

2011年東北地方太平洋沖地震で誘発された 内陸地震活動の現状と地震災害リスク評価 のための調査研究プロジェクトの紹介

桑原保人¹⁾

1. はじめに

2011年3月11日のマグニチュード(M)9.0の東北地方太平洋沖地震後、主に東日本の内陸各地で地震活動が活発になり、2012年4月の現在でも活発な状態が続いています。このように、大きな地震の後に震源域から離れた場所で活発化する地震活動は、「広義の余震」あるいは「誘発地震」と呼ばれています。なお、誘発地震という言葉は、宇津(1984)の教科書によれば、例えば井戸への水の注入や、ダムの貯水等、人為的な影響によって誘発される地震に対して定義されていたものですが、最近では大きな地震の後に震源域から離れた場所で誘発される地震に対しても使われているようです(例えば、地震予知連絡会, 2011)。またインターネット検索からもわかるように、マスコミ等の報道でも誘発地震という言葉が広く使われている状況であると思われるため、ここでも誘発地震という言葉を用いることにします。今回のM9.0の地震の場合、この地震の後約1ヶ月以内に発生したM6よりも大きな内陸の誘発地震としては、2011年3月12日長野県北部(M6.7)、3月15日静岡県東部(M6.4)、3月19日茨城県北部(M6.1)、3月23日福島県浜通り(M6.0)、4月11日福島県浜通り(M7.0)、4月12日福島県浜通り(M6.4)があります。本小文では、まず内陸の誘発地震の活動の現状について述べ、次に今後の内陸地震の災害リスク評価のための産総研補正予算プロジェクトについて紹介します。

2. 内陸の誘発地震の発生状況

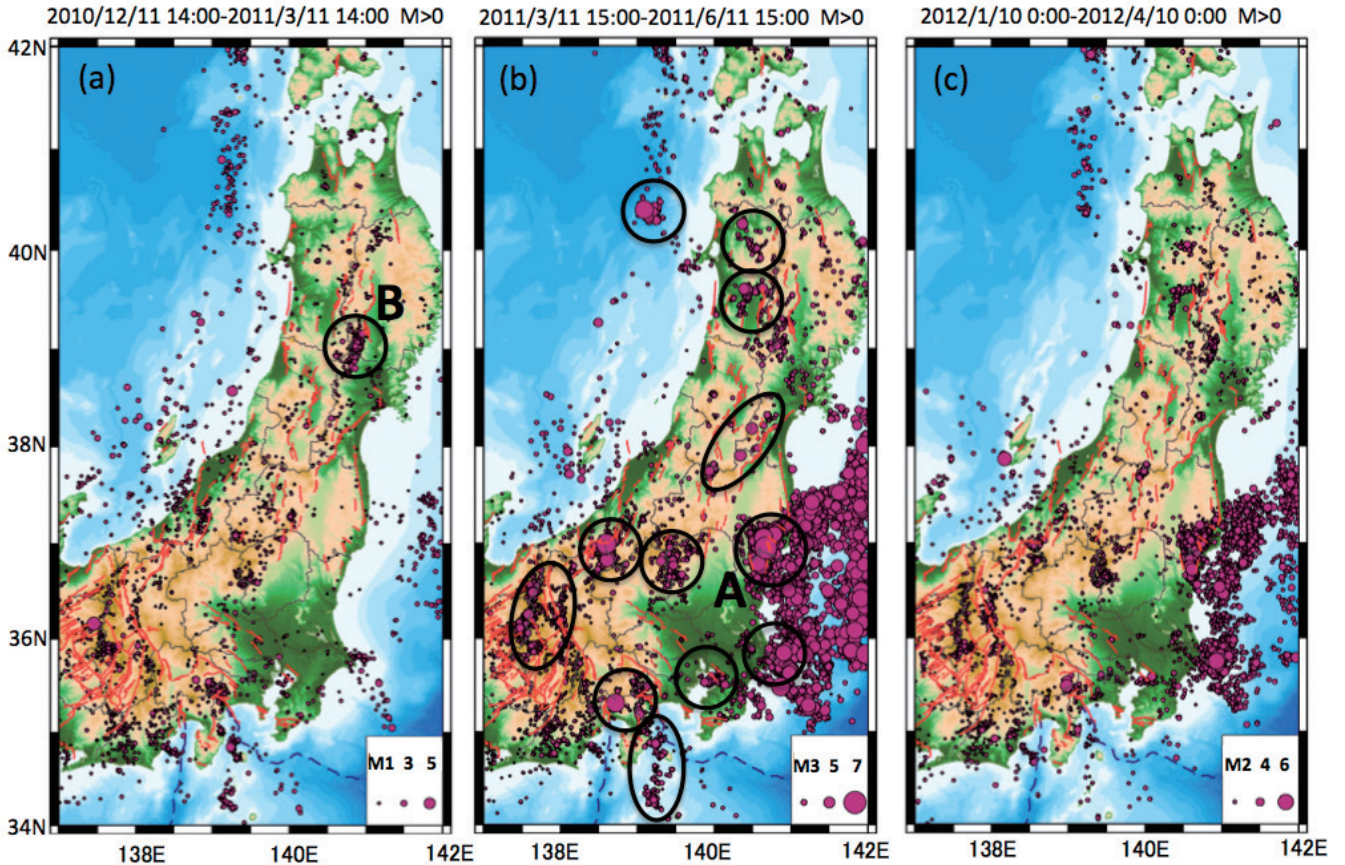
第1図は、aが地震前3ヶ月、bが地震直後3ヶ月、cが最近の3ヶ月間の東日本一帯の地震活動の様子です。ここでは気象庁の一元化震源で深さ30km以浅、Mが0以上の地震の震央をプロットしています。図bで、丸で

囲った領域は内陸で特に地震活動が活発になったところ
です。このように活発になった場所のほとんどはもともとある程度の地震活動のあったところですが、福島・茨城県境付近のAで示す領域については、地震前はあまり活動がなかった場所となっています。また、図aで2008年岩手・宮城内陸地震の余震域に相当する領域Bのように、この図ではややわかり辛いかもしれませんが、逆に活動が抑制された可能性がある場所もあります(例えば、Toda *et al.*, 2011)。以上のような地震活動の変化は、3月11日のM9.0の地震によって、内陸の地殻が東西方向に引き伸ばされ(例えば、Nishimura *et al.*, 2011)、これまで地殻にかかっていた応力が大きく変化したことが原因であると考えられています(例えば、Toda *et al.*, 2011; Okada *et al.*, 2011)。特に、茨城・福島県境付近で発生している一連の群発的な地震では、その多くがほぼ東西方向に引張り軸をもつ正断層型となっています。これは、大局的にはほぼ東西圧縮の場にある東北地方のなかで、東西張力の地震が発生しているということで非常に珍しい地震活動であると言えます(例えば、Imanishi *et al.*, 2012)。また、2011年4月11日に同領域内で発生した福島県浜通りの地震(M7.0)の時には、この領域にある活断層群の中の井戸沢断層と湯ノ岳断層沿いに正断層成分の卓越した地表地震断層が現れました(例えば、栗田ほか, 2011; 丸山ほか, 2011; Otsubo *et al.*, 2012)。この2つの断層は、活断層研究会(1991)によれば、断層運動のセンスとしては正断層成分と横ずれ成分を含み、活動度に関してはあまり高くなく、不明とされていました。この領域は図cからもわかる通り、今なお非常に活発な状態が続いています。また図cでは、千葉県銚子付近でも非常に活発な地震活動となっていることがわかり、この領域でも多くが正断層型の地震となっています。

以上のように、東日本一帯が2011年3月の超巨大地震の影響を受け、それ以前より非常に活発で特異な地震活

1) 産総研 活断層・地震研究センター

キーワード：2011年東北地方太平洋沖地震、誘発地震、広義の余震、福島県浜通りの地震、活断層、トレンチ調査、地下構造調査、詳細地形調査、平成23年度第3次補正予算



第1図 2011年東北地方太平洋沖前後と現在の、内陸部の地震の震央分布。
a: 地震前3ヶ月, b: 地震直後3ヶ月, c: 最近(2012年4月9日まで)の3ヶ月。
気象庁の一元化震源データで深さ30km以浅, Mが0以上の地震の震央をプロットしてある。
赤線は活断層を示す(第2図参照)。

動の状況が生まれています。このような状況は、例えば中禮(2002)が東北地方の過去の海溝型巨大地震と内陸の地震の関係で示したように、少なくともあと10年程度は続く可能性があります。また、地震後1年以上経った現在も本震の震源域のより深部では余効すべりが継続しており(国土地理院, 2012), この余効すべりの今後の推移と内陸への影響も予断を許さない状況と言えます。

産総研ではこのような状況を理解し、また今後の内陸の地震リスクを適切に評価することを目的に、次章で示すような調査を実施することにしました。

3. 調査の内容

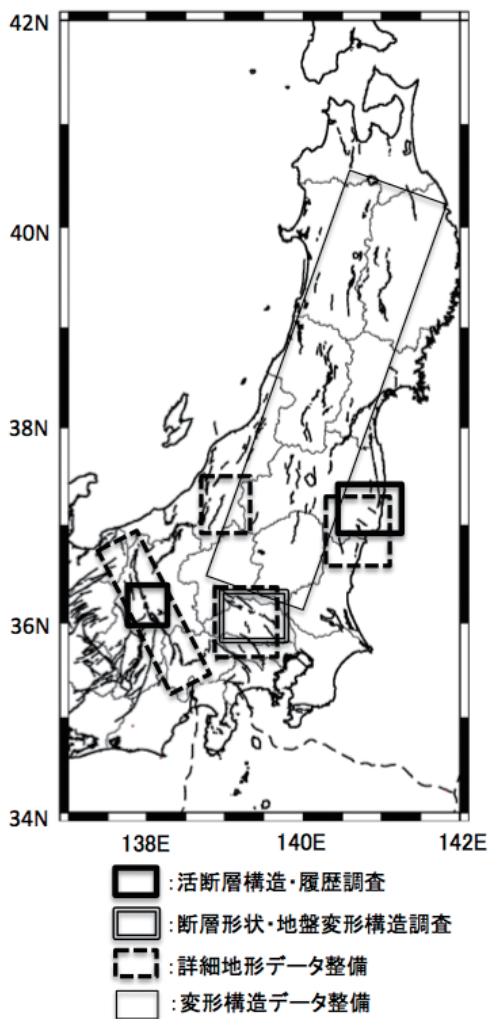
調査は、主に次の3つのテーマに分かれて実施します。

- 1) 茨城・福島県境付近の活断層の活動履歴や詳細な地下構造調査。
- 2) 関東にある、深谷・綾瀬川・立川断層の地震による地盤変形や地震動を評価するための、反射法地震波探査, ボーリング調査, 詳細地形調査。

- 3) 東日本一帯の変形構造を系統的に明らかにするための基礎データとして、3-1) 詳細地形データおよび3-2) 地層の走向・傾斜データの整備。

それぞれの調査範囲と調査内容の関係を第2図に示します。1)の調査は太い実線の四角, 2)は二重実線の四角, 3-1)は破線で示す四角, 3-2)は細い実線の四角に対応しています。またそれぞれの具体的な内容は以下のようになります。

1)に関しては、井戸沢断層あるいは塩ノ平断層(石山ほか, 2011)ではすでに東京大学地震研究所や京都大学防災研究所でトレンチ調査が行われ、現在データを解析中とのことです(例えば、石山ほか, 2011)。また湯ノ岳断層については東京電力によって、ボーリング・トレンチ調査が実施され、後期更新世以降に活動したことが認められています(東京電力, 2011)。産総研ではこれらの調査とは別の地点あるいは別の断層でトレンチ調査等を実施し、同地域にある複数の断層群としての活動履歴の把握を行う予定です。また地下構造調査としては、井戸沢断層・湯ノ岳断層を両方カバーできるように反射法地震波探査, 重力



第2図 今回のプロジェクトでの調査内容と調査範囲の関係。

調査、電磁気探査を実施し、これらの断層群の地下での関係を把握したいと考えています。

2) では、深谷・綾瀬川断層等での反射法地震波探査・ボーリング調査・土質試験、また立川断層を含む同地域での詳細地形データ整備を行います。これにより、地震動予測に必要な地下深部の断層形状の推定、また地震が発生した場合のライフライン等被害予測に役立てるため、地表付近の地盤変形の評価を行いたいと考えています。

3) は、主に東北地方に分布する断層の地下形状や活動性を推定するための基礎的なデータを整備し、これらを可能な限り公開していくことを目的としています。このようなデータは、例えば Okamura *et al.* (2007) が示したように断層関連褶曲の概念を用いて地下深部の断層形状の推定を行うために必要なものとなります。それぞれの断層の深部形状は、地震動予測のために活用されるだけでなく、

他にも 2011 年の M9.0 の地震後に Toda *et al.* (2011) で行われたように、巨大地震発生後の内陸のそれぞれの断層への影響評価等に活用できます。これらについては、これから 1 年程度で基本的なデータを整備し、これを可能な限り公開することによって、この方面の研究を加速させたいと考えています。

4. おわりに

東北地方太平洋沖地震の後に東日本各地で活発になった地震活動は今なお活発な状態が続いており、その推移については予断を許さない状況です。一方で今回の地震は、地震計や GPS による観測がこれまでに類を見ない程高い密度で継続している中で発生したもので、地震前、地震時、地震後の地殻活動の様子が極めて詳細にわかるようになってきています。産総研では、これらのデータに加え、特に地質学的なデータ取得を進め、今後の地震災害リスクの評価に貢献したいと考えています。また、今回のプロジェクトには、産総研地質分野の活断層・地震研究センター、地質情報研究部門、地圏資源環境研究部門のそれぞれから多くの研究者が参加していることを付け加えておきます。

謝辞：震源データは気象庁の一元化震源によりました。作図は産総研活断層データベース (<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/activefault/index.html>) の可視化システムを用いました。記して感謝いたします。

文 献

粟田泰夫・楮原京子・杉山雄一・吉岡敏和・吾妻 崇・安藤亮輔・丸山 正 (2011) 2011年4月11日福島県浜通りの地震に伴う湯ノ岳・藤原断層の地表変位ベクトル。地震予知連絡会会報, **86**, 170-171.

中禮正明 (2002) 東北日本における火山噴火および内陸地震 ($M \geq 6.2$) と三陸沖の巨大地震 ($M8$ クラス) との時間的関連性について。地学雑誌, **111**, 175-184.

Imanishi, K., Ando, R. and Kuwahara, Y.(2012) Unusual shallow normal-faulting earthquake sequence in compressional northeast Japan activated after the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, **39**, L09306, doi:10.1029/2012GL051491.

石山達也・杉戸信彦・越後智雄・佐藤比呂志 (2011)