

2011 年東北地方太平洋沖地震

青森県内 3 箇所における既往の強震記録との比較

片岡俊一

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に起きた 2011 年東北地方太平洋沖地震（マグニチュード、 $M: 9.0$ ）では、青森県内の最大震度は 5 強であった。継続時間の長い地震動は、直接被害を受けなかった人々にあっても、大きな恐怖を感じたことは間違いない。

青森県の各所では、これまでに今回の地震動よりも強い地震動を経験していることも確かである。そこで、青森県内の 3 箇所、八戸市、青森市、弘前市において過去に記録された地震動（以下、強震動と呼ぶ）と今回の地震による揺れを比較してみた。このような比較は、青森県民の地震防災に対する意識高揚、例えば、将来起こることが予想されている三陸沖北部の固有地震に対する各種の備えに有益であると思われる。

また、今回の地震は $M9.0$ という超巨大な規模であるが、最近話題となっている長周期地震動は地震の規模が大きくなるほど励起され易い。過去に起きた地震のうち、長周期の強震動に着目されたものとして、1968 年十勝沖地震がある。この地震の記録と今回の地震の記録を同一地点で比較することは、今後の長周期強震動研究に有益な示唆を与えるものと考えられる。

2. 八戸市

八戸市では 1968 年十勝沖地震も観測されているが、ここでは同一地点での地震動を比較するという観点から、八戸市庁舎本館における強震観測データを用いた。八戸市庁舎における強震観測は（独）建築研究所が実施しており¹⁾、1994 年三陸はるか沖地震の記録が得られている。建築研究所は、市庁舎の数カ所に強震計を設置しているが、ここでは地下 1 階の記録を利用する。

比較に用いた地震動に関する諸元をまとめると表 1 のようになる。ここでは、2008 年 7 月 24 日に起きた岩手県沿岸北部の地震も加えて比較する。波形を比較して図 1 に示す。図を見ると継続時間及び地震動の包絡形が大きく異なり、東北地方太平洋沖地震は継続時間が極めて長いことが分かる。図では 150 秒までを示しているが、東北地方太平洋沖地震の記録時間長は更に長い。また、計測震度に対応して、東北地方太平洋沖地震の振幅が小さいことも見て分かる。

加速度記録のうち、164 度方向成分から減衰定数を 5%とした応答スペクトルを算出した。その際には、エネルギースペクトルも求め、等価速度としてスペクトル表示した。結

表1 八戸市庁舎の記録に関する地震諸元

年月日	地震名・震源域名	マグニチュード	震源深さ (km)	計測震度 相当値	震度(市内 最大値)
1994/12/28	三陸はるか沖地震	7.6	0	5.8	6
2008/07/24	岩手県沿岸北部	6.8	108	4.9	6弱
2011/03/11	東北地方太平洋沖地震	9.0	24	4.6	5強

注：計測震度相当値は、地震動記録から計測震度を算出したもの
震度（市内最大値）は1994年当時の八戸市域内の震度最大値
1994年当時は震度に強弱の区分はない。

果を図2に示す。通常の応答スペクトル、つまり1自由度系の最大応答値は三陸はるか沖地震の地震動が広い周期帯域で最大となっている。ただし、周期0.2秒～0.5秒程度では、岩手県沿岸北部の地震が最大であり、変位応答にあっては周期3.2秒付近で今回の地震動が最も大きくなっている。この周期では、速度応答スペクトルにおいては定常応答よりも過渡応答の方が大きいようで、変位応答スペクトルのような入れ替わりは起こらない。

Hchinohe City Hall Main Building B1F

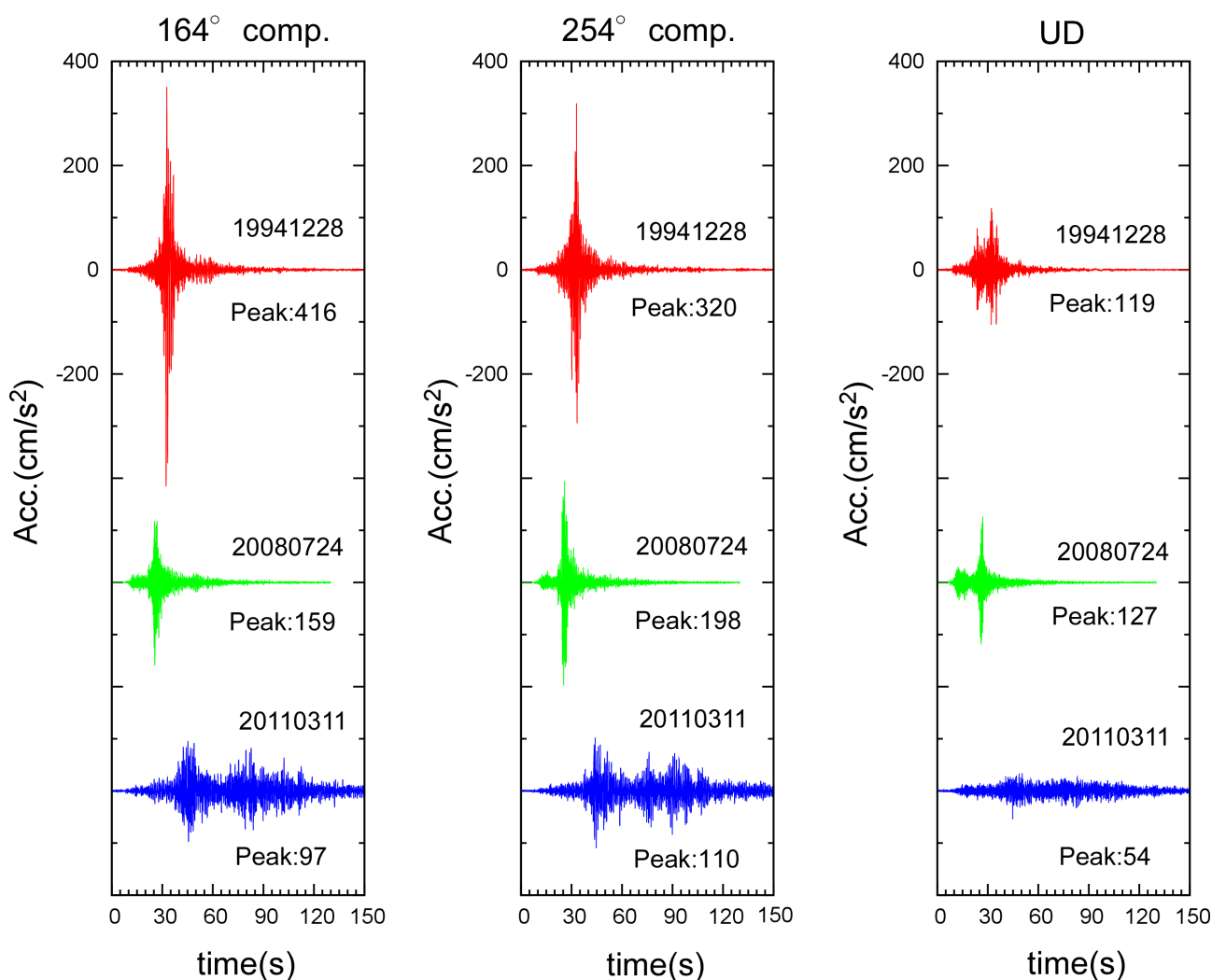


図1 八戸市庁舎で観測された地震動の比較

Hachinohe City Hall Main Building B1F

164° comp.

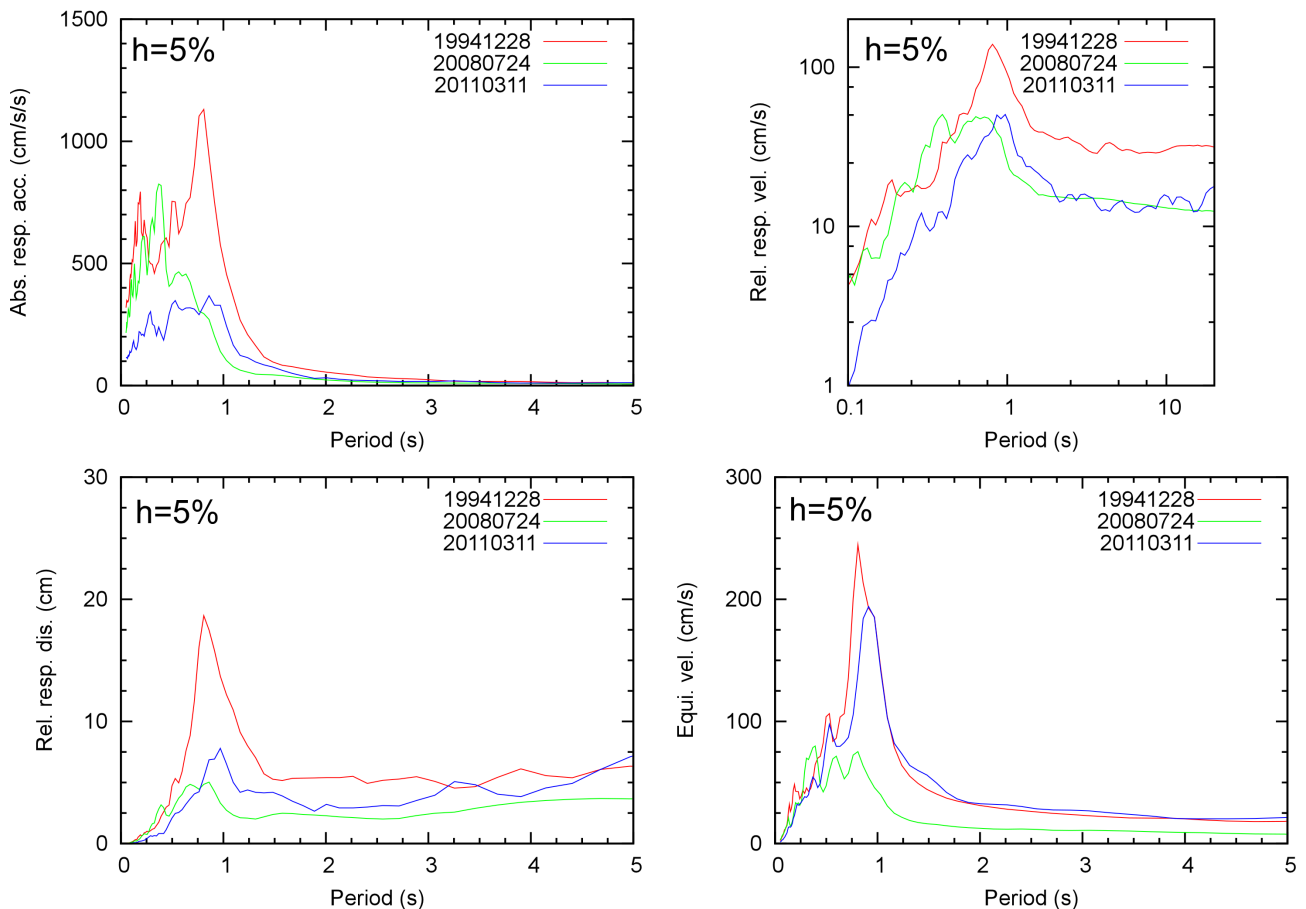


図2 八戸市庁舎における加速度記録から算出した減衰定数5%の各種応答スペクトル。
左上：絶対加速度，左下：相対変位，右上：相対速度，右下：エネルギースペクトル。

一方、エネルギースペクトルは様相が異なり、周期1秒以上では今回の地震と三陸はるか沖地震の等価速度はほぼ等しいか、今回の地震の方がやや大きくなっている。これは、今回の地震動の方が構造物により多くのエネルギーを与えたことになる。

3. 青森市

青森市では港湾空港技術研究所の「港湾地域強震観測²」の青森港湾観測点が古い歴史を有している。そこで、ここでは青森港湾の記録を利用して1968年十勝沖地震との比較を行った。なお、両記録を観測した機器は異なっており、1968年当時は機械式である。機械式強震計の場合、特性補正を行わないと高振動数成分を適切に評価できないが、ここでは特性補正を行わずに利用した。

比較に用いた地震動に関する諸元をまとめると表2のようになる。波形を比較したものが図3である。図を見ると振幅は十勝沖地震の記録の方が断然大きい。継続時間であるが、十勝沖地震の場合は当時の数値化の制限のためか、記録の途中で終わっており、東北地方

表2 青森港湾の記録に関する地震諸元

年月日	地震名・震源域名	マグニチュード	震源深さ (km)	計測震度 相当値	震度(市内 最大値)
1968/05/16	十勝沖地震	8.3	0	5.4	5
2011/03/11	東北地方太平洋沖地震	9.0	24	4.1	4

注：計測震度相当値は、地震動記録から計測震度を算出したもの

震度（市内最大値）は1968年当時の青森市市域内での震度最大値

1968年当時は震度に強弱の区分はない。

太平洋沖地震程度の振幅であればまだしばらく続くようにも思える。なお、東北地方太平洋沖地震の記録長さは240秒である。

水平動2成分のうち最大加速度がより大きいEW方向成分から減衰定数を5%とした応答スペクトルとエネルギースペクトルを求めた。計算結果を図4に示すが、応答スペクトル、エネルギースペクトルとも十勝沖地震の方が大きいことが分かる。なお、スペクトルの算出に当たっては、地震動記録長さ全てを用いている。規模が大きいと長周期成分を励

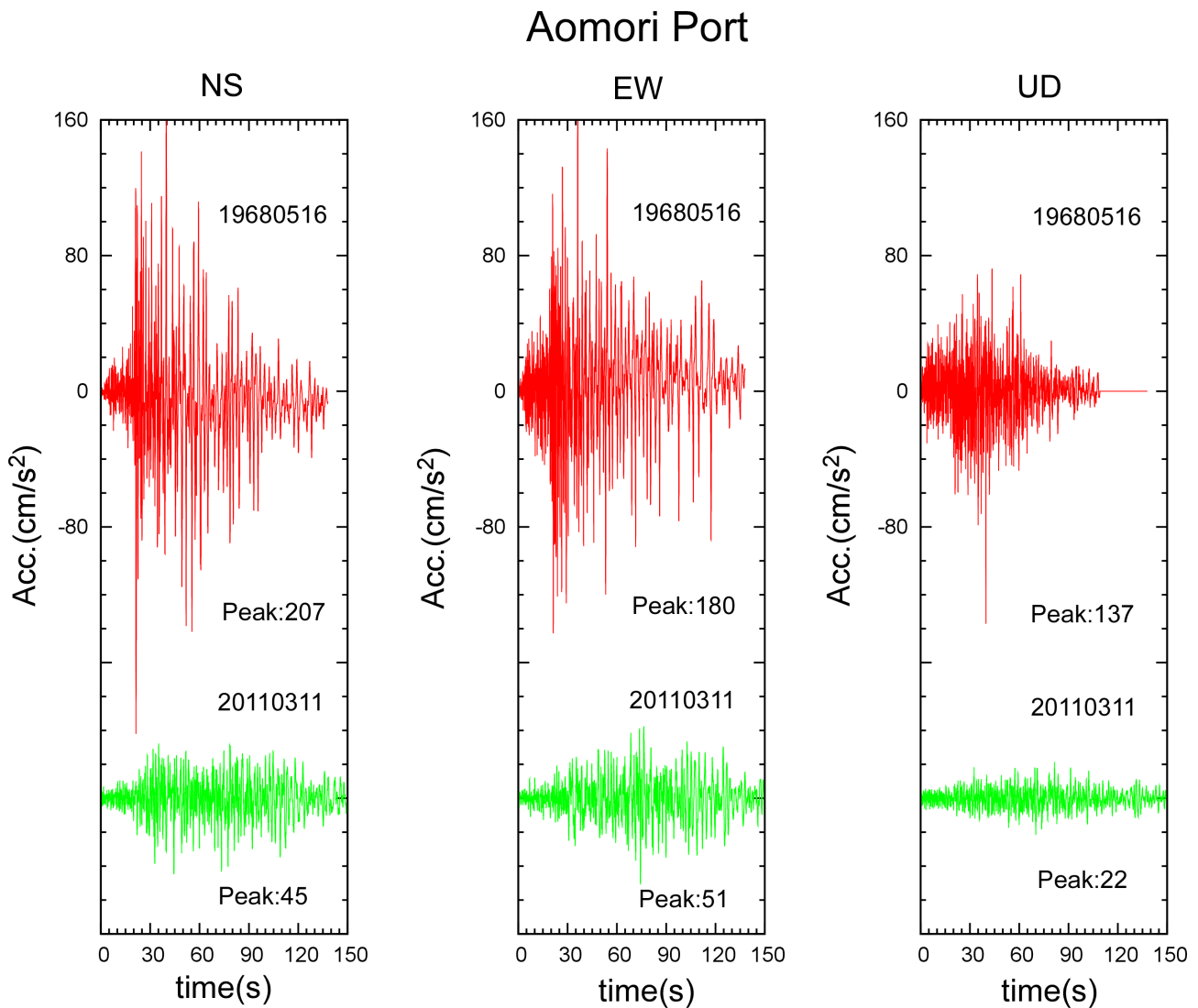


図3 青森港湾で観測された地震動の比較

Aomori Port

EW comp.

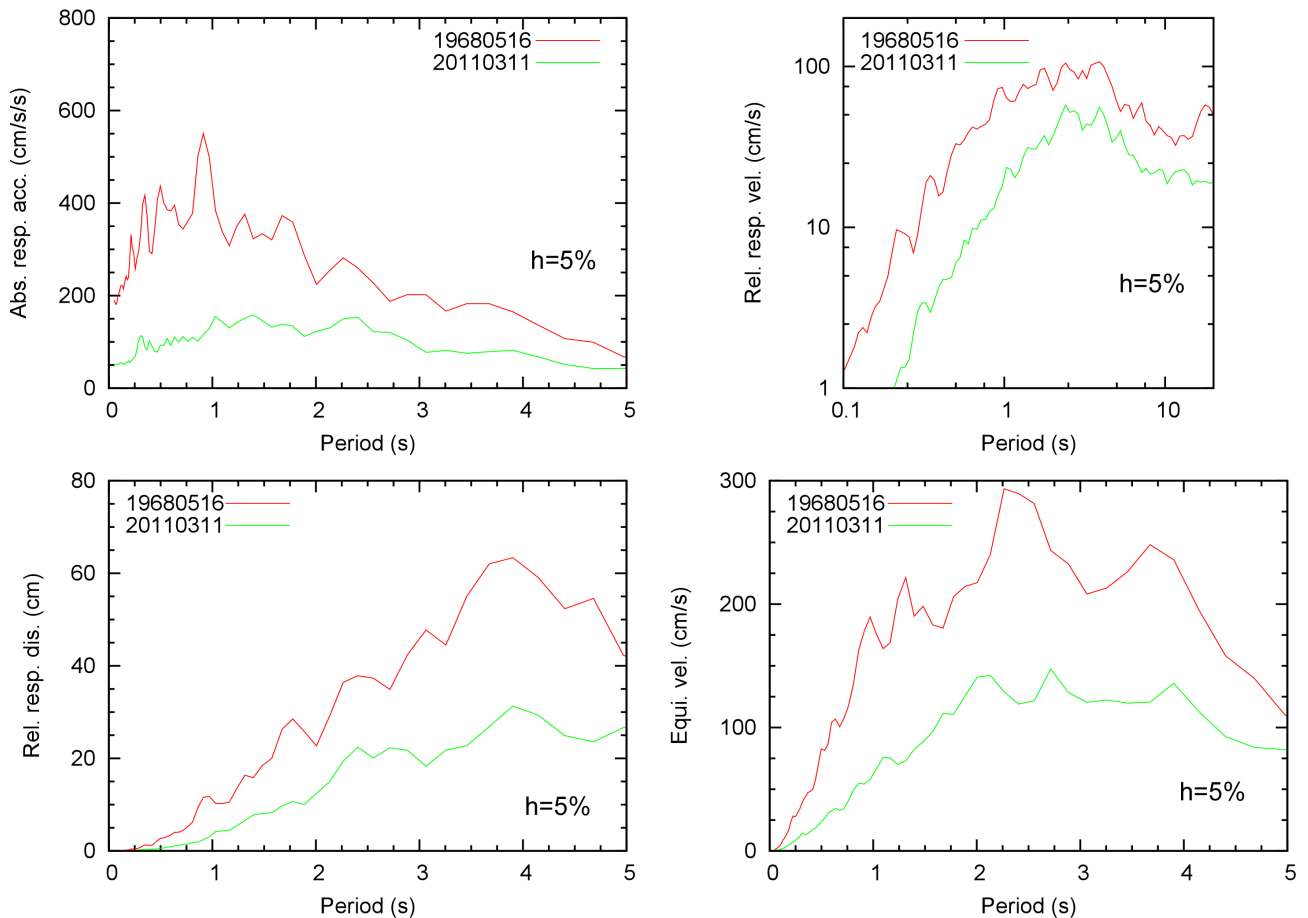


図4 青森港湾における加速度記録から算出した減衰定数5%の各種応答スペクトル。左上：絶対加速度，左下：相対変位，右上：相対速度，右下：エネルギースペクトル。

起しやすいと考えられるが，ここで見ている周期帯域では，そのようなことはなく，距離が近い十勝沖地震の方が振幅が大きいということになる。

4. 弘前市

弘前市には，定常的な強震観測点はないが，1983年日本海中部地震当時には弘前大学に強震計が設置されていた。また，その後2005年から建築学会から強震計の貸与を受けて1983年日本海中部地震を観測した地点と同じ地点で強震観測を実施している。そこで，ここでは1983年日本海中部地震と2011年東北地方太平洋沖地震との比較を行った。なお，両記録を観測した機器は異なっている。

比較に用いた地震動に関する諸元をまとめると表3のようになる。波形を比較したものが図5であるが，振幅は大きく異なることが分かる。日本海中部地震の記録は，当時の数値化の都合から記録の途中で終わっている。しかしながら，青森港湾の記録と同様に，波形の消長から推察すると，東北地方太平洋沖地震程度の振幅であればまだしばらく続くよ

表3 弘前大学の記録に関する地震諸元

年月日	地震名・震源域名	マグニチュード	震源深さ (km)	計測震度 相当値	震度(市内 最大値)
1983/05/26	日本海中部地震	7.7	14	4.7	—
2011/03/11	東北地方太平洋沖地震	9.0	24	3.4	4

注：計測震度相当値は、地震動記録から計測震度を算出したもの

震度（市内最大値）は1983年当時の弘前市市域内での震度最大値

1983年当時には弘前市に気象官署がなかったため震度は決まっていない。

うにも思える。

これまでの記録と同様に、水平成分の最大加速度を記録したEW成分の記録を用いて、減衰定数を5%とした応答スペクトルとエネルギースペクトルとを算出した。結果を図6に示すが、図示した4種のスペクトル全てで周期2秒以下で日本海中部地震の記録の方が大きい。しかしながら、それ以上の周期では東北地方太平洋沖地震の記録から算出したスペクトルの方が大きい。弘前市周辺では周期2秒よりも長い固有周期を持つ構造物はない

HIROSAKI University Observatory 1F

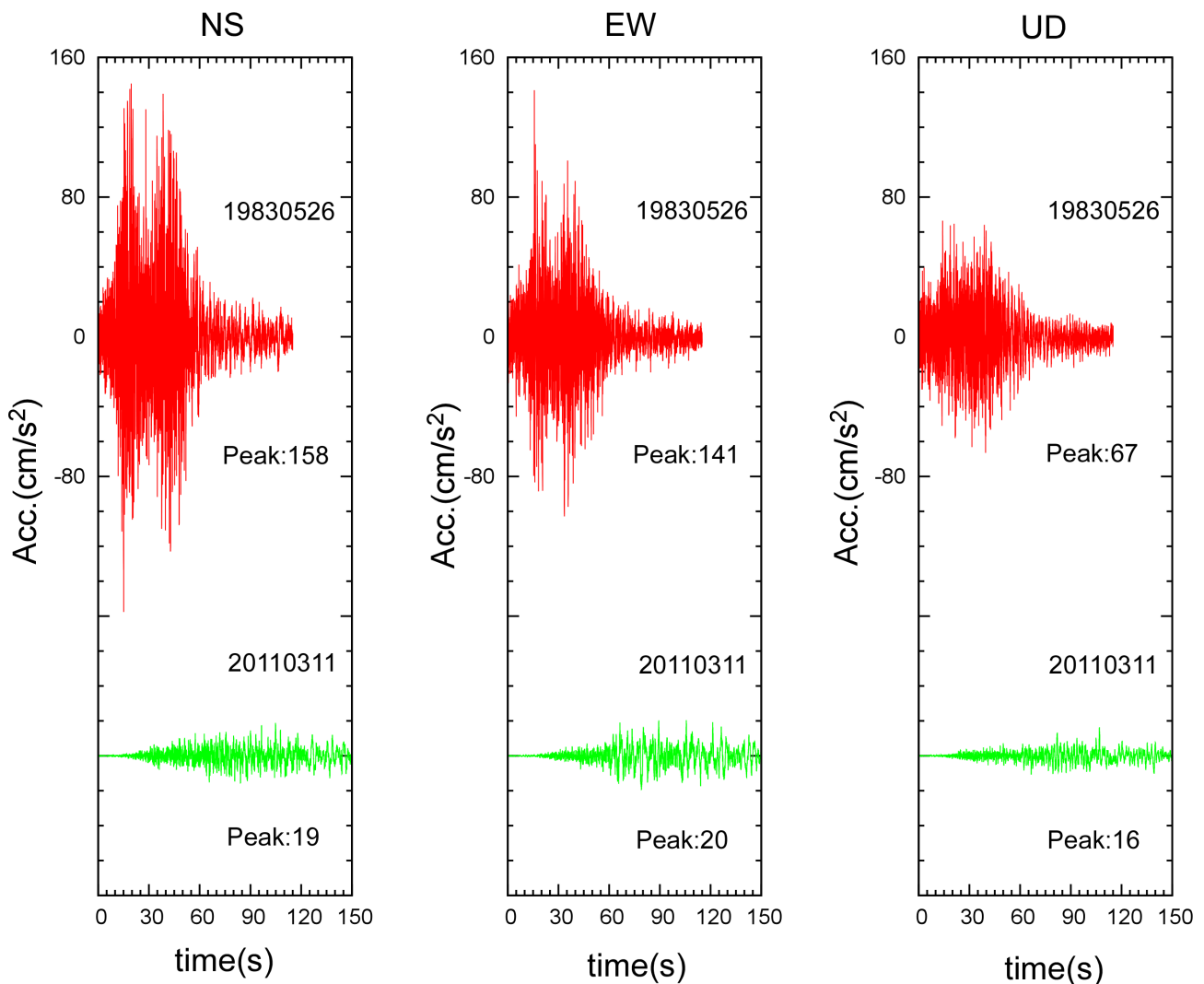


図5 弘前大学で観測された地震動の比較

EW comp.

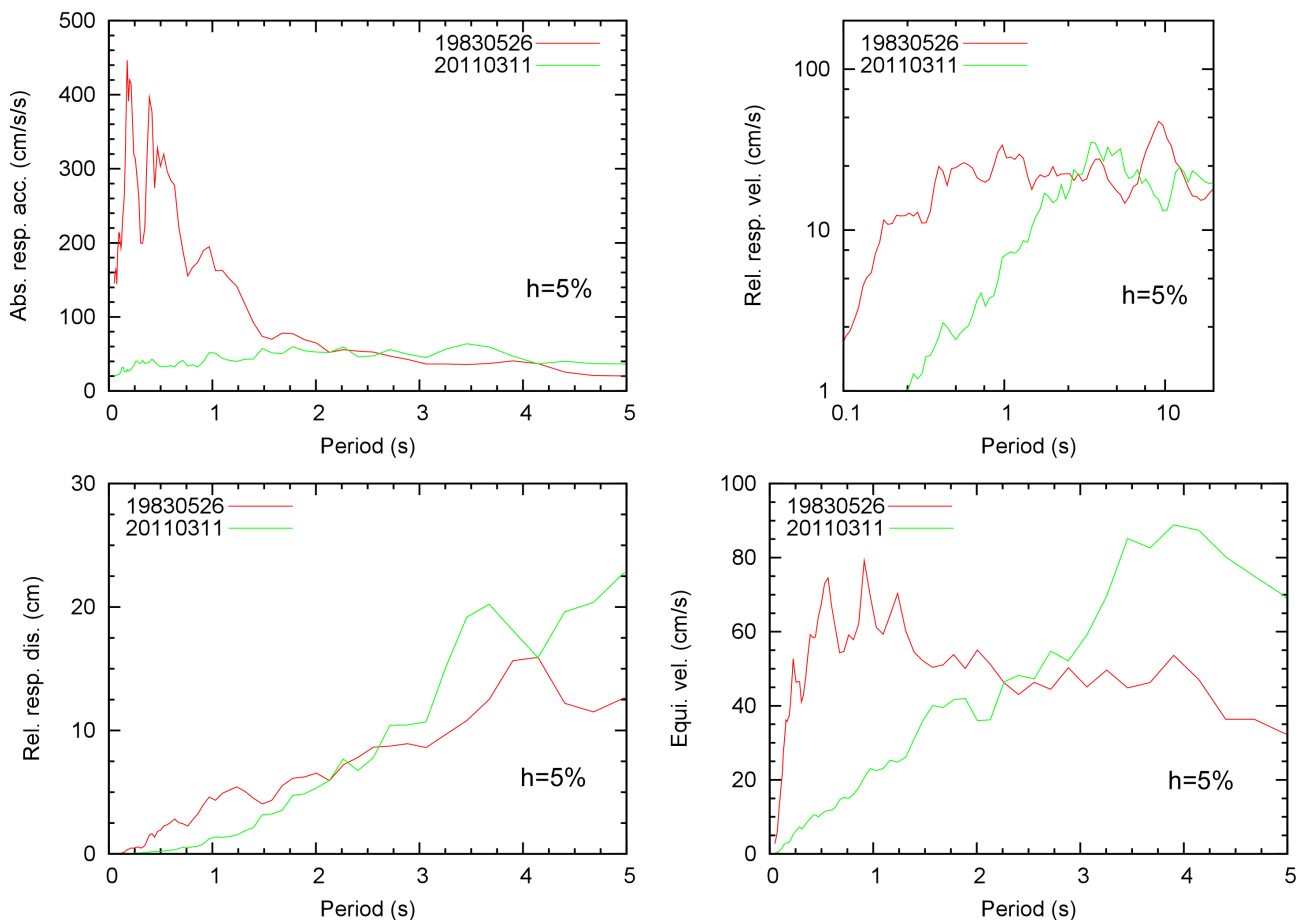


図6 弘前大学における加速度記録から算出した減衰定数5%の各種応答スペクトル。左上：絶対加速度，左下：相対変位，右上：相対速度，右下：エネルギースペクトル。

と思われるので、構造物の応答あるいは構造物へ入力したエネルギーとしても、弘前市周辺では日本海中部地震の地震動の方が強かったということになる。

ただし、より長周期まで図示した速度応答スペクトルを見ると、周期10秒前後で大小関係が再度入れ替わることが分かる。また、全くの未検討ではあるが、現時点では日本海中部地震の震源特性として励起された成分と考えている。

5. まとめ

マグニチュード9.0という巨大な規模の2011年東北地方太平洋沖地震による青森県内の地震動記録を過去に得られた地震動記録と比較した。具体的には、八戸市の八戸市庁舎においては1994年三陸はるか沖地震、青森市の青森港湾の記録については1968年十勝沖地震、弘前市の弘前大学の記録については1983年日本海中部地震と比較した。

計測震度相当値はいずれも、東北地方太平洋沖地震のものが小さく、応答スペクトルの比較でも概ね、過去の記録の方が大きかった、ただし、弘前大学の記録では、長周期帯域

で今回の地震の方が大きかった.

謝辞

ここでは, (独) 建築研究所, (独) 港湾空港技術研究所が実施している強震観測のデータを利用させて頂いた. ここで行った比較検討ができたのは, 両機関が長い間安定的に強震観測を実施し, その記録を早急に公開してくれたからである. 今回の地震に対する対応を含めこれまでの永続的な努力に対して, 記して謝意を示したい.

参考文献

- 1) <http://smo.kenken.go.jp/ja/smn>. 2011 年 3 月 18 日確認
- 2) <http://www.mlit.go.jp/kowan/kyosin/eq.htm>. 2011 年 3 月 18 日確認