

## 福島県南東部におけるオンライン地震観測点の設置

藤田親亮\*・森 健彦\*・荻野 泉\*

### Construction of Online Seismic Monitoring Stations in the Southeastern of Fukushima Prefecture

Chikaaki FUJITA\*, Takehiko MORI\* and Izumi OGINO\*

#### はじめに

福島県南東部（浜通り地方）は、2011 年東北地方太平洋沖地震発生以前は浅部地震活動の低調な地域であり、2000 年以降、マグニチュード 3 を越えた 30 km 以浅の地震は僅か 2 個であった（図 1-a）。このような低い地震活動度のため、この地域における地震観測点は概ね 20 km 間隔で設置されている防災科学技術研究所の高密度地震観測網（Hi-net）の観測点、東北大学の地震観測点および気象庁の観測点であり、いわき市では観測点間隔が 30 km 以上も離れていた。2011 年 3 月 11 日、東北地方太平洋沖地震の発生によって、日本各地で内陸の地震活動が誘発された。特に、福島県南東部から茨城県北部にかけての地域における地震活動は著しく活発化し、2011 年 4 月 10 日までの 1 ヶ月間に M3 以上の地震は 400 回を越えた。そして、4 月 11 日、この地域での最大地震となる M7.0 の地震が福島県いわき市で発生した（図 1-b）。この地域における地震活動の活発化を受け、より精度の高い震源情報を得るため、東京大学地震研究所は現地収録型の臨時観測点を高密度に展開すると共に（芹澤他, 2011）、3 点のオンライン地震観測点を設置することとなった。

本報告では、福島県南東部地域におけるオンライン地震観測点の設置にあたって実施した作業工程を示すと共に、今後の観測システムの標準化を目指して選定されたシステム内容及び機材について紹介する。

#### 作業工程

新規地震観測点の設置作業は 5 月の上旬から観測候補地の選定作業を始め、3 ヶ月後の 8 月 9 日に全観測点におけ

るデータのテレメータ化が完了した（表 1）。各作業工程の詳細は下記の通りである。

##### 1. 観測点候補地の選定

観測点候補地として計画された区域は、いわき市、古殿町、塙町であった。これらは、福島県南東部に既設の地震観測点（気象庁、他大学、防災科学技術研究所設置分を含む）を考慮し、その空白域を埋める区域であり、それぞれの区域は直線距離で 20~30 km 離れていた。

この計画区域内で、地震観測点を新設するにあたり、我々は表に示す幾つかの項目を念頭に置き、現地での候補地の選定作業に取り組んだ（表 2）。

##### 1) 伝送系及び電源

観測データを伝送するにあたり、コストや観測点の冬季における保守の容易さを考慮し、伝送系統は①有線通信（光 or ISDN）、②衛星通信、③携帯電話通信の優先順位を付けた。現地調査前には、ISDN 以上の高速回線が引けるかどうかを近隣の施設の電話番号から調査している。しかしながら、有線通信回線が敷設できるかどうかは通信回線業者の調査を待たねばならず、調査によって敷設不可となる恐れもある。そこで、有線通信回線が開通できない場合を想定し、衛星通信を確立するための南方向の開空も現地調査の条件とした。

電源に関して、伝送系が有線通信もしくは衛星通信のどちらになろうとも、消費電力の関係から商用電源（AC100 V）を利用することが望ましかった。そこで、現地調査には、電源線が延びていることも条件に加えた。

##### 2) 地震計の設置位置

地震計は、高い S/N 比が期待できる岩盤、もしくは基礎が深く打ち込まれている大型コンクリート（砂防堰堤や建物の基礎）の施設に設置することを目指した。そこで、事前に地形図や地質図で岩盤が存在する可能性が高い場所に目星を付け、周辺住民への岩盤の場所等の聞き込みを積極的に行った。

2011 年 10 月 31 日受付, 2011 年 11 月 28 日受理

\* 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.

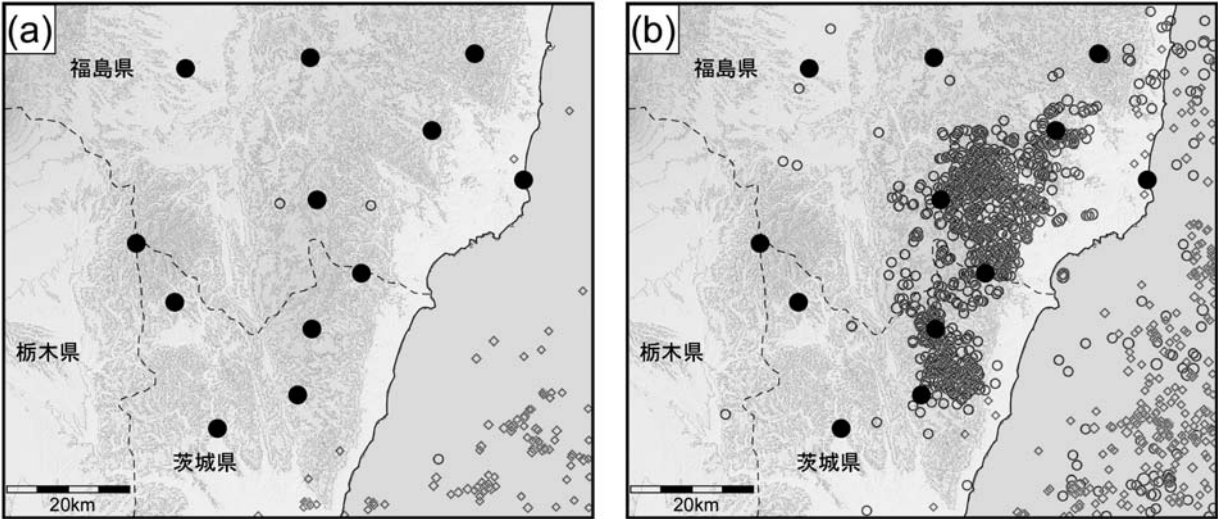


図 1. 気象庁地震カタログを利用した、福島・茨城県境付近における震央図（深さ 60 km 以浅）。  
●：防災科技研、気象庁及び東北大学の地震観測点；○：深さ 30 km 以浅の地震；◇：深さ 30-60 km の地震（マグニチュードで大きさが違う）  
(a) 2001/1/1-2011/3/10 の期間における、深さ 60 km 以浅で M=3 以上の地震  
(b) 2011/3/10-2011/5/10 の期間における、深さ 60 km 以浅で M=3 以上の地震

表 1. 福島県南東部オンライン観測点設置における工程表

	2011年5月			6月			7月			8月		
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
観測点の選定・予備調査	—	—	—									
土地貸借交渉・各種申請・契約	—	—	—									
観測システムおよび機材の選定		—	—									
観測点工事日			(2) —			(1) — (3) —						
NTT回線開通日						(1) — (3) —				(2) —		
機器設置							—					

※ (1) 湯ノ岳観測点 (2) 馬場平観測点 (3) 片貝観測点

設置候補地を決定した後、詳細なノイズ状況を確認するため数日間のオフライン地震観測を実施した。この予備的観測を実施するにあたり、地震計を設置する場所の所有者に観測計画を説明し、その後の長期にわたる観測点設置に問題がないかの確認を行っている。この後、予備的地震観測を最低でも平日の 24 時間以上行った。これは、ノイズ源の発生時間が昼間や夜間のみとなる場合も考えられたため、1 日を通して、ノイズの発生状況を見極める必要があったからである。今回、1 つの候補区域につき 2 箇所以上の場所で予備的地震観測を実施した。記録されたデータを地震研究所にて解析し、S/N 比の高い場所を最終的に選定した。尚、今回の候補地における土地所有者の方々は、観測計画に協力的であり、全ての作業を滞りなく進めることができた。

2. 土地貸借交渉と契約

観測点選定作業の後、それぞれの候補地に、湯ノ岳観測点（いわき市）、馬場平観測点（古殿町）、片貝観測点（塙町）と観測点名称が付けられた（図 2）。そして、民有地である湯ノ岳、馬場平の両観測点は土地所有者との土地貸借交渉に入った。上述したように、土地所有者の方々は観測計画に好意的であったため、貸借する土地の大きさや機器の設置場所の詳細を説明した後も、問題なく交渉を進めることができた。この交渉で口頭での設置に関する了解を得た後、契約書の作成に入った。東京大学地震研究所と土地所有者との契約にあたっては、借地する場所の正式な地番が必要となる。そのために、現地の法務局において観測点の公図と謄本を入手して、調査を行った。しかしながら、山間部で土地が広大な民地の場合、公図から地番を確定す

表 2. 観測点選定における注意事項

地震計	<ul style="list-style-type: none"> <li>・予定地域内でバランスの良い観測点配置となること</li> <li>・岩盤もしくはそれに準じた安定した構造物等で、設置可能な場所であること</li> <li>・工場やポンプなどのノイズ源が近くにあること</li> <li>・雨水の通り道になっていないこと</li> </ul>
観測設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1m×1m程度の観測装置敷が確保できること</li> <li>・商用電源が確保できること</li> <li>・車でアクセスできること</li> <li>・有線通信回線が引込可能なこと(有線通信使用の場合)</li> <li>・JCSAT-5Aの見える方角(福島県では方位角約193度、仰角45度)が開けていること(衛星使用の場合)</li> </ul>
予備的観測	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平日に24時間以上の連続観測を実施すること(工場などの多様なノイズ源の探索のため)</li> <li>・比較のため、1候補点につき2ヶ所以上の観測が望ましい</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・積雪量と除雪状況</li> <li>・携帯電話の電波状況</li> <li>・候補地の地番の確認</li> </ul>

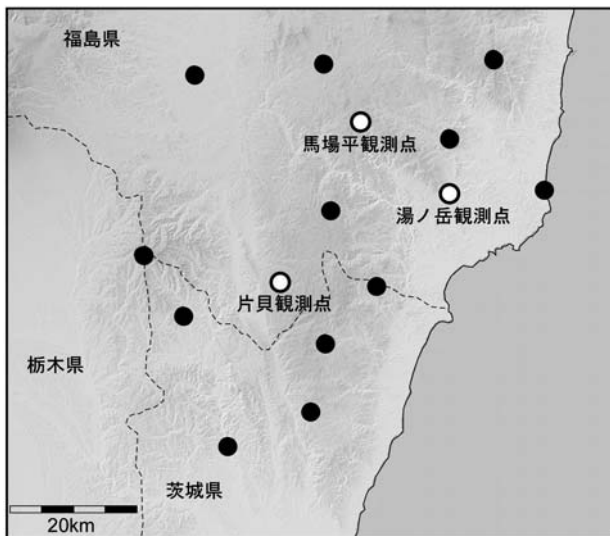


図 2. 福島県南東部に設置された3点の新設地震観測点(○)と防災科技研、気象庁及び東北大学の既設地震観測点(●)

るのが難しい場合がある。今回、公図から地番が確定できなかった馬場平観測点では、古殿町役場の税務課において、航空写真上に落とした地番地図を閲覧し、地番の確定作業を行った。これらの作業を経て、契約書が作成され、土地所有者との間で契約の調印が交わされた。尚、5年程度の観測期間を口頭で説明した上、契約期間は1年契約の自動更新となっている。

一方、片貝観測点は塙町の公有地であった。公有地の場合、役場の担当職員の方との現地交渉で設置の了承を得た後、申請書類を提出することで貸借契約は完了する。通常

稟議等の手続きにより使用許可書が発行されるまで時間を要するが、今回の場合、塙町役場の配慮によって、1週間もかからずに使用許可が下りた。公有地の場合は契約期間を明記しないといけないため、5年間の使用許可となっている。

### 3. 工事業者の選定及び発注

土地貸借契約の前に、実際に予定点で観測点の設営が可能かどうか、工事業者に確認をとることが必要である。そのため、観測点選定の際に工事業者もほぼ同時並行で選定した。業者選定には、今後の保守作業も踏まえ、土地所有者と関係のある業者がいればその業者を優先することとし、湯ノ岳観測点では、予備的地震観測を実施した寺の工事を請け負っている業者、馬場平観測点では特に土地所有者より提示がなかったため、距離的に近い湯ノ岳観測点と同じ業者を選択することにした。片貝観測点では、同町内の第3セクター運営の宿泊施設から、電気工事を請け負っている2社の業者情報を聞き込み、観測点に近い業者と連絡を取った。それぞれの現場に工事業者を案内し、工事可能であるかの確認をした上で、見積を依頼した。工事内容は、電力線および通信回線の引込柱設置、地震計台および柵・ふたの設置、電源設備の取り付け作業、機器収納BOXの取り付けと周辺の配線および保護管の配管作業である。これらの内容を含んだ見積書が業者から地震研究所に送付された後、業者との間で見積内容の再確認を行った。見積内容に不備が無く、見積金額が妥当であると判断できた後、業者に工事を発注している。

東北電力に対する電力線の引き込み申請は工事業者に依



頼したが、有線通信回線の敷設申し込みは地震研究所が行った。今回、東京のNTT 法人窓口と交渉を行い、現地調査を行った上で、湯ノ岳、片貝両観測点は ISDN 回線、馬場平観測点は光回線を引くこととなった。但し、馬場平観測点の光回線敷設工事は敷設距離が長く、災害復旧で回線工事の出入りが足りないこと、また福島県県道を回線がまたぐことにより、許認可に時間を要することなどから、開通まで時間がかかる結果になってしまった。

#### 4. 観測システム及び機材の選定

これまで、観測点及びプロジェクトごとに専任となる職員がおり、観測点設置に使用される機材および構成は、設置担当者が自分自身で選定し、自らの手で設置作業及び保守作業を行ってきた。しかしながら、技術職員数は年々減少傾向にある。全体の業務量に変化が無い中、観測点の管理を専任職員によって行うのではなく、誰でもなるべく容易に設置・保守作業ができるような態勢が求められている。そこで、保守作業の軽減化を目指す観点からも、観測システムの標準化を図ることとなった。今回の観測点の機器選定にあたっては、福島県南東部の観測点だけでなく、房総茨城地域で設置作業が進められていた、広帯域アレー観測とできる限り共通仕様となるように計画された（宮川他, 2011）。機器の標準化を目指すことで、関係職員が機器の仕様を理解し、トラブルの際に対応を容易にすることが可能となる。また機材を共通仕様とすることで、保守の際

の予備機材の量も絞ることができる。

今回、それぞれの観測点には、およそ  $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$  のコンクリート基礎に電気（+通信回線）の引込柱を立て、引込柱には電源 BOX と機器を組み込んだ収納 BOX を取り付けている（図 3）。重量バランスを少しでもよくするため、実際の設置では電源 BOX と機器収納 BOX は背面合わせとした。小容量であればバッテリーは機器収納 BOX 内に収納することも考えられるが、今回は停電対策のために大型バッテリーを使用したため、引込柱根元にコンテナを設置し、その内部に収納した。このシステムは専有面積が少なく、また衛星機器を使用する場合でも直径 60 mm のアンテナ取り付け用ポールを引込柱に抱かせれば運用可能である。主要な機材は以下の通りである。

##### 1) 屋外機器収納 BOX

今回の観測点に使用する屋外機器収納 BOX は、以下の仕様を満たす必要があった。

- ・内部の温度上昇を抑える
- ・通気性がある（内部の熱を逃がす）
- ・雨水や埃、昆虫の侵入を防ぐ
- ・長期メンテナンスフリー
- ・低コストで、納期が短い

これらを考慮し、日東工業製の RA25-66LDA を採用した（ただし馬場平観測点は事情により RA25-45DA）。この収納 BOX は前面、上部及び左右に遮光板があり、直射日

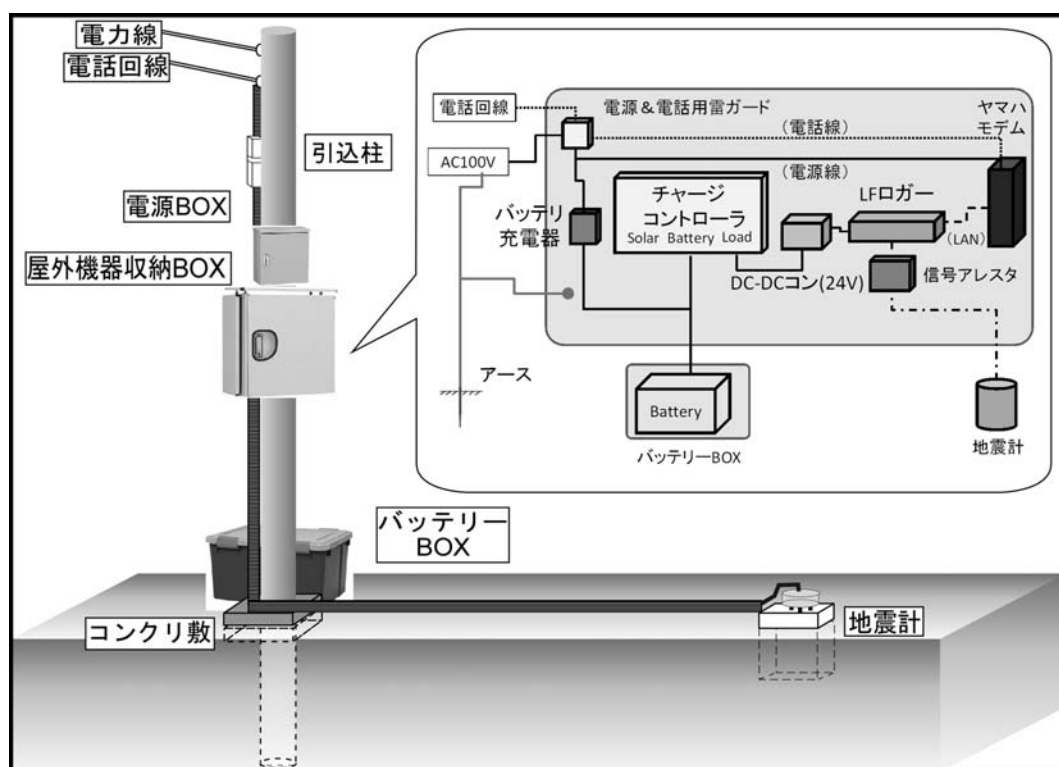


図 3. 観測点の構成図。地震計は実際には岩盤に密着したコンクリート台上に設置される。これらの観測データは有線通信回線（光もしくは ISDN）を通じて連続的に地震研究所に送信される。

光による内部の温度上昇が抑えられる。また、通気性はルーバー（金網付）によって保たれている。長期メンテナンスを考えれば材質はステンレスが望ましいが、今回はコスト面を考慮して材質は鉄とした。

## 2) 収録装置及び通信装置

収録装置に関して幾つかの選択肢が考えられるが、今回は有線通信回線（光 or ISDN）が引込可能だったため、データ伝送の信頼度が高い ACT プロトコル（森田ほか，2009）に対応した白山工業製の LF-1100R/LF-2100R（LF ロガー）を採用した。ACT プロトコルは、通信回線の異常によってデータ送信が途絶えても、ロガーが動作している限り現地でのデータ収録が継続し、回線が復帰次第、送信できなかったデータの送信が始まり、最終的にセンター側のデータが自動補完されるシステムである。ルータは従来から使用されていて実績のあるヤマハの RT58i を選択した。

## 3) 電源および周辺機器

今回の電源システムは、商用電源を利用していることから、バッテリー充電器 BP-1210 にて 64 Ahr のバッテリー 2 台（並列接続）を充電し、バッテリーから充電コントローラ SS-6L を経由して LF ロガーへ給電されるシステムとした（図 4）。なお、LF ロガーの動作電圧は 24 V であるため、SS-6L から LF ロガーの間には DC/DC コンバータ SVM24SC12（入力 12 V，出力 24 V）が接続されている。

## 4) 地震計関係

地震計は電源不要の三成分速度型地震計 L4C-3D（固有周期 1 秒）を使用した。地震計台に関しては、岩盤にアンカーを数本打ちこみ、岩盤と密着させる形で縦横面積 0.5 m×0.5 m のコンクリート台を作成している。地震計はコンクリート升によって保護され、升上部には取手付きの鉄製のふたを載せた（図 5）。地震計からキャビネットまでの信号線は保護管内を通し、観測点の状況に応じて、転がし（馬場平）・埋設（片貝，湯ノ岳）・架空（湯ノ岳）の形態とした。

## 5. 機器設置と情報整理

工事の完了後、片貝及び湯ノ岳観測点の ISDN 回線敷設のタイミングに合わせ、馬場平観測点を含めた全点での機器設置を実施した（図 6）。馬場平観測点に関しては、現地収録は他の 2 点と同時期に開始したものの、光回線敷設の遅延から、約 1 ヶ月遅れた 8 月 9 日からのデータ送信開始となった。

観測点設置後、今後の保守効率を高めるため、今回の観測点設置に使用された申請書や契約書類を冊子にまとめ、全てを電子ファイル化し、所定の所内フォルダで管理することとした。またそれ以外に、技術部内で作成された wiki を利用し、観測点情報や機材のシリアルナンバー、使用中のサービスおよび IP アドレス、申請書類の電子ファイル、

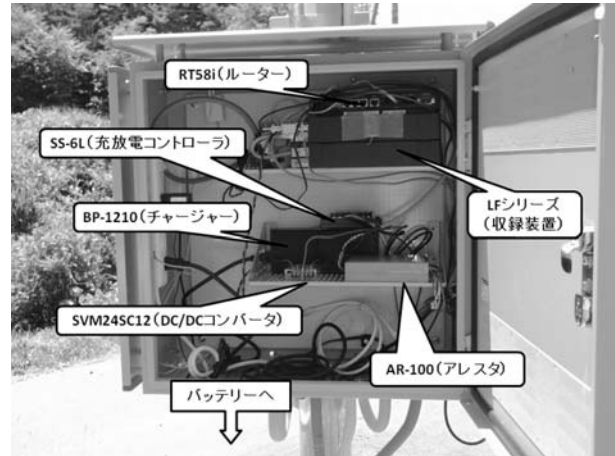


図 4. 収納 BOX 内の機材配置（片貝観測点）



図 5. 岩着された地震計台（馬場平観測点）。鉄製のふたの上部には取手がついている。

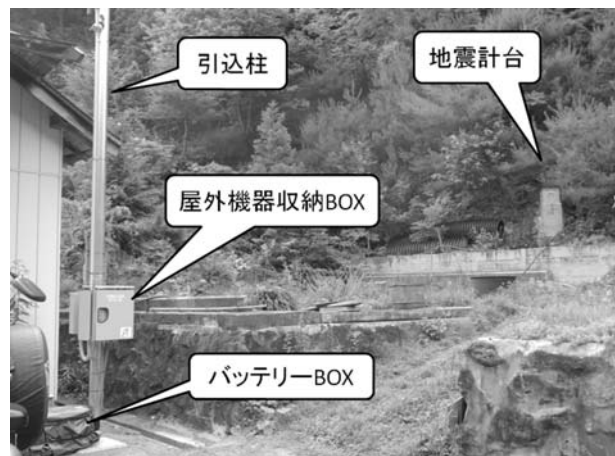


図 6. 馬場平観測点の外観

作業内容などをまとめ、設置当初から現在までの観測点の状況を web にて閲覧できるようにしている。

## さ い ご に

2011 年 11 月現在、すべての観測点において機器のトラブルは発生していない。細かいトラブルとして、NTT の回線不調によるデータ断がしばしばあるものの、回線回復とともにデータが自動補完されており、観測システムは順調に稼働していると考えられる。

今回の設置作業にあたり反省すべき点を挙げるとすれば、予備的地震観測で用いた記録計のゲイン設定ミスである。直前の自然地震観測時のゲイン設定で、大きめの地震に対応出来るよう、設定を Low ゲイン (20 dB) にしていたのだが、あとで計算してみると、このゲイン設定では微小なノイズを検出できないことがわかった。結果としては、3 点共にノイズレベルの低い観測点であることがわかったが、今回の失敗を糧として、今後のノイズ調査における機器設定に十分留意して取り組みたい。

今回の観測点設置作業期間は開始から完了までおよそ 3 カ月であった。その間に地域住民や自治体の担当者、工事業者、福島県のテレビ局関係者など沢山の関係する方々と話をする機会があったが、一番印象に残り、ありがたいと思ったことは、すべての方々が我々の作業に理解を示し、非常に協力的であったことである。忘れがちであるが、今

回の観測も含め、ほとんどの地震観測は土地所有者や自治体のご協力・ご好意のうで成り立っているものである。このことに関する感謝の思いを忘れることなく、今後も業務に従事していきたい。

謝 辞：今回の観測点設置にあたり、常磐湯ノ岳生産森林組合、薄井隆雄氏、塙町役場には快く土地を貸していただき、楠 淳雄氏、佐藤和明氏、薄井ハツヨ氏には観測点選定・設置の際に多大なるご支援をいただきました。また総合観測室の技術職員の皆様には適切なアドバイスをいただきました。査読者の岩崎貴哉教授、飯高 隆准教授には、本稿を改善する上で有益なご指摘をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

## 文 献

- 芹澤正人・坂 守・小原一成・加藤愛太郎, 2011, 東北地方太平洋沖地震におけるオフライン地震観測報告および臨時観測についての考察, 震研技報, 17, 48-53.
- 宮川幸治・渡邊篤志, 2011, 房総半島及び茨城県におけるオンライン広帯域地震観測網の整備, 震研技報, 17, 23-41.
- 森田裕一・酒井慎一・中川茂樹・笠原敬司・平田 直・鏡 弘道・加藤拓弥・佐藤峰司, 2009, 首都圏地震観測網 (MeSO-net) のデータ伝送方式について—自律協調型データ送信手順 (ACT protocol) の開発—, 地震研究所彙報, 84, 89-105.