

強震動                      震源モデル                      海溝型巨大地震  
サブイベント              非線形                              強震記録

はじめに

著者はこれまで東北地方太平洋沖地震の強震動を対象とした震源モデルの構築に取り組んできたが<sup>1)2)</sup>、福島第一原子力発電所に近い K-NET 大熊 (FKS007) と KiK-net 浪江 (FKSH20) の記録は当時未回収だったので使用していなかった。その後、防災科学技術研究所の御尽力によりこれらの記録が回収・公開されたので、これを利用して震源モデルの検証を試みた。

震源モデル

ここで対象とする震源モデルは東北地方太平洋沖地震の疑似点震源モデル<sup>2)</sup>である。これは、従来の特性化震源モデルをさらに単純化しパラメーター数を減らした震源モデルである。この震源モデルでは、各々のサブイベントに対し、その内部におけるすべりの時空間分布を詳細にはモデル化せず、各々のサブイベントが生成する震源スペクトルのみをモデル化する。具体的には、震源スペクトルはオメガスクエアモデル<sup>3)</sup>に従うと仮定する。これに伝播経路特性とサイト増幅特性<sup>4)</sup>を乗じることにより、対象地点での地震動のフーリエ振幅が計算され、これと対象地点における中小地震記録のフーリエ位相を組み合わせ、フーリエ逆変換することにより、サブイベントからの地震動の時刻歴波形が求まる。さらに、複数のサブイベントからの地震動を、サブイベントの相対的な破壊時刻を考慮して重ね合わせることにより、地震動の全体が計算できる。

東北地方太平洋沖地震に対して著者が提案している疑似点震源モデルは、図 1 および表 1 に示すように、宮城県沖から茨城県沖にかけて 9 つのサブイベントが次々に破壊していくものである。今回利用する記録は、特に福島沖のサブイベントに近いので、震源モデルのうち福島沖部分の検証を行う上で特に有用であると考えられる。

走時の検討

対象とする震源モデルでは、福島沖で 3 つのサブイベントが 7-11s ほどの間隔をおいて破壊するとしている。このことの妥当性について検討した。特に、この地震に対して提案されている震源モデルの中には、福島沖に 1 つのサブイベントを仮定しているものもあるので、サブイベントの数は重要な検討項目である。図 2~図 4 は、各サブイベントからの S 波の伝播の様子を示したものであ

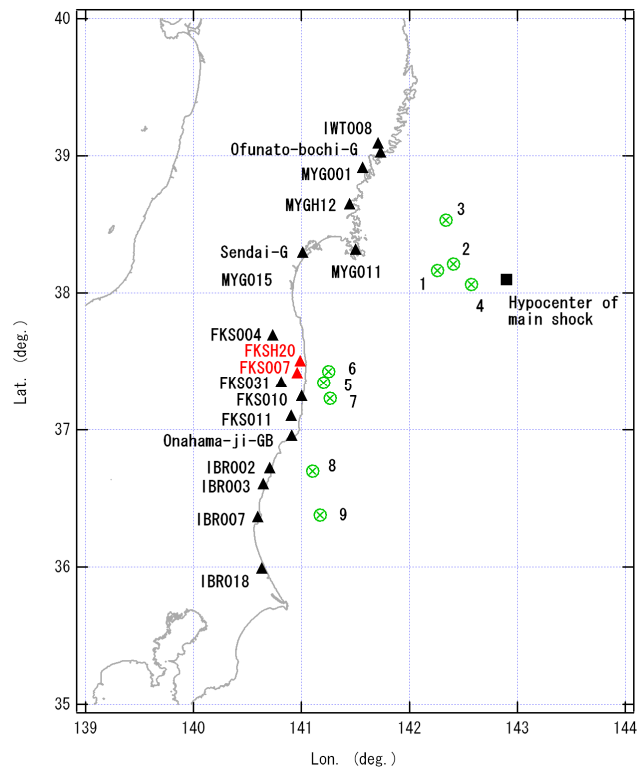


図 1 東北地方太平洋沖地震の疑似点震源モデル<sup>2)</sup>と本研究で対象とする観測点の位置 (▲)

表 1 疑似点震源モデル<sup>2)</sup>のパラメーター

	Rupture time (h:m:s)	Depth km	Moment Nm	Corner frequency Hz
Subevent 1	14:46:43.5	33.6	8.0E+18	1.05
Subevent 2	14:46:46.9	31.8	8.0E+18	0.74
Subevent 3	14:47:33.4	35.3	4.0E+18	0.91
Subevent 4	14:47:26.3	28.3	2.3E+19	0.79
Subevent 5	14:47:57.1	42.2	2.5E+18	0.74
Subevent 6	14:48:04.4	42.2	2.5E+18	0.74
Subevent 7	14:48:15.0	40.5	5.0E+18	0.74
Subevent 8	14:48:25.8	38.8	8.0E+18	0.53
Subevent 9	14:48:30.9	35.3	1.6E+19	0.37

る。図の縦軸は各サブイベントから観測点までの直線距離、横軸は震央での破壊開始時刻を原点としている。赤の破線は S 波速度を 3.9km/s と仮定した場合に S 波が到来するはずの時刻を示しているが、FKS007 と FKSH20 のいずれにおいても、対応する位相がはっきりと確認できるので、福島沖に 3 つのサブイベントがあると考えられることは妥当であると考えられる。また、その位置や破壊時刻なども概ね妥当であると判断される。

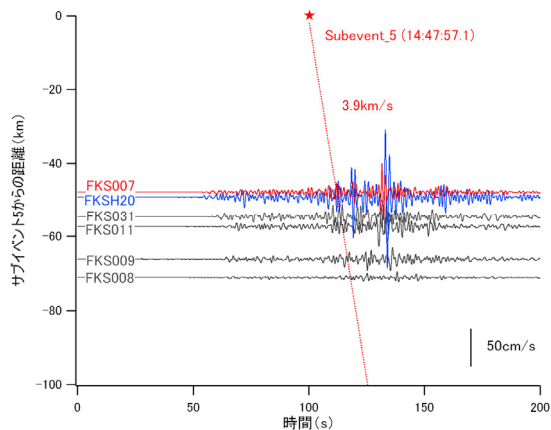


図2 サブイベント5からのS波の伝播の様子

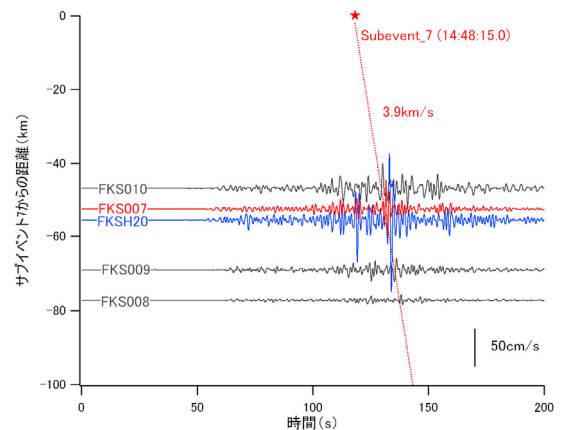


図4 サブイベント7からのS波の伝播の様子

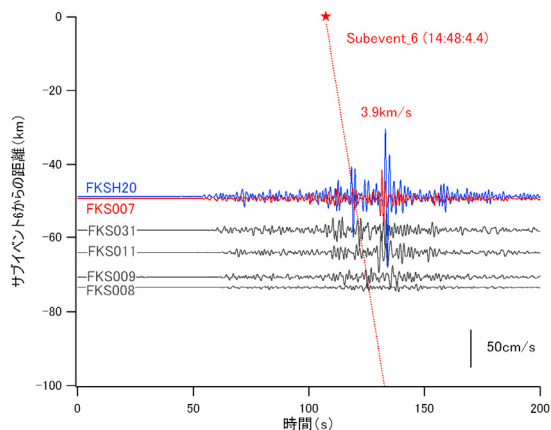


図3 サブイベント6からのS波の伝播の様子

### 強震動シミュレーション

疑似点震源モデルを用い、FKS007とFKSH20を対象として文献2)の方法で強震動シミュレーションを行った。位相特性を決めるための中小地震記録は、FKS007に対しては既往の研究<sup>2)</sup>を参考に2005/10/22の地震の記録を用い、FKSH20に対しては、同じ地震の記録が得られていなかったため、震源位置を参考に、2001/11/25の地震の記録を用いた。また、FKSH20については、観測記録の

フーリエスペクトルとサイト増幅特性<sup>4)</sup>のピーク周波数が大きく異なり、表層地盤の非線形挙動の影響が大きいと判断されたため、非線形パラメータ<sup>5)</sup>を用いたシミュレーションを行った。非線形パラメータには、堆積層における平均的なS波速度の低下率を表す $\nu_1$ と、堆積層における平均的な減衰定数の増分を表す $\nu_2$ の二つがある。これらの値については、ここでは試行錯誤により、最も振幅の大きいサブイベント7に対しては $(\nu_1, \nu_2)=(0.35, 0.1)$ 、次に振幅の大きいサブイベント6に対しては $(0.5, 0.1)$ 、それ以外に対しては $(0.80, 0.02)$ と設定した。速度波形(0.2-1Hz)に関する計算結果と観測結果の比較を図5に示すが、全体的な特徴は良く捉えられている。0.2-10Hzの範囲でのフーリエスペクトルと速度envelopeの再現性も概ね良好であった。以上のことから、文献2)の震源モデルは概ね妥当なものであると判断される。

謝辞 防災科学技術研究所のK-NET, KiK-netの強震記録を利用しました。心より御礼申し上げます。

参考文献 1)野津(2012), 日本地震工学会論文集. 2)野津(2012), 地震2. 3)Aki(1967), *J. Geophys. Res.* 4)野津・長尾(2005), 港空研資料No.1112. 5)野津・盛川(2003), 地震2.

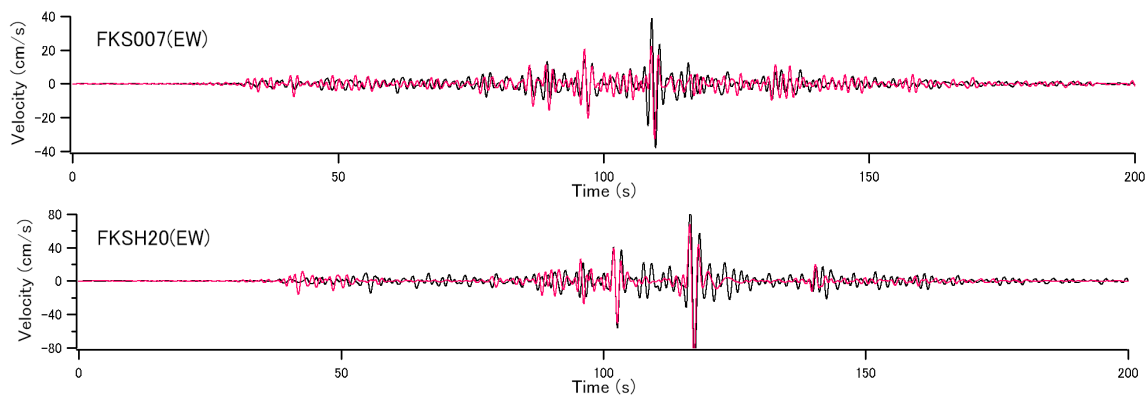


図5 疑似点震源モデルによるFKS007およびFKSH20での速度波形(0.2-1Hz)の計算結果(赤)と観測結果(黒)