

データ流通ワークショップ 発表要旨集

日時： 2020年3月30日（月）10時～17時

場所：東京大学地震研究所1号館2階セミナー室

本ワークショップは以下の研究プログラムの一部として援助を受け開催されたものです。

- ・災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画(H26-30)研究課題
「データ流通網の高度化」(課題番号1518)

新型コロナウイルス感染拡大防止措置のため、データ流通ワークショップは中止しました。

データ流通ワークショップ

2020年3月30日（月）10時～17時 地震研究所1号館2階セミナー室

プログラム

○吉田 一志 （国立研究開発法人情報通信研究機構）

広域ネットワーク防災訓練における東北大学との連携について

○中山貴史、内田直希、平原聡（東北大学）

IoTゲートウェイサービス(NICT)および広域データ収集基盤(NII)を利用したモバイル回線からJDXnetへの接続試験

○高田真秀、一柳昌義、山口照寛、岡田和見、高橋浩晃（北海道大学）

ISDN終了に伴う北大観測点の問題について

○関根秀太郎（地震予知振興会）

地震予知総合研究振興会本部の観測点2019年度の状況について

平野舟一郎、仲谷幸浩、○八木原寛、中尾茂（鹿児島大学）

鹿児島大学における定常地震観測点への蓄電・給電システム導入

○前田裕太（名古屋大学）

名古屋大学におけるJDXへの接続状況について

○中川茂樹・加藤愛太郎（東大地震研）

WINフォーマットデータをObsPyで読み込む別のモジュール

○中川茂樹（東大地震研）

マルチプラットフォーム次世代WINに向けたアンケートの結果

○鶴岡弘（東大地震研）

WINシステムのアップデート状況

○高橋浩晃（北海道大学）

定常観測点検討ワーキンググループの報告

○平原聡・内田直希・中山貴史・岡田知己（東北大学）

モバイル回線を用いた新しいオンライン臨時地震観測システムの開発

IoT ゲートウェイサービス (NICT) および広域データ収集基盤 (NII) を利用した モバイル回線から JDXnet への接続試験

中山貴史、内田直希、平原聡
(東北大学 地震・噴火予知研究観測センター)

1. はじめに

東北大学では、定常観測および合同観測等のデータ流通を、SINET および JGN を利用した JDXnet で行っている。観測センターとこのネットワークの物理的な経路は、大学の設備を経由する構成となっているため、東日本大震災でキャンパス内の機能が停止した際は、おおよそ 3 日程度データの送受信が途絶えることとなった。この解決策として、例えば東京大学地震研究所では、JDXnet に設置された観測データ中継装置(ト部ほか、2013)による対策が取られている。

近年、観測データ伝送手段としてのモバイル網の利用が、固定回線の利用困難な場所や臨時観測などの用途で進む中、SINET や JGN でも、モバイル通信を足回りとするアクセス用のサービスが開始された。そこで、これらの利用による大学を経由しない方法での JDXnet 接続試験を行った。

2. 利用するサービス

2-1. IoT ゲートウェイサービス

情報通信研究機構 (NICT) による、モバイル回線から JGN への接続を可能とするサービス。利用を開始すると、VPN 接続設定済みのエッジルーターが提供されるほか、VPN 内でのデータ送信先となる仮想マシン (VM) の利用が可能なる。VM の実体は Linux であり、インターネットから踏み台サーバーを経由した 2 段階の SSH でアクセスする。

観測点で利用する場合は、エッジルーターを経由して VM へデータを送信するよう A/D 変換装置等に設定を行う。また VM 側では、WIN システムをインストール、プロセスを起動してデータを受信

する。

このサービスで提供される通信環境は、通常、エッジルーターから VM までの閉域網であるが、さらに利便性を高めるべく、JGN の地震データ用広域 L2 網 (以下、JGN L2 網) と直接接続が可能となるよう利用申請時に希望を申し入れたことにより、VM にネットワークインターフェースを追加していただいた。また、エッジルーターの消費電力が最大 17W 程度とやや大きかったため、利用者が機種選定したルーターの使用 (その場合は自前で調達する) について協議のうえ承諾していただいた。

2-2. 広域データ収集基盤

国立情報学研究所 (NII) による、モバイル回線から SINET への接続を可能とするサービス。利用を開始すると、NII から SIM カードが用意される (利用者は購入する) とともに、端末設定に必要な情報が通知される。SIM のキャリアについては、申請時に希望を出すことが可能である。SIM フリー端末 (ルーター等) は利用者側で調達する。また、既存の SINET L2 網に参加することになるため、地震研究所より、VPN 構成変更の申請をしていただくとともに、モバイル網とのゲートウェイルーターに IP を 1 つ割り当てた。

観測点で利用する場合は、SIM フリー端末を経由して SINET L2 網へデータを送信するよう A/D 装置等に設定を行う。また、データを受信する SINET 上マシンでは、SIM カード割当て IP アドレス範囲のルーティング設定を追加することで観測点側との通信が可能となる。

3. 通信試験

3-1. IoT ゲートウェイサービス

最初の試験環境として、観測センターの測定室に観測点と同様の機器を設置して、VM へのデータ送信、および VM から JGN L2 網へのデータ送信を行った。エッジルーターは、提供された NEC 製 WA2612-AP を使用した。2019 年 9 月頃から開始して、1 か月間程度は VPN 接続が安定しなかったが、担当者への状況報告を幾度か行って調査・対応がなされ、その後の通信状態は長期で安定している。

次に、観測点に機器を持ち込み、既存の ADSL によるデータは生かしたまま、バックアップ用の回線として送信テストを開始した。試験環境がキュービクル内であったため、センター内と同じ機器

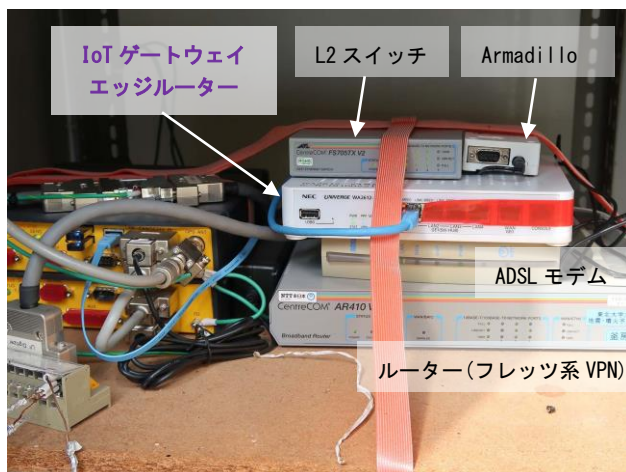


写真 1. 金房観測点の IoT ゲートウェイ機器設置状況

構成では電波の受信状態が悪く通信が確立できなかった。その後、ルーター専用の外部アンテナを NICT に調達していただき、これを屋外に設置することで問題を解決できた。

また、利用者持ち込みのルーターを使用した試験については、低消費電力の機種 (サン電子製 Rooster RX210) を選定し、設定について同サービスの運用チームと調整を行い、IPsec に関わる幾つかのパラメータ、および NAT トラバーサル機能の設定により接続が確認できた。通信状態については、IPsec SA 更新のための通信断・再接続が設定した間隔で発生するほかは、1 週間程度の試験期間において安定していた。



写真 2. キュービクル屋根上への通信アンテナ設置

3-2. 広域データ収集基盤

IoT ゲートウェイサービスと同様に、観測センターの測定室を試験環境とした。SIM フリー端末には USB ドングル (ピクセラ製 PIX-MT100) を使用し、A/D 装置からのデータを一旦 Raspberry Pi で受信してから SINET L2 網へ送信し直す構成とした。2020 年 3 月中～下旬に行った約 2 週間の試験期間において、同サービスの計画作業 (閉域網接続移行) に伴うと見られる約 11 分のデータ断が発生

した以外に障害はなく、通信状態は安定していた。なお、使用した端末は、ログ機能が充実していないことや、外部アンテナの使用に対応していないため、観測点への設置時はモバイル VPN ルーターを使用するなど、機器の構成を変更することを検討している。USB ドングルのようなタイプの通信端末は、電源がない場所での一時的な使用や持ち運びには便利のため、PC に接続して遠隔制御時のアクセス用として有効と思われる。

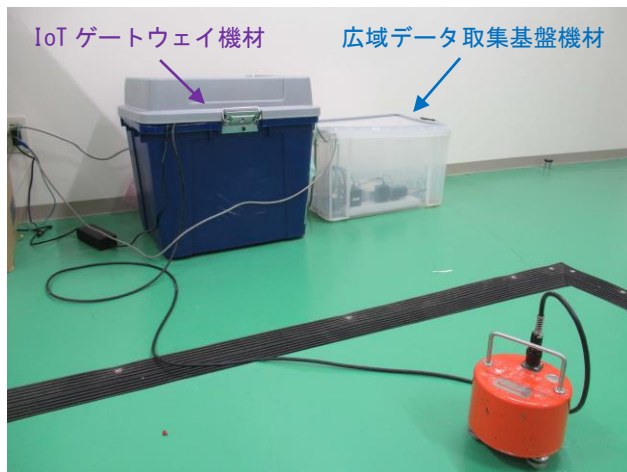


写真3. 観測センター測定室の機器設置状況

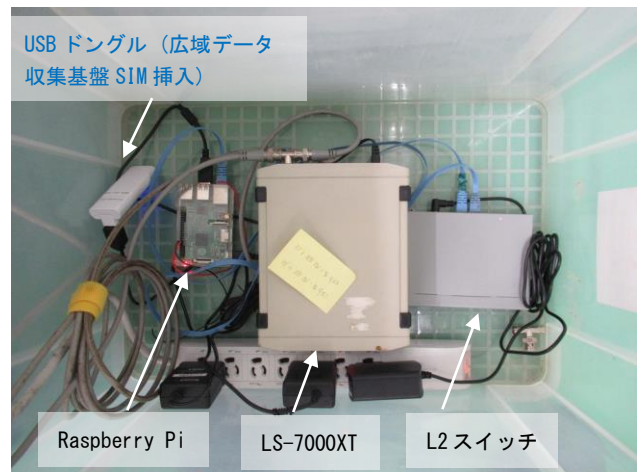


写真4. 広域データ収集基盤の試験機材一式

4. 両サービスの違い

前述のように、VM の利用が可能かどうか最も異なる。IoT ゲートウェイサービスでは、VM によるクラウド環境でのデータ集配信、収録、解析など利用の幅は広がる。一方、広域データ収集基盤では、中継するマシンの動作状況に影響されずに SINET L2 網へデータ送信が行えるというメリットがあり、どちらを選択すべきかは目的次第と言える。

なお、IoT ゲートウェイサービスでは、エッジルーター毎の IP アドレスが、1 台目は xxx. xxx. 1. 1、2 台目は xxx. xxx. 2. 1 のように拠点ごとにセグメント分けされていたのに対して、広域データ収集基盤では、SIM カード毎の割り当て IP が、1 枚目は xxx. xxx. 0. 1、2 枚目は xxx. xxx. 0. 2 のように 1 番違いであったため、観測点毎にサブネットを構築するような IP アドレス管理が出来なかった。実際の観測点の運用では、通信端末配下にあるネットワーク機器に対しても遠隔の制御やデータ回収が必要となるため、広域データ収集基盤の SIM フリー端末には、ポート転送機能を有するものが望ましい。

5. まとめ

二種類の通信サービスを利用し、モバイル回線

から大学を経由せずに JDxnet へデータを送信するテストを実施した。現段階では、いずれのサービスも長期間での利用が可能か不明であるため、定常観測点の通信手段をこれらに乗り換えるのは時期尚早かもしれないが、利用者が多ければ今後のサービスの継続性にもプラスの影響を与えることも考えられる。また、長期の継続利用が保証されなくとも、突発的な合同観測への対応や有線系通信回線のバックアップ、JDxnet への接続環境がない機関からのデータ提供、および観測センター被災時の全データ欠測を回避する通信方法として、十分に利用価値があると考えられる。

謝辞：

本発表の要旨について、NICT 総合テストベッド事務局 早野様、RISE 運用チーム 柴田様・植田様、NII 学術ネットワーク研究開発センター 笹山様、広域データ収集基盤 一元窓口、東大地震研究所 鶴岡様・テレメータ室の皆様にご協力をいただきました。

参 考 文 献

ト 部 卓・鷹 野 澄・鶴 岡 弘・中 川 茂 樹，
2013，JDxnet/SINET4 上に実現した観測データ中継システム，日本地震学会講演予稿集，No. 2，D11-11

ISDN 終了に伴う北大観測点の問題について

北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター

○高田真秀・一柳昌義・山口照寛・岡田和見・高橋浩晃

1. 北大観測点や中継点で利用している回線の状況

北海道大学(以下北大)では、データ収録回線の見直しを行なっているが、2019 年度は、主に DA64 専用回線を ISDN 等に切り替えた。その結果、3.4k 専用回線(4 点)、ISDN(18 点)、光回線(13 点)、携帯電話回線(21 点)、無線(2点)を利用して、データを常時収録している。

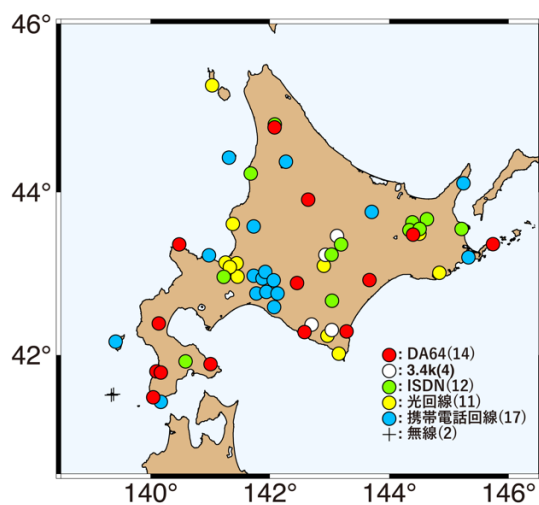


図1: 観測点や中継点で利用している回線
(2019 年 3 月)

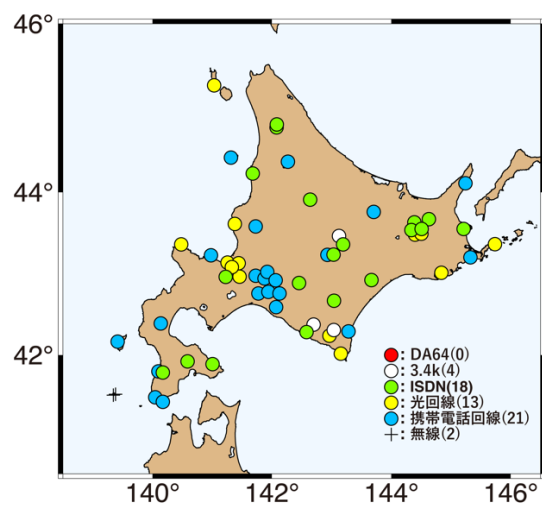


図2: 観測点や中継点で利用している回線
(2020 年 3 月)

2. ISDN について

2010 年 11 月に、東西の NTT から、「PSTN のマイグレーションに関する概括的展望について」という報道発表があり、2020 年から徐々に ISDN を廃止することなどが提案された。その後、総務省の情報通信審議会などで、ISDN の廃止に伴って生じる問題などについて議論された。その結果、東西の NTT が 2019 年に発行したパンフレットによって、全ての ISDN ユーザーに、ISDN の廃止に関する情報が初めて能動的に提供された。その中で、

- 1)2024 年の 1 月に ISDN のデジタル通信モードを終了。
- 2)ISDN を光回線や携帯電話回線に切り替えて、データ通信を行うことを提案。
- 3)切り替えることができない場合、IP 電話回線による当面の対策(補完策)を提供。

と、記載されているが、NTT 東日本が公開している「固定電話(加入電話・INS ネット)の IP 網移行」というホームページでは、より詳細に説明されている。北大では、ISDN を利用してデータ収録を行なっている観測点が多くあるので、この最新情報を元にして、ISDN 終了後のデータ収録について考

えることにした。

北海道では、NTT東日本以外に、地方自治体が地域住民向けに光回線を設置した結果、光回線を利用可能な地域が拡大した。だが、観測点は民家から離れた場所に位置するため、すぐに光回線を利用できる環境になる可能性は低い。また、NTTdocomoやauのホームページでサービスエリアの情報を提供しているが、サービスエリアに該当している観測点で、携帯電話回線を利用したVPNの構築を試しても、電波の受信感度が弱いため、安定したVPNを構築することが困難な場合も多い。以上のことから、ISDNから代換回線に切り替えることは容易ではない。したがって、ISDNからIP電話回線に切り替えても、現在のように、ルーターに接続された端末間で通信が可能であると報告されていることから、NTT東日本が提供する補完策を利用して、データ収録を行わなければならない。しかし、公開されている情報を見る限り、補完策を利用する場合でも、

1)2027 年以降も利用可能であるかどうか不明。

2)料金体系が不明。(フレッツ ISDN に変わる定額料金プランがない。)

3)ISDN のリピータを利用する観測点で、利用できるか不明。

という、問題が含まれているので、ISDN の代替にならない可能性もある。その場合、IP 電話回線ではなく、専用回線の利用を検討する必要がある。

こうしたことから、北大では、ISDN から光回線に切り替えることが不可能であるならば、現在提供されている専用回線や ISDN の補完策が継続して提供されることを、NTT 東日本に要望する予定である。また、同様な問題を抱える全国の地震観測関係機関が連携して東西の NTT や関係当局に要望を行うことを検討しても良いかもしれない。

参考:<https://web116.jp/2024ikou/index.html>

地震予知総合研究振興会本部の観測点の 2019 年度の状況について

公益財団法人 地震予知総合研究振興会 関根秀太郎

(公財)地震予知総合研究振興会の観測点でデータを外部に送っている観測点は長岡地域 40 点, 宮城 3 点, 福島 5 点, 下北地域(北海道側も含む) 36 点, 薩摩川内市付近 15 点, 九州北部地域の計 119 点の観測点である。データは各観測点から千代田区の振興会本部に送られた後, 地震研究所経由で JDX-net に流れている。なお, 2017 年 12 月 1 日より長岡地域 4 点, 宮城地域 3 点, 福島地域 2 点, 下北地域 20 点が, 2018 年 11 月 1 日より薩摩川内地域 5 観測点が, 気象庁一元化震源の読み取り観測点として, 使われている。

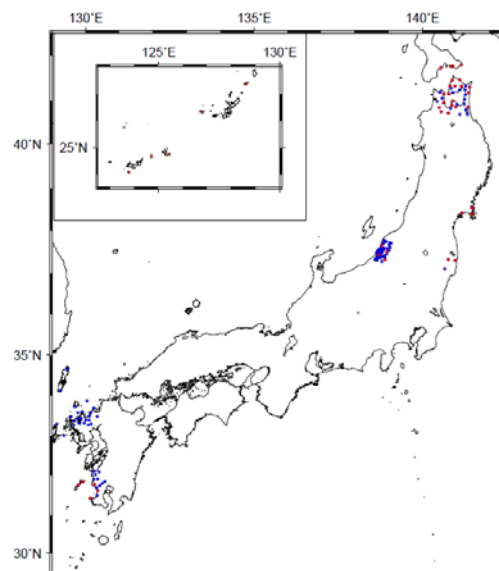


図 1 : 振興会設置観測点

各観測網の詳細

福島 A 地点および三程地点は, 帰宅困難地域の設定がまだ解除されていない。福島 A 地点に関しては, 地震計等を引き上げ, 休止観測点としている。また, 三程地点は 2019 年 6 月 5 日から光回線で復旧したが, 2019 年 11 月の台風による被害で立ち入りが困難な場所において回線が切れた為, 現在休止中である。また, 宮城 A, B, C, 福島 B 観測点に関しては, 光回線で観測が継続されている。

長岡地域の観測点において, 波形データに異常があった上野山, 尾町, 荒谷, 濁沢, 島田の 5 観測点で, 地震計の交換を行った。主原因としてはボアホール地震計に水が入った為である。ISDN で残っていた塩谷観測点は 2019 年 4 月 25 日に光回線になった。また, 名古屋大に対して 20 観測点の GNSS 観測のデータを送っているが, 名古屋大に設

置してあるルータ（AR570s）が不調になり，データが途切れる期間があった．データはルータを交換した後手動にて補完している．

下北地域の観測点においては，不具合が発生していた 9 観測点（原田，長後，奥内，白糠，倉内，口広，蟹田，平舘，柏野）の地震計を交換し，波形異常が解消された．原因は長岡観測網のボアホール地震計と同様にゾンデ内に水が入り，波形に不具合が出ていた（図 2）．ゾンデへの水の侵入経路も調査により推定できたため，より強固な防水対策を行ったゾンデを作成し，入れ替えを行っている．

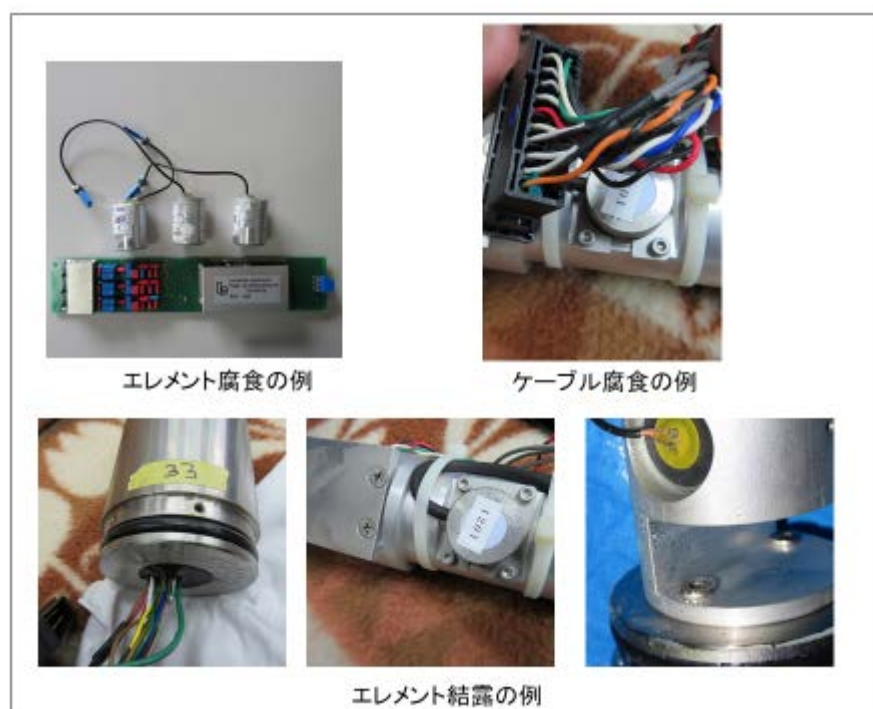


図 2：交換した地震計の様子

川内湾を囲む形で展開されている川内観測網（AK-net）15 観測点および九州北部地域に展開されている玄海観測網（AG-net）23 観測点は，振興会，地震研経由で速度計のデータのみが流通している．一部，広帯域計と加速度計のデータも公開し，JDX-net 経由でもデータを配信されている．AK-net の大里観測点および吹上観測点においては，波形異常があったために地震計を交換した．

その他，南西諸島および函館地域において計測技研のロガーで準リアルタイムシステムを運用し，計 10 観測点で稼動していたが，南西諸島は久米島観測点を 2020 年 3 月 3 日に廃止し，残り 4 観測点は琉球大に移管する予定である．また，冬場でバッテリーの電圧が降下しているため，函館の 1 観測点は現在停止中であり，来年度に復旧をする．

名古屋大学における JDX への接続状況について

前田裕太（名古屋大学）

(1) 名古屋大学のデータ受信・処理システム

名古屋大学では以下の3つのサーバを用いて地震データの受信・処理を行っている(図1)。

- ①受信サーバ：JGN-X と SINET の2系統から全国の連続データを受信し、ディスク容量の範囲で(約半日分)一時保存、下記「処理サーバ」に転送する。
- ②処理サーバ：ディスク容量の範囲で(1年弱)全国の連続データを一時保存、中部地方の観測点のデータを切り出して永久保存する。自動トリガ・震源決定、手動震源決定を行う。堀内システムを動かす。下記「予備サーバ」に中部地方のデータを転送する。
- ③予備サーバ：中部地方の連続データの受信・保存と自動トリガ・震源決定を行う。処理サーバのトラブル時にはこのサーバに切り替えて手動震源決定を行う。

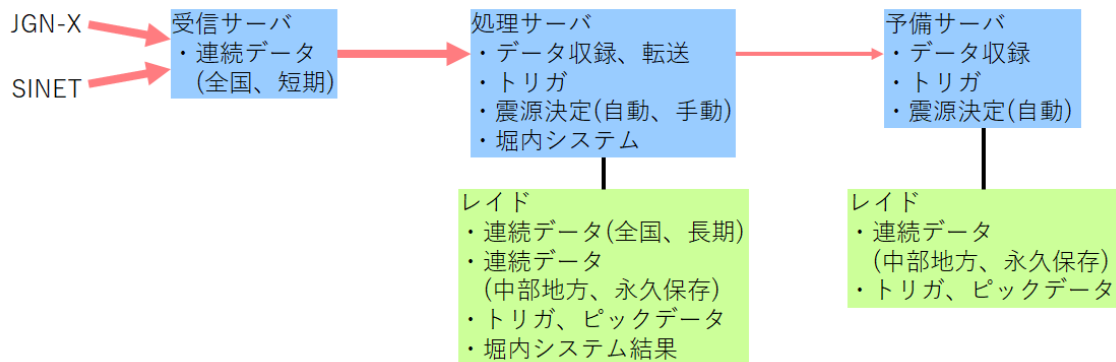


図1. 名古屋大学の地震データ受信・処理システム。

2019年度は上記3サーバで相次いでトラブルが発生した。以下それについて述べる。

(2) 処理サーバでのデータ欠測(2019/05/14)

5時間程度にわたり断続的なデータ欠測が発生(自動復帰)。原因を調べる中でメモリエラーが発覚、メモリ交換を行った。メモリエラーはデータ欠測の1ヶ月ほど前から発生しており欠測との直接の因果関係は定かではない。

(3) 処理サーバでのI/Oエラー(2019/11/13)

unexpected rebootが発生し、以後I/Oエラーによりデータ収録用のレイドが見えなくなる。サーバの再起動により復旧。

このトラブル以降、連続データ収録時に短時間の欠損が多発するようになった。欠損は全国データから中部地方を切り出す処理を行う時間帯に集中発生している。

(4) 受信サーバの故障(2019/11/15-)

11/15 頃からデータが欠損し始め、11/16 の夕方以降は全データ量の 1%程度しか収録されない状態となった。原因を調べたところ、受信サーバが自動再起動(起動完了後 15 秒程度での再起動)を繰り返していた。再起動の cron は動いていない。ディスクを満杯にしていた一時ファイルを削除の上、win データを受信する cron を止めたところ自動再起動は止まった。cron を再開すると再び自動再起動し、その後にディスクエラーと思われるメッセージが表示され、以後パーティションのマウントやデバイス設定等が不完全なままの起動しかできなくなった。

ハードウェアエラーの可能性が濃厚と判断し別のサーバで臨時代用することとした。ネットワークポート不足により JGN-X のみに接続したが、短時間の欠損が頻発。12/9 に SINET のみの接続に切り替えたところ安定した。これは学内における JGN-X, SINET との接続環境の影響と思われる。

その後、新しいデータ受信サーバを購入し、2020/02/19 に移行した。新サーバには最新の CentOS8 を入れてみたが WIN データの送受信・収録を行う上で特に問題は無い。新しい受信サーバではディスク容量として 4TB を確保した。その結果、平時であれば直近のデータを 1 ヶ月以上蓄積することが可能となった。

(5) 処理サーバでのレイドコントローラ故障(2020/03/07-03/16)

処理サーバのレイドが I/O エラーによって見えなくなり、震源決定等の処理を予備サーバに切り替えた。その際にトリガの整合性を保つため予備サーバにおいても処理サーバと同様に一旦全国のデータを収録するようにし、古い設定も最新のものに置き換えた。しかし必要な設定ファイルの一部が処理サーバのレイドに置いてあったため切り替えにやや手間取ることとなった。3/16 にレイドコントローラ交換により復旧。データの消失は無し。

(6) 予備サーバでの I/O エラー(2019/03/16-03/27)

上記(5)のトラブルに伴い生じた処理サーバと予備サーバの震源データの統合作業を進めたところ予備サーバのレイドで I/O エラーが多発。業者による調査ではハードウェアの故障等は見つからず、データをバックアップの上でファイルシステムの作り直しを行った。

これ以降、予備サーバの連続データに高頻度(5 分に 1 回程度)で欠損が発生するようになった。wdisk のログを確認したところ頻繁にリセットが行われていた。また 1 分ファイルの作成に 1 分以上を要しているようであった。処理サーバでは欠損は生じていない。伝送経路の変更等では解決せず、最終的に古いデータを削除してディスクの空き容量を増やしたところ正常に戻った。ディスクに一定の空き容量を残す設定(wdisk の -s オプション)で運用しており、古いファイルを削除しつつ新しいファイルを書き込むという処理が時間がかかっていたものと思われる。

定常観測点検討ワーキンググループの報告

北海道大学 高橋浩晃

地震火山噴火予知研究協議会に設置された「定常観測点検討ワーキンググループ」では、地震等定常観測点に関する情報交換を行っている。第2回会合が2019年12月26日に開催された。関係機関の他、文部科学省地震・防災研究課もオブザーバで参加した。大学や防災科研からは、観測点維持予算の縮減や観測に関わる人員の確保が難しい状態が続いていることが報告された。東大地震研では観測網全体の長期的な運用体制について検討を始めたほか、東北大では数年をかけて計画的に観測点の廃止を進めている。また、観測項目によっては、担当者の退職により観測継続自体が困難となっている事例も報告された。

観測を支えるセンサー等の供給状況についても情報提供がなされた。基盤観測網を支えるボアホール型地震観測装置が10年程度で製造が終了する見込みであること、データロガーも更新時期であるがメーカーでの開発が進んでいないこと等が報告された。現状のままでは、10年後にはセンサー・ロガーの供給がなくなるため、地震観測そのものの維持が困難になる可能性がある。機器開発にはある程度の時間が必要であることから、次世代地震観測網のグランドデザインと、それを支えるメーカーの育成が喫緊の課題である。地震観測網を永続的に維持していくためには、持続可能性の更なる担保が必要であり、システムの開発と運用の低価格化には、ロット数を稼ぐための標準化が求められる。メンテナンスフリー化・長寿命化・最新のICT技術利用による回線料縮減等の研究開発的な要素も強いことから、プロトタイプの開発とフィージビリティスタディを大学や関係機関などで組織的に行うことも検討されるべきである。

NTT回線の再編が進む中、へき地が多い地震観測点での通信の確保も大きな問題である。建議計画で保持している400MHzと新規の920MHzを広帯域化して活用することで、交換局までの通信を確保するような技術の開発も先行して進めておくことが望ましい。衛星回線についてもある程度の数と帯域を確保しておくことが必要と考える。

地震観測網は災害情報や地震調査研究を支える最も基本的な基盤であるが、人的・予算的に極めて厳しい状態が続いており、運用や技術継承の途絶が現実的なところまで来ていると認識する。センサーやロガーを含む観測機器の供給も10年以内に困難となる状態となっており、定常観測に限らず、機動的な地震観測や火山観測監視にも支障をきたす可能性が高い。これは日本の地震火山観測全体の喫緊の課題であるが、関係者以外にはあまり認識されていないと思われる。協議会や地震本部等に積極的な情報提供を行うとともに、具体的な対策を検討して頂くことが必要であると考え。また、全国的な地震観測網の最適化を進めるうえで、ある程度の観測点の廃止は止むを得ない。大学の定常観測点は地震予知計画により整備されてきた経緯があり、廃止に必要な経費負担について協議会での検討も必要であると考え。

モバイル回線を用いた新しいオンライン臨時地震観測システムの開発

東北大学 地震・噴火予知研究観測センター

平原聡・内田直希・中山貴史・岡田知己

オンライン臨時地震観測システムは、巨大地震や自然災害の発生時に迅速に設置が可能な地震観測用の観測機材一式で、主にモバイル回線や衛星携帯電話等の無線通信を用いて構築される。東北大学では、リアルタイムでの地震観測データの送受信が必要な状況に対応するため、コストや設置難易度の点で有利な、モバイル回線を用いたオンライン臨時観測システムの開発を進めてきた。本稿では、これまでの開発状況について報告する。

1. 携帯電話データ伝送システム（第1～第2世代）

2008年に、Ethernet対応のデータロガーLS-7000XT（白山工業）に、モバイルルータWN-G54/DCR（アイオーデータ機器）とCDMA 1X WINデータ通信端末W05K（au）を組み合わせた、携帯電話データ伝送システム（第1世代）を構築した。「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」で実施した庄内平野地震観測では、フレッツ回線を利用できない場所に地震観測点を設置するために第1世代のシステムを使用した。モバイルルータは、ログの情報が少なく、回線切断の原因が不明なため、回線の再接続の際は強制的に電源のOFF/ONを実行して、通信状態を回復させる必要があった。

2011年には、FOMAデータ通信端末L-05A（Docomo）と、Armadillo-420（アットマークテクノ）を通信装置とする携帯電話データ伝送システム（第2世代）を開発した。Armadillo-420は、microSDカードからOSを起動する方法を採用して、WINシステムによるデータ送受信と、長期間のデータの現地収録を可能とした。さらに、パケット欠落や障害等で欠測したデータを、当センターのサーバーからFTP接続で自動的に回収・補完するシステムを構築した。第2世代のシステムは、2011年東北地方太平洋沖地震臨時観測点、2013年に設置した蔵王山臨時地震観測点、専用回線の継続が困難となった観測点等で使用した。常時接続でデータ送信を行うため、Armadillo-420では回線の再接続を1日2回実行するのだが、再接続できない状態が数時間続く現象や、L-05Aが突然ハングアップする異常が発生して、システムの安定性に課題があった。

2. オンライン臨時地震観測システム（第3～第4世代）

第3世代となるオンライン臨時地震観測システムでは、Raspberry Pi 2 Model Bを通信装置として、Armadillo-420で作成した通信プログラムを移植して、L-05Aでの常時接続によるデータ送信の安定性を改善した（図1）。また、ソーラーパネル、チャージコントローラ、鉛蓄電池を組み合わせ、電源を通信系と収録系の2系統に分けて、太陽光発電での長期間の運用を可能とした。

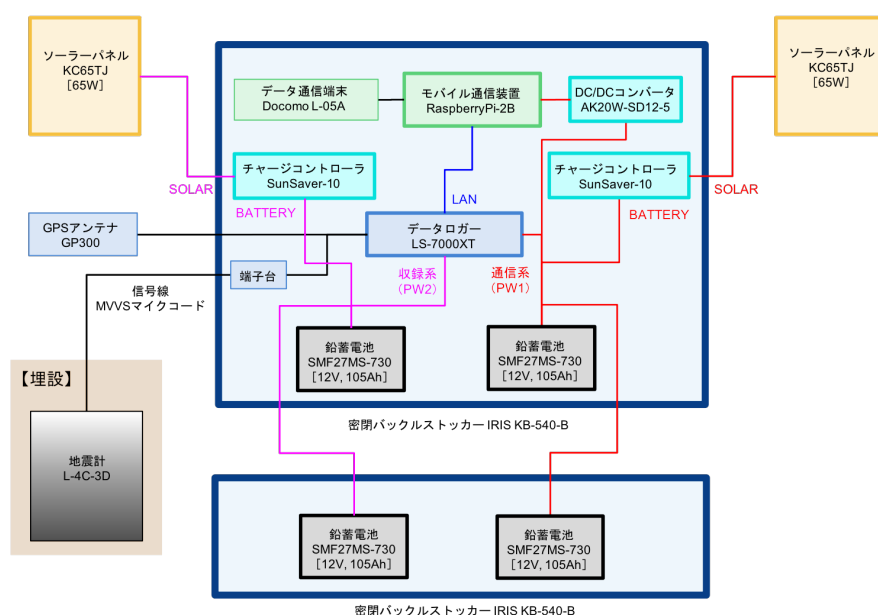


図1 オンライン臨時地震観測システム（第3世代）構成図

2019年6月18日22時22分に発生した山形県沖地震（M6.7）の臨時地震観測では、第3世代のシステムを2箇所に設置し、本震発生2日後の6月20日から当センターへのデータ送信を開始して、8月末まで観測を継続できた（図2、3）。2019年10月13日には、2019年台風19号の影響による河川氾濫で、岩手県宮古市にある宮古観測点（TU.MY3）の林道が通行不能となり、多数の電柱が倒壊して、観測点手前の橋も流出する甚大な被害を受けた。電力と通信の復旧に日数がかかるため、10月24日に宮古観測点に第3世代のシス

テムを設置し、データ送信を再開できた。しかし、山間部では日照条件が厳しく、太陽光発電では充電不足となることがわかり、約1ヶ月に1回のバッテリー交換で対応した。



図2 2019年山形県沖地震臨時観測点（加茂）

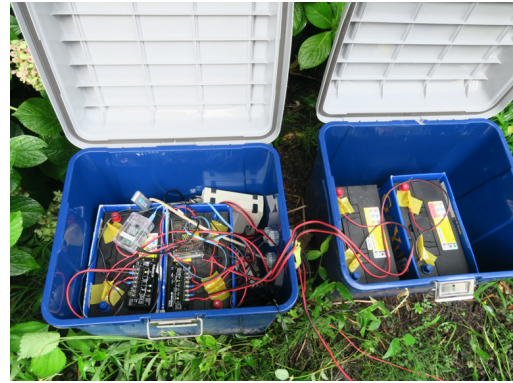


図3 バックルストッカー内部

第4世代のオンライン臨時地震観測システムでは、通信装置に Rooster RX210 または RX230（サン電子）を採用して、LTE データ通信への対応と、当センターと観測点との拠点間 VPN 接続を可能とした（図4）。また、負荷に電源を供給しながらの充電に対応したバッテリー充電器 CX1210（電菱）と鉛蓄電池を組み合わせて、商用電源での非常用電源の確保を可能とした。

「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第2次）」（課題番号 THK07）により、2019年に設置した地殻応答地震観測点7箇所では、第4世代のシステムを使用しており、商用電源で4ヶ月以上安定して運用を行なっている（図5、6）。今後は、オンライン臨時地震観測システムから当センターを経由せずに JDXnet へのデータ送信を可能とするため、NICT IoT ゲートウェイサービスと、SINET 広域データ収集基盤に対応する予定である。

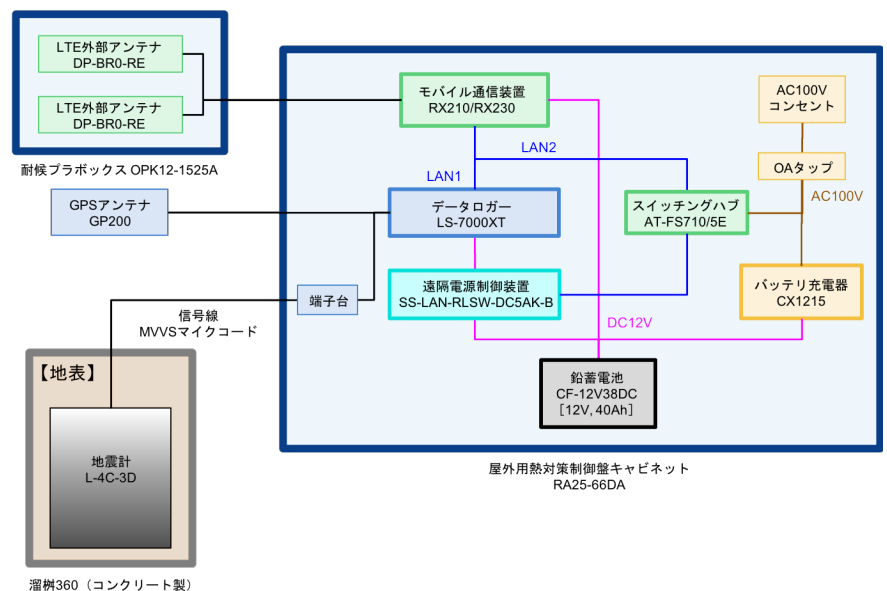


図4 オンライン臨時地震観測システム（第4世代）構成図



図5 地殻応答地震観測点（妖精の森）

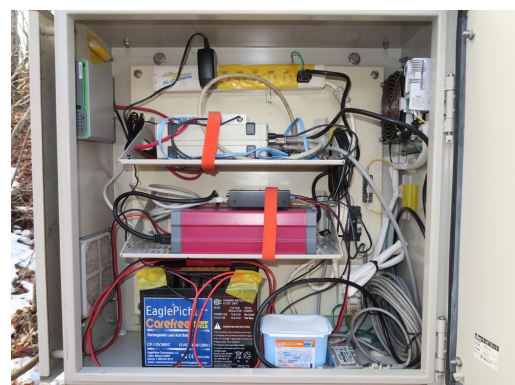


図6 キャビネット内部