

衛星回線型地震観測点における設置方法の 標準化へ向けた取り組み

森 健彦^{*†}・藤田親亮^{*}・田中伸一^{*}・西本太郎^{*}・増田正孝^{*}

Approach to the standardization of the constructing method for the seismic stations using satellite communication

Takehiko MORI^{*†}, Chikaaki FUJITA^{*}, Shinichi TANAKA^{*}, Taro NISHIMOTO^{*}
and Masataka MASUDA^{*}

はじめに

地震研究所が設置しているオンライン地震観測点は、NTT を利用した地上回線、携帯電話を利用した地上回線、VSAT システムを利用した衛星回線の 3 つの通信手段によって運用されている。このうち、データ送信手段に衛星回線を利用している地震観測点は地上回線を利用する観測点と異なり、データ送信用の衛星アンテナの設置が必要であることから、観測点の用地として地上回線型と比べて広大な面積が必要とされる。この観測点設営に必要とされる敷地面積の差は両者の観測点設計における考え方に違いをもたらし、衛星回線による地震観測点は地上回線を利用したオンライン地震観測点とは異なる状態で観測点設置が行われてきた。

地震研究所に於いては、ベテラン技術職員の大量退職を迎えるにあたり、若手技術職員と間における業務引継をここ数年にわたって行ってきた。また、新たに採用された職員のため、観測現場における実務的な業務実習も進めている。職場環境がこのような変換期を迎えていたこともあり、技術職員間での業務内容に関する意見交換は従来よりも活発になっていた。職員間での議論において、技術職員数の減少や予算の縮小が進む現況では業務を効率化せねばならないという話題がしばしば上がっていた。その中でも、従来のオンライン地震観測点は、設置当時において必要とされた機材の総量や構造物の形状など、個々の観測点においての設計志向が異なっており、共通化されている機材や部

材が少なく、保守作業が面倒であるとの認識が我々の間で共有されていた。近年、観測機器の小型化によって、オンライン地震観測点の設置に必要とされる機材の点数は減少した。当然ながら機材及び部材の共通化が進み、運用の効率化を図ることは可能になってきた。このような状況から、我々はオンライン地震観測点の標準化を目指す試みを 2011 年の霧島山新燃岳噴火と東北地方太平洋沖地震後に実施されたオンライン地震観測点の設置業務を契機に開始した。実際の観測点においては、設置される観測計器、例えば地震計の性能の差違から、構造物の形態に多少の差違はあるが大枠の設計思想は共通化され、観測点の標準化が達成されている（辻ほか、2011；宮川・渡邊、2011；藤田ほか、2011）。

2013 年度、地殻応答による断層への応力載荷過程の解明と予測を目指した研究の一環として、我々は東北地方南部から関東北部地域に VSAT システムを利用した衛星回線方式のオンライン地震観測点を 3 点設置した（図 1）。これらの地震観測点においては、2011 年から進めてきたオンライン地震観測点の標準化の流れに沿って共通化された設計思想の元、従来の衛星通信を利用した観測点とは異なった、敷地面積をコンパクトにした観測点設営を試みた。本報告では、2013 年度に設置したオンライン地震観測点について、従来の衛星回線を利用した観測点との違い及び 2011 年度設置の観測点と共通化された部分について紹介し、今後のオンライン地震観測点の設営業務について述べる。

従来の衛星回線型オンライン地震観測点

従来の衛星通信を利用したオンライン地震観測点は大まかに分類すると以下の 3 要素で構成されている（図 2）。

2014 年 9 月 25 日受付, 2014 年 11 月 11 日受理.

[†] mori-may@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, Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

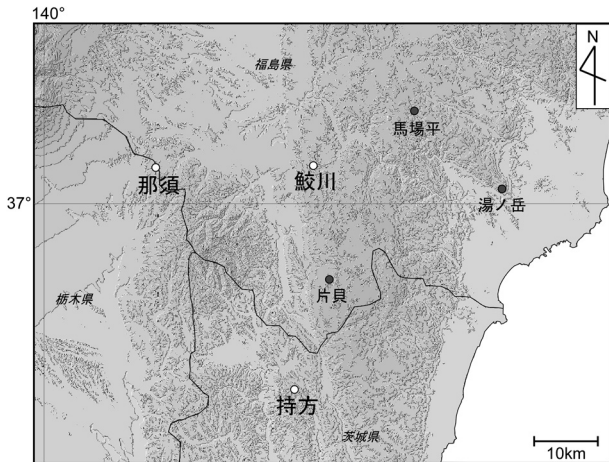


図 1. 2013 年度に設置された衛星回線型地震観測点 (○) と 2011 年度に設置された地上通信型地震観測点 (●)

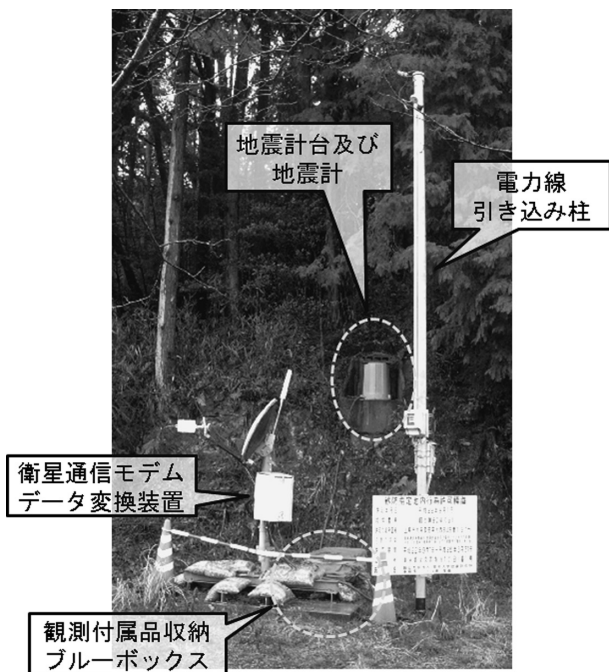


図 2. 従来型の衛星通信型地震観測点 (旧伊自良観測点) の概要

1) 電源

衛星通信機器が商用電源を使用するため、電力線の引き込み柱を必要とする。この引き込み柱にはブレーカー等を収容する電源 BOX が付けられている。岐阜県に設置されていた旧伊自良観測点の場合、電源部分の借り受け面積は 0.25m^2 であった。

2) 衛星通信装置

衛星通信用のアンテナを設置するためにコンクリート基台を必要とする。このコンクリート基台に H 型鋼を利用した井桁が敷設され、60φの鉄管が取り付けられる。その鉄管の上部に衛星アンテナを差し込み、アンテナ直下に一体となった衛星通信モデムとデータ変換装置が取り付けられ

る。寒冷地に於いては、衛星アンテナの着雪を防止するため、アンテナ融雪装置も付け加えられる。井桁の総重量は 200 kg ほどあったが、強風によるアンテナのズレを防止するため、例えば、旧伊自良観測点では総重量 100 kg 程度の砂利袋を井桁の上に置いていた。この基台の上には衛星通信用アンテナ及び衛星モデム、デジタイザが設置された。さらに、観測に必要なとされる付属品 (定電圧装置、無停電装置、地震計とデジタイザを繋ぐ中間端子台として利用する避雷器)が入ったブルーボックスを据えつけている。旧伊自良観測点におけるコンクリート基台の借り受け面積は 4.0m^2 であった。

3) 地震計

地震計を設置するため、台座としてのコンクリート基台が設置される。設置場所の地盤状態によって作成方法に違いがあるが、岩盤上に地震計台を構築する場合、①コンクリート基台の基礎となる型枠を岩盤上で作成、②型枠の内部で鉄筋をアンカーとして岩盤へ 5 本程度打ち込み、③コンクリートを型枠内に流し込み、コンクリート基台と岩盤が一体化するように製作される。このコンクリート基台の大きさは観測に使用する地震計のタイプで変化するが、三成分速度型地震計 (LAC-3D) の場合、 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ (0.25m^2) のサイズを必要とする。

観測点にこれらの 3 要素を構築する場合、引き込み柱、衛星用及び地震計用のコンクリート基台は工事業者によって設営される。一方で、重量物である井桁や重しの砂利袋、その他の衛星通信関連機器等の機材は地震研究所から運搬し、技術職員によって設置作業が行われる。地上回線方式の観測点と異なり、衛星通信用アンテナを固定するための重量物の設置は設置時に運び込む必要物資を増やし、現場での作業量を増加させている。

2013 年度設置の衛星回線型オンライン地震観測点

先述したとおり、これまでの衛星回線型オンライン地震観測点では、現場での作業量及び運搬物資が多く、作業の手間が大きかった。そこで、2013 年度に設置した衛星通信型オンライン地震観測点では、2011 年度の地上通信型オンライン地震観測点と同様にコンパクトな観測点構成 (藤田ほか, 2011 の図 3) を目指し、観測点の設計を進めた (図 3)。

コンパクト化を実現するために観測点の部材点数を減らすこととし、電源と衛星通信装置の一体化に取り組んだ。引き込み柱は商用電源を利用した電力線の引き込みに必須であることから、廃止できるのは衛星通信装置用のコンクリート基台であり、衛星通信装置一式は電源引き込み柱に取り付けることとなる。地上回線型の観測点では、電源引き込み柱に屋外機器収納 BOX (日東工業製 RA25-66L: 幅 600 mm, 高さ 600 mm, 奥行き 250 mm) を取り付け、観

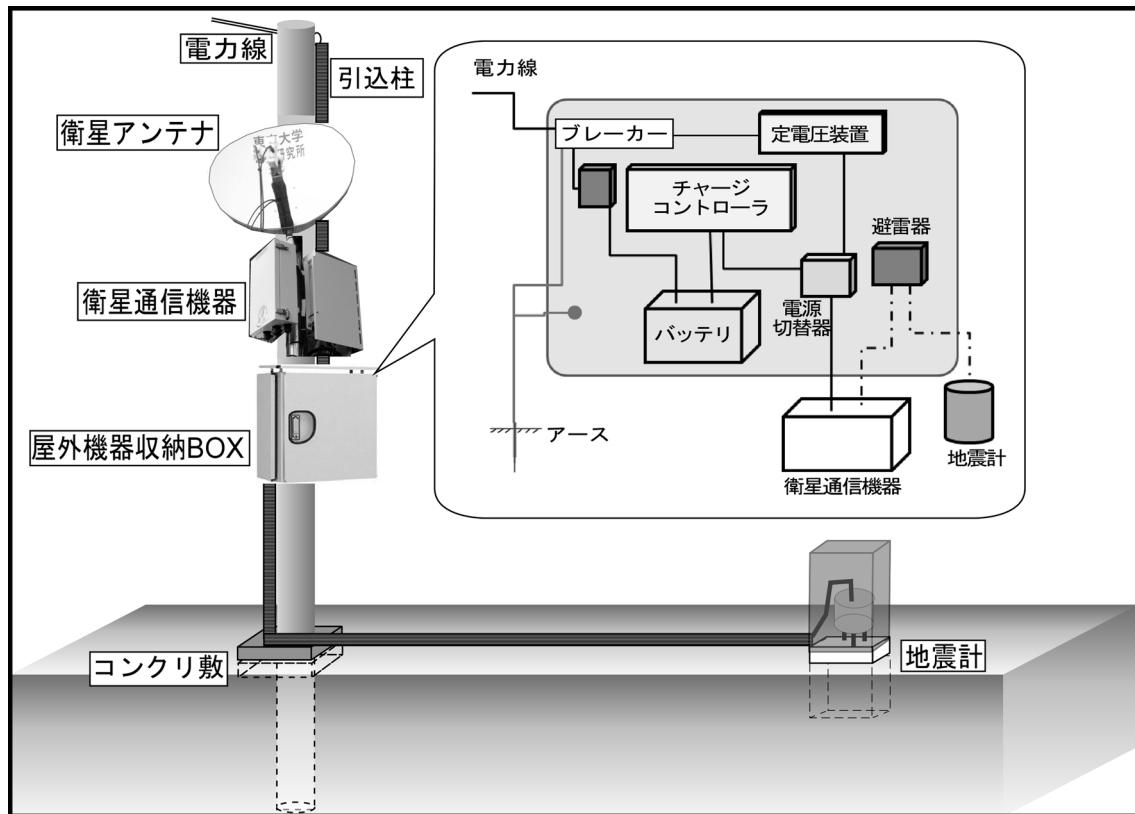


図 3. 2013 年度に設置された衛星通信型地震観測点の構成

測機器を収納している。そこで、地上回線型の観測点と同様に、UPS や地震計と衛星通信装置との接続を屋外機器収納 BOX で実施する事とした。また、衛星アンテナは引き込み柱に平行して取り付けられた 60φ の鉄管の上部に差し込み、衛星通信関連機器は同じ鉄管の衛星アンテナ下部へ取り付けることとした。これらの機器は屋外機器収納 BOX の上部に位置し、持方観測点の場合、衛星アンテナの位置はコンクリート敷より 2.3m の高さとなった。一方で、引き込み柱と衛星通信機器を一体化することで、引き込み柱にはこれまで以上の重量がかかり、衛星アンテナが強風などにより引き込み柱と共に動揺し、データ伝送に欠落が生じる可能性が増すこととなった。そこで、引き込み柱の動揺を軽減するため、引き込み柱及び鉄管の設置に幾つかの工夫を施した。まず、引き込み柱の設置をより安定した状態に保つため、引き込み柱を立てる際のコンクリート敷を 1m^2 に拡大し、使用するコンクリート容積を増量した。また、コンクリート敷の基礎に、一般的には行われない鉄筋のアンカーを打ち込み、基礎を強固にした。また、衛星アンテナ用鉄管を安定した設置状態にするため、従来の方法では地面から浮かせた状態にあった鉄管をコンクリート敷に着底させている。鉄管には自重及び衛星アンテナと衛星通信機器の重量がかかり、引き込み柱との取り付け部が金具で締め付けられているから、コンクリート敷へ

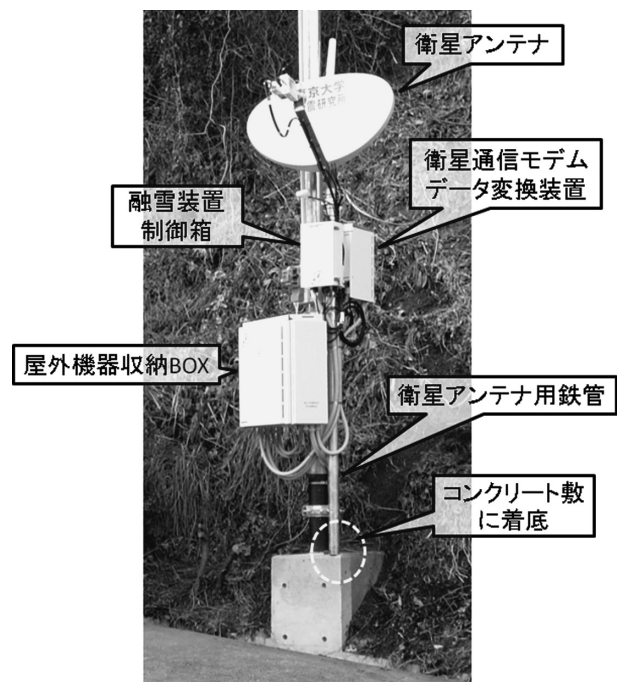


図 4. 電力線引き込み柱に設置された衛星通信装置と融雪装置制御箱及び機器収納 BOX

は固定することなく、着座させることで安定な状態を保っている (図 4)。次に、屋外機器収納 BOX の取り付け位置に工夫を施した。日東工業製 RA25-66L の場合、単体での



図 5. 持方観測点の外観

重量が約 25kg であることから、BOX 重量による引き込み柱の傾きを防止せねばならない。そこで、収納 BOX と引き込み柱の支線及び衛星通信機器の取り付け位置をなるべく向かい合う形にすることで、引き込み柱にかかる重量バランスを考慮することとした。一方で、地震計台に関しては、省略することができないため、従来と同様に 0.25 m^2 の借り受け面積でコンクリート台を設置した。

これらの設計変更で、井桁の必要性がなくなったことから、設置時に重量物を運搬する必要がなくなり、作業量の軽減も達成できた。また、借り受け面積は従来の 3 分の 1 程度となる 1.25 m^2 に収めることができ、持方観測点においては、安定した岩盤の上に地震計台を、10m 程度離れた地点に引き込み柱を設置し、地権者への負担を最小限度に留めることができた (図 5)。

今後のオンライン地震観測点の設営業務について

2013 年度に設置された衛星回線型地震観測点は、2011 年度以降に設置された地上回線型とほぼ同様な形態にすることができた。また、現地機材の収納 BOX を共通化したことから、時限の決まったプロジェクト観測に於いては、機材の流用を図ることが可能となり、経費の軽減に繋がることが期待できる。現在の予定として、2014 年度以降に設置予定のオンライン地震観測点において、観測が終了した霧島火山において用いていた収納 BOX の転用が予定されている。

今後、観測機器の進化によって観測点設計の小規模な改

変は進むと思われるが、どのような通信形態を選ぼうとも、電源引き込み柱と地震計台の組み合わせのみでオンライン地震観測点の構築が可能になった。これにより、観測点用地の貸借交渉や許認可申請を行う際、2つの構造物を設置できる面積のみで交渉を進めることができる。また、その交渉の際に提出する観測点設営の説明書類は、従来ならば事案毎に作り替えねばならなかったが、以後は標準的な説明書類の流用で済ませることが可能となり、業務の効率化に繋がると考えられる。

おわりに

今回の観測点構築においては、井桁が無くなった事による重量物の運搬が廃止されるなど、改善した点が多々生まれた。しかしながら、引き込み柱に全ての機材を取り付けることでの欠点も生じた。それは、衛星アンテナが地上高 2m を超える高さにあるため、衛星通信を確立するために行うアンテナ調整を脚立等に登って実施せねばならなくなった点である (図 5)。この作業に関しては、落下事故の危険性があることを認識し、安全面に十分留意して実施せねばならない。

謝 辞：持方地震観測点の設置に於いては、茨城県及び茨城県県北農林事務所、常陸太田市役所の関係者の皆様に多大なご協力を頂きました。また、公民館脇に観測点を設置した関係から、持方地区の住民の皆様にはご迷惑をおかけすることになりましたが、設置作業に於いては快く対応して頂き、保守面に於いてもご協力を頂いています。設営

工事を実施した丸光電気には、引き込み柱の強度、アンテナが受ける風への対策など、現場での構造物設置に関する情報を提供して頂きました。観測点の設計及び作業に於いては、地震研究所技術部総合観測室の渡邊篤志氏、宮川幸治氏、中島剛氏（現：青森県産業技術センター林業試験所）に有益なアドバイスと多大なご協力を頂きました。本稿を査読して頂いた飯高隆准教授と新谷昌人准教授には有益なご指摘を頂きました。ここに記して感謝申し上げます。

文 献

- 藤田親亮・森 健彦・荻野 泉，2011，福島県南東部におけるオンライン地震観測点の設置，震研技報，17，42-47。
宮川幸治・渡邊篤志，2011，千葉県と茨城県におけるオンライン広帯域地震観測網の整備—平成23年東北地方太平洋沖地震後の広帯域地震観測網強化を目的として—，震研技報，17，23-41。
辻 浩・森 健彦・渡邊篤志・阿部英二，2011，霧島新燃岳噴火に伴う臨時地震・空振観測点の設置，震研技報，17，12-18。