

地震動と地震動による被害状況

本稿の前半では、東北地方太平洋沖地震を概説し、ついで地震動の特徴を述べる。後半では地震動が引き

起こした被害をまとめているが、その全容は膨大であり、本稿執筆時点でそれをまとめることは筆者らの能力

をはるかに超えている。そこで、各機関において整理され、公表されている被害の統計的な情報を整理することとでその大きさおよび空間分布を伝えたい。

地震の概要

3月11日14時46分に三陸沖を震源とした「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」(The 2011 off the Pacific coast of Tohoku

Earthquake)が発生した。この地震のマグニチュードは $M_w 9.0$ であり(M_w はモーメントマグニチュードを指す)、1900年以降にわが国で発生した地震では最大の、世界で見ても4番目の規模の地震である。本地震は北米プレートと太平洋プレートとのプレート境界で発生した地震であると考えられている。地震調査研究推進本部は、2011年1月時点で30年以内に宮城県沖でその地域最大規模の地震が発生する確率を

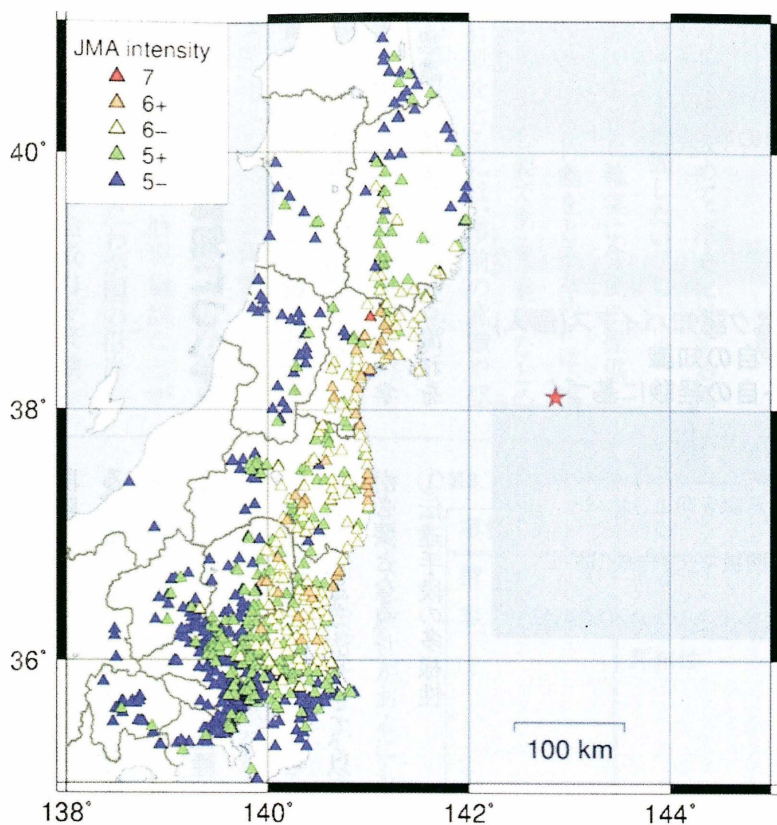


図1 震度5弱以上の震度分布

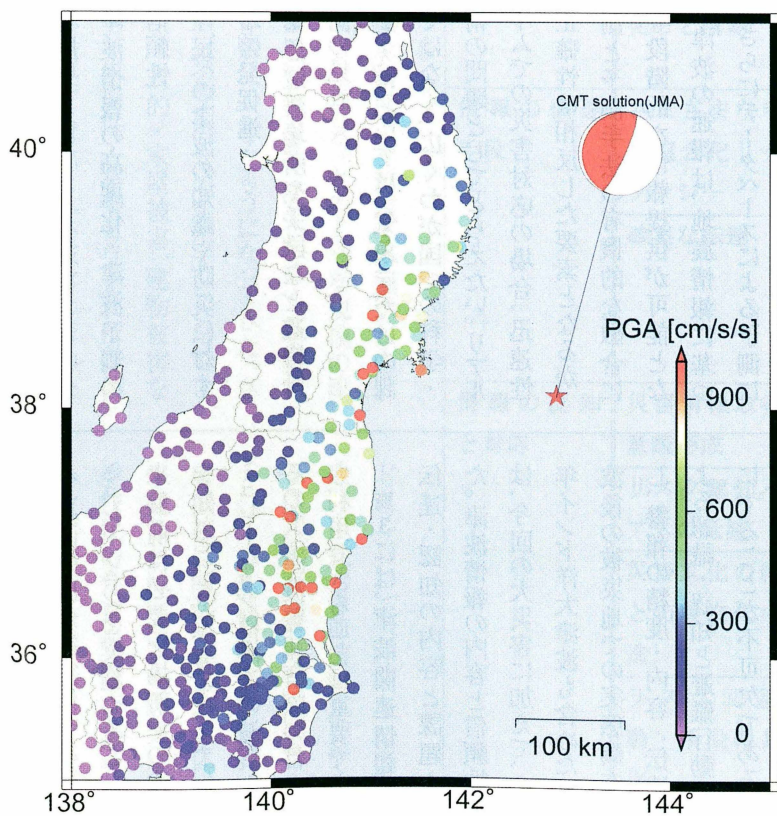


図2 観測された水平最大加速度の分布

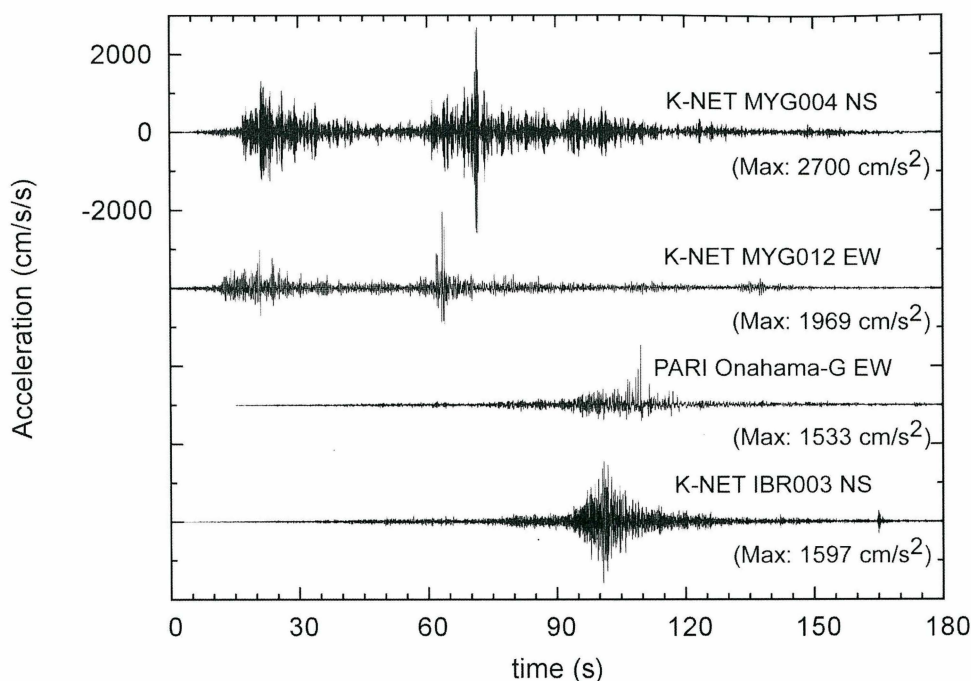


図3 水平最大加速度上位4位記録の加速度波形の比較。各地点では水平2成分のうち震幅が大きい成分を示している

99%と予測していた。しかしながら、今回の地震では想定震源域に留まらず、三陸沖中部、三陸沖南部海溝寄り、福島県沖、茨城県沖などの500kmにも及ぶ範囲が破壊したと考えられている。このため、1978年の宮城沖地震よりも規模の大きな地震となり、広い範囲で強い地震

動を観測した。本地震では宮城県栗原市築館で震度7を観測し、また宮城県、福島県、茨城県、栃木県の広い範囲で震度6強を観測している。図1に示す震度分布を見ると、宮城県に震度の大きな地域と福島県から茨城県にかけて震度の大きな地域とが見

られる。その原因として、震源断層が一樣に破壊したのではないことが考えられ、たとえば、気象庁が遠地波形を用いた分析では、三つの破壊が連続して発生したと報告されている。3月11日の本震以降、東日本から中日本にかけての広い範囲で地震活動が活発化している。本震が発生した3月11日には、マグニチュード(M)7以上の余震が3回発生した。さらに4月7日には最大震度6強となる地震(M7.1)が宮城県沖で発生し、4月11日には最大震度6弱となる地震(M7.0)が福島県浜通りで発生した。

地震動の概要

図2は防災科学技術研究所のKINET、KiK-net、東京大学地震研究所、産業総合技術研究所、港湾空港技術研究所、気象庁によつて観測された各地の最大水平加速度を表している。先述した震度分布と同様に、宮城県、および栃木県から茨城県にかけての2地域で大きな最大加速度値が観測されている。

今回の地震では、図2からも読

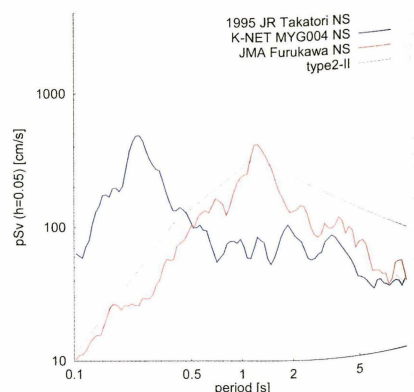


図4 K-NET古川、K-NET石巻、K-NET仙台の疑似速度応答スペクトルの比較

み取れるように、水平最大加速度が980cm/s²を超えた記録が18地点で得られている。最大加速度値の上位4地点、K-NET築館(MYG004)、K-NET塩釜(MYG012)、港湾地域強震観測小名浜事-G(PARI Onahama-G)、K-NET日立(IBR003)で得られた記録を図3に示す。宮城県内の2地点の記録には、大震幅の区間が二つ認められ、前述した2回の破壊に対応するものと考えられる。一方、震央の南側に位置する小名浜事-GとK-NET日立の記録には大震幅の区間は一つだけである。これは三つ目の破壊に対応するものと考えられる。なお、著者のうちの数人はK-NET築館およびK-NET日立周辺の調査を行っているが、建造物の完

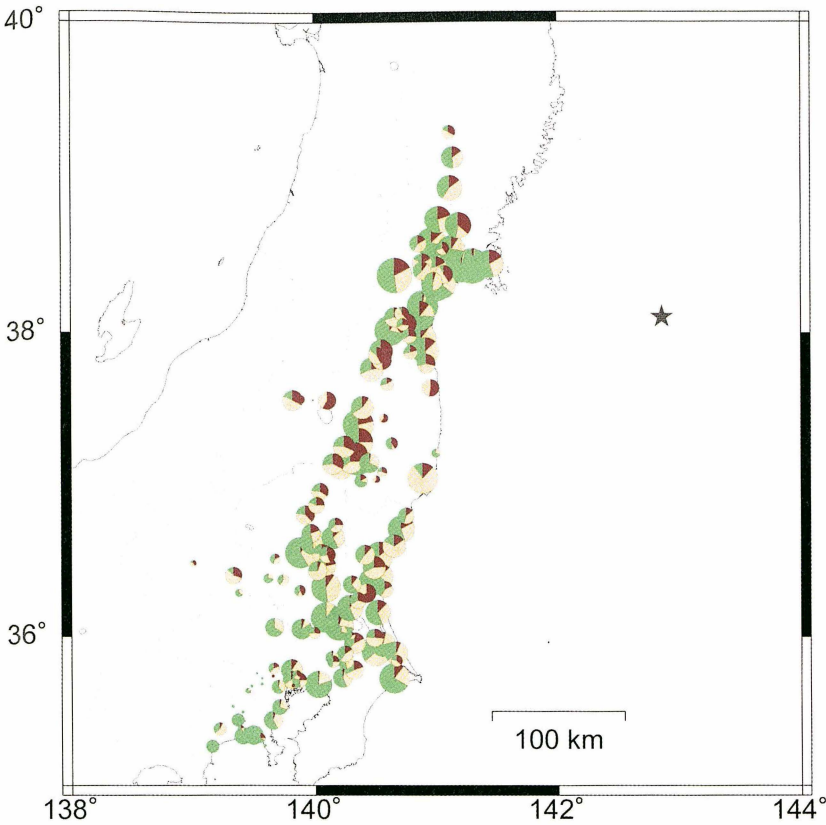


図5 市町村別の被災建築物応急危険度判定結果(円の位置は市町村役場の位置を示し、大きさは調査件数を表す)

表2 国管理河川における被災箇所数(堤防・護岸のみ、2011年5月6日現在)

	水系	総数	緊急復旧	堤防延長 (km)
東北地方	馬淵川	7	0	19
	阿武隈川 ^{*1}	123	6	222
	名取川 ^{*2}	32	0	35
	北上川 ^{*3}	521	11	472
	鳴瀬川 ^{*4}	300	9	152
	(小計)	983	26	900
関東地方	久慈川	100	11	85
	荒川	5	0	302
	那珂川	110	7	115
	利根川 ^{*5}	540	30	1435
	(小計)	755	48	1937
	(合計)	1738	74	2837

^{*1} 阿武隈川、白石川など
^{*2} 名取川、広瀬川など
^{*3} 北上川、旧北上川、江合川、新江合川、磐井川など
^{*4} 鳴瀬川、鞍坪川、多田川、吉田川など
^{*5} 利根川、江戸川、鬼怒川、小貝川、霞ヶ浦、渡良瀬川など

表1 都道府県別の被災建築物危険度応急判定結果

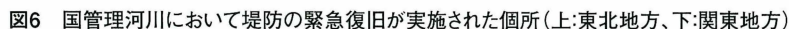
都県名	危険 (赤)	要注意 (黄)	調査済 (緑)	計
岩手県	168	445	459	1072
宮城県	5088	7511	37968	50567
福島県	3299	6675	5765	15739
茨城県	1561	4684	9618	15863
栃木県	676	1845	2658	5179
群馬県	30	61	19	110
埼玉県	0	42	83	125
千葉県	677	1625	3213	5515
東京都	59	137	252	448
神奈川県	14	81	446	541

全な倒壊のような甚大な被害の割合はきわめて低かった。

一方、KINET建築館から南に約20 km離れた大崎市古川地域では、地震動による甚大な被害が見られた。そこで、KINET建築館、気象庁古川観測点(JMA Furukawa)の記録から算出した疑似速度応答スペクトルを1995年兵庫県南部地震の際のJR 鷹取(JR Takatori)の記録と比較

して図4に示す。さらに、道路橋示方書で規定されているレベル2地震動(タイプⅡ)のスペクトルも疑似速度に直して示してある。図から、KINET建築館の記録は0.1~0.5秒の短周期側にピークがあり、この範囲でレベル2地震動を超える。しかしながら、それより長い周期ではレベル2地震動を大きく下回り、JR Takatoriのピークに相当する1~2秒の周期帯域での

応答値はJR Takatoriの4分の1程度であることがわかる。このようなスペクトル特性ゆえに最大加速度が大きかったものの、構造物に対する影響が小さくなったものと考えられる。図示はしないが、図3に示した他の記録も同様のスペクトル特性であった。一方、JMA Furukawaは周期1.5秒でJR Takatoriのスペクトルと同程度のレベルの地震動である。こ



地方で23箇所）と関東地方における大規模な被災箇所（25箇所）を合わせた箇所数となっている。^{4,5)}これらは、クラックが計画高水位より深い地点まで達しているところや、沈下により計画高水位よりも堤防高が低くなってしまった箇所⁶⁾で、夏場の出水期に備えて復旧工事を実施した箇所であり、延長にして関東地方で21 km程度、東北地方で12 km程度である。

のことと、周辺の被害とはよく対応する。

地震動による被害の概要

地震動によってどのような被害があつたかを広域的に知るためには、本稿執筆時点でもっとも有用と考えられるデータは被災建築物応急危険度判定の結果であろう。応急危険度

判定は対象建物が危険であるかどうかを判定することが目的であるため、構造物の被災程度と必ずしも一致するものではない。しかしながら、被害との相関はある程度期待できよう。

表 1 に示す 10 都県 14 市町村において、延べ 8489 人の応急危険度判定士によつて 95159 件の判定が実施された。これらの判定結果では津波による被害か地震動に

よる被害か、の区別はされていない。

図5は市町村ごとの危険度判定結果を役場の位置に示したものである。円の大きさは調査件数、円内の赤、黄、緑の各色はそれぞれ危険、要注意、調査済の割合を示している。調査地域がこの範囲に一樣に分布している訳ではないが、福島県・栃木県北部の内陸部、茨城県の北部の被害が相対的に目立つ。また、これらの被害の分布と、震度や最大加速

度といった比較的よく利用される地震動指標の空間分布とは必ずしも単純な関係ではないこともわかるであらう。

ついで、国管理河川における堤防・護岸の被災箇所数を表2に示す⁽³⁾。この被災箇所も津波によるものか地震動によるものかは区別されていらない。表中、緊急復旧の列は、緊急復旧工事実施箇所（水門等を除けば、東北地方で26箇所、関東

表3 3月11日の本震によるJR東日本の被害(いずれも概数)

	在来線	新幹線
軌道変状	2200	20
電化柱の折損・傾斜・ひび割れ	1150	540
防音壁の落下・傾斜・剥離	-	10
道床碎石流出	220	-
乗降場変状	220	-
盛土・切土等土工設備の変状	170	-
信号・通信設備の故障	130	-
橋梁・高架橋の損傷	120	130
駅舎の損傷	80	5
トンネルの損傷・トンネル内の軌道損傷	30	2
変電設備の故障	30	10
落石	20	-
乗換こ線橋等停車場設備の損傷	20	-
架線の切断	10	470
	4400	1200

表4 高速道路の主な被害の内容

被害内容	箇所数など	備考
道路本体・路面の崩壊	2箇所	
道路本体の大規模クラック	13箇所	
路面の陥没	23箇所	最大深さ30cm
2センチ以上の路面の段差	174箇所	最大100cm
橋梁支承部の損傷	3橋5支承	
橋梁部ジョイント部の損傷	46橋56箇所	

kmとなっている。被災個所の多くは大きな崩壊等を伴わないものではあるが、箇所数が膨大であることがこれからもわかる。

国管理河川において堤防の緊急復旧が実施された箇所を図6に示す。東北地方では宮城県北部の大崎平野(鳴瀬川と江合川の氾濫によって形成された沖積平野)、関東地方では久慈川、那珂川、利根川の下流域に集中している。著者らの見た限り、河川堤防の大規模な被害の多くは、噴砂の発生状況から、堤防の基礎地盤の液化化が原因と考えられる。ただし、堤防構築時に軟弱基礎

地盤が沈下したため、堤体自体が液化化したと判断される事例も散見された。

JR東日本が公表している被害を表3にまとめた^(6,7)。在来線については津波を受けた7線区の被害は含まれていない。在来線と新幹線の被害項目については必ずしも同一項目で整理されているわけではないので、対応すると思われるものを著者らの責任でまとめている。

新幹線ではそのほとんどが電化柱の損傷や架線の断線、変電設備の故障といった電気設備にかかわる被害であり、高架橋や橋脚の損傷などの

土木構造物の被害は仙台駅以北に限られていた。ただし被害箇所数をもっとも多かったのは福島―仙台南間で約390箇所あり、全体の約3分の1を占めている。

在来線では軌道変状などの土木構造物の被害も少なくなく、新幹線とは異なる被害の傾向を示している。また、線区ごとの被害箇所数は東北本線で約1700箇所、常磐線(津波による被害区間および福島第一原子力発電所の30km圏内の区間を除く)で約1280箇所あり、これら2線区で在来線の被害の7割近くを占めており、被害の発生箇所も広域にわたっている。

一方、高速道路等では20路線、延べ870キロ区間において、交通の支障となる被害が確認されている⁽⁸⁾。被災した高速道路は、北は岩手県から南は千葉県に及ぶ。主な被害として発表されているものを整理して表4に示す。表の項目のうち、被災箇所がすべてわかるものは、道路本体・路面の崩壊等と大規模クラックの2項目である。前者は水戸―那珂(常磐道、上り線)、矢吹―須賀川(東北道、下り線)の2箇所である。後者の13箇所はすべて白河―本宮間(東北道)に存在している。

以上のように、地震動による被害はきわめて大きくかつ広範にわたるものであった。本稿では紙数の制限のため、余震については言及できなかったが、本震だけでなく余震を含んだ調査・研究が望まれることを指摘して本稿を閉じたい。

(後藤 浩之 京都大学、高橋 章浩 東京工業大学、盛川 仁 東京工業大学、片岡 俊一 弘前大学)

参考文献

- (1) 気象庁、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の地震について(第15報)、2011年
- (2) 日本道路協会、「道路橋示方書・同解説V耐震設計編、2002年
- (3) 国土交通省、「東日本大震災(第70報)、平成23年5月23日
- (4) 国土交通省東北地方整備局河川部河川工事課、緊急的な災害復旧の概要について(第3報)、2011年4月19日
- (5) 国土交通省関東地方整備局河川部、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による河川被災状況(関東)(第4報)、2011年4月28日
- (6) JR東日本、東北新幹線の地上設備の主な被害と復旧状況、<http://www.jreast.co.jp/press/earthquake/index.html>、2011年4月17日
- (7) JR東日本、在来線の地上設備の主な被害と復旧状況、<http://www.jreast.co.jp/press/earthquake/index.html>、2011年4月17日
- (8) 東日本高速道路株式会社、「東北地方太平洋沖地震による高速道路の被害と復旧状況について、平成23年6月24日 http://www.e-nexco.co.jp/pressroom/data_room/regular_mtg/h23/0324/