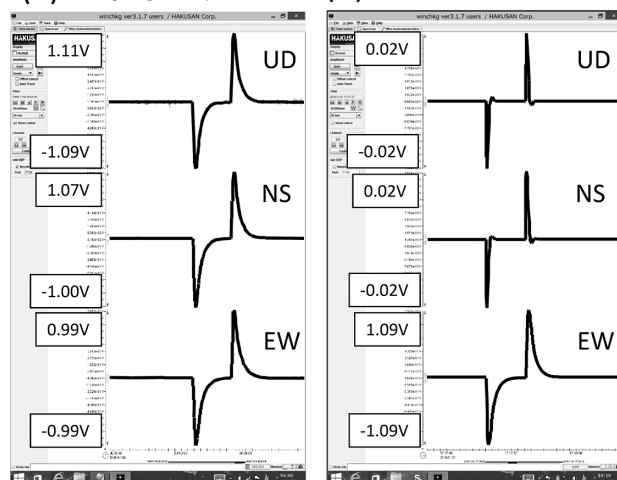


図 1. レナーツの CAL 機能を作動させて得られた CAL 波形。(a) 正常なレナーツの CAL 波形。(b) 故障したレナーツの CAL 波形。鉛直成分 (U/D) と南北成分 (N/S) の振幅は、(a) に比べて  $1/50$  と非常に小さく、波長も短い。一方で東西成分 (E/W) の CAL 波形の振幅や波長は、正常なレナーツのそれと同等である。

部が故障しているものと考えられる。ここで、注意すべきは、たとえ不良であったとしても、レナッツに振動を与えると波形が出力される場合がある点である。すなわち、レナッツに振動を与えて波形が出力されたとしても、その振幅が小さい場合は不良であるため、波形を見ただけでは判定が難しい。

また、校舎の犬走りや砂防堰堤など、基礎が強固なコンクリート構造物にレナッツを石膏等で固着させた場合、その周囲で強く足踏みしたりレナッツを直接叩いてみてもほとんど波形が出ない。なぜなら、強固な基礎とレナッツが一体になっているため、レナッツを揺らすためには構造物そのものを揺らさなければならず、観測者の与える力がそれに及ばないからである。以前であれば、レナッツの動作確認をする術が振動を与えるしかなかったため、レナッツを構造物から取り外してチェックすることもあった。このような場合、CAL 機能を使うことで、レナッツが使用可能かどうかを簡便に確認することができる。

以上をまとめると、レナッツの CAL 機能はレナッツが使用可能かどうかを迅速かつ簡便に判定することができる。ただし、地震計の感度を検定することはできない点に注意する必要がある。レナッツの計測値の正確さを担保するためには、定期的に振動台を用いたレナッツの検定を行うべきであろう。

## 2.2 レナッツテスターの構成

レナッツの CAL 機能を利用するためには、レナッツの電圧出力値をモニターして、その CAL 波形の振幅を定量的に把握する機器が必要になる。また、レナッツの動作確認は、機材出荷前のみならず、現場での地震計設置の前や、観測点保守の際にも行うため携行しやすく、迅速で簡便に波形をモニターできることが望ましい。

そこで、レナッツテスターのコンセプトを

- ・持ち運びやすくするために小型で商用電源無しで動くこと
  - ・迅速に作業するために機器の起動が速いこと
  - ・波形をモニターしやすいこと
  - ・CAL 機能をすばやく作動させること
- とした。

レナッツから出力された波形を取得するためのロガーとして、白山工業製のロガー「LS-7000XT」を選択した。その理由は、GPS 信号による時刻校正機能を OFF にすることにより 1 分足らずで起動し観測状態に至ること、地震波形データのフォーマットが WIN 形式（ト部，1994）であり内蔵のテレメータボードを介して WIN パケットを送出できること、WIN フォーマットのデータはパソコンを用いて波形表示を容易に行えること、筐体のサイズが比較的小さいこと、消費電力が約 1.5 W と比較的小さいため乾

電池で動作させることができる、などが挙げられ、上記のコンセプトを満たしている。LS-7000XT は、サンプリングレート：100 Hz、データビット長：24 bit、最小位相フィルタ、カットオフ：40 %、アンプ：0 dB に設定している。

次に、LS-7000XT にて WIN フォーマットの波形を表示させるために、Lenovo 社製タブレット PC「YOGA Tablet 2 with Windows」(図 2a) を選択した。その理由は、ディスプレイが 10.1 型ワイド IPS パネルであり、3 成分の波形を見るために十分な画面の大きさであること、9600 mAh の大容量バッテリーを搭載しており、商用電源無しで長時間使用することが可能であること、無線 LAN 機能や GPS 信号受信機能が備わっていること、OS が Windows 8.1 であり、波形表示アプリケーションや地図ソフトがインストールできること、である。一般的に、ロガーの波形をモニターするには、有線（シリアルケーブルや LAN ケーブル）にて PC と接続することで波形を表示させるが、無線 LAN を介して LS-7000XT とタブレット PC を接続すれば、操作性や自由度が上がり、利便性が高まる。

タブレット PC には白山工業製の WIN 形式データビューア Winchkkg をインストールし、WIN パケットを 7700 番ポートで受信してリアルタイムで波形を表示させることにした。Winchkkg に LS-7000XT の A/D 変換の量子化ビット数を入力し、レナッツから出力された波形の振幅を電圧で表示させる。まず、バックグラウンドノイズを表示させて、各成分にオフセットが乗っていないかどうかを確認する。通常のレナッツはオフセットが数十 mV に収まるが、数百 mV 以上のオフセットが乗っていることがあり、これは故障と判断できる。次に、CAL 機能を作動させて CAL 波形を表示させた後、各成分の縦軸を最大振幅に合わせることで、波形の振幅を素早く読むことができる。

LS-7000XT は有線 LAN のみを内蔵しているため、別途、NEC アクセステクニカ製無線 LAN ルーター「Aterm W500 P-B」を用意した。このルーターは小型であり、消費電力も最大 3.5 W と比較的省電力で、有線 WAN ポート兼 LAN ポートを 1 口備えている。W500 P-B を公衆無線 LAN モードに設定すると、上記ポートを有線 LAN ポートにすることができる。この状態で LS-7000XT と W500 P-B を有線 LAN でつなぎ、W500 P-B とタブレット PC を無線 LAN でつなぐ事で、LS-7000XT とタブレット PC 間で IP 通信が可能になる。LS-7000XT とタブレット PC はそれぞれ固定 IP アドレスを割り振る。LS-7000XT の WIN\_UDP 送出先をタブレット PC の IP/ポート番号に設定することで、WIN パケットがタブレット PC に届く。LS-7000XT を動作させるため、単一乾電池 BOX（8 直列）に Panasonic 社製エボルタ単一乾電池を装着し、約 12 V を給電する。同時に、レナッツにも約 12 V を給電させる。また、W500 P-B を動作させるため、同乾電池 BOX にスイッ



チングレギュレーター回路を接続し、12V から 5V まで降圧させて Micro-USB B タイプケーブルを用いて給電させる。レナーツの消費電力は約 0.1 W であるため、LS-7000 XT と W500 P-B を合わせても約 5 W であり、乾電池 BOX1 個で半日程度の連続稼動が可能である。

これらの機器を納める箱には、白山工業製ロガー LS-8000 SH 用の防滴ケースを採用した。この BOX の外装は FRP 製であり、その内側にウレタン板を張り合わせているため、軽くて衝撃に強い。また、取手もついているので、持ち運びも簡単である。この BOX はフタを完全に取り外せるためメンテナンスも容易である。なお、LS-8000 SH は既に現役を退いており、丈夫なケースを有効活用した形になる。この BOX に LS-7000 XT と W500 P-B、乾電池 BOX を収めた状態を、テスター BOX と呼称する。テスター BOX 内の各機器の配置を図 2b に、その外観を図 2c に示す。

LS-7000 XT と W500 P-B の ON/OFF を簡便にするために、乾電池 BOX と各機器を繋ぐ電線の間に Yueqing Fengxing Electric Factory 製カバー付スイッチ (ASW-07 D+S-01 TR(Red), 通称ミサイルスイッチ) を取り付けした。このミサイルスイッチのカバーは頑丈であり、ヒンジ部分のバネも十分に固いため、誤作動を起こしにくい。また、このスイッチには LED ランプが内蔵されており、スイッチを ON にして通電するとランプが点灯するため、通電の確認が容易である (図 2d)。

レナーツの CAL 機能を作動させるためには、CAL ピンと GND ピンをショートさせる必要があるが、一般的なレナーツのセンサーケーブルには、そのショート機能がない。そこで、レナーツテスター専用のコールボタン付センサーケーブル (テスターケーブル) を作成した。コールボタンを押し込んですぐ離すことで、素早く CAL 機能を作動させることができる。このケーブルの片方には、七星科学研究所製のオスコネクター (NRW-2012-PM8) を取り付けしており、テスター BOX には七星科学研究所製の防水メスコネクター (NRW-2012-RF) を取り付けしている。これらはワンタッチロック方式であり、素早くテスターケーブルを取り付けられる (図 2e)。

以上で述べてきたように、テスター BOX とテスターケーブル、タブレット PC を組み合わせることにより、場所や体勢を選ばず、簡便かつ迅速にレナーツの動作を確認できるレナーツテスターを完成させた。2018 年現在において、レナーツテスターを 3 台作成し、いつでも使用可能な状態で配備している。また、持ち運びやすくするために、エレコム社製キャリングケース (BM-SA04BK) を用意した。このキャリングケースは、レナーツテスターやその付属品、操作手順書 (6 章にて詳述する)、予備のエボルタ単一乾電池 8 個を全て格納できる。また、どこに何が入っている

かを明示するため、各部のファスナーにタグを取り付け、そこに収める物を明記した (図 2f)。

### 3. レナーツテスターのノイズ調査への応用

レナーツテスターは、レナーツを迅速に動作確認するために開発したが、そのスタイルは、小型の機動地震観測装置そのものである。従って、レナーツテスターとレナーツを組み合わせることで、リアルタイムで地動を確認できる。

たとえば、臨時地震観測にて、民家や公民館、学校などにレナーツを設置する際には、浄化槽のポンプや、エアコンの室外機、換気扇など、地震の観測を妨げる人工ノイズの影響が小さい場所を選びたい。これらのノイズ元多くは、交流モーターを使っているため、そのノイズは一定の周波数にピークを持つことが多い (ただし、インバーターを使用している機器の場合は、交流モーターの回転数を可変させることができるため、周波数のピークも変化する)。このような場合は、バックグラウンドノイズを計測し、その波形を高速フーリエ変換 (FFT) 解析して周波数毎のスペクトル強度を確認するとよい。また、河川や滝など大量の水の移動に伴うノイズや、交通量の多い道路の近くのノイズも同様に気にかける必要がある。これらのノイズは特定の周波数にピークを持たず比較的広い帯域にてスペクトル強度が高くなる傾向があるため、静かな場所で得たバックグラウンドノイズの FFT 解析結果と比較することで、ノイズレベルの評価が可能である。

タブレット PC にインストールしている白山工業製 Winchkg はリアルタイムで得た波形を FFT 解析し、グラフ表示させることができる。そこで、レナーツテスターを用いてレナーツの動作を確認した後、1, 2 分間バックグラウンドノイズを測定して FFT 解析することで、迅速なノイズ調査が可能である。ただし、調査をした瞬間に発生しているノイズしか把握できないので、定常観測点など長期観測が見込まれる場合は、人間活動が時刻のみならず曜日でも変化するため、1 週間以上のノイズ調査を行うことが望ましい。

ここで、ノイズ調査にかかる時間を調べるため、東京大学地震研究所 1 号館の犬走り 3 ヶ所において、レナーツテスターとレナーツ MkII を用いてノイズ調査を行った。1 号館の南側はエアコン用大型室外機が 2 階から 6 階に備え付けられており、その動作音が聞こえる。1 号館の西側は、機械室に位置し、こちらでも機械の動作音が聞こえる。1 号館の東側は、近くに稼動している機械がなく、耳で聞こえるほどの人工ノイズはない。また、ノイズの比較のために、2 号館 B-22 号室の地震計台においてもノイズ調査を行った。この地震計台の基礎は、2 号館建屋の基礎とは独立しており、2 号館内で発生する人工ノイズを拾いにくい。

2018 年 11 月 21 日 13 時 56 分に、1 号館東側よりノイズ



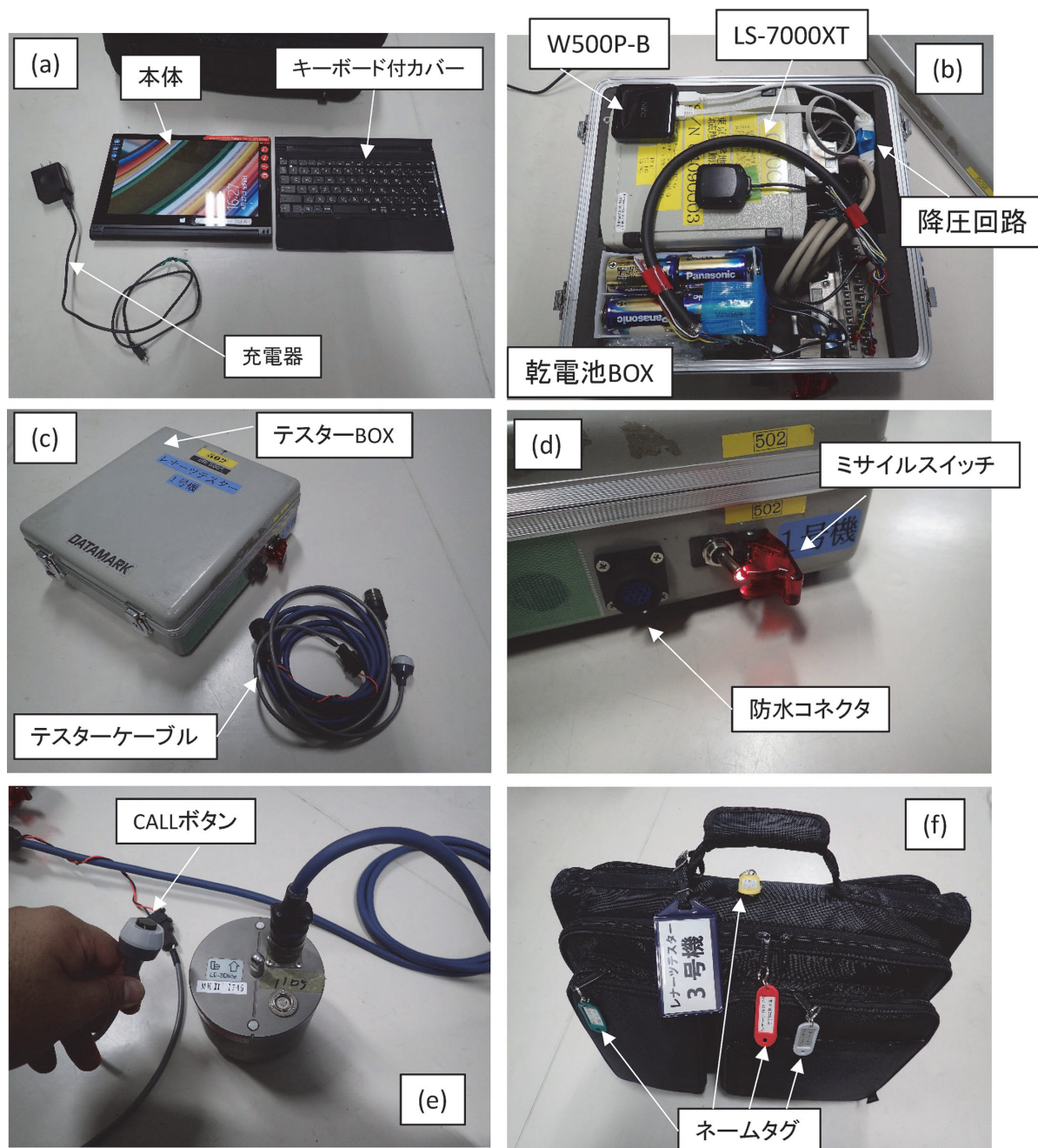


図 2. レナッツテスターの構成. (a) Windows タブレット PC「YOGA Tablet 2 with Windows」. (b) LS-8000SH の防滴ケースに、ロガー LS-7000XT と GPS アンテナ、W500P-B、乾電池 BOX を収め、ミサイルスイッチやセンサーコネクタを取り付けて配線した状態. (c) テスター BOX とテスターケーブルの外観. (d) テスター BOX に取り付けしたミサイルスイッチとテスターケーブルを取り付けるための防水コネクタ. (e) テスターケーブルの CALL ボタンの拡大図、テスターケーブルがレナッツ MkII と接続されている状態. (f) レナッツテスターのキャリングケース、各ポケットのファスナーにネームタグを取り付け、どこに何かを収めるべきかを記している

調査を開始した。最初は正規の手順でレナッツテスターを起動させ、レナッツの水平と方位を合わせて設置する。バックグラウンドノイズは約 2 分間計測し、FFT の解析結果をグラフで確認した。その後、テスター BOX の電源を ON にした状態で、テスターケーブルを BOX から外し、1 号館南側に移動し、レナッツを設置後、テスターケーブル

を BOX に繋ぎノイズを調査した。その後、同様の手順で 1 号館西側に移動し、ノイズ調査を行った。その後、レナッツテスターを終了させ、その時刻は 14 時 08 分であった。3 ヶ所のノイズ調査におよそ 12 分かかり、1 ヶ所あたりのノイズ調査の所要時間は移動込みでおよそ 4 分程度と迅速に計測を行うことができた。



FFT 解析を行った結果を図 3 に示す。2 号館 B-22 号室の FFT の結果は、3 成分とも 2~3 Hz あたりにパワースペクトルのピークを持ち短周期側にむけて比較的滑らかに減少しており、比較的静かな状況である。その一方で、1 号館東側の犬走りの鉛直成分は、1~10 Hz 付近までは 2 号館地震計台と大きな差が見られないが、10 Hz より短周期ではパワースペクトルが高くなる傾向が見られる。水平成分においては、2 Hz および 5 Hz 付近に明瞭なパワースペクトルのピークが見られ、10 Hz より短周期側は鉛直成分と同様にノイズである。ノイズ音の聞こえていた 1 号館南側および西側の犬走りの 2 Hz から 5 Hz の間の帯域においては、東側に比べてさらにパワースペクトルが高くなっている。ノイズ波形を表示させた場合の振幅も東側に比べて南側 / 西側は 2 倍ほど大きかった。以上により、1 号館東側のノイズが一番小さいことが定量的にあきらかになった。レナツテスターを用いてノイズ調査を行うことで、迅速に波形や FFT 解析結果を得ることができ、余震観測などの臨時観測の際には定量的な判断の下に地震計の設置場所を決めることができる。

#### 4. タブレット PC を用いたナビゲーション

レナツテスターのタブレット PC には、GPS 信号を受信して位置情報を取得する機能（GPS 測位）が内蔵されている。また、タブレット PC は片手でもてるうえ、バッテリーで長時間駆動するため、持ち運びしやすい。

そこで、タブレット PC に昭文社製地図ソフト「スーパーマッフル・デジタル 16」をインストールすることにした。スーパーマッフルは、GPS 測位情報を地図上に表示させることができるため、自分が今どこにいるか、どの方向に移動しているかを迅速に把握することができる。スーパーマッフルの地図は、道路の情報が豊富であり、国道 / 県道が明瞭に表示されており、地図の中心付近の大まかな住所も表示させることができる。従って、車両にて観測点間を移動する際に、助手席にて地図と風景を交互に見ながら、ルートを確認することが可能である。

この機能を最も便利と感じたのは、2018 年に実施した、大規模アレイ観測の地震観測候補点（合計で 600 点）を決める現地踏査の際である。このアレイ観測では道路沿いに

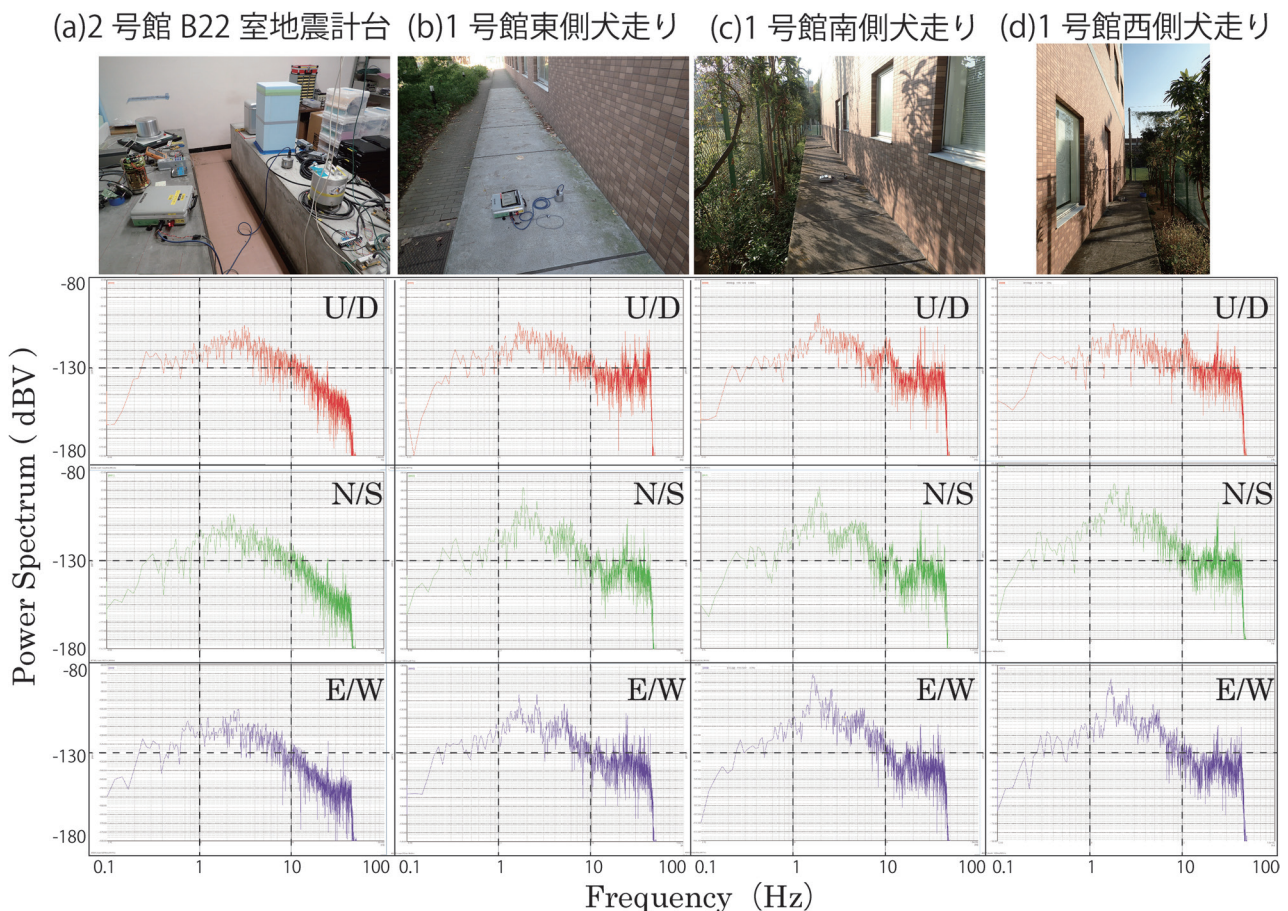


図 3. 2018 年 11 月 21 日に東京大学地震研究所にて実施したノイズ調査の風景とそれぞれの FFT 解析結果。(a) 2 号館 B-22 号室の地震計台。(b) 1 号館東側犬走り。(c) 1 号館南側犬走り。(d) 1 号館西側犬走りであり、FFT 解析結果は上から鉛直成分 (U/D)、南北成分 (N/S)、東西成分 (E/W) である。

200~300 m という短い間隔で観測点（固有周期 4.5 Hz の 3 成分速度型地震計 (Geospace 製 GS-11D-3ch) を設置予定）を展開するため、短時間で車両の移動と乗下車を何度も繰り返す。また、踏査では、アレイ観測の基準線および点から垂直に伸びる投影線を引き、そこから数十 m 程度の範囲内で観測候補点を決めなければならない。

そこで、スーパーマップルの描画機能を用いて、基準点、当初予定点、投影線を地図上に表示させた (図 4)。タブレット PC を片手で持ち、GPS 位置情報を見ながら投影線と交わる箇所まで移動できるため、動作に無駄がなく迅速に踏査を実施できる。観測候補点付近では、地震計やロガーを設置可能か目視確認およびロックハンマー等で擁壁を叩いたり土壌を掘り返しての状況確認、予定点の写真撮影、ハンディ GPS 位置測定、チェックシートへ必要項目の記入を行う。同踏査においては、大きな迂回がなく移動時間のロスが少ない条件において、地震観測候補点を一日に 92 点決めることができた。これは、1 点あたりにかかる時間

が移動込みで平均約 5 分間と非常に早いペースであった。

注意点としては、各動作の無駄をなくして効率を上げた反面、作業の時間的密度が高まるため疲労の蓄積も大きくなる。オーバーワークや熱中症にならないよう、効率化して短縮した時間の一部を使って、適度に休憩を取り水分や塩分を補給するよう心がけるべきである。

## 5. タブレット PC を用いた機動観測用ロガーの操作

2018 年現在において、大規模なアレイ観測等の機動観測に用いるロガーは、クローバテック製 DAT-5/5A や白山工業製 LS-8800 が挙げられる。DAT-5/5A を観測状態にするためには、Windows パソコンとシリアルケーブルを介して通信させ、2GTerm for Windows というアプリケーションを用いて各設定値を入力し、観測開始させる必要がある。また、LS-8800 は筐体に付属のディスプレイやボタンを用いて操作することができるが、そのディスプレイに波形を表示する機能はない。一方で、波形をシリアルバスより出力させる機能を有しており、Windows 専用のアプリケーションを用いてリアルタイムで波形表示をさせることができる。地震観測点に LS-8800 を設置したり保守する際には、地震計やロガーの状態を確認するために、リアルタイム波形表示をさせることが望ましい。

レナッツテスターのタブレット PC の USB 端子は Micro-USB B タイプであり、Micro-B-USB-A 変換コネクタおよびシリアル USB 変換ケーブルを用いることで、シリアル通信が可能である。また、タブレット PC の OS は Windows 8.1 なので、上記のアプリケーションをインストールすることができる。そこで、Micro-USB B タイプ変換コネクタに OAproda ブランドの USB-OTG-AD-BL を、シリアル USB 変換ケーブルに BUFFALO 社製 BSUSRC0605BS を用意した。2017 年度に実施した紀伊半島西部アレイ観測においては、DAT-5/5A を 50 台、LS-8800 を 40 台設置して観測を行ったが、このタブレット PC を用いて、DAT-5/5A を操作したり LS-8800 の波形をリアルタイムで表示させて動作確認を行った実績がある。

## 6. レナッツテスターの操作手順書の作成

レナッツテスターは、レナッツの動作確認やノイズ調査を行うことができ、さらに、タブレット PC を用いて観測点ナビゲーション、DAT-5/5A の操作、LS-8800 の波形確認を行うことができるため、1 台で 5 役をこなす機動地震観測支援機器である。多機能であるため、レナッツテスターを現場で迷いなく使用するためには、操作方法が明記された手順書が必要不可欠である。そこで、機器の写真やタブレット PC の画面キャプチャ画像を多用し、レナッツテスターの 5 役それぞれの操作方法をなるべくわかりやすく説明した手順書を作成した。その過程で、技術職員複数名に

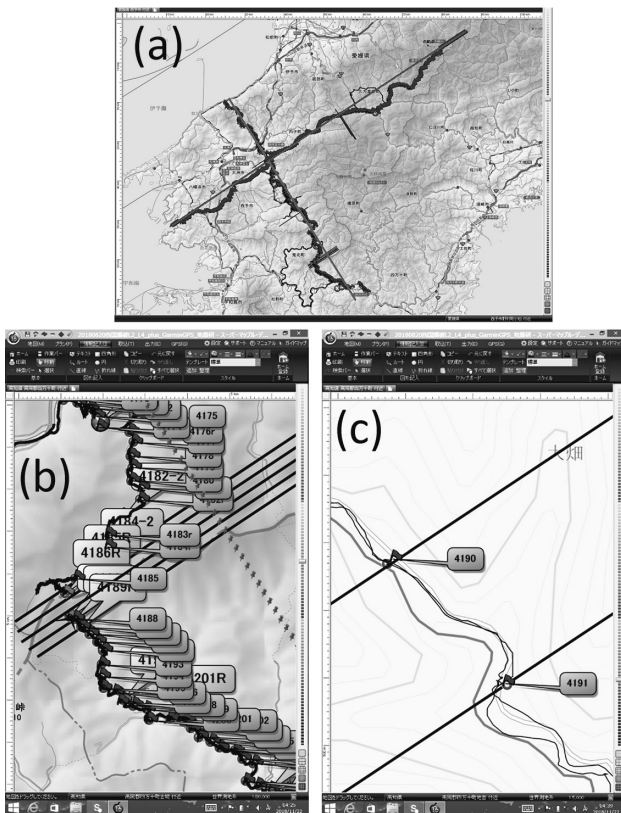


図 4. スーパーマップル・デジタル 16 の地図上に、2018 年に実施した四国西部エリアにおける地震観測理想点とその投影線、観測予定点を示した。(a) 踏査したエリアの全体図であり、合計で 600 点をプロットしている。(b) 地図の拡大 (中)、理想点 (赤ピン) と投影線 (黒直線)、観測予定点 (赤色の旗) の関係。投影線の角度は理想点のラインと直交させている。(c) 地図を最大に拡大した状態。観測候補点が投影線上にある。また、赤丸は GARMIN 社製ハンディ GPS「GPSMAP 62SCJ」を用いて観測候補点上で測位した結果であり、両者の位置はほぼ一致する。



手順書を見ながら実際に操作してもらい、問題点やわかりにくい点を指摘していただき、順次改定した。その操作手順書「1台5役！かんたん！！レナーツテスターの使い方～機動観測をこれ1台で～」を末尾に添付する。

## 7. 今後の展望

観測の機動力やハンドリングを良くする一つの解として、小型で動作の速い機器の開発が挙げられる。レナーツテスターは、既存のロガーや市販の無線ルーター、タブレットPCを組み合わせて開発したため、簡単に持ち運びができる程度に小型化でき、かつ製作費は民生品の購入のみであったため、コストパフォーマンスが高かった。今後は、緊急地震観測や臨時地震観測の際にレナーツテスターを使うことで、観測者の作業効率が上がり、現場での負担を軽減できるであろう。

一方で、ハードウェア面においては、ロガーや無線モジュール、筐体などをより小さくすることで、さらに小型化する余地を残している。また、ソフトウェア面においても、波形描写をよりよくしたり、ノイズレベルを評価しやすくするためにRMSやランニングスペクトルを図示できたりすると便利である。レナーツテスターのさらなる開発には、予算とアイデアが必要であるが、機動地震観測においても、小型化、省電力化、迅速化が求められており、課題の進むべき方向性はレナーツテスターと同じである。地震観測の専門家である技術職員が装置の開発に携わることで、より利便性の高い機動地震観測装置やその支援機器を作ることができるだろう。

**謝 辞：**レナーツテスターの開発にあたり、東京大学地震研究所技術部技術開発室の浦野幸子技術職員には、ミサイルスイッチの配線関係のご助言を頂きました。東京大学地震研究所技術部総合観測室の藤田親亮技術専門職員、安藤美和子技術職員、西本太郎技術職員、佐伯綾香技術職員には、レナーツテスターの操作手順書を作成するにあたり、

ご助言とご助力を頂きました。また、東京大学地震研究所海半球観測研究センターの塩原肇教授および東京大学地震研究所地震火山噴火予知研究推進センターの飯高隆准教授には有益なご助言を頂きました。記して深く感謝いたします。

## 文 献

- Kato, A., T. Igarashi, K. Obara, S. Sakai, T. Takeda, A. Saiga, T. Iidaka, T. Iwasaki, N. Hirata, K. Goto, H. Miyamachi, T. Matsushima, A. Kubo, H. Katao, Y. Yamanaka, T. Terakawa, H. Nakamichi, T. Okuda, S. Horikawa, N. Tsumura, N. Umino, T. Okada, M. Kosuga, H. Takahashi and T. Yamada, 2013, Imaging the source regions of normal faulting sequences induced by the 2011 M9.0 Tohoku - Oki earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, **40**, 273-278.
- Kurashimo, E., H. Sato, S. Abe, T. Iwasaki, T. Iidaka, N. Kato, S. Koshiya, T. Kawanaka and N. Hirata, 2011, Precise aftershock distribution and crustal structure in and around the northern focal area of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake, *Earth Planets Space*, **63**, 949-954.
- Kurashimo, E., T. Iidaka, N. Tsumura, H. Nakasako, T. Iwasaki and N. Hirata, 2018, Active and passive seismic experiments in the western part of Kii Peninsula, southwestern Japan, *Japan Geoscience Union Meeting 2018*, SSS11-P11.
- Lennartz electronic GmbH, 2018, Lennartz electronic Web top page, <http://www.lennartz-electronic.de/>, (参照 2018-12-25) .
- 西本太郎・辻 浩・森 健彦・藤田親亮・田中伸一・酒井慎一, 2014, 長野県焼額山で発生した群発地震のオフライン観測, 平成 25 年度東京大学地震研究所職員研修会, P-14.
- 酒井慎一, 2017, 長野県小谷村風吹岳付近の地震活動, 2017 年度地震学会秋季大会, S09-01.
- 田中伸一・蔵下英司・酒井慎一・佐藤比呂志・平田 直, 2016, 2015 年ネパール・ゴルカ地震 (Mw7.8) の緊急余震観測, 平成 27 年度東京大学地震研究所職員研修会, 1-06.
- 田中伸一・蔵下英司・酒井慎一, 2017, 小型地震観測装置を用いた緊急余震観測の紹介, 総合技術研究会 2017 東京大学, O06-11.
- 田中伸一・坂 守・蔵下英司, 2015, 新型オフラインロガー GSX の導入と長野県北部の地震の余震観測への応用, 平成 26 年度東京大学地震研究所職員研修会, 1-05.
- ト部 卓, 1994, 多チャンネル地震波形データのための共通フォーマットの提案, 日本地震学会講演予稿集, No. 2, P24.

レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S. Tanaka

# 1 台 5 役！かんたん！！

## レナーツテスターの使い方

～～機動観測をこれ 1 台で～～

構成（詳しくは P2 を参照）

- ・ Windows タブレット PC（波形表示・DAT 操作・地図ソフト+GPS）
- ・ テスターBOX（LS-7000XT と無線 LAN を内蔵）
- ・ レナーツテスター用ケーブル

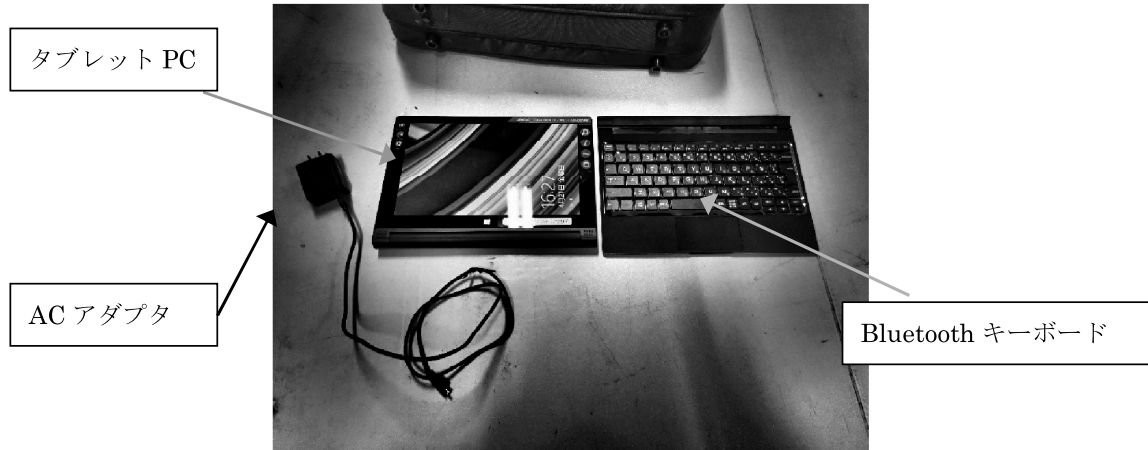
### 目次

- 1 役目：レナーツテスター（起動からテストまで 2 分！）として使いたい  
→かんたんマニュアル P. 4 へ
  - 2 役目：DAT-5/5A を操作したい  
→かんたんマニュアル P. 8 へ
  - 3 役目：LS-8800 の波形モニターとして使いたい  
→かんたんマニュアル P. 10 へ
  - 4 役目：地図ソフト（スーパーマップル）+ GPS で観測点にたどり着きたい  
/稠密アレイ等の踏査に使いたい  
→かんたんマニュアル P. 14 へ
  - 5 役目：フィールドで簡単に短時間ノイズ調査したい  
→かんたんマニュアル P. 16 へ
- トラブルシューティング  
→かんたんマニュアル P. 20 へ

レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S.Tanaka

---レナーツテスター構成の詳細---

Windows タブレット PC : LENOVO YOGA TABLET 2 (PW : 無し)



テスターBOX・専用ケーブル /

テスターBOX 内部



※テスターBOX 内部構成 : LS-7000XT/wifi ルーター/電池 BOX (エボルタ単一 x 8)

例 : タブレット PC に USB/シリアル変換ケーブルとシリアルクロスケーブルを接続



※LS-8800 の波形を表示させるときに使用します。



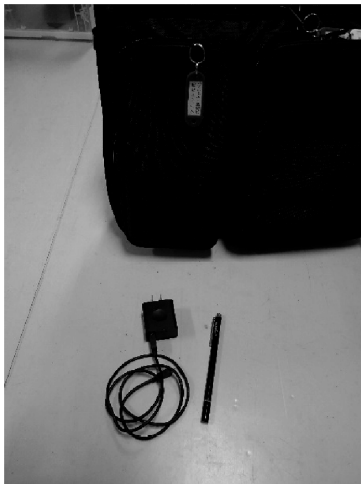
レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S. Tanaka

\*\*\*\*\*キャリーバッグ内の機材配置（2018/06/06 現在）\*\*\*\*\*

各ポケットのジッパーにネームタグ（入れるべき部品）を取り付けています。



緑タグ：タブレット用 AC アダプタ，タッチペン / 白タグ：タブレット PC



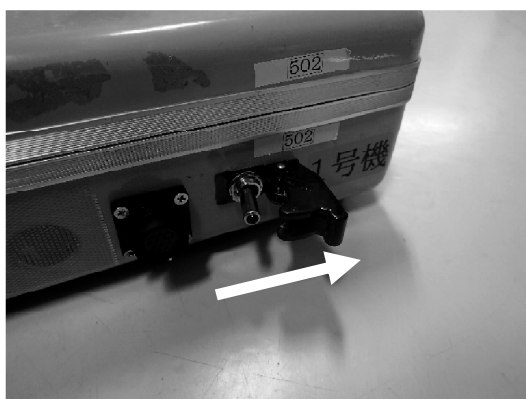
赤タグ：テスターBOX，予備電池 / 黄タグ：ケーブル 4 種類，XT 用 AC アダプタ



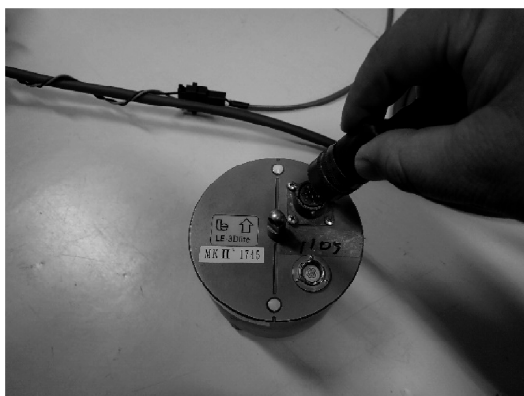
レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S. Tanaka

1 役目：レナーツテスターとして使いたい！

- ① タブレット PC，テスターBOX，専用ケーブル（コールボタン付），タッチペンを準備します．テストできるレナーツはLE-3Dlite MkII, MkIII で，レナーツテスター用ケーブルを装着できるタイプに限ります．
- ② テスターBOXのミサイルスイッチのカバーを開けてトグルスイッチをONにします．するとスイッチの先が赤く光ります．起動には約 1 分かかります．※もし赤く光らない場合は電池切れか内部回路の断線等の故障です．→トラブルシューティング (P.20) へ

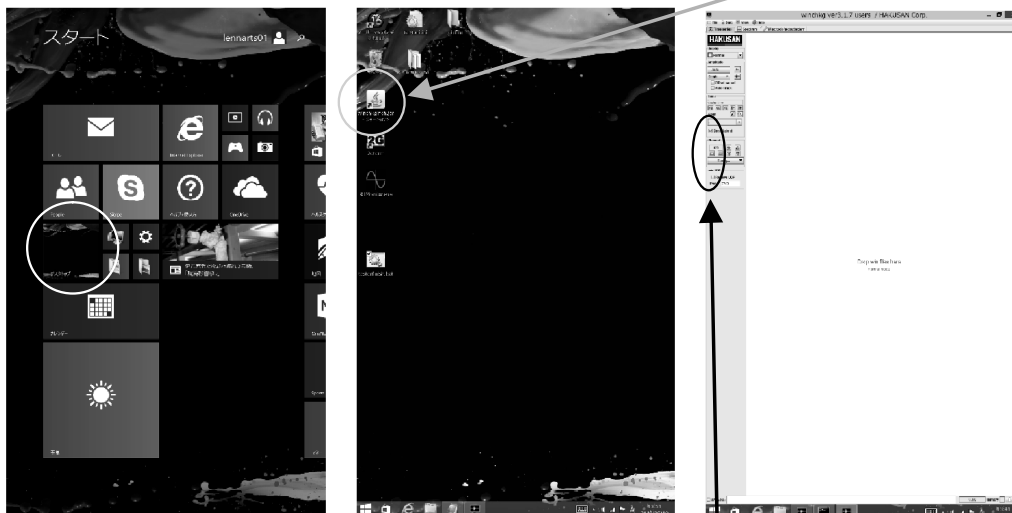


- ③ タブレット PC の電源を ON にして Windows を立ち上げます．※パスワードはありません．
- ④ テストするレナーツを水平に調整します．円の中に気泡が入っていれば OK！※傾いていると NS/EW の出力値が大きくなるので注意．
- ⑤ レナーツに専用ケーブルを差し込んだ後に，テスターBOXに同ケーブル取り付けます．※なるべく電源を入れたレナーツに触らないようにするためです．

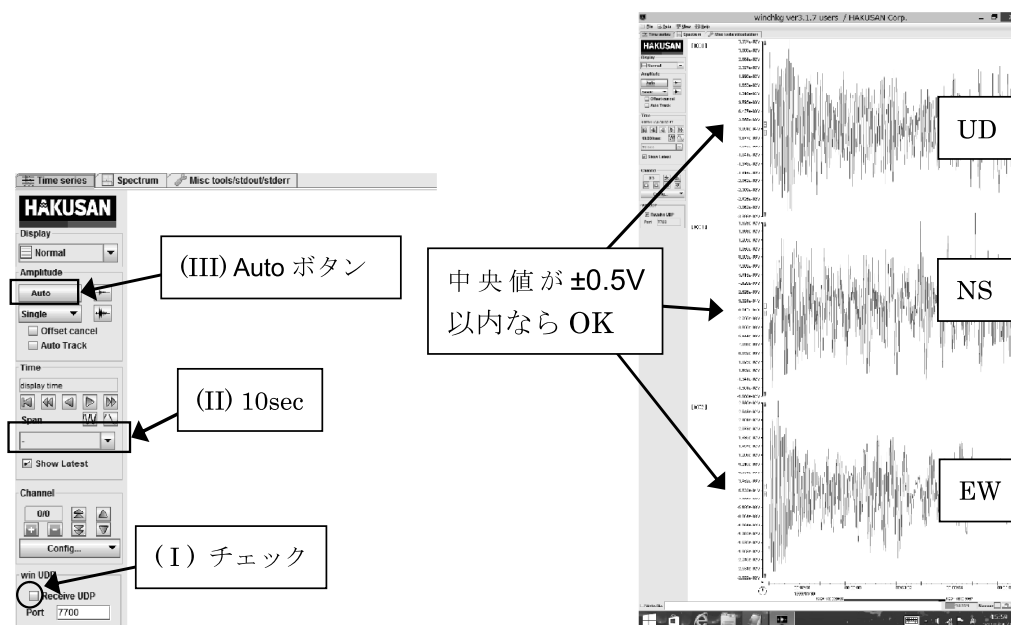


レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S.Tanaka

- ⑥ タブレット PC が立ち上がったら、デスクトップを表示させ、winchkglInch.jar をダブルタップします。



- ⑦ Winchkgl が立ち上がったら、全画面表示にし、Receive UDP および Show Latest にチェックを入れます。Port は「7700」になっているはずです。
- ⑧ 画面に波形が表示されたら、Time の Span を「10sec」に変更してください。波形は上から UD, NS, EW です。縦軸はレナーツの出力電圧 (V) です。レナーツ地震計出力のオフセットの有無を判定します。静かな状態で Amplitude の「Auto」ボタンを押し、中央値が  $\pm 0.5V$  の範囲に収まっていたら正常です。



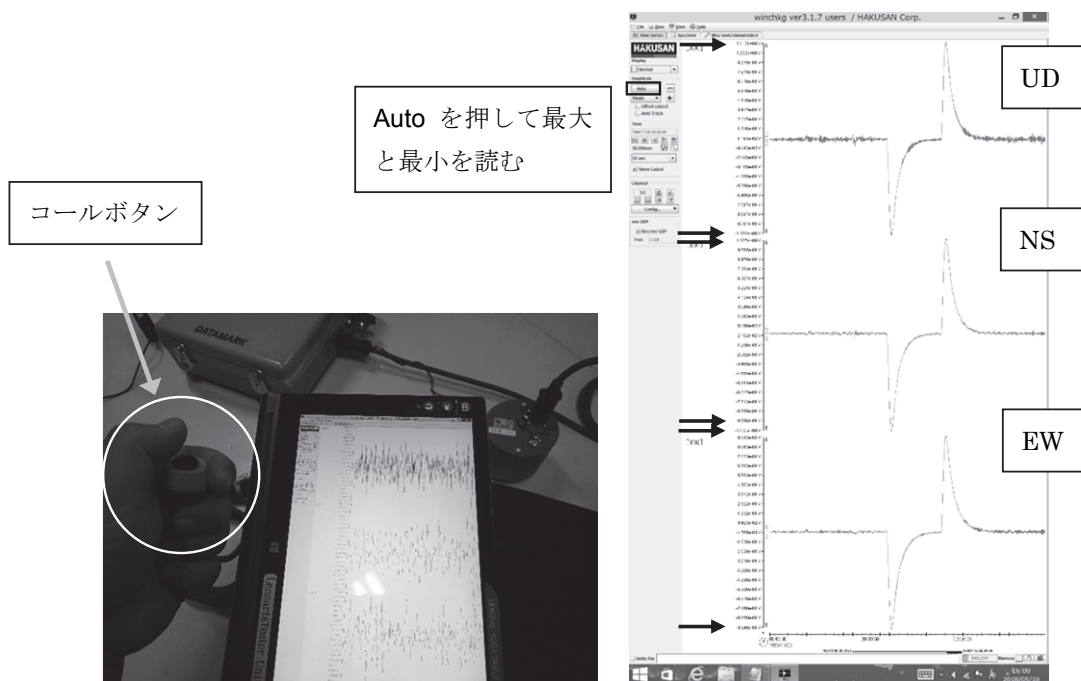


レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S. Tanaka

- ⑨ Time の Span を「30sec」に変更し、専用ケーブルのコールボタンを押します。最初にダウン、後にアップの波形が現れるので、2つの波形がでた後に「Auto」ボタンを押すと、各成分の縦軸のスケールが波形振幅の最大値と最小値と同じになるので下記の範囲内かどうか判断します。※記録を取っておくと将来のチェック時の参考になるでしょう。

MkII の正常値                      ダウン：-0.7~-1.3V, アップ：+0.7V~1.3V

MkIII の正常値                      ダウン：-1.7~-2.3V, アップ：+1.7V~2.3V

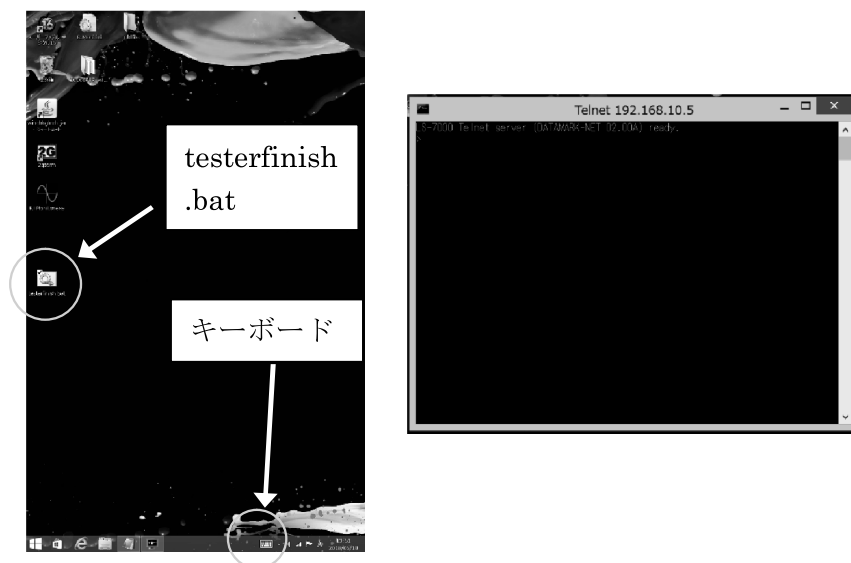


- ⑩ 念のためもう一回コールボタンを押して Auto を押し、⑩と似たような値ができれば、そのレナーツは正常です！！
- ⑪ さらに他のレナーツをテストするときは、(I)専用ケーブルをテスターBOXから取り外してレナーツへの通電をカットした後、レナーツから専用ケーブルを取り外します、(II)テストするレナーツを水平に調整して専用ケーブルを取り付け、その後にテスターBOXに同ケーブルを取り付けます。⑧~⑩を実行します。

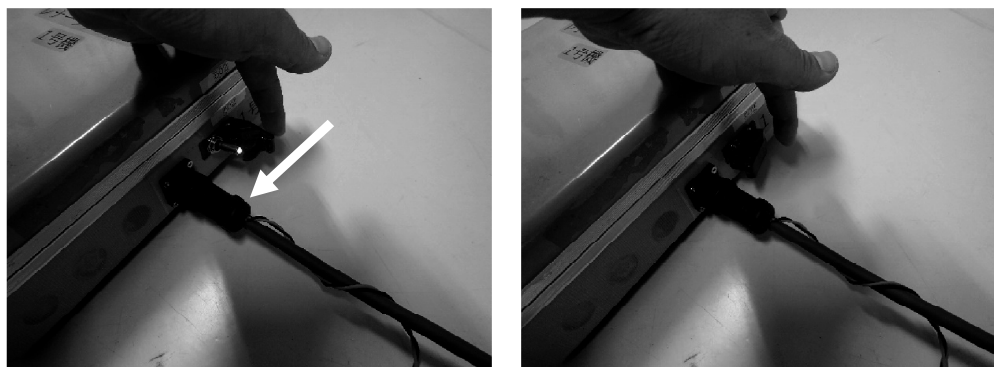
レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S.Tanaka

＜レナーツテスターのシャットダウン手順＞

- ① **Telnet** でテスターBOX 内部の **LS-7000XT** にアクセスし観測を停止させます。デスクトップの「**testerfinish.bat**」をダブルタップすると、コマンドプロンプトが起動し **LS-7000XT** に **Telnet** でログインした状態になります。ソフトウェアキーボード(日本語入力(あ)を英語入力(A)に変えること)で「**zlt**」と入力し、エンターを押すと観測が停止します。**Winchkg** の波形の更新がとまったことを確認します。最後に「**exit**」と入力して終了。



- ② レナーツテスター本体のミサイルスイッチのカバーを閉じるとトグルスイッチも連動して **OFF** になります。



- ③ タブレット PC の **Winchkg** を右上の **X** ボタンで終了させ、タブレットの画面右の外から内側に向かってスワイプし「設定」→「電源」→「シャットダウン」を押して **Windows** を終了させる。
- ④ それぞれの機材を所定の場所へ収めて終了です。お疲れ様でした！

レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S. Tanaka

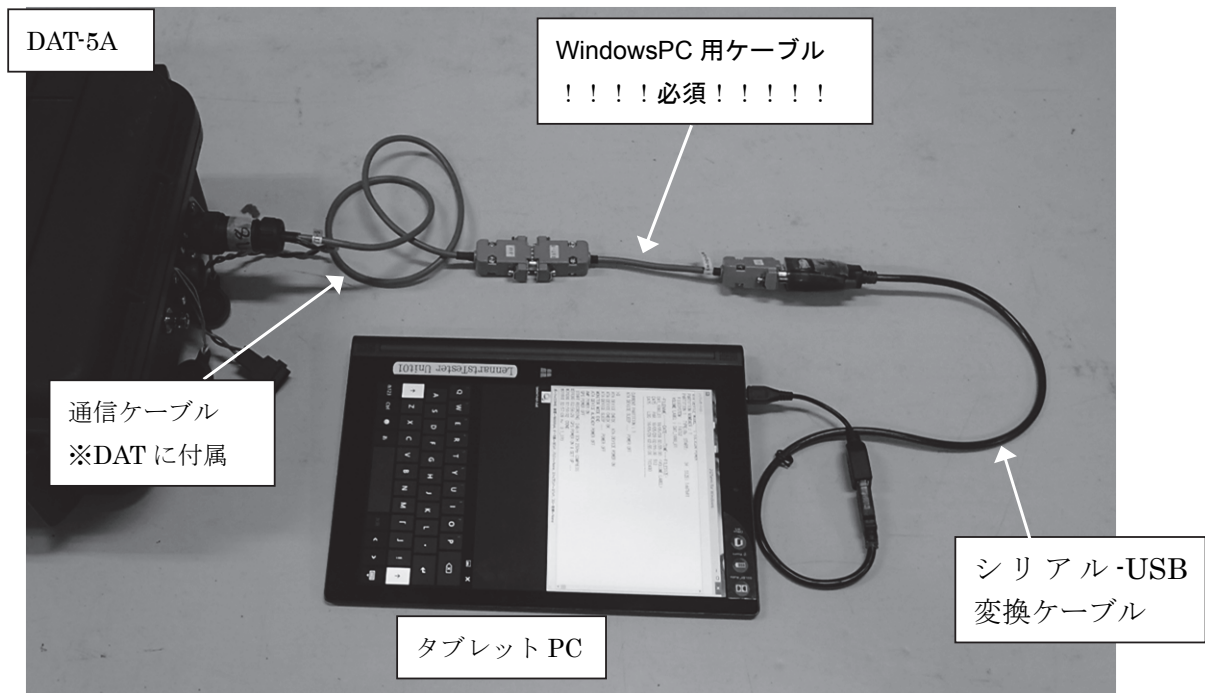
2 役目 : DAT-5 / 5A を操作したい.

はじめに

DAT-5 / 5A は 2GTerm というソフトウェアを用いて操作します. 従来は, HP 社製のミニコンピューター (MS-DOS) を使っていましたが, 老朽化にともない数が減ってきましたので, タブレット PC に 2GTerm をインストールして操作できるようにしました.

準備するもの

- ・タブレット PC
- ・シリアル・USB 変換ケーブル
- ・DAT-5/5A 用 WindowsPC 用ケーブル



DAT5 の操作自体は設置/交換/回収の各チェックシートを参照してください.

- ① DAT-5 / 5A に電池 BOX をつなぎ電源を入れます.
- ② DAT-5 / 5A の通信用コネクタに WindowsPC 用ケーブル・シリアル-USB 変換ケーブルを繋ぎ, タブレット PC と DAT-5 / 5A を接続させます. ※WindowsPC 用ケーブルを使わないと通信できません.



レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S. Tanaka

- ③ 2GTerm を起動させた後に、ソフトウェアキーボードを立ち上げます。最初は日本語入力（あ）になっていることが多いので、「あ」を押して「A」表記にします。
- ④ バックslashを押したいときは、「&123」キーを押して「¥」を押します。
- ⑤ 2GTerm のコマンド入力は大文字を使いますので、**Caps Lock** をかけておくことをお勧めします。「↑」キーを素早く 2 回タップすると「↑」の背景が白くなりロックがかかります。
- ⑥ 別途用意された適切なチェックシートにしたがって DAT-5/5A を操作します。
- ⑦ DAT-5/5A の操作が終わったら、シリアル-USB 変換ケーブルを抜き、2GTerm の右上の X マークをタップして終了させます。  
※シリアル-USB 変換ケーブルの消費電力は割りと高いので、連続で保守が入る場合でも一旦タブレット PC から抜くことをお勧めします。  
※※変換ケーブルを抜いて再度挿すと、2GTerm が通信を確立できない場合がありますので、2GTerm も再起動してください。

※DAT の操作方法については、適切なチェックシートを参考にしてください

※※2018 年 5 月現在において、DAT-5/5A のファームウェア改修により、小文字の「u」コマンドで、GPS の閏秒を取得できているかどうかを判定できるようになりました。

※G コマンドの出力時刻と電波時計等を比較してうるう秒を校正できているかどうか確かめる作業が必須ではなくなりました！

レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S. Tanaka

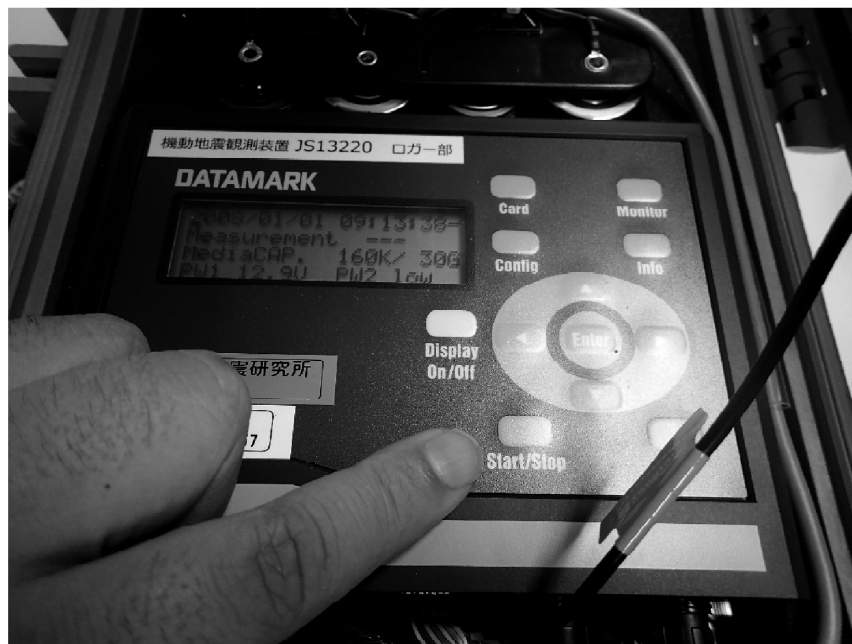
### 3 役目：LS-8800 の波形モニターとして使いたい

はじめに

LS-8800 は PC とシリアル通信ケーブル（クロス）で繋ぎ、RTMonitor ソフトウェアを立ち上げることで、リアルタイムで波形を表示できます。

2018 年 5 月現在において LS-8800 の観測方法には 2 パターンあります。1 つは青プラコンに LS-8800 を収めて大容量バッテリー（または乾電池 BOX）で動かす標準タイプと、専用ペリカンケース（防水防塵タイプ）に収め乾電池で駆動させるペリカンタイプです。ペリカンタイプの場合は専用のシリアル通信ケーブルを使います。今回は主にペリカンタイプの説明を行います。

- ① LS-8800 とレナーツ地震計をつなぎ、電源を投入して観測状態にします。SD カードにコンフィグファイルが入っている場合はオートスタート（設定で OFF にもできる）になります。ファイルが入っていない場合は、待機状態になるので、Start/Stop ボタンを押して手動で観測を開始させます。



- ② タブレット PC の電源を ON にし、シリアル・USB 変換ケーブルを取り付けておきます。LS-8800 とシリアル通信ケーブル（クロス）を繋ぎます。写真は、ペリカンタイプの接続例です。（次ページに続く）

レナッツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S. Tanaka

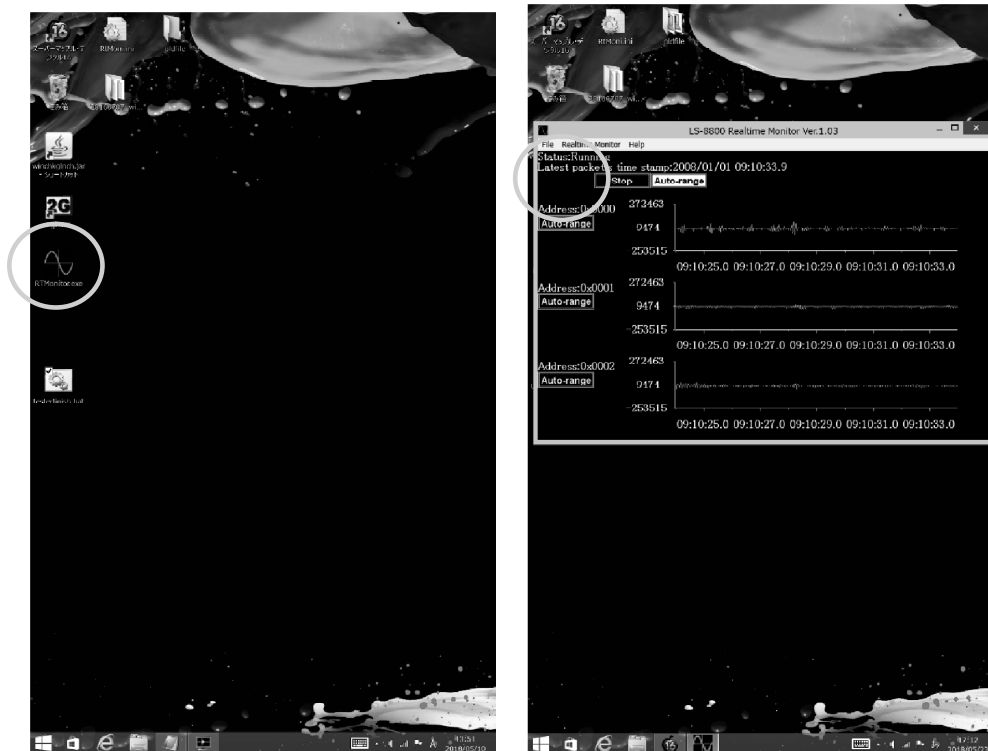


- ③ LS-8800 の Monitor ボタンを押し, Realtime Monitor を選択して Enter を押すと, シリアルポートから波形データが出力されます.

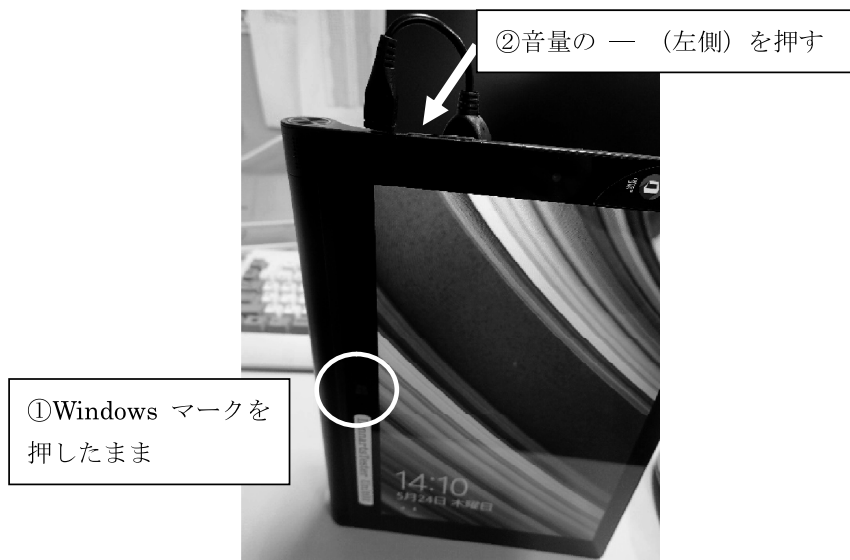


- ④ タブレット PC の Realtime Monitor ソフトウェアを立ち上げ, Start を押すと波形が表示されます. 波形は 1~2 秒遅れて表示されるようです(次ページにキャプチャ画像があります). ※レナッツテスター1号機の場合, 変換ケーブルのポート番号は COM8 です.

レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S. Tanaka



- ⑤ デフォルトの波形表示の横軸は 10 秒です. 変更したい場合は, Realtime Monitor タブを押して任意の秒数を選択します.
- ⑥ **Auto-Range** ボタンを押して, 縦軸を調整します. レナーツを軽くたたいて極性チェックなどを実施してください. スクリーンキャプチャをとるときは, タブレット PC の **Windows** マークを押しながらハードウェア音量ボタンの **—** を押すと **Picture** フォルダの中にキャプチャファイルが自動で保存されます.





レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S. Tanaka

- ⑦ 波形チェックを終了したらタブレット PC の **Realtime Monitor** ソフトウェアを終了させ、**シリアル-USB 変換ケーブル**を抜きます。※タブレット PC に変換ケーブルを挿しっぱなしにするとバッテリーの消費が大きくなります。
- ⑧ **LS-8800** の **Realtime Monitor** による波形出力は、一般的な設定では出力開始から 30 分後に自動で終了するので、地震観測を続ける場合でも放っておいてかまいません。なお、波形出力の自動終了をオフにすることもできるので、念のため、観測毎に設定値を確認してください。
- ⑨ ケーブル類を元に戻します。これで、波形確認作業は終了です。

レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S.Tanaka

4 役目：地図ソフト（スーパーマッフル）+ GPS で観測点にたどり着きたい  
/稠密アレイ等の踏査につかいたい。

はじめに

タブレット PC にはスーパーマッフルデジタル 16（以降マッフルとします）がインストールされています。また、タブレット PC には GPS も内蔵されていますので、フィールドにおいてマッフルの地図上に自分の位置を表示させることができます。マッフルの設定にて、自分の位置を地図の中心に示す/示さない、も選択できます。

マッフルは、観測点名、緯度、経度（座標系 WGS84）のリスト（たとえば csv ファイル）をインポートさせることができ、地図上に任意のアイコンで観測点を表示させることができます。また、マッフル地図上の任意の場所にポイントを落とすことができます。これらの機能を組み合わせることによって、GPS 位置情報を頼りに観測点にたどり着いたり、アレイ観測の踏査などで観測予定点をマッフルに落としたりできます。また、観測予定点の座標をエクスポートすることもできます※エクスポートした座標の単位がミリ秒なので、 $3600000 (=60 \text{ 秒} \times 60 \text{ 分} \times 1000)$  で割り算して「度」に直す必要があります。

また、2017 年の紀伊半島アレイ観測点の保守では、タブレット PC を用いて DAT-5 や LS-8800 の通信を行うと共に、マッフル+GPS を使って隣接する観測点にたどり着きました。



レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S. Tanaka

- ① 事前準備, 各自の PC やタブレット PC などマッフルに観測点情報をインポート (取込⇒テキスト⇒テキスト情報への取り込み (世界地図系)) しておきます. また, 画面左上のリンゴマークをクリックし, 名前をつけて保存 (A) で hoge hoge (ファイル名は任意) .rcm ファイルを作ります. ※後述する GPS 軌跡情報も同ファイルに保存されます.
- ② 準備するもの: タブレット PC, すべり止めマット (車のダッシュボードに置くため), AC アダプター, 車載インバーター※移動中にタブレット PC を電池するため. \*\*\*\*\*注意!! ダッシュボード上に直射日光が当たる場合, タブレット PC が高温になって動作不良を起こすことがありました. 触って熱いようならダッシュボードにおかないこと, 特に夏はやばい!!! \*\*\*\*\*
- ③ 宿から出発する際に, タブレット PC のマッフルを起動させ, ①で作った rcm ファイルを開きます. もし, 必要なら, GPS⇒開始を押して GPS を受信状態にしておき, 「軌跡を表示」や「GPS で取得している位置を表示」チェックボックスにチェックを入れます. 地図を見ながら観測点まで移動します.  
※GPS 機能を使用していると, まれにスーパーマッフルがフリーズすることがあります. そうなると GPS 軌跡情報が消えてしまいますので, 定期的に rcm ファイルを「上書き保存」しておくことをお勧めします.  
※※スーパーマッフルを起動した状態でも 2GTerm や Realtime Monitor の操作は可能です!
- ④ 踏査などで, マッフル地図上に新しくポイントを追加したいときは, 地図をなるべく拡大し, 「情報記入⇒テキスト」を押した後, ポイントをタップすると「カスタム情報記入ウィザード」が立ち上がります. 「文字情報を入力」を選択して次へボタンを押します. 順次, 名称やコメント, アイコン, ラベルの表示位置などを選択すればポイントの登録は完了です. ポイント登録後, 忘れずに rcm ファイルを「上書き保存」してください.

レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S. Tanaka

## 5 役目：フィールドで簡単に短時間ノイズ調査したい

### はじめに

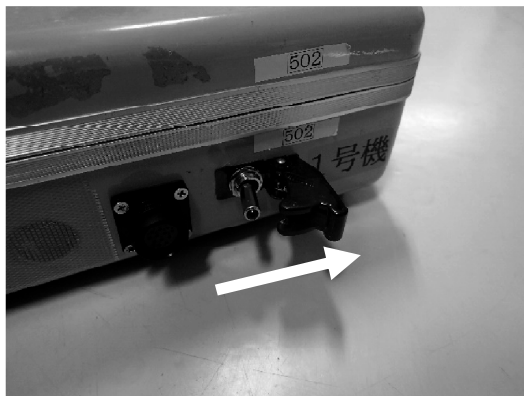
観測点選定などの踏査，特に稠密アレイの踏査では，候補点がノイジーかどうかを短期間で判定しなくてはならない場合があります．レナーツテスターは，準備から測定開始まで最短で1分と素早く準備できるため，短時間ノイズ調査に向いています．

### 準備するもの

タブレット PC，レナーツ，専用ケーブル，テスターBOX

※LS-7000XT の内部電池が切れている場合，時計が 1999 年にまきもどってしまいます．ノイズ調査のデータを取得するためには，内部電池のあるものを選びましょう．

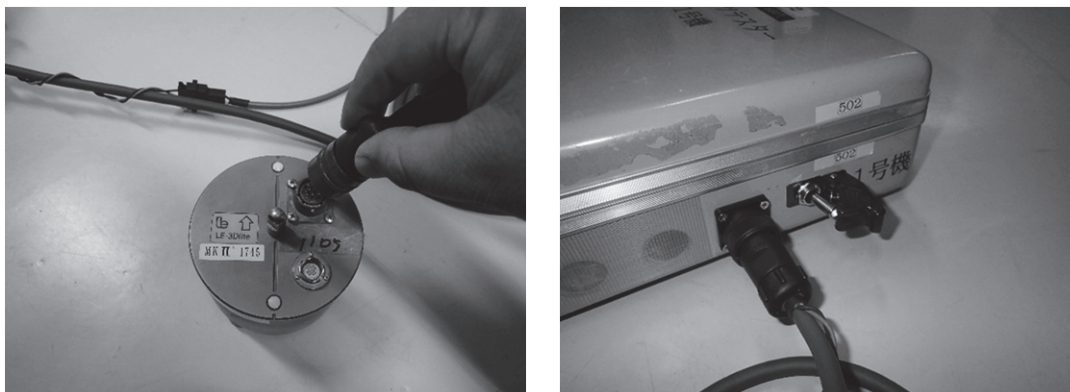
- ① タブレット PC，テスターBOX，専用ケーブル（コールボタン付），タッチペンを準備します．レナーツは LE-3Dlite MkII, MkIII で，専用ケーブルを装着できるタイプに限ります．
- ② テスターBOX のミサイルスイッチのカバーを開けてトグルスイッチを ON にします．するとスイッチの先が赤く光ります．起動には約 1 分かかります．※もし赤く光らない場合は電池切れか内部回路の断線等の故障です．→トラブルシューティング（P. 20）へ



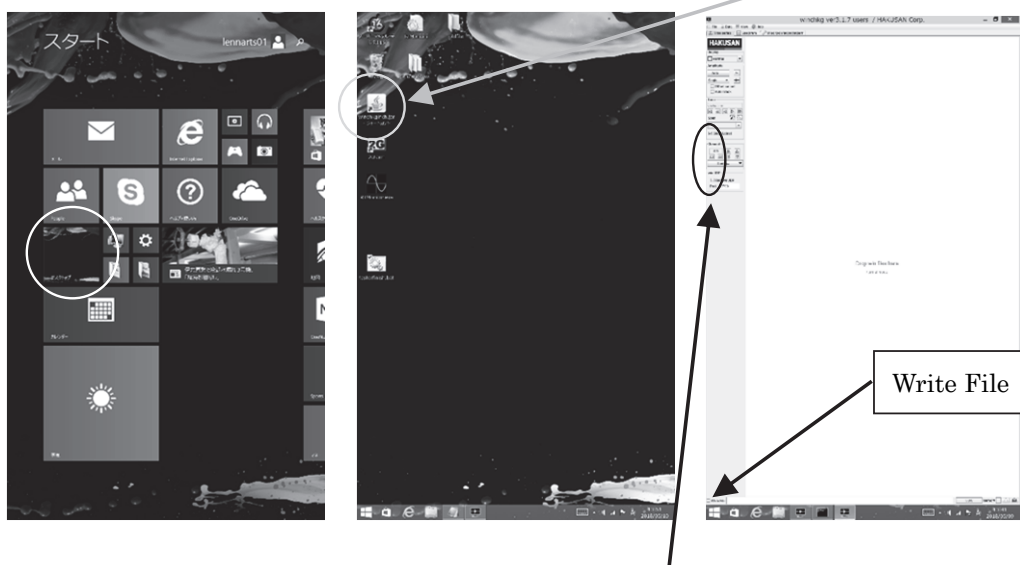
- ③ タブレット PC の電源を ON にして Windows を立ち上げます．※パスワードはありません．
- ④ ノイズ調査をしたい場所にレナーツを水平に調整して設置し，足のロックナットを締め付けます．円の中に気泡が入っていれば OK！
- ⑤ レナーツに専用ケーブルを差し込んだ後に，テスターBOX に同ケーブル取り付けます．※なるべく電源を入れたレナーツに触らないようにするためです．



レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S. Tanaka



- ⑥ タブレット PC が立ち上がったら、デスクトップを表示させ、winchkgInch.jar を W クリックします。



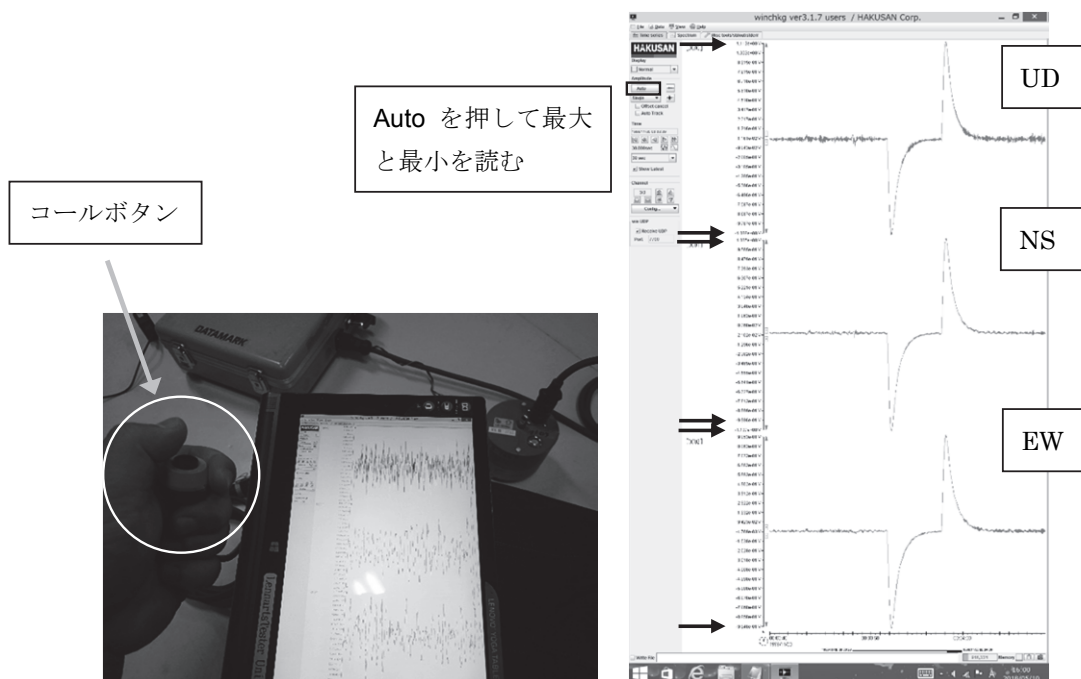
- ⑦ Winchkg が立ち上がったら、全画面表示にし、Receive UDP および Show Latest にチェックを入れます。Port は「7700」になっているはずです。その後、左下の Write File のチェックを入ると WIN ファイルが保存されます。保存先フォルダは任意です。
- ⑧ Time の Span を「30sec」に変更し、専用ケーブルのコールボタンを押します。最初にダウン、後にアップの波形が現れるので、2つの波形がでた後に「Auto」ボタンを押すと、各成分の縦軸のスケールが波形振幅の最大値と最小値と同じになるので下記の範囲内かどうか判断します。※記録を取っておくと将来のチェック時の参考になるでしょう。

MkII の正常値                      ダウン：-0.7V～-1.3V, アップ：+0.7V～1.3V

レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S. Tanaka

MkIII の正常値

ダウン：-1.7~-2.3V, アップ：+1.7V~2.3V



- ⑨ テストに合格したら、しばらく静かにしてノイズ調査を行います。WIN ファイルはタブレット PC やテスターBOX 内 LS-7000XT の CF カードに格納されます。

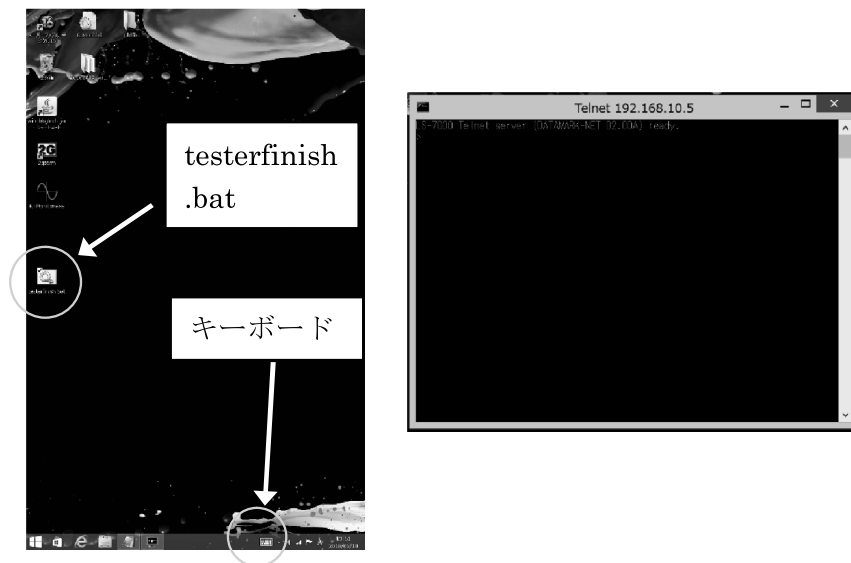
＜なるべく長時間ノイズ調査をしたい場合の裏技＞

テスターBOX は単一乾電池 8 個を電源としているので、標準仕様だと半日程度しか電池がもちません。1 日以上ノイズ調査が必要な場合は、LS-8800 などの低消費ロガーの使用をお勧めします。しかし、レナーツテスターで長く波形を取りたい場合は、裏技として、テスターBOX 内の wifi ルーター本体から電源ケーブルを抜き、LS-7000XT 内の CF カードにのみ WIN ファイルを貯めることで、電池のもちが多少良くなります。レナーツテスター用の CF カードは、LS-7000XT の起動を早めるために容量の小さいものを選んでいますが、長期間のノイズ調査を行う場合は、大容量の CF カードを別途用意してください。ノイズ調査後は、LS-7000XT のフロントパネルの操作で観測を停止させ、テスターBOX のミサイルスイッチを OFF にします。その後、wifi ルーター本体の電源ケーブルを忘れずに挿しこんで元に戻してください。

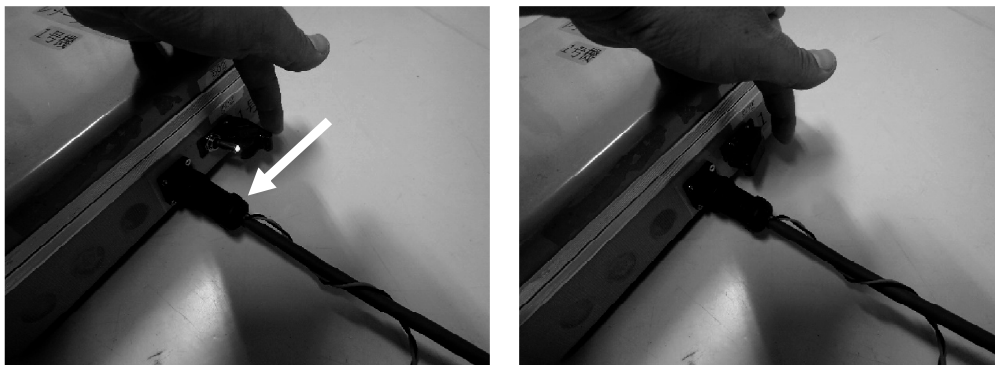
レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S.Tanaka

＜レナーツテスターのシャットダウン手順＞

- ⑤ **Telnet** でテスターBOX 内部の **LS-7000XT** にアクセスし観測を停止させます。デスクトップの「**testerfinish.bat**」を **W** クリックすると、コマンドプロンプトが起動し **LS-7000XT** に **Telnet** でログインした状態になります。ソフトウェアキーボード(日本語入力(あ)を英語入力(A)に変えること)で「**zlt**」と入力し、エンターを押すと観測が停止します。**Winchkg** の波形の更新がとまったことを確認します。最後に「**exit**」と入力して終了。



- ⑥ レナーツテスター本体のミサイルスイッチのカバーを閉じるとトグルスイッチも連動して **OFF** になります。



- ⑦ タブレット PC の **Winchkg** を右上の **X** ボタンで終了させ、タブレットの画面右の外から内側に向かってスワイプし「設定」→「電源」→「シャットダウン」を押して **Windows** を終了させる。

それぞれの機材を所定の場所へ収めて終了です。お疲れ様でした！

レナーツテスターマニュアル Ver3.0 2018/04/26 作成 2018/12/04 改定 S. Tanaka

## トラブルシューティング

\*\*\*\*\*レナーツテスターとして使用した場合\*\*\*\*\*

### トラブル 1

テスターBOXの電源をONにしてもミサイルスイッチのLEDが光らない。

可能性 1：電池が切れている。

⇒電池を予備と交換してみてください。

可能性 2：断線している。

⇒見た目わかりやすい断線なら修理してください。よくわからない場合は田中まで問い合わせてください。

### トラブル 2

テスターBOXの電源をONにし、ミサイルスイッチのLEDが光っており、winchkgでもバックグラウンドノイズのような波形が表示されるのに、レナーツのコールボタンを押してもまったく反応しない。

可能性 1：乾電池BOXの電圧が低下している。

⇒テスターBOXのフタを開け、LS-7000XTのフロントパネルを操作して、現在のPW1の電圧を見てください。10.5V以下ならばレナーツへの電圧供給不足です。電池を交換してください。

可能性 2：コールボタンのソケットが専用ケーブルから外れている。

⇒ソケットを挿してください。

可能性 3：本当にレナーツが故障している。

⇒念のため予備のレナーツでキャリブレーション波形がでるかどうかに試し、でるようならレナーツの故障が確定です。

※レナーツが故障した事例として、「全成分のキャリブレーション波形の出力電圧が極端に小さい」、「大きなオフセットが乗っている」、「一部の成分のキャリブレーション波形が出ない」、などの経験はありますが、3成分ともまったく無反応の事例は、今のところ電池BOXの出力電圧が低下していて稼働不良に陥っていたときだけです。