岩手・宮城内陸地震に関するシンポジュウム

－　１ヶ月後に分かってきたこと

日時：7 月 14 日(月)午後 1 時から 5 時半

場所：工学部青葉記念会館大研修室（4 階）

http://www.eng.tohoku.ac.jp/map/?menu=campus&area=f&build=05

主催：

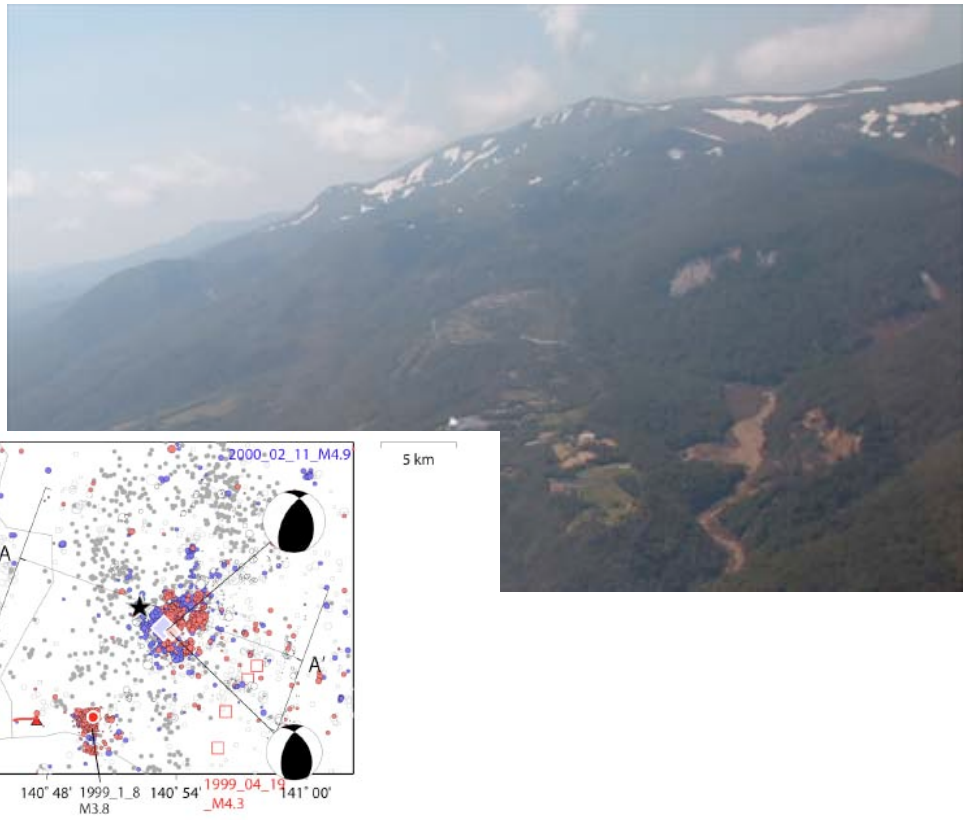
東北大学防災科学拠点グループ

グローバル COE（変動地球惑星学の総合教育拠点）

工学研究科附属災害制御研究センター

共催：岩手・宮城内陸地震４学協会東北合同調査委員会

科学研究費補助金「２００８年岩手・宮城内陸地震に関する総合調査」



報告プログラム：

０．はじめに，1:00-1:10
１．地震メカニズム，断層，余震，強震動，1:10-2:10
２．地滑り・斜面崩壊，2:10-2:50
３．建物被害・インフラ被害，土砂ダム・堰止め湖，2:50-3:40
　　休憩　3:40-4:00
４．救命・応急対応，救助活動，災害情報活用，4:00-4:40
５．文化財防災・保護，復旧・復興活動・公的支援,4:40-5:20
６．まとめ　5:20-5:30

１．地震メカニズム，断層，余震，強震動 1:10-2:10

２００８年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループ・海野徳仁代表：「2008 年岩手・宮城内陸地震の発生機構について」

大槻憲四郎・鹿島雄介・南須原美恵・中村教博：「岩手・宮城内陸地震に伴う地下水・温泉の変動」

今泉俊文・石山達也・大槻憲四郎・中村教博・越谷信・堤浩之・杉戸信彦・廣内大助：「2008 岩手・宮城内陸地震の地表地震断層調査」：

中村教博・大槻憲四郎・鹿島雄介・遠藤渓・石山達也・今泉俊文・中田高・渡辺満久・鈴木康弘：「岩手・宮城内陸地震の表層変動地形と餅転-細倉構造帯」

石渡明・小栗尚樹・原田佳和；「2008 年岩手・宮城内陸地震　墓石転倒率分布調査結果」

２．地滑り・斜面崩壊，2:10-2:50

風間基樹：「地盤災害の特徴と課題-今度の対応のあり方について」

佐藤源之・渡辺学：「地滑り災害の予知なたびに災害発生後の検知・救援技術」

宮城豊彦：「地滑り災害調査の概況と荒砥沢ダム上流地すべり」

布原啓史・吉田武義・山田亮一・土屋範芳：「地理情報システムを用いた地震災害とカルデラ構造との関連の検討および地滑り地域における水質汚濁リスクの評価について」

３．建物被害・インフラ被害，土砂ダム・堰止め湖，2:50-3:40

源栄正人：「短周期・大加速度地震動と建物被害　-2003 年三陸南地震と 2008 年岩手・宮城内陸地震の比較-」

秋山充良・内藤英樹・武田篤史：「岩手・宮城内陸地震・国道 342 号線道路橋被害調査」

真野明：「ダム決壊流の下流貯水池に対するインパクト」

梅田信・田中仁：「荒砥沢ダム上流部の崩壊土砂による貯水位の変動」

４．救命・応急対応，救助活動，災害情報活用，4:00-4:40

山内聡・小林道生・篠澤洋太郎：「岩手・宮城内陸地震で明らかになった医療の課題」
日赤病院・遠藤尚文：「日本赤十字社・宮城県支部の医療救護活動-複数組織との連携について-」
仙台気象台・中村浩二：「平成２０年岩手・宮城内陸地震の緊急地震速報」
源栄正人：「2008 年岩手・宮城内陸地震における学校での緊急地震速報の受信状況と対応状況」

５．文化財防災・保護,，復旧・復興活動・公的支援,4:40-5:20

平川新：「地震災害から文化財を守る」
永井康雄：資料のみ
井ノ口宗雄：「「チームにいがた」情報先遣隊の活動報告～産官学民連携チームから見た行政における災害対応の実際～」
宮城県危機対策課・山内豊：「岩手・宮城内陸地震」の特徴と宮城県の対応」
国交省東北地方整備局・松井幸一：「緊急災害対策派遣隊（ＴＥＣ-ＦＯＲＣＥ）の活動状況について」

2008 年岩手・宮城内陸地震緊急合同余震観測グループによる臨時余震観測

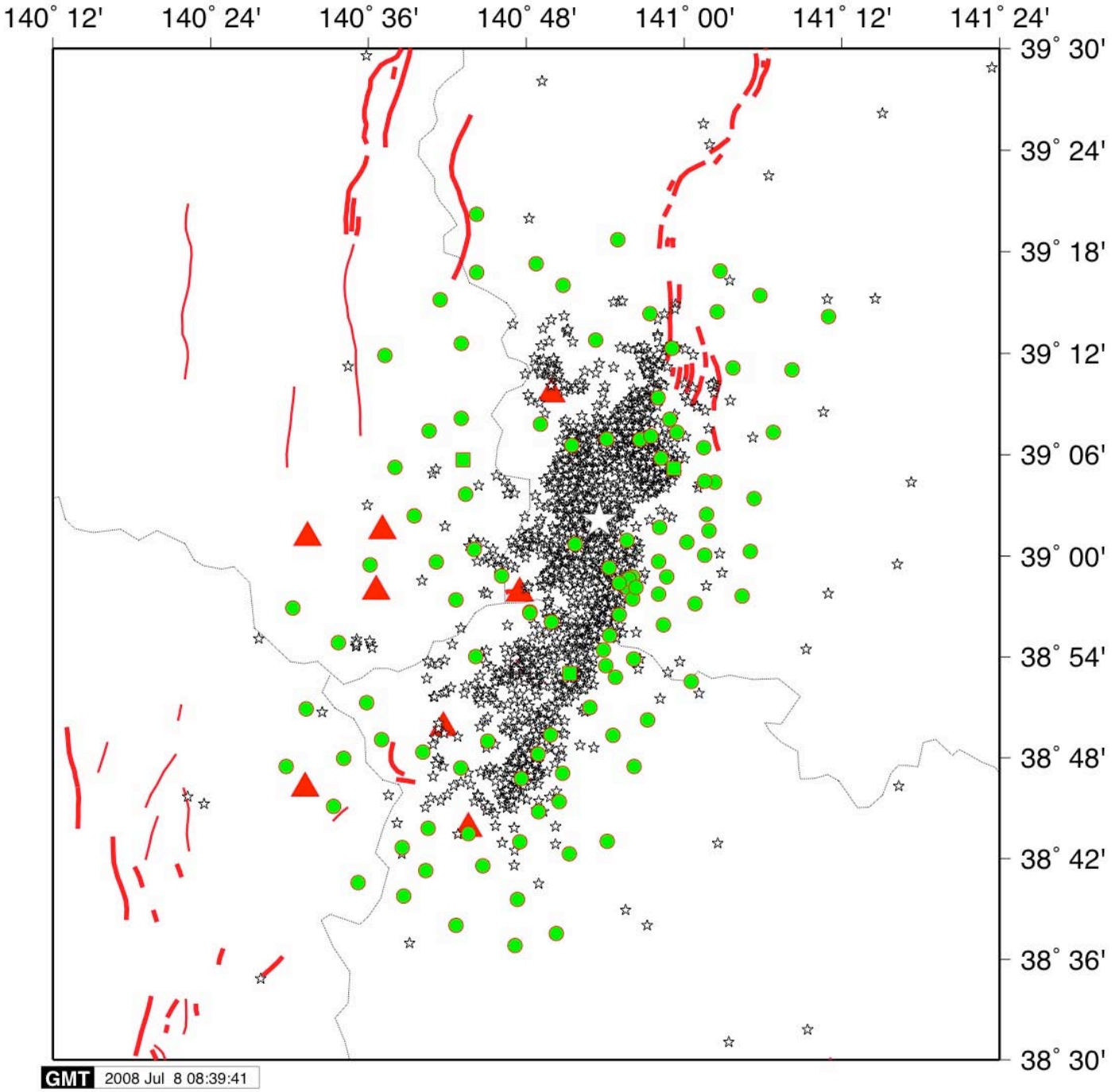


図1. 2008 年岩手・宮城内陸地震緊急合同余震観測グループ（北大・弘大・東大・名大・京大・九大・鹿大・防災科研・東北大）による臨時余震観測点分布図. 緑○はオフライン観測点, 緑□はオンライン観測点を示す. 赤□は気象庁・防災科学技術研究所・東北大によるオンライン観測点を示す. 小☆, 大☆はそれぞれ東北大学自動処理による余震・本震を示す. 赤線は活断層を示す. 赤▲は第四紀火山を示す.

謝辞: 本研究は防災科学技術研究所 Hi-net・気象庁によるデータを使用しました. 更に東京工業大学と国立天文台水沢 VERA 観測所によるデータを使用させて頂きました. また, 原子力安全基盤機構(JNES)が平成 19 年度, 20 年度に実施した内陸の活断層調査に基づく震源断層評価手法の検討事業で取得されたデータを使用しました. 記して感謝いたします.

東北脊梁歪集中帯

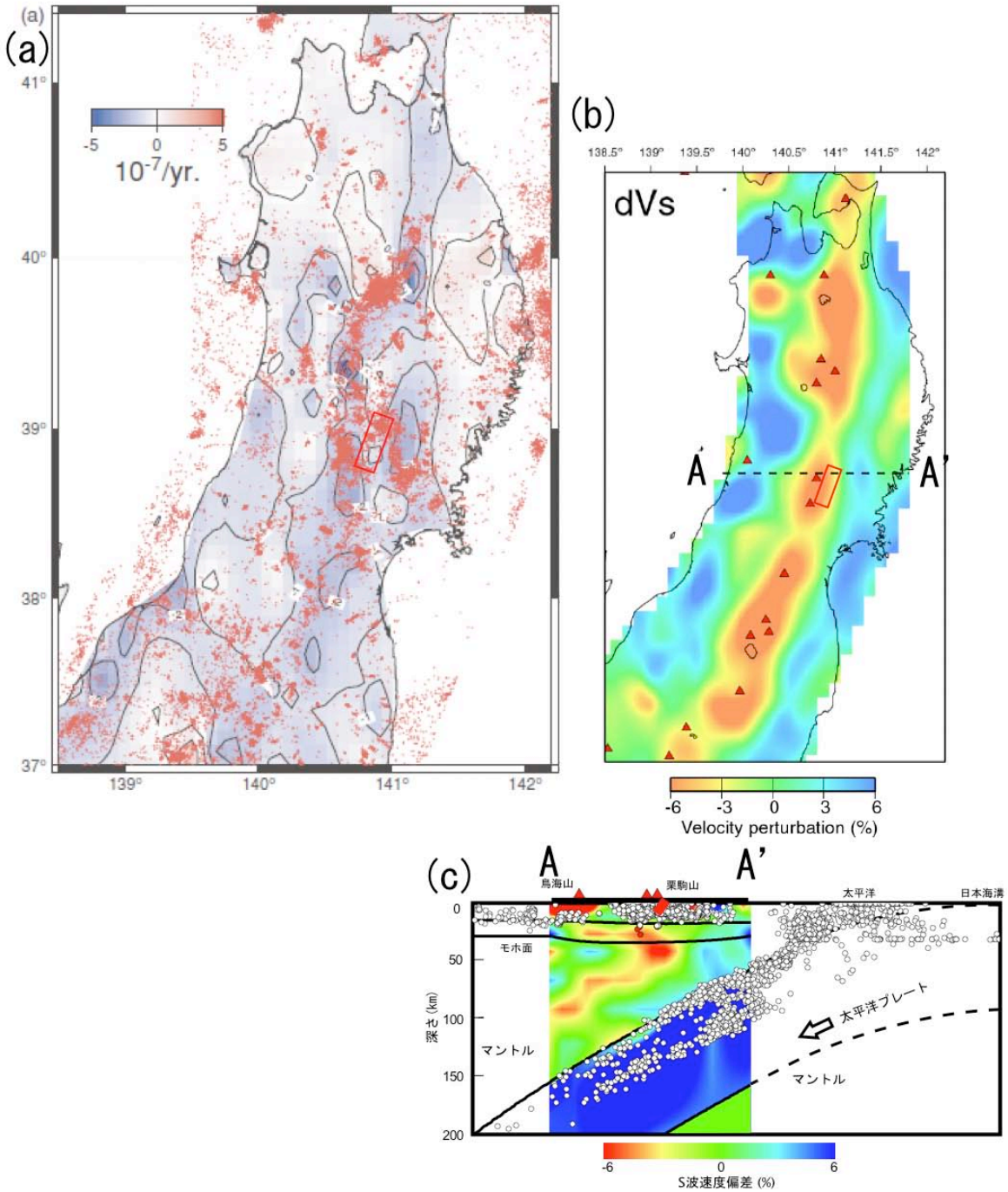


図 3.（a）1997 年から 2001 年までの期間の国土地理院，東北大の GPS 観測データから求めた東西歪速度分布（Miura et al., 2004）．青が短縮歪、赤が伸張歪の領域を示す．ほぼ奥羽脊梁山地に沿って青色の短縮歪が顕著である．赤の□は岩手・宮城内陸地震の余震域のおよその広がりを示す．(b)地震波速度トモグラフィによる深さ 40km での S 波速度偏差分布（Nakajima et al., 2001）．赤▲は活火山を示す．(c)地震波速度トモグラフィによる岩手・宮城内陸地震震源域を通る S 波速度偏差分布の鉛直断面図（Nakajima et al., 2001）．赤▲は活火山を示す．白丸は地震を示す．赤太線は岩手・宮城内陸地震の推定震源域の概略を示す．

火山に至るマグマ上昇経路と震源域との関係

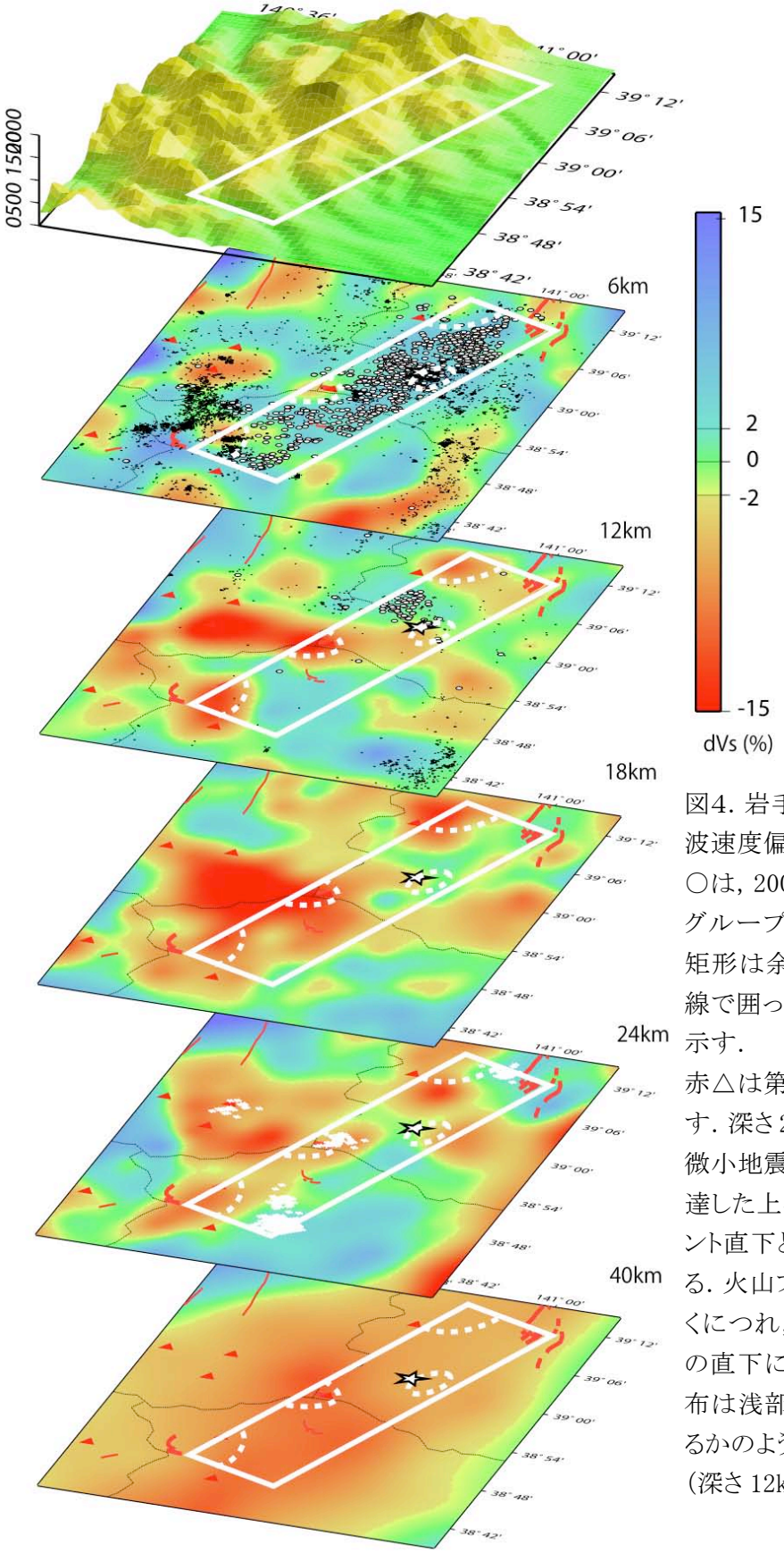
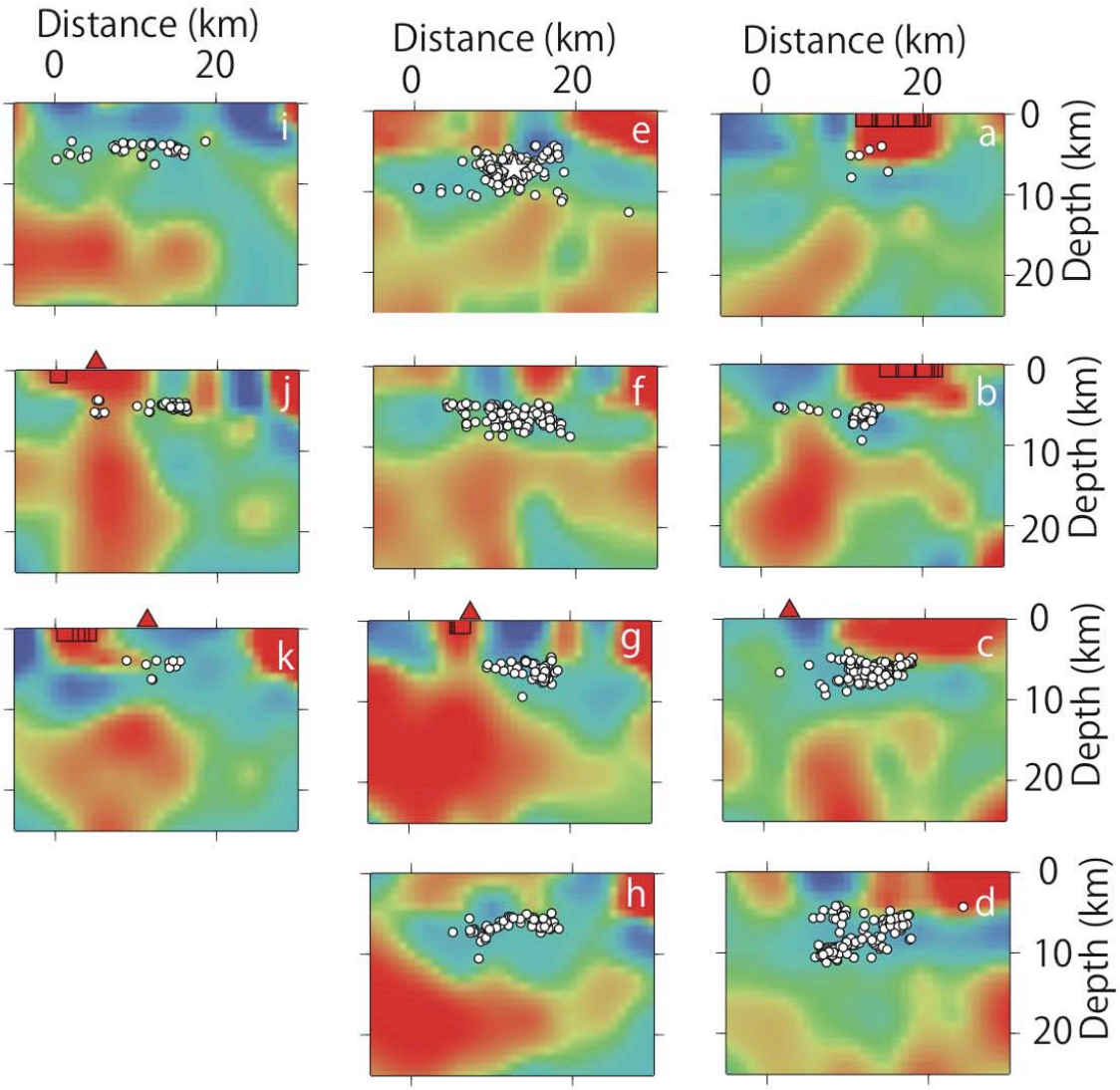


図4. 岩手・宮城内陸地震震源域における S 波速度偏差分布(岡田・他, 2008). 白☆, 白○は, 2008 年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループによる本震および余震を示す. 白矩形は余震域のおよその広がりを示す. 破線で囲った領域は余震活動が低調な領域を示す.

赤△は第四紀火山を, 赤太線は活断層を示す. 深さ24km の図における白十字は低周波微小地震を示す. 深さ 40km, モホ面直下に達した上昇流は, 深さ 24kmでは, 火山フロント直下と東方に分岐している様子がみられる. 火山フロント直下の低速度域は浅部にいくにつれ, さらに分岐し, おのおのの活火山の直下にいたる(18～6km). 震源域・余震分布は浅部におけるそれらの低速度域を避けるかのように, その間の高速度域に分布する(深さ 12km, 6km).

地殻構造（地震波速度構造）と余震分布との関係



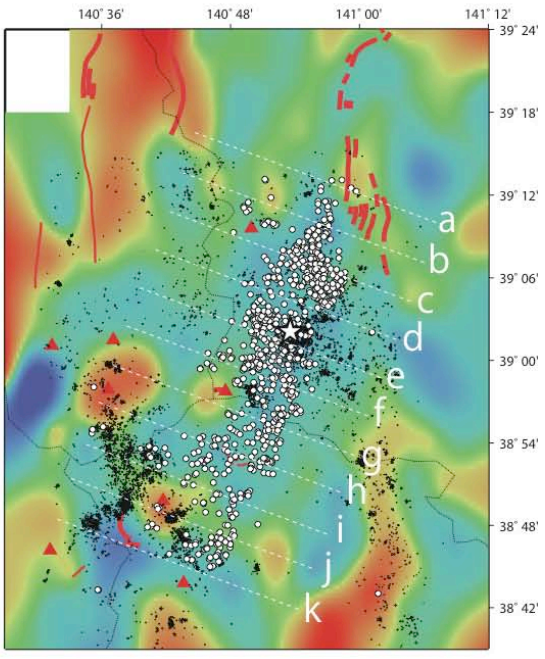


図6. 岩手・宮城内陸地震震源域におけるS波速度偏差分布（岡田・他, 2008），西北西—東南東方向の断面図で示す．白☆，白○は，2008 年岩手・宮城内陸地震緊急合同余震観測グループによる本震および余震を示す．赤△は第四紀火山を，赤太線は活断層を示す．余震は高速度域に分布する傾向にある．本震震源直下（断面図 e）には流体の上昇経路に対応すると考えられる低速度域が分布する．

本震・前震周辺に見られた先駆的地震活動～2000 年 M4.9 と 1999 年 M4.3 の地震

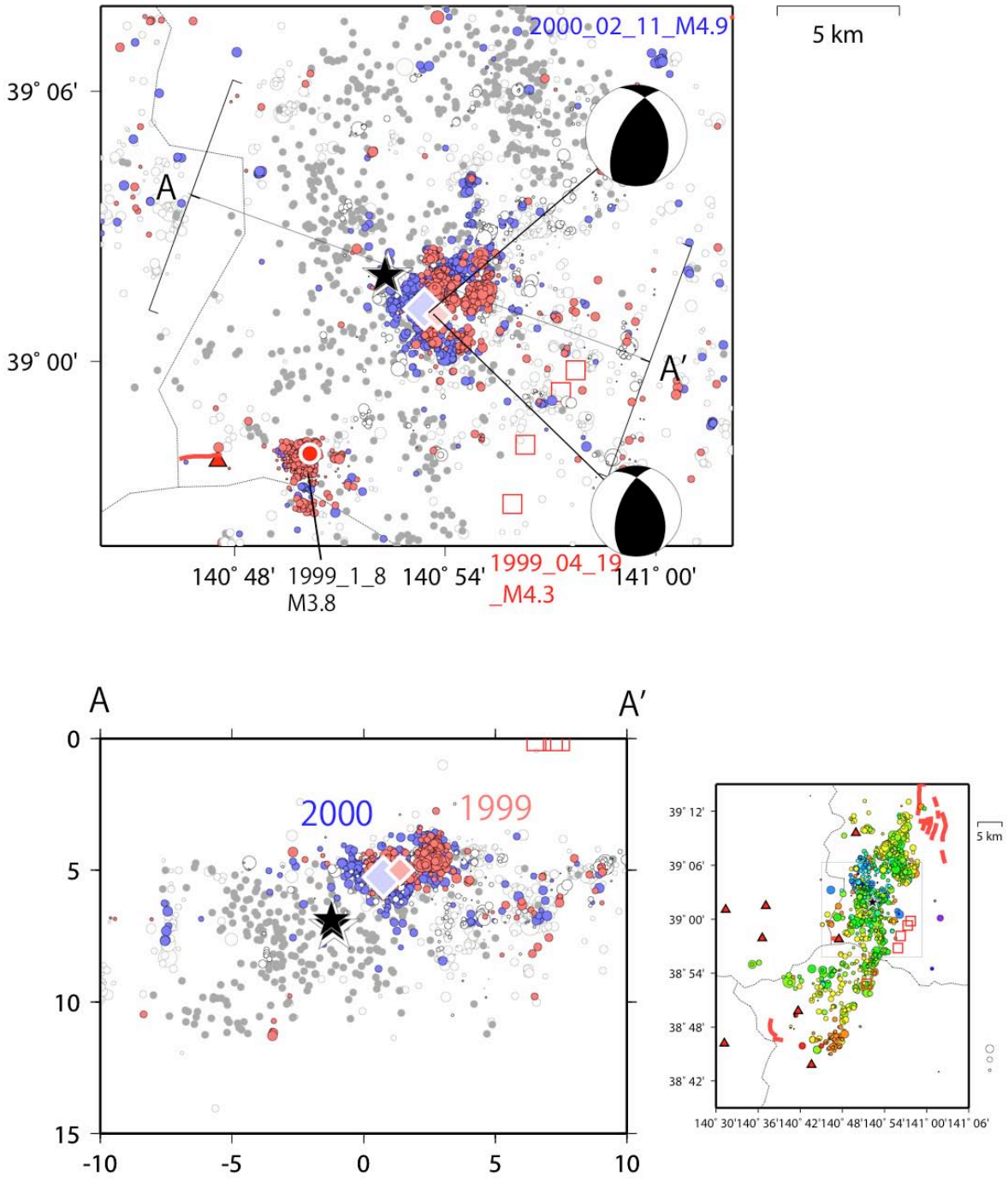


図8. 2008 年岩手・宮城内陸地震震源付近における微小地震活動. 岡田・他(2008)による 1997 年から 2008 年までの震源分布を示す. 白☆, 黒★, 灰色○は 2008 年の地震の本震, 前震(8:01,8:11), 余震(緊急合同余震観測によるもの)を示す. 赤は 1999 年の活動, 青は 2000 年の活動を示す. 赤◇は, 1999/4/19M4.3 の地震, 青◇は 2000/2/11 M4.9 の地震を示す. 赤線四角は 2008 年の地震に伴う地表面変状の位置. (上図)震央分布図. 1999/4/19M4.3 の地震, 2000/2/11 M4.9 の地震のメカニズム解をあわせて示す. (下図)A-A'断面図. 1999 年・2000 年の地震の余震分布は西傾斜の傾向にあり, 2008 年岩手・宮城内陸地震の余震の並びの浅部延長に位置することから, 同一断層面上での活動であると推定される. なお, 1999 年・2000 年の震源域(余震域)では, 今回の地震の余震活動は低調である.

稠密GPS観測網による2008年岩手・宮城内陸地震の余効変動観測

6月14日に発生した本震発生を受け，東北大理，北大理，名大環境，九大理，鹿大理の各大学の研究者・大学院生が翌15日に現地入りし，**震源域周辺にGPS観測点を計16点設置**した．観測点の多くは公立小・中学校の校舎内に設置され，GPSアンテナは屋上にボルト埋設もしくは可搬型アンテナ基台により固定した．震源域周辺には，地震発生前より東北大が設置していたGPS定常観測網（緑丸印），国土地理院GEONET観測網（白ひし形），更に2007年10月より開始された独立行政法人 原子力安全基盤機構による内陸の活断層調査に基づく震源断層評価手法の検討事業により設置されたGPS観測点（赤丸印），さらに国立天文台水沢VERA観測所が設置する観測点（白丸印）が設置されており，それらを補完するように稠密GPS観測網を展開した．これら観測データの統合処理により，今後余効変動の詳細な時空間変化を明らかにする予定である．

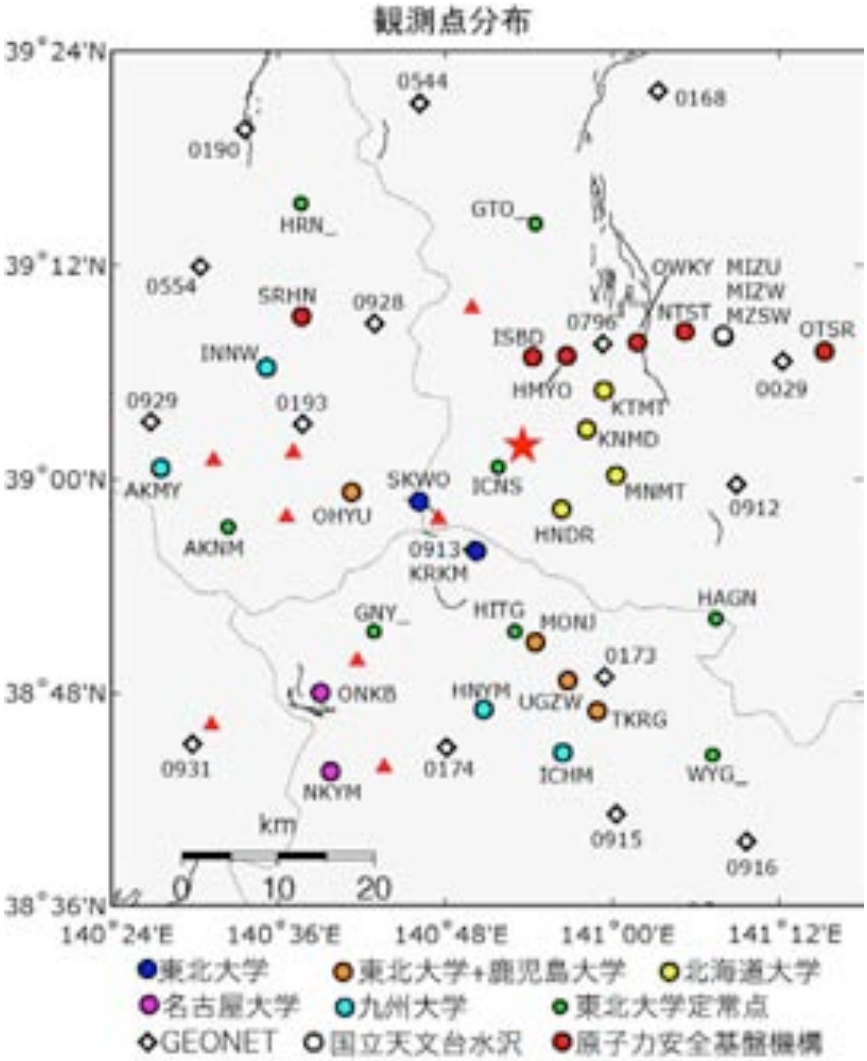


図9 観測点配置図．ひし形はGEONET観測点，赤丸印は原子力安全基盤機構により2007年10月以降設置された観測点，緑丸印は東北大学の定常観測点，白丸印は国立天文台VERA観測所の観測点を示す．他の丸印がGPS大学連合により設置された臨時観測点を示す．余震分布は東北大自動処理によるもの．

謝辞：本研究は国土地理院GEONET観測点・国立天文台水沢VERA観測所のGPSデータを使用しました．また原子力安全基盤機構（JNES）が平成19年度，20年度に実施した内陸の活断層調査に基づく震源断層評価手法の検討事業で取得されたGPSデータを使用しました．また臨時観測点の設置に際しては各教育委員会，小・中学校等にご協力を頂きました．記して感謝致します．

断層直上のGPS観測点（一関市・祭時）における地震時変動

2003年に東北大学が一関市厳美町字祭畤（まつるべ）に設置したGPS連続観測点ICNS（位置は震源の南西2.5km程度）のデータを6月20日に回収し、キネマティックGPS解析により5分毎の座標変化を推定した．解析には、GpsTools ver. 0.6.3 (Takasu and Kasai, 2005) を用いた．本震発生直後に停電による欠測が見られるが，その後一時的に電力が回復し，地震前後の変動を明瞭に捉えることに成功した．地震発生直前の25分間と，電力が回復した11時15分頃から25分間の差を地震時地殻変動と仮定した．その結果、**東方向に45cm，北方向に34cm，　隆起方向に156cm**の大きな変位が観測され，この結果を防災科学技術研究所がICNS観測点から数百mの位置に設置している一関西観測点における強震動記録による永久変位の推定結果と比較すると，本研究で得られた変位量，方向（N52E）ともに整合的な結果となった．

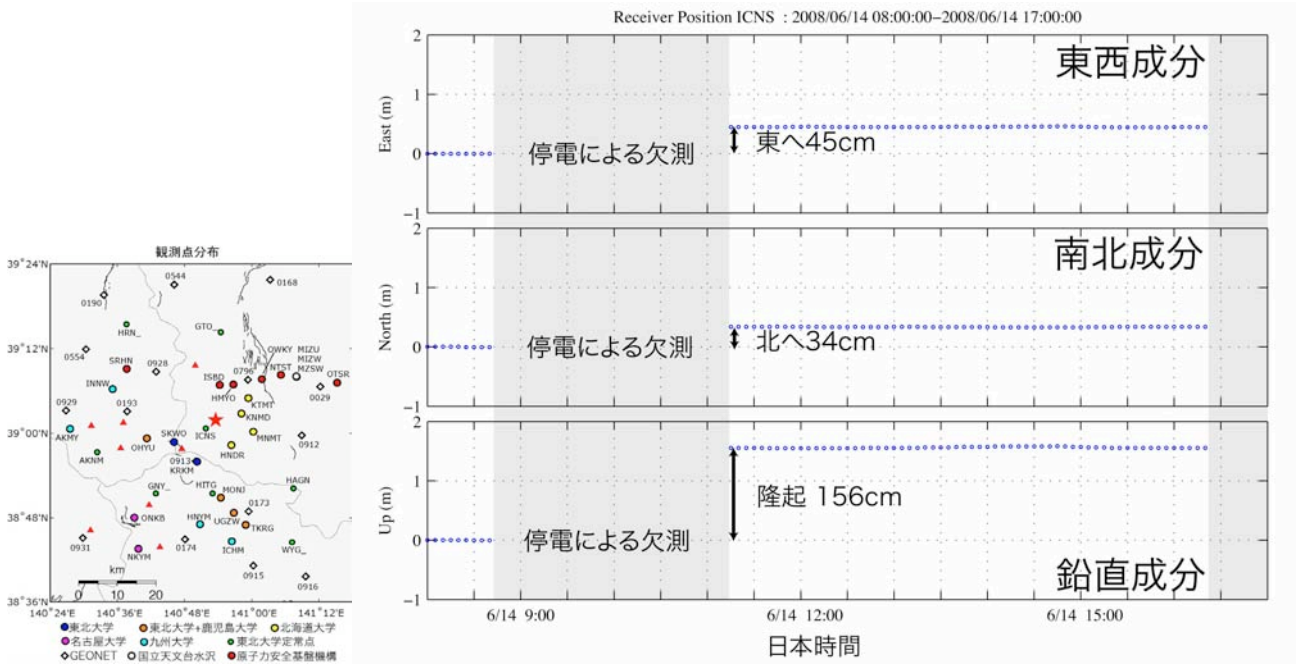
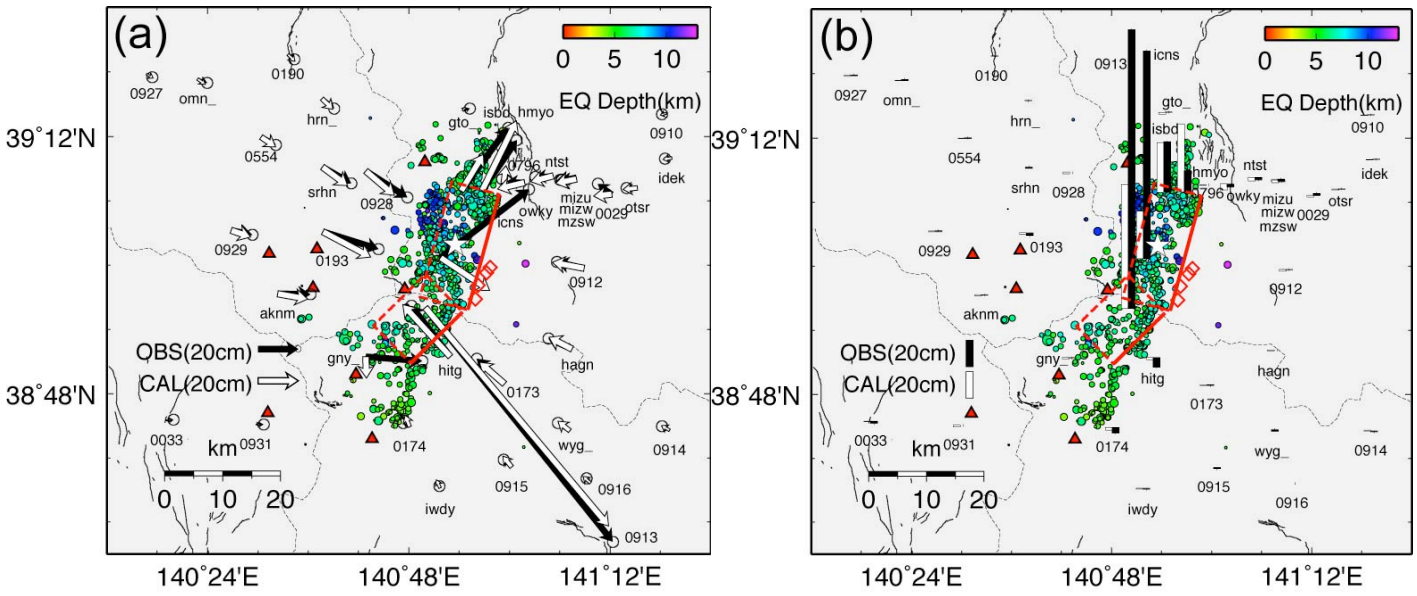


図10（左図） ICNS観測点の位置を示す．震源の2.5km程度南西に位置する.（右図）2008年6月14日8時−17時（日本時間）のICNS観測点における3成分変位時系列．灰色の帯は停電に伴う欠測を示す．

謝辞：ICNS観測点のデータ回収にあたっては，一関市，一関市教育委員会の多大なるご協力を頂きました． GPS解析ソフトにはGpsTools ver.0.6.3 (Takasu and Kasai, 2005) を利用させていただきました．ここに記して感謝いたします．

GPSデータによる地震断層モデル（矩形断層）

国土地理院 GEONET観測点，原子力安全基盤機構，国立天文台水沢VERA観測所，および東北大学のGPS観測データを統合処理し，地震断層モデルを作成した．得られている全データについてキネマティックGPS解析（5分毎）を行い，地震前25分と地震後25分の差を取り，地震時地殻変動と仮定した．解析にはGpsTools ver.0.6.3 (Takasu and Kasai, 2005)を用い，IGSの速報衛星暦とCODEの時計情報を使用している．媒質は半無限均質弾性体を仮定し，矩形断層2枚を仮定した．推定された断層面はそれぞれ，走向，傾斜が異なるが，どちらも北西傾斜である．また，断層の位置は，これまで報告されている地表変状（東北大・他や産総研など）の位置（図中赤□）に一致するように試行錯誤を繰り返した．推定された断層面は余震分布の震央、震源の深さ分布とも概ね調和的である．断層モデルから計算される水平変動量は概ね観測値と一致するが，鉛直成分に関しては、観測値の半分以下しか説明できていない観測点も存在する（例えばICNS観測点，0913観測点）．推定されたモーメントマグニチュードは2枚の矩形断層を併せて6.9となった．



(c)

断層面	東経（度）	北緯（度）	深さ（km）	長さ（km）	幅（km）	走向（度）	傾斜（度）	滑り角（度）	滑り量（m）
北側断層	140.979	39.109	0.5	20.6	12.1	195.2	44.9	105.5	1.8
南側断層	140.907	38.927	0.4	12.6	10.1	225.3	25.0	80.9	3.5

図11 GPS による地震時地殻変動と推定された断層モデル． (a)(b) 観測された水平変動，および上下変動（地震前，および地震後 25 分間の平均値の差）を，それぞれ黒矢印，および黒棒で示す．白矢印，および白棒は推定された断層モデルから計算された水平変動，および上下変動を示す．赤の矩形は推定された断層面を地表に投影したもので，実線が上端を示す．丸印は臨時地震観測網による 6 月 14-17 日と 6 月 20 日の余震（臨時観測のデータを用い再決定されたもの)の震央を示す． 赤三角は第四紀火山を示す．白星印は本震の震央を示す．(c) 推定された断層パラメター． 断層の位置は上端の北端である．

謝辞：本研究は国土地理院 GEONET 観測点・国立天文台水沢 VERA 観測所の GPS データを使用しました．また，原子力安全基盤機構（JNES）が平成 19 年度，20 年度に実施した内陸の活断層調査に基づく震源断層評価手法の検討事業で取得された GPS データを使用しました．GPS 解析ソフトには GpsTools ver.0.6.3 (Takasu and Kasai, 2005) を利用させていただきました．記して感謝致します．

GPSデータによる地震時滑り分布

国土地理院 GEONET観測点，原子力安全基盤機構，国立天文台水沢VERA観測所，および東北大学のGPS観測データを統合処理し，地震時滑り分布を推定した．得られている全データについてキネマティックGPS解析（5分毎）を行い，地震前25分と地震後25分の差を取り，地震時地殻変動と仮定した．解析にはGpsTools ver.0.6.3 (Takasu and Kasai, 2005)を用い，IGSの速報衛星暦とCODEの時計情報を使用している．滑り分布の推定にはYabuki and Mtsu'ura(1992) の手法を用いた．断層面は震源域北側の北西傾斜(傾斜角およそ45度)の余震分布を基に，それを震源域南部まで延長したものを仮定した．推定された滑り分布は，観測値を概ね説明するが，特にGEONET 0913（栗駒2）観測点の変動が水平成分で半分程度しか説明できていない．推定された最大滑り量は4.5mである．推定されたモーメントマグニチュードはMw=6.9となった．推定された滑りの最も大きな付近は比較的余震活動が低調な領域と合致し，両者が相補的な関係にある事を示唆する．同様に断層北端部分の位置と，余震分布が密集している部分も同様である．

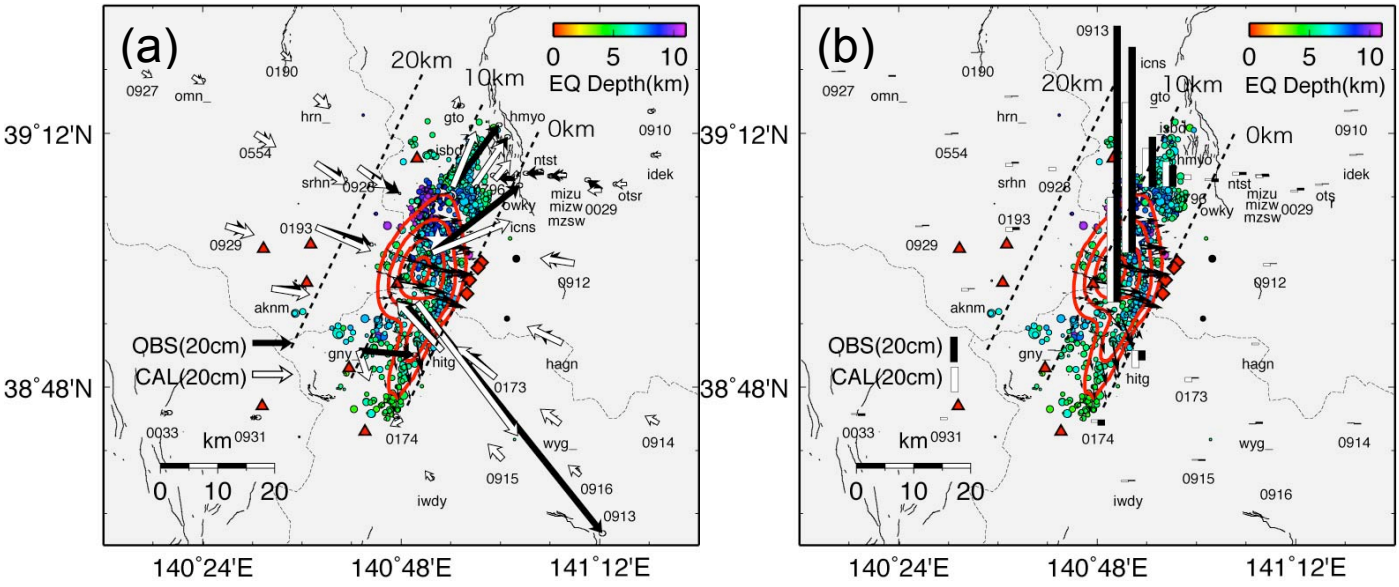


図12 GPS による地震時地殻変動と推定された地震時滑り分布． (a)(b) 観測された水平変動，および上下変動(地震前，および地震後 25 分間の平均値の差)を，それぞれ黒矢印，および黒棒で示す．白矢印，および白棒は推定された断層モデルから計算された水平変動，および上下変動を示す．赤のコンターは推定された断層すべりを地表に投影したものを示し，1m 毎の滑り量を示す．最大滑り量のコンターは 4m である．細い黒矢印は各小断層におけるスリップベクトルを示す．丸印は臨時地震観測網による 6 月 14-17 日と 6 月 20 日の余震(臨時観測のデータを用い再決定されたもの)の震央を示す． 赤三角は第四紀火山を示す． 白星印は本震の震央を示す．

謝辞：本研究は国土地理院 GEONET 観測点・国立天文台水沢 VERA 観測所の GPS データを使用しました．また，原子力安全基盤機構（JNES）が平成 19 年度，20 年度に実施した内陸の活断層調査に基づく震源断層評価手法の検討事業で取得された GPS データを使用しました．GPS 解析ソフトには GpsTools ver.0.6.3 (Takasu and Kasai, 2005) を利用させていただきました．記して感謝致します．

GPSデータによる地震断層モデルとPALSAR差分干渉画像の比較

GPSデータにより推定された断層モデル上に，宇宙航空研究開発機構（JAXA）によって得られたPALSAR差分干渉画像を重ねて表示した．

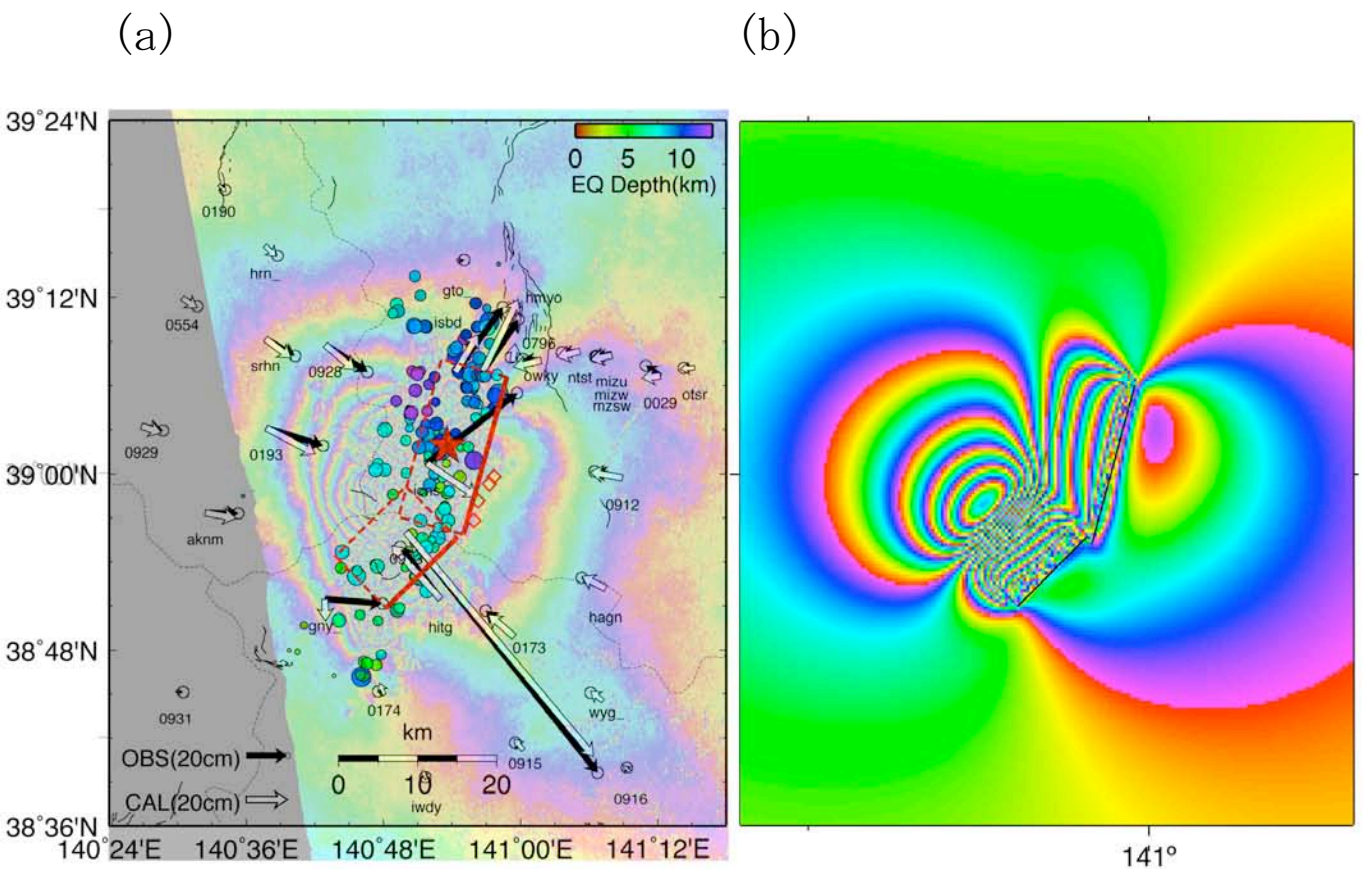


図１３（a）GPSデータによって推定された断層モデルと，JAXA EORCによるPALSAR差分干渉画像（http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/img_up/jdis_iwatemiyagi_eq_080623.htmの一部，© JAXA，METI Analyzed by JAXA）を重ねたもの．PALSAR差分干渉画像は平成19年6月21日と平成20年6月23日に取得されたデータによるもの．(b) 推定された断層モデルから合成された干渉縞．

謝辞：本図には，宇宙航空研究開発機構（JAXA）が解析した PALSAR 画像を使用しました．

比抵抗構造と余震分布

2008 年 6 月 14 日岩手・宮城内陸地震(M7.2)の震源域には，東北大学によって行われた広帯域 MT 法探査の 3 本の測線がある．それぞれの測線における 2 次元比抵抗断面に，測線近傍に発生した余震の震源を重ねた．どの測線においても，余震が高比抵抗域に発生していることがわかる．

余震の震源は臨時観測のデータも用いて決めなおされたものを使用した(6 月 14 日～17 日と 6 月 20 日)．

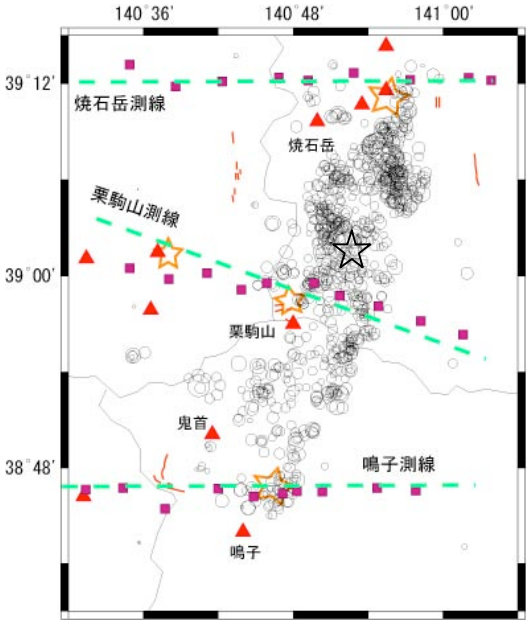
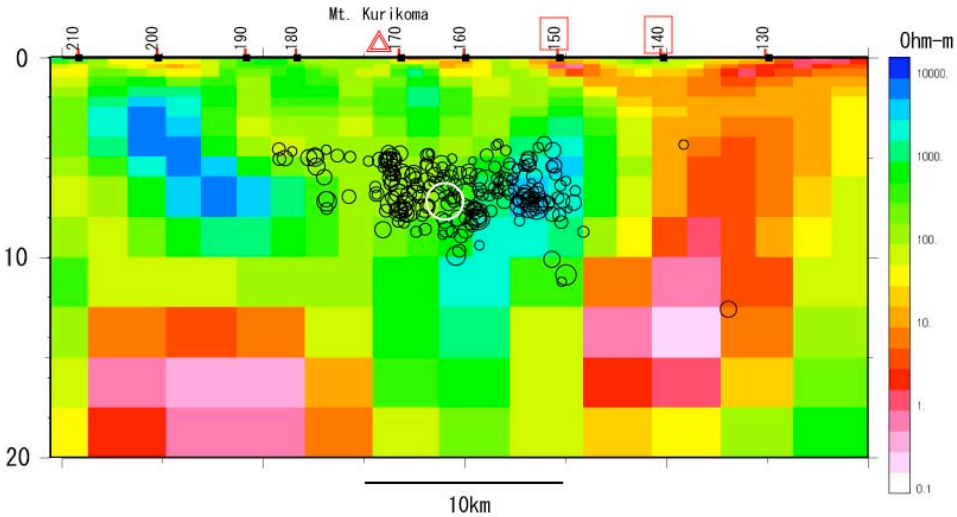
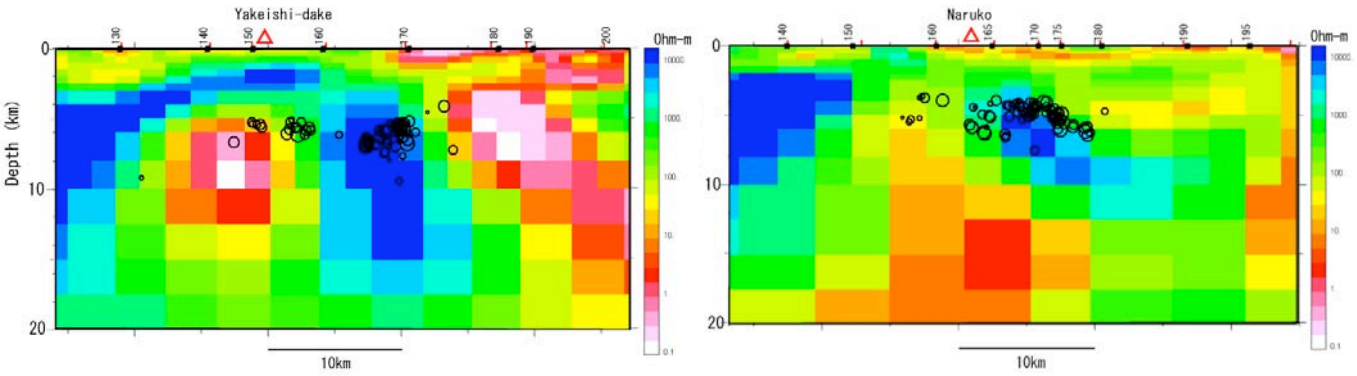


図16 （右図）本震(☆)，余震(○)の震央分布と 3 本の測線の位置．緑破線で測線を表し，■は測点．▲は第四紀火山，☆は地殻深部低周波地震活動域，赤線は活断層を表している．



本震震源に近い栗駒山測線．白丸が本震．測点 140 と 150 とでは，合同観測の一環として，2005 年からの比抵抗変化を調べるための MT 観測を実施している．(参加機関：東北大学大学院理学研究科，秋田大学工学資源学部，北海道大学大学院理学研究院，東京大学地震研究所)



余震域北端の焼石岳測線(左)と，余震域南端の鳴子測線(右)．

岩手県・宮城県内陸地震（2008/6/14 8:43、M_J7.2）に伴う地下水・温泉の変動

大槻憲四郎・鹿島雄介（東北大・理）・南須原美恵（経産省）

我々は、宮城県沖大地震の予知を目指して深層地下水変動観測網を構築し、連続観測を実施している。観測種目は水温（分解能 1 万分の 2℃）、水位（精度 1mm）、ラドン濃度などである。

今年 6 月 14 日に発生した岩手・宮城内陸地震（M7.2）に関しては、明瞭な前兆的変動は観測されなかったものの、以下のような顕著な coseismic な変動を捉えた。

1) 南方観測井（深度 650m、震源からの距離 35km）
水位が 50cm 以上低下し（水位計が離水）、深度 650m での水温が 0.02℃低下した。振幅 0.005℃程度の短周期温度変動は地震後に短周期化した。

2) 矢本観測井（深度 1010m、震源からの距離 60km）
水位が 20cm 上昇した。深度 900m での水温は、地震直後に 0.005℃上昇し、すぐに 0.015℃低下した。

3) 愛宕観井（深度 1200m、震源からの距離 80km）
地下水位は約 2cm 低下したが、深度 830m での水温に変化は認められなかった。

震源域に多数存在する温泉の聞き取り調査を実施した。

1) 震源直上の一関市祭畤（まつるべ）温泉： 通常42℃→5 月中旬に 44℃→5 月下旬に 46℃→地震の 1 週間前に 47℃。地震の前に黒色沈殿物が多くなり、湯の華は黄白色から茶色に変化。

2) 震源直上の須川温泉栗駒荘： 通常 48 度。地震直後には 49℃で、湯の華が多め。

3) 栗駒山南斜面にある栗原市花山町の湯の倉温泉： 地震の前に熱すぎるとか、温過ぎるという客の声が多くなった。これが何時からかは定かでない。

4) 栗駒山南斜面の湯浜温泉三浦旅館： 今年の営業開始日である 4 月 29 日以来、通常の40℃より 8℃ほど高くて入浴できなかった。黄色味を帯びた白色の湯の華が、地震の前に茶色に変化。地震直後に自噴が停止し、現在も止まったまま。

3) 震源から 32km 離れた大崎市川渡温泉（余震域の南端付近）： 自噴泉の湯量が地震の 6 日前頃から増加。地震の直後に湯が黒みを帯び、湯量が 2 割ほど増加した源泉もある。

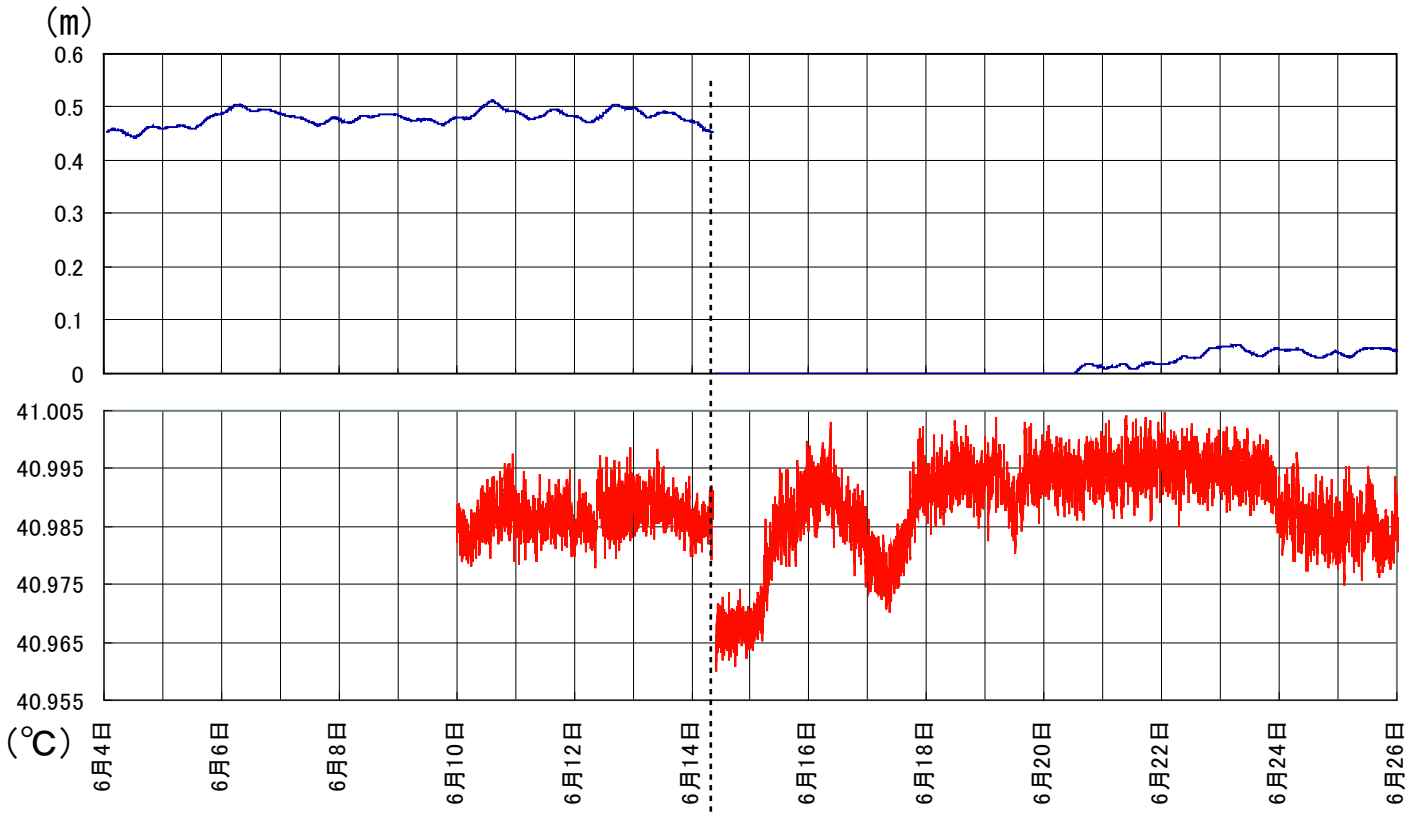
4) 鳴子温泉弁天閣： 通常毎分 70 リットルであった湯量が、地震前日の 13 日には約 1.5 倍、地震直後には約 2 倍に増加し、16 日頃からは徐々に減り続けて正常に戻った。その西隣の鳴子温泉の一部でも地震の約 1 日前から湯量が 1.5 倍増加した。

5) 奥州市スパ・オアゴ、栗原紫山武温泉さくらの湯、川渡藤島旅館、鳴子温泉馬場温泉、同黒湯、鬼首ロッジ、秋ノ宮山荘、泥湯、子安温泉鶴峰館、大湯温泉阿部旅館などでは、地震直後に温度上昇、湯の濁り、湯量の変化があったが、地震前の変化は無かった。

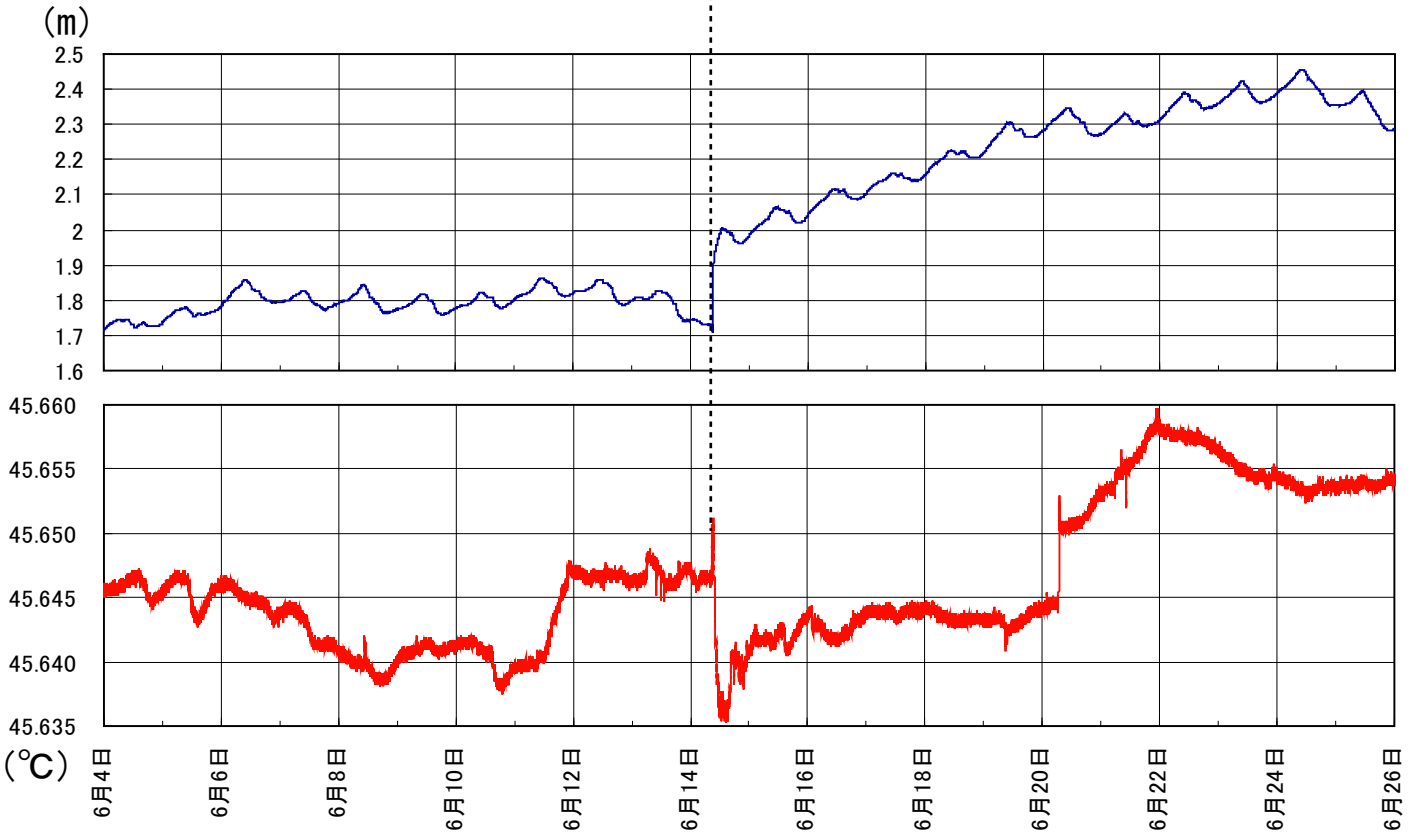
6) 温泉の地震前兆的変化は、地震断層の上盤側の一部で顕著である。しかし、前兆的変化の有無は、温泉所有者が常日頃注意深く観察しているか否かに依るところが大きく、実際にはより広範な地域にわたって存在した可能性がある。

7) 震源直上のみならず、そこから 30km 以上離れた川渡・鳴子温泉でさえ前兆的変化があったことは、臨界状態に達した震源核は単一の小領域（single critical domain）ではなく、複数（multi critical domains）あったことを示唆する。

深層地下水変動観測網のデータ



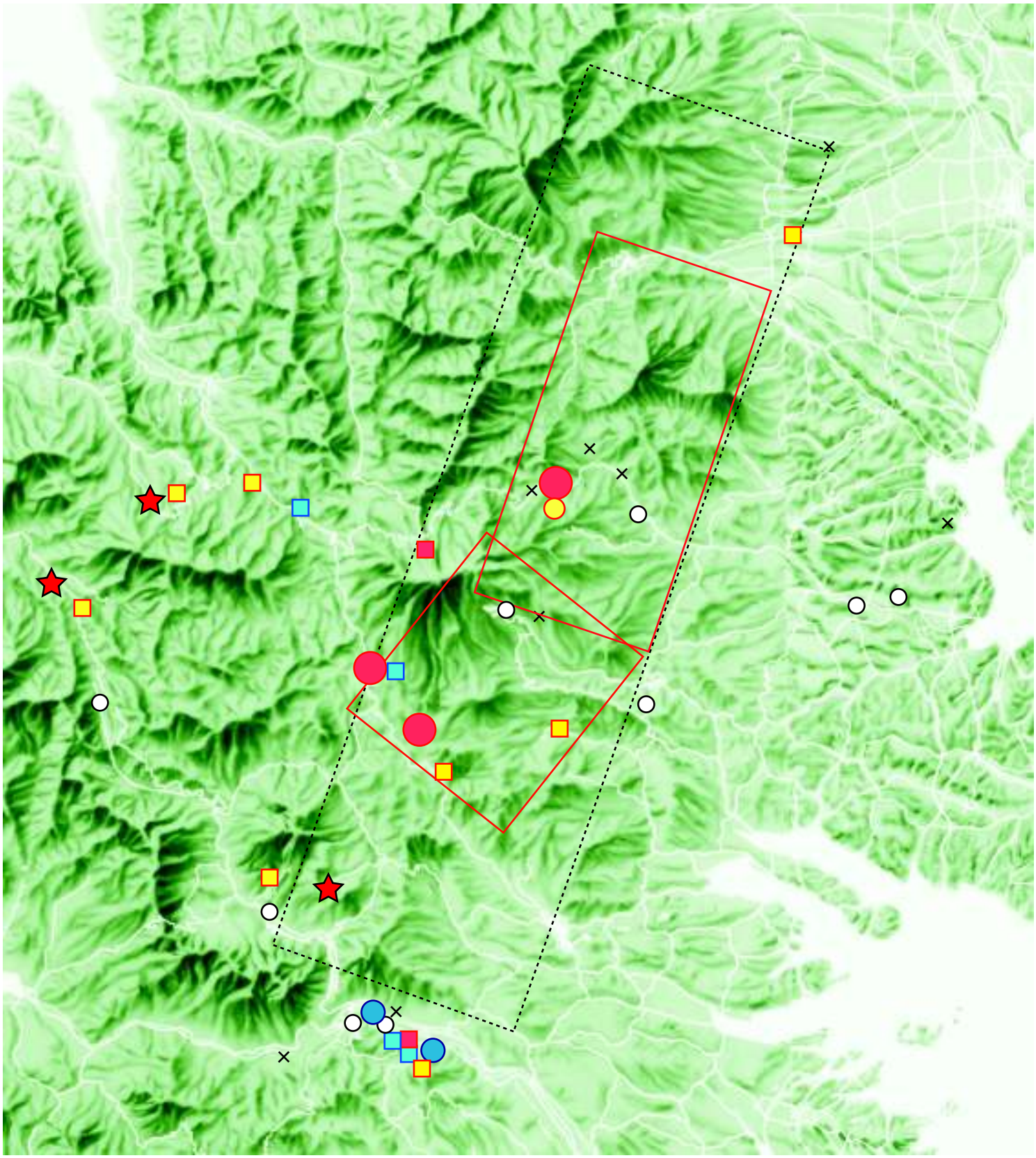
南方ボアホール（震源距離約35km）の水位変化（上図）と深度630mでの水温度の変化（下図）



矢本ボアホール（震源距離約60km）の水位変化（上図）と深度630mでの水温度の変化（上図）

（東北大・理　大槻）

岩手・宮城内陸地震前後の温泉変動聞き取り調査結果



：地震前に温度変化あり
：地震前に湯量変化あり
：地震前に温の色に変化あり
：地震直後に温度変化あり
：地震直後に湯量変化あり
：地震直後に温の色に変化あり
：変化なし
：地熱発電所
：余震の主要分布域
：断層面

（共に東北大地震噴火予知観測研究センターWebから）

（東北大・理　大槻）

2008 年岩手・宮城内陸地震の地表地震断層調査

今泉俊文・石山達也・大槻憲四郎・中村教博（東北大）・越谷信（岩手大）・堤浩之（京都大）・杉戸信彦（名古屋大）・廣内大助（信州大）

【要旨】

2008 年 6 月 14 日に発生した岩手・宮城内陸地震（Mj 7.2）の震源域である岩手県一関市および宮城県栗原市において，地震断層の有無を確かめるために地震発生の直後から 7 月 2 日までの間，何日かに分けて地表調査を実施した．その結果，地変は真打川左岸にあたる一関市餅転（もちころばし）付近から磐井川両岸の同市本寺付近を通過し，同市落合南方付近までの約 10 km の区間で断続的に確認された．その概要を以下に報告する．

【調査結果の速報】

地表変位が確認された箇所は，国道 342 号線と交差する県道 49 号線に沿った地域に断続的に分布する（図 1；2.5 万分の 1『本寺』を使用）．産業技術総合研究所（2008）と鈴木ほか（2008）などの調査結果をふまえると，地変は，真打川左岸にあたる一関市餅転（もちころばし）から磐井川両岸の同市本寺付近を通過し，同市落合南方付近までの約 10 km の区間で断続的に確認される（図 1）．これらは，佐藤ほか（2008）の指摘どおり，遠地実体波の解析結果（引間，2008）から大きなすべりが求められた領域と良好な一致を示し，大局的にみて餅転－細倉構造線（片山・梅沢，1958）に沿って出現したとみられる．

1. 一関市柧木立（はのきだち）（図 1 の地点 5）では、典型的な地表変位が確認される．ここでは水田に最大比高約 50cm の東上がりの小崖地形（撓曲崖）が出現した．水田は田植え後で全面に水が張られていたので，相対的に隆起した部分で水が干上がったり，逆に沈降した部分では稲が水没するなどの様子が確認された（図 2A,B）．地震発生の翌日に撮影された空中写真（国土地理院）では，干上がった水田の様子が確認される．小崖地形はさらに北側に続き，隣接する駐車場ではモールトラック状の開口割れ目などが認められた．さらに柧木立北の林道北側の水田（地点 3）にも東上がりの地変が認められた．一方，小崖地形は南に隣接する牧草地に連続し（図 2C），小猪岡川右岸のコンクリート用壁の破断（東上がりの衝上断層）を経て，県道 49 号線を横断する．さらに県道南側でも水田を横切る東上がりの小崖地形が認められ，上記と同様に隆起側で水田が干上がる様子が確認された（図 2D）．小崖地形は隣接する民家の基礎部分を食い違わせるが，さらに南側では斜面崩壊による崩積土に覆われて小崖地形は確認できない．–
2. 柧木立（はのきだち）では約 500 m の区間で，水田などに東上がり，比高最大約 50 cm の明瞭な低断層崖・撓曲崖が確認されたが，これ以外の場所では主に西上がりの地変が確認された．これらは本震の震源解や余震分布などから推定される今回の震源断層（西傾斜の逆断層）と整合的である．西上がりの地変では，見かけの上下変位量はいずれも 20 cm 程度ないしそれ以下と見られる．例えば，一関市本寺，磐井川と産女（うぶすめ）川合流点付近（図 1 の地点 8）では，取水路に亀裂や短縮変形が認められた（図 2E,F）．フェンスと手すりは水平短縮により湾曲しており，支柱のパイプがはずれている．また，取水路の側面は著しい座屈変形を被っている．ここでは用水路の底と側壁の亀裂から，水平短縮量を 20 cm 程度，上下変位量を西上がり 10cm 程度と推定した．また，

圧縮変形がみられる取水路の西側，磐井川左岸では，ほぼ水平の新第三系凝灰質泥岩・砂岩を切る小断層が観察された．ずれの量は非常に小さく，走向はおおむね北北東走向，約 30°で北西に傾斜する．これらの地層は 10 °未満で東側に傾斜する（図 2G）． 同様な第三系凝灰岩類を切断する西傾斜の小断層群は，すでに地変が確認されている産女川右岸の段丘面と対岸の露頭でも確認される（図 2H）．小断層群の近傍では比較的新鮮な小規模の崩壊が認められる．ただし，これらの小断層群と地変の関係は現時点では明らかではない．

また，一関市同市落合，蛇沢沿いの市道（図 1 の地点 6,7）では，舗装路面および側溝の圧縮構造を伴う西上がりの小崖地形が見出された．側溝の短縮量は約 10cm，上下変位量は約 12cm である．この道路の南にある水田の北西側が干上がっており，西上がりの地変を示している．このほかに舗装道路の褶曲変形も認められる．

このように，これまで地変が確認された場所は，主として段丘面・谷底面などの沖積低地面や，道路・水路などの人工構造物である．一方，丘陵地（尾根・斜面）では崖崩れ・亀裂などはあるものの，明確な地変を確認することは現状では困難である．しかし，これらの小崖地形はいずれも地すべりなどの斜面崩壊に伴う地変とは明らかに区別され，ノンテクトニックな要因による地表変位とは考えにくい．

【今後の課題】

今回の地震は，過去の断層活動によって形成された断層変位地形（活断層）が，地震以前に確認されていなかった（たとえば活断層研究会編，1991；中田・今泉編，2002）場所で発生した．鈴木ほか（2008）は，地震後 1976 年国土地理院撮影の航空写真の判読を行うことにより、活断層の存在を伺わせる変位地形が確認されるものの，数点の例外を除けば不明瞭であること，事前に推定できる活断層の長さは震源断層に比してかなり短いことを指摘している．今後は，米軍による撮影年次の古い航空写真の詳細判読を行い，今回の地変と整合的な過去の断層活動を示す変動地形の有無を慎重に検討する必要がある．

また，これまで発生した内陸地震の規模（マグニチュード）に比べて，今回地表で確認できる断層変位量は極めて小さかった．震源付近のすべり（断層変位）が，地表に十分に達していないと考えられる． 今回の震源域の地殻構造は，中新世に形成された餅転-細倉構造線を含む北部本州リフト系による背弧海盆の拡大と後期新生代の大規模なカルデラ形成によって大規模な改変を受けている（佐藤ほか，2004）．これらの地質学的イベントは本地域の地殻構造の力学的・温度条件に擾乱を与えており，その影響は現在も地震学的観測から検出される（吉田ほか，2005）．このような東北日本背弧域の新生代テクトニクスに起因する地殻・マントルの力学・温度構造が，当地域の地震発生様式，ひいては活断層のあり方に何らかの影響を与えている可能性がある．また，餅転-細倉構造線の具体的な地下形状には不明な点が多い．

特に重要な点は，地表から地下数 km までの構造や，阿部ほか（2008）が推定した北上低地西縁断層帯の地下 10 数 km のデタッチメントとの関わりなど，解明すべき点は多い．変動地形学・第四紀地質学的アプローチに加えて，このような地球物理学・構造地質学・岩石学的観測に基づく震源域のテクトニクスの解明が，当該地域の活断層・変動地形をより深く理解する上で重要な鍵になるといえる．

【文献】

阿部 進・斉藤 秀雄・佐藤 比呂志・越谷 信・白石 和也・村上 文俊・加藤 直子・川中 卓・黒田 徹, 2008, 物理探査学会第118回学術講演会講演要旨.

引間和人，2008，遠地実体波解析（暫定解）http://taro.eri.u-tokyo.ac.jp/saigai/iwate/index.html#A.

産業技術総合研究所 2008http://unit.aist.go.jp/actfault/katsudo/jishin/iwate_miyagi/index.html

活断層研究会編，1991，東京大学出版会，437pp.

片山信夫・梅沢邦臣，1958，地質調査所，27p.

建設技術者のための東北地方の地質編集委員会編 , 2006, 408p.

中田　高・今泉俊文編，2002，東京大学出版会，68pp.

佐藤比呂志・加藤直子・阿部　進，2008，http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/topics/Iwate2008/geol/

佐藤比呂志・吉田武義・岩崎貴哉・佐藤時幸・池田安隆・海野徳仁，2004，石油技術協会誌，69，145-154.

鈴木康弘・渡辺満久・小岩直人・杉戸信彦，2008，
http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/INFO/iwate_miyagi080614/activefault0624.pdf.

吉田武義・中島淳一・長谷川昭・佐藤比呂志・長橋良隆・木村純一・田中明子・Prima,O.D.A・大口健志，2005，第四紀研究，44，195-216.

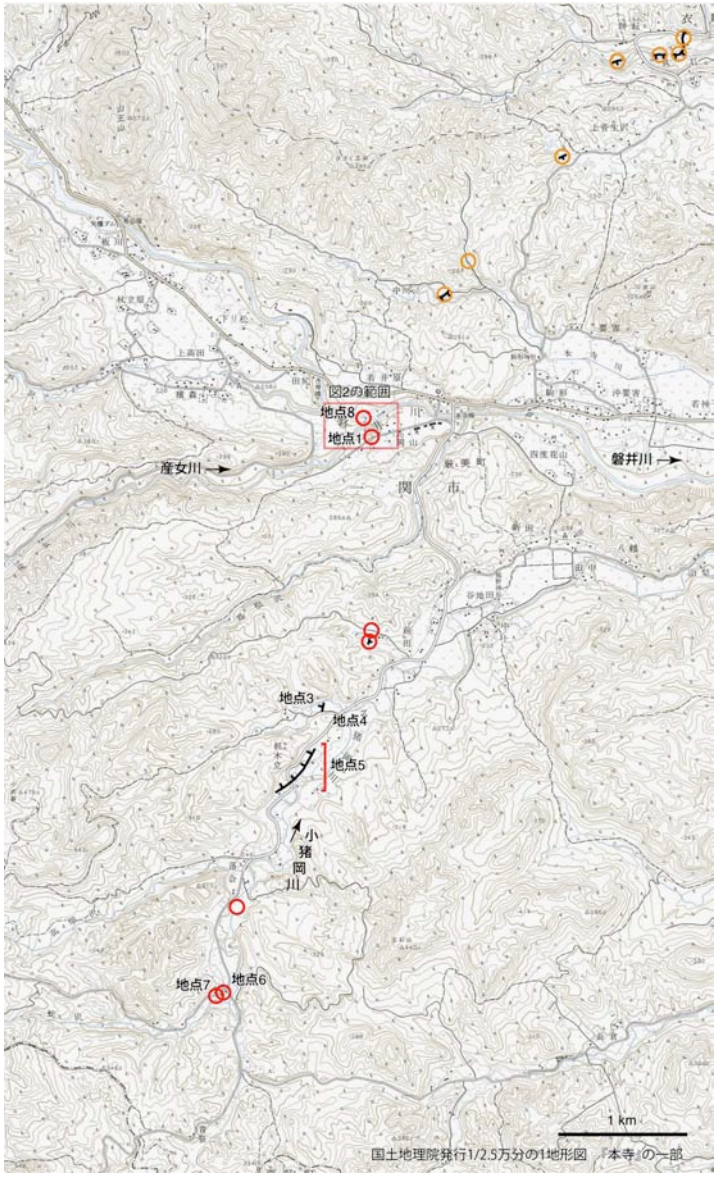


図１　地表調査地点の位置図

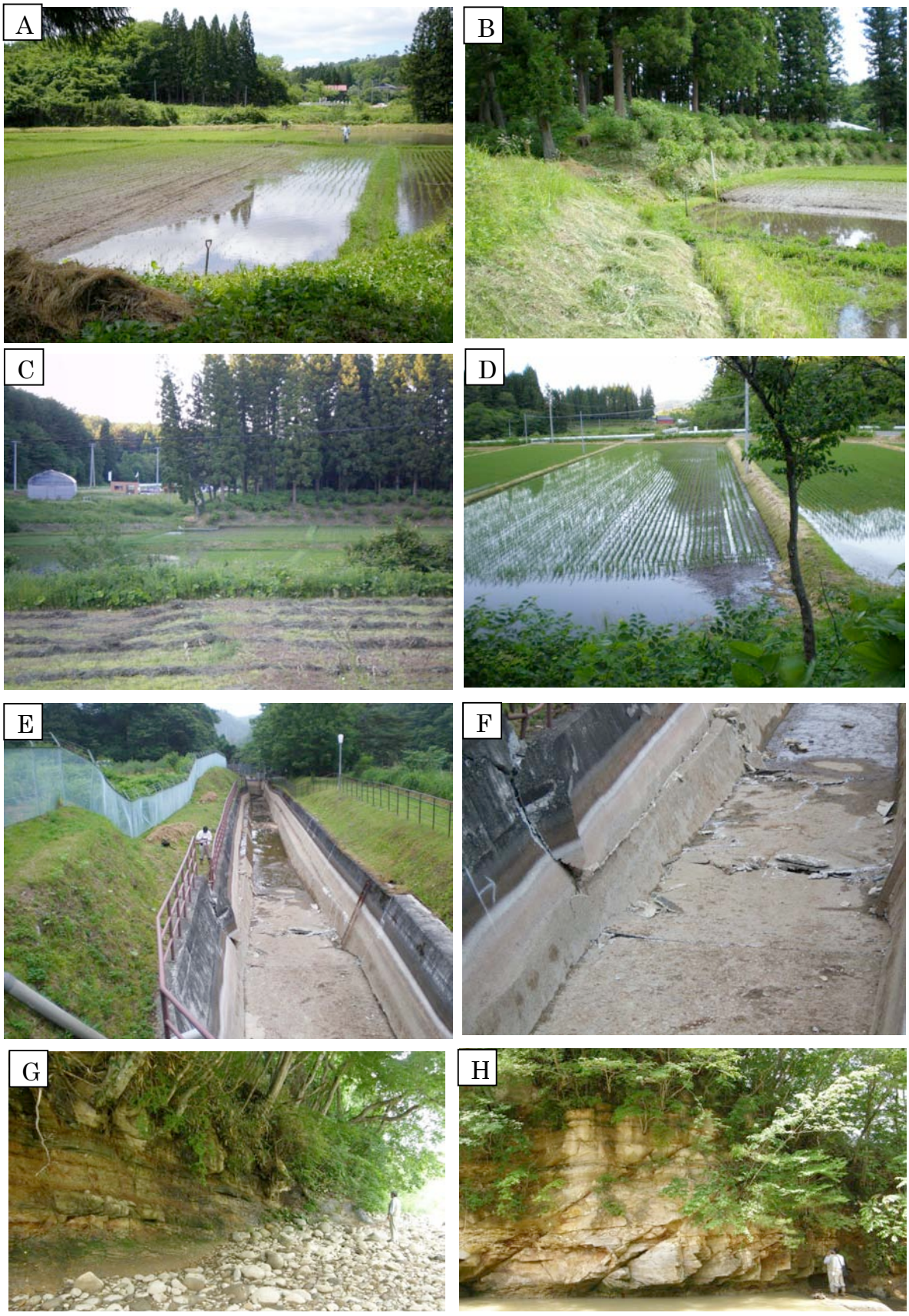


図 2 地変および露頭の様子

A~D：柵木立の地変，E・F：磐井川取水溝（東北電力），G：磐井川左岸露頭，H：産女川左岸露頭

岩手・宮城内陸地震の表層変動地形と餅転-細倉構造帯

中村教博・大槻憲四郎・鹿島雄介・遠藤渓・石山達也・今泉俊文（東北大学）・越谷信（岩手大学）・中田高（広島工大）・渡辺満久（東洋大）・鈴木康弘（名古屋大学）・島崎邦彦（東京大学）

東北大学・岩手大学の研究グループは、地震発生直後に現地入りし、震源域北縁部に位置する活断層「出店断層」付近では地表変動地形の存在を確認できず、より震源域近傍の北北東―南南西走向を持つ地質断層「餅転―細倉構造帯(片山・梅沢 1958)」に沿って、地すべり起源ではない、いくつかの地震断層起源の地表変動地形を確認した(石山ほか 2008)。これらの変動地形は、西傾斜の逆断層面を仮定した遠地実体波の解析(地震研究所強震動グループ 2008)による断層面上の大きなすべり領域（特に”一関市栃木立”図 1・写真 1）と一致しているため、過去の断層の再活動によって地震が発生したものとみなした。同様に、佐藤ほか(2008)は 2008 年岩手・宮城内陸地震は「餅転―細倉構造帯」北部のこれまで活断層と認定されていない断層の深部延長の破壊によって発生し、日本海拡大期に発達した正断層が現在の応力場に対応した逆断層としての反転運動によって引き起こされたと推定している。しかしながら、栃木立の地表変動地形は北東―南西方向に沿う西側低下の変位がみられ、北北東走向で西側上昇を示唆する震源断層とは矛盾している。さらに、上田(1978MS)や栗駒地熱地域地質図編集グループ (1986)において、餅転―細倉構造帯に対応する断層は記載されておらず、数百メートルの波長をもつ褶曲構造が記載されている。事実、周辺の地質踏査においても餅転―細倉構造帯に関係する断層露頭は観察されていない。そこで、相矛盾する地震学から推定される逆断層運動と地形学的な表層変動地形とを説明するモデルとして、本発表では逆断層浅部で褶曲が形成され、その翼部で破壊が発生したとする作業仮説を提案する。

岩手県一関市栃木立周辺の地質(図 1)は、先第３系の基盤花崗岩、中新統のグリン―タフを主体とする小出川層、後期中新統のシルト岩を主体とする下嵐江層、この下嵐江層を不整合に覆う凝灰岩質シルト岩・凝灰岩質砂岩の互層と溶結凝灰岩からなる厳美層、安山岩の貫入岩体と新期の火山岩類が分布している(上田 1978, 栗駒地熱地域地質図編集グループ 1986)。特徴的な地質構造として、下嵐江層が数百メートルの波長をもつ褶曲構造をもち、基盤花崗岩の西方では西傾斜を示すことから、基盤花崗岩にアバットしている点が読み取れる。片山・梅沢(1958)では、この基盤花崗岩西方を境界とする北北東―南南西走向を持つ餅転―細倉構造帯の存在を記しているが、地表では断層露頭は観察されていない。ただし、名古屋大学・東洋大学・広島工大・東京大学の研究グループが栃木立において、トレンチ調査を行い、西側低下変位を示す活断層を発見している(図 2)。

今回、われわれは上田(1978MS)の地質図および重力異常図(山本 2008)にもとづき、地質

構造を復元することで、東西に延びる正の重力異常域が半地溝上盤側の基盤花崗岩に相当し、その西方の餅転—細倉構造帯の正断層運動時に下嵐江層が堆積、その後水平圧縮応力場に反転した際に、下嵐江層に褶曲構造が形成されたと推定する。さらに、この褶曲の背斜翼部が破壊されることで、今回の西側低下を示す表層変動地形が形成されたと考える(図3)。今後、詳細な地質踏査や反射法地震調査を通して、上記作業仮説の検証を試みる必要があるだろう。

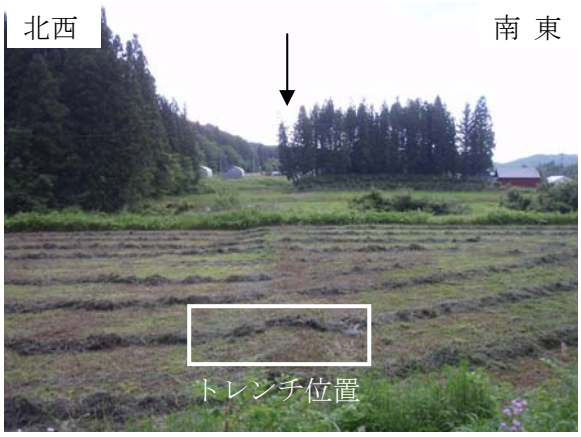


写真 1：**柵木立の西側低下の変動地形**

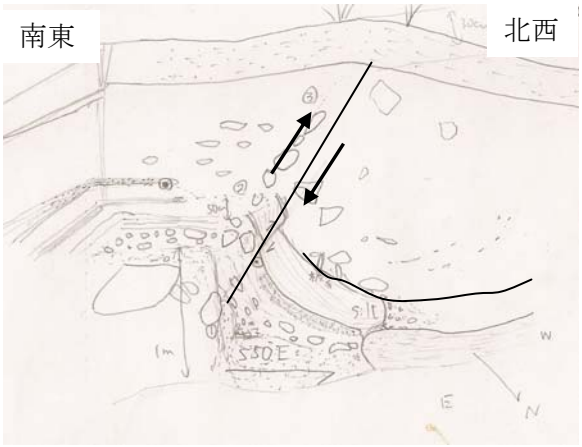


図 2: トレンチの南西壁のスケッチ

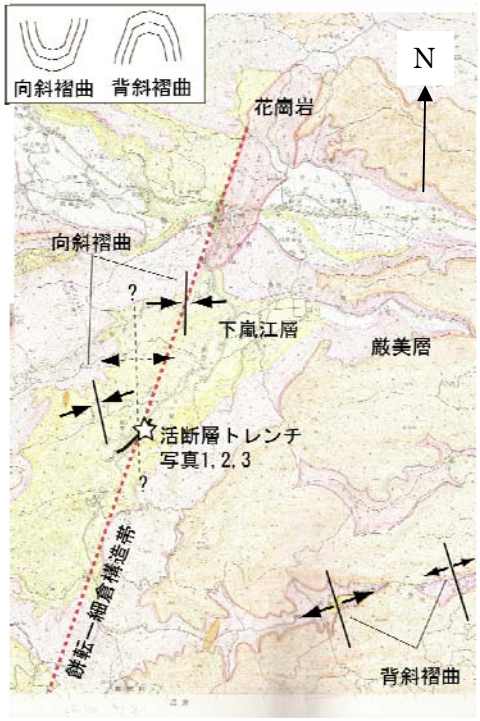


図 1：周辺地質図とトレンチ位置
上田(1978MS)に加筆

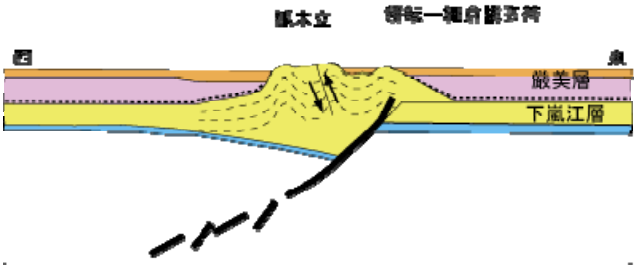


図 3：活断層トレンチを東西に横切る断面図から推定される活褶曲・断層モデル。褶曲データは上田(1978MS)を参照。

2008 年 7 月 9 日

2008 年岩手・宮城内陸地震　墓石転倒率分布調査結果

東北大学東北アジア研究センター　　教授　石渡　明
東北大学大学院理学研究科地学専攻　院生　小栗尚樹
東北大学理学部地球惑星物質科学科　学生　原田佳和

はじめに：墓石転倒率調査の先例と意義

日本の墓石は全国的に大きさや形が比較的一定しており、人口密度が希薄な地域でもある程度の戸数の集落には墓地があるので、墓石の転倒率調査は古くから地震による強震動の分布を明らかにする有用な手段とされてきた（岸上ほか, 1941; 福富ほか, 1953; 大橋ほか, 1978; 加藤、1978 など）。最近は地震計が全国に多数設置され、震度分布は地震の直後にかなり詳しくわかるようになったが、地震の揺れは複雑なので、墓石のような構造物への影響は実際の調査が必要である。また、調査の過程で、地滑りなどの地変や建物・道路の被害との関係の他、墓石・灯篭の転倒方向など地震動の向きに関する情報も得られる。最近の地震では、1993 年釧路沖地震（田近ほか, 1994）、1994 年北海道東方沖地震（岡崎ほか, 1996）、1995 年兵庫県南部地震（翠川・藤本, 1996; 菊山ほか, 1996: 川崎ほか, 1996）、2000 年鳥取県西部地震（林ほか, 2001）、2004 年中越地震（内藤ほか, 2005）、2007 年能登半島地震（石渡, 2007）などについて調査結果が公表されている。

墓石の転倒率に最も関係するのは最大地動速度であり、速度が 20 cm/s 以下では転倒率は 0%だが、50～70 cm/s で 50%になり、200 cm/s 以上になると 100%になる（翠川・藤本, 1996）。また、大橋ほか(1978)による最大地動加速度(A_{max} gal)と墓石の転倒率(R%)の関係は A_{max}=2.67R+200 (R≦75)となり、200 gal 以下で転倒率 0%、400 gal で 75%になる。この関係は、福富ほか(1978)によると 200 gal で 30%, 300 gal で 50%、400 gal で 80%である。昔は、震度 5 が加速度 80 gal 以上、震度 6 が 250 gal 以上、震度 7 が 400 gal 以上に対応するとされていた。現在の震度と墓石転倒率との関係は、大まかには、震度 5 弱では墓石は倒れず、震度 5 強で一部の墓石が転倒し、震度 6 弱では転倒率 50%以下、震度 6 強で 50%以上になり、震度 7 で 100%に近くなる。

最近の墓石や灯篭は、直径 6～10 mm の鉄製のボルトを墓石と台座の間に埋め込み、更に墓石と台座をセメントや接着剤で固めるなどして、「転倒防止」を施してあるものが多い。しかし、転倒率が 10%を超える墓地では、転倒防止を施した墓石や灯篭（**第 1 図**）も多く倒れている。転倒防止の施工は転倒率を 10%程度下げる効果はあろうが、強震動の分布を調査する観点から言えば、転倒防止施工が普及しても墓石の転倒率調査が無意味になるということはない。

岩手・宮城内陸地震の概要

気象庁によると、岩手宮城内陸地震による震度 5 強以上の揺れを観測した地点は次のようになっている。【震度 6 強】奥州市衣川区、栗原市一迫、【震度 6 弱】奥州市胆沢区、栗原市栗駒、築館、高清水、蛍沢、金成、志波姫、花山、大崎市古川三日町、古川北町、田尻、鳴子、【震度 5 強】北上市二子町、一関市山目、金ヶ崎町西根、平泉町平泉、奥州市水沢区大鐘町、奥州市江刺区、奥州市前沢区、宮城加美町中新田、涌谷町新町、栗原市若柳、登米市南方町、宮城美里町北浦、木間塚、大崎市松山、大崎市岩出山、名取市増田、仙台宮城野区苦竹、仙台若林区遠見塚、利府町利府、秋田県湯沢市川連町、東成瀬村椿川、東成瀬村田子内。6 月 26 日首相官邸対策室発表の資料によると、この地震では死者 12 名、行方不明 10 名、そして負傷者 357 名の人的被害があっ

たが、死者や行方不明者は余震域の直上で発生した大規模な地滑りや斜面崩壊、そしてそれに伴う土石流に巻き込まれた場合が多く、倒壊した家屋の下敷きになった例はほとんどなかった。

今回の墓石転倒率調査の概要

この調査は、今回の地震による揺れの強さの詳しい分布を明らかにすることを目的として、６月２４日から７月５日までの期間に５日間行った。北は岩手県北上市から南は宮城県大崎市古川まで、西は秋田県湯沢市秋ノ宮から東は栗原市若柳まで、南北約 80 km、東西約 40 km の範囲の墓地９０ヶ所において、墓石の転倒率（墓石の全数に対して何本が転倒したか）を数えた。墓石は、上部の棹石（さおいし）の断面が正方形に近くて縦長のもののみを数え、横長のもの、平板状のもの、五輪塔その他の不規則な形状のものは数えなかった。典型的な棹石は底辺が 30～40 cm、高さが 60～90 cm である。棹石が完全に落下している場合のみを「転倒」とし、ずれたり回転したりしていても台の上に残っている場合は「不転倒」とした。なお、地震発生から調査までかなり日数が経過したために、墓石が復元されている場合も多かったが、墓石の傷、欠け、周囲の痕跡などで地震時に転倒したと判断されるものは「転倒」とし、この判断に迷う場合は「不転倒」とした。傷や欠けの見落としもあると思うので、今回の調査による転倒率は、地震直後に計数した場合に比べてやや低い可能性がある。また、岩手県奥州市から宮城県栗原市にかけての墓地で転倒していた１５本の大きな円柱型の灯篭（**第２図**）について、その転倒方向を計測した。

今回の墓石転倒率調査結果

１． 調査地域の墓石転倒率分布を**第３図**に示す。墓石転倒率が最も高いのは、岩手県奥州市胆沢町萩森の公葬地と同市衣川村野崎の大原公葬地で、どちらも 52-53%の墓石が転倒している。これら２地点は、調査した墓地の中で震央に最も近い約 10 km の距離にある。このことは、震央の近くで最も地震の揺れが強かったことを示している。気象庁の発表では、奥州市衣川と栗原市一迫の２地点だけが震度６強であったが、旧一迫町内で調査した４つの墓地の墓石転倒率は 0～18%だった。今回の地震による、墓石の転倒率が 50%を越える地域の範囲は、2007 年 3 月 25 日の能登半島地震の場合と同程度であり、2000 年 10 月 6 日の鳥取県西部地震や 2004 年 10 月 23 日の中越地震（いずれも半径 20 km 程度）に比べるとやや狭い。

２． 転倒率が 20～50%の墓地は５ヶ所あり、そのうち４ヶ所は奥州市胆沢町大原付近から一関市厳美町地区を経て宮城県栗原市栗駒町鳥沢地区へ南北に並び、他に秋田県湯沢市皆瀬村羽場でも 36%の墓石が転倒していた。転倒率が 10～20%の墓地は宮城県栗原市・大崎市にかけて、震央から南へ向かって 40 km 程度の範囲に拡がっており、震央から約 50 km 離れた大崎市古川市街の墓地でも１％以上の墓石が転倒している。秋田県雄勝郡東成瀬村にも転倒率 10%を超える墓地がある。一方、震央の東側に当たる岩手県奥州市水沢から平泉を経て一関市に至る北上川沿いの平野部では、震央から 20 km 程度しか離れていないのに、転倒率が 10%を超える墓地はなかった。また、震央の南西側にある鳴子温泉や川渡温泉の墓地では、灯籠や碑板など、棹石に比べて不安定なものも倒れておらず、棹石のずれもほとんど見られなかった。これらのことは、今回の地震の強い揺れが震源から南～南東の方向と西の方向へ拡がったことを示している。

３． 奥州市～栗原市にかけての地域で転倒していた円柱型大灯篭 15 本の転倒方向は一定しないが、東側に倒れているものが 2／3 以上に達し(11 本)、特に北東方向に倒れているものが多い(7 本)。このことは、この地域（断層の東側）の地盤の卓越運動方向が南西方向であったことを示唆

する。

引用文献

福冨孝治・田畑忠司・藤木忠美・金安公造 1953: 墓石の転倒、移動等から推定した昭和 27 年十勝沖地震における北海道各地の最大加速度と、特異な地割れの観察。北大地球物理学研究報告、3, 1-22.

林康裕・北原昭男・平山貴之・鈴木祥之 2001: 2000 年鳥取県西部地震の地震動強さの評価. 日本建築学会構造系論文集, 548, 35-41.

石渡 明 2007: 能登半島地震と将来の金沢地震について。石川自治と教育, 2007 年 11 月号（no. 615）、2-17.

加藤碵一 1979: 1978 年 6 月 4 日の島根県中部地震による墓石の被害について。地調月報, 30, 421-431.

川崎輝雄・野村亮太郎・大矢真也 1996: 墓石の転倒からみた兵庫県南部地震の被害分布とその地形環境, 地理学評論 Ser. A, 69, 39-50,

菊山浩喜・横山俊治・中垣幸恵・柏木健司 1996: 墓石・灯籠の転倒調査から推定される 1995 年兵庫県南部地震の地震動. 土と基礎, 44(2)(457), 42-44.

岸上冬彦ほか 1941: 昭和 16 年 7 月 15 日長野地震の統計的調査。震研彙報, 19, 628-646.

翠川三郎・藤本一雄 1996: 墓石の転倒調査から推定した兵庫県南部地震の際の神戸市およびその周辺での震度分布. 日本建築学会構造系論文集, 490, 111-118.

内藤信明・丹尾貴志・高濱信行・新潟大学調査団墓石被害調査チーム 2005: 中越地震の異常震動帯－墓石被害調査－. 新潟大学中越地震調査団「新潟県連続災害の検証と復興への視点－2004.7.13 水害と中越地震の総合的検証－」, p. 64-71.

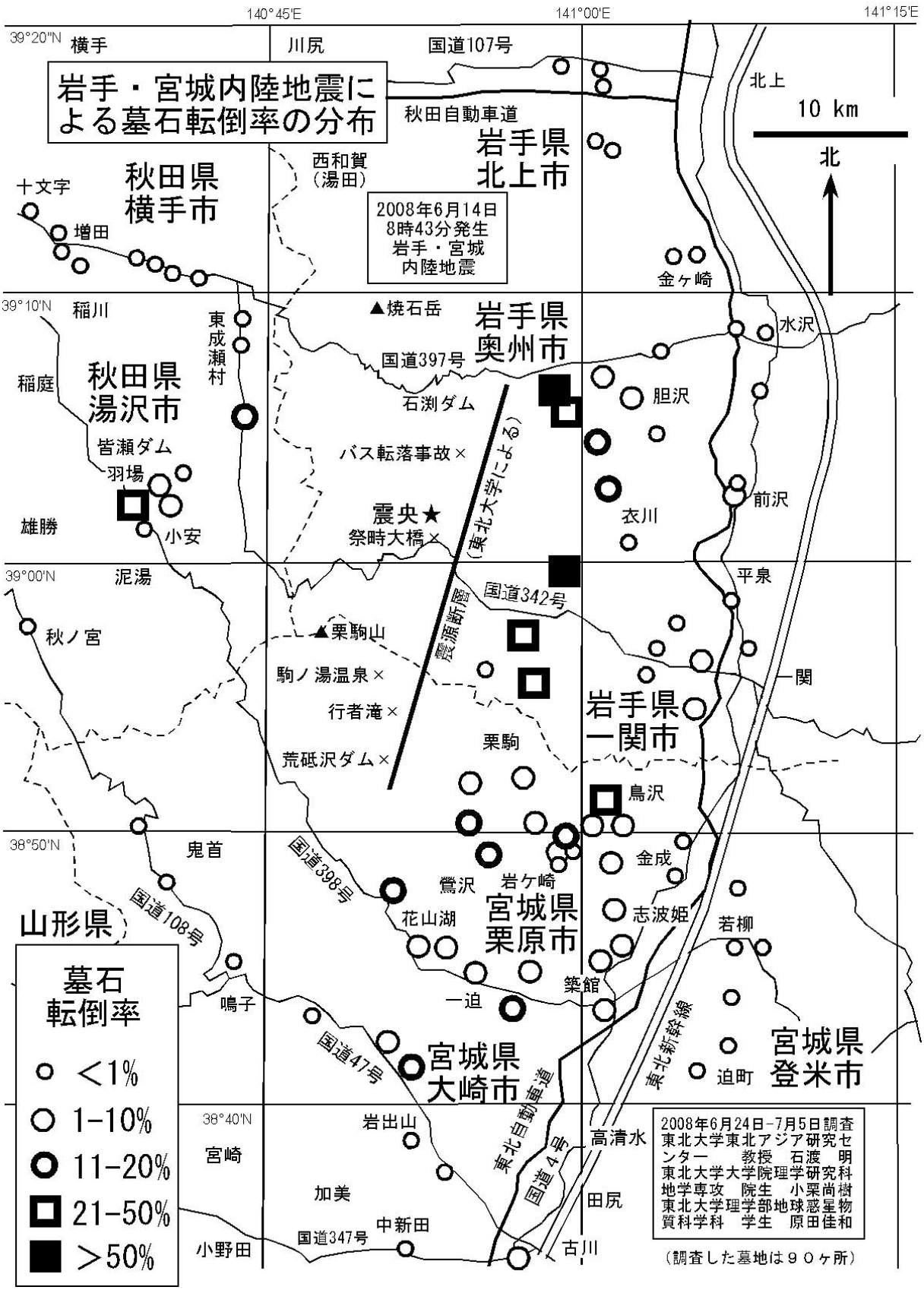
大橋昭光・岩崎敏男・川島一彦 1978: 墓石の転倒状況からみた 1978 年 1 月伊豆大島近海の地震による地震動強度の推定。土木研究所資料, 20, 555-560.

岡崎紀俊・石丸聡・小澤聡・荻野激・田近淳・広田知保 1996: 墓石の変動から推定される地盤震動の特徴.「1994 年北海道東方沖地震による地盤災害」. 地下資源調査所研究報告書, 25, 30-41.

田近淳・深見浩司・岡崎紀俊・小澤聡・遠藤祐司・黒沢邦彦・大津直・荻野激・石丸聡・秋田藤夫 1994: 1993 年釧路沖地震による地盤現象と災害. 地下資源調査所調査研究報告書, 23, 105 p.

第１図 栗原市一迫町清水普門寺の墓石の転倒

第２図 奥州市胆沢町丑転霊園の灯篭の転倒



第３図　岩手・宮城内陸地震による墓石転倒率の分布。

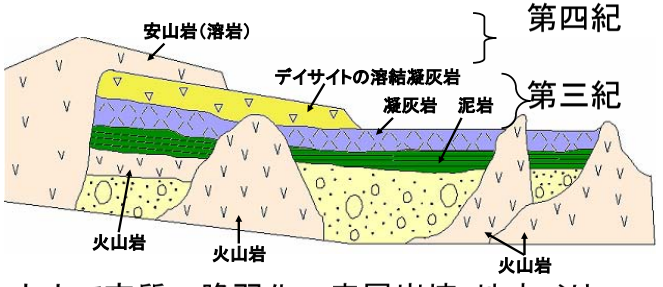
地震地盤災害の特徴と課題

工学研究科　土木工学専攻　風間　基樹

地盤災害の特徴（工学的視点）

- 火山帯山地で発生したM7級地震
- 震源直上で過去最高の強震動記録
- 逆断層上盤側の沢部斜面の崩壊
- 建物，構造物の震動による被害は少ない
- 震源域での巨大地すべり
- 地震による土石流災害（駒の湯）
- 天然ダム（河道閉塞）
- 斜面崩壊には様々な形態

栗駒の地質構成の模式図



火山で変質→脆弱化→表層崩壊・地すべり

⇒材料の力学試験

⇒斜面崩壊形態との関係

斜面災害と地震動

- 建物被害と地震動の関係

  共振現象・エネルギー　　靭性

- 斜面崩壊と地震動の関係

  トリガー・上下動　　間隙水圧

土石流の発生の明暗

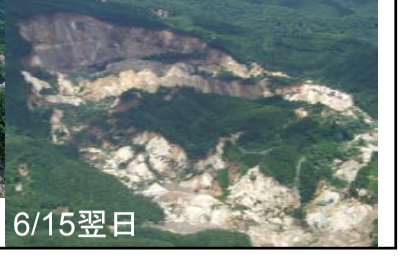
- 地形的要因
- 崩壊土砂の物性
- 水との関係

河道閉塞（地盤工学的視点から）

- 閉塞箇所・規模
- 崩壊斜面の構成（風化度）
- 崩壊による細粒化
- 時間経過（雨量・水量）
- 越水，侵食時の土砂移動量
- 危険度の評価手法

長期化する地盤災害

- 時間経過に伴う変化
- 余震・降雨
- 一旦脆弱化した斜面の診断



斜面対策工

- 統計的データ
- 評価分析
- 診断
- 対策工の考え方の整理

平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震被害調査速報

Quick Report of Reconnaissance on the Iwate-Miyagi Nairiku earthquake in 2008

2008 年岩手・宮城内陸地震 4 学会合同緊急調査団

1. はじめに

平成20年6月14日8時43分頃，岩手県南部を震源とするマグニチュード7.2（暫定値）の地震が発生した。震源は口絵図－1に示すように北緯39度01.7分，東経140度52.8分，深さ8kmである（暫定値）[1]。この地震により，岩手県奥州市，宮城県栗原市で震度6強を，宮城県大崎市で震度6弱を，岩手県北上市，一関市，金ヶ崎町，平泉町，宮城県加美町，涌谷町，登米市，美里町，名取市，仙台市，利府町，秋田県湯沢市，東成瀬村で震度5強を観測した。平成20年6月30日現在，この地震による死者は12人，行方不明者は10人，負傷者は433人，家屋の被害は全壊7棟，半壊９棟，一部損壊694棟，火災4件に上った[2]。

本速報は，地盤工学会・土木学会・日本地震工学会・日本地すべり学会による緊急合同調査団による被災状況調査概要を速報するものである。

2. 被災地域の地形・地質 [3),4),5)]

2.1 地形

東北地方は，東日本島弧系の中央部に位置している。よく知られているように，日本列島はもともとシベリア沿岸に連なっていたものが，新第三紀中頃（1500 万年前頃）に急速に拡大し，日本海が形成された。その後，応力場が伸張場から圧縮場に変換した鮮新世以降（300～200 万年以降）に，南北に伸びる山地を形成したものである。この間，奥羽山脈は約 1000m も隆起したとされている。このようなテクトニクスによって，奥羽山脈脊梁には複雑な褶曲構造や多くの地すべり地形が存在している。

2.2 地質

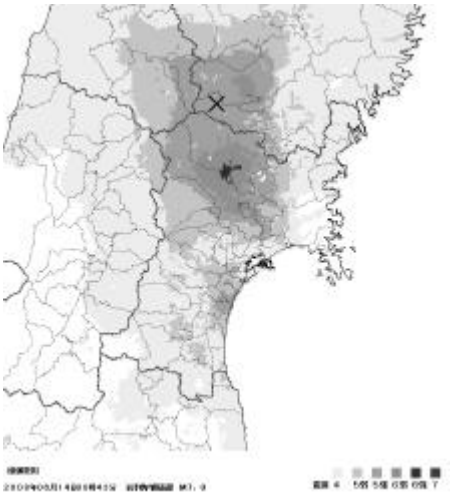
口絵図－2 に，震源域および被害を受けた地域（口絵図－1 とほぼ同範囲）の地質図を示す。今回の地震の震源域に位置する栗駒火山は，東日本火山帯の火山フロント沿いに位置する第四紀火山である。火山噴出物の層序の詳細は，参考文献 [6] に示されているが，本火山の基盤岩は，新第三系の堆積岩や凝灰岩・溶結凝灰岩などの火砕岩を主体としている。特に，火山の南西部では，行者滝石英安山岩・北川石英安山岩相当の，一部溶結した凝灰岩～火山角礫岩層が分布する。また，土石流の起こったドゾウ沢の源流部や産女（うぶすめ）川源流部では基盤の凝灰岩を直接覆うように，塊状の溶岩が分布している。

3. 地震動

地震の発震機構は西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型の地殻内地震である。余震分布 [1] より北南方向に広がりを持つ西傾斜の断層と推定されている。防災科学技術研究所による震源インバージョン（長さ 42km・幅 20km の震源断層および走向 209°・傾斜 51°・滑り角 104°の震源メカニズム）[7] では，震源断層でのすべりは破壊開始点の南側の浅い方に進展し，すべりの大きな領域（アスペリティ）は県境付近に位置していることが示されている。このことは宮城県北部の地盤構造の影響と併せて，K-NET・KiK-net による最大加速度・速度分布 [7] や図－1 に示す気象庁の推定震度分布 [1] において宮城県側で値が大きくなっていることに関係していると思われる。

強震記録は K-NET，KiK-net および気象庁をはじめダムなどでも観測されている。被災地周辺のダムで観測された最大加速度 [8] を表－1 に示す。ダムの位置は口絵図－1 に示す通りであり，図中の産総研による地表地震断層 [9] を参照すると，表－1 に示すダムのうち，大きな最大加速度を観測した石淵ダムは上盤側に位置している。また，荒砥沢ダムは境界域，その他のダムは下盤側に位置している。震央に近い上盤側のダムほど大きな加速度が観測されている。

震央の南西約 2.5km に位置する KiK-net の IWTH25（一関西，口絵図－1 参照）では地表の上下方向で 3866Gal の加速度を記録した [7]。鉛直方向の最大速度は約 100cm/s に達し，残留鉛直変位は約 1.4m の隆起を示している [7]。



図－1 推定震度分布（気象庁）[1]

表－1　ダムにおける最大加速度 [8)]

石淵ダム	ダム天端			下流側段丘部		
	1461	934	2070	1382	2097	1748
栗駒ダム	ダム天端左岸			右岸地山		
	666	922	437	421	463	298
荒砥沢ダム	ダム天端			右岸地山		
	525	455	622	798	843	1024
花山ダム	ダム天端			右岸地山		
	661	324	198	441	470	243
小田ダム	ダム天端			右岸地山		
	248	254	269	164	185	151

単位：Gal, 左からダム軸直角方向, ダム軸方向, 鉛直方向

このことは国土地理院による陸域観測技術衛星「だいち」による合成開口レーダー（PALSAR）データの干渉解析結果[5)]とも調和的である。

震央近傍で大きな加速度が観測されたが，震源断層に近い 3 観測点（IWTH25，IWTH26：KiK-net の一関東，MYG005：K-NET の鳴子）の周波数特性は過去の被害地震の観測記録よりも短周期成分が卓越していることが示されている[10)]。また，土塊－斜面間の相対変位を許容値に抑えるために必要な最大摩擦力を土塊の固有周期毎に計算した片側必要強度スペクトルによると，IWTH25 と IWTH26 の地震動は短周期側で大きな値を示しており，2004 年中越地震の山古志記録（LGV Yamakoshi）に匹敵している[10)]。多くの斜面崩壊を引き起こすには十分な地震動の強さであったといえる。

4.　被害

4.1　被害の概要

口絵図－1 には既に示した震央位置などのほか，主な道路や河川沿いの斜面崩壊による道路被害，斜面崩壊による河道閉塞・流入，橋梁被害および主な土石流の位置も併せて示している。これらの被災箇所は現地調査，ヘリコプターによる空撮，国土地理院[5)]等の空中写真，各自治体の報告[11)]などを整理したものである。なお，国土交通省が対策を検討している河道閉塞箇所は 15 箇所（平成 20 年 6 月 30 日現在）[8)]であるが，図では斜面崩壊箇所毎に小規模なものも含めて整理しており 27 箇所となっている。

2 で述べたように栗駒山周辺には新第三紀の凝灰岩・火山灰や安山岩，第四紀のデイサイト質火砕流堆積物が多く分布しており，ここで示した被害はほとんどこれらの地質上で発生している。また，所々，新第三紀の砂岩・泥岩がみられ，震央に近い磐井川および国道 342 号線沿いの橋梁被害（祭畤大橋）や斜面崩壊（槻木平，市野々原周辺）はこれらの地質上で発生している（ただし，新第三紀の凝灰岩と隣接しており，被災箇所での地質は今後確認する必要がある）。

また，ここで示した被害は震央から南に離れた宮城県側の迫川沿いでも発生しており，3 で述べた震源断層の破壊過程が関係している可能性もある。さらに，ここで示した被害の多くは地表地震断層の上盤側で発生していることもわかる。ただし，今回発生した斜面崩壊は地すべり地で発生しているものも多いことから，地震動・表層地質だけでなく地すべり地形なども含めた多面的な被害分析が今後必要である。

なお，橋梁などの土木構造物，住宅などの建築物の被害の全体像については，口絵図－1 では十分に整理できていない。主な土木構造物の被害については後述する。

4.2　地すべりおよび斜面崩壊

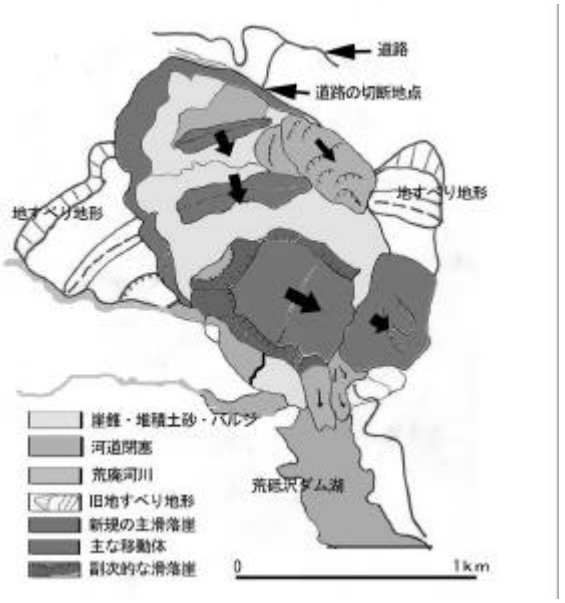
(1)　荒砥沢ダム上流部で発生した巨大地すべり[10)]

宮城県栗原市に位置する荒砥沢ダム上流部で発生した地滑りは，全長 1.3km，最大幅 0.9km，滑落崖最大比高 148m，最大移動層厚 150m，移動土砂量 7000 万 m^3，の巨大なものであった（口絵写真－1～2 参照）。

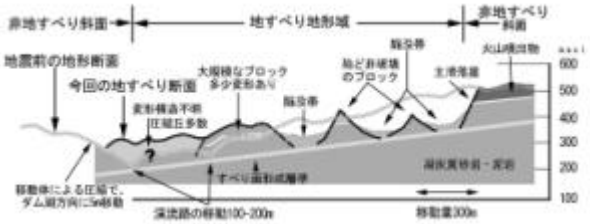
現在，防災科研や日本地すべり学会などが，地すべり地形の詳細分布調査を行っているが，今回多発している地すべり斜面変動も，地すべり地形との関連が強く指摘されている。特に，荒砥沢ダム上流の巨大地すべりも地すべり地形の再活動であり，その規模は日本最大規模である。図－2 および図－3 にその概要および推定断面図を示す。この他，10 箇所に上る大規模地すべりが確認されているが，地震断層の上盤側に集中していることも指摘されている。

(2)　斜面崩壊

地すべり性の土砂移動に伴う斜面災害に加えて，様々な形態の斜面崩壊が生じている。大別して，急傾斜地斜



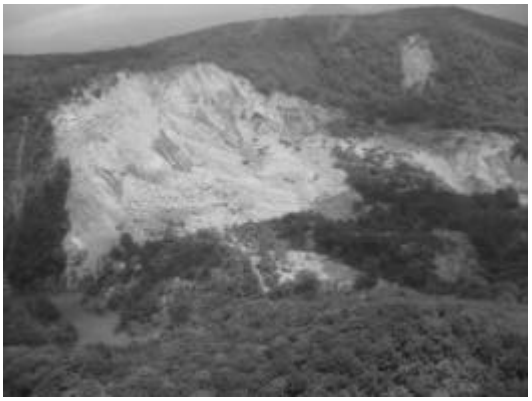
図－2　荒砥沢ダム上流部の巨大地すべりの概要 [10)]



図－3　地すべり移動土塊の推定断面図 [10)]

写真－1　表層崩壊の事例（栗駒ダム上流部　放森）

写真－2　落石の事例（主要地方道　築館栗駒公園線）



写真－3　産女川（うぶすめ）上流部の崩壊（河道閉塞）

面の表層崩壊，落石，深層を通る大規模な斜面崩壊などである。多くの崩壊がある中で，いくつかの事例を口絵写真－3～8 および写真－1～写真－3 に示す。

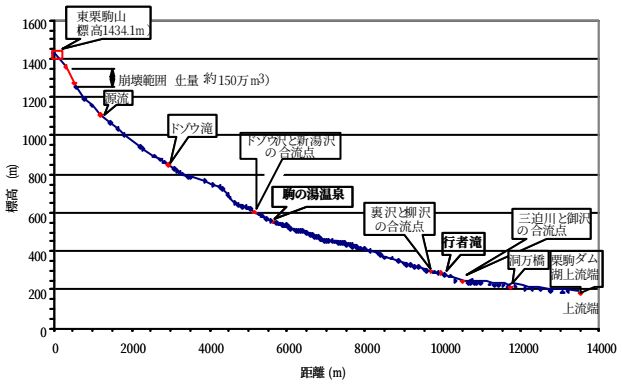
斜面崩壊は，沢部に面した斜面で多発しており，川筋に沿った道路や河川を寸断した。道路の場合には交通止め，河川の場合には河道閉塞となって，被害として顕在化している。写真－3 の河道閉塞は崩壊土砂量（約 1260 万 m^3）としては最大規模のものであり，産女川を約 260m に渡って堰き止めている [8]。崩落した土砂や岩塊の構成は，崩落した斜面の岩石構成や岩石の風化の度合いが大きく関係している。表層崩壊や風化した凝灰岩が崩落した場合には，細粒化した土砂が主要な堆積物となる。また，柱状節理の発達した火山岩が崩壊した場合には方塊状の岩塊となって堆積しているのが特徴である。崩壊土砂の性質は復旧工法やその作業性に影響する。例えば，細粒化した土砂が河道を閉塞している磐井川沿いの一関市市野々原地区では，柔らかい崩壊土はそのままとし，左岸側を新たに掘削して排水路が設置されている（口絵写真－3）。

4.3　土石流

地震によって，東栗駒山山頂に近いドゾウ沢に面する斜面で発生した崩壊によって土石流が発生した。国土地理院[5]によれば，源頭部での土砂崩壊の規模は，長さ約 200m，最大幅約300m，最大厚さ約30m，崩壊土砂量約150 万立方メートル（東京ドーム約1.2杯分）と推定されている。口絵写真－9 に源頭部の空撮写真を示す。標高約 1360mから崩壊した土砂は，沢に沿って一気に駒の湯まで標高差800mを流れ下った。死者5名，行方不明者2名を出した駒の湯は，土石流に飲み込まれたものであるが，本来土石流が流下するはずの沢が駒の湯対岸の斜面の崩壊によって埋まったため，土石流の流れが宿側に方向を変えたことが原因であると考えられている。

土石流はさらに，駒の湯を越えて約 5km 下流の行者滝まで流れ下った。この間の平面的な経路や標高差と距離の関係は，図－4，5 のようにまとめることができる。土砂の堆積量は，旧地形と堆積後の地形の比較によって，駒の湯付近で約 50 万立方メートル，行者滝上で約 65 万立方メートルと算定されている。両地点で堆積量が多くなっているのは，同地点付近で生じた斜面崩壊によって

図－4　土石流の流下経路と推定堆積土砂量



図－5　土石流の流下勾配断面

河道が閉塞されたためであると考えられる。なお，源頭部の崩壊及び駒の湯対岸の斜面の崩壊部分は，元々地すべり地形であったことがわかっている。土石流関連の写真は，口絵写真－9～14 に示した。これらの写真は，地震後 4 日後に調査団が陸上自衛隊東北方面総監部のサポートを得て，現地入りした際に撮影した写真である。この場を借りてお礼を申し上げる次第である。

4.4　土木構造物の被害

(1)　橋梁

橋梁のアバット背面部の段差（応急復旧可能な被災レベル）は多数みられたが，落橋などの被害は少ない。落橋被害として，国道342号線の祭畤大橋がある（口絵写真－15）。祭畤大橋は橋長94.9mの3径間連続非合成鈑桁橋であり，直接基礎の壁式橋脚が2本ある。写真に示すように左側（岩手県側）の橋脚は倒壊して写真では確認できない。秋田県側の橋台および橋脚が背面地山の崩壊により押し出されることにより，岩手県側の橋脚が破壊し，落橋した可能性があることが指摘されている[8]。その他，同じく磐井川沿いの矢櫃ダムのすぐ下流側にある人道橋（旧昇仙橋）も両岸の岩盤崩落によって落橋している。

(2)　トンネル

栗駒ダムの南にある新玉山トンネル（延長1.22km，有効高さ4.7m，NATM 工法）では，道路舗装面およびクラウン部にクラックが発生した。クラックは東口の坑口から約300mのあたりでみられ，インバートからクラウンにかけて最大幅2cm程度のものが数本確認された[10]。

(3)　ダム

ダム本体の機能が損なわれるような被害は確認されていない。比較的大きな加速度が観測された石淵ダムおよびその下流側で建設中の胆沢ダム周辺では，口絵図－1 に示すように多数の斜面崩壊が発生した。石淵ダムは日本最初の表面遮水型ロックフィルダムであり，ロック材の浮上りや落石，天端舗装面でのクラックがみられた。また，砕石運搬道路斜面の斜面対策工でアンカー損傷などの被害がみられた。北側上流部で大規模な地すべりが発生した荒砥沢ダムは中央コア型のロックフィルダムである。天端では最大19cm（速報値）の沈下が発生し，舗装面のうねりがみられた。また，上流部の地すべり先端部のダム湖への流入により水位が2.42m上昇し（約145万m^3相当），それによって発生した津波の波高は流木の付着状況より約2.5mと推定されている。

(4)　盛土構造物他

河川堤防では大きな被害は確認されていない。河川沿いや山岳部の道路では盛土部で擁壁のはらみ出しなどによると思われる路肩・路面の沈下がみられる。

盛土地盤の被害として，旧鶯沢町鶯沢工業高校グラウンドののり面崩壊，旧築館町館下の農地造成盛土の崩壊などがある。また，旧鶯沢町袋地区鶯沢町多目的研修センター敷地では盛土とみられる表層部の液状化が発生し，建物の周辺地盤に数cmの沈下がみられた。

5.　おわりに

本速報は，地震発生から3週間に満たない時点での被害をまとめている。地震発生から6月28日までの2週間は，被害地域にまとまった降雨がない状況である。斜面崩壊による河道閉塞によって生じた天然ダムの状況は時々刻々と変化している。今後の調査を通じて，被害と復旧の詳細を報告する予定である。

なお，本報告をまとめるにあたり多くの方にご協力頂いた。地質図は布原啓史氏（㈱テクノ長谷）に加工していただいた。ドゾウ沢の土石流の土砂量算定では佐藤真吾氏（㈱復建技術コンサルタント）にご協力いただいた。4学会合同調査団の速報会資料から，宮城豊彦教授（東北学院大学）の図面をお借りした。ダムの強震記録や変状については宮城県栗駒ダム管理事務所・宮城県栗原地方ダム総合事務所から，秋田県側の被害については古関潤一教授（東京大学生産技術研究所）の調査グループから情報を頂いた。

また，本合同調査では土木学会・地盤工学会・日本地すべり学会の各東北支部と国土交通省東北地方整備局との間で2007年3月に結んだ災害協定を初めて活用させていただいた。東北地方整備局をはじめとして関係各位に改めて感謝いたします。

（文責：風間基樹　緊急調査団長　東北大学大学院工学研究科教授，渦岡良介　調査団幹事　東北大学大学院工学研究科准教授）

参　考　文　献

1) 気象庁：http://www.seisvol.kishou.go.jp/
2) 消防庁：http://www.fdma.go.jp/ , 2008.6.30.
3) 小池一之，田村俊和，鎮西清高，宮城豊彦編：東北：日本の地形3，2005.
4) 建設技術者のための東北地方の地質，東北建設協会，2006.
5) 国土地理院：http://www.gsi.go.jp/
6) 藤縄明彦，藤田浩司，高橋美保子，梅田浩司，林信太郎：栗駒火山の形成史，火山，Vol.46, No.5, pp.269～284, 2001.
7) 防災科学技術研究所：http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/iwate-miyagi080614/
8) 国土交通省東北地方整備局：http://www.thr.mlit.go.jp/
9) 産業技術総合研究所地質調査総合センター：http://www.gsj.jp/jishin/iwatemiyagi_080614/
10) 土木学会，4学会合同調査団速報会資料：http://www.jsce.or.jp/report/50/news3.shtml
11) 宮城県，岩手県，秋田県：http://www.pref.miyagi.jp/kikitaisaku/saigai_index.htm
http://www.pref.iwate.jp/~bousai/
http://www.pref.akita.lg.jp/

（原稿受理　2008.7.2）

口絵写真－1　荒砥沢ダム上流部で発生した巨大地すべり（6月18日撮影）

口絵写真－2　荒砥沢ダム上流部で発生した巨大地すべり，滑落崖付近で寸断された道路より撮影，ブロック状の移動体の側面とブロック間の陥没帯（6月15日撮影）

口絵写真－3　磐井川，市野々原地区の斜面崩壊と河道閉塞，上流側に堰止湖，堰止長約700m，左岸側に排水路（6月28日撮影）

口絵写真－4　主要道築館栗駒公園線，岩盤斜面の崩壊による道路遮断，調査団はここで引き返した（6月15日撮影）

口絵写真－5　迫川，湯ノ倉温泉地区，斜面崩壊による河道閉塞，堰止長約700m，写真右側の堰止湖にみえる赤い屋根が2～3階建ての温泉宿であり，建物周辺の推定水位は15m以上（6月28日撮影）

口絵写真－6　迫川，国道398号線，小川原地区，斜面崩壊による河道閉塞および道路封鎖，国道上の崩壊土の上から崩壊部を撮影（6月18日撮影）

口絵写真－7　迫川，国道398号線，小川原地区，斜面崩壊による河道閉塞および道路封鎖，手前の道路上の崩壊土が撤去され，排水路工事が進行中（6月28日撮影）

口絵写真－8　迫川，国道398号線，浅布地区，斜面崩壊による河道閉塞，堰止長約200m（6月18日撮影）

口絵写真－9　ドゾウ沢，土石流源頭部，長さ約200m，最大幅約300m，最大厚さ約30m，崩壊土砂量約150万立方メートル（6月18日撮影）

口絵写真－10　ドゾウ沢，土石流流下痕，流された木々や岩が散乱，残っている木立には泥が付着（6月18日撮影）

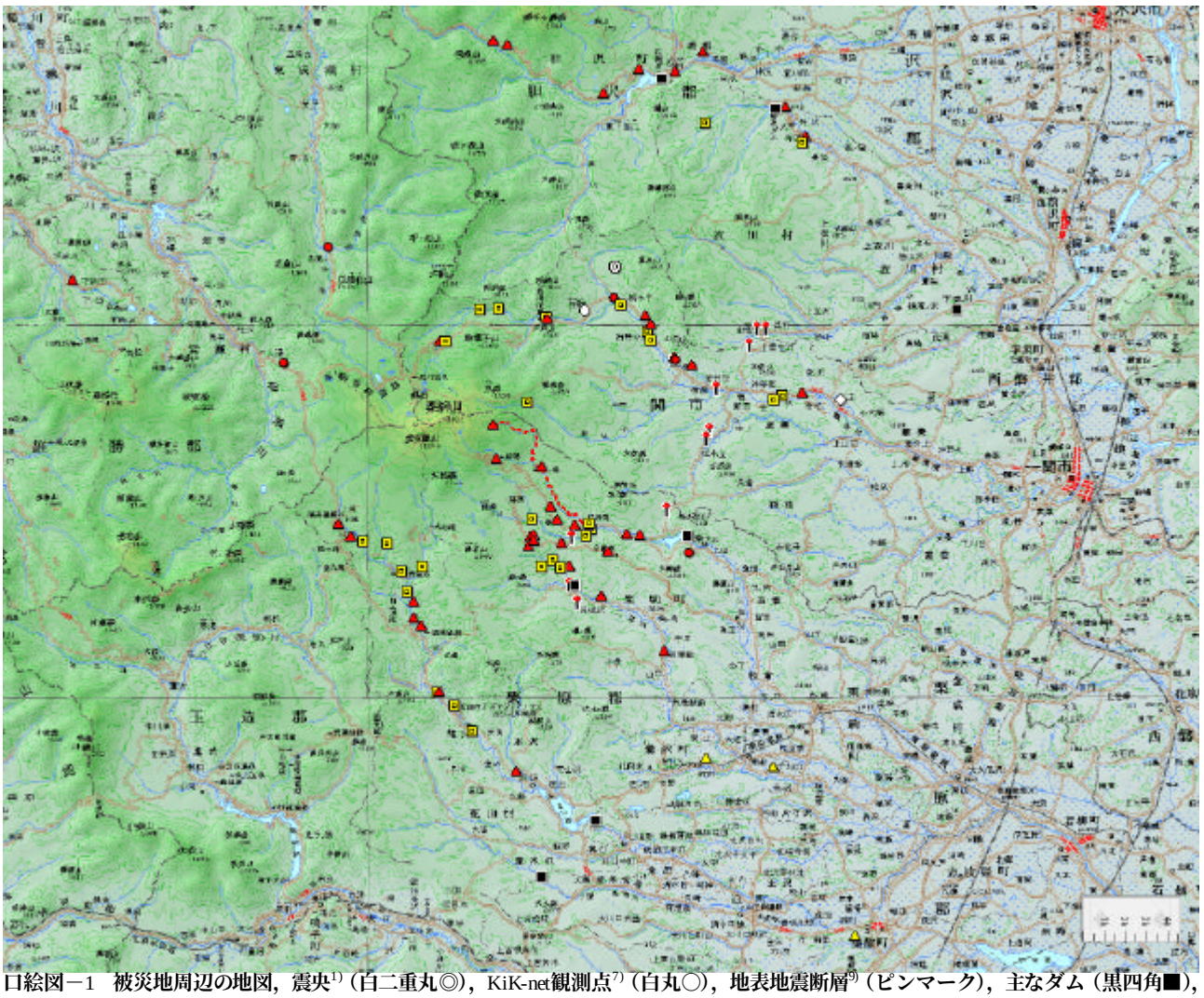
口絵写真－11　駒の湯温泉周辺，堆積した土砂が広がる，写真奥には現在のドゾウ沢の流路，手前には行方不明者捜索のために敷かれた足場（6月18日撮影）

口絵写真－12　駒の湯温泉周辺，堆積した土砂と土石流によって木立に付着した泥の痕跡，泥の痕跡は現状の堆積面から約2mの高さであり、この分の土砂が一旦堆積後に流下したと考えられる（6月18日撮影）

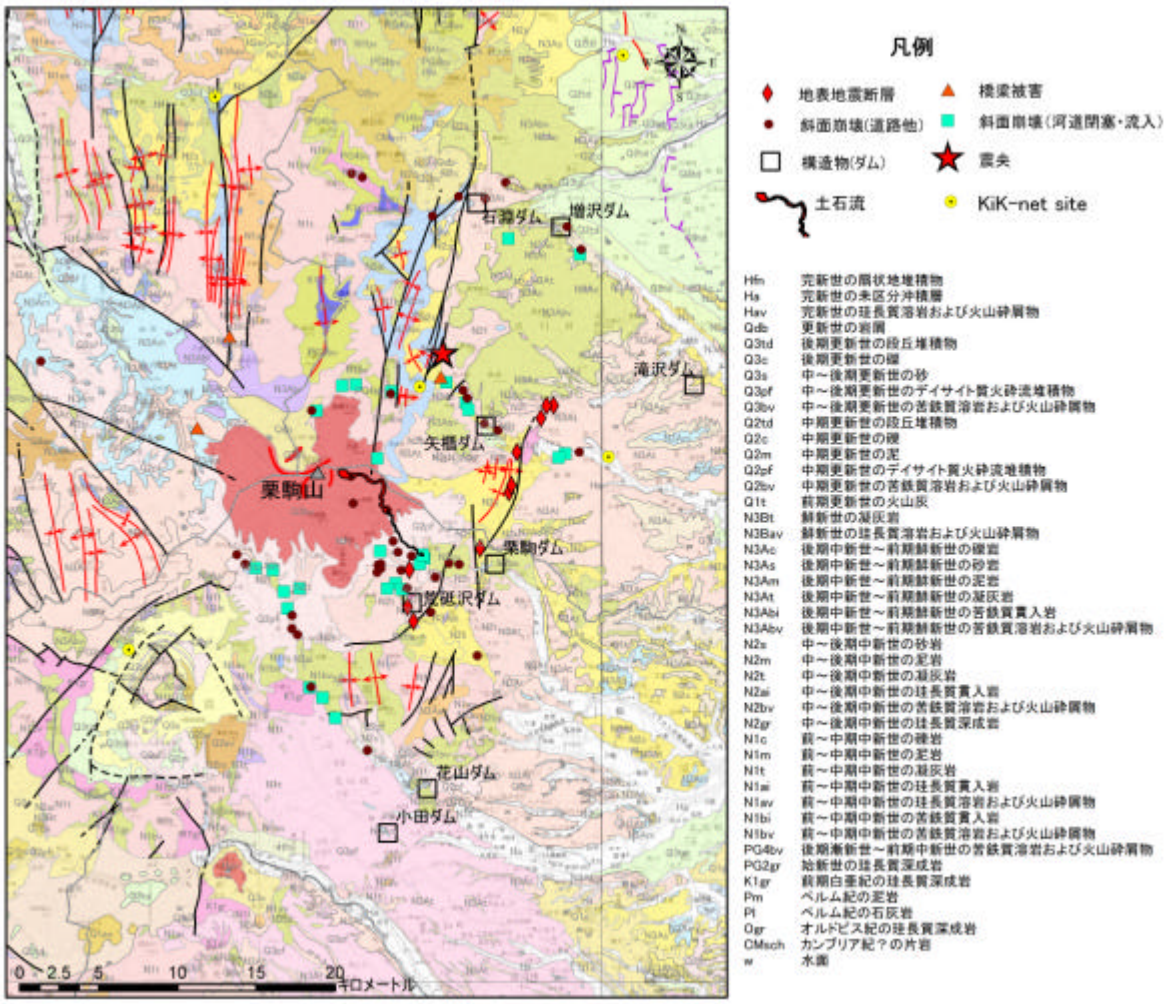
口絵写真－13　駒の湯温泉周辺，ドゾウ沢からあふれ出て堆積した土砂，堆積した土砂は巨石やぶなの巨木を含んでいる。土砂は水を含んで泥状になっているため，行方不明者の捜索活動を困難にしている（6月18日撮影）

口絵写真－14　行者滝上部，ドゾウ沢から流下した土石流の端部，人道橋（つり橋）に達している（6月15日撮影）

口絵写真－15　国道342号線，祭畤大橋の落橋，左の岩手県側の橋脚が破壊，右の秋田県側の地山がせり出した可能性（6月18日撮影）



口絵図－1　被災地周辺の地図，震央[1]（白二重丸◎），KiK-net観測点[7]（白丸○），地表地震断層[9]（ピンマーク），主なダム（黒四角■），斜面崩壊（河道閉塞・流入）（黄色四角■），斜面崩壊（道路他）（赤三角▲，黄色三角▲は盛土），土石流（赤点線），橋梁被害（赤丸●）。主な道路は，北から国道397号線，国道342号線，主要地方道築館栗駒公園線，県道文字上尾松線，国道398号線。主な河川は，北から磐井川，三迫川，二迫川，迫川。地図はカシミール3Dを使用。



口絵図－2　被災地周辺の地質[4]と被災箇所分布，図面のほぼ中央が栗駒山，栗駒山周辺には新第三紀の凝灰岩や安山岩，第四紀のデイサイト質火砕流堆積物が多く分布しており，ここで示した被害の多くはこれらの地質上で発生している。

地滑り災害の予知ならびに災害発生後の検知・救援技術

東北大学　東北アジア研究センター　佐藤　源之、渡邉　学
sato@cneas.tohoku.ac.jp　(022) 795 6075

１．はじめに

岩手・宮城内陸地震によって地滑りが甚大な被害を発生させた。我々は電磁波、レーダ技術を利用した防災、災害軽減に関する技術に興味を持ち研究を行ってきた。こうした技術を利用することで地滑りが予想される地域においては地滑り発生以前にある程度の予兆をつかむことができると考えている。また、災害発生直後の被災地域特定や、土砂に埋没した物体の検知技術も利用可能であると考えている。本稿では、こうした技術の現状を紹介する。

２．衛星による地滑り検知技術

衛星リモートセンシングにおいて、マイクロ波を利用した合成開口レーダ(SAR)は、昼夜を問わず、また降雨時にも地表面の詳細な計測が可能なことから、防災に適した装置である。我が国が現在運用している地球観測衛星 ALOS（だいち）に搭載された PALSAR はこうした目的に適合したセンサである。
岩手・宮城内陸地震においても JAXA は災害後 6 月 23 日に計測したデータと災害以前に取得したデータから地殻の変動を詳細に検知できる干渉技術を利用し、地表面の変動を報告している。
（ http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/img_up/jdis_iwatemiyagi_eq_080623.htm）

我々は JAXA から入手した SAR データを解析し、差分データを取ることで地滑りなど地表面形状の変化を検知できることを確認した。

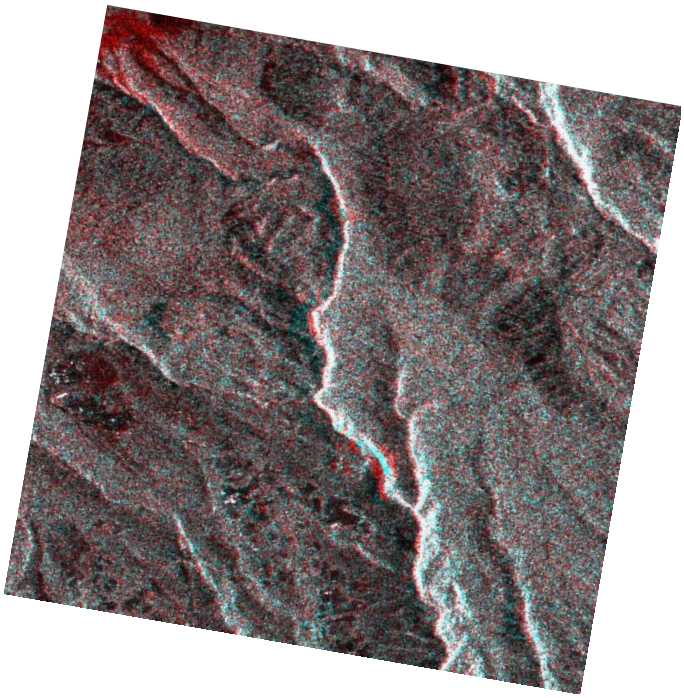


図１　駒ノ湯付近の SAR 画像による地表面形状変化の検知(JAXA 提供 ALOS/PALSAR データ使用)

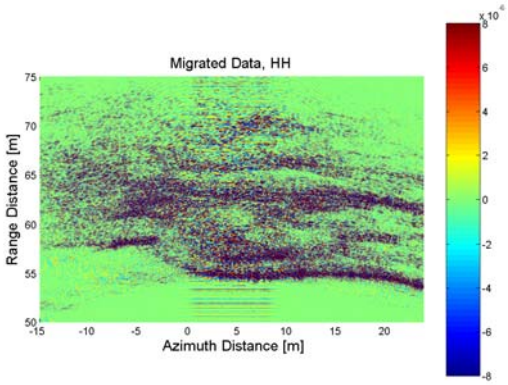


図２　地表設置型 SAR による地滑り計測（東北大学）

３．地表設置レーダによる地滑り検知技術

図２は我々が開発した地表設置型 SAR (GB-SAR)装置である。アンテナを地表に固定したレールの上を移動しながらレーダ信号を取得し、SAR 合成処理を行う。GB-SAR は衛星に搭載される SAR と同じイメージング原理を利用しながらポーラリメトリ、干渉など多様な機能を有している。GB-SAR は装置が小さいため長期間、同じ場所の計測を行うことができる。衛星 SAR では周回軌道を制御できず、計測の実時間性にやや乏しいが、GB-SAR により地滑りが予想される地域の斜面状態を常時リアルタイムでモニタリングすることが可能である。また実用化されているレーザー計測や歪み計計測、GPS 計測に比べて広範囲をカバーすることが容易である。

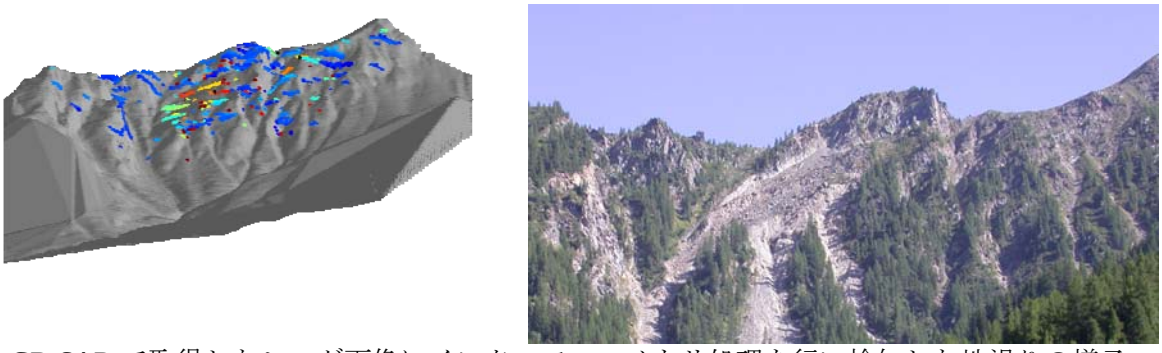


図３　GB-SAR で取得したレーダ画像にインターフェロメトリ処理を行い検知した地滑りの様子
（フィレンツエ大学提供）

４．土石流に埋没した物体の検知技術

我が国においては、地中に投棄された薬品容器や、第二次世界大戦中に放棄された不発弾などの検知が環境保全技術として利用されている。我々は地中レーダ（GPR）ならびに金属探知機（EMI）を利用した地下計測技術を研究しており、地雷検知、地下水調査などへの応用を行ってきた。この技術を発展させ、より深い地中に埋没した物体の検知技術を開発している。

地雷など小型の物体を検知するためには波長の短い電波を利用する地中レーダが有効であるが、土砂災害などを想定して、地表面から数 m 以上に埋没した物体を検知するためには不発弾探知用の電磁誘導探査装置（金属探知機）が有効であると考えている。我々はこれまで、長さ 60cm 程度の鉄製砲弾を想定し、深度 60cm 程度まで検知可能なことを確認しているが、今回の災害で見られた、自家用車が土石流に埋没するような状況を考えると、現状の装置の限界を明らかにしておくことが重要であると考えている。

５．まとめ

本稿で紹介した手法は、災害の事前予知や災害直後の迅速な対応による被害の軽減に有効であると考えている。今回の地震を教訓に、現状で利用できる技術について研究者、行政機関などの間で綿密な情報交換を日常から行っておくことが重要であると考えている。

地理情報システムを用いた地震災害とカルデラ構造との関連の検討

および地すべり地域における水質汚濁リスクの評価について

Relationship between earthquake disasters and caldera structures, and risk assessment on stream water pollutions using of GIS

布原啓史（㈱テクノ長谷），吉田武義，山田亮一（東北大・理），土屋範芳（東北大・工）

要旨

6 月 14 日に発生した岩手・宮城内陸地震による大規模土砂災害は，多方面からの原因究明が行われつつあるが，筆者らは，産官学連携プロジェクトとして整備してきた地質・地形・地圏環境に関する GIS データベースを土台として，これにカルデラ構造を追加して地質構造との関係を検討した結果，原因解明に関する重要な知見が得られたので報告する．また，土砂災害が多数発生した栗駒山の周囲には，温泉，熱水変質帯及び鉱山など重金属排出源が分布しているため，今回の地震に伴った地すべりによる，曝露や水理の変動による新たな河川水の重金属汚濁が懸念される．GIS ベースの水質汚濁リスクを検討するための評価システムを紹介する．

1．地質・地形・地圏環境 GIS データベース

筆者らは，産学官連携プロジェクトとして，自然由来の土壌汚染や水質汚濁の原因解明に資する目的で，デジタル化された地質図上に，様々な地質・地形・地圏環境に関する情報を統合化しつつある．[1) 2)] これまでに公表した具体的なコンテンツとして、東北地方における地すべり地形、活断層など、また、全国レベルとして、鉱山や変質帯分布図、東北大学が独自に行った土壌・岩石分析値分布図などがある。今般、これらを土台として、東北地方のカルデラ構造 [3)4)] 分布および大規模斜面崩壊地点分布などを統合し、今回の地震災害と地質構造との関係を検討した。

2． 大規模地すべりとカルデラ構造

今回の地震で荒砥沢ダム上流部に発生した大規模地すべり（写真 1）は，栗駒山南麓カルデラ [5)]のカルデラリム近傍に位置している（第１図）．また中小規模の土砂災害も，同カルデラの内部に多数発生している．

今回の地震に伴って発生した大規模地すべりは，震源近傍（上盤側）に位置していたカルデラ（大規模火山性陥没構造）の存在が，重要な要因であった可能性が高い。地すべりの分布に見られる特徴は，相対的に安定して固いカルデラ外縁部や基盤岩類と，カルデラ内の強度が弱い珪長質火山岩類～堆積岩類との間の物性の差異に起因することが強く示唆される（口絵 1）．

3．東北地方のカルデラ分布と自然災害ハザード

奥羽脊梁山脈には，12～8Ma 以降に形成されたカルデラが南北に配列している。とりわけ，栗駒火山周辺には，カルデラ群が密集してカルデラクラスタを構成している（第２図）[3)4)]．今回の地震断層は，マントルから下部地殻にかけて，地震波の低速度体が発達し，地震発生層が極端に薄くなっている脊梁火山列分布域の海溝側肩部にあたる火山フロントに沿っている．この部分はまた，カルデラクラスタの分布域と重なっている．これらの後期中新世から鮮新世にかけて形成されたカルデラについては，未だ調査が十分ではなくその構造の詳細については不明な点が多く，今後，同じような場所に位置するカルデラの構造に関するデータベースを早急に作成し，防災・減災に生かすことが望まれる．

4． 水質汚濁リスク評価システム

筆者らは，NEDO委託事業として，河川の水質汚濁リスク評価システムの開発を行ってきた．[6)] このシステムは，自然状態で岩盤（岩石・地質）から溶出する重金属量をバックグラウンドとし，熱水変質帯など自然由来の排出量について，実測値による補正を行いながら配分し，河川の任意の地点における重金属類の総和を，その地点における年平均流水量で割り算して，その値が環境基準値（亜鉛の場合には環境指針値）に対してどの程度の余裕を持っているかを定量的に表現したものである．この図に，鉱山，温泉などの位置情報やPRTR法に基づく重金属排出施設などの情報を重ね合わせることによって，個々の河川の水質汚濁リスクを評価する．

今回の地震災害では，栗駒山周辺に大小様々な土砂災害が多数発生した．栗駒山周辺には温泉，変質帯，鉱山など重金属排出源が多数分布しており，今回の地震で新たな重金属排出源が曝露した可能性もあり，重金属汚濁の危険性を評価する必要がある．今後，水質汚濁が確認された場合に備え，その発生源を予測し，リスクを迅速に評価する手法を示す。

参 考 文 献

1) 建設技術者のための東北地方の地質, 東北建設協会, 2006.

2) 地圏環境インフォマティクス，東北大学大学院環境科学研究科，2008.

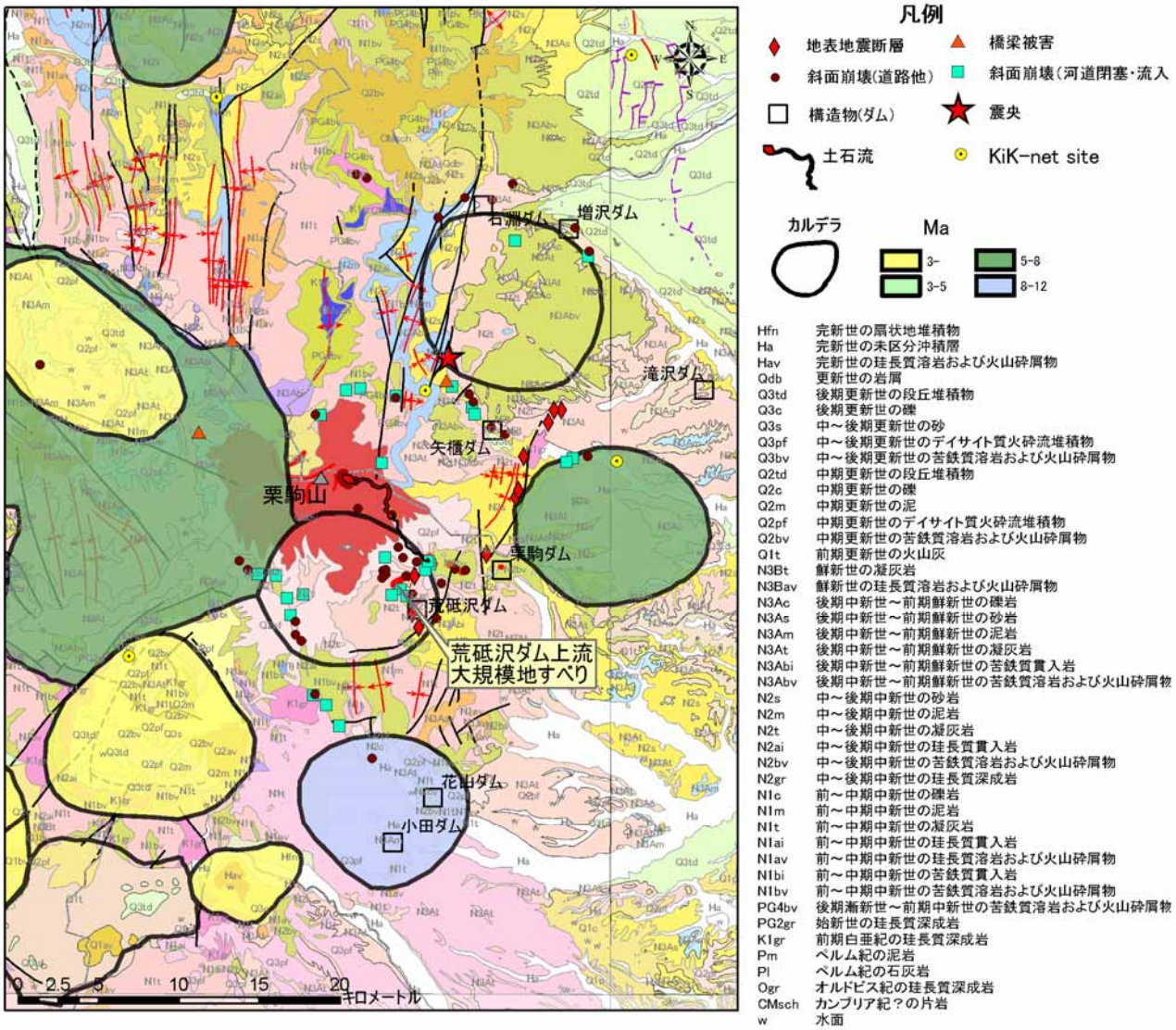
3) 吉田武義・相澤幸治・長橋良隆・佐藤比呂志・大口健志・木村純一・大平寛人：東北本州弧，島弧火山活動期の地史と後期新生代カルデラ群の形成，月刊地球，号外27，p.123～129，1999.

4)吉田武義・中島涼一・長谷川昭・佐藤比呂志・長橋良隆・木村純一・田中明子・Prima,O.D.A・大口健志：後期新生代，東北本州弧における火成活動史と地殻・マントル構造，第四紀研究，vol44，No.4，p.195～216，2005.

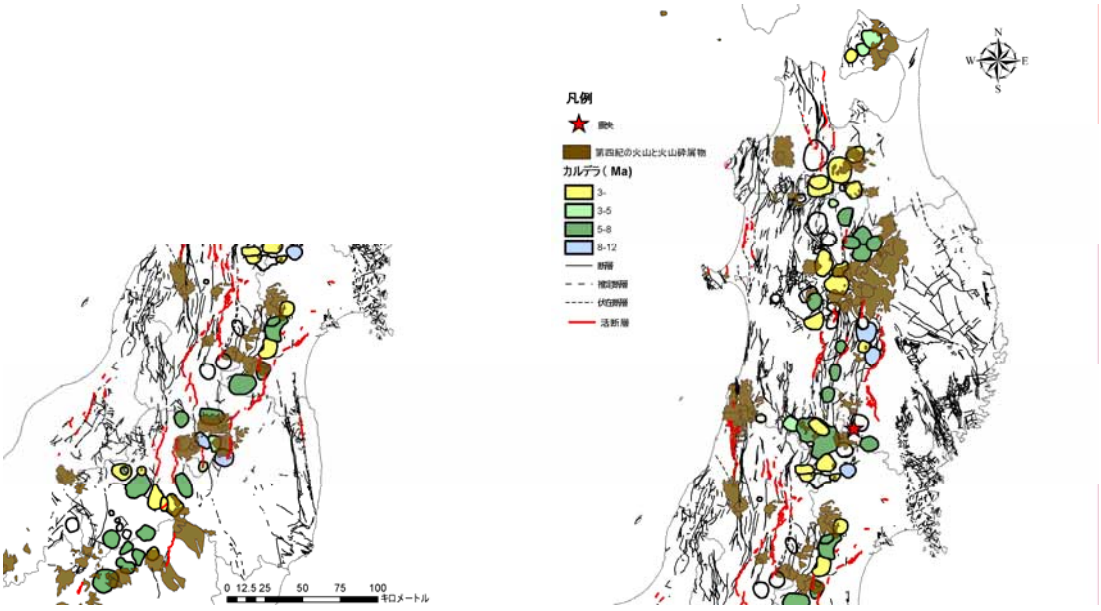
5) 大竹正巳，栗駒南部地熱地域，赤倉カルデラの層序と火砕流噴出・陥没様式，地質雑，vo1.106，No.3，p205～222，2000.
6) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：知的基盤創成・利用促進開発事業「新環境基準に対応した水質汚濁リスク評価基本図の作成」，2008
7）2008年岩手・宮城内陸地震4学会合同緊急調査団，平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震被害調査速報，土と基礎，投稿中
8) 平成20年岩手・宮城内陸地震　荒砥沢ダム上流地すべり調査報告，（社）日本地すべり学会東北支部，http://wwwsoc.nii.ac.jp/thb-jls/

写真1　荒砥沢ダム上流の大規模地すべり．幅900m長さ1300m最大深さ150m以上，推定移動土砂量7000万m^3におよぶ．[8](6月18日テクノ長谷　布原撮影)

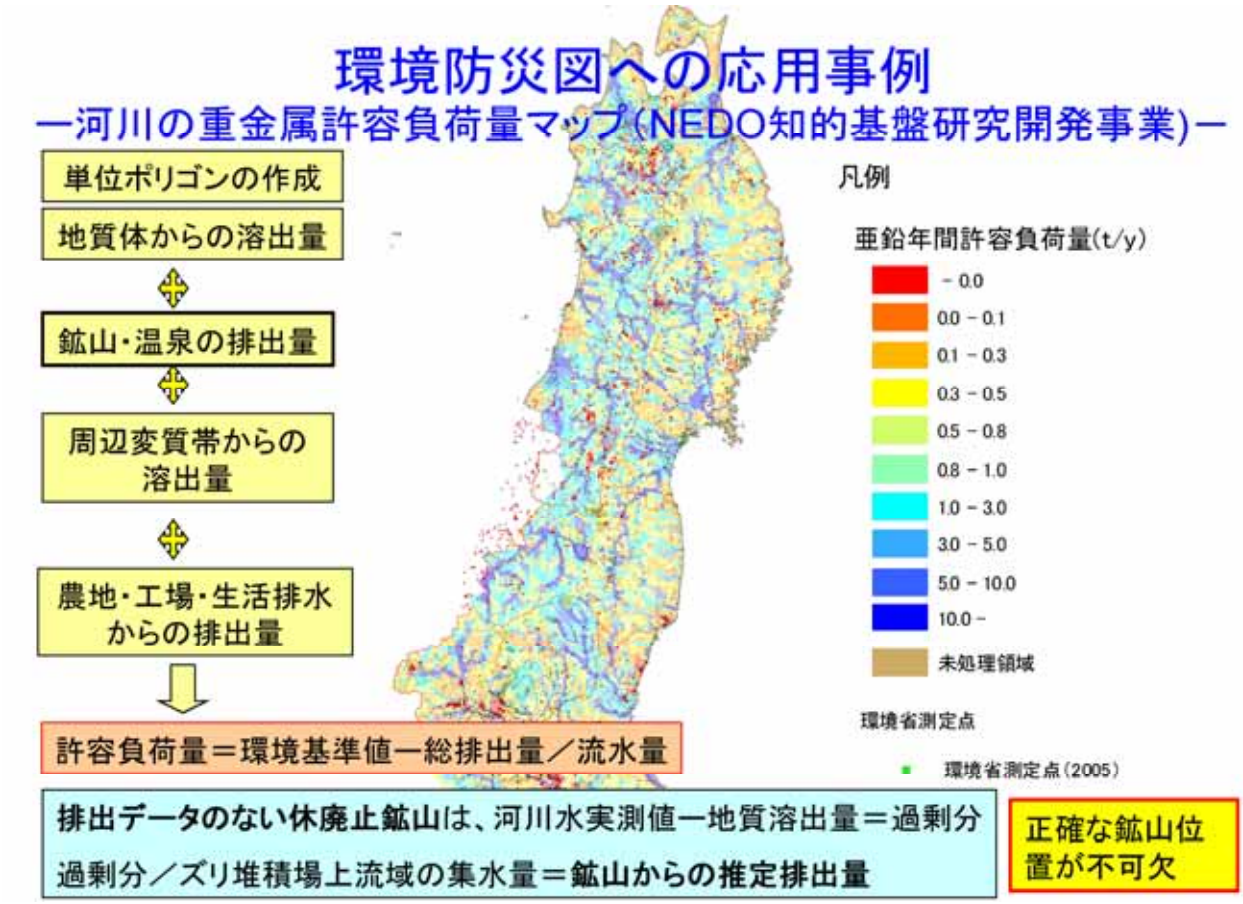
口絵1　6月26日河北新報記事より引用



第1図　栗駒山周辺の地質図とカルデラ構造および土砂災害発生位置，地質図は東北地方デジタル地質図[1] を使用．土砂災害発生位置は地盤工学会東北支部[7] より提供



第2図　東北地方のカルデラと地質断層，第四紀火山の分布状況．地質断層，第四紀火山，および活断層分布は東北地方デジタル地質図[1] を使用．



第３図　水質汚濁リスク評価図の例１。鉱山や温泉からの重金属排出量の定量化には、個人情報の保護あるいは風評被害危惧の観点から、協力を拒まれる例が数多くあった。このため、公表分については、河川水実測値から自然由来分を減じた過剰重金属を、当該排出源を含むポリゴン全体に再配分して計算した。オリジナル版では、個々の排出源情報や取水･排水など地域の実情に応じて入力し、再計算できるシステムとした。

第４図　水質汚濁リスク評価図の例２。汚濁要因判別図（三角ダイグラム）において、実測値と、もし汚濁がなければ位置するであろう標準変動曲線上の位置との乖離ベクトルにより、主たる汚濁要因を判別する（あるいは、複合汚濁の場合には各々の寄与率を算定する）。この結果を、鉱山、温泉、変質帯及び斜面変動区域などのデータベースと照合して、原因を解明し、迅速な対策策定に資するものとした。

短周期・大加速度地震動と建物被害
－2008 年岩手・宮城内陸地震と 2003 年宮城県沖の地震（三陸南地震）の比較－

東北大学工学研究科・災害制御研究センター
源栄　正人

1．はじめに

2008 年 6 月 14 日午前 8 時 43 分、岩手県南部を震源とする地震（M_J＝7.2、Mw＝6.9）が発生し、死者 13 名（行方不明 10 名）の尊い命が奪われた。この地震により、岩手・宮城の山間部を中心に多くの大規模な土砂崩れや土石流が発生したが、建物被害は全壊 22 棟、半壊 46 棟と同規模の地震による被害と比べると極めて少ない被害量であった。

この地震による震源近傍では、短周期成分を主成分とする大加速度記録が得られた一方、平野部では、地下地盤構造を反映した卓越周期をもつ貴重な観測記録が得られた。

短周期・大加速度の地震動に襲われたにもかかわらず建物被害が少なかった地震として、2003 年宮城県沖地震（三陸南地震）があげられる。今回の地震は陸のプレート内の未知の断層による地震であり、三陸南地震は太平洋プレート内で発生した地震であるが、短周期・大加速度の地震波を発生させた地震とそれによる地震被害の特徴について検討することは重要である。

本報告では、短周期・大加速度をもたらした２つの地震と地震被害について以下の点に着目した検討を行ったものである。

（１） プレート運動による圧縮軸にならぶ２つの地震の震源域
（２） ２つの地震で観測された短周期・大加速度記録－振動台に載せたペットボトルはどうなる？
（３） 今回の地震と最近の被害地震における建物被害量の比較
（４） 建物被害が少なかった理由の考察
（５） 短周期・大加速度の揺れによる被害
（６） 微動観測に基づく地盤の卓越周期と地震被害の関係

2．日本列島の「さしみ」で同じ 2 つの地震（圧縮軸上に位置する）

その昔、坪井忠二により日本列島の地震活動を検討する場合、列島を 40km 幅の「さしみ」（図１）にした検討を行ったが、これは、日本列島周辺のプレート運動を考慮したものである。これによれば、東北地方はほぼ東西の圧縮軸に沿った「さしみ」となる。

このような見方から今回の地震の震源域と 2003 年 5 月 26 日宮城県沖の地震（三陸南地震）の震源域は、同じ圧縮軸（東南東－西北西）上に位置している（図２）。

短周期・大加速度の地震波を発生した 2 つの地震、今回の地震は内陸のプレート内の地震で、2003 年の三陸南地震は太平洋プレート内の地震ではあるが、応力降下量の大きい発震機構は、圧縮軸に沿って同じ断面に位置することと何か関係がありそうである。

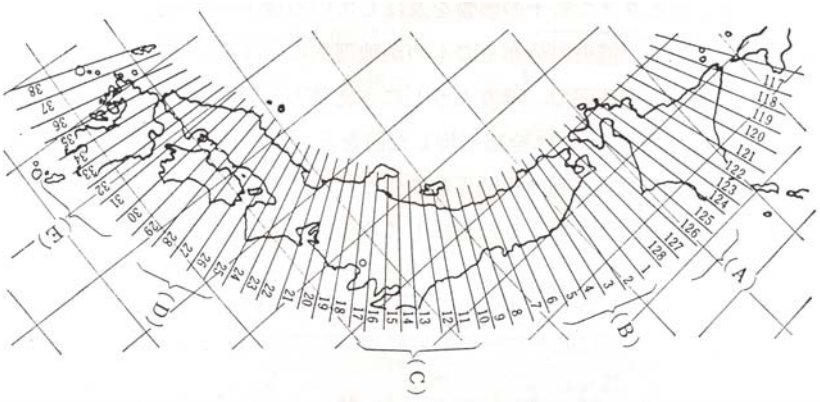


図１　坪井忠二による日本列島の「さしみ」[1)]

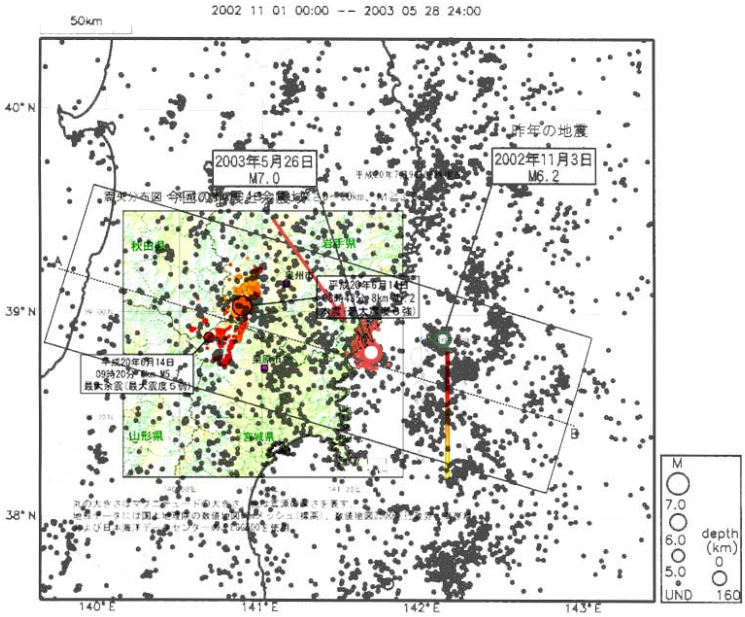
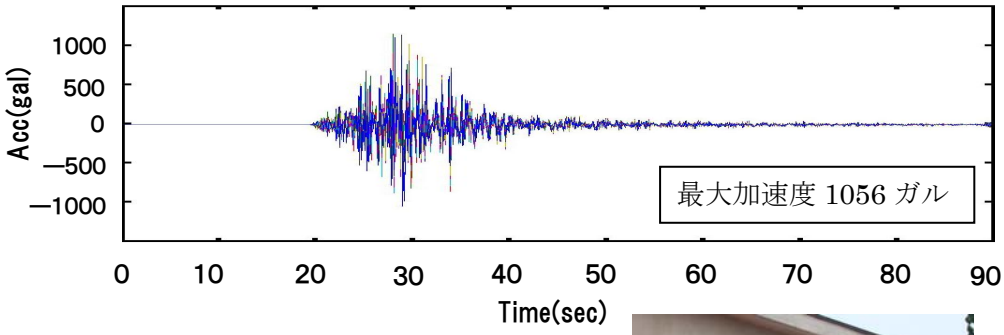


図２　東西圧縮軸上に並ぶ今回の地震の震源域と２００３年５月２６日の宮城県沖地震の震源域（気象庁 HP 資料の重ね合わせ）

３．大加速度の強震記録の揺れを小型振動台で再現―ペットボトルは倒れる？

今回の地震で震源域を中心に１G（980 ガル）を超える大加速度の強震観測記録が得られた。主な大加速度記録としては、石淵ダムで水平動（東西成分）2097 ガル（上下動 2070 ガル）、一関市西で水平動（東西成分）1433 ガル（上下動 3866 ガル）が報告されている。しかし、大加速度記録の卓越周期は、0.1 秒～0.3 秒であり、短周期を主成分とする地震動であった。2005 年 5 月 26 日の宮城県沖地震の際にも短周期を主成分とする１G を超える記録が K-net の牡鹿（当時鮎川中学校）や気象庁の大船渡観測点（９５型）などで得られた。しかし、後述のように全半壊建物数は極めて少なかった。

短周期・大加速度の波形の例として一関（KIK－net 一関東）で観測された波形（東西方向最大加速度：1056 ガル）を振動台で揺すってみた（写真１）。水を半部にしたペットボトルは転倒しない。満タンにしたボトルは倒れている。この地震記録を観測した厳美公民館山谷分館の木造モルタルの庁舎は開口部に軽微な亀裂が認められる程度であった（写真２）。



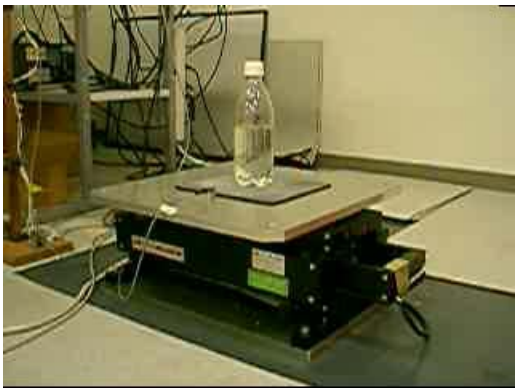
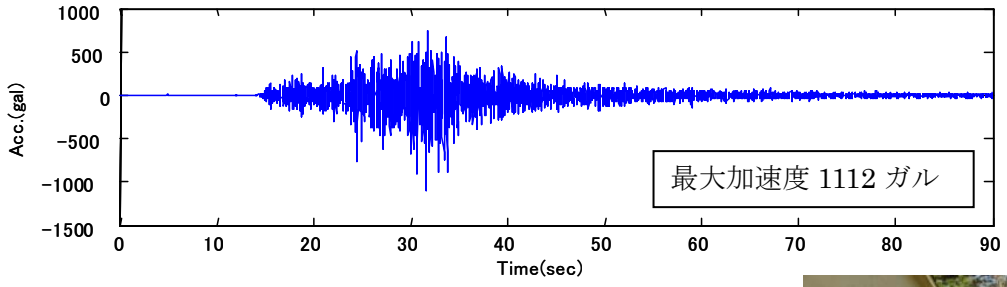


写真１　岩手・宮城内陸地震による大加速度記録を用いた振動台加振

写真２　観測点近傍の建物の状況
（一関市厳美公民館山谷分館）



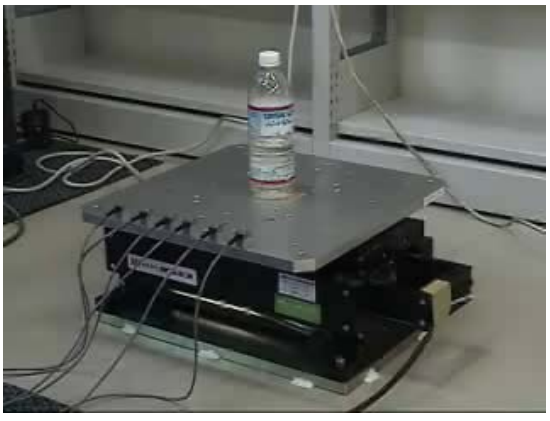


写真３　2003 年 5 月 26 日三陸南地震による大加速度記録を用いた振動台加振

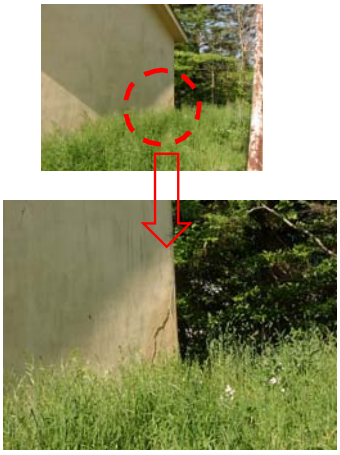


写真４　観測点近傍の建物の状況
（鮎川中学校）

2003 年の地震における牡鹿の観測波形（最大加速度：1112 ガル）による振動台加振（写真３）でも同様であった。１G を超える加速度を記録した観測点のすぐ脇にあった木造モルタルの建物はこの揺れに対してわずかな亀裂が入った程度であった（写真４）。

4. 今回の地震の建物被害の特徴

(1)極めて少ない全半壊建物

今回の地震による住家被害は全壊 23 棟、半壊 47 棟（消防庁、7 月 10 日付け）と報告されており、表１に示す最近の国内で発生した地震による住家被害数を見ると、2003 年 5 月 26 日の宮城県沖地震とともに、極めて少ないことがわかる。

兵庫県南部地震の全壊棟数 104,906、半壊棟数 144,274、新潟県中越の全壊棟数 3,175、半壊棟数 13,808、新潟県中越沖の全壊棟数 1,319、半壊棟数 5,621 から見て、極めて少ない建物被害量といってよい。

また、建築構造物の応急危険度判定に基づき、「危険」と判定された建物の判定総数に対する割合を図３に示す。この図から見ても建物被害の程度が軽かったことが分かる。

表１　最近の地震被害の全・半壊数

地震名	全壊	半壊
阪神大震災(1995,M7.3)	104,906	144,274
鳥取県西部地震(2000,M7.3)	435	3,103
三陸南部地震(2003,M7.1)	2	8
新潟県中越地震(2004,M6.8)	3,175	13,808
福岡県西方沖地震(2005,M7.0)	133	244
能登半島地震(2007,M6.9)	684	1,733
新潟県中越沖地震(2007,M6.8)	1,319	5,621
岩手・宮城内陸地震(2008,M7.2)	22	46

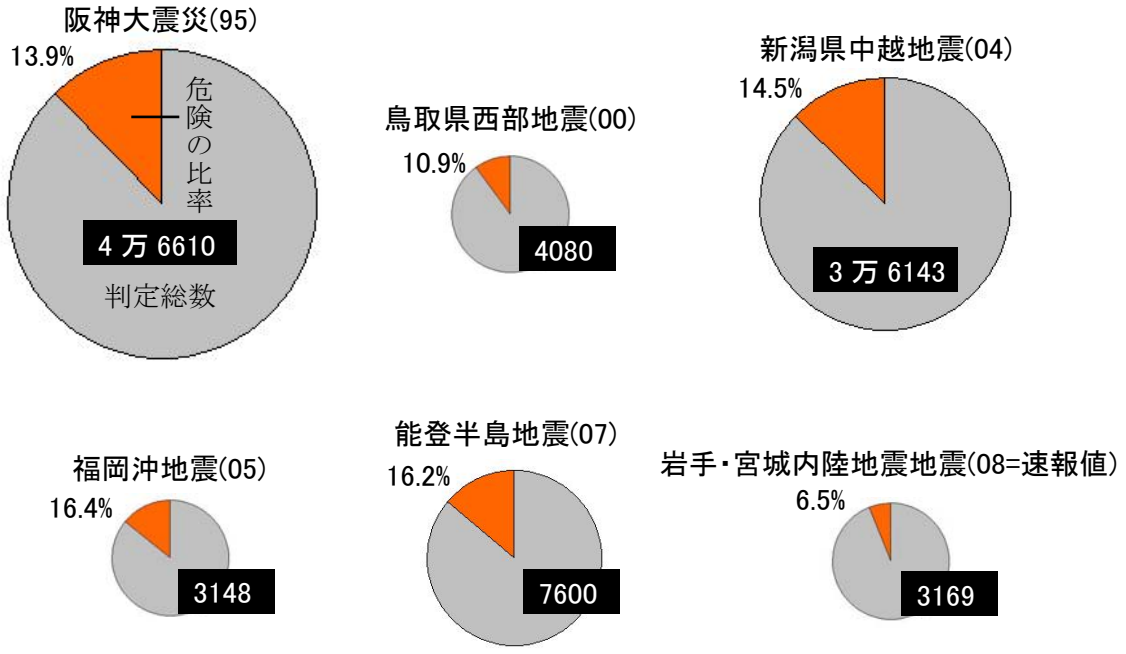


図３　応急危険度判定による「危険」判定の割合

(2)建物被害が少なかったことに対する考察

なぜ、建物被害が少なかったか。入力地震動の性質として短周期成分が多いことが理由の一つとしてあげられる。図４には、今回の地震による主な観測点の最大加速度と最大速度の比（A／V 比）を過去の地震による観測記録の場合と比較して示す。2003 年 5 月 26 日の地震と同様にかなり大きな A／V 比を示している。

また、短周期成分を多く含む地震動は、建物を変形させるパワーがない。これは、応答加速度―変位（Sa－Sd）スペクトルを見ると分かる。

図５には、今回の地震における Sa-Sd スペクトルを示す。図中には、兵庫県南部地震における木造被害データから推定した木造建物の耐力曲線を 1950 年以前のものと 1982 年以降のものの場合について示してある。想定以上の耐力があれば変形が大きくならない。　図６には、2003 年の三陸南地震における大加速度観測記録として牡鹿と大船渡の Sa-Sd スペクトルを示す。今回の地震同様、変形させるパワーがないことが分かる。

図７には、過去の地震として、兵庫県南部地震、鳥取県西部地震、および 1978 年宮城県沖地震における主な強震観測点の Sa-Sd スペクトルを示す。兵庫県南部地震における葺合の地震動はすさまじく建物を変形させるパワーを持っていることが分かる。

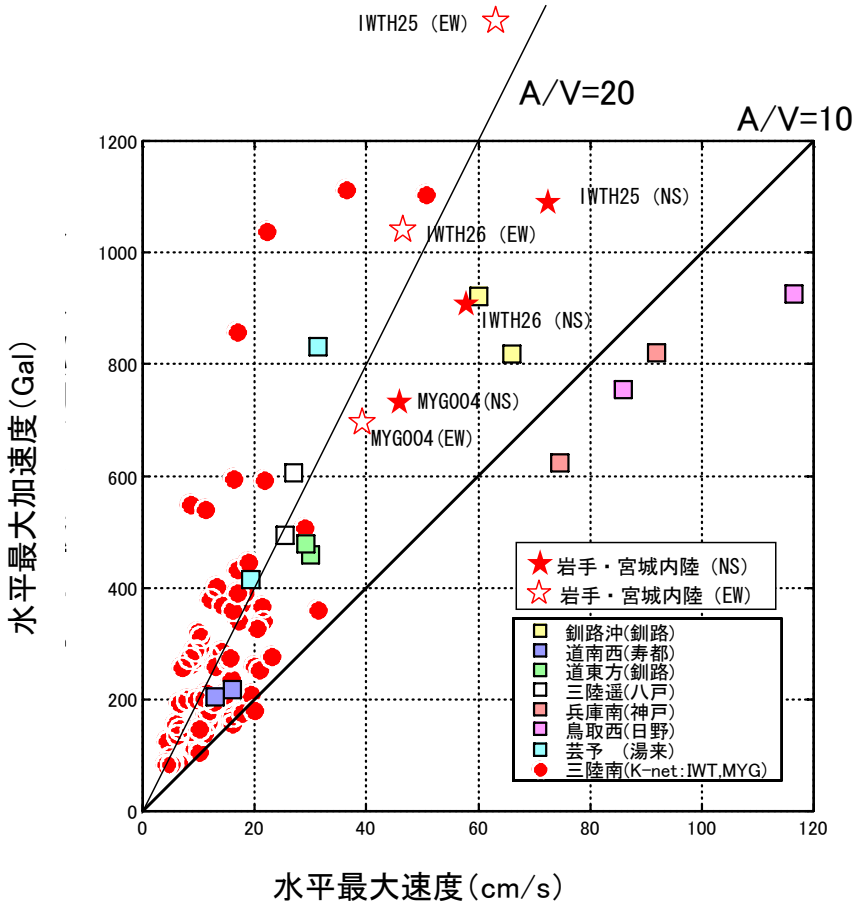


図４　今回の地震と過去の被害地震における強震観測記録の水平最大加速度と水平最大速度の比（A/V 比）

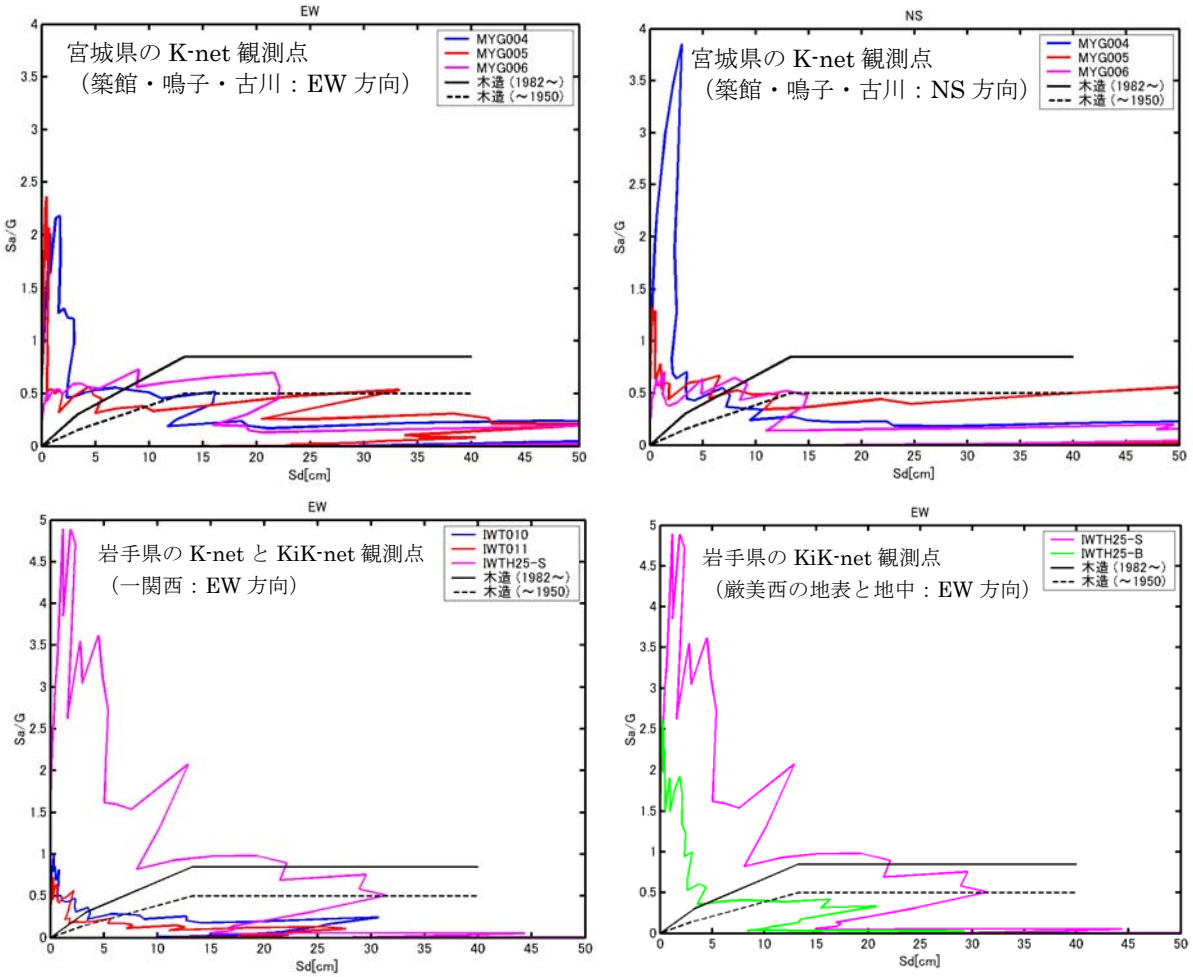


図５　今回の岩手・宮城内陸地震における強震観測記録の Sa－Sd スペクトル（h＝５％）

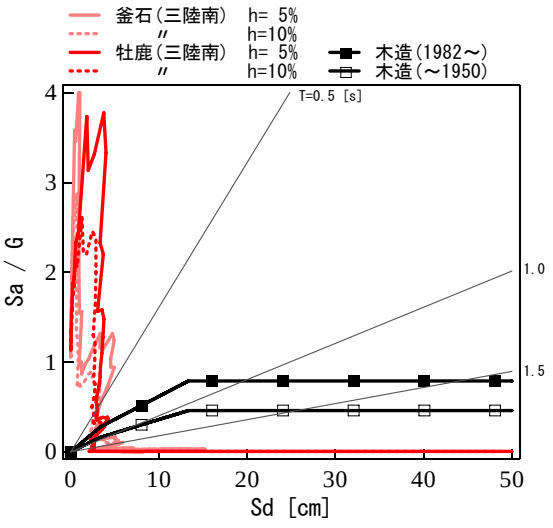


図６　2003 年三陸南地震における強震観測記録の Sa－Sd スペクトル

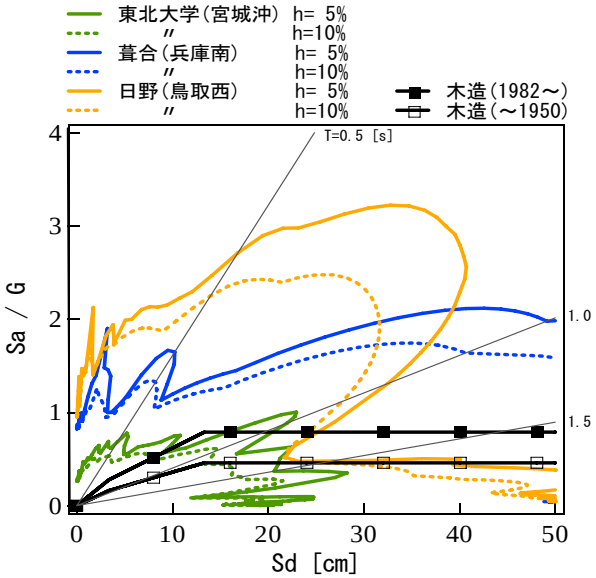
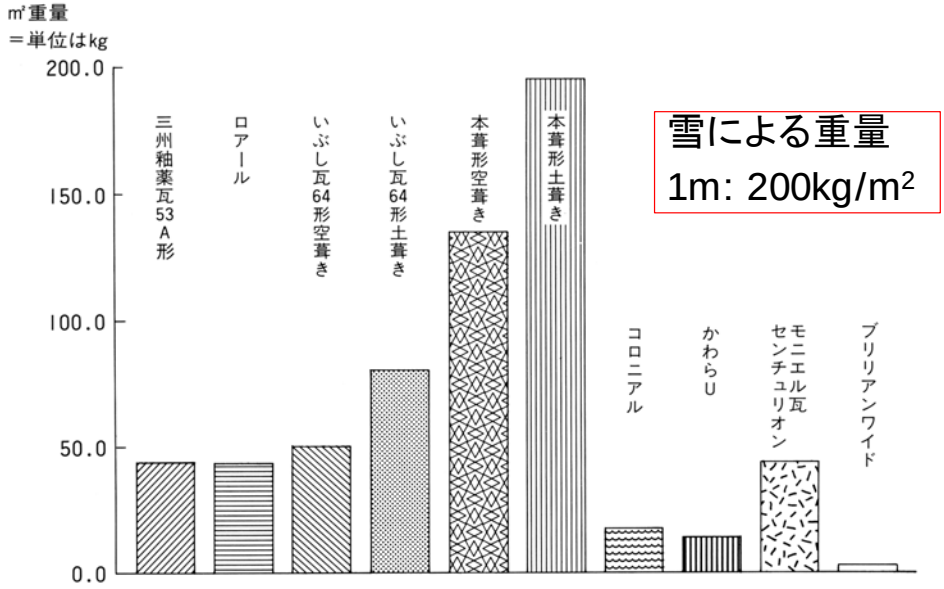


図７　過去の主な地震における強震観測記録の Sa－Sd スペクトル

一方、建物側の要因として、被災地周辺の家屋の屋根はトタンや軽量瓦で屋根の重量が少ない。図 8 には、いろいろな屋根材の重量を比較して示したものである。

屋根重量が軽いことは、屋根に作用する慣性力としての地震力が小さいことを意味し、建物被害の危険度を地震力／耐力の値として考えると、この値は小さくなり、見かけ上の耐力の増加になる。また、伝統的木造建屋は柱や梁の断面が大きく、実質的な耐力があるのも原因である。また、東北・北海道のような寒冷地では、開口部を小さくするために結果的に壁の量が増えることも耐震性を高めている。なお、凍結深度の深さに伴う基礎の深さも耐震性を増す要因となるが、これについては東北地方というより北海道の住宅に当てはまる。



㈱日本屋根経済新聞社 『阪神淡路大震災の教訓』より

図 8　屋根重量の比較

(3)短周期・大加速度による被害

短周期・大加速度による被害としては、つぎのようなものがあげられる。

建物の脆性的構造被害として、鉄骨造のブレースの被害、鉄筋コンクリート造の「短柱」の脆性破壊があげられる。今回の地震でも体育館のブレースの座屈や破断、旧耐震建物（1970 年以前の設計）による RC 柱の脆性破壊（大崎市立上野目小学校）や岩ヶ崎高校の RC 壁の被害が見られた。いずれも変形性能のない脆性破壊であり、大加速度による被害といえる。2003 年の三陸南地震でも体育館のブレースの被害（一関中学校）や RC 柱の脆性破壊が見られた（遠野市役所）[2)]。

内外装など非構造材の被害では、体育館の天井材の落下や体育館の照明器具の落下も見られた。瓦屋根の被害も大加速度による被害として挙げられる。

また、今回の地震で特に土蔵の土壁の被害がいたるところで目に付いた。土蔵の被害は 2003 年の三陸南地震でも特徴的な被害として報告されている[2)]。

本棚の本の落下も大加速度で起こる被害といえよう。今回の地震では、大崎市立図書館における被害

が報告されている。2003 年の三陸南地震では宮城県立図書館が被害を受けた。

なお、建物被害ではないが、今回の地震で多く見られた斜面崩壊や土砂崩れなども短周期・大加速度の地震動による被害といえよう。

写真５～写真１０には、今回の地震と 2003 年の三陸南地震における同様の被害例を示す。写真１０には、耐力のない工作物の地震後の状況を示したものである。倒壊にいたるまで変形させるパワーのない地震動であったことを裏付けている。

(a) 2008 年岩手・宮城内陸地震
上野目小学校の柱のせん断破壊

(b) 2003 年三陸南地震における
遠野市役所の柱のせん断破壊[2)]

写真５　鉄筋コンクリート造建物の被害

(a) 2008 年岩手・宮城内陸地震
一迫中学校の体育館のブレース座屈

(b) 2003 年三陸南地震における
一関中学校の体育館のブレースの座屈[2)]

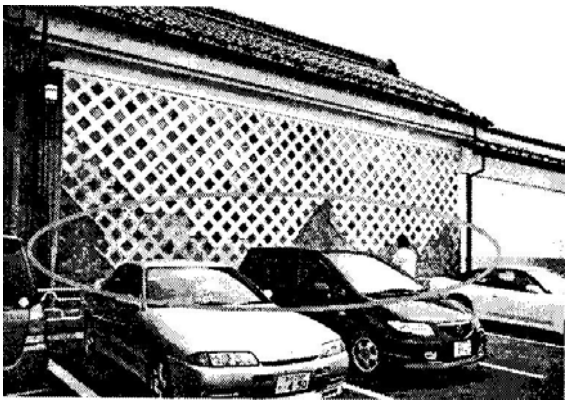
写真６　体育館のブレースの被害

(a) 2008 年岩手・宮城内陸地震
築館体育センターの照明落下

(b) 2003 年三陸南地震における
岩手県東磐井郡東山町・新町民体育館[2)]

写真 7　体育館の照明器具の落下

(a) 2008 年岩手・宮城内陸地震
岩手県一関市厳美



(b) 2003 年三陸南地震
岩手県江刺市の土蔵被害[2)]

写真 8　土蔵の被害

(a) 2008 年岩手・宮城内陸地震
大崎市立図書館[3)]

(b) 2003 年三陸南地震における
宮城県立図書館

写真 9　図書館の被害

写真１０　今回の地震で倒壊しなかった耐力のない工作物

(4)地震動の破壊力と建物の耐震性能

明治期の濃尾地震、米国のサンフランシスコ地震、イタリアのメッシーナ地震の被害に学び、佐野利器博士が水平強度「強さ」の必要性を示し[4)]、関東地震の経験を経て、1924 年に市街地建築物法を成立させた。その後、武藤清博士が剛構造を主張、武藤清博士と真嶋健三郎海軍技師による柔剛論争が展開されたのは昭和初期のことである。棚橋涼博士は、1935 年に地震被害は加速度による被害と変形による被害を区別して論じるべきで、地震動の破壊力はこの点から考える必要があるとした[5)]。その後、梅村魁博士により耐震性能は、「強さ」ばかりでなく「粘り」も必要であると提唱され、「強さと粘り」(志賀敏男博士の最終講義)が、耐震性能の基本であるとされるようになった。

５．　地盤の卓越周期と地震被害

（1）微動観測に基づく地盤の卓越周期

地盤の卓越周期と被害の関係を検討するために、栗原、大崎を中心に一関の厳美西も含めた１５点において微動観測を実施した。

表２には、微動観測点一覧として、測定位置（場所名、緯度・経度）、微動観測卓越振動数の特徴、周辺の被害状況を示す。図９には、微動観測点の位置を地図上に示す。

図１０には、各微動観測点で得られたＨ／Ｖスペクトルを示す。

図１０の⑮地点の厳美墓地は、墓石転倒率 90％を越え、山間部の丘陵頂部にある。同じ山の斜面が崩壊している。３Ｈｚ～７Ｈz の振動帯域でかなり増幅する地盤であり、本震時にはかなり大きな地動が作用したことが推定される。

１Hz 以上（１秒以下）の表層地質によると思われる卓越周期を見ると、卓越周期が長くなる地盤ほど被害が少なかった傾向にある。

表２　微動観測点一覧とその周辺の被害状況

No	場所名	緯度	経度	卓越振動数	周辺の被害
1	一迫小学校	38° 44'34.0"	140° 57'08.9"	10Hz付近で卓越、0.3Hz付近に深部構造の卓越振動数	屋根瓦落下、タイル張りの通路に亀裂
2	一迫中学校	38° 44'40.7"	140° 56'30.4"	一迫小学校とほぼ同じ	基礎ひび、体育館の筋交い湾曲
3	龍雲寺	38° 44'45.4"	140° 57'08.6"	2.5Hz～3Hzで卓越、深部構造は0.3Hz	灯篭転倒、白塗り壁にひび
4	あやめの里	38° 44'22.5"	140° 56'56.5"	一迫小学校、中学校とほぼ同じ	屋根半壊、ガラス2箇所破損、自動ドア破損、トイレ扉破損
5	古川第一小学校	38° 34'37.0"	140° 57'12.1"	1.2Hz付近に表層の卓越、深部構造は0.25Hz	壁基礎部分損壊、廊下ベニヤ浮き
6	緒絶橋（七日町）	38° 43'32.2"	140° 57'19.9"	第一小学校とほぼ同じ表層の卓越振動数、深部構造は同じ。	周辺建物のALC板剥落、土蔵の壁亀裂・剥離
7	岩出山中学校	38° 39'35.7"	140° 51'29.2"	表層は1．3Hz付近と3Hz付近、深部構造は、0．3Hz	水道管破裂、校庭ひび割れ、プール周辺陥没
8	上野目小学校	38° 41'01.1"	140° 41'01.1"	2Hz付近と7Hz～8Hzで卓越、深部0．3Hzばかりでなく、0.7Hzにもピーク	校舎柱、階段亀裂、体育館筋交い断裂、漏水
9	西大崎小学校	38° 37'22.0"	140° 53'08.5"	表層は2．6Hz付近、1秒付近にもピーク。深部構造は0．3Hzで卓越	外壁モルタル剥離、ブレース断裂2箇所
10	栗駒小学校	38° 51'52.6"	140° 57'21.4"	表層は2．5Hzと4Hz付近で卓越、深部構造は0．4Hz～0．7Hz	水道付近液状化、プール送水管破裂、体育館壁剥がれ
11	岩ヶ崎高校	38° 49'13.0"	140° 59'01.2"	表層は3～4Hzで卓越、深部構造の明瞭なピークは見られない	壁崩壊、亀裂、水道管破裂
12	若柳小学校	38° 46'02.6"	140° 08'17.1"	表層は3Hz付近、深部構造は0．8Hz	体育館天井パネルづれ、武道館破損
13	築館中学校	38° 43'19.8"	140° 1'36.7"	表層は10Hz付近で卓越、1Hz付近で卓越、深部構造は0．3Hz	天井一部落下、校舎亀裂、プールブロック倒壊危機
14	築館体育センター	38° 43'12.9"	141° 01'37.7"	表層は7Hz付近で卓越、1．2Hzにもやや卓越、深部は0．3Hz	体育館天井はがれ、上部ガラス5枚破損、軒下パネル35枚落下
15	厳美墓地	38° 58'31.4"	140° 59'06.4"	3Hz～7Hzで大きく卓越、1．5Hzでやや卓越、深部は0．35Hz	90%以上の墓石が転倒し、同じ山の南斜面で土砂くずれ

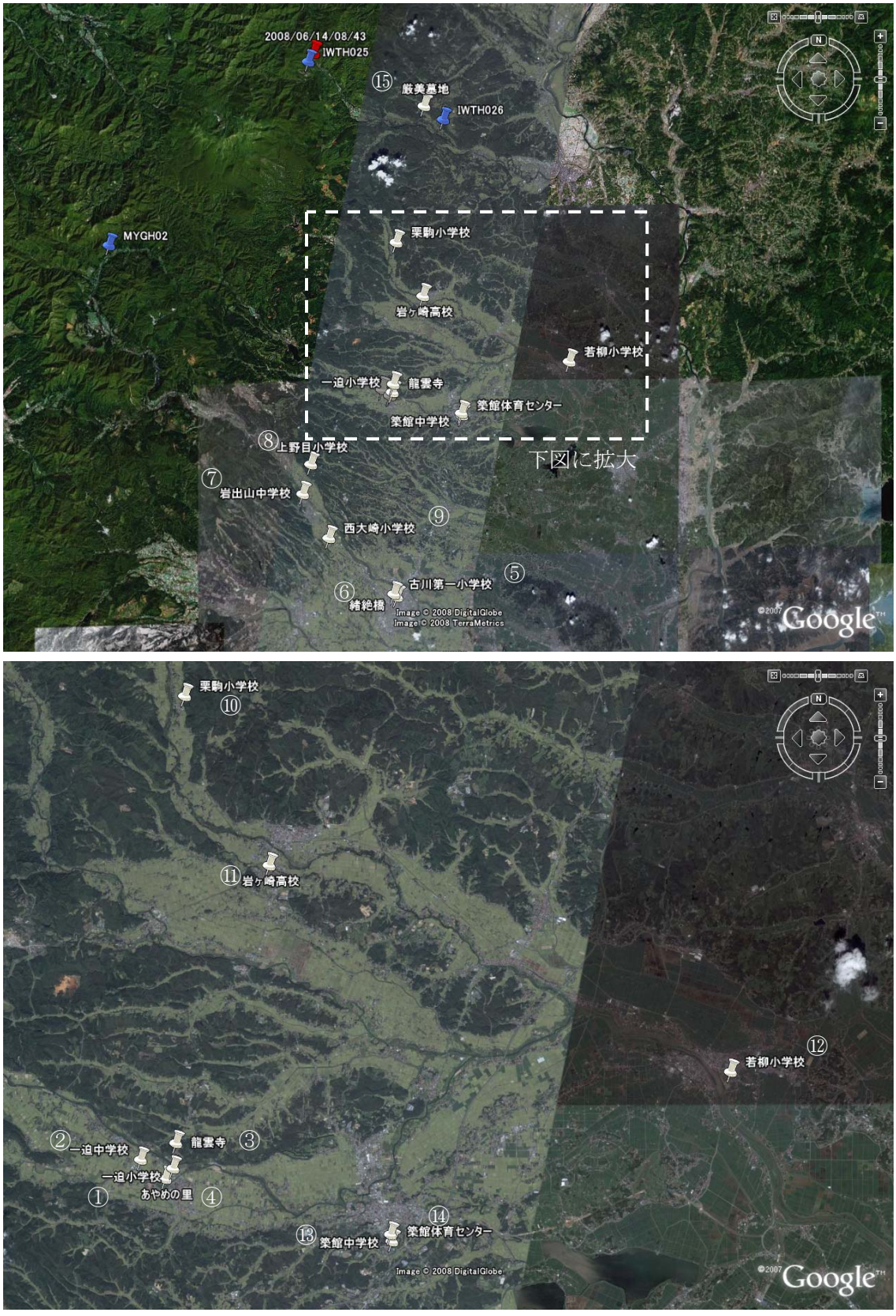

2008/06/14/08/43
IWTH025
⑮
厳美墓地
IWTH026
MYGH02
栗駒小学校
岩ヶ崎高校
若柳小学校
一迫小学校
龍雲寺
築館体育センター
築館中学校
⑧
上野目小学校
下図に拡大
⑦
岩出山中学校
⑨
西大崎小学校
⑤
⑥
古川第一小学校
緒絶橋
Image © 2008 DigitalGlobe
Image © 2008 TerraMetrics
©2007 Google
栗駒小学校
⑩
⑪
岩ヶ崎高校
⑫
若柳小学校
②
一迫中学校
龍雲寺
③
一迫小学校
①
あやめの里
④
⑭
⑬
築館中学校
築館体育センター
Image © 2008 DigitalGlobe
©2007 Google

図９　微動測定点

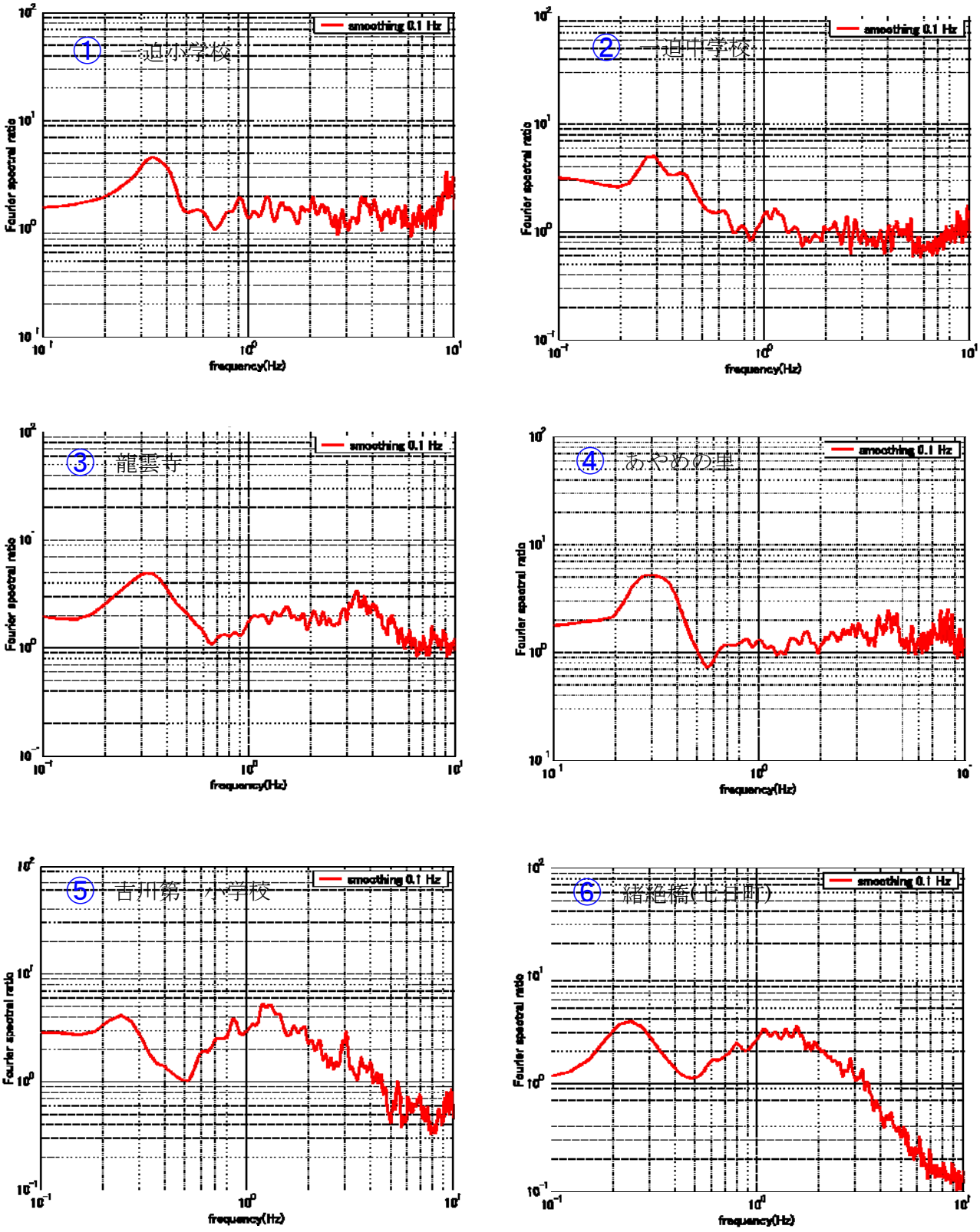


図１０　　各微動観測点で得られた H／V スペクトル（I）

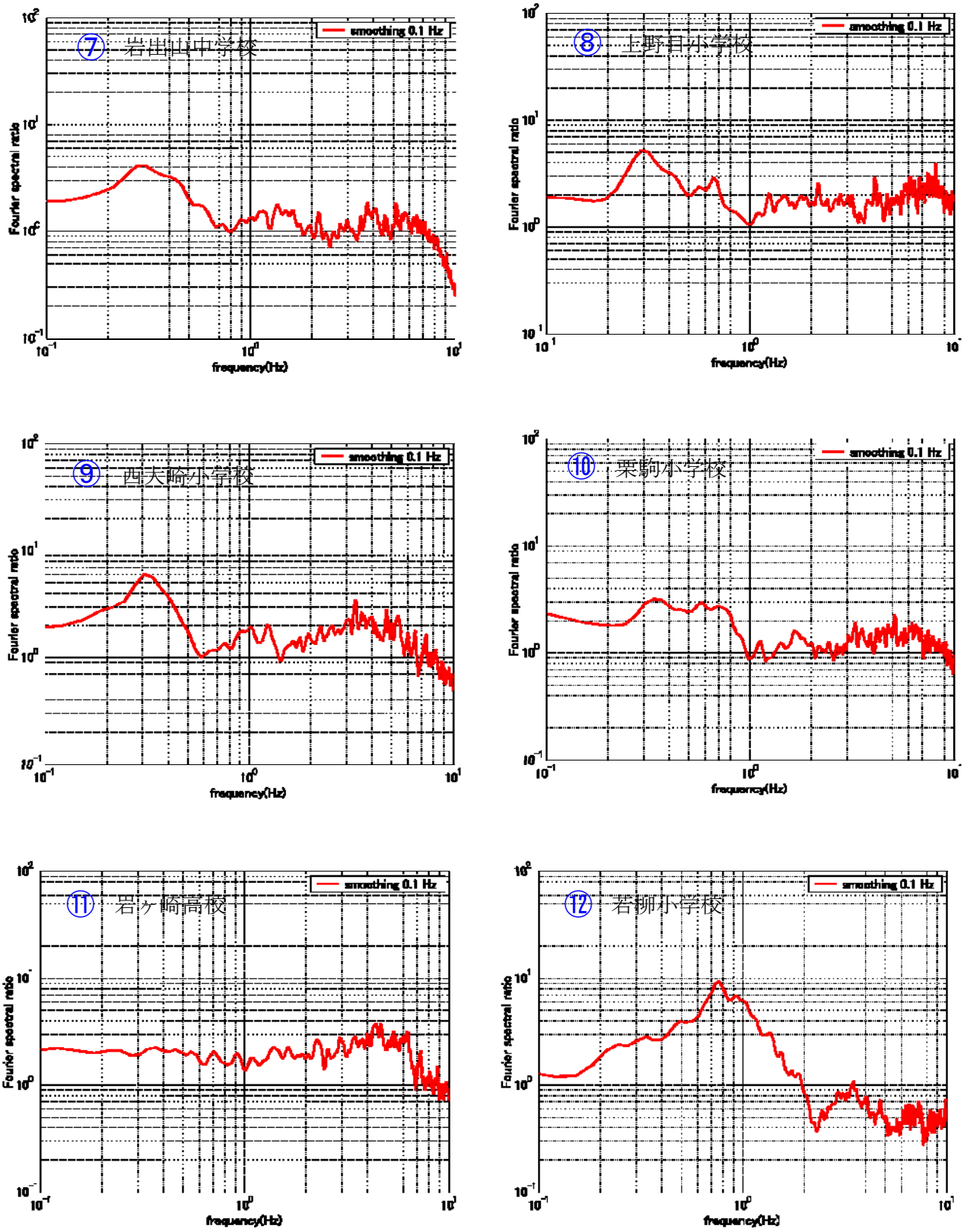


図１０　　各微動観測点で得られた H／V スペクトル（II）

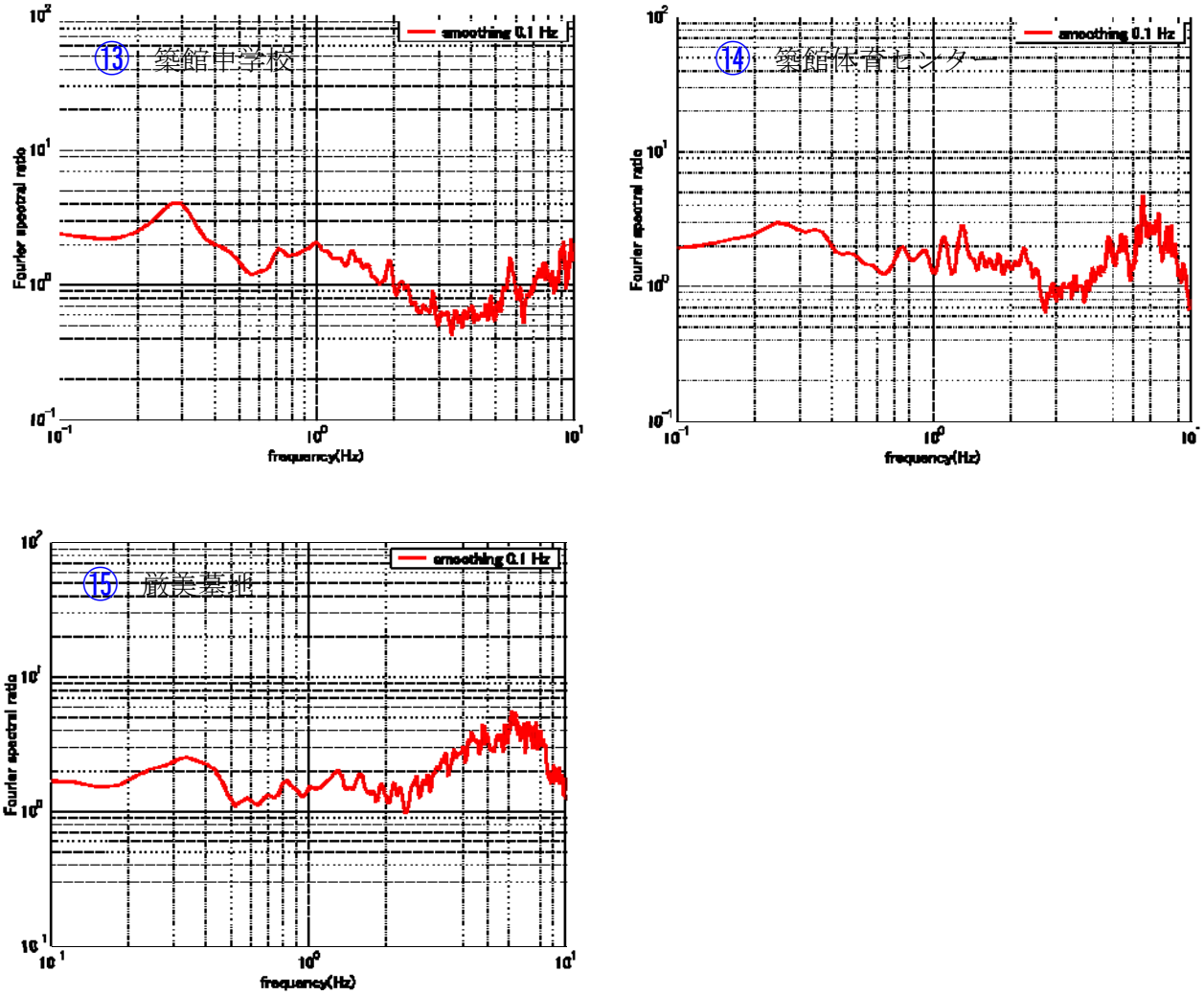


図１０　　各微動観測点で得られた H／V スペクトル（III）

(2)大崎市上野目小学校における余震観測記録

図１１には、大きな被害を受けた大崎市上野目小学校で観測された余震記録（６月２８日 15 時 39 分の M2.5 の地震)を示す。旧耐震基準による鉄筋コンクリート２階建校舎と体育館が被害を受けている。微動観測中にたまたま余震を観測したものである。

微動観測記録と余震観測記録の H／V スペクトル特性は極めて良く似ており、短周期地震動に対し増幅する地盤特性となっていることが分かる。

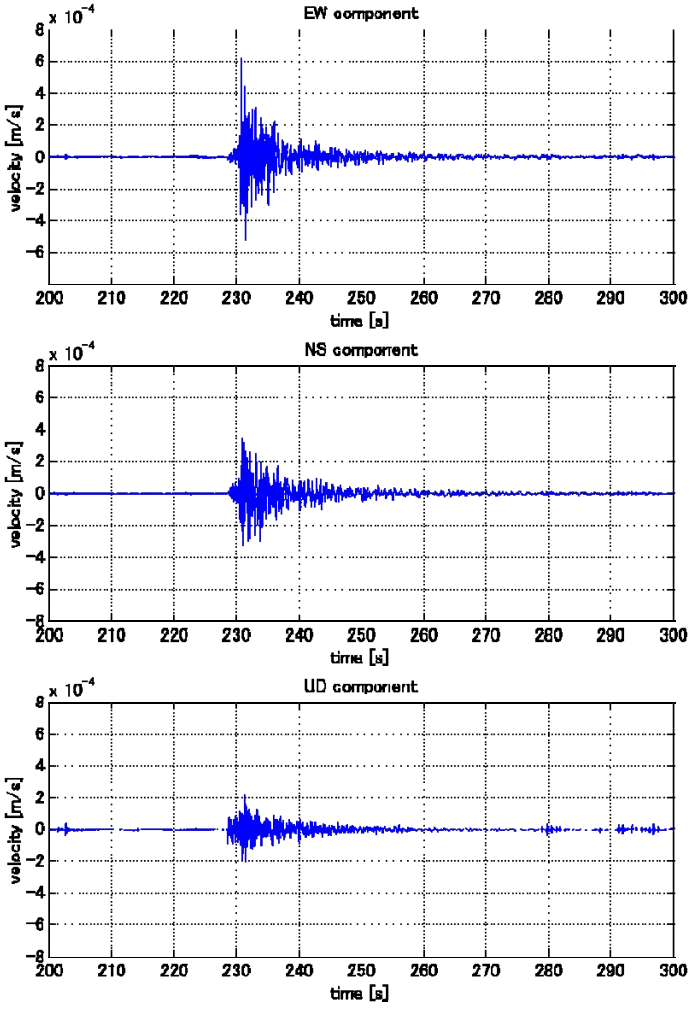


図１１　大崎市上野目小学校で観測された余震記録（速度記録）

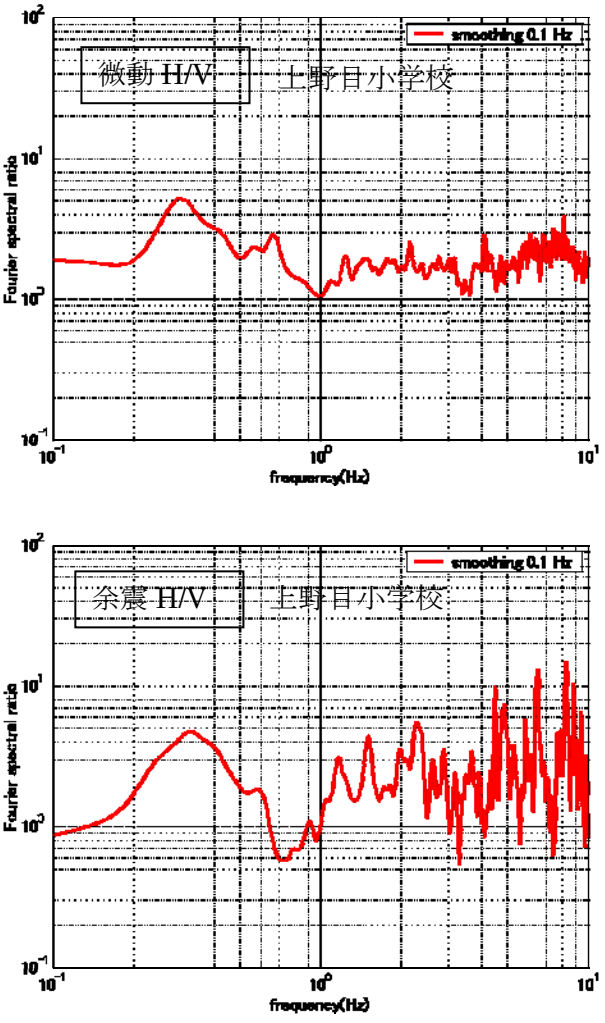


図１２　余震と微動の H／V スペクトル

6. 地震動の方向性と地震被害

(1)震源域地震動の一般的性質

一般に震源域では断層直交方向が大きくなる。また、逆断層では上盤側が下盤側より揺れは大きくなる。逆断層の場合、上下方向が大きいのも一般的性質である。

今回の地震の場合、断層メカニズムは断層の走向が 209.8°、傾斜 51.41°、すべり角 104.74°（NIED のメカニズム解）であるので、断層直交方向は東南東－西北西の方向となる。

今回の地震における震源近傍の記録の最大加速度は以下のようになっている。

石淵ダムで東西成分 2097 ガル、南北成分 1382 ガル、上下成分 2070 ガル、Kik-net の一関市西（IWTH25）で東西成分 1433 ガル、南北成分 1143 ガル、上下動 3866 ガル、同じく一関東（IWTH26）で東西成分 1056 ガル、南北成分 888 ガル、上下成分 927 ガル、K-net 鳴子（MYG005）で東西成分 521 ガル、南北成分 440 ガル、上下成分 666 ガルとなっている。

最大加速度で見る限り、これらの震源近傍における観測記録は断層直交方向に近い東西方向の加速度が大きくなっている。

(2)地質・地形の方向性と揺れの方向

丘陵地など地形の方向と揺れの方向性については、地形軸に直交する方向で地形による増幅効果が大きくなる。筆者らは、図１３に示すように、仙台城址の崖地形による地震動増幅特性を検討するために崖上（No.1：伊達政宗騎馬像付近）と石垣下（No.2）および崖下（No.3：青葉山バレーコート付近）で地震観測を実施したことがあり、14 地震の観測データを得た。これにより、崖による増幅は、崖に直交する方向（EW 方向）が崖方向（NS 方向）より大きくなることが分かった（源栄・渡辺、2001）[6)]。

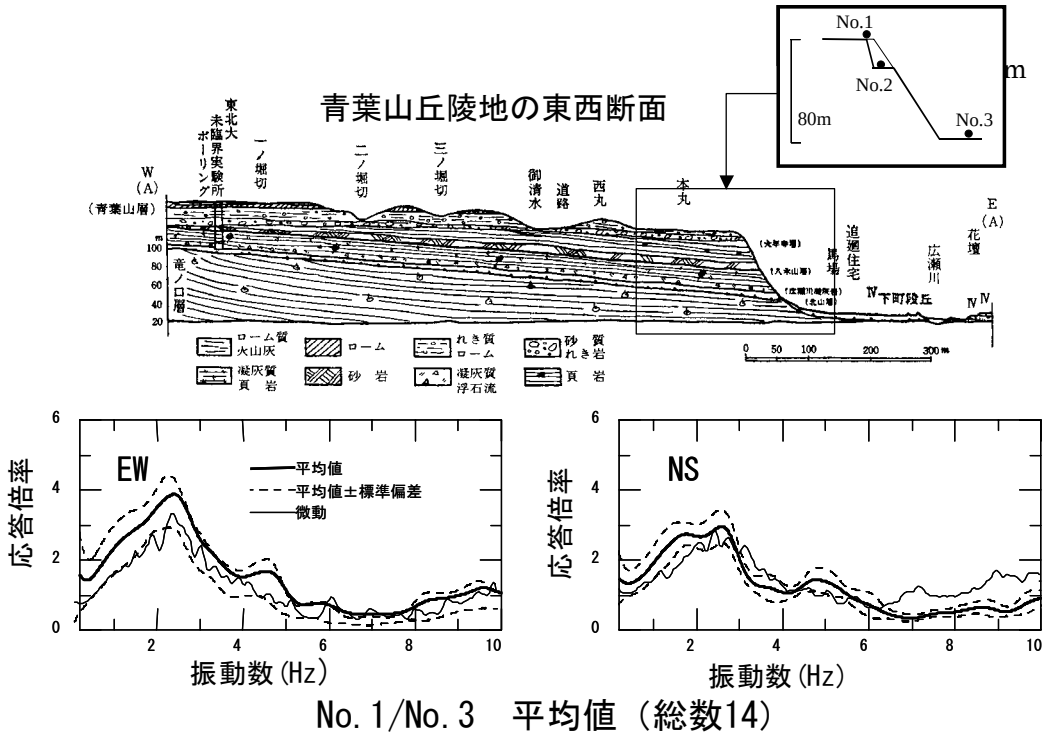


図１３ 崖地形における地震動増幅特性の検討例

今回、栗原市や大崎市を中心とする被害調査において、地震動の方向性に着目しながら被害状況を観察してみた。栗駒山系から流れ出る河川に沿って広がる沖積平野とこれに平行して存在する丘陵地が方向性をもって存在している。

地震動の主軸は、墓石など剛体の移動・転倒状況から地形の直交方向に一致している印象をもった。

(3)被災地周辺の不整形地盤

今回の岩手・宮城内陸地震における地震被害の特徴をもたらした短周期・大加速の地震動の成因をサイト特性の観点から考察する場合、不整形な地形（山地形・台地状の丘陵地形）とそれを構成する地層の弾性波速度や動力学的性質に関するデータの集積が求められよう。

写真１１は、大崎市岩出山北部の県道１７号線の松山街道沿いの造成地の掘削面を撮影したものである。山地形の頂部では短周期の地震動に対し、大きく増幅することが十分考えられる。

一関の厳美地区で土砂崩れがあった山岳丘陵地の墓地では、３Hz－７Hz の振動数帯域で大きく増幅する振動特性となっており、今回の地震においては、かなり大きな短周期の揺れであったものと推定される。

写真１１　大崎市岩出山北部の造成地（県道 17 号松山街道脇）

6. まとめおよび今後の予定

本報告では、短周期・大加速度をもたらした今回の地震と 2003 年 5 月 26 日の三陸南地震の２つの地震と地震被害について、以下の点を示した。２つの地震の震源域が、プレート運動による圧縮軸上にならぶことを示すとともに、２つの地震で観測された短周期・大加速度記録の振動台による再現、今回の地震と最近の被害地震における建物被害量の比較、建物被害が少なかった理由の考察、短周期・大加速度の揺れによる被害、微動観測に基づく地盤の卓越周期と地震被害の関係など、これまで検討してきた

ことを取りまとめた。

今後の予定として、アンケート調査による揺れの実態調査と被害の関係を検討するとともに、地盤の振動特性（卓越周期と方向性）と被害の関係に関する継続調査を行うことを考えている。

地域の地盤環境に調和した耐震設計のあり方についての提言に結びつけることができれば幸いである。

参考文献

1）宮村攝三編、地震・火山・岩石物性、第 2 章　地震活動、共立出版

2）日本建築学会、2003 年 5 月 26 日宮城県沖の地震／2003 年 7 月 26 日宮城県北部の地震災害調査報告書、2004 年

3）河北新報出版センター、08 年 6 月 14 日岩手・宮城内陸地震特別報道写真集、2008 年

4）佐野利器、家屋構造耐震論、大正5年

5）棚橋　涼、地震の破壊力と建築物の耐震力に関する私見、建築雑誌、1935 年

6）源栄正人、渡辺哲史、仙台城本丸跡崖地形での微動観測・地震観測に基づく地盤震動特性と過去の地震における強震動スペクトルの推定、構造工学論文集、Vol.47B、167-172、2001 年 3 月

岩手・宮城内陸地震・国道 342 号線橋梁被害調査

秋山　充良[1]・内藤　英樹[2]・武田　篤史[3]

[1] 東北大学准教授　大学院工学研究科土木工学専攻 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)
E-mail: akiyama@civil.tohoku.ac.jp
[2] 東北大学助教　大学院工学研究科土木工学専攻 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)
[3](株)大林組　技術研究所構造技術研究部 (〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4－640)

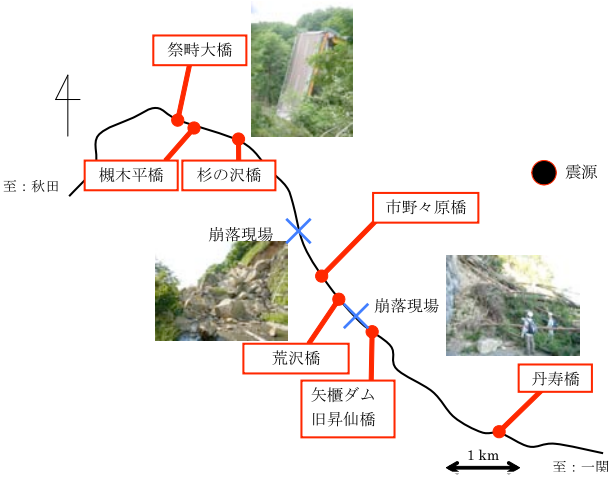
岩手・宮城内陸地震を受けて，国道 342 号線に架かる道路橋の被害調査を行った．最も大きな被害を受けたのは，1978 年に架設された橋長 94.9m の祭畤大橋（3 径間連続非合成プレートガード橋）である．落橋の直接の原因は，橋梁自体が地震力を受けたことによるものではなく，秋田側橋台の周辺地盤が崩壊することにより，橋台・橋脚が 10m ほど移動し，それに伴い桁が強制的な変位を受けたことによるものと推定された．地震による斜面崩壊が原因の落橋例は，我が国ではほとんど報告されていない．なお，今回調査した祭畤大橋以外の道路橋には，大きな被害は見られず，支承部やジョイント部の軽微な損傷に留まっていた．

1.　はじめに

国道 342 号線は，秋田県横手市から岩手県一関市，そして宮城県登米市に至る全長約 150km の一般国道である．2008 年 6 月 14 日午前 8 時 43 分に発生した岩手・宮城内陸地震（マグニチュード 7.2）を受けて，6 月 16 日・17 日および 19 日に 342 号線に架かる以下の道路橋の被害調査を行っている．各橋梁の位置関係を**図－1** に示す．

(1)　丹寿橋　　(2)　旧昇仙橋
(3)　荒沢橋　　(4)　市野々原橋
(5)　杉の沢橋　　(6)　槻木平橋
(7)　祭畤大橋

本稿では，各橋梁の被害調査結果の概要のほか，落橋した祭畤大橋に関しては，被害調査から推定された落橋過程などもまとめている．なお，被害メカニズムの詳細な解明は，今後の調査によるところが大きく，本稿の内容は，著者らの見解を暫定的に示したものに過ぎない．



図－1　調査橋梁位置図（国道 342 号線）

2.　被害調査結果の概要

(1)　丹寿橋

丹寿橋（3 径間単純鋼鈑桁橋）
橋梁：79.6m　　架設年：1973 年

6 月 17 日現在，片側通行として供用されている．一関側橋台の支承部に損傷が認められたが（**写真－1** 右図の丸部），中間 RC 橋脚などに特に被害は見られない．

写真－1　丹寿橋

(2)　旧昇仙橋

旧昇仙橋（歩道橋・単純 RC アーチ橋）

今回の地震により，**写真－2** 左図の丸部にある歩道橋への

写真－

(3)　荒沢橋

写真－5　杉の沢橋

右図)，特にひび割れなどの損傷は認められなかった．一部，一関側橋台に，部材軸方向に沿ったひび割れが見られたが，地震によるものであるのかは不明である．橋梁全体としてみれば，被害程度は軽微なものである．

(4) 市野々原橋

市野々原橋（2 径間単純鋼桁橋）

橋長：33.4m　　架設年 1977 年

橋台部伸縮装置に上下方向のずれが生じている（**写真－4** 左図）．今回の調査では，中間 RC 橋脚基部の損傷状態などを確認することはできなかったが，遠方から見る限り，特に変状は認められていない（**写真－4** 右図）．

写真－4　市野々原橋

(5) 杉の沢橋

杉の沢橋（単純鋼桁橋）

橋長：20.5m　　架設年 1974 年

橋台背面部に 15cm 程度の段差が生じているが，橋梁本体の損傷は特に観察されていない（**写真－5**）．

(6) 槻木平橋

槻木平橋（単純コンクリート桁橋）

橋長：不明　　架設年：1996 年

槻木平橋は，落橋した祭時大橋よりも一関側（西側）に 100m ほどの位置にある．直橋の単純橋であり，橋長も大きくなく，一般的に地震被害を受け難い構造でもあり，今回の調査でも，ゴム支承の変形や，支承部周辺にコンクリートの欠け落ちが見られる程度（**写真－6** 右図）の損傷しか観察されていない．

(7) 祭時大橋

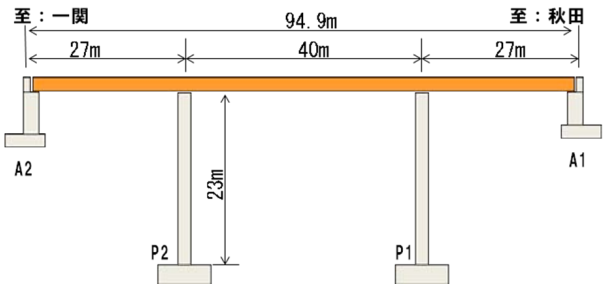
(a) 概説

祭時大橋（3 径間連続非合成プレートガーダー橋）

橋長：94.9m　　架設年 1978 年

幅員：9.0m

祭時大橋は，今回の地震によりただ一つ落橋した道路橋である（同じく落橋した旧昇仙橋は歩道橋である）．前記したように，他の道路橋の損傷は非常に限定されていることから，何故に祭時大橋のみが落橋したのかについて，その原因を検討した．本節では，調査結果の概要を示す．

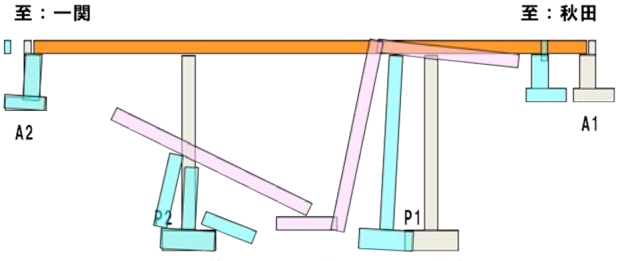


図－2　祭時大橋一般図

祭時大橋の橋梁一般図を**図－2** に示す．支承条件は，A1 橋台上が固定，P1・P2 橋脚および A2 橋台上は可動である．1978 年架設であることから，地震時保有耐力法による耐震設計は行われておらず，設計地震力の大きさも現行よりも相当に小さかったと思われる．ただし，後述されるように，落橋の主たる要因は，橋梁自体が震動を受けたことによるものではない．秋田側橋台の周辺地盤の斜面崩壊による A1 橋台および P1 橋脚の一関側への移動が引き金となっており，当時の設計地震力の大きさを落橋原因とすることは適当ではない．このような作用は，現行の耐震設計でも想定されていない

航空写真による祭時大橋の全景と，模式的に表現した落橋状況をそれぞれ**写真－7** と**図－3** に示す．**写真－7** でも秋田側橋台の周辺地盤が一関側に崩れている様子が確認できる．

写真－7　祭時大橋被災状況の全景



図－3　祭時大橋・落橋状況の模式図

(b) 被害概要

写真－7 内の「DA1」～「DA11」にある矢印の方向に撮影した写真に基づき，祭畤大橋の被害概要を示す．

DA1：A2 橋台から，秋田側を見ている．本来は，A2 橋台上にあるべき桁端部が見える．

DA2：A2 橋台パラペット部の損傷状況．桁が A2 橋台のパラペットに衝突し，そのまま一関側に移動した痕跡が確認される．パラペットの移動量はおよそ 390cm である．

DA3：A2 橋台のパラペットが 390cm 程度一関側に移動し，橋台背面の道路を押し込んだ結果として，写真に示されるような道路の隆起（高さ約 0.9m）が生じている．

DA4：A1 橋台背面の地盤の崩壊状況．地盤が一関側に向かい滑っている．

DA5：P1 橋脚の損傷状況．秋田側に 3/100 傾斜していた．A1 橋台背面の地盤の崩壊，または基礎の損傷の影響と考えられる．また，上部 1/3 程度にある打継面に沿って水平なひび割れが生じている（写真内の丸部）．全体として，同形状の P2 橋脚に比べ，外観的な損傷状況は非常に軽微なものに留まっている．

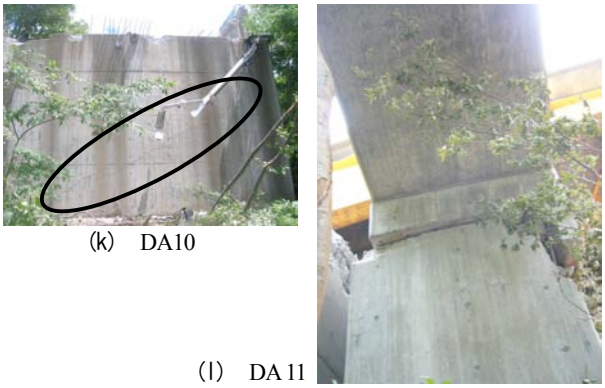
DA6：A1 橋台の損傷状況．背面地盤が滑った後に桁を押した際，および桁が旧道上に落下した際に生じたと思われるひび割れが確認された．

DA7：A1 橋台の損傷状況．落橋防止装置は確認されなかった．

DA8：P1 橋脚上から一関側を見た落橋状況．奥に見えているのが A2 橋台である．

DA9：桁の損傷状況．桁の 5m 程度の重なりが確認される．この写真から，桁は A2 橋台のパラペットを破壊した後，またはその過程で座屈のような現象を生じ，DA9 に示されるような桁の重なりが生じたと思われる．

（i） DA 8　　（j） DA 9



(k) DA10　　(l) DA 11

写真－8　祭畤大橋の被害概要（その 2）

(a) DA 1　　(b) DA 2

(c) DA 3　その 1　　(d) DA 3　その 2

(e) DA 4　　(f) DA 5

(g) DA 6　　(h) DA 7

写真－8　祭畤大橋の被害概要（その 1）

DA10：A2 橋台の損傷状況．橋台壁部に斜めひび割れが観察される（写真内の丸部）．DA8 に示されるように，桁は橋軸直角方向山側（DA10 の写真の左方向）に移動して落橋している．ひび割れ性状から，A2 橋台から桁が谷底に落ちる際に橋軸直角方向のせん断力が橋台に作用したと考えられる．一方で，計算上，この規模の橋台に斜めひび割れが発生するためには，相当に大きな力が必要であり，この斜めひび割れの発生要因については，再度，検証する必要がある．

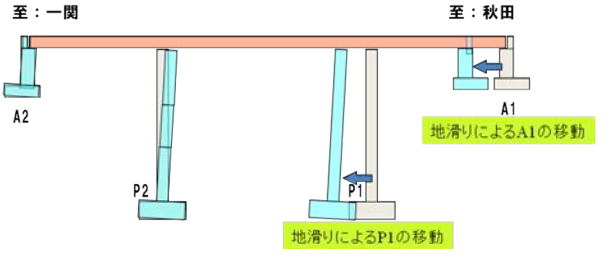
DA11：P2 橋脚の損傷状況．**図－3** に示されるように，P2 橋脚は 3 つに切断されており，DA11 はそのうちの最上部の写真であり，張出を持つ橋脚が地上に落ちている．また，切断面以外にも，DA11 に示されるように，水平なずれが打継面で生じている箇所があった．ずれ面を観

察すると，非常に平滑であった．ずれ面での鉄筋の状態については確認できていない．なお，P2 橋脚は，桁移動に伴う強制的な水平変位が天端位置で与えられ，それが原因で崩壊しているが，この破壊形態に関して，(1) 段落しの影響（段落し位置とその鉄筋量の変化），および(2) 打継面の処理の影響について，今後の検証が必要である．

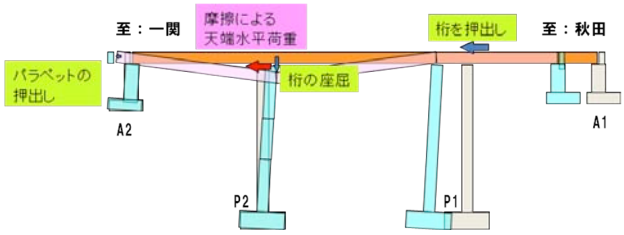
(c) 祭時大橋の落橋過程の推定

落橋した祭時大橋について，2. に示した被害概要から落橋過程を推定した．結果を**図−4** に示す．

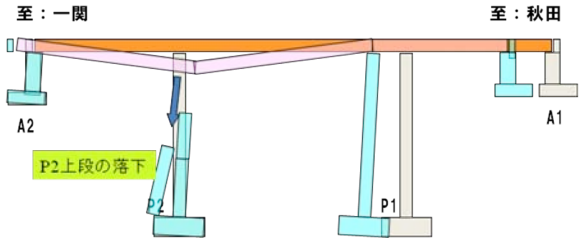
落橋過程 1：地滑りにより、A1 橋台および P1 橋脚が一関側に移動する．



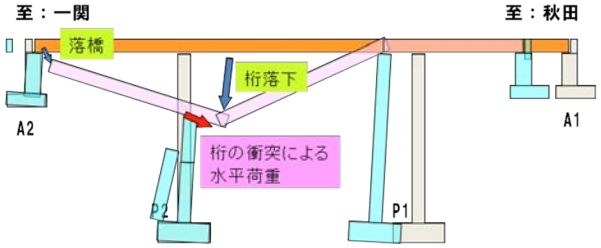
(a) 落橋過程 1



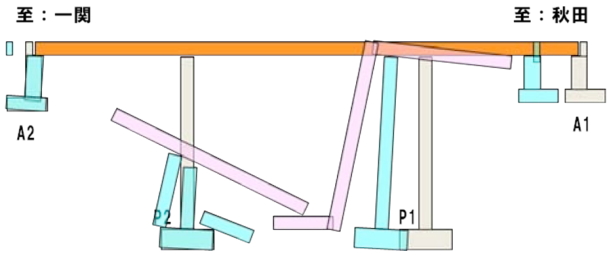
(b) 落橋過程 2



(c) 落橋過程 3



(d) 落橋過程 4



(e) 落橋過程 5

図−4 祭時大橋の落橋過程の推定

落橋過程 2：A1 橋台に押し出される形で桁が一関側に移動し，A2 橋台のパラペットを破壊する（**写真−8** の DA2 参照）．また，地震後の概略の測量では，A1 橋台・P1 橋脚はともに一関側に 10m ほど移動しており（A1 橋台と P1 橋脚間の距離に変化はない），一方で，A2 橋台パラペットは 4m しか一関側に押し込まれていないことから，A2 橋台のパラペットが一関側に移動する過程，または移動後に，桁は軸圧縮力により座屈のような現象を起こしたと推定される（**写真−8** の DA11 参照）．また，この過程で P2 橋脚上の支承も破壊したと思われる．

落橋過程 3：P2 橋脚の上段が落下．

落橋過程 4・落橋過程 5：P2 橋脚の支えがなくなり，さらに，落橋過程 2 で桁は大きな損傷が生じていることから，桁は自重を支えることができず，落橋する．

3. まとめ

国道 342 号線に架かる道路橋について，岩手・宮城内陸地震による被害調査を報告した．祭時大橋以外の損傷は，きわめて軽微であり，橋台と背面地盤の段差や，ジョイント部の損傷が生じている程度である．

祭時大橋は，以下に示すように，今後のさらなる調査が必要な点は残されているものの，落橋の直接の原因は地震動による慣性力ではなく，A1 橋台背面の斜面崩壊が引き金になっていると見て良く，この種の作用は，現行の耐震設計規準でも想定されていない．一方で，橋台や橋脚が周辺地盤とともに移動することを想定して橋梁の地震時安全性や復旧性を確保することは困難でもあり，また，合理性を欠いた設計となる可能性がある．

考えられる今後の対策としては，(1) 橋梁構造計画（平面線形の決定の段階を含む）において対処すべきと言え，斜面崩壊が予想される地点を極力避けたルート選定が必要である，(2) 一方で，やむを得ず，このような地盤変状の可能性のある地点に架橋する場合には，最悪の落橋を防止するための対策を講じる．例えば，ノックオフ機構などが考えられるが，このほかの現存する落橋防止装置も含めて，今回の落橋をこれらの使用により防ぐことができるのかは現時点で明らかでなく，大規模な地盤変状が生じても確実に落橋を防止できる装置のあり方を検討する必要がある．

最後に，祭時大橋に関して，今回の被害調査から明らかにできなかった点を以下に示す．

(1) P2 橋脚の破壊形態：今回のように，橋脚が 3 分割され，さらにその切断面や，それ以外に生じたずれ（写真−8DA11）もほぼ水平になった点について，今後の調査が必要である．橋脚高さが 25m と高く，基部

では 2 段配筋となっており，さらに可動支承であること等から，段落しが存在する可能性は高い．一方で，ずれ面の観察では，目荒らしやレイタンス除去を行った跡は見られていない．段落し，および打継面の処理が P2 橋脚の破壊形態に与えた影響について検討が必要である．なお，P2 橋脚の崩壊がない場合の落橋可能性の検証も求められる．

(2) P2 橋脚上の可動支承からの水平力伝達：P2 橋脚上は可動支承であるにも関わらず，P2 橋脚が崩壊するほどの水平力が生じた理由（または，可動支承から与えられる水平力程度で P2 橋脚が崩壊した理由）を明らかにする必要がある．

ダム決壊流の下流貯水池に対するインパクト

真野　明・有働恵子・野手武
東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター

要旨
　岩手・宮城内陸地震では，震源に近い山間部で多くの土砂崩壊が発生した．河道に流れ込んだ土砂が堆積して，川の流れを堰き止め，15 箇所に上る天然ダムが確認されている．天然ダムを大規模に越流した場合，高速流による侵食で，ダムが削られて崩壊し，蓄えられていた水が短時間に流れ出すダム決壊流により下流に被害が発生する危険がある．
　6 月 21 日には，栗駒ダムで天然ダム崩壊によると思われる異常出水があり，2 箇所で出水の過程が記録されている．本報告では，この記録を解析し，どのような流れが起こったのか推測する．また，これを敷衍してダム決壊流が下流貯水池に与えるインパクトを考察する．

１．内容

（１）栗熊ダムの異常出水事例のまとめ．

　6 月 21 日に宮城県から出された速報および資料をまとめると，以下のとおりとなる．

栗駒ダム流入量；
　　異常前流量：4m³/s（21 日午前 0 時 30 分まで）
　　ピーク流量：102m³/s（同午前 1 時２０分）
　　収束（午後 3 時過ぎ）
　　総流入量：37 万m³
　　ダムの空き容量：860 万m³
洞万水位観測所記録（栗駒ダム流入部から 1.5ｋｍ上流）
　　午前 1 時に水位上昇 1mを観測（1 時間毎の観測）

（２）天然ダムの規模の推定

　天然ダムの貯留水深をh_0とすると，短期間で崩壊した場合の崩壊流の高さは，最大で$\frac{4}{9}h_0$となることが解析的に求められる．洞万での水位記録から，$h_0 \approx 2\,\mathrm{m}$と推測できる．
　このとき洞万で$h = 1\mathrm{m}$の水位上昇を引き起こしたときの流速は，

$$u \approx 2(\sqrt{gh_0} - \sqrt{gh})$$

で見積もることができる，値を入れて計算すると，約 2m/の値が得られる．ここで g は加速度．河道幅を $B = 50\text{m}$ とすると，このときの流量 Q が

$$Q = Bhu = 130\ \text{m}^3/\text{s}$$

と推定され，栗駒ダムのピーク流量とも整合する．ちなみに，決壊流先端の移動速度は，

$$2\sqrt{gh_0} \approx 9\ \text{m/s}$$

と推算され，高速流である．

この天然ダムは行者滝周辺，あるいはその南側の支川にあったものと推測されている

図－1　行者滝付近の地形図（国土地理院）

行者滝付近の地形図を図ー1 に示す．問題は 2mの貯留水深では，貯留量は 3 万m³ 程度にしかならず，ダムの総流入量の 1 割程度と寡少である．この差異を埋める仮説としては，次のものが挙げられる．

ア）　貯留水深が今回推定したものより大きく，ゆっくり壊れた．

イ）　さらに上流からの，決壊流が加わって玉突き現象が起こった．

前者については，詳しい現地調査と，現象を再現する数値解析を行なう必要があり，これで説明できない場合に，後者の可能性が高くなるといえよう．

（３）貯水池に対するインパクト

前にあげた，栗駒ダムの事例では総流入量が，ダムの空き容量の約５％と小さく，決壊流はダム貯水池に吸収され，人工ダムが防災の役割を果たしたといえよう．

次に，天然ダムの貯水量が，下流の人工ダムの空き容量より大きい場合についてリスクを考える．磐井川市野々原地区には，推定崩壊土砂量 173 万m^3 の天然ダムが現地を調査した．下流には矢櫃ダムがあるが，常時天端から越流している砂防ダムで，空き容量はない．従って，市野々原地区の天然ダムが決壊した場合には，決壊流は矢櫃ダムを超えて下流に影響が及ぶことになる．

市野々原地区の天然ダムでは，国土交通省による仮排水路が6月21日に完成し，これを拡幅した新しい水路が 7 月 5 日に完成している．2 つの水路を合わせると，疎通能力が再現期間 10 年の洪水まで対応しているとのことである．

写真－１　矢櫃ダムより上流を望む

写真－2　市野々原地区の天然ダムの排水路．左が仮排水路，右が新排水路．

写真－３　市野々原地区の大規模者斜面崩壊

現在，この天然ダムの貯留水深は約 30mあり，いったん決壊した場合には，前の事例とは比べ物にならない大きな被害の発生が予想されるので，多面的に災害軽減の方策を考えておく必要がある．

２．課題

以上の課題をまとめると次のとおりとなる．

(1) 天然ダム崩壊について現地の状況を調べる必要がある．
(2) ダム崩壊流の挙動について，数値解析で予測する必要がある．
(3) 玉突き崩壊のメカニズムについて調べておく必要がある．
(4) 天然ダム崩壊のリスクについて検討する必要がある．

写真－４　排水路の呑口を監視する（国交省設置）

写真－５流木発生のリスク

写真－６　大規模な天然ダム貯水池

荒砥沢ダム上流部の崩壊土砂による貯水位の変動

東北大学大学院工学研究科土木工学専攻教授　　田中　仁
東北大学大学院工学研究科土木工学専攻准教授　梅田　信

１．はじめに

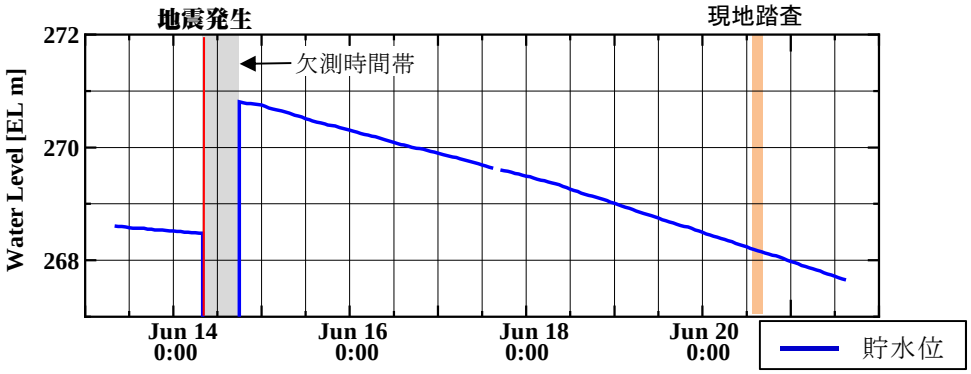
2008 年 6 月 14 日に発生した岩手・宮城内陸地震に際し，宮城県荒砥沢ダム上流部には大規模な土砂崩れが発生し，その総量は 7,000 万 m^3 にも及ぶと推定されている．その崩壊土砂の一部はダム湖に流入し，これにより湖水位が上昇するとともに，急激な土砂流入は津波に類似した波動を発生させたと推測されている．そこで，地震発生直後に現地踏査を行い，ダム堤体に残る水位痕跡に関する調査を実施した．

２．地震前後におけるダム湖の水位変化

現地踏査は地震発生後約 1 週間後の 6 月 20 日の午後に実施した．

地震発生の前後での湖水位の変化を図－1 に示す．地震により計測値の記録等を行うダムコンに障害が生じ，地震直後からの水位データが欠測となっている．その後，14 日 18 時から水位測定が再開され，その時点で，地震前に比べて 2.33m の水位の上昇が見られる．

その後，50cm/日の割合でダム湖の水位低下が図られた．図中の現地踏査の時間帯が，以下で示す写真が撮影されたおおよその時間である．地震発生前の水位に比べて 0.24m 水位が低下している状態で撮影されている．



図－１　地震発生前後の荒砥沢ダム貯水位の変化

３．現地踏査結果

調査時のダム湖の遠景を図－２に示す．水面から 2－3m の高さにわたって流木や枯れ草などが痕跡として残っており，その上端はほぼ水平な直線状である．ただし，ダム堤体に近づいてみると，図－２において見られる痕跡の他に，もう一本の痕跡が見られる（図－３）．ここでは，痕跡 A，痕跡 B として，両者を識別する．上述の通り，痕跡 A には流木も見られるが，痕跡 B には草などの軽量なもののみで，流木は見られなかった．また，その付着量も痕跡 A に比べて極端に少

なく，図－２の写真では認識できないほどであった．これより，痕跡 B の水位継続時間は痕跡 A のそれに比べ短時間のあったことが推測される．なお，ダム湖には網場が設置されており，通常は上流より流れてくる流木やごみ等を捕捉し，これらが堤体まで到ることを阻止する．崩壊土砂流入時にはこの網場が機能せず，痕跡 A，B に見られる箇所まで到達している．

図－４，５に見られるように，痕跡 A と痕跡 B の高さの差は 2－3m 程度であった．

図－２　ダム湖右岸からの遠景

図－３　ダム堤体に残る水位痕跡

図－４　ダム堤体に残る水位痕跡

図－５　ダム堤体に残る水位痕跡

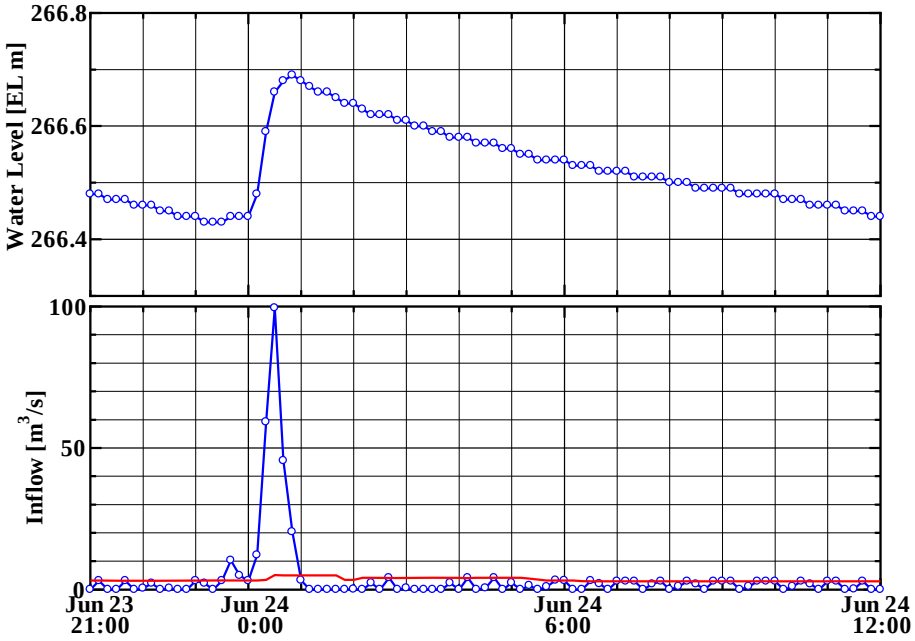
以上に見られる痕跡物の多寡から判断して，痕跡 A は，土砂流入により上昇し，ある程度の長い時間にわたり継続した水位の平均的高さを表しているものと推測される．また，痕跡 B は一時的に発生した波による遡上痕を表しているものと推測される．

なお，ダム表面の堤体材料に散乱などは無く，崩壊土砂流入に伴う流体運動による堤体の損傷は見られなかった．

今回の地震においては被災地域の各所にいわゆる土砂ダムが形成されたことが報告されている．荒砥沢ダム上流部においても同様な土砂ダムが見られた（図－６）．調査時において，土砂背後の支川に水位上昇が見られ，その高さは水を堰き止めている堆積土砂の天端近くまで達していることが確認された．

図－６　ダム上流部に形成された土砂ダム

その後，この土砂ダムからの越流（崩壊？）によるものと見られるダム湖内水位の急激な変化が観測されている．水位・流量の変動の様子を図－７に示す．現地調査を行った 20 日から 3 日後の 23 日 23:40 ころから水位の上昇が見られ，その後，24 日 0:00 以降から急激な水位上昇・流量の増加が見られる．このイベントの前後で水位は 0.26m 上昇した．



図－７　土砂ダム崩壊による水位変化・流量変化

３．河川の状況

荒砥沢ダムのある二迫川を含め，土砂崩壊が生じた河川では，崩壊土砂から発生する水の濁りが顕著であった．図－９の地点は，藍染めで知られている地区でもあることから，観光や産業面での影響が出ているようである．また，長期的に濁りが継続するようであれば，生態系を含めた河川環境に対する影響も，さらに懸念されるところである．

図－８　荒砥沢ダム貯水池（藍染湖）の濁り

図－９　中山橋（栗原市栗駒文字中山）
荒砥沢ダム下流約 11km の二迫川

４．おわりに

荒砥沢ダムでの状況は，ダム自体に大きな損傷等がなく，大きな被害が出るようなことには至っていない．今回は，土砂崩壊による水位上昇と崩壊で発生した段波の波高を合わせて，数 m の水位上昇で済み，ダムの容量範囲内に十分収まっていた．しかし，条件によっては，ダムからの越流のようなことにまで発展しうる可能性がないかが懸念される．

謝辞：本報告の現地調査を行うに際し，宮城県栗原地方ダム総合事務所の協力を得た．また，本報告に示した水位・流量データは宮城県河川課のホームページよりダウンロードしたものである．ここに記して謝意を表する．

タイトル：岩手・宮城内陸地震で明らかになった医療の課題

発表者：山内聡、小林道生、篠澤洋太郎
所　属：東北大学病院高度救命救急センター

(1) 今回の地震，災害および対応での特徴

今回の地震は岩手県内陸南部の地下を震源とするマグニチュード 7.2、最大震度 6 強の地震であったが、地震の規模の割には人的被害（死亡 12 名、行方不明 12 名)、建物倒壊などが少なかった。今回の教訓を来る宮城県沖地震（被害想定；死亡 100～150 名、重傷者 400～600 名）に備えるべく検証したいと思う。

(2) 皆さんにお伝えしたい重要な点

○東北大学病院内

Command&Control（指揮命令＆連絡調整)：

・ 一応、マニュアルどおり救命救急センターの上級医師が暫定の災害本部長となったが、多数傷病者の来院が予想される場合に救命救急センター医師が暫定の災害本部長となるべきか検討を要する。

・ 休日であったため、本部が立ち上がるまで時間を要した。

Safety（安全管理)：

・各部署から災害対策本部に被害報告が届けられた。

・防災センターにある緊急地震速報システムは機能していた

Communication（情報伝達)：

・ 電話、PHS、医療情報システムなどいずれも被害を受けなかったため、大きな混乱はみられなかったが、全館放送などを使って、もっと情報（エレベーターの復興状況、院内の安全性、災害対策本部の設置など）を提供すべきであった。

・ 病院から消防側に重症患者の受け入れが可能であることを早期に表明できた。

Assessment（評価)：

・災害対策本部からの今回の地震に対する当院の対応（待機なのか解除なのか）が職員に伝わっていなかった。

Triage(トリアージ)

Transport（輸送)

Treatment(治療)

・今回、市内に受傷がほとんどいなかったが、通常の救急対応であったが、実践対応の確認の意味で、災害対応での準備を行うべきであったかもしれない

○宮城県内

Command&Control（指揮命令＆連絡調整)：

・最初 DMAT を統括する立場に県内の医師がならなかった（なりにくかった)。

・医療、行政、消防、警察、自衛隊の有機的な連携はとられていなかった。
・DMAT とその他の医療機関との指揮命令系統の統制がとれていなかった。
Safety（安全管理）:
・災害現場での活動は、一つ間違えば二次被害にあってもおかしくない状況であった。
Communication（情報伝達）:
・携帯電話、電話が使えない状態で十分な情報共有ができなかった。
・宮城県救急医療情報システムは早期には災害モードに切り替わっていなかった。どのくらい情報の入力があって、使われたかの検証が必要。
・EMIS（Emergency Medical Information System）には災害拠点病院しか入っておらず、医療機関の把握ができない。
・MCA 無線は使用されなかった。
・携帯の通じない災害現場には衛星携帯電話が必須。
Assessment（評価）:
・医療のニーズ、時相の評価は、誰がおこなって、調整すべきなのか 。
Triage(トリアージ)
Transport（輸送）
Treatment(治療)
・幸い受傷者が少なかったため、DMAT 本来の役割である災害による外傷患者の医療のニーズはほとんどなかった。前回の新潟県中越沖地震の時と同様に避難所での医療を行った。
・ドクターヘリにより重症患者の病院間転送が行われた。ドクターヘリは患者搬送、医療資源（スタッフ、医療資器材、薬剤）の輸送に有用であると考えられた。

(3) 今後の課題

○東北大学病院院内
・マニュアルの改訂（現在進行中）
・実践を意識した訓練
・災害に対する物品の準備（DMAT 用自動車）

○宮城県内
・県の災害医療対策マニュアルを現実性のあるものに改訂する。
・危機対策室に医療従事者を入れる（急性期には DMAT,慢性期には保健所)。
・統括 DMAT 資格者間の役割分担、情報共有。
・慢性期医療へのスムーズでシームレスな移行。
・災害拠点病院に災害時に使用できる緊急車両を整備する。
・災害時にも有用なドクターヘリの導入。
・県と DMAT の協定を結ぶ。

・各職種を交えた展示型ではない合同訓練（机上訓練（エマルゴ）、実動訓練）を行う。
・災害拠点病院に患者受け入れのための物品を支給あるいは、そのための援助を行う。
・宮城県沖地震では県内の医療機関だけでは対応できず、仙台空港や松島基地を用いた広域搬送が必須となる。そのための計画、準備を行う。

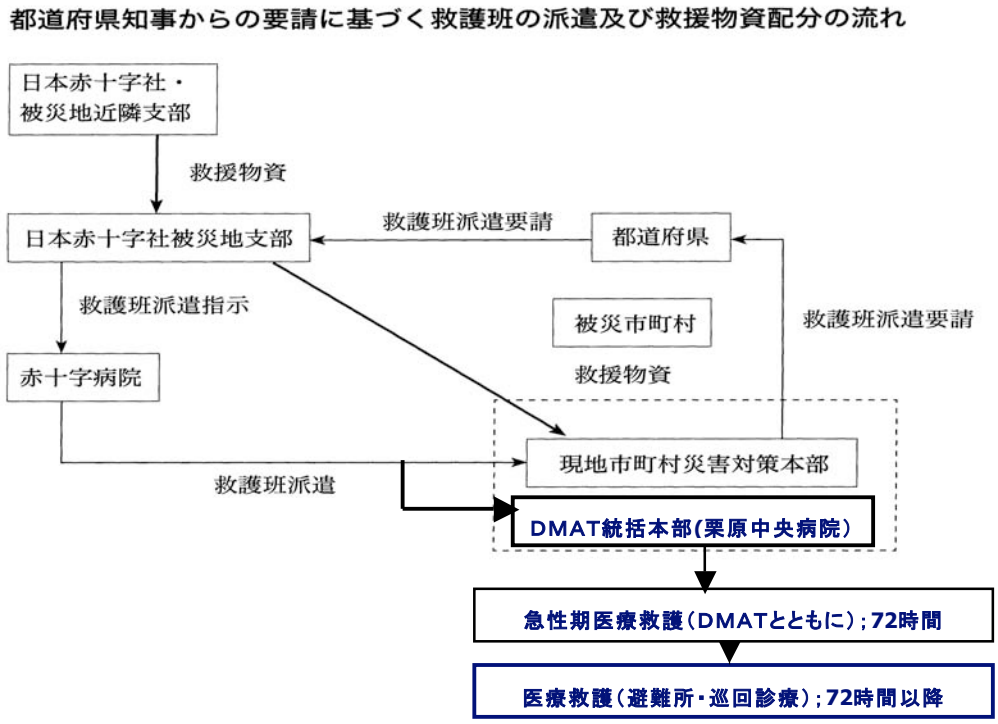
平成20年岩手宮城内陸地震
日本赤十字社宮城県支部の医療救護

仙台赤十字病院
日本赤十字社宮城県支部医療救護班　遠藤尚文　ほか

はじめに

日本赤十字社では、各種災害時にあたって、独立した医療救護班を派遣し、被災傷病者の医療救護を行ってきました。近年、日本DMATを始めとする超急性期の医療救護システムが整備されつつあり、赤十字医療救護の特色を生かしながら各種組織と連携して活動する方法を模索しています。今回の岩手宮城内陸地震では、日本DMAT、医師会救護チーム、自衛隊、災害拠点病院など多くの医療チームと連携しながら日本赤十字国内型緊急対応ユニット（以下dERU）を稼動させ、急性期から1週間の活動を行うことができました。災害対策に関連する種々の機関に我々の活動をご理解頂くことで、より円滑に傷病者救護を行うことができると考え、今回の救護活動の概要を提示いたします。

1） 今回の災害での赤十字救護班　派遣の流れ



各赤十字病院では、夫々、災害対応手順が決められていますが、仙台赤十字病院でも震度5弱以上での職員の参集が行われます。 続いて、病院管理者の判断で災害対策本部が設置され、災害対

応レベルが判断されるますが、今回の対応は以下のとおりです。

9:40赤十字宮城県支部からの指示前;(発災1時間後)担当職員が充足した段階で先発救護班1個班(9名)と後方支援1班が編成され、出動準備が開始されました。仙台市内でも午前9時頃から10:30分頃までの約1.5時間、携帯電話・メールがつながりにくく、情報収集に支障をきたしました。

10:30頃に赤十字無線と携帯電話で赤十字宮城県支部と連絡が取れ、石巻赤十字病院救護班(10名)と共に国内型緊急対応ユニット(dERU)を構成しての出動命令を確認しました。

11:55急性期用薬品への積み換え・食料と飲料水を確保した後、病院を出発しました。出発まで3時間10分を要しました

2) DMATとの協調活動

13:45(発災後5時間)に栗原市役所に到着し、市災害対策本部で医療担当部署と協議し、展開候補地を花山地区と栗駒地区とすることができました。どの程度の医療を要するかは確認作業中でした

14:20DMAT参集場所として指定された栗原中央病院でDMAT登録を行い、仙台医療センターDMATチームと花山総合支所に展開するよう支持を受けました。

15:25(発災後7時間)に花山総合支所到着し、dERUを展開し、医療活動を開始しました。自衛隊にヘリコプターによる孤立地区への医師派遣を依頼し、16:05に最初の医師(仙台医療センターDMAT)が現地に向かいました。

3) 使用資器材とdERU構成

構成; 医師2名、看護師長2名、 看護師4名、助産師1名、薬剤師1名、主事4名、計14名を基本としていますが、今回は日本DMAT隊員3名(医師2名、看護師長1名)を含む19名で活動しました。 これらの人員で、普通4駆貨物自動車(3.5トン)にコンテナに入れた約1トンの医療資器材を運用します。外傷60%、急性内因性疾患20%、慢性疾患20%程度の傷病者を100-150名 /日3日間診療できる程度の医薬品(65品目)、医療セット(188品目)を持っています。展開するエアテントは9X9X4mの広さで、パーテイションによって区切ることができます。

4）dERU運用

A）急性期のDMATおよび東京都医師会医療チームとの活動

仙台医療センターDMATが出発後に「崖崩れで4名被災した。詳細不明」との事で医療班要請があり、赤十字DMAT医師1名が自衛隊UH－1で温湯地区・佐藤旅館付近に到達。崖崩れ現場まで1kmまでいったがそれ以上近づけず、2名救助後見つかった1名も心肺停止であったため、付近の避難者状況を確認後帰還しました。

19:20工事中の土砂崩れ現場からの2名を医師が救急車に同乗して収容に向かいました。

20:10dERUに収容。死亡を確認した。dERU内で死亡宣告。家族対応を行いましたが、今回は心理支援チームを同行させていなかったので対応が十分とはいえず、課題を残しました。

6月15日

0:05避難者の容態が急変し、ヘリコプターで搬送されdERUに収容されました。医学的チェック後、パッキングを行い、0:40石巻赤十字病院に自衛隊UH-1ヘリコプターで航空搬送を行いました。

14日―15日24:00まで、計33名（死亡2名、他医療機関への搬送5名）の診療を行いました。

以上、急性期には複数の医療チームを交えて、豊富な資機材を有するdERUを搬送拠点・一時待機所として機能させることができました。今後も装備を充実させていく必要はあるが、dERUの存在を対策本部の医療担当者や多くの医療チームに知って頂き、活用していただくことで、より効果的な傷病者救援を行うことができると確信いたします。

B)慢性期移行期 （6月16日－6月22日）

dERUは その資器材の豊富さと運用チームが多数存在することで、DMAT他の医療チームが活動終了した後も、救護所・巡回診療拠点として活動を継続することができます。今回は、花山地区の診療所が早期に通常活動を開始しましたが、診療所医師の業務を支援し、計77名の診療を行いました。23日以降は、自衛隊医療班に避難所医療を引き継いで活動を終了し撤収しました。

5）今後に向けての課題および要望

A） dERUの存在そのものを行政・消防・警察・自衛隊等の機関、そしてDMATをはじめとした各医療チームに知って頂く。

B） 災害対策本部の医療担当部署との調整；
発災後数時間の急性期の情報がまとまらない時点では、展開候補地の選択が難しく、現地に行ってみないと分からない状況にありました。状況の変化を捉えるために医療チーム側の連絡担当者を配置する必要がありました

C） 訓練された医療チームが傷病者により近付く有利さをご理解して頂くことで、収容早期に傷病者の医療的管理を開始することができます。 できれば、収容時に、なるべく傷病者近くに接近できるように医療チームが同行することをご考慮下さい。

D） ヘリコプターの定員によっては、医師1名で現地医療業務を行えるように、医療装備のパッケー

ジを準備する。

E) 複数・他施設混成医療チーム間の調整；展開現場で医療行動全体を管理・統合できる機能を立ち上げる。

以上、岩手宮城内陸地震での日本赤十字宮城県支部医療救護班の活動を他医療機関チームとの連携を含めて報告しました。今回も各方面の皆様に多大なご支援を頂きながらも、医療救護活動を行うことができました。 未だ、多くの課題を残しておりますが、皆様のご協力に深謝しつつこの稿を終わらせていただきます。 今後ともご指導よろしくお願い致します。

要旨；
岩手宮城内陸地震で、日本赤十字社宮城県支部救護班は19名編成の国内型緊急対応ユニット（以下dERU）を栗原市花山地区に展開し、日本DMATほかの複数医療チームと共に医療救護を行った。 医療チームは自衛隊ヘリコプターに同乗、あるいは、消防隊に同行して傷病者収容と医療管理を行った。現地に参集した医療チームもdERUを診療の拠点として利用できた。急性期、dERUでは傷病者収容時の医学的チェックを行い、その後の搬送拠点・一時待機所として機能し、続く慢性移行期には避難所救護を担当した。期間中、計108名の診療を行った。今後、より多くの関係者にdERUの存在を知ってもらうことで円滑な医療救護活動が展開されると期待する。加えて、展開地では、早期に医療救護全体を統括する枠組みが必要とされる。

平成２０年岩手・宮城内陸地震における緊急地震速報

仙台管区気象台技術部地震情報官
中村浩二

１　地震の概要

平成 20 年６月 14 日 08 時 43 分頃、岩手県内陸南部の北緯 39 度 01.7 分、東経 140 度 52.8 分、深さ８km を震源とするマグニチュード（M）7.2（暫定）の地震が発生した。この地震により岩手県奥州市と宮城県栗原市で震度６強、宮城県大崎市で震度６弱を観測したほか、東北地方を中心に北海道から関東・中部地方にかけての広い範囲で震度５強から震度１を観測した。この地震のメカニズムは西北西－東南東に圧力軸をもつ逆断層型であった。７月４日までの最大余震は同日 09 時 20 分頃、宮城県北部（M5.7）で発生し宮城県大崎市で震度５弱を観測した。

この地震により死者 12 名、行方不明者 10 名、負傷者 442 名、800 棟近い家屋が被害を受けた。（７月４日現在、総務省消防庁調べ）気象庁はこの地震を「平成 20 年（2008 年）岩手･宮城内陸地震」と命名した。

２　緊急地震速報の発表状況

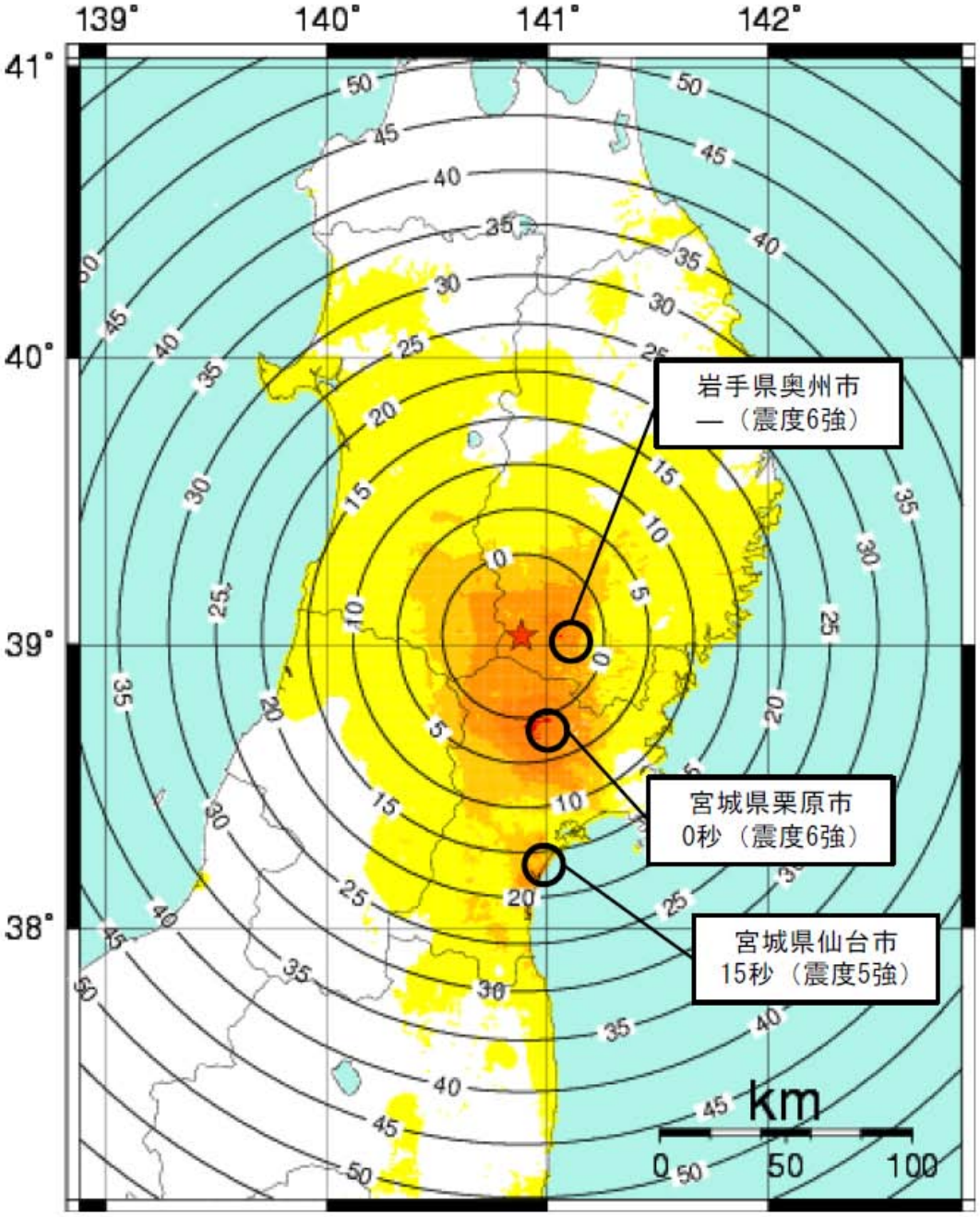
この地震の発生時、最初の観測点で地震波を検知してから、3.5 秒後に緊急地震速報（予報）第一報が発表された。同 4.5 秒後の０８時４３分５５秒には岩手・宮城・秋田・山形の各県に強い揺れが推定されるため緊急地震速報（警報）が発表され、一般向けに提供された。この緊急地震速報（警報）は、震源から約３０㎞程度以上離れた地域では、Ｓ波の到達以前に緊急地震速報が発表された。この後、同 22.4 秒後には地震の規模推定結果の更新による警報対象地域の追加のために緊急地震速報（警報）の続報が発表された。このほか、平成 20 年６月 14 日９時 20 分の地震（M5.7、観測された最大震度は５弱）、同 12 時 27 分（M5.2、観測された最大震度は４）時にも、緊急地震速報（警報）が発表された。

３　緊急地震速報の利用状況

この地震は内陸地域で起きたため、震源域の近傍では緊急地震速報（警報）は間に合わなかった。しかし、強い揺れに見舞われた地域が広かったため、緊急地震速報（警報）が強い揺れの到着する前に提供された地域も多くあった。これらの地域では、学校において子供たちの安全確保が行われたり、工場において製造機械を自動的に停止したりするなど、緊急地震速報が有効に活用された事例が報道されている。一方で、何も行動できず、正しく活用できなかったという事例もあった。

緊急地震速報の有効活用のため、緊急地震速報についての正しい知識と、いざという時の心得（「周囲の状況を確認し、あわてず身の安全を確保する」）の周知・広報をさらに進めていく必要がある。

緊急地震速報（警報）の
発表から主要動到達までの時間



★：震源

2008年岩手・宮城内陸地震における
学校での緊急地震速報の受信状況と対応状況

東北大学・災害制御研究センター
源栄　正人

現在、東北大学災害制御研究センターでは、県内の８校（単独受信５校、みやぎ SWAN 経由 3 校）で学校における緊急地震速報の利活用を実証試験の形で実施している(参考資料１参照)。

今回の地震では、単独受信の５校には、文部科学省の事業で導入したシステムがある。気象庁の第３報から受信するように設定してあり、校内放送への自動接続は ON／OFF 切り替えできるシステムになっている。今回の地震では、大崎市立古川第３小学校で S 波到来の３秒前、仙台市立鶴谷小学校で１１秒前、同長町小学校で１３秒前、白石中学校で２１秒前に緊急地震速報を正常に受信している。

地震発生が、土曜日であったため白石中学校を除き校内放送への自動接続が OFF に設定されていたため地震発生と避難誘導のアナウンスは流れなかった。白石中学校では、中体連のため、柔道部、文化部、特別養護教室の生徒など、１００名程度の生徒が教室におり、緊急地震速報によるアナウンスが校内放送で流れ、机の下に避難した。１１日に避難訓練を行ったばかりであり、適切な行動をとることができた。白石中では古い体育館のガラス１０枚に亀裂が入る被害が出ている。耐震改修は終っており飛散防止フィルムが張ってあり落下はなかった。仙台市の鶴谷小学校と長町小学校では、防火扉が開いた。

古川第３小学校では、教頭先生が地震のため登校、放送への接続を ON にし、余震で校内放送に緊急地震速報が流れたことが確認されている。

みやぎ SWAN を利用した配信では､角田市の角田北中学校と西根中学校で正常に受信し、校内放送が流れている。これらの中学校は耐震診断の結果 NG と判断された学校施設であり、角田市教育委員会の要請で昨年システムを導入した。地震の時、角田北中学校では、先生３名が学校におり、校内放送が流れたことを確認している。また、校内の建て替え工事の作業員も放送を聞いたが認識できなかったようである。仙台西校では、進学テストのため生徒１０８名と先生５名、警備員２名がいたが、職員室の PC 受信装置は正常に受信したが、校内放送へ接続されている受信機のトラブルで放送は流れなかった。揺れを感じてテストを中断、机の下に１５分、様子を見る５分などの対応をした。

また、東北大学では、災害制御研究センターと東北大学病院に設置した衛星経由の受信装置が気象庁からの第１報を１５秒前に受信している。大学病院の防災センターでは、震度４を示すパトライトが点灯し、警備員が身構えた。

なお、筆者の指導により開発された宮城県大衡村の宮城沖電気(株)の「リアルタイム地震防災システム」は、現地地震計を備えた緊急地震速報活用システムであり、今回の地震では、従業員の避難、機械・遮断制御を行い、地震による人的・物的被害を防ぐことができたことを付け加えておく(参考資料 2 参照)。

参考資料１

2008/6/19 東北大学源栄研

参考資料　各学校における緊急地震速報受信時対応の聞き取り結果

学校	システム	土曜日の状況	被害
大崎市立古川第三小学校	単独受信	土日校内放送出力offとしているため、本震は流れていない。地震後に状況把握のためお昼過ぎまで学校におり、その際にはonとしたため、余震が流れた。	大きな被害はないが、教室の壁に亀裂が発生。
石巻市立釜小学校	単独受信	土日校内放送出力offとしているため、本震は流れていない。地震後に学校に来て動作を確認している。	特に被害は確認されない。
白石市立白石中学校	単独受信	中体連のため、柔道部、文化部と教務主任、生徒など100名近くが学校におり、緊急地震放送が流れた。小さな揺れの後に緊急地震速報が校内に流れ、約10秒後に強い揺れがあった。	体育館は耐震補強済みであり、飛散防止シートが張ってあり、しばらく後に10枚近くのガラスのひび割れに気づいた。
仙台市立鶴谷小学校	単独受信	土日校内放送出力offとしているため、本震は流れていない。	防火扉が2～3箇所しまった。
仙台市立長町小学校	単独受信	土日校内放送出力offとしているため、本震は流れていない。先生が出勤していたため、PCからの出力を確認した。	防火扉がひらいた。
宮城県立仙台西高等学校	みやぎSWAN経由	先生5名、警備員2名、生徒108名（進学テストのため）がいた。職員室のPCでは受信しているが、全館放送には流れなかった。揺れを感じてテストを中断し、机の下隠れ様子を見る15分、様子を見る5分などの対応をした。	特に被害は確認されない。
角田市立北角田中学校	みやぎSWAN経由	先生3名が学校におり、校内に流れたことを確認した。校内の立て替え工事の作業員も聞いていたが、認識できなかったようだ。	防火扉が3枚閉まった。被害はない。
角田市立西根中学校	みやぎSWAN経由	土曜日であるが、一人の先生がいた。P波と思われる揺れと同時に緊急放送が学校内全館に流れた。近年にない大きな揺れで、P波とS波が区別できる。	体育館の一部の壁がはがれた。
東北大学病院	Sバンド	震度4と予想され、モニタ上のパトライトが2色点灯（音無）。警備員が身構えた。	被害は確認されない。

参考資料２

2008.6.18（第4版）
㈱沖環境テクノロジー

宮城沖電気㈱におけるリアルタイム地震防災システム動作状況

・発生日時：　08年6月14日（土）08時43分頃
・震源地　：　岩手県内陸南部　　・地震規模：　深さ10km、マグニチュード7.2

発生時間	猶予時間（秒）	事象	S波実測値（gal）	気象庁緊急地震速報		宮城沖内設置ＪＢＳ－０１（Ｐｈａｓｅ３）			備考
				速報（Ｎｏ）	予測値（gal）	Ｐ波実測値（gal）	Ｓ波予測値（gal）	出力	
8:43:45:0	20.3	地震発生							気象庁最終報による
8:43:53:7	11.6	速報到着		第1報	24.557				ND20080614084350
8:43:55:3				第2報	24.429				
8:43:58:3				第3報	35.185				
8:43:59:6	5.7	P波到着				47.778	－		Ｐ波検知→計算開始
8:44:01:1	4.2	放送起動出力				47.778	148.748	放送起動（＞80gal）	避難放送→避難
8:44:01:6				第4報	39.495				
8:44:01:8									
8:44:02:0	3.3	機器・遮断制御出力				60.677	176.914	機器制御・遮断制御（＞120gal&3秒前）	・スキャナ停止 ・プローバ停止 ・自動搬送停止 ・ガス薬品遮断
8:44:02:2						93.706	283.501		
8:44:03:7				第5報	62.27	93.706	285.002		
8:44:04:8				第6報	62.27				
8:44:05:3	0	地震波（Ｓ波）到着	※251						※実測値（現地地震計）

「地震災害から文化財を守る」

東北アジア研究センター
平　川　　新

6 月 14 日朝　地震発生
同日午後　宮城資料ネットメンバーに招集呼び掛け。被災地区の歴史関係文献を収集。
夕方　　被災地区歴史資料所在リストの作成に着手。
震度 6 レベルの自治体（栗原市、大崎市、奥州市）を中心に
6 月 15 日午前 9 時　栗原市田園観光課訪問　市内の長屋門マップ・データを頂く
午前 10 時　同市文化財保護課と今後の被災調査について打ち合わせ
地元郷土史研究会会長の紹介依頼
午後　　一迫・栗駒・鶯沢地区の視察
6 月 16 日午前 10 時　大崎市文化財課と今後の被災調査について打ち合わせ
地元郷土史研究会会長の紹介依頼
午後　鳴子・鬼首・田尻地区を視察
6 月 17 日　奥州市文化財課に連絡し被災状況をうかがう
同日　　宮城県文化財課に県内文化財の被災状況について問い合わせ
6 月 22 日　栗原市文化財保護課および郷土史研究２団体の会長と打ち合わせ
資料ネット作成の栗原市域歴史資料所在第 1 次リストを提供
栗原市栗駒文字地区の調査を決定
6 月 24 日　文字地区の調査先へ個別に電話し訪問調査の許可をいただく
6 月 29 日　栗原市栗駒文字地区の被災調査（33 軒を対象）
仙台から 22 名が参加、地元の文化財保護課、郷土史研究会からも参加
建物等の被災状況の確認
古文書等の所在・被災状況の確認、その他ヒアリング
6 月 30 日～　ヒアリングテータ、撮影画像等のデータベース化作業
7 月 9 日　大崎市文化財課岩出山町史編纂係・鳴子町史元編纂委員・鬼首公民館等と打ち合わせ
大崎市域の歴史資料所在第 1 次リストを提供
同日午後　岩出山地区の視察
7 月 12 日　栗原市栗駒文字の S 家の資料保全を実施（写真撮影、保存用封筒に収納）

＊リストアップした栗原市・大崎市の 500 軒余の旧家の調査を今後も継続して実施
＊地元の文化財担当者と郷土史研究団体との密接な協力関係が不可欠

１．発生直後から所在リスト作成に着手

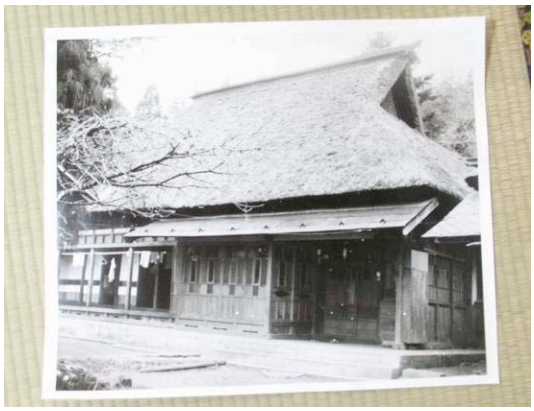
２．栗駒地区での被災調査前のミーティング

３．損壊した築 300 年の土蔵

４．土蔵から発見された古文書１

５．民家から発見された古文書２

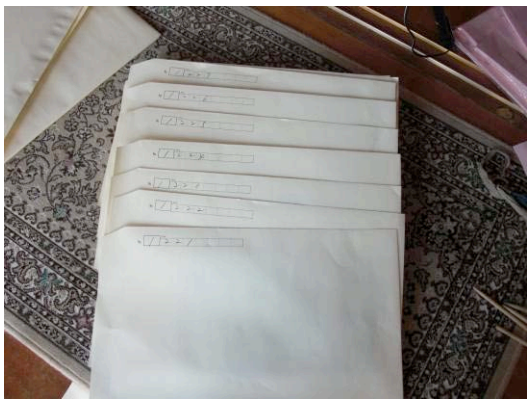
６．解体前の民家の写真



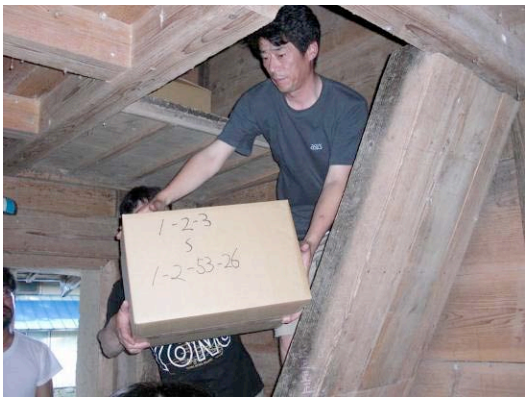
７．古文書の撮影

８．中性紙封筒に入れて保存

９．中性紙封筒に収納



10. 蔵に戻す



2008/07/14

「チームにいがた」情報先遣隊の活動報告
～ 産官学民連携チームから見た 行政における災害対応の実際 ～

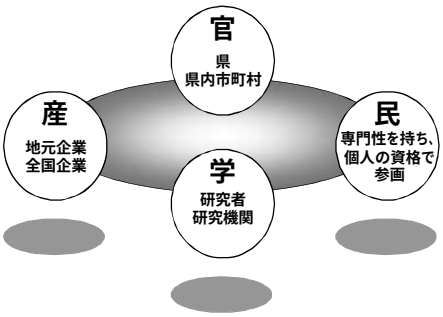
○ 新潟大学 災害復興科学センター 井ノ口 宗成
新潟大学 災害復興科学センター 田村 圭子
名古屋大学 災害対策室 木村 玲欧
横浜国立大学 安心･安全の科学研究教育センター 古屋 貴司
環境･災害対策研究所 元谷 豊

チームにいがた（基本的な考え方）

- 基本的な考え方：災害規模が大きくなったり、また広域にまたがる災害が発生すると、行政における危機対応組織だけでは、対応が不十分になることが災害対応現場では頻発する。
- 災害対応組織の機能を全て行政の災害対策本部で担う必要はないと考えることができ、専門的な機能をもった組織、応援を派遣してくれる組織など様々な機能をもった集団･組織と連携･協働することによって、効果的な災害対応の実現を目指す

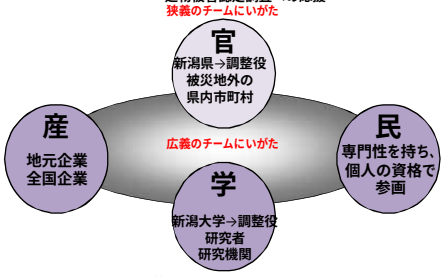
チームにいがた（基本的な体制）

目指すもの：お互いの得意な機能、その時に供出可能な資源を持ち寄り、
ゆるやかな連携を保ちながら、災害対応に必要な機能を果たす



チームにいがた（中越沖地震）

災害対応の業務支援
－避難所運営の応援
－建物被害認定調査への応援
狭義のチームにいがた



災害対策本部に新たな機能を付加するための支援
－地図作成班
－資源管理班

新潟県災害対策本部

地図作成班

EMC

Emergency Mapping Center

「チームにいがた」情報先遣隊

- 発災当日、電話連絡をとりながら初動対応の調整
  - 目的：近県で発災した災害であり、何か支援できることがあるかどうかを自分たちの目で確かめる
- 新潟大学災害復興科学センター→新潟県とともに岩手県、宮城県へ、東北大学と連携開始
- 新潟県防災局危機対策課→岩手県、宮城県
- 新潟市危機管理防災課→仙台市
- 柏崎市原子力防災課→奥州市
- 小千谷市総務課→栗原市
- 長岡市危機管理防災本部
  →今回うまく連絡がとれなかった

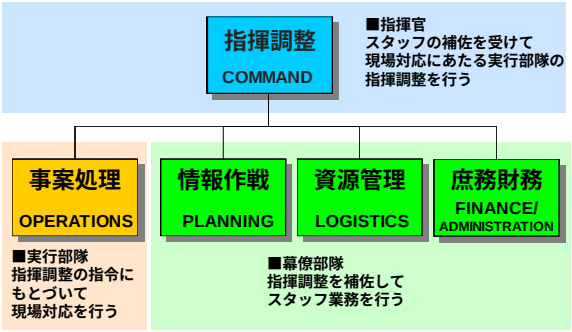
- 産学民参画者
  - 木村玲欧（名古屋大学災害対策室）
  - 古屋貴司（横浜国立大学 安心･安全の科学研究教育センター）
  - 元谷豊（環境･災害対策研究所）

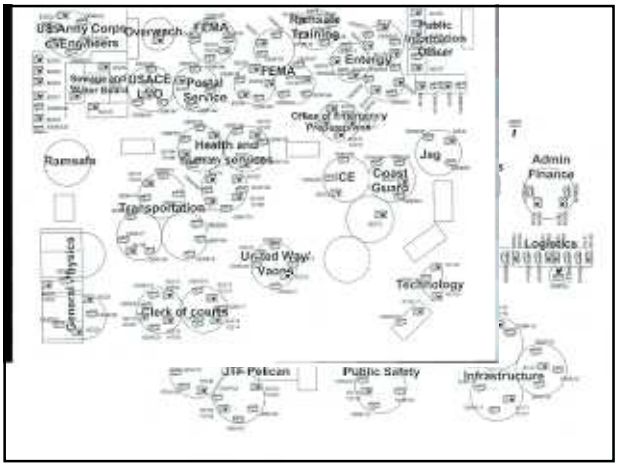
チームにいがたミーティング
@宮城県庁

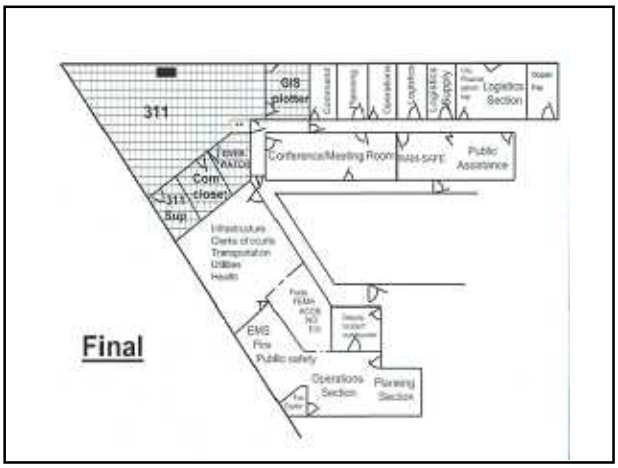
報告の概要

- チームにいがたから、産学民からの報告を行う
- 以下の3つを中心に報告する
  - 各行政レベルにおける災害対応
    - 空間利用の実態
    - 状況認識の統一の実態
    - 市町村合併にともなう市と支所の情報連携の実態

効果的な災害対応組織になるために必要となる５つの機能



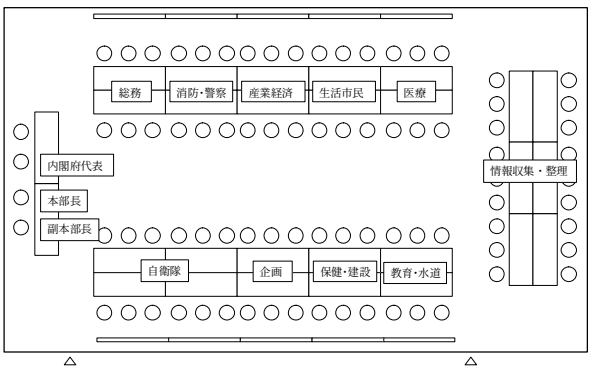




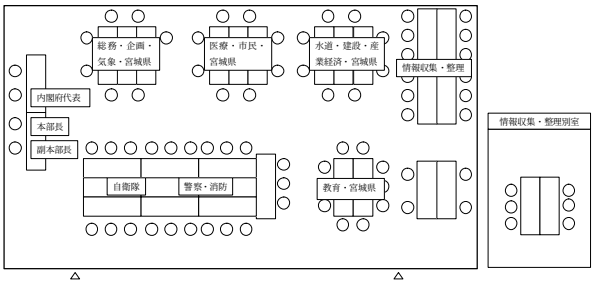
岩手県庁における本部運営の実態

宮城県庁における本部運営の実態

6月17日現在の栗原市災害対策本部



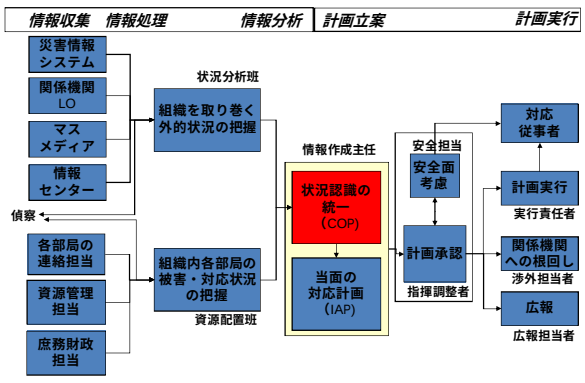
6月20日現在の栗原市災害対策本部



各自治体における空間の使い方

- 岩手県庁
  - 本部内外のスペースを有効利用し，各機能のために空間設計を行なっていた．
  - 機能が物理的に離れて設置されたため，情報共有がスムーズに進んでいたかが懸念事項である．
- 宮城県庁
  - 消防課に本部機能を設置し，情報集約を効率的に実施していた．
  - ホワイトボードを用いた情報共有が実現されており，情報処理は非常にスムーズに進められていた．
- 栗原市
  - 立ち上げ当初は部局ごとに島が設置された本部設計であったが，6日後に機能ごとに島が設置されることとなった．

一元的な危機管理システムの基づく情報処理



COP(Common Operational Picture)

COPとは、

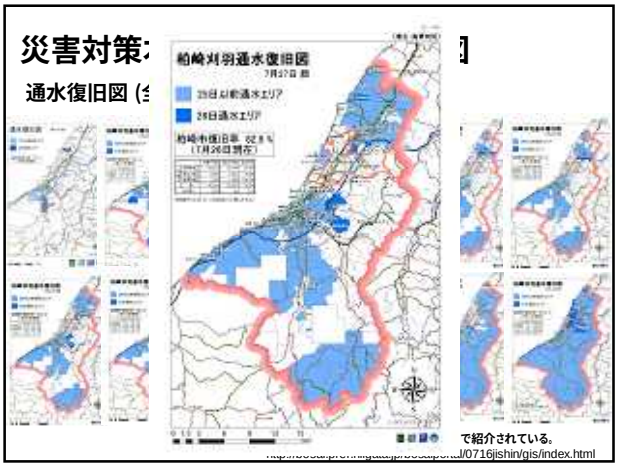
危機事案の状況等様々な局面を災害対策本部及び様々な関係者が理解するためのツールである。

地図はCOPを作成するための必要不可欠な情報である。COPを用いて災害対策本部長は意思決定を行い、情報作戦部門は当座の対応計画（IAP）を作成する。

COPに掲示すべき情報

避難所の状況，被害の状況，事案の進行状況，関連機関の対応状況，気象情報，通信システムの情報，資機材の状況，空きの病床数の情報，治安に関する情報，道路及び輸送機関に関する情報，応援職員に関する情報とEOCスタッフに関する情報

災害対策



で紹介されている。

地図の利用の実態

- 地図は主に，被害状況の把握に用いられている．
  - 被害状況は，斜面崩壊箇所，道路の通行止め情報，生き埋め箇所，天然ダムの発見箇所．
  - 仮設住宅建設にあたって，予定地を空間的に示すことはあったが，意思決定には利用されていない．
- 空間的な情報処理が本部内での意思決定に貢献する局面は見受けられない．
  - 土木面の復旧工事･二次災害の危険度の判定が主目的であり，土木関係の機関（県土木や地方整備局など）が独自に業務を運用し，その活動方針･活動結果を本部会議において報告するのみ．

地図の利用の実態

地図の利用の実態

地図を用いた状況認識の統一

- 部局間における情報共有
  - 対応すべき課題の多様化
  - 被害や対応状況の全体像の把握が必要

市町村合併にともなう支所機能に対する災害対策本部機能のあり方

- 市町村合併にともない，縮小化された行政機能を持つ支所が誕生している．
- 災害対応において，市と支所の関係は維持されるが，お互いの情報連携のあり方には課題が残されている．
- 2007年能登半島地震の事例
  - 輪島市と門前町総合支所の連携：この事例においても，当初からは十分な情報連携が図られていなかった．市（本庁）から連絡調整役の職員派遣により，情報連携を図る試みがなされていた．

花山総合支所における災害対応の実態

- 支所内における対応
  - マスコミが多数押し寄せ，騒然とした中での対応が強いられている．
  - 市と情報連携が図れず，市の対応方針と支所のニーズが合致していない．このズレから，支所では混乱が発生する．
  - 支所長自身が避難者からのニーズを把握することで，避難所生活を効果的に支援している．

今後について：復旧･復興フェーズにおける課題

1. 生活の再建
   - 中越地震では，集落ごとの避難生活，仮住まい生活が実現された．
   - 栗原市では民賃住宅などへの誘導を行っているが，この方策が，今後のコミュニティ再建に対してどのように影響を与えるのか
2. まちの再建
   - 中山間地災害からの復興は，中越地震の山古志村（現･長岡市）復興の先例がある．中山間地域の復興のあり方については議論のあるとことであるが，今回の地震からの復興はどの方向へ向かうのか．地元のコンセンサスはどのようにとられるのか
3. 経済の再建
   - 「失われた生計の場」や栗駒高原に代表される地元が誇る「観光資源」の復興のあり方をどのように考えるか，それらを考えるための体制，手法はどのようなものが適切か

宮城県　Miyagi Prefectural Government

東北大学内陸地震シンポジウム

平成20年　岩手・宮城内陸地震
～特徴と宮城県の対応～

平成20年7月14日

宮城県危機対策課

主　な　内　容

岩手・宮城内陸地震の特　徴

- ◆災害の特徴
- 想定外の内陸直下地震
- 大規模土砂災害
- ◆対応での特徴
- 被災地域が限定、スムーズな対応

宮城県の対　応

- ◆初動時
- 捜索・救出活動、応援要請
- ◆応急復旧
- 被災者支援、土砂災害対応
- ◆今後の対応

「平成20年　岩手・宮城内陸地震」 宮城県内の概要

2008年6月14日(土) 午前8時43分頃発生	岩手県内陸南部 M7．2　約8Km	栗原市、大崎市 震度6強、6弱

◆死者　9人　　◆行方不明者　8人　◆負傷者　384人
◆住家全・半壊　56棟　◆公共施設等被害　約1．198億円

特　徴

◆内陸直下型の大規模土砂災害：　栗原市3地区の孤立
◆栗原市の山間地に被害集中：温泉地、観光地、農業地区
　○観光客等：　死者9人、行方不明者8人(捜索中)
　○栗原・大崎市の避難者　：　153人(5避難所)
◆局地激甚災害指定(平成20年　7月4日)
　栗原市(公共土木)　(旧)鶯沢村・花山村(農地等)

平成20年7月9現在

今回地震の宮城県における主な特徴

災　害

- ◆岩手・宮城の2県にわたる
  想定外の内陸直下型地震
- ◆被災地域と災害規模が限定
  最大震度　6強
  ○震度6強：　栗原市一迫
  ○震度6弱
  栗原市7地区、大崎市4地区
- ◆栗駒山「山間部」の
  温泉・観光地、農村の
  大規模土砂災害

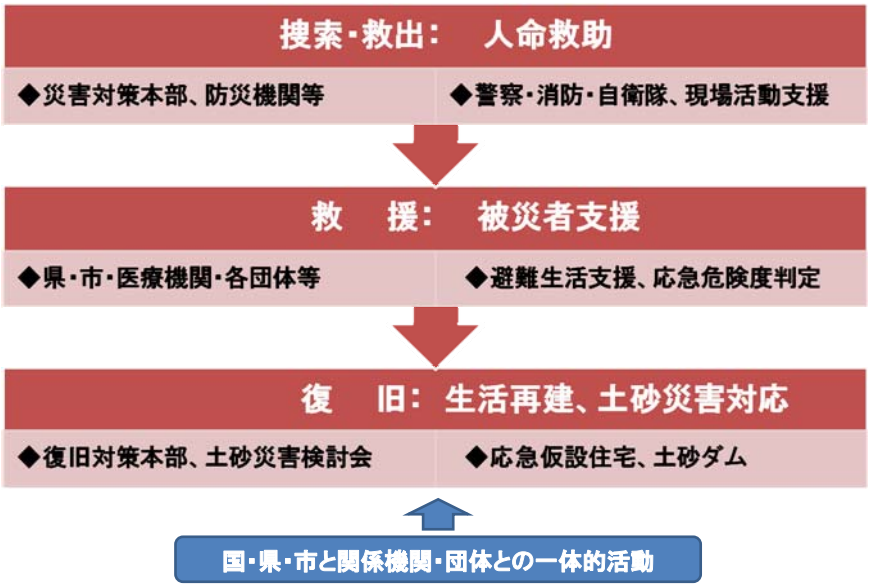
対　応

- ◆温泉・観光客等行方不明者
  の捜索・救助と孤立地区
  住民の被災支援
- ◆大規模土砂災害の復旧
- ◆局地激甚災害の指定受け
- ◆国・県・市と関係機関・団体
  との連携の要請

全般的にスムーズな対応

発災からこれまでの全般対応フロー

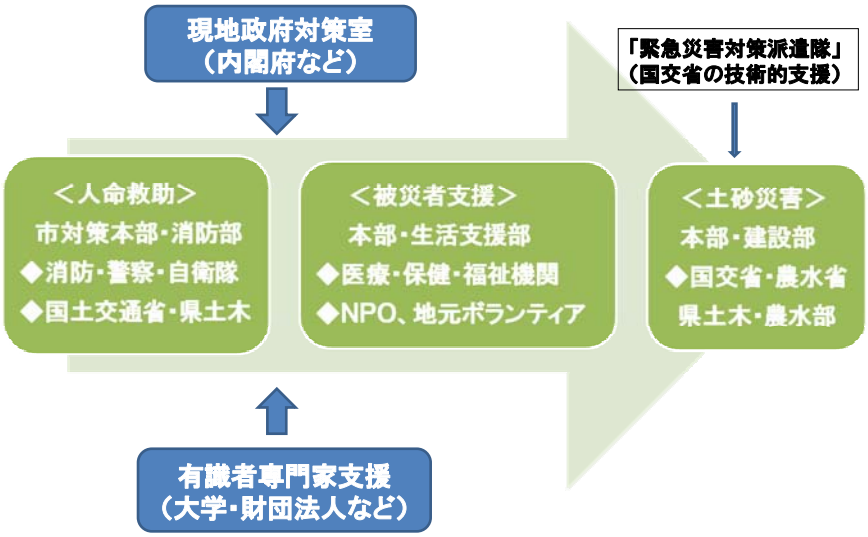
＜大規模な土砂崩れ → 多数の行方不明者、3地区の孤立＞



宮城県の主な対応

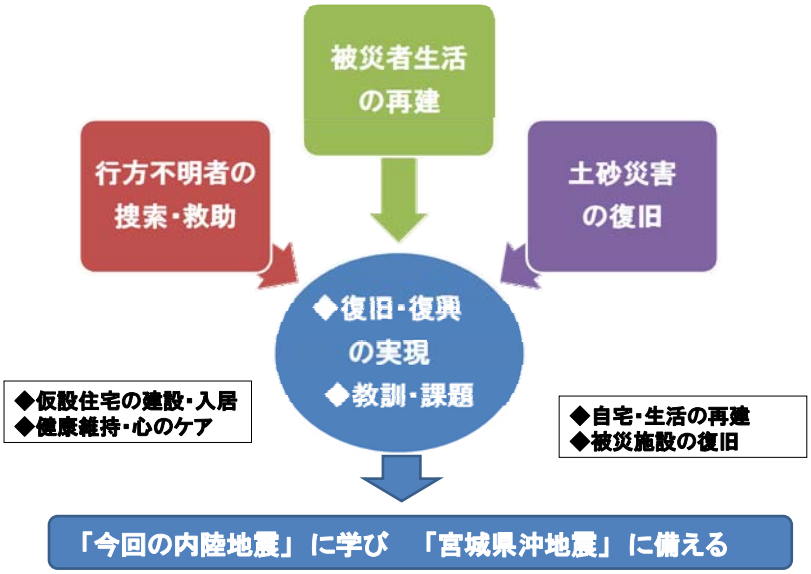
＜初動対応＞	・◆緊急消防援助隊、警察広域援助隊 ・　自衛隊災害派遣、都道府県応援 ・◆政府調査団、DMAT派遣受入れ ・◆災害対策本部、被災市への職員派遣
＜人命救助＞ ＜被災者支援＞	・◆ヘリ運行調整班、自衛隊連絡調整所 ・　緊急消防援助隊調整本部、県警本部等 ・◆応急危険度判定、被害調査 ・◆救援物資、 心のケア、仮設住宅
＜土砂災害＞ ＜復旧対策＞	・◆土砂ダム、道路復旧、ダム調査 ・◆局地激甚災害、被災者生活再建支援 ・　相談室：各種復旧制度の周知

栗原市対策本部と関係機関の主な対応



「土砂災害対策技術検討委員会」(6. 12)
「山地災害対策検討会」(7. 12)

今 後 の 対 応



＜ 対応目標の設定と総合対応力の発揮＞

岩手・宮城内陸地震　シンポジウム

公　的　支　援

「緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）の活動状況について

平成20年　7月14日

東北地方整備局　企画部
防災課長　　松井　幸一

緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）活動状況（1）

先遣班

発災後、直ちにヘリによる上空からの被災状況調査及び地上からの専門家による被災状況調査を実施。

ヘリ3機、延べ39名を派遣（本省、東北、関東、北陸、国総研、土研、建研等）

被災情報調査班（へり調査）

へりにより、被災箇所の状況確認を毎日実施。東北地整職員及び専門家が搭乗し、結果を被災自治体へ報告。

北海道、東北、関東、北陸、中部のヘリコプター5機をローテーションで使用

被災状況調査班（土砂災害危険箇所）

岩手県、宮城県からの要請を受け、土砂災害危険箇所　約1,700カ所の調査を実施し、両県への報告を行った。

延べ87名を派遣（本省、東北、関東、北陸、中部、北海道、国総研）

被災状況調査班（道路）

岩手県、宮城県からの要請を受け、道路　約437か所、橋梁　約230か所の調査を実施し、両県への報告を行った。

延べ102名を派遣（東北、関東、北陸）

緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）活動状況（2）

被災状況調査班（被災建物調査）

宮城県からの要請を受け、栗原市栗駒文字地区及び鶯沢南郷地区の被災家屋63棟を対象に応急危険度判定を実施。

延べ8名を派遣（東北）

高度技術指導班（河道閉塞対策工等に関する指導）

岩手・宮城県内の河道閉塞（天然ダム）箇所の対策工に関する技術的指導を実施。

延べ26人を派遣（本省、東北、北陸、国総研、土研）

高度技術指導班（橋梁復旧技術指導）

国道342号の被災橋梁復旧の技術指導を実施。

延べ2名を派遣（東北）

高度技術指導班（災害復旧工法の指導（道路））

岩手県内、宮城県内の道路災害現場における、応急復旧工法等に関する技術的指導を実施。

延べ11人を派遣（本省、東北）

緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）活動状況（３）

高度技術指導班（重機分解、輸送等に関する技術指導）

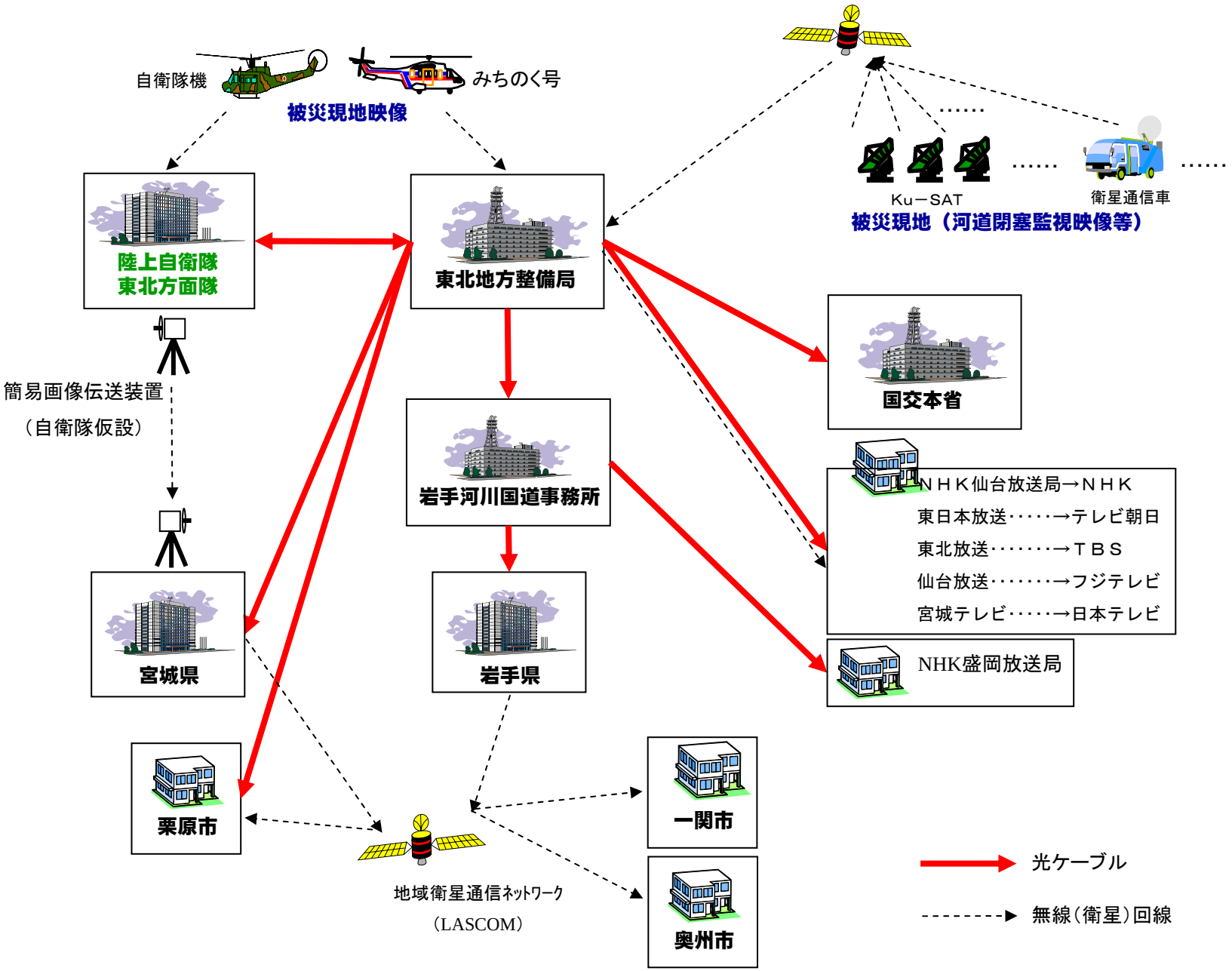
重機の分解、輸送等に関する技術指導を行うため、北陸地方整備局から１名派遣され、各被災地への重機輸送等の指導を実施。

情報通信班

衛星通信車、KU-SAT等を派遣し、被災状況の映像を関係機関及び避難所等へ配信。

応急対策班

排水ポンプ車、照明車を派遣し、河道閉塞（天然ダム）箇所の排水を実施。

遠隔BHを派遣し、土砂崩落箇所の土砂撤去を実施。

『岩手・宮城内陸地震』における防災情報の共有について