

地震動と地震動による被害の特徴

2011年東北地方太平洋沖地震による地震動は中国・四国・九州地方のごく一部を除く日本のほぼ全域で有感、東北地方から関東地方の大部分を含むきわめて広い範囲で震度5弱以上を記録した。また、宮城県栗原市において震度7、宮城県から茨城県に至る太平洋側の多くの地域で震度6強が記録されたことから、きわめて大きな地震であったことが理解される。以下では防災科学技術研究所の地震観測網であるKINETおよびKiK-netによって得られた記録に基づいて述べる。

netの記録から最大加速度(3成分合成値)の分布を震源断層のおおまかな位置、震源メカニズムとともに示す。図中の凡例色は対数表示であり、赤色が1Gal以下、紫色が1000Gal以上を示す。KINET、KiK-netの観測網では1189個所で記録が得られ(以下、いずれも執筆時点)、1Gを超える観測地点は19個所におよび、そのうち2Gを超える観測地点が2個所もあった。特に、KINET築館では最大加速度2933Gal、計測震度6・6というきわめて強い地震動が記録された。1Gを超える観測点の位置と最大加速度が大きい

10個所についてその場所での計測震度、最大加速度を図3に示す。この図から大きく揺れた場所が宮城県中・北部および茨城県中・北部に遍在していることがわかる。

このことは、断層の走向方向に平行な測線上での記録からもある程度説明できそうである。KiK-netでは地表面だけではなく地中でも観測記録が得られているので、断層の走向

と平行な測線に沿ってKiK-netの地中記録を並べたものを図4に示す。波群の到達がわかりやすいように波形の包絡線を示している。図4の左側の地図は、波形を描いた地震計の位置とその地点の地表で記録された最大加速度を色分けして示している(対数表示)。図4の波形を見ると、宮城県の中において最も早く地震波が到達しており、それが南北へ伝播している

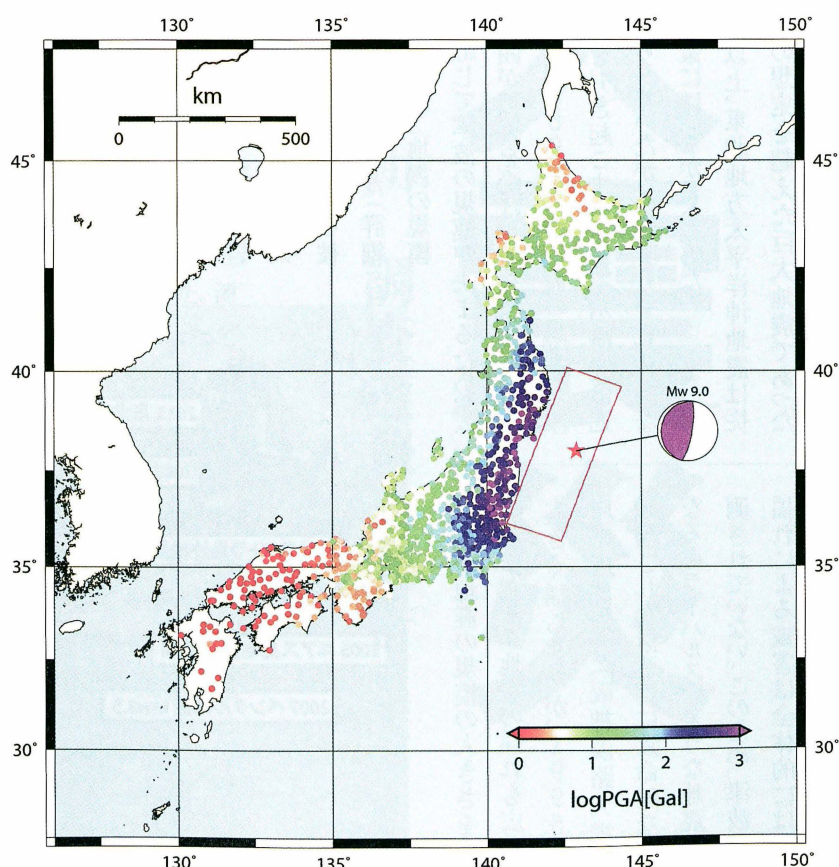


図2 最大加速度の分布と震源断層のおおよその位置、震源メカニズム

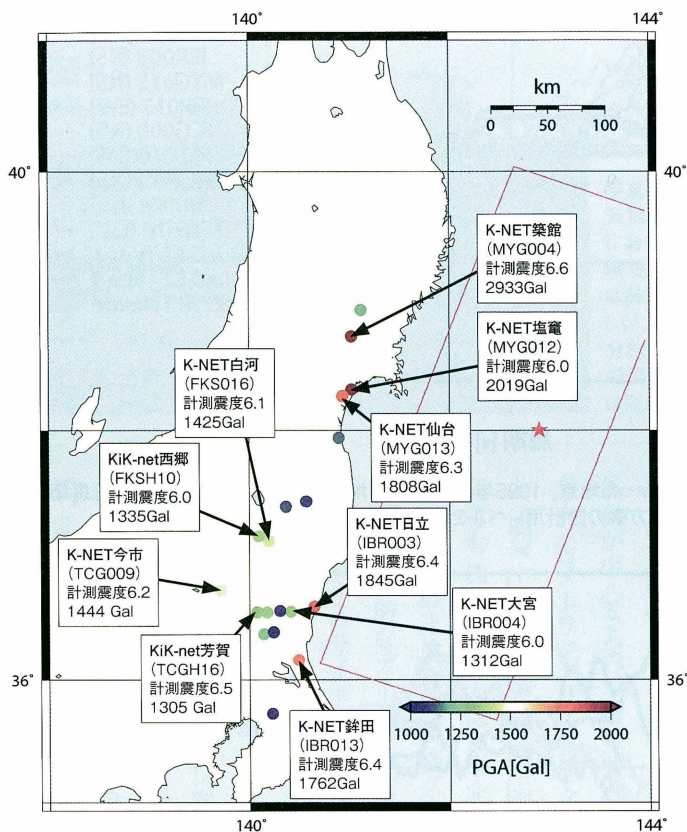


図3 3成分合成値で最大加速度が1G以上を記録した観測点と最大加速度が大きかった10地点の計測震度と最大加速度

(ピンクの矢印)。また、その50秒ほど後に第2の波群が同様に宮城県中部から南北に伝播している(緑の矢印)。これらの波群とは別に福島県と茨城県の県境付近から南北に伝播する波群が見える(青の矢印)。特にこの第3の波群は、第2の波群が到達するタイミングで伝播が始まっていて、両者が重なって南方向へ伝播しているようである。そのため茨城県を南に伝播する波群の振幅が大きくなって大きくなったのではないかと考えられる。図中の南から3番目の観測点であるTCGH16(KiK-net芳賀)では震度7相当

を記録している。断層面上での破壊の進展とタイミングが図3に示す大きな加速度を記録した地点の分布に影響を及ぼしているものと考えられる。現時点では波形の目視に基づく議論にとどまっておき、厳密な解析を行うためには今後のより詳細な解析を待たねばならないことは言うまでもない。

以上のように、地震動はきわめて大きなものであった。その一方で地震動による構造物の被害は必ずしも1995年兵庫県南部地震のように甚大なものではなかった。もちろん

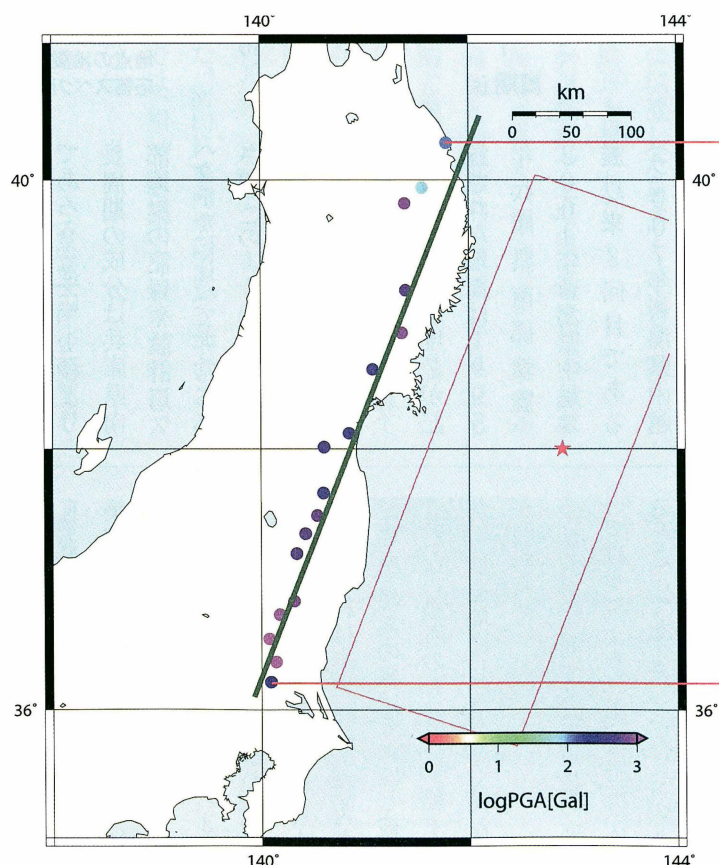
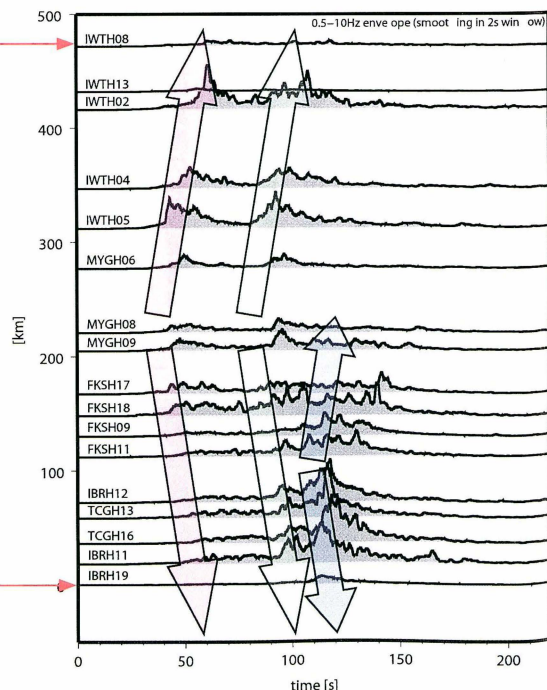


図4 断層面と平行な位置にあるKiK-net地中観測点で記録された波形の包絡線



種々の構造物が地震動により局所的に大きな被害を受けているのであるが、地震動による直接的な被害よりも、むしろ津波や液状化による被害が卓越していたように見える。非常に大ざっぱな見方をすると、主たる被害は東北地方の太平洋沿岸での津波による被害と関東地方の液状化による被害であったと言ふこともできよう。後者については、地震動の継続時間が非

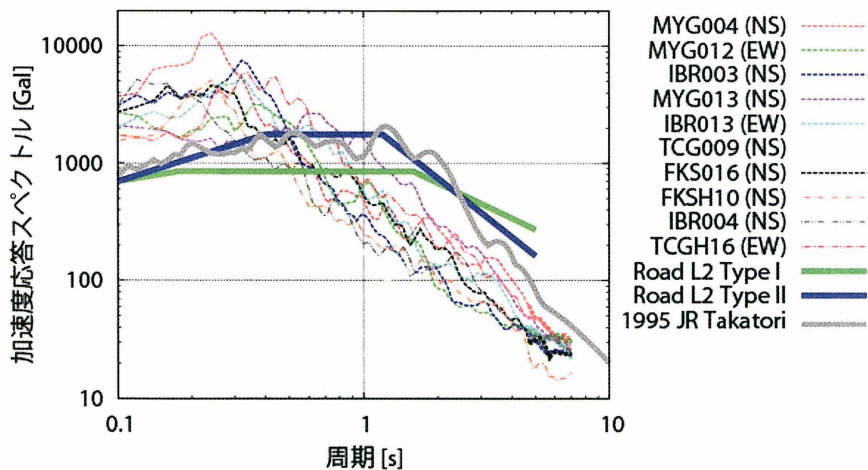


図5 最大加速度が大きかった地点、1995年兵庫県南部地震でのJR鷹取駅の地震加速度応答スペクトルと道路橋示方書の設計用レベル2地震動(2種地盤)

常に長かったために液状化しやすい条件となったことが予想される。
図5に最大加速度が大きかった10地点の加速度応答スペクトルと道路橋示方書の設計用レベル2地震動の応答スペクトルを1995年兵庫県南部地震の際のJR鷹取駅のものに合わせて示している。一見して短周期成分が非常に卓越していることがわかる。このことは大きな加速度が記録さ

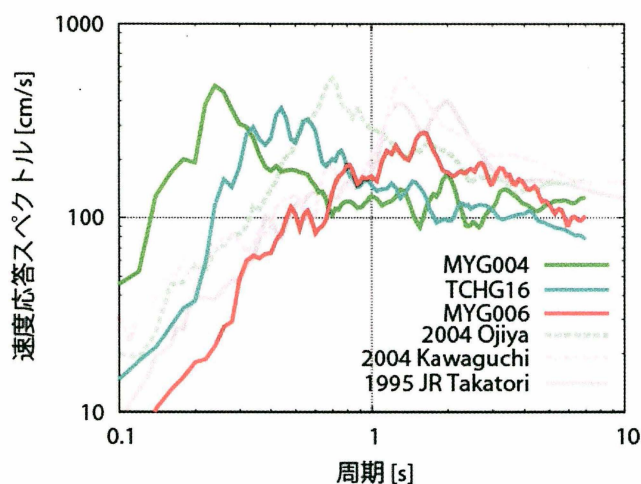


図6 震度7を記録した地点の地震速度応答スペクトル

1秒以上のやや長周期成分が非常に卓越していたが、震度7でも短周期成分の方が大きく卓越している場合には木造構造物の甚大な被害は見られない。図6に東北地方太平洋沖地震で震度7を記録したKINET築館(MYG004)とKINET芳賀(TCGH16)の速度応答スペクトルをこれまでの震度7の記録とともに示す。築館ではほとんど被害が見られな

れたことと無関係ではないであろう。逆に、1秒より長周期の成分は兵庫県南部地震の記録や設計用スペクトルに比べて非常に小さい。このような地震動特性が構造物の被害の様に強く影響を及ぼしているものと考えられる。
これまでに震度7が記録された地震は1995年兵庫県南部地震、2004年新潟県中越地震以来3回目である(2007年新潟県中越沖地震では震度7相当が記録されている)。木造建築物が大きな被害を受けた兵庫県南部地震や新潟県中越地震の川口町では

かった。一方、図中のMYG006はKINET古川のもので、KINET築館から南へわずかに20kmほどしか離れておらず、計測震度6・1(震度6強)、最大加速度58.6 Gal(3成分合成)であったにもかかわらず、木造建築物が甚大な被害を受けた。図6の赤系の線は木造建築の被害が多かった場所、緑系の線はそれほど被害が目立たない場所のもので、卓越する震動が1秒を境にして大きく異なることがわかる。
地震動に対する構造物の応答については今後より詳細な解析が待たれるところであるが、応答スペクトルからもある程度地震動の特徴が読み取れる。東北地方太平洋沖地震のような巨大地震に際してきわめて稠密な地震動や地殻変動の記録が得られたのは世界ではじめてのことである。このことが今後、十分に活かされ、地震動による被害軽減につなげていくことが肝要である。
謝辞…本稿では(独)防災科学技術研究所のKINETおよびKINET観測網の記録を利用させていただいた。
(東京工業大学 盛川仁、京都大学 後藤浩之)