

データ流通ワークショップ 発表要旨集

日時：2012年3月30日（金）10時～17時
場所：東京大学地震研究所1号館3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。

- ・ 地震及び火山噴火予知のための観測研究計画(H21-25)研究課題
「地震活動・火山現象のモニタリングシステムの高度化」(課題番号1401)
- ・ 東京大学地震研究所 特定共同研究(A)
「地震活動・火山現象のモニタリングシステムの高度化」(課題番号 1401)

当日参加者名簿（順不同）

汐見 勝彦	防災科研	中道 治久	名大
植平 賢司	防災科研	山中 佳子	名大
武田 直人	産総研	堀川信一郎	名大
今西 和俊	産総研	井口 正人	京大防災研
溜淵 功	気象庁	加納 靖之	京大防災研
大竹 和生	気象庁	為栗 健	京大防災研
若山 晶彦	気象庁	久保 篤規	高知大
舟崎 淳	気象庁	山品 匡史	高知大
重野 伸昭	気象庁	松島 健	九大
上野 寛	気象庁	馬越 孝道	長崎大
森脇 健	気象庁	小林 励司	鹿児島大
野坂 大輔	気象庁	八木原 寛	鹿児島大
勝間田明男	気象研	鷹野 澄	地震研
鎌谷 紀子	気象大	平田 直	地震研
渡邊 智毅	マリン・ワーク・ジャパン	小原 一成	地震研
関根秀太郎	予知振興会	笠原 敬司	地震研
岩瀬 良一	JAMSTEC	卜部 卓	地震研
藤 亜希子	JAMSTEC	鶴岡 弘	地震研
大久保慎人	東濃地震科学研	中川 茂樹	地震研
雑賀 敦	東濃地震科学研	伊藤 貴盛	地震研
植竹 富一	東京電力	宮川 幸治	地震研
渡辺 康二	シモレックス	出川 昭子	地震研
飯野 正寛	シモレックス	宮崎 裕子	地震研
高見沢海平	高見沢サイバネティックス	山田 洋子	地震研
畠山 浩幸	高見沢サイバネティックス	園部 晴美	地震研
神定 健二	高見沢サイバネティックス	藤田 園美	地震研
高橋 浩晃	北大		
一柳 昌義	北大		
山口 照寛	北大		
出町 知嗣	東北大		
鈴木 秀市	東北大		
海田 俊輝	東北大		
平原 聡	東北大		
中山 貴史	東北大		
内田 直希	東北大		
小菅 正裕	弘前大		
		以上 62名	

データ流通ワークショップ
2012年3月30日（金）10時～17時頃 地震研1号館3階セミナー室

プログラム

- 10:00-10:05 平田 直(地震研) あいさつ
- 10:05-10:25 植平賢司(防災科研)
九州大学における観測網の回線切替と観測機器の監視、およびWINシステムのIPv6化について
- 10:25-10:40 関根秀太郎(地震予知総合研究振興会) 地震予知総合研究振興会の観測点の状況
- 10:40-10:55 雑賀 敦・大久保慎人(東濃地震科学研)
東濃地震科学研究所(TRIES)地震観測網のデータ公開にむけて
- 10:55-11:10 井口正人(京大防災研) 桜島のデータ伝送について
- 11:10-11:25 八木原 寛・平野舟一郎・後藤和彦・宮町宏樹・中尾 茂(鹿児島大)
鹿児島大学におけるデータ流通網への接続と利用状況
- 11:25-11:45 重野伸昭(気象庁) 気象庁における地震火山データ共有と利用の現状
- 11:45-12:05 若山晶彦(気象庁) 緊急地震速報の現状と今後について
- 12:05-12:20 小原一成(地震研) 地震波形モニタリングシステムの概要(その2)
- 12:20-13:30 昼食休憩
- 13:30-13:50 加納靖之(京大防災研) 京都大学の接続状況および東北地方太平洋沖地震への対応
- 13:50-14:10 汐見勝彦(防災科研) 東北地方太平洋沖地震と防災科研基盤観測網
- 14:10-14:30 中山貴史・出町知嗣・平原 聡・鈴木秀市・海田俊輝・内田直希(東北大)
東北地方太平洋沖地震後の東北大センターおよび観測網の復旧
- 14:30-14:50 一柳昌義・高田真秀・山口照寛・高橋浩晃・山田卓司・勝俣 啓(北大)
北海道大学における東北地方太平洋沖地震の対応について
- 14:50-15:05 山口照寛・高田真秀・一柳昌義・高橋浩晃(北大)
地震地殻変動観測点の電源とデータのバックアップ
- 15:05-15:20 小菅正裕(弘前大)
弘前大学における東北地方太平洋沖地震直後の地震観測と調査研究
- 15:20-15:30 休憩
- 15:30-15:45 鎌谷紀子(気象大学校)
気象大学校における地震波形データ受信とその成果
- 15:45-16:00 鶴岡 弘(地震研)
巨大地震のための長周期波動場のリアルタイムモニタリングシステム - W-phaseの適用 -
- 16:00-16:20 ト部 卓(地震研)
WINチャンネル表の成分名規則について、およびナノメVSATシステムの廃止
- 16:20-16:35 中川茂樹(地震研) MeSO-netについて
- 16:35-16:40 鷹野 澄(地震研) 地震観測網は東日本大震災から何を学んだか
- 16:40-17:00 討論

九州大学における観測網の回線切替と観測機器の監視、 および WIN システムの IPv6 化について

植平賢司（防災科学技術研究所、元九州大学地震火山観測研究センター）

1. 九州大学における観測網の切替

九州大学地震火山観測研究センターでは、地上 IP 回線を使ったテレメータ回線網として NTT 西日本のフレッツ・グループを使っていたが、2011 年 6 月から 7 月にかけて同社のフレッツ・VPN ワイドに移行したので紹介する。直接のきっかけは、これまで拠点数 10、20、20 の 3 つのグループ計 50 拠点で運用してきたが、新たに観測点を作るにあたり拠点数が不足してしまったためである。移行後は、拠点数 30、30 とした。フレッツ・グループとフレッツ・VPN ワイドの違いはいくつかある。まず、VPN 管理者となれるのはフレッツ光ネクスト回線だけであるので、管理用に新規回線を敷設した。VPN 参加者はこれまで通り、B フレッツ、フレッツ ISDN 回線等が使用できるので 1 観測点を除きそのままにした。VPN 網の料金は、これまで使っていたフレッツ・グループのビジネスメニューでは 2,940 円/回線であるのに対し、フレッツ・VPN ワイドでは VPN 管理者が 3,150 円（30 拠点の場合）、VPN 参加者は 1,890 円/回線である。切替後、VPN 参加回線は変更していないにもかかわらず、島原からすべての拠点に対しての RTT (Round-Trip Time) が 20~30msec 早くなった。また、島原~情報基盤センター間（双方とも B フレッツ・ベーシック、最大 100Mbps）も ftp での通信速度が 1.4Mbps 程度と約 2 倍の速度が出るようになった。

2. 九州大学の観測点における観測機器の監視（植平・内田和也 [九州大学]）

植平（2008）において、SNMP と MRTG を使った観測網回線の監視システム（パケット損失率や RTT）について報告したが、昨年より SNMP やネットワークでの管理監視機能を搭載したデータロガーや UPS の展開を始めたので紹介する。

白山工業社製の LF シリーズは他のロガーと同様なステータスパケットによる監視機能の他に、SNMP による監視も可能である。SNMP には、要求に対し応答する機能（polling）と、何かイベントが発生した時通知する機能（trap）がある。前者については、GPS 衛星受信数、時刻誤差、コントローラ基板温度、GPS バックアップ電池の電圧、デジタイザの消費電力を MRTG でモニタしている。MRTG は負の値に対応していないので、フィルタを作成し絶対値に変換してから表示させている（RRDtool など、負の値にも対応している描画ツールもある）。MRTG には、ある値が閾値を超えた場合にイベントが発生することが可能であるので、時刻誤差が 1 msec を超えた場合、基盤温度が動作温度より 10℃以上高くなった等々の場合、メールで通知するようにしている。後者の trap 機能では、ロガーから

の通知をそのままメールにより転送している。通知の内容は多岐に渡るが、例えばログターの起動、過大時刻誤差の校正、閏秒発生情報の通知、等々である。

UPS はサンケン社製の SRU シリーズに、拡張ネットワークボード (FNA-23) を差したものを使っている。このボードにも上で述べた SNMP による機能の他に、独自の WEB インターフェースや通知機能が備わっている。SNMP については、入力及び出力の電圧、温度、出力負荷率、出力電流、内部バッテリー電圧を MRTG でモニタリングしている。また、トラップ機能により、何らかイベントが発生すればメールで通知されるようにしている。更に、独自機能の方にもイベント発生時にメール通知機能があるので利用をしている。

3. WIN システムの IPv6 化について (植平・ト部 卓・鶴岡 弘・中川茂樹 [東大地震研])

2011 年 4 月 15 日、日本において IPv4 アドレスの在庫が枯渇した。これまでに割り当てられたアドレスやプライベートアドレスが使えなくなるわけではないが、データ流通の基幹ソフトとなっている WIN システムも IPv6 に対応し、十分な検証作業を行っておくことは必要である。

IPv4 と IPv6 の大きな違いは下記の通りである。まず、アドレス空間の大幅な拡張である。IPv4 が 32 ビットに対し、IPv6 では 128 ビットある。また、IPv4 にはあったブロードキャストの機能は IPv6 では廃止された。よって、他点に同時にデータを送信する場合はマルチキャストを使用しなければいけない。

開発は FreeBSD 上で行った。プログラミング的には IP 層だけの違いなのでフレームワークはほとんど変わらない。IPv4 専用の関数の部分をプロトコル依存性の無いものに置き換えることにより、IPv4 と IPv6 双方に対応させた。共有メモリ上のデータをネットワークに送り出す `send_raw.c` というプログラムと、それを受信して共有メモリに書き込む `recv.c` があるが、これらの IPv6 通信に対応した `send_raw46.c` と `recv46.c` というプログラムを作成した。先に述べたとおり IPv4 にも対応しており、例えば `recv46.c` では IPv4 と IPv6 アドレス両方からデータを受信することが可能である。

送受信実験は、2011 年 11 月から 2012 年 2 月の間、九州大学と東京大学地震研究所の間で、JDXnet (JGN-X と SINET4) を使って行った。データ量は、東京大学からは約 170kB/s、九州大学からは約 10kB/s である。ユニキャスト及びマルチキャストともに問題無く通信出来た。マルチキャスト通信の場合、スイッチの設定に注意する必要があることが分かった。今回、経路の途中でアライドテレスリス社製のスイッチを使っていたが、MLD snooping (上位ルータとやり取りして必要なポートだけにマルチキャストデータを流す機能。今回、上位ルータは設置されていなかった。) が有効になっていたため、マルチキャストのパケットが通らない現象が起こった。蛇足ながら、これまで SINET4 では IPv6 パケットを流すという試験は報告されておらず、我々が最初の実験ということであった。

謝辞: 本研究は、東京大学地震研究所共同研究プログラムの援助を受けた。JDXnet を使った試験では東京大学地震研究所の出川昭子氏にお世話になった。

地震予知総合研究振興会の観測点の状況

関根秀太郎（地震予知総合研究振興会）

地震予知総合研究振興会の観測点として、JDX-netには長岡地域40点、宮城地域3点、福島地域3点の計46点を送信されている。また、東北大に三程と熊倉の2観測点には、体積歪計、傾斜計、加速度計、温度計が設置されており、現地からデータが送信されている。平成23年3月11日14時46分に東北地方太平洋沖地震（M9.0）が発生したことにより、これらの観測網の一部のデータが送信されなくなっている為、その後の観測網の状況について述べることにする。

東北地方の8つの観測点すべてにおいて、停電や通信障害が生じ、振興会にリアルタイムで送られてくるデータが停止した。しかし、停電用バッテリーにより、本震直後から約21時間にわたり貴重な地震活動を観測することが出来た。なお、各観測点のデータはCFカードを回収している事により回収しているが、三程観測点のデータに関しては、途中の道路が崖崩れにより通行できなかった為、データが回収できていない。

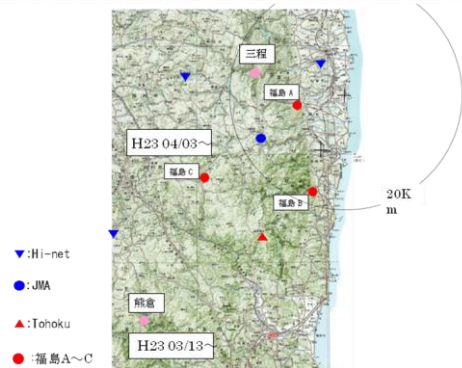
バッテリー切れとともに、地震データを収録できない状態がしばらく続いたが、その後、電気・電話の回復・不通を繰り返しながら、熊倉観測点では3月13日から東北大学へのデータ伝送が再開され、福島Cと宮城Cの観測点では、それぞれ4月3日と4月11日からデータ送信が再開された。また、宮城Bでは12月15日に電源が復旧し、1月13日からFOMA回線を用いてデータ転送を再開した。さらに宮城Aに関しては、2月末に通電、3月28日に観測を再開した。しかし、福島A、福島Bおよび三程の観測点に関しては、3月末現在の時点で欠測状態が続いている。

一方長岡地域の観測点に関しては、大規模停電による欠測等は発生しておらず、継続的にデータは収集できているが、積雪による影響で上下動GPSデータに大きな変動がみられる観測点が存在している。

宮城県東部沿岸地域における地震観測点の位置図



福島県東部沿岸における地震観測点の位置図



図：宮城県および福島県における地震観測点の位置図。左図：宮城県、右図：福島県であり、赤丸が振興会、青丸が JMA、青三角が Hi-net、赤三角が東北大の観測点をそれぞれ示している。

東濃地震科学研究所 (TRIES) 地震観測網のデータ公開にむけて

財団法人地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所

○雑賀 敦、大久保 慎人

財団法人地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所 (TRIES) では、平成 10 年より岐阜県東濃地域に地震観測網を展開している (青木・他、1999 ; 以後、TRIES 地震観測網と書く)。TRIES 地震観測網は、超高密度地震観測網 (46 点)、広帯域地震観測網 (6 点)、深部ボアホール地震観測網 (6 点)、超深地層研究所坑道内観測網 (2 点) の計 60 点により構成されている。この地域には Hi-net、気象庁、大学により整備されている全国の微小地震観測網の観測点が少なく、TRIES 地震観測網が地震研究の基盤となっている。平成 20 年より連続観測、平成 22 年 3 月より全ての地震観測点は IT 化され即時的に地震計の連続データが使用可能になっている。今後周辺の微小地震観測網の記録と併せて研究を進めることにより、東濃地域周辺の地震活動、地下構造、応力場を詳細に理解することが可能になる。TRIES 地震観測網と微小地震観測網のデータを統合するために、地震データ流通網を利用する波形データと統合可能な WIN ID を割り当てる必要がある。そこで、名古屋大学から 1024 個の WIN ID (9C00-9FFF) を提供頂き、TRIES 地震観測網のデータに地震データ流通網と統合可能な ID (WIN ID) の割り付け、チャンネルテーブルを変更し、観測点の詳細情報をまとめた。

東濃地域で大きな地震が起こった場合など TRIES 地震観測網と全国の微小地震観測網のデータをリアルタイムにデータ結合する必要があるが、東濃地震科学研究所では回線容量の問題等によって地震データ流通網の波形データが現在、リアルタイムで取得できない。WEB 公開されている連続波形データは、Hi-net 地震観測網の 3 時間前以前のデータである。これらを利用し、Hi-net 自動処理震源リストを用いて、TRIES 地震観測網データと Hi-net 地震観測網データの結合を地震発生 3 時間後に自動で行うシステムを構築した。また、地震発生 2 日後からは気象庁一元化処理震源リスト (P 波初動・S 波初動の到達時刻や P 波初動極性) がダウンロード可能である。このデータを用いて、WIN システム (Urabe, 1994) で使用可能な P 波初動・S 波初動到達時刻、最大振幅、P 波初動極性情報が含まれたファイル (ピックファイル) も自動で作成されるようにした。これらの処理により、東濃地域で発生する地震の震源や発震機構解を素早く解析可能になった。

これらのシステムを運用した例として、内陸活断層地震とプレート内地震の震源決定と発震機構解の推定を行った。これも併せて報告する。

桜島のデータ伝送について

京都大学防災研究所・井口正人

京都大学防災研究所火山活動研究センターは桜島をはじめとする南九州の活動的火山を火山噴火予知研究の対象として観測と研究を行っている。これらの火山には九州南方に点在する薩摩硫黄島、口永良部島、中之島、諏訪之瀬島が含まれる。

桜島および始良カルデラ周辺の観測点からのデータ伝送はフレッツ回線網を基本とし、桜島火山観測所への直接の無線伝送(400MHz 帯固定局および 2.4G 無線 LAN)を組み合わせたものである。桜島におけるデータ伝送の難点はこれまで ADSL 回線(1.5Mbps 程度)しか使用できなかったことであったが、2010年に京都大学が火山活動研究センターの施設にWEBカメラを設置するのにあたり、光ファイバーケーブルを敷設し、国土交通省の光ファイバー網を経由してBフレッツと接続できるようになったことで大幅に改善された。桜島東部にある黒神観測室は2006年に活動を再開し、2009年以降爆発的噴火活動の回数が急激に増加している昭和火口から3.8kmの距離にあり、東側の観測拠点となっているが、桜島火山観測所と黒神観測室を光ファイバーで接続したことにより、高品質の映像伝送が可能となった。また、2011年には全国の火山における気象庁・防災科学技術研究所の地震データなどの流通が行われるようになったが、防災研究所地震予知研究センターと火山活動研究センターを、光ファイバー網を経由して接続する(KUINS3)ことにより、多量の流通データを受信することが可能となった。

京都大学は従来、気象庁の監視業務のためにデータを提供しているが、データ伝送は福岡管区气象台との間のEarth LANによる。光ファイバー網を経由したデータ流通網での配信は可能であるが、将来の桜島の大規模噴火を想定して冗長化を図っている。

薩摩硫黄島や口永良部島からのデータはISDN専用回線(64kbps, 128kbps)であるが、薩摩硫黄島と口永良部島のデータ集約点から気象庁の中継点にデータを分岐配信しており、将来的には気象庁を経由したデータをEarth LANで受信し、専用回線を廃止する予定である。諏訪之瀬島では火口周辺の観測点のデータを400MHz帯のシリアル無線送信機により、諏訪之瀬島島内および中之島の中継点に送信し、そこからVSATによりデータを打ち上げ、地震データ流通網に載せている。

鹿児島大学におけるデータ流通網への接続と利用状況

八木原 寛・平野舟一郎・後藤和彦・宮町宏樹・中尾茂（鹿児島大）

はじめに

鹿児島大学大学院理工学研究科附属南西島弧地震火山観測所（NOEV）では、主に九州南部から南西諸島北部（大隅諸島，トカラ列島及び奄美諸島）領域の微小地震観測研究を行っている．また霧島火山や諏訪之瀬島火山等では，他大学と連携して火山観測を実施してきた．NOEV は，地震活動の活発な大隅諸島から奄美諸島にかけての領域において，無人島を含めた島嶼部に臨時地震観測点を展開し，当該領域の地震観測の強化を行ってきた．さらに，データ流通網から受信した気象庁観測点データも利用して，当該領域の地震観測研究を行ってきた．ここでは，鹿児島大学におけるデータ流通網への接続と利用状況について報告する．

データ流通網への接続

過去に NOEV が SINET3 への接続を検討した際に困難であることが判明した経緯から，地震研を代表とするフレッツグループ（ここでは，地震研和歌山フレッツグループと記す）を介してデータ流通網に接続し，データの送受信を行っている．データ流通網への接続経路はこの 1 系統のみであり，2 重化までは実施できていない．

観測点データの送受信

鹿児島大学の各観測点と NOEV 間については，フレッツグループによるデータ送信を基本に考えている．ただし，山間部や離島において ISDN, ADSL, 光回線のいずれも導入できない観測点があり，専用線テレメータが現存する．NOEV で受信したこれらの観測点からのデータは，データ流通網へ送信される．一方，トカラ列島の悪石島，宝島では VSAT を設置した他，最近設置した地震・傾斜変動観測点では，データ通信専用端末を用いたリアルタイム伝送（例えば，松島・他，2012）を行い，これらの観測点のデータは，データ流通網を経由して NOEV で受信している．なお，交通手段やマンパワー等の制約から，障害発生への即時対応が困難な離島や大隅半島の一部観測点では，伝送経路を 2 重化（ISDN＋専用線，または VSAT＋専用線）して保守にかかる負担を軽減している．VSAT は特に孤立型小規模有人離島において効果が非常に大きい，商用電源や設置スペースの確保で設置可能なエリアが限られる他，人口減や公共工事削減等の社会経済環境の変化に伴い，施工の発注が年々困難になってきている．今後は 1～2 人で設置可能なデータ通信専用端末を用いたテレメータの導入を進める予定である．

WIN システムの 3 重化

NOEV ではこれまで，WIN システム管理者が不在時にシステム障害でデータ断になることがしばしば発生した．この対策として平成 23 年度は WIN システムの 3 重化に取り組んだ．システム管理者が不在時に障害が発生しても，データの送受信を継続できるか，もしくは継続できない場合には WIN システムのユーザーが，予備機の電源投入や LAN ケーブルの差し替え等の作業に関与できる環境を整えることにより，システム管理の経験が無いユーザーでも障害対応を行い，短時間でデータの送受信を再開できる可能性を高めた．

利用状況

NOEV では，九州南部から南西諸島北部領域の微小地震観測研究のため，データ流通網から九州及び南西諸島北部（沖縄本島まで）にかけての観測点（九州大学，気象庁，防災科研）の地震波形データを受信し，観測処理，発震メカニズムの解析等を行ってきた．さらに，相似地震群の解析を行い，当該領域の準静的なすべり速度の時空間変化を解析研究している．また，大部分が海域であるため，オフラインの離島観測，海底地震観測と流通データを結合し，微小地震活動の解析の精度向上をはかっている．

気象庁における地震火山データの流通とデータ利用

気象庁地震火山部火山課 重野 伸昭

1. テレメータシステムの整備及び更新

気象庁では、平成 22 年度に火山監視・情報センターシステム（Volcanic Observation and Information System =VOIS）を更新し、それまで 4 箇所の火山監視・情報センターに独立に設置していたシステムを気象庁本庁及び福岡管区気象台の 2 地点に中枢システムを設置し、冗長構成を用いることにより、より安定稼働するシステムとした。

地震波形等のテレメータについては、これまで観測点と火山監視・情報センター間で一対一伝送を行っていたが、観測点から気象庁本庁および福岡センターの 2 ヶ所への伝送に対応した IP-VPN(EarthLAN)に対応したテレメータシステムを採用することとした。

火山噴火予知連絡会火山活動評価検討会の検討結果に基づき、今後監視・観測体制を充実する必要があるとされた 47 火山を対象として、気象庁は平成 21～22 年度に総合観測点の整備を実施した。また、同じく平成 21～22 年度に既存のテレメータ装置の更新整備を実施し、ほとんどの観測点のテレメータ装置が IP-VPN 伝送に対応したシステムとなった。

2. 他機関とのデータ交換

気象庁火山分野では、これまで一元化協定を除くと、防災科研・大学・行政機関・研究機関等との間で、気象庁とこれら機関と個別に協定を締結し、データ交換を実施してきた。

平成 22 年度の火山噴火予知連絡会火山観測体制検討会では、今後火山防災体制の充実に向け、監視・観測体制の強化及び調査研究の推進を効率的・効果的に実現するためには、関係機関の連携をさらに強化して、観測データの流通及びその共有をこれまで以上に推進することが不可欠との報告を行った。

この報告をもとに関係機関間で検討が行われ、地震調査研究に利用しているシステムと同じものを利用して共有化を図る調整が行われ、地震計・空振計・傾斜計のデータに関しては防災科研の TDX を通してデータの共有化が実現されている。

これらの観測データは、防災科研・大学・気象庁間の 3 者で協定を結び、相互にデータ流通を図っている。希望する研究機関等は、防災科研に申請を行うことにより、現在流通している気象庁火山分野の観測データを利用することが可能となっている。

流通している気象庁火山分野の観測点数

火山名	地震計	空振計	傾斜計
アトサヌブリ	2	1	1
雌阿寒岳	6	2	1
大雪山	1	1	
十勝岳	7	4	2
樽前山	6	2	2
倶多楽	1	1	1
有珠山	4	2	2
北海道駒ヶ岳	6	3	2
恵山	2	1	1
岩木山	1	1	1
秋田焼山	1	1	1
岩手山	3	1	1
秋田駒ヶ岳	2	1	1
鳥海山	1	1	1
栗駒山	1	1	1
蔵王山	1	1	1
吾妻山	5	2	1
安達太良山	2	2	1
磐梯山	3	2	1
那須岳	2	2	1
日光白根山	1	1	1
草津白根山	2	2	1
浅間山	7	4	4

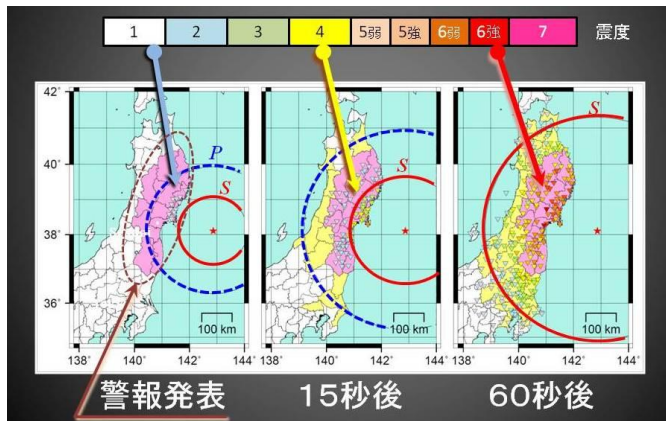
火山名	地震計	空振計	傾斜計
新湯焼山	1	1	1
焼岳	1	1	1
乗鞍岳	1	1	1
御嶽山	2	2	1
白山	2	1	
富士山	5	2	1
箱根山	1	1	1
伊豆東部火山群	3	2	2
伊豆大島	4	4	3
新島	1	1	1
神津島	1	1	1
三宅島	4	4	1
八丈島	1	1	1
青ヶ島	1	1	1
鶴見岳・伽藍岳	2	1	
九重山	1	1	1
阿蘇山	5	2	1
雲仙岳	6	1	2
霧島山	8	6	5
桜島	6	4	3
薩摩硫黄島	2	1	
口永良部島	5	2	1
諏訪瀬島	2	1	1

緊急地震速報の発表状況と課題について

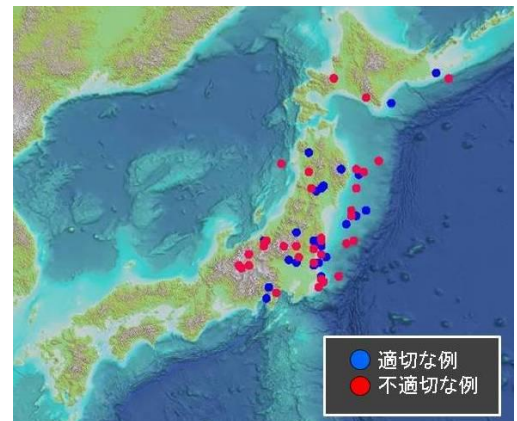
▼運用開始後4年を迎えた緊急地震速報は、3.11以降発表回数が大幅に増え、これまでに発表した警報は122回となった（3月末現在）。

▼3.11以降の発表内容を見ると、本震については強いゆれが来る前に発表するなど概ね適切であったが、一方で、活発な余震活動において大きく予想をはずす例、特に「からぶり」が多発した。

▼気象庁HPなどで周知していた「緊急地震速報の限界」があらためて浮き彫りになった形。



3.11本震の発表状況



3.11以降は「からぶり」が多発

▼現在対策として、①計算システムのプログラム改修、②予備電源増設等観測点の可用性強化、③観測点の増強（新設）をすすめているところ。

▼これに加え、関係機関の海底地震計や大深度地震計も活用すべく、必要なシステムを東京、大阪に整備しているところ。

▼これらの作業については夏頃を目途に完了させ、予想精度の改善を図る予定。

▼予想精度改善に取り組む一方で、住民の利活用状況や意識調査を2月に実施。

▼3.11以降多発した誤報の影響が懸念されたが、概ね「役立っている」と高評価。期待の高さがうかがえるが、内容に満足しているだけでなく精度改善を求める声は多い。

▼認知度は9割、速報の特性を知っている人は7割を超えるなど住民の理解は浸透。

▼速報を聞いた際に行動をとった人は6割、あらかじめ行動を決めている人も6割となるなど利活用も普及しつつある。

地震波形モニタリングシステムの概要（２）

東京大学地震研究所 小原一成

リアルタイムで流通する大学、防災科研、気象庁等の高感度地震観測連続データの更なる有効活用を図り、地殻活動の現況を容易にモニタリングし、新たな現象発見、研究テーマの創出等に活用するため、東京大学地震研究所にリアルタイムで収集される連続地震波形データに基づき、連続あるいはイベント波形データに様々な処理を施し、その結果を随時 WEB にて閲覧可能とするシステム構築を行った。連続波形データに対しては、1 時間および 24 時間単位での連続波形画像、複数の観測点列におけるマルチトレース画像、準リアルタイムマルチトレース画像、深部低周波微動等の活動状況を把握するためのエンベロープ表示画像など、イベント波形データについては、方位別ペーストアップ波形画像、遠地地震波形画像等のコンテンツが作成されている。画像表示は、GoogleMapAPI を用いて地図上から容易に選択可能であるとともに、観測点リストからも選択することができる。今年度は、公開に向けたシステム改良とチューニング、地震活動状況を把握するための震源分布、時系列等のコンテンツの追加を行った。

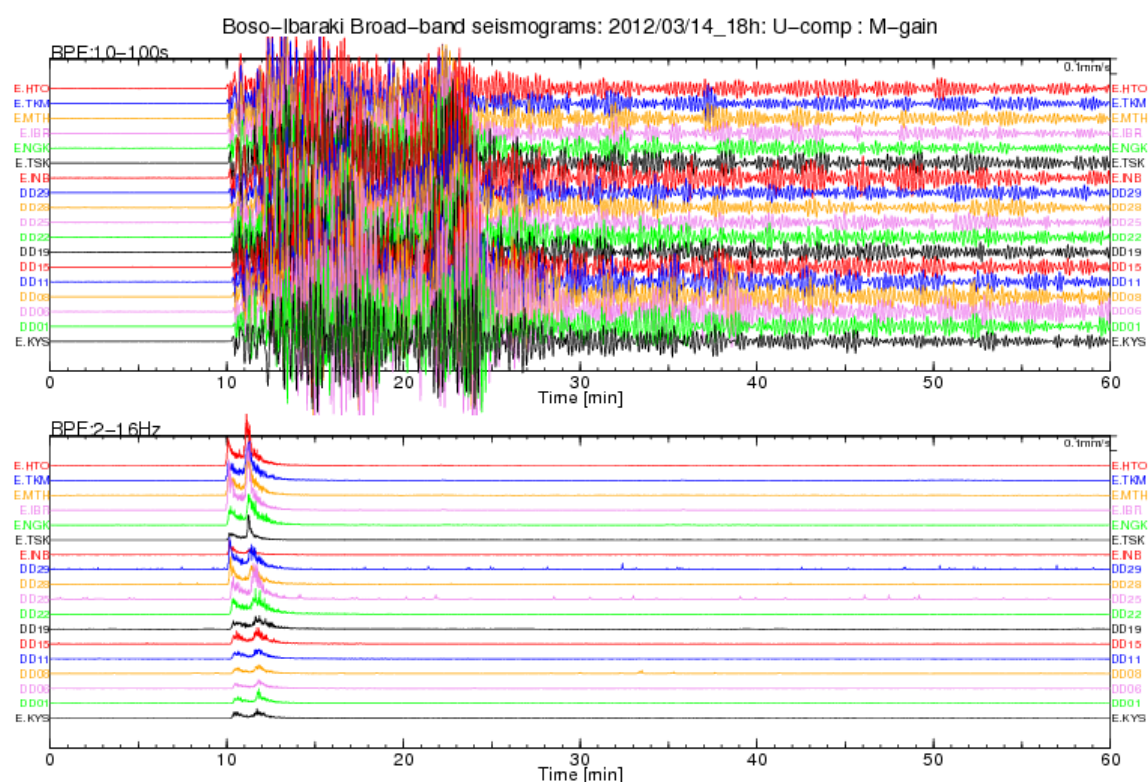


図. 房総・茨城広帯域観測波形画像例

京都大学の接続状況および東北地方太平洋沖地震への対応

加納靖之*・京大 SATARN グループ・京大地殻変動連続観測グループ
京都大学防災研究所

JDXnet への接続・各観測所・観測点、関連施設等との接続

京都大学防災研究所では、JGN-X と SINET4 にそれぞれ接続し JDXnet への地震・地殻変動データの送受信を行っている。JGN-X への接続については、2011年3月からは、京都府デジタル疎水ネットワークを足まわり回線として接続することとした。その際、デジタル疎水ネットワークへの接続回線では L2 VPN を設定している。また、学内 LAN を利用した接続についても、SINET4 を足まわり回線とすることでバックアップ回線として使用可能な状況である。SINET4 へは学内（キャンパス間）LAN（L2 VLAN）を経由して接続している。なお、吉田キャンパス～宇治キャンパス間は他のプロジェクトも含む専用の光ファイバ（10G）、宇治キャンパス内は専用の光ファイバを利用している。また、JGN2plus や SINET3 に直接接続できない拠点へのフレッツグループを構築し、データ送受信を行っている（地震研和歌山・広島、九州大学、鹿児島大学、高知大学、金沢大学）。耐震改修等による学内 VLAN 停止の際には、このネットワークを利用して九州大学経由でデータの送信を継続することができた。

京都大学の各観測所、観測点、関連施設等との接続には、フレッツ VPN ワイドおよびフレッツグループ接続（光、ADSL、ISDN）、SINET や岐阜情報スーパーハイウェイ等のネットワーク、学内 VLAN などを持ちいている。

東北地方太平洋沖地震への対応

地震発生後、学内外との連絡、テレビ等による情報収集、web による情報航海、波形データ収集システムの確認をおこなった。東北地方太平洋沖地震合同観測の一環として、東京大学地震研究所の VSAT 機材を借用し、岩手県一関市花泉町にオンライン観測点を設置した^(*)。作業時間が限られており、ロガーの設定は地震研究所からリモートで実施した。設置後のメンテナンスは、東北大学にご担当いただいた。この観測点は 2011 年 10 月に撤収した。今回の臨時観測では、福島第一原発の状況等に関する情報を共有するため京大防災研と現地との 24 時間の連絡体制を敷いた。衛星携帯電話、携帯電話、モバイル通信端末など、複数の連絡手段をもっていることが有効であった。臨時観測や緊急対応などを想定して、さらなるマニュアルの整備をすすめたい。

(※) 被災地のたいへんな状況の中、観測機材を置かせていただいた方々に感謝申し上げます。

(*) E-mail: kano@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp, Tel: 0774-38-4216

東北地方太平洋沖地震と防災科研基盤観測網

(独) 防災科学技術研究所 汐見勝彦

1. 東北地方太平洋沖地震と基盤的地震観測網の運用継続

1) データセンターの停電と観測データの収集・保存・配信

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、東日本の各地で強い揺れを観測するとともに、太平洋沿岸部を激しい津波が襲った。また、地震直後より東北電力及び東京電力管内の広範囲で停電が発生した。防災科研データセンター（DC）が位置する茨城県つくば市天王台地区においても、地震発生直後から商用電源の供給が停止した。DC棟においては、自動起動した発動発電機からの給電により基盤観測データの収集と自動処理を継続したが、データ公開サーバに接続するネットワークが停止したため、地震直後より各観測網のウェブサイトはアクセス不能となった。発動発電機は、連続5時間稼働の後、同日の20時に停止した。これに伴いDCにおけるデータ蓄積や自動処理も休止となった。翌12日より限定的な給電が再開されたが、Hi-net/F-netについては給電が安定していることが確認された14日朝より復旧作業を進め、同日20時頃よりつくばでのデータ収集・保存を再開した。DCが停電によりその機能を停止していた間も、EarthLANサービスの監視・中継局（コントロールセンター、CC）を経由して、気象庁ならびに防災科研TDXへの観測データのリアルタイム配信を継続した。CCでは観測波形データの一時保存を行っていることから、DC停止中のデータは、CCに保存されているものをDCに移送、補完した。

2) 各観測施設の被災と観測データの収集

宮城県の仙台および志津川観測点（いずれも、Hi-net）は、津波により観測施設が損壊・流失した。また、岩手県・陸前高田、山田、田老および宮城県・唐桑観測点（いずれも、Hi-net）では、施設自体に顕著な損壊はなかったものの、通信回線の中継局舎が被災したため、オンラインでのデータ収集再開まで1ヶ月から3ヶ月を要した。福島県・浪江観測点（Hi-net）についても、施設自体に顕著な損壊は見られないが、福島第一原子力発電所の警戒区域内に位置することから、現時点で再開の目処は立っていない。

防災科研Hi-netとF-netの観測施設には、A/D装置のほか、データをEarthLAN経由で流通させるためのアダプタ（ルーター装置）が設置されている。アダプタに装備されている蓄電池により、停電発生から約50分間（満充電時）は、通信回線が正常な観測点についてはオンラインでの観測データ送信が可能である。回線異常や停電継続によりリアルタイムでの観測データ収集に支障が出た観測点については、A/D装置給電用蓄電池により、停電発生から約22時間（満充電時）、A/D装置内に観測データの蓄積を行うことが出来る。しかし、停電期間がこれらの猶予時間を越えた東北地方および茨城県の多くの観測点では、3/12正午頃から半日～2日程度の間、欠測となった。その後も、東京電力管内の計画停電や4月7日の余震後の広域停電等により、オンラインでの地震観測に支障が発生した。A/D装置内に保存されたデータについては、現地にて回収したり、回線開通後にftpにより取得したりすることにより、後日、補完作業を行った。1)で補完したデータを含め、後日回収した全てのデータは、現在、防災科研Hi-netおよびF-netのウェブサイトからダウンロードすることが可能である。

3) リアルタイムデータ収集停止の影響

地震発生から約50分後以降、東北地方と北関東のほぼ全域でHi-netおよびF-netのリアルタイムデータ収集が停止したが、地震発生当日の20時までは防災科研の自動震源決定システムが動いていた。一例として、3月11日16時台の震源決定状況を次頁図の左上に示す。一方、リアルタイムでは収集できなかったものの、現地A/D装置に収録されていたデータを補完後、自動処理および暫定再検出処理を行った結果を図右上に示す。また、2011年6月末に取得した気象庁一元化震源情報による震源分布を、参考として図右下に示す。この時点での気象庁一元化震源情報は、リアルタイムで流通していたデータのみが利用されている。図左下は、当時の観測状況を表す。東北地方および北関東地方でデータがほとんど得られていない状態では、自動処理では震源域に一つの地震も決めることが出来ず、中部地方の浅い地震活動として誤決定している。また、リ

アルタイムで配信されていた観測点は非常に限られていたため、気象庁一元化震源も深さ方向の決定精度が悪くなっていることが分かる。

2. 新 EarthLAN サービスへの移行

防災科研基盤観測網のデータ収集および配信は、本年度より新しい EarthLAN サービスにより実施している。東北地方太平洋沖地震の発生等の様々な理由により、工程に半年ほどの遅延が生じたが、現在では新たなサービスへの移行が完了し、運用フェーズに入っている。新しい EarthLAN サービスの概要は以下の通り。

- ・STM 回線を用いた IP-VPN を採用。標準 64kbps の帯域に対し、100%の帯域保障が付与されるとともに、50～100ms の伝送時間短縮を実現。
- ・観測点設置機器（アダプタ）の消費電力を約 1/3 に低減。
- ・防災科研 TDX 設置 L2 スイッチのリプレイスと稼働状況監視をサービスに追加。
- ・観測データを中継局等に一時蓄積する機能を強化。回線トラブルによる長期欠測を回避。

※移行作業実施にあたり、基盤観測データ流通の停止を数度実施させて頂きました。作業実施にご理解いただき、有難うございました。

3. 日本海溝海底地震津波観測網の整備とデータ配信の準備

東北地方太平洋沖地震および津波による甚大な被害の発生を受け、防災科研では、釧路沖から房総沖の海域を対象にケーブル式の海底地震津波観測網の整備を開始した。三成分加速度計および速度計、水圧計を搭載した観測装置 154 台から構成される観測網となる計画であり、陸域の基盤的地震観測網同様、24 時間リアルタイムでデータを収集するとともに、TDX 等を介して関係機関に逐次配信する予定である。本観測網による観測データは、沖合で発生する地震および津波の早期検知に用いられるほか、地震・地殻上下変動モニタリング等を通じて、地殻活動や海域下の地殻構造の詳細把握、海溝型地震の発生メカニズム解明などに資する重要なデータを得ることが期待されている。なお、総チャンネル数は 3000 を超えることが想定されている。全ての観測データを関係機関に配信する場合、WIN チャンネルの付与方法について、今後、関係機関間での検討が必要である。

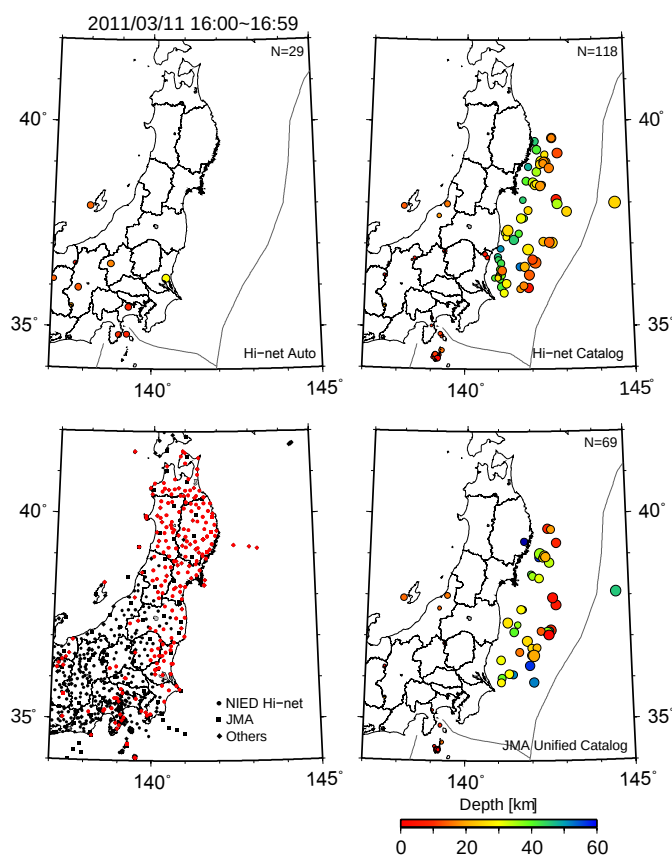


図 3/11 16:00~16:59 における震源決定状況。
左上) Hi-net システムにおける自動処理結果。
右上) Hi-net システムにおける暫定再検測結果
(2011/6/30 時点)。
右下) 気象庁一元化震源情報カタログ。
左下) 観測点分布。赤は当該時間の大半でリアルタイムデータ収集に支障があった点。

東北地方太平洋沖地震後の東北大センターおよび観測網の復旧

東北大理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター
○中山貴史・出町知嗣・平原聡・鈴木秀市・海田俊輝・内田直希

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震 (M9.0) により、東北大地震・噴火予知研究観測センターは、地震発生直後から 2 日間そのほとんどの機能を失った。東北各地に展開している観測点から送られてくるデータもまた、停電や回線障害などの影響により大部分が途絶えた。陸上の観測網としては震源域に最も近い領域を守備範囲とする東北大学のデータは、より早い段階で回復させデータ流通網に載せる必要があった。

本発表では、地震発生直後から約 1 ヶ月間に東北大が行った観測センターと各地の観測点の復旧対応について報告する。今回経験した事柄が、今後の地震による観測施設の被害想定やその事前策の参考となるよう、当時の状況がわかるような情報について記述する。

2. 観測データ復旧に至るまで

2.1 自家発電の始動

停電が発生したのは、本震の揺れの真最中だった。本センターでは、重油を燃料とする発電機 (明電舎、1994 年製、80kW) で停電に備えており、2005 年 8 月に発生した宮城県沖の地震 (M7.2) の際には、この発電機および無停電電源装置によってまかなわれた電源により主要なサーバなどを稼働し続けることが出来た。今回の本震による停電の直後も、この発電機は通常通り自動的に始動したが、室内は足の踏み場もないほど物が散乱していることと、余震による強い揺れが続く中で運転のためか重油から発生する煙や臭いが異常と思われたため、火災発生を警戒して手動で停止した。それからしばらくの間は、余震による強い揺れが断続的に続き建物内に入ることはできなかったが、本震発生から 3 時間ほど経過した 18 時を回った頃にはある程度落ち着き、給電場所の点検後、発電機を再び手動で始動させた。

2.2 テレメータ室の仮復旧

観測データの処理を再開するためには、まずテレメータ室を復旧させる必要がある。発電機の始動によりわずかな電気を確保することができるようになったが、そこから供給できるのは必要最低限であり、建物内の照明には回らないようになっている。テレメータ室内は真っ暗で地震によって散乱したものが数多くある中、懐中電灯の明かりを頼りに復旧作業に当たった。作業中も何度か大きな余震が発生し、その度に手を止めては避難経路を確保するというこ

とを繰り返した。幸いなことに、センター内にあるデータ処理に関係する主要なサーバやネットワーク機器は、電源を入れるとほぼ問題なく起動した。一方で、外部とのデータ流通は完全に切断され、また約 120 点ある東北大学の観測網の中でデータが確認できた点は、震源域から遠い日本海側を中心とする地域の 20 点にすぎなかった。

2.3 観測網とデータ流通の復旧

3 月 12 日早朝には東北大学のテレメータ観測網のデータが全てダウン (後に川内電話交換施設の障害が原因と判明) し、この時点で収録出来たのはセンターの地下にある観測壕とボアホール of データだけになった (図 1)。また同日夜に通電試験として一時的に商用電源が回復したが約 30 分後に再び停止した。センターではこの時、商用電源から発電機系の電源へ無瞬断で切り替わらず、ダウンしたサーバ群を立ち上げなおす必要があった。

3 月 13 日の午後には、学内の施設で順次電源が回復し始め、川内電話交換施設の復旧により 16 時頃には東北大観測網のデータが回復、その後サイバーサイエンスセンターの復旧により 18 時頃に JDX-net とのデータ流通が回復した (図 1)。

障害の原因については、各時間帯のデータの増減、実際に起きた出来事、事後の関連施設への確認などからある程度把握することができたが、当時は障害箇所の多さと連絡手段の不足から、原因の特定が難しかった。

2.4 観測点の復旧

センターでのデータの収録・流通機能が回復した時点で、欠測している観測点は全体の約半数に当たる 60 点強であった。欠測の原因は、主に各地で発生している停電や通信回線の障害であり、数日程度で回復する点も多かったが、被害の大きかった地域では復旧が遅れることが予想されたため、応急処置が必要となった。その対応として最も多く採用した方法は、データロガーによる現地収録であった。また、津波の被害により明らかに復旧時期が遅れると見込まれた観測点では、携帯電話の回線を利用したデータ送信に一時的に切り替えた。携帯電話も通じない状態にあった宮城県の離島にある観測点 (江島、金華山) では、VSAT や衛星携帯を使用した衛星回線によるデータ送信を行った。

通信の回復後、データの現地収録機能を持つ観測点については、データ送信が回復する以前に収録されたデータがないかセンターからネットワーク経由で確認し回収を行った。

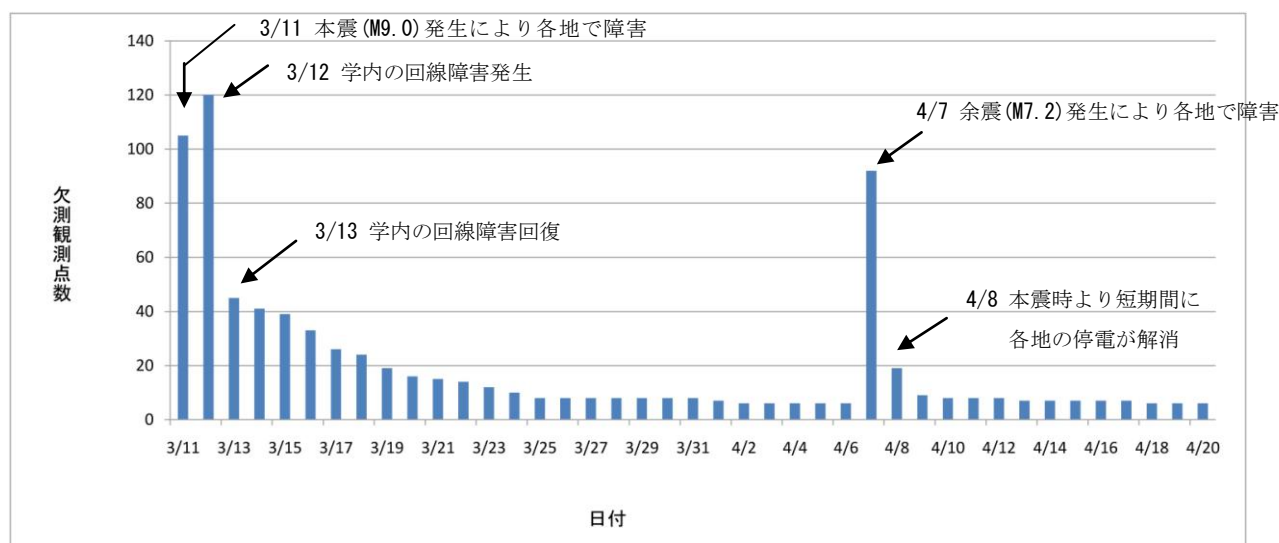


図 1 欠測観測点数の推移

3. 観測データ以外の被害状況

センターに5つある全ての建物について応急的建物耐震診断が実施され、強度的に直ちに問題はないという判定がなされたが、柱に大きな亀裂が入っている1棟については使用を自主的に控えている(2012年3月現在)。また敷地内の谷に近い場所では地面に亀裂が入り、補修が完了するまでは谷側への地滑りが懸念されている。

屋内では卓上のデスクトップPC、過去のデータを収録したメディア、外付けHDDの損傷などの被害が多かった。また居室の書棚はL金具とビスで壁面への固定が徹底されていたが、石膏ボードに固定していた箇所では固定金具が外れて倒れた棚が多く見られた。

観測点では、津波の被害によって撤収を余儀なくされたGPSの観測点があったが、それ以外では地震や津波そのものによる被害は比較的少なかった。被害を免れた観測点の多くでは、ラックを床へ固定したことと、そこに納められている機器をマジックテープや紐でラックにくくりつけるような対策が功を奏したように見える。地震計の設置状態に問題がでていないかどうかについても調査を進めているが、今のところそのような事例は確認されていない(2012年3月現在)。

4. 原発事故の影響

福島第一原発から地震・噴火予知研究観測センターがある仙台市までの距離は約95kmである。福島第一原発から約30kmの距離に観測点は2か所あるほか、保守を担当している他機関の観測点が20km圏内に1か所存在する。

福島第一原発の事故の影響がどの程度拡大するか全く見通しがつかなかった3月15日午後と16日終日は、セン

ターを閉鎖して各自自宅待機とし、避難の必要の有無は各々の判断にゆだねられた。急を要することがないと判断された17日からは業務を再開、その後は線量計を購入して陸上および海域の復旧・観測での安全確認に使用した。

5. まとめ

データが集約されるセンター側では、学内の停電によりデータ伝送に支障が出た部分が多かった。地震被害そのものによる影響も大きかったが、予想以上に欠測が長期化してしまった原因のひとつとして、キャンパス内での電力供給再開に大学が慎重な対応をとらざるを得なかったことなどが挙げられる。各地の観測点では、周辺地域の復電や通信障害の復旧により回復した点も多かったが、津波被害を受けた場所に近い観測点や、住民が避難した離島の観測点など重要な点ほど回復が遅れた。地震後も比較的早期に利用できた、携帯電話や衛星回線など有線ではない通信方法によるデータ送信や現地収録などの対応が有効だった。

今回の被害の状況を整理し理解しておくことは、今後に必要な備えが何であるか被災後の対応の参考になると思われる。また、いくら対策を講じても大災害時に通常時のすべての機能を維持するのは困難であり、復旧にあたる職員も被災や身の危険のため通常以上の能力を発揮することが難しい面もある。最低限維持すべき事柄を検討し、優先度を付けて対策を取ることも必要と考える。

謝辞

宮城県総務部危機対策課、株式会社NTTドコモ、北海道大学、九州大学、他、合同観測グループの皆様にも多大な援助を頂きました。記して感謝いたします。

北海道大学における東北地方太平洋沖地震の対応について

一柳 昌義・高田 真秀・山口 照寛・高橋 浩晃・山田 卓司・勝俣 啓

1. 東北地方太平洋沖地震直後の地震観測網とデータ処理状況

北大では、道内に 44 ヶ所の地震観測点を有しているが、この地震によって、データの欠測が生じた観測点はなかった。北海道では、北海道電力の電気を利用しているが、地震によって発電が停止し供給が大きく減少することがなかったことや、N T T 回線に関しても、回線が断になることがなかったためである。また、気象庁や Hi-net など他機関のデータに関しても、北海道内の観測点に関しては、問題なく受信することができた。

2. 2003 年十勝沖地震(M8.0)の反省を受けて

2003 年十勝沖地震以前には、北大の観測点では、電源及びデータのバックアップ体制を取っていなかったため、当然のごとく地震発生後の N T T 回線の断や停電によって、データの欠測が発生した。北大の観測点では、地震計のデータの他に、歪計や傾斜計などの地殻変動の観測も並行して行われており、十勝沖地震による震源域に近いえりも観測点などで、余効変動のデータをほとんど欠測にしてしまった。その後、その反省にたつて、停電対策のために無停電電源の設置、バックアップ用 P C の設置を全観測点に対して行っている。しかしながら、既存の無停電電源装置では数時間の停電にしか対応できない。そこでさらに長時間(数時間)の停電に対し、データを必ず記録できるようなシステムを構築しつつある。これについては、山口・他による本ワークショップの講演を御拝聴願いたい。

3. 臨時地震観測の対応について

今回の地震を受けて、2 ヶ所の臨時観測点を岩手県内に設置を予定していた。移動手段としては、今までは航空機によるもよりの空港への移動(観測機材は航空会社の御好意により輸送)し、そこからレンタカーを借りて臨時観測点へ行っていた。しかしながら、今回は東北地方のほぼすべての空港が閉鎖されており、新潟空港から移動するしかなかった。その後、津波警報が解除され、青函フェリーの運航が再開されたため、車により観測点へ向かうことになった。最初に設置した観測点では、LS7000XT と DOCOMO の携帯電話ルータを用いて、簡易的な携帯テレメータ伝送を行い、現在でもデータの送信を行っている。この伝送は設置当初からデータ伝送ができ、携帯電話の輻輳等による欠測もなかったようである。その後 2 ヶ所目の場所を選定したものの、原発の影響により、一時的に北海道への退避を余儀なくされ、結果的にテレメータ観測点は 1 か所にとどまった。このシステムは当初バッテリーによって運用されていたが、そののち AC 商用電源で運用を行った。

当初はバッテリー交換を容易に行うことを想定していたが、原発事故の影響によって、すぐに交換できないことも想定する必要があることを経験した。

地震地殻変動観測点の電源とデータのバックアップ

○山口照寛, 高田真秀, 一柳昌義, 高橋浩晃

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

はじめに

現在, 北海道大学地震火山センター(以下, 北大)のほぼすべての地震・地殻変動連続観測点のデータがリアルタイムに北大に送信されている. しかし, 巨大地震等により数日程度, 停電またはデータ送信回線断が想定される. その場合でも観測点にデータが残るような対策を考えた. 本年度は3観測点について, 標記の対策を行った.

経緯

2003年十勝沖地震発生時, 北大の観測点, 数点においてデータ収録できない期間があった. 理由は前述の通り, 停電またはデータ通信回線断によるものである. データ欠落を反省し, 観測点にUPSと小型PCを設置し, 停電とデータ回線断の対策を行ってきた. これにより停電後数時間程度の電源の確保と観測点側でのデータ収録を可能にした. (対策1)

さらに長期間の停電も想定し, 2010年6月, 5観測点について障害発生から数日間, 観測点にデータが残る対策を行った. 内容は80[Ah]のバッテリーを置きそれをフロート充電しながら収録装置に電源を供給するシステムの構築である. 当時, この5観測点では収録装置として白山工業製LT-8500を用いていたが, 消費電力が大きいため大容量のバッテリーを設置したとしても数日程度の電源確保は難しかった. そのためLT-8500と別にデータロガー機能付きの収録装置を設置し, これの電源をバッテリーから供給した. (対策2)

対策2では数日程度電源確保することができるようになったが, いくつか問題が残っていた. 1つは収録装置を2つ置き, センサ出力線をパラレルに接続することによる不具合だと考えられる異常な波形を観測することが稀にあったことである. 2つ目は電源が必要ないセンサは数日程度収録できるが, 電源が必要なセンサについては対策1と同様に数時間程度の電源しか確保されていなかったことである.

そこで, 地震データとともに電源が必要な地殻変動連続観測データについても数日程度, 観測点にデータが安定して残るシステムを構築した. 詳しい内容は以下のとおりである.

観測機器の構成

弟子屈観測点(TES)の例を図1に示す. TESでは微小地震計, 広帯域地震計, 伸縮計, 強震計各3ch(100Hz)と水管傾斜計4ch, 気圧計1ch(1Hz)の計17chのセンサを用いて観測を行っている. テレメータ装置は100Hzのデータ: 白山工業製LF, 1Hzのデータ: シモレックス製SC-AD1217を利用した.

SC-AD1217にはデータロガー機能がないため, OpenBlockS266(ぶらっとホーム)にデータの記録もしている. 電源はバッテリー(GPL-27, Lifeline, 100Ah)を8個(4並列)使用し24[V]を作った. バッテリーは充電器でフロート充電を行う. 各機器は電源電圧が異なるためDC/DCコンバータにより $\pm 18[V]$, $+12[V]$, $+5[V]$ を作って供給する. 各機器の消費電力(カタログの typical 値)の合計が約30[W]なので, 単純に計算すると停電発生後13日程度, 電源が確保される.

$$\text{消費電流} = 30[W] \div 24[V] = 1.25[A]$$

$$\text{放電時間} = 400[Ah] \div 1.25[A] = 320[h] = 13.33[\text{day}]$$

DC/DCコンバータでの変換効率等を考えても10日程度は電源が確保され则认为る.

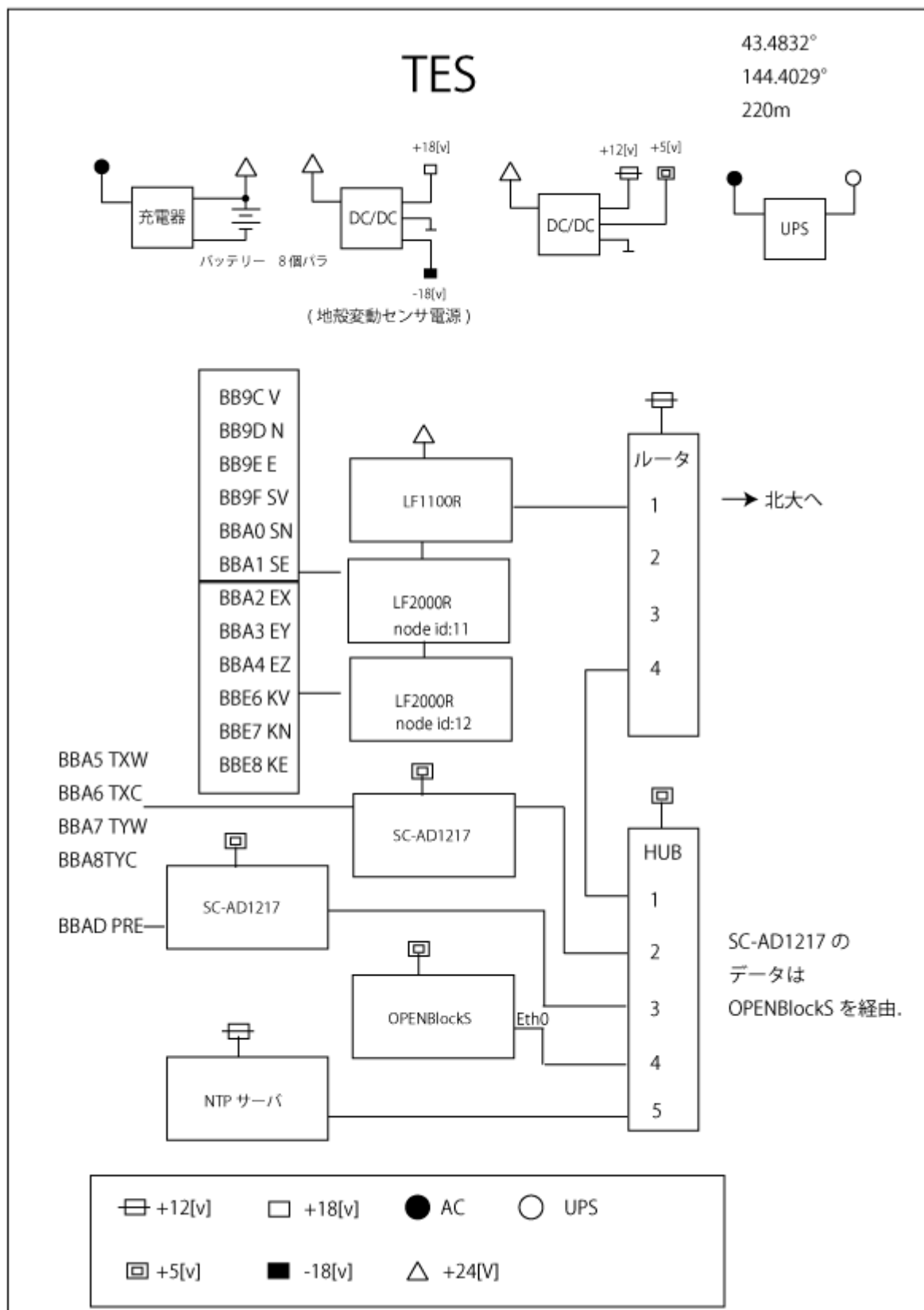


図1 観測機器の構成

弘前大学における東北地方太平洋沖地震直後の地震観測と調査研究

小菅 正裕（弘前大学理工学研究科附属地震火山観測所）

本震直後の停電とデータ収録

弘前大学では、東北地方北部から北海道南部の範囲に設置されている約 160 箇所の観測点からの信号を受信している。このうち、弘前大学及び青森県の観測点はそれぞれ 6 点ずつである。2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震発生時には、本震の揺れが始まって間もなくして東北地方が広域的に停電し、データの送受信ができなくなった。弘前での停電は 12 日の夕方に復旧したが、多くの観測点側での停電はしばらく続き、データとしては不完全であった。弘前大学の観測点では、UPS 装置が作動していた間のデータは CF カードに記録されていたので、後日回収を行った。しかし、人手不足とガソリン不足及び道路の冬期閉鎖で回収が遅れ、本震直後のデータが上書きされてしまった観測点がある。

余震の発生と震源決定

一般に、最大余震は本震断層の両端で発生することが多い。東北地方太平洋沖地震の断層北端部にあたる青森県東方沖は、地震調査研究推進本部によって地震発生確率が高いと評価されていた場所でもある。そこで、この領域での地震発生状況を監視する必要があったが、余震及び誘発地震が広い範囲で多数発生していたために、気象庁の震源決定も大幅な遅れを余儀なくされていた。そこで、弘前大学では青森県東方沖での余震の震源決定作業を最優先に行った。震源分布図は理工学部正面玄関に表示して随時更新し、同じ場所には緊急地震速報の端末も設置して事務室からも素早く確認ができるようにした。また、観測所のホームページに東北地方太平洋沖地震の特集ページを作り、震源分布図を掲載した。震源決定結果を見ると、1994 年三陸はるか沖地震が発生した領域での余震活動は低調で、この領域では前回の地震とその後の余効すべりにより、歪エネルギーがあまり蓄積されていなかったものと考えられる。

調査研究とデータ流通

東北地方太平洋沖地震に関する研究としては、内陸で発生した地震の震源メカニズム解の決定を行い、本震前後での応力場の変化を議論した。メカニズム解決定には、太平洋沖地震発生後にデータ収録範囲を中部地方以北に拡大したことが効果的であった。また、沿岸付近での余震波形に顕著な位相が見られたことから、その起源の検討を行った。これにも拡大収録したデータが役立った。なお、この位相は地表反射の sP 波であることが判明した。このように、データ収録範囲を柔軟に変更することができたことが調査研究に役立ったが、それはデータ流通システムの整備によるものである。

今後の課題

これまで観測点側では短時間の停電に対する対策は取っていたが、長時間の停電に対する対策が必要であり、CF カードの大容量化等を実施した。大学の観測所内での対策も必要であるが、多額の費用を要するものに対しては経常費の削減問題、人手不足の問題については人件費抑制に伴う定員削減といった大きな問題があり、観測所だけの努力では解決が困難な面がある。今後、関係する大学との情報交換や相互協力等を検討して行く必要がある。

気象大学校における地震波形データ受信とその成果

気象大学校 鎌谷紀子

1. はじめに

気象大学校は、B フレッツ経由で地震波形データを受信している。接続しているのは、教育・研究利用を目的として気象大学校内に整備された気象大学校教育ネットシステムの一機の PC である。教育ネットシステムは気象大学校の HP サーバーやメールサーバーも含んでおり、このシステムが持っている外向けの回線の一つが地震波形データ受信用として使われている。気象大学校は気象庁の施設等機関であることから、上記の教育ネットシステムとは別に、気象庁内の事務連絡や文書交換に利用される行政ネットシステムが整備されている。しかし、気象庁本庁で地震データを処理している地震活動等総合監視システム (EPOS) や地域地震情報センター処理システム (REDC) と接続できる回線や端末は持たないため、管区气象台のように地震波形データを参照したり得ることは簡単にはできない環境であった。JDXnet に参加することによってリアルタイムでの地震波形データ受信ができるようになり、大学部学生の卒業研究テーマの幅が広がった。

2. 地震波形データ受信

地震波形受信用 PC (図 1) には、4 個の外付け HDD が USB 接続されている。各 HDD は 300GB の容量である。USB 接続の外付け HDD は PC 内蔵 HDD と合わせて、リアルタイム波形受信部分と月・火・水・木・金・土・日の各曜日の波形保存部分が存在するようにディレクトリが設定されている。リアルタイム波形受信部分には最新 10 時間分のデータが保存されており、古いものは順次上書きされて消去されるようになっている。最新 1 時間分のデータは、毎時、リアルタイム波形受信部分から各曜日のディレクトリに転送され、gz ファイルとして圧縮され保存される。この各曜日のディレクトリも、容量が一杯になったら古いものから順次上書きされ消去されていく。各曜日のディレクトリには 9 日分程度保存することができるので、PC 全体としては 2 ヶ月程度の波形データが保存できることになる。研究等に使用したい波形がある場合には、各曜日にストックされたデータを、消去される前に別の HDD にコピーしておく必要がある。

3. 利用と成果

気象大学校は 4 年制の大学部と気象庁職員の研修を担う研修部から成っている。現在、地震波形データを使用しているのは、教官 (鎌谷) と大学部の学生 (卒業研究を行う学生) である。大学部は 1 学年の定員が約 15 名であり、卒業研究テーマとして地震火山分野を選択するのは 1 学年につき 1~2 名である。受信した地震波形を用いて行った卒業研究としては、「プレート境界で発生する深部低周波地震の自動検出法開発および活動解析」(宇都宮, 2010) がある。波形相関を用いた自動検出プログラムを作成し、四国西部・東海地域・長野県南部

において深部低周波地震の検出を試みたというものである。自動検出プログラムは、「深部低周波地震は同じ場所で群発する。同一観測点において、同じ場所で発生する地震波形を観測した場合、それらの地震波形は相関が高い。」という性質を用いている (Brown et al., 2008)。この検出法であれば、ノイズと同程度の振幅であっても、相関が高いと算出された波形であればシグナルとして検出できることが期待される。気象庁が行っている、トリガーでの検知と目視による手動検出ではとらえられない、微弱なシグナルを検出することができると考えられる。作成した自動検出プログラムでは、相関が高いとして検出した波形部分 (水平動) の最初の時刻を S 波到着時刻とし、hypomh プログラム (Hirata and Matsu'ura, 1987) による震源計算を行って震源を求めた。なお、震源計算は深さを 30km に固定して行った。この結果、設定パラメータによっては取りこぼしがあるものの、気象庁が検出しなかった深部低周波地震も検出することができた (図 2)。また、西日本の帯状分布深部低周波地震の東縁 (長野県南部) は、気象庁のものより北に 10km 延長されることを明らかにした。

4. 今後に向けて

今後は、鎌谷の研究テーマである中規模固有地震 (M4~M7 程度) の検出において、地震波形の相似性を調べるために地震波形データを使用させていただく予定である。現在は気象庁本庁からオフラインで譲り受けた震度計データを使用しているが、震度計は震度 3 程度以上のものしかデータを保存しておらず、特に陸から離れた海域で発生したイベントのとりこぼしが多い。受信した地震波形データ中の高感度地震計のデータも加えて解析することで、さらに多くの中規模固有地震を検出できると考えている。また、東北地方太平洋沖地震後は震源域周辺で多数の地震が発生しており、固有地震も多く含まれていると考えられる。可能であれば、準リアルタイムで中規模固有地震を検出できるプログラムを作成したいと考えている。

来年度の卒業研究生は既に研究を開始しており、火山直下の深部低周波地震自動検出プログラムを作成中である。現在は、火山近傍に気象庁が設置した火山観測用地震計のデータをオフラインで取得して解析に使用している。これに加えて受信データ中の Hi-net 等の地震波形データも使用することで、深部低周波地震の検出精度向上を試みたいと考えている。

宇都宮、2010、気象大学校卒業論文。(宇都宮・鎌谷、2010、合同大会予稿集、SCG085-P05.)

Brown et al., 2008, GRL, 35, L16305.

Hirata and Matsu'ura, 1987, PEPI, 47, 50-61.



図1 地震波形受信PCの表面（左）と裏面（右）。PCの上に乗っているのが外付けHDDのボックスで、4個のHDDがPCに接続されている。右図下の青いケーブルが、Bフレッツ接続用ケーブルである。

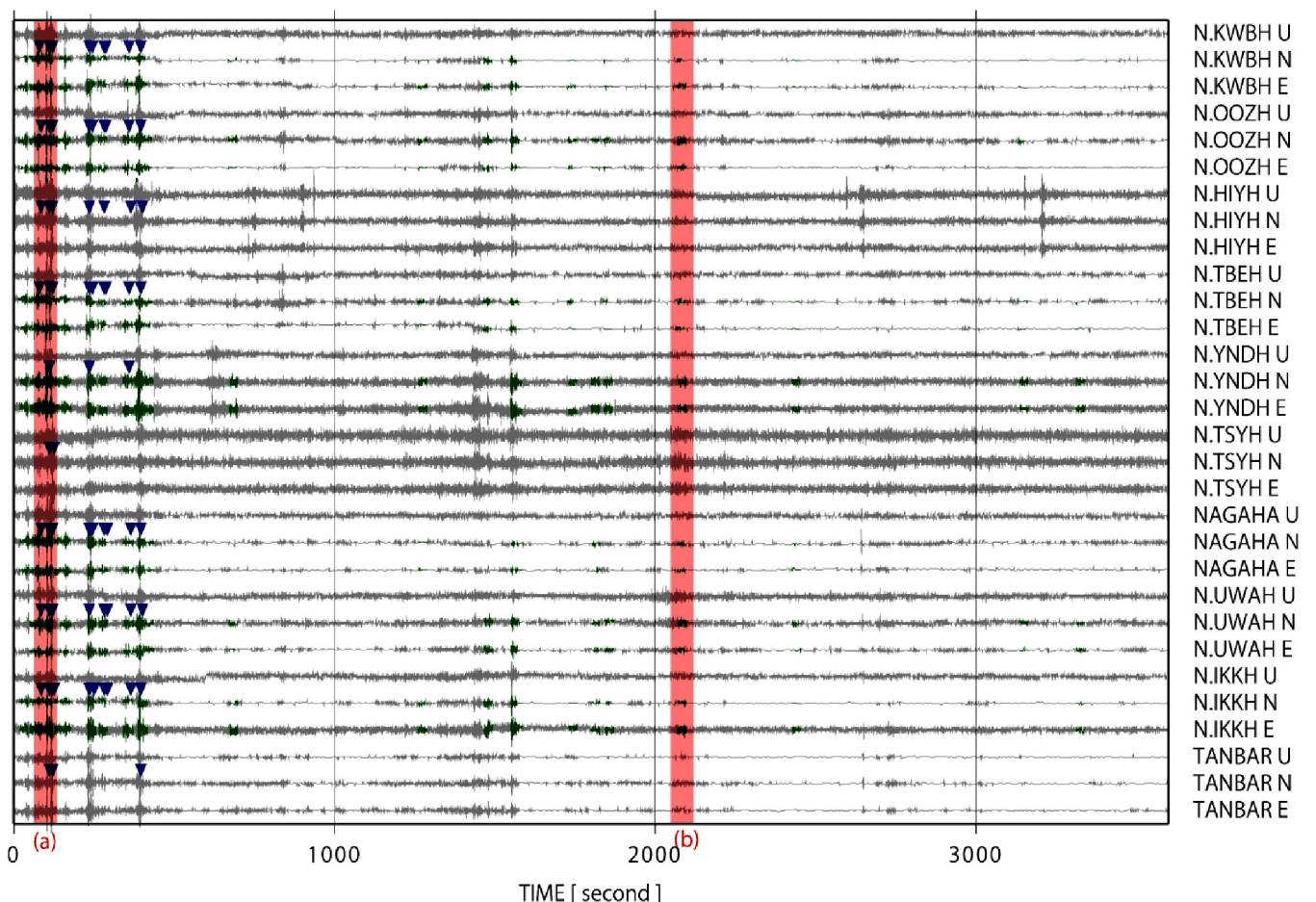


図2 2009年4月7日19時から18時の四国の地震波形。▼は気象庁の震源データに存在する深部低周波地震。緑で波形が塗られているところが、今回検出した深部低周波地震。気象庁が検出していないイベントも検出している。

巨大地震のための長周期波動場のリアルタイムモニタリングシステム

-W-phase の適用-

鶴岡弘（東京大学地震研究所）

2011/3/11 に発生した東北地方太平洋沖地震は、Hi-net, F-net 等の地震観測網の整備後における、日本に被害を及ぼした地震の中でこれまでで最大の地震であった。W-phase に代表される地震波のうち 100 秒を超える長周期成分を使って、地震のモーメントマグニチュードおよびモーメントテンソルを導出する手法はこれまでうまく機能していると思われた。しかしこの地震に対しては、TDX を経由した地震データ流通網からの広帯域地震波形データ(F-net 高感度成分)は、蓄積された波形データが飽和していたためにマグニチュードの決定に時間がかかることになった。近地の観測点からの地震波形データを利用した解析は、波の到達が速いために結果をすぐに得ることができる一方、上記の問題のために正しい結果が得られないという短所もある。そこで、遠地およびグローバルの観測点からの地震波形データを利用して、およそ 15 分で上記解析が可能となるシステムのプロトタイプを構築したので報告する。

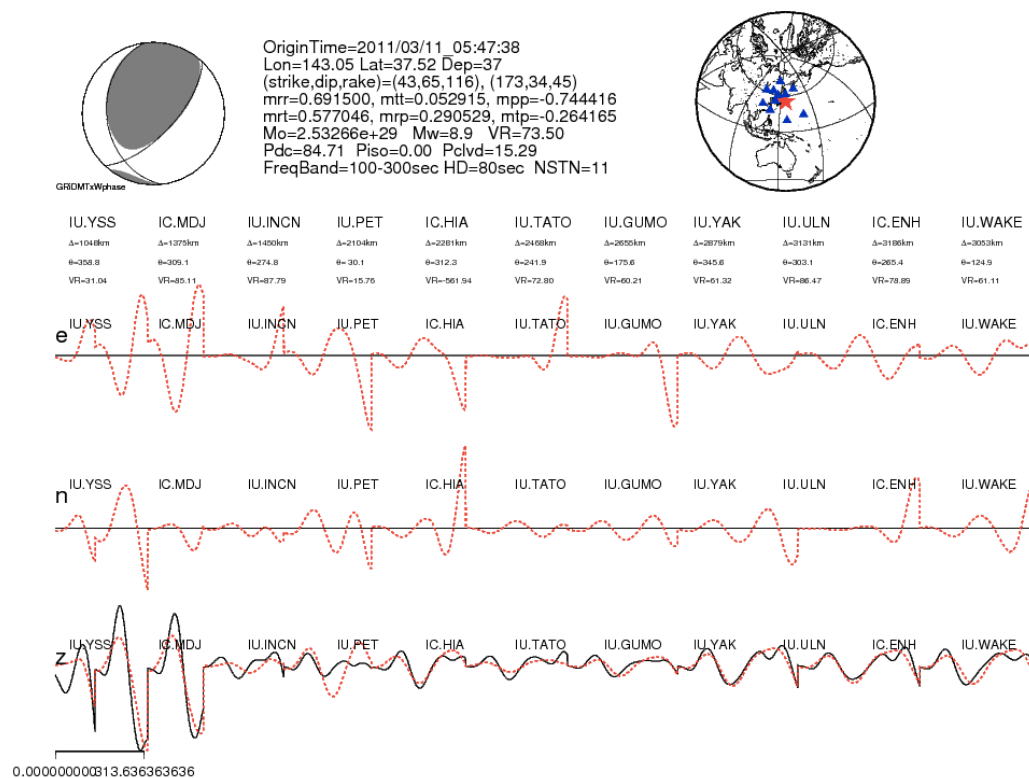


図 1. グローバルの観測点利用した W-phase を適用したリアルタイムモニタリングシステムの解析結果

WIN チャンネル表の成分名規則について、およびナノメ VSAT システムの廃止

東大地震研 ト部 卓

(1) WIN チャンネル表の成分名規則について

最近では地震計以外に地殻変動等のデータも多く流通するようになっている。今のところこれらの多くは CIMS（チャンネル情報管理システム）で管理されていないが、同じ流通網上の同じチャンネル番号空間なので、本来 CIMS で一元的に管理されるべきである。ところが WIN のチャンネル表にセンサー種別を明示する項目がない。現状では、観測点コード・成分コード・単位等によく気をつけてチャンネルを選ばないと地震計以外のチャンネルで自動検測してしまったりする可能性もある。一方、チャンネル表の形式を変更することは、多数のプログラムに影響するため望ましくない。そこで、センサー種別情報を成分コードの中に盛り込む規則を提案したい。具体的には、現在の多数を占める地震計関係の成分コードは原則として変更せず、地震計以外のセンサーについて「成分コードの先頭にセンサー種別を示す英小文字 1 文字のプレフィックスをつける」ことである。

現状プログラム win での「成分コード」の扱いは、

- 最大 6 文字まで許す、
- 自動処理に使われるのは先頭が V,U,D(以上上下動として),H,N,S,E,W(以上水平動として)のいずれかの場合、

である。それ以外は実態としてほぼ自由に成分コードが付けられているが、4 文字を超える成分コードが使われている例は見られず、単純に頭に識別用の 1 文字を追加したとしても問題なさそうである。このプレフィックス文字として、地震計以外の傾斜計・歪計・磁力計・水位計・温度計等の各センサー種別に対応する英小文字を決めておけば、地震計のほか、特定のセンサー種別のチャンネルについても容易に識別・抽出できるようになる。成分コードについて規則の形でまとめると次のようになる。

- 先頭 1 文字を英小文字からなるプレフィックスとし、これでセンサー種別を表す。
- 地震計のときのみプレフィックスは省略可能とし、その場合は英大文字から始まる。

プレフィックスを複数文字とすれば、より直感的にわかりやすいプレフィックスが使えるようになる（1 文字だとたとえば t は傾斜か温度か迷う）が、扱いが複雑になるのと成分コードの文字数が増えるので、単純に 1 文字のみとするほうがよいと考える。

プレフィックス（識別文字）の一案を次に示す。

センサー	識別文字	備考
傾斜	t	
歪	e	d の案もあり
水位	l	エルだが数字のイチと紛らわしい？
磁力	m	
気圧(空振)	b	圧力は1つにし気圧・水圧等の区別は後続文字とする案も
水圧	p	
気温	a	温度は1つにし気温・水温等の区別は後続文字とする案も
水温	h	
雨量	r	
広帯域地震計	w	現状一部で使われている。利用はオプション
強震計	s	現状一部で使われている。利用はオプション

ご意見をお願いします。

(2) ナノメトリクス VSAT システムの廃止について

1996～1997 年に 9 大学に導入された第一世代の NEC 製 VSAT システムのあと、地震研では第二世代として 2000～2006 年にかけて Nanometrics (ナノメ) 製 VSAT システムを導入し、さらに 2007～2010 年にかけて第三世代となる白山製 VSAT システムを導入して共同利用に供してきた。この間 NEC システムは 2009 年に利用終了し、現在はナノメシステムから白山システムへの世代交代を進めている段階である。

2009 年調査による VSAT 利用希望数は主要 9 大学で計 115 台であったのに対し、2012 年 3 月現在の VSAT 保有数と稼働状況は、白山 140 (帯域数 131、稼働数 53)、ナノメ 26 (帯域数 18、稼働数 10) であり、稼働中のナノメ VSAT をすべて白山 VSAT に入れ替えて、ナノメ VSAT を使用終了することがすでにできる状況にある。そこで 2013 年 3 月を目途にこの作業を完了したい。現在稼働中のナノメ VSAT は京大阿蘇 5、地震研火山 3、京大防災研と名大各 1 である。

代替用の白山 VSAT (0.75m アンテナ) はいつでもお送りできますので、関係者の皆さんには交換作業をよろしくお願いします。

また前記の通り VSAT 保有数には余裕があるので、ナノメからの移行以外の共同利用も歓迎します。ナノメ VSAT システムの縮小に伴って帯域に余裕が生じており、基本の 9.6kbps 以外に 19.2、32、64kbps での利用も可能です。VSAT 利用については下記 URL に説明と資料があります。

http://eoc.eri.u-tokyo.ac.jp/eisei_system/riyou/vsat_riyou.htm

MeS0-net について

東京大学地震研究所 中川茂樹

首都直下地震防災・減災特別プロジェクトの一環として、首都圏に 296 か所の地震計を設置し、首都圏地震観測網を構築、観測を行っている。本講演では、観測データの伝送や管理に関する技術的側面について紹介する。

首都圏地震観測網の構成

首都圏下に沈みこむプレートの構造や震源分布を精度良く求めるために、首都圏に 296 か所の観測点からなる首都圏地震観測網 (Metropolitan Seismic Observation network, MeS0-net) の構築を進め、自然地震観測を行っている (平田・他、2009、笠原・他、2009、酒井・他、2009、棚田・他、2009)。

首都圏は我が国の政治・経済の中心であり、交通や生活騒音など都市ノイズのため、地震観測は困難と考えられてきた。そこで、本観測網では深さ 20m のボアホール孔底に地震計を設置して地表の雑振動の影響を低減させることにした。また、AD 変換基盤も地震計と同一筐体に組み込み、地上へはデジタルデータとして伝送し、アナログケーブルへのノイズ混入や温度変化による影響を抑える事とした。センサーは加速度計 ($\pm 2G$) を用い、200Hz サンプリングで連続観測を行い、観測したデータは自律協調型通信方式 (森田・他、2009) により地震研究所に設置されたデータセンタへ伝送し収録している (中川・他、2009)。

自律協調型通信方式 (ACT プロトコル)

多数の観測点からの連続データを確実に収集するため、観測点からデータセンタまでのデータ転送には自律協調型通信方式 (Autonomous Cooperative data Transfer Protocol) を採用することにした。この方式の最大の特長は、通信回線の途絶等により観測点からのデータ伝送が一時的にできなくなっても、通信回線が復旧するとデータセンタでの特別な操作無く自動的に観測点側からデータを再送することにある。

大学の観測でよく使われている WIN システム (ト部、1994) では、データの欠落はデータセンタ側で監視している。欠落したデータを観測点に対して再送要求することによりデータの補完を行っている。回線状態によっては再送要求パケットや再送データが消失する可能性がある。

一方、ACT プロトコルでは、データの欠落は観測点側で監視している。動作のおおよその手順は以下の通りである。

- ① 観測点ではメモリ (外部記憶も含む) 上にデータを保持したままデータを送信する。

②データセンタ側は受信しファイルに書き込んだ時点で観測点に対し受信確認パケット（ACK）を送出する。

③観測点側はこの ACK を受けとればメモリ上のデータを消去する。

④観測点側は ACK が届かなければ、適当なタイミングでデータを再送する。観測点側はメモリの許す限りデータを保持し、データセンタ側の受信を確認できるまで再送し続けるので、確実にデータを収集することができる。また、この通信方式には ACK 受信率などから回線状態を観測点側が判断してデータ総出量を自動的に調整する機能を持たせている。一時的に回線状態が悪くなる場合などでも輻輳させることなく低い転送レートでデータを収集することができる。

携帯電話網で常時接続を行っている観測点では、キャリア側からあるタイミングで接続が遮断されるが、回線復旧後にデータは欠けることなく再送されている。また、東北地方太平洋沖地震では MeSo-net においても電話回線の不通や停電が発生したが、これらインフラの復旧後にデータは自動的に再送され、地震直後の貴重なデータをほぼすべて回収することができた。

SNMP を用いた自動監視

MeSO-net は 296 か所の観測点から構成されるが、これを少人数で監視・運用・保守するためには、観測装置の動作監視・死活監視が自動的に行われ、かつ確実にデータセンタへその情報が伝えられなければならない。そこで Simple Network Management Protocol (SNMP) を用いたシステムの自動監視を行っている。あらかじめ観測装置には必要な管理情報 (Management Information Base, MIB) を持たせて、定期的あるいは呼び出しによって監視を行う。SNMP は、ルータや (少し高めの) スイッチングハブ等のネットワーク機器では基本的に搭載されており、ネットワーク網の維持等で一般的に用いられている技術である。

現在は、地下地震計筐体内の温度と湿度、地上観測装置内の温度と湿度、SD カードの残容量や異常、バッテリーの電圧と抵抗値、ACT プロトコルの ACK 受信率、GPS 衛星捕捉数などの情報が MIB に登録され、監視に利用されている。異常時には MIB 値を参照することにより、データセンタで異常の原因特定や復旧の手配などを迅速に行うことができる。

MeSO-net 構築以来この作業を 1 名の作業員により実施しており、最小限の人員で 296 か所からなる観測網の維持を行っている。

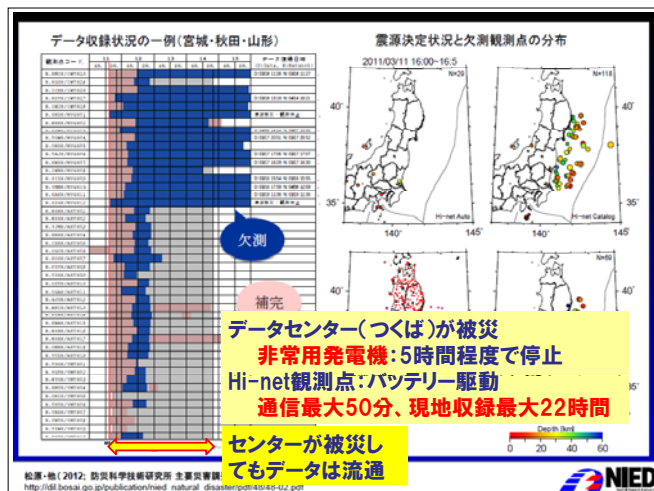
これらの詳細については、首都直下地震防災・減災特別プロジェクトのホームページ

<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/shuto/>
をご覧ください。

地震観測網は東日本大震災から何を学んだか？

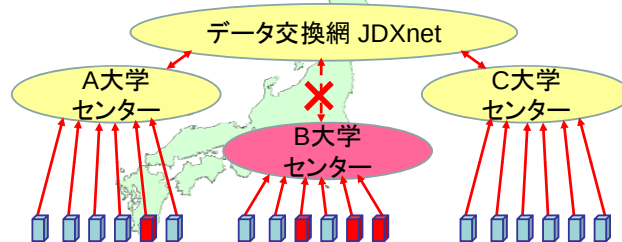
鷹野 澄(東京大学地震研究所)

2012/3/30



大学の観測網の盲点

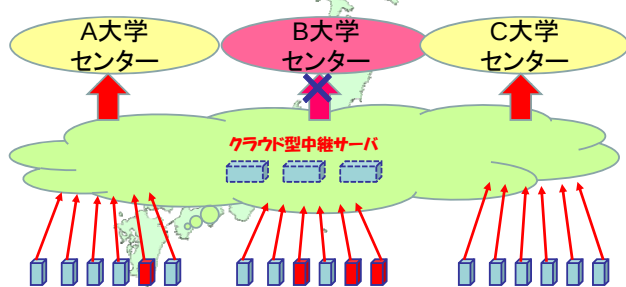
- 陸上通信網 集中+データ交換センターが止まると観測データは利用不可



2012/3/30

大学の観測網の改善

- ・陸上通信網のクラウド化



2012/3/30

地震観測網が学んだこと

- 観測点
 - 無停電対策は数日が必要
 - バッテリー＋ソーラーパネル
 - 観測点装置の省電力化
- 陸上通信網
 - センターが止まってもデータを利用可能に
 - 陸上通信網のクラウド化
 - クラウド型中継サーバの開発

2012/3/30