

技術紹介

東北地方太平洋沖地震

～揺れの性質を見る～

Characteristic of The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

越後 滋 *1
Shigeru ECHIGO

室田 千春 *2
Chiharu MURATA

はじめに

2011年3月11日14時46分に宮城県沖で始まった地震の波は約20秒後に弊社技術研究所がある栃木県東南部の芳賀町に到達しました。距離にして約300kmも離れているのに、芳賀町で観測された加速度は1305galで計測震度は6.5、気象庁震度階級数にすれば7ということになり、建屋等にかんりの損傷が発生しました。後日の発表によれば¹⁾²⁾、最初の地震の直後に茨城県沖で誘発された地震波がちょうど栃木・茨城あたりで初期の波と重畳したために大きくなったようです。

大地震といえば、1995年の兵庫県南部地震を思い浮かべてしまいます。直下型地震と海洋型地震といった違いがありますが、ここでは地震波形の性質についてその違いを概観してみました。

対象とした地震波形は、1995年地震は当時気象庁から直接入手した神戸海洋気象台で記録されたものですが、2011年地震は(独)防災科学技術研究所(NIED)の強震観測網(K-NET, KIK-net)のデータです。利用した観測地は、栃木県芳賀町に加え、最も観測加速度が大きかった宮城県築館と長周期の揺れが長く続いたといわれる東京新宿の波形も比較してみました。表に各観測点での情報を示します。

また、ここには結果を表していませんが、家屋などに多大な被害をもたらした2007年3月25日に発生した能登半島地震についても、波形の分析を行ってみました。

なお、波形の解析には立命館大学理工学部都市システム工学科伊津野教授作成のプログラムを利用させていただきました。

まず最初に、観測された加速度波形のうち最大値を含む

方向成分の生の波形を図1に示します。

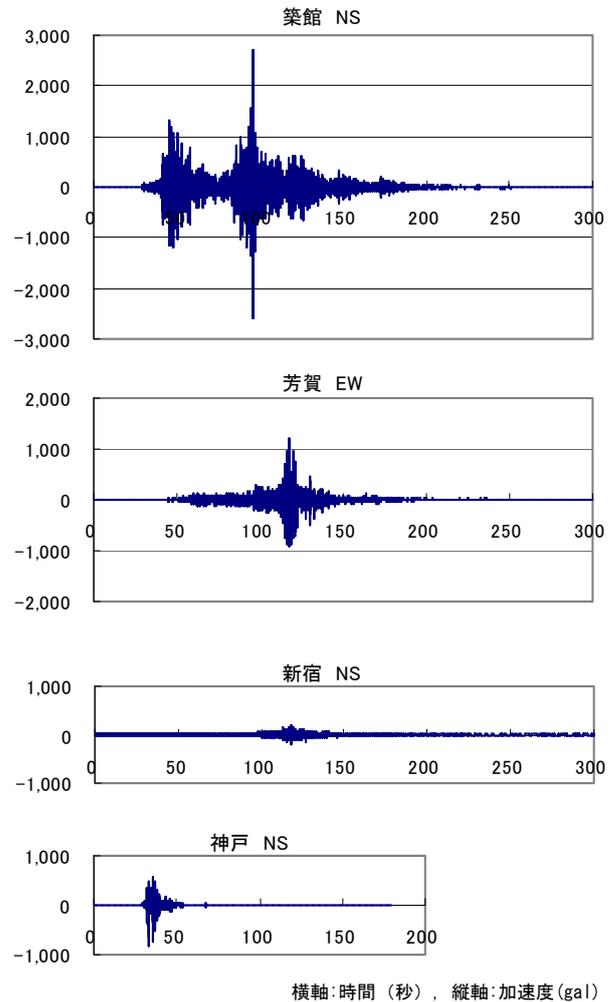


図1 各地で観測された地震波形 (最大加速度値を含む方向成分のみ)

表 比較した地震観測点

	観測点コード	観測点名	震源域からの距離(km)	マグニチュード	最大加速度(gal)	地震名称
(1)	MYG004	K-NET 築館	183	9.0	2933/2699(NS)	2011/3/11 東北地方太平洋沖地震
(2)	TCGH16	KiK-net 芳賀	298	〃	1305/1197(EW)	〃
(3)	TKY007	K-NET 新宿	388	〃	202/196(NS)	〃
(4)	JMA	神戸海洋気象台	16	7.3	/818(NS)	1995/1/17 兵庫県南部地震

最大加速度：3波合成/各成分の最大値 (NS：南北, EW：東西)

*1 川田工業株式会社 技術研究所 所長
*2 川田工業株式会社 技術研究所

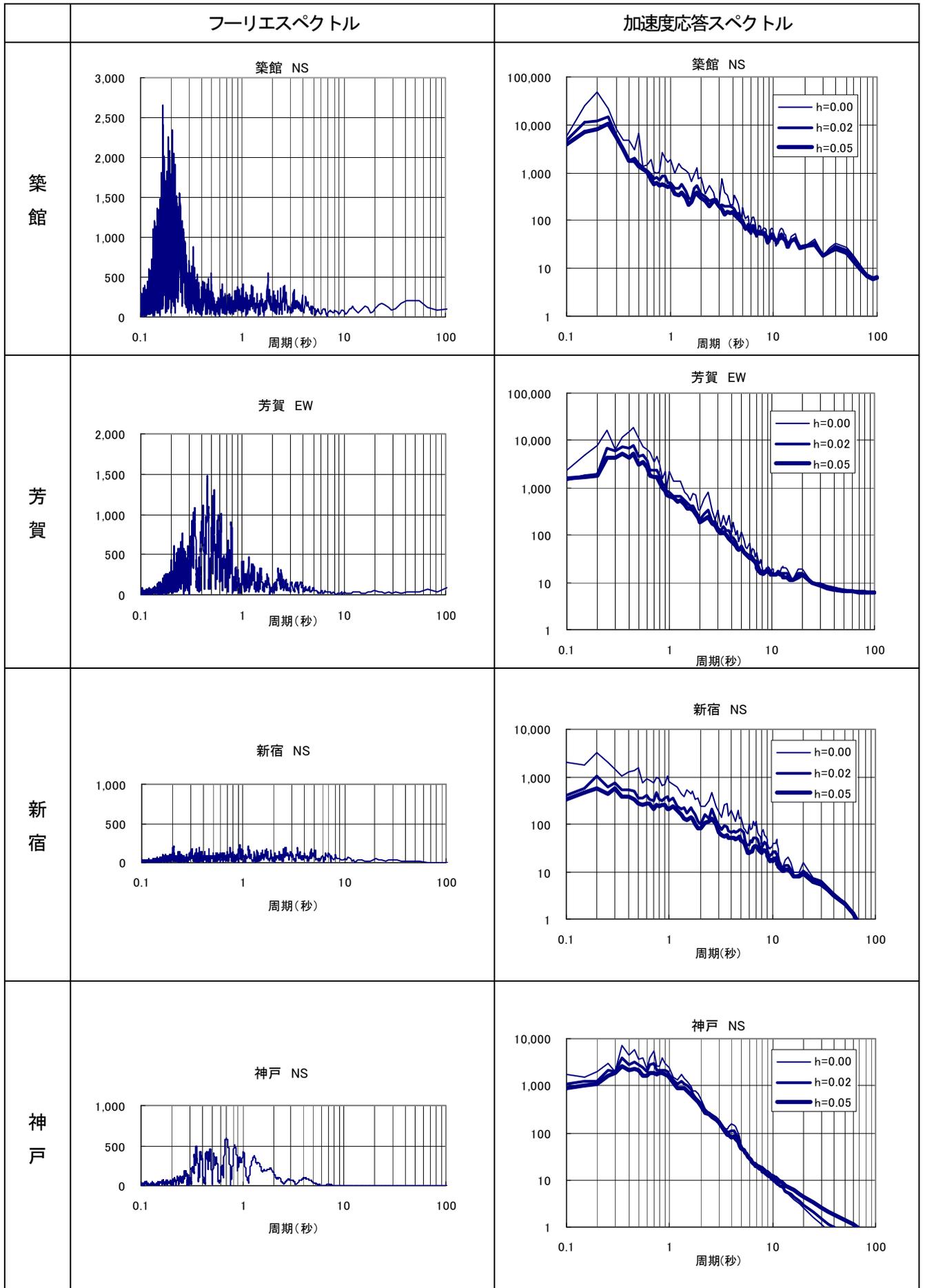


図2 各地の地震波形のフーリエスペクトルと加速度応答スペクトル（最大加速度を含む方向成分のみ）

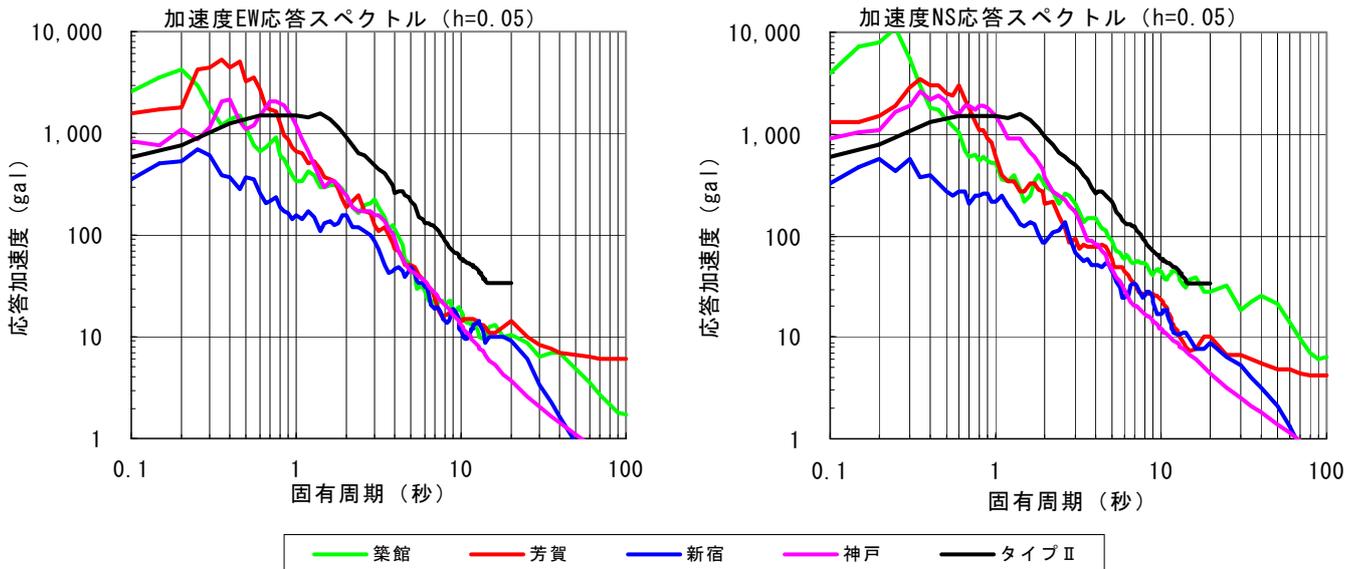


図3 各地で観測された地震波の加速度応答スペクトルの比較

波形の分析

図2には観測された地震波形のフーリエスペクトルと同じ波形から加速度応答スペクトルを求めて、比較のために縦軸、横軸のスケールを合わせて表示しています。地震波のフーリエスペクトルとは、地震波は一見ランダムな振動のように見えますが、色々な振動周期のたくさんの波が合成されたものと考えたときに、それぞれの周期の波がどのくらいの強さであるかを示したものです。それに対して応答スペクトルとは、仮にある固有周期と減衰率を持った構造物がその場にあったとして、どのくらいの強さで揺られるか（応答値）を各固有周期ごとにプロットしたもので、実際に構造物への影響度を推測することができます。各図中には構造物の減衰率が、 $h=0, 0.02, 0.05$ の場合を示しています。

また、図3では各地の応答スペクトルを一つのグラフの中に合わせて示しました。減衰率は一般の構造物に近い0.05のみを取りだしています。ここで、「タイプII」とは、道路橋示方書の「タイプII（直下型）/Ⅲ種地盤/ポートアイランド内地盤」の標準地震波形のNS成分を表しています。

考察

まず図1の地震動をみると、最大加速度が観測された築館では、開始から100秒前後で瞬間的に極端に高いピークがみられます。これが最大値となったわけですが、一瞬であったことと図2のスペクトルに如実に表れているように0.1~0.2秒と非常に低い周期のところにピークがあることが、揺れの割には建造物の被害が少なかった要因ではないかと思われまます。ちなみに、2007年能登半島地震では家屋等に多くの被害がありましたが、この地震のスペクトルの傾向は全く異なり周期1~2秒に大きなピークが現れています³⁾。これは通称「キラーパルス」と呼ばれ、木造や低層のRC建物に

甚大な被害をもたらすものといわれています。

一方、芳賀では周期0.5~0.6秒の波が卓越しており、建物の外壁、民家の瓦屋根、石積塀等に大きな被害が発生しました。

新宿の超高層ビルでは、大きな揺れが10分以上も続いたとの報告が多数あります。短周期の波に比べ長周期の波は、距離が遠くてもあまり減衰せずに伝わります。図2のスペクトルを見ると短周期領域ではかなり小さくなっているのに、超高層ビルの固有周期といわれる数秒~10秒程度の領域では、震度が大きかった地方とほぼ同じ程度の強さであったようです。

神戸の地震は周知の通り直下型地震で、今回の地震とは基本的に性質が大きく異なるものと思われまますが、スペクトルで見ると周期0.4~1秒位にピークがあり、0.7秒以上では今回の地震を上回っています。また図3を見ると、神戸の地震をもとに改訂された現在の道路橋示方書耐震設計編の標準波形は、低周期よりも中長周期においてかなり大きくなるように設定されています。

実際の地震動や構造物の応答挙動は大変複雑ですが、このように概観しただけでも各地震ごとにそれぞれ個性があり、単に震度やマグニチュードだけで論ずることはできないことがわかります。

参考文献

- 1) 東京大学地震研究所：地震動分布から直接見る震源断層の破壊過程，2011年3月 東北地方太平洋沖地震
- 2) 防災科学技術研究所：栃木・茨城の地震波の特徴，平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震
- 3) 例えば、気象庁ホームページなど
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2007_03_25_noto/