

日本海地震・津波調査

2. 津波波源モデル・震源断層モデルの構築

2-1：歴史地震・古津波調査

2-1-1：歴史文書・地震記録の調査

東京大学地震研究所

2. 津波波源モデル・震源断層モデルの構築

2-1-1：歴史文書・地震記録の調査

<研究目的>

震源が知られている20世紀に発生した大地震(M7クラス)の地震記録の再解析と、北海道から九州に至る日本海沿岸域での歴史史資料の解析を進め、津波波源域の推定に必要な基礎資料を得る。

平成27年度：

平成26年度に引き続き、20世紀にサハリン沖・東北沖・北陸沖で発生した地震について、地震記録・津波記録を用いて断層モデルの推定などの地震学的解析を実施する。また、過去に発生した地震の地震・津波に関する史資料の収集や解析を実施する。さらに、平成25年度に収集した史料に関して、引き続き校訂作業を実施する。

1964年男鹿半島沖、1983年青森県西方沖、1971年サハリン西方沖の地震の津波について、地震波形インバージョン解析によって得られたすべり分布や、「日本海における大規模地震に関する調査検討会」(日本海検討会)による断層モデル等を用いて分散項を考慮した津波波形を計算し、観測波形との比較を行った。

断層パラメータの推定手法 ～地震波形インバージョン～

＝波形データ＝

平成26年度成果

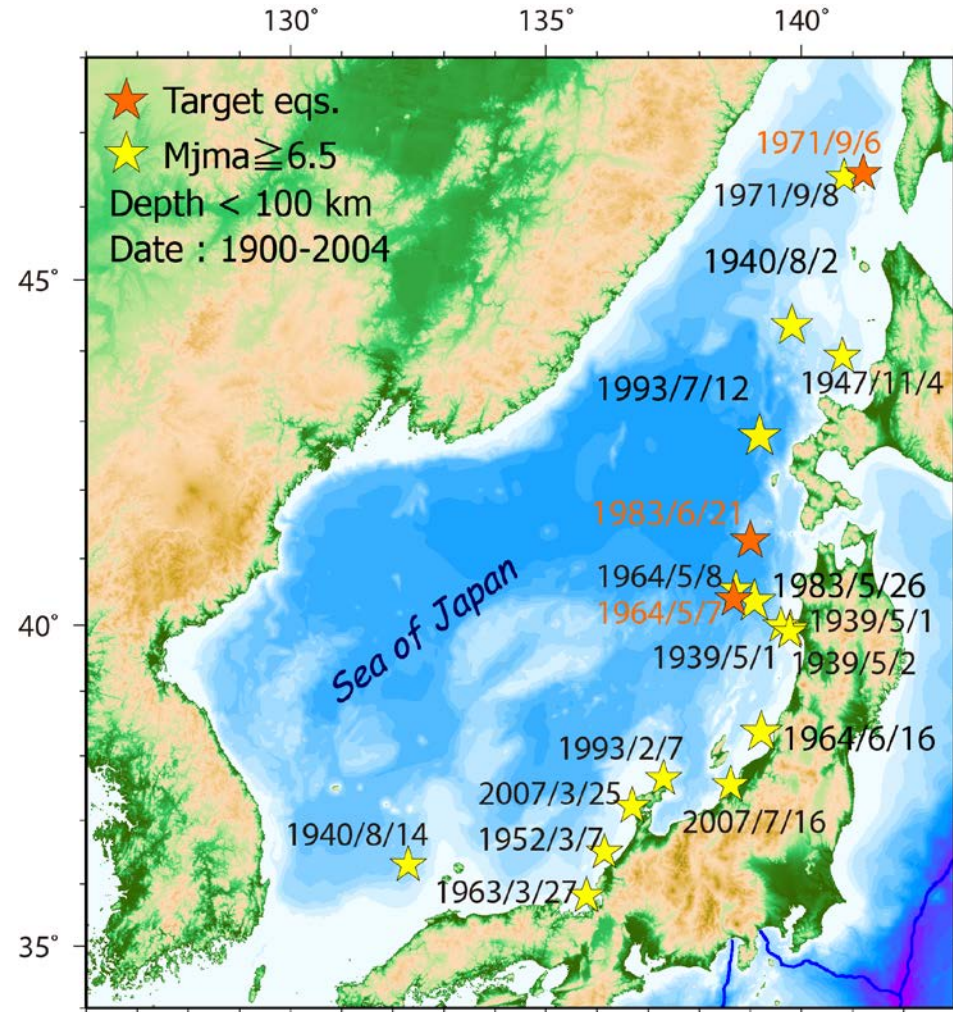
- 1964年男鹿半島沖：
WWSSNによるP波上下動 23点
- 1983年青森県西方沖：
IRIS-DMCによるP波上下動 14点

今年度成果

- 1971年サハリン西方沖：
WWSSNによるP波上下動 23点

＝インバージョン手法＝

- Kikuchi and Kanamori (2003)による遠地実体波インバージョンプログラム
－ Multiple time window inversion & Non-negative least squares method



断層パラメータの推定手法 ～津波数値計算～

＝断層モデル＝

- 1964年男鹿半島沖：波形インバージョン再解析結果，矩形モデル，日本海検討会モデル(F24S, F25)
- 1983年青森県西方沖：波形インバージョン再解析結果，日本海検討会モデル(F17S, F19N, F24N)
- 1971年サハリン西方沖：波形インバージョン再解析結果，矩形モデル

＝津波数値計算＝

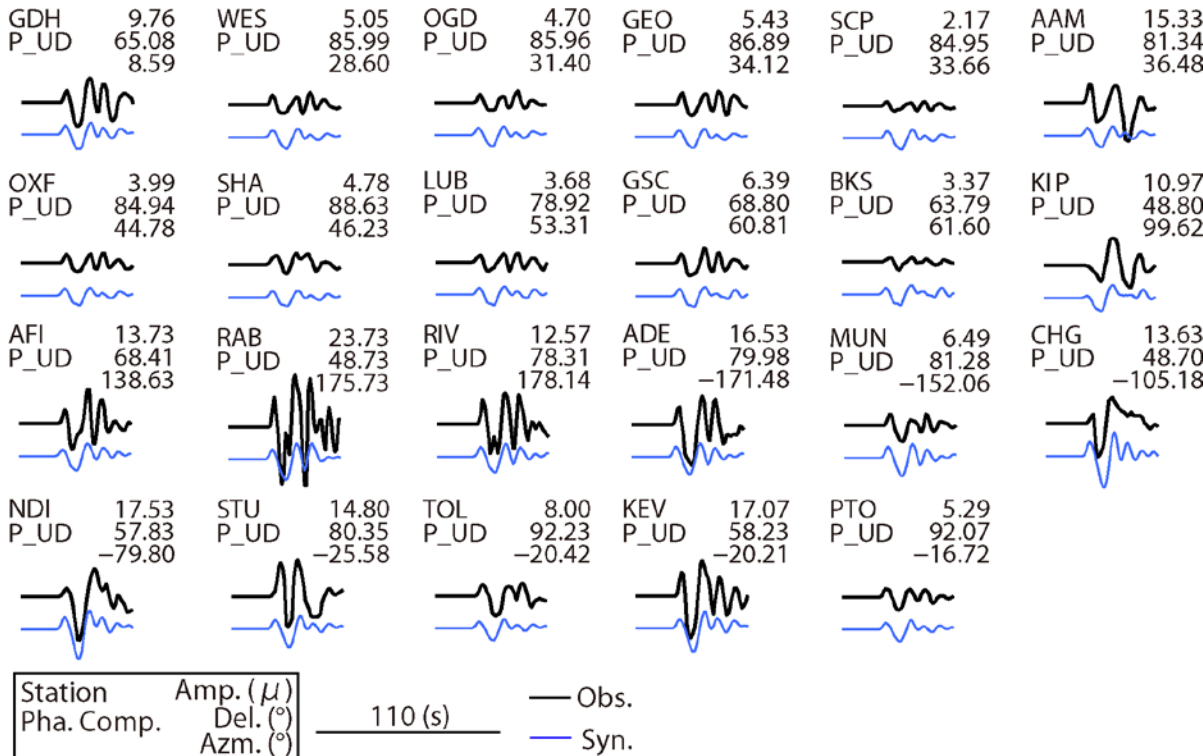
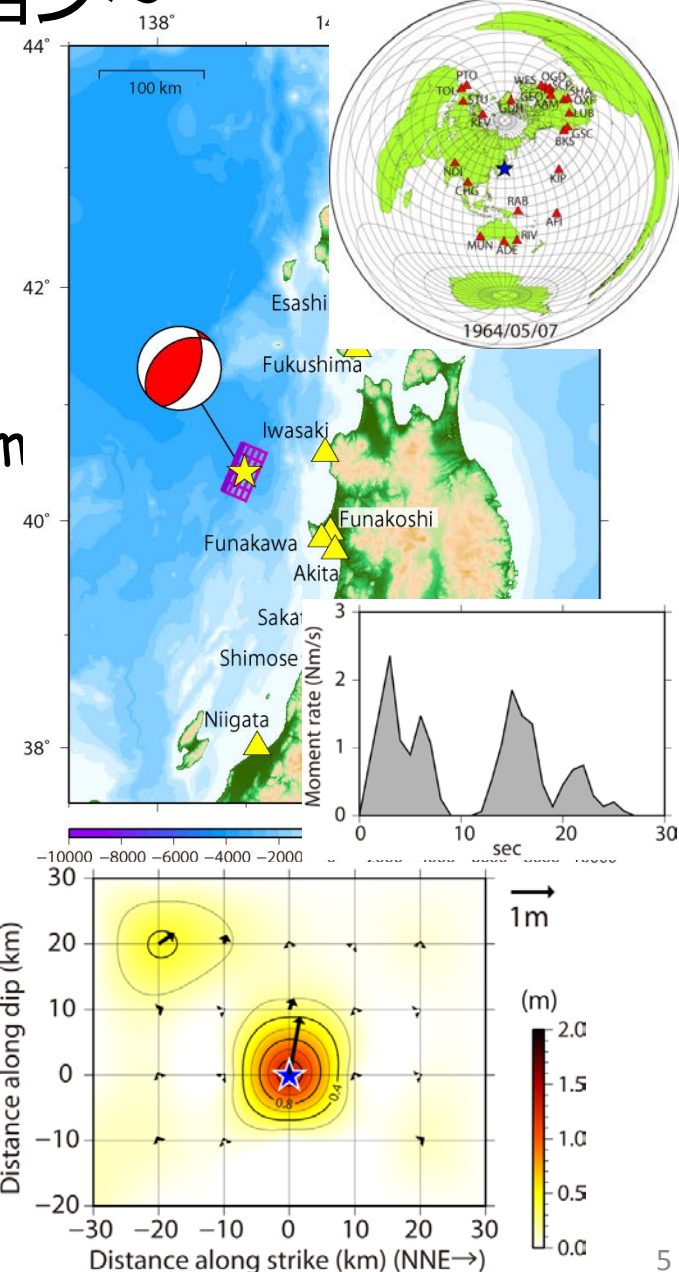
- 初期条件：Okada (1985) & Tanioka and Satake (1996)
- 海底地形データ：JTOPO30, M7000シリーズから作成した150m(5秒)メッシュのグリッドデータ
- 計算手法：大規模並列計算コードJAGURS(Baba et al., 2015)によって分散・非分散の非線形長波式を解く。

1964 年男鹿半島沖地震(Mj 6.9)

～地震波形インバージョン～

破壊開始点付近に大きいすべり領域

- Source area : 50 km x 40 km
- Source depth : 21 km
- Strike, Dip, Rake : 24° , 53° , 71°
- $M_0 = 1.5 \times 10^{19}$ Nm ($M_w = 6.7$)
- Average slip : 0.2 m; Maximum slip : 1.4 m

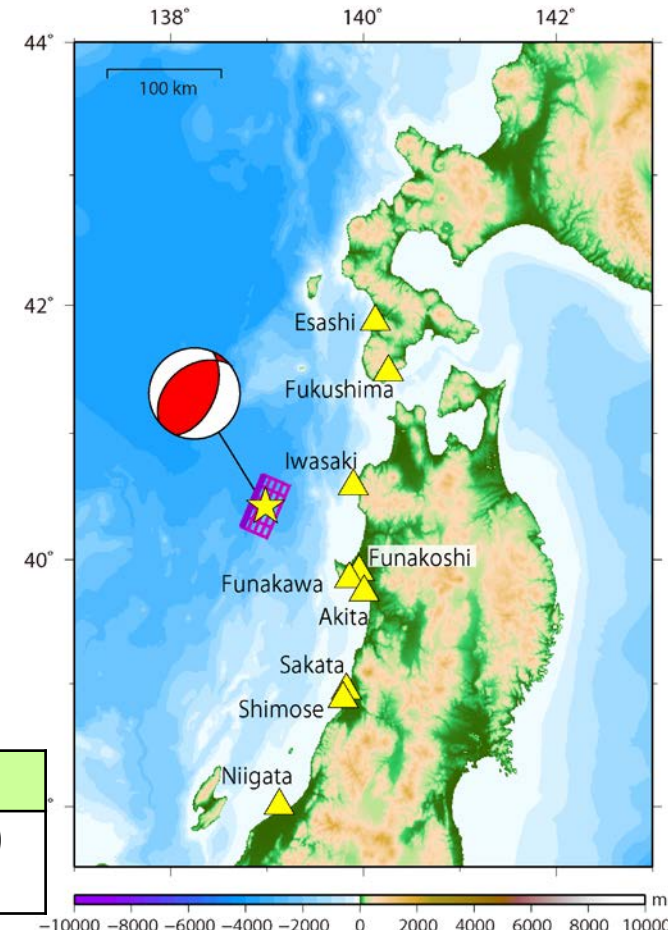
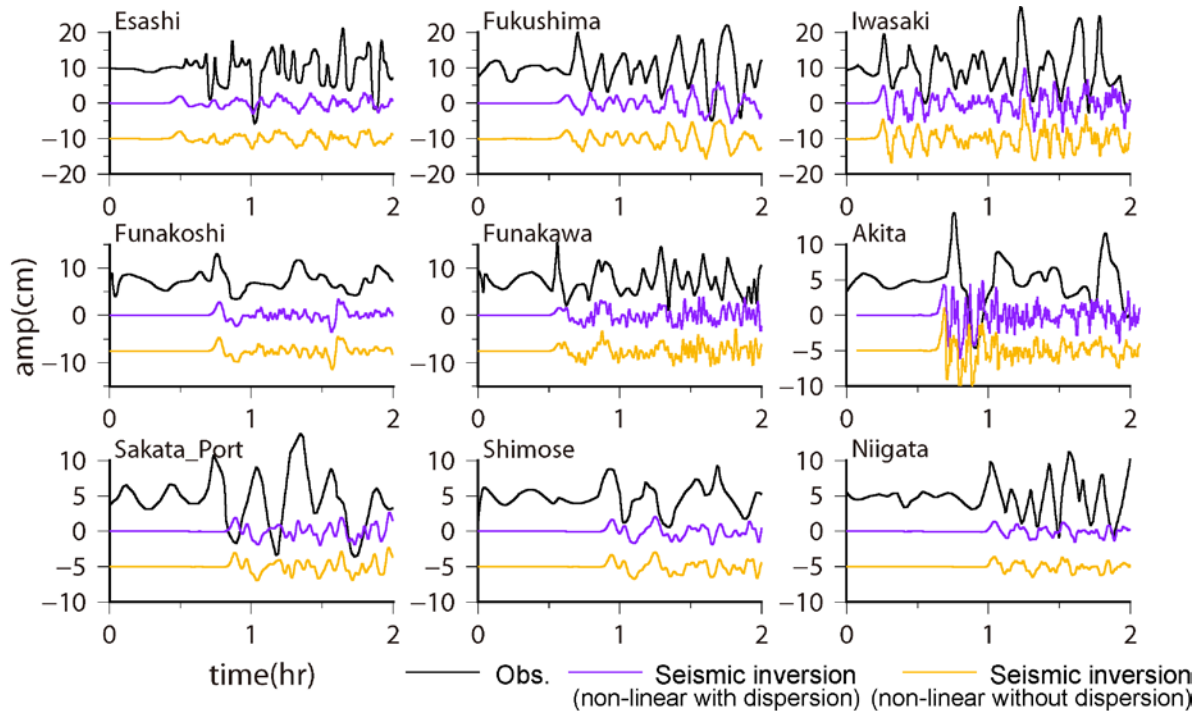


1964 年男鹿半島沖地震(Mj 6.9)

～津波数值計算～

- 不均質すべり分布による分散・非分散の計算
 - 分散・非分散による計算波形に大きな違いは見られなかった。

※“0”は地震発生時



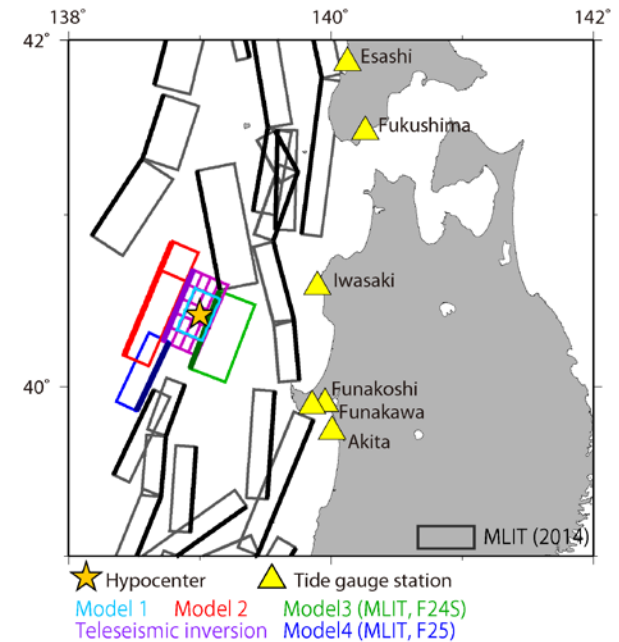
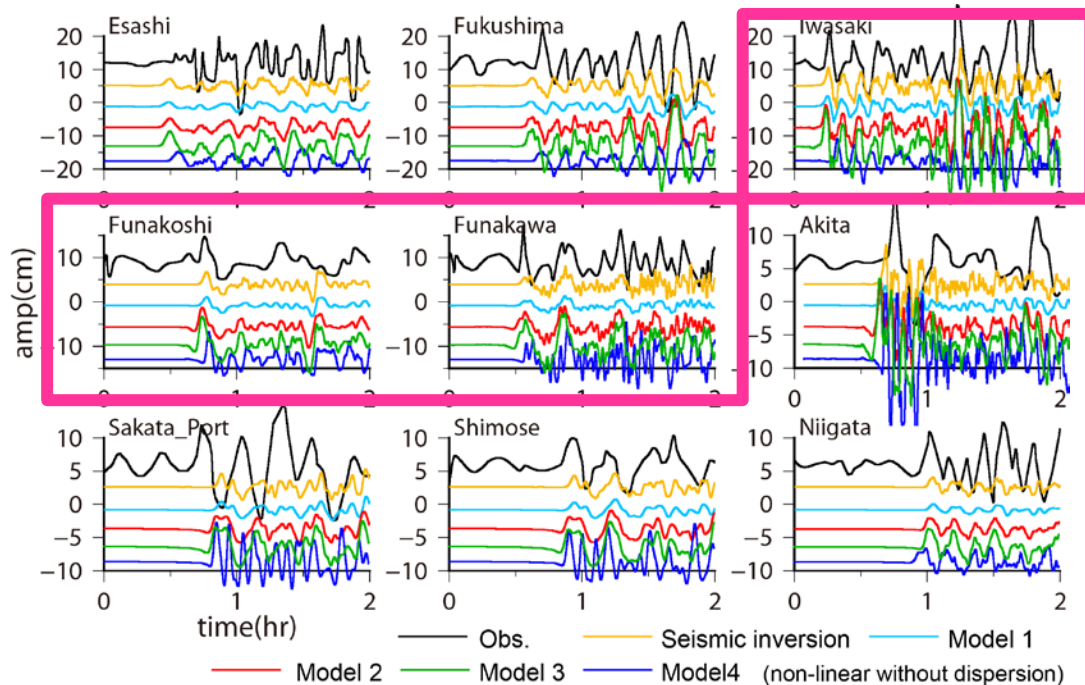
	Fault plane	str.(°)	dip(°)	rake(°)	slip(m)
Seismic inversion model	50 km × 40 km	24	53	71	0.2(ave)

1964 年男鹿半島沖地震(Mj 6.9)

～津波数値計算～

● 不均質・均質すべりモデルによる非分散計算

- Model1(均質)でも、不均質すべりとほぼ同様な計算波形となった。
- 不均質すべりモデル、Model1では震源に近い観測点での波形の再現は良い。
- Model2、Model3(日本海検討会F24S)、Model4(F25)は初動が反転する。

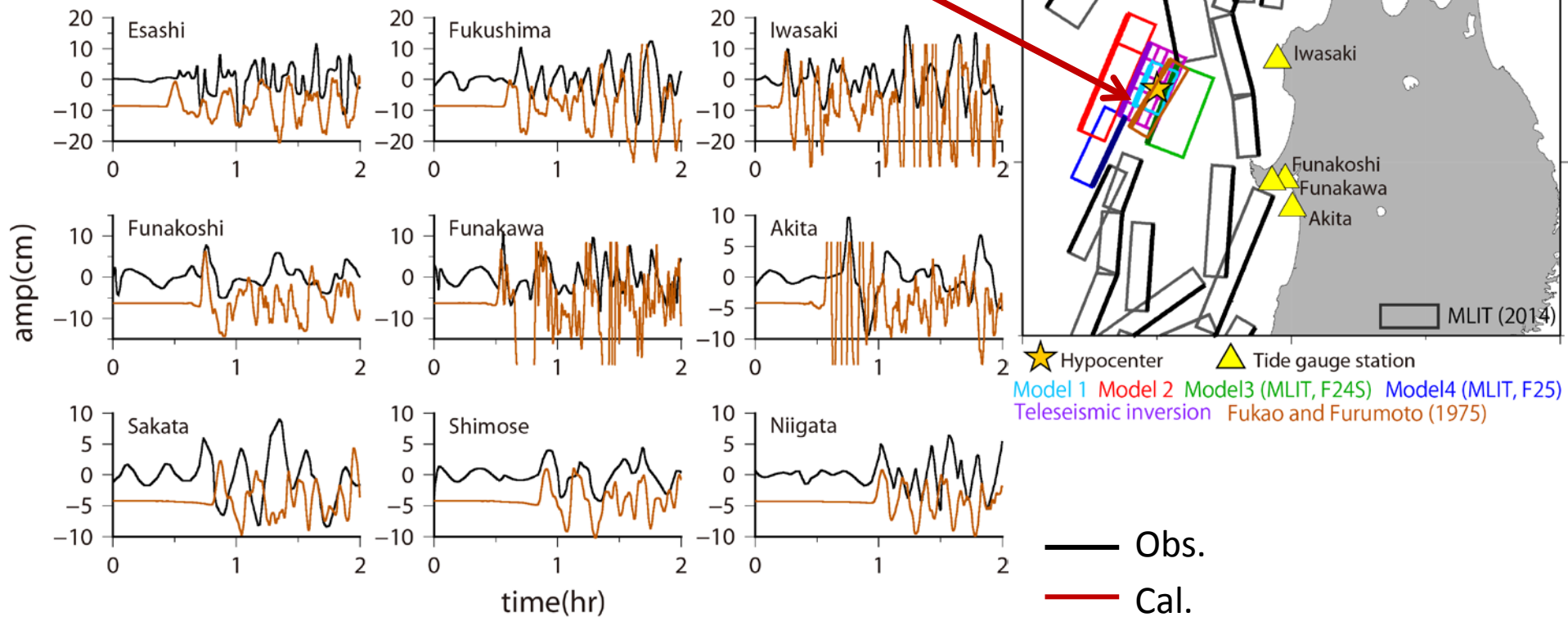


	Fault plane	str.(°)	dip(°)	rake(°)	slip(m)
Seismic inversion model	50 km × 40 km	24	53	71	ave 0.2
Model 1	30 km × 30km	24	53	71	0.2
Model 2	20 km × 30 km(N), 60 km × 30 km(S)	24	53	72	0.4 (N), 0.2 (S)
Model3 (MLIT;F24S)	54 km × 28 km	21	30	74	0.5 (MLIT:6m)
Model4 (MLIT;F25)	50 km × 20 km	205	45	116	0.5 (MLIT:3m)

1964 年男鹿半島沖地震(Mj 6.9)

～津波数值計算～

- 既存研究による計算
 - Fukao and Furumoto (1975)
 - 計算振幅が大きすぎる。



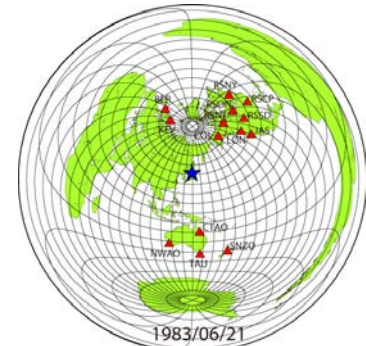
	Fault plane	str.(°)	dip(°)	rake(°)	slip(m)	M ₀ (Nm)	Mw
Fukao and Furumoto (1975)	50 km × 20 km	31	50	90	1.2	4.3 × 10 ¹⁹	7.0

1983年青森県西方沖地震(Mj 7.1)

～地震波形インバージョン～

✪ 破壊開始点付近に大きいすべり領域

- ❏ Source area : 50 km x 30 km
- ❏ Source depth : 12 km
- ❏ Strike, Dip, Rake : 23°, 43°, 85°
- ❏ $M_0 = 3.1 \times 10^{19}$ Nm ($M_w = 6.9$)
- ❏ Average slip : 0.5 m ; Maximum slip : 2.2 m



RS.RSNY	17.76	RS.RSNT	32.47	RS.RSON	22.60	DW.COL	45.06
P_UD	89.30	P_UD	61.00	P_UD	77.24	P_UD	46.47
	23.20		30.50		31.10		34.20



RS.RSCP	10.80	RS.RSSD	22.93	DW.LON	24.90	DW.JAS	21.30
P_UD	93.14	P_UD	77.78	P_UD	66.66	P_UD	72.85
	34.90		41.00		47.60		54.30



SR.SNZO	14.90	AS.CTAO	16.50	DW.TAU	38.23	SR.NWAO	25.70
P_UD	88.41	P_UD	61.51	P_UD	84.23	P_UD	76.63
	154.00		172.40		173.90		-161.30



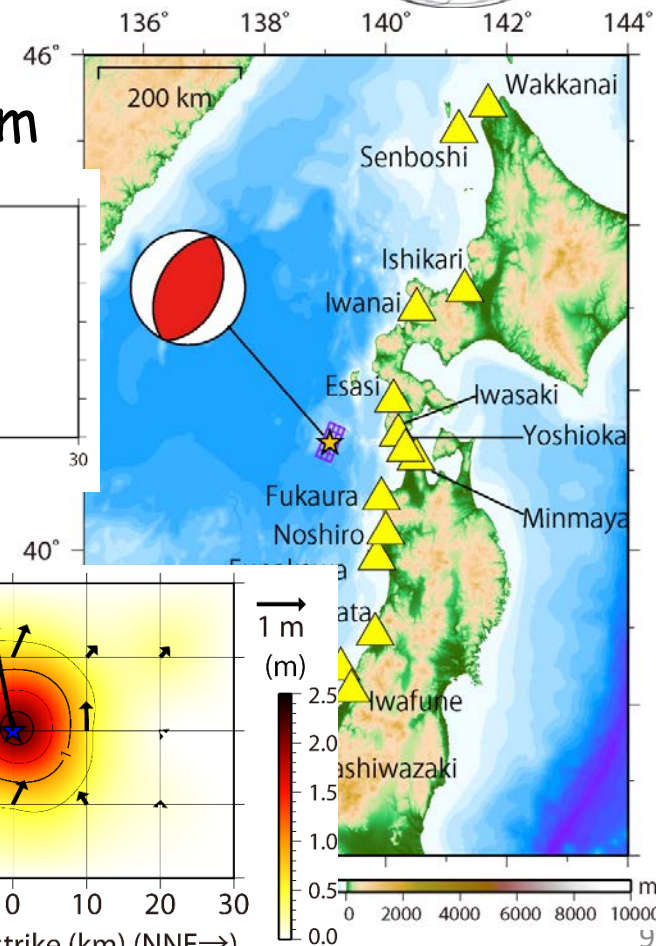
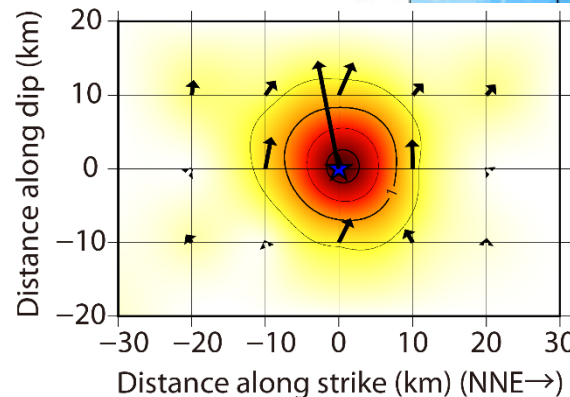
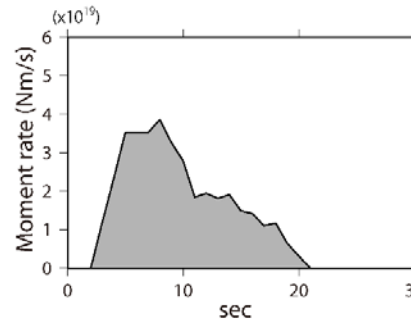
DW.BER	27.90	DW.KEV	50.61
P_UD	71.76	P_UD	58.74
	-22.10		-22.10



Station	Amp. (μ)
Pha. Comp.	Del. (°)
	Azm. (°)

110 (s)

— Obs. — Syn.

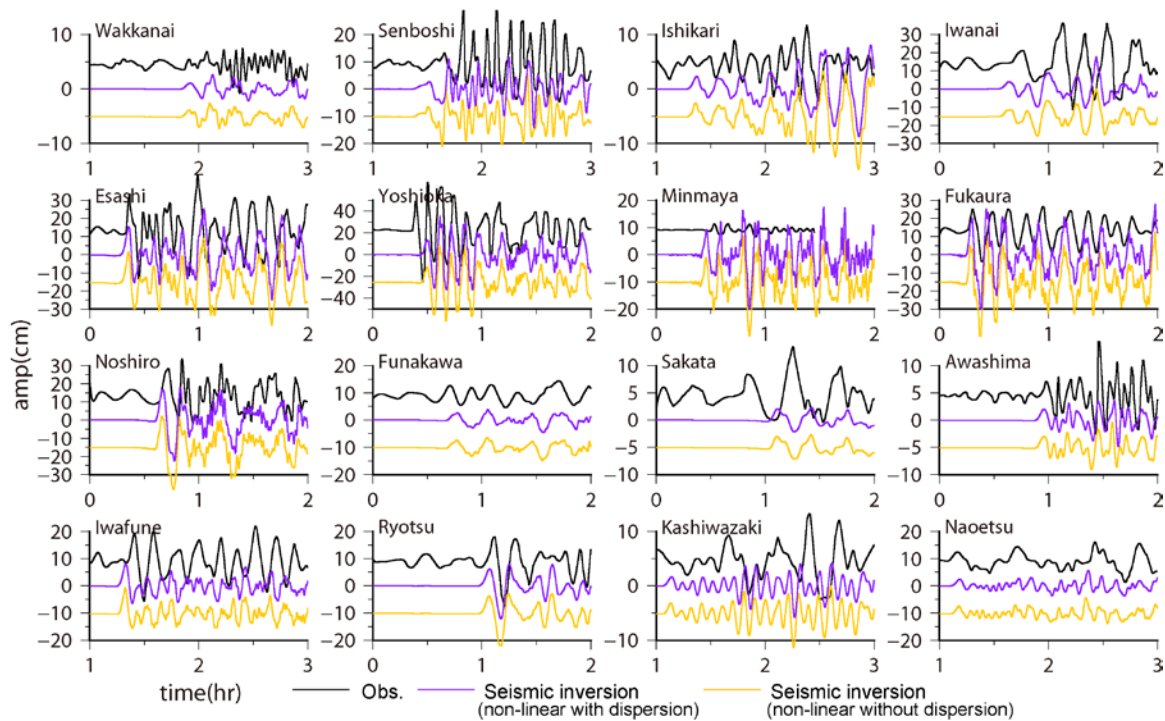


1983年青森県西方沖地震(Mj 7.1)

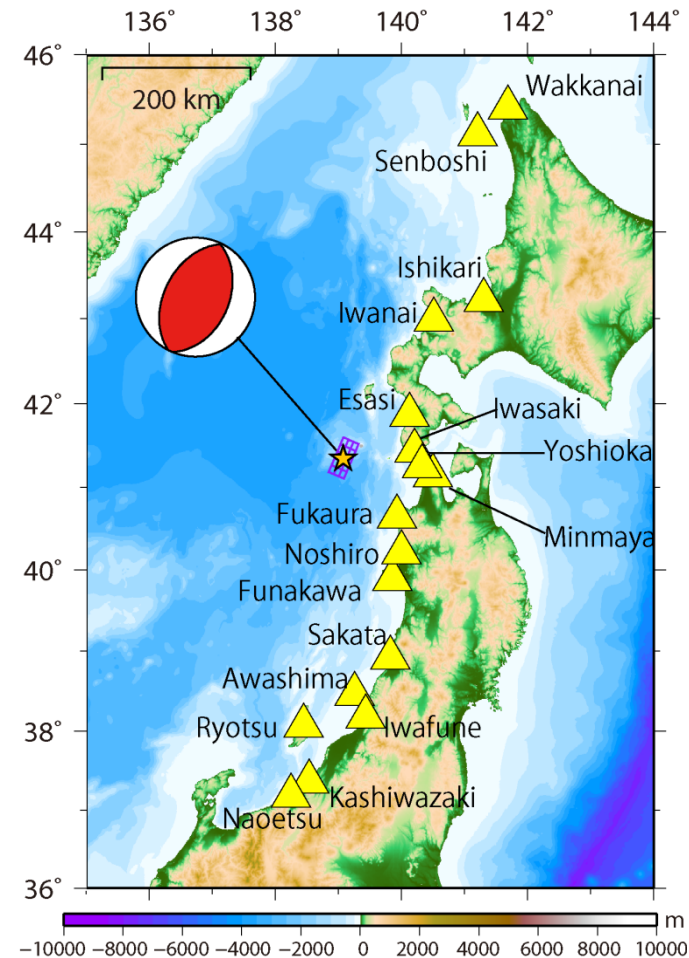
～津波数値計算～

● 不均質すべり分布による分散・非分散の計算

- 分散・非分散による計算波形に大きな違いは見られなかった。



※“0”は地震発生時



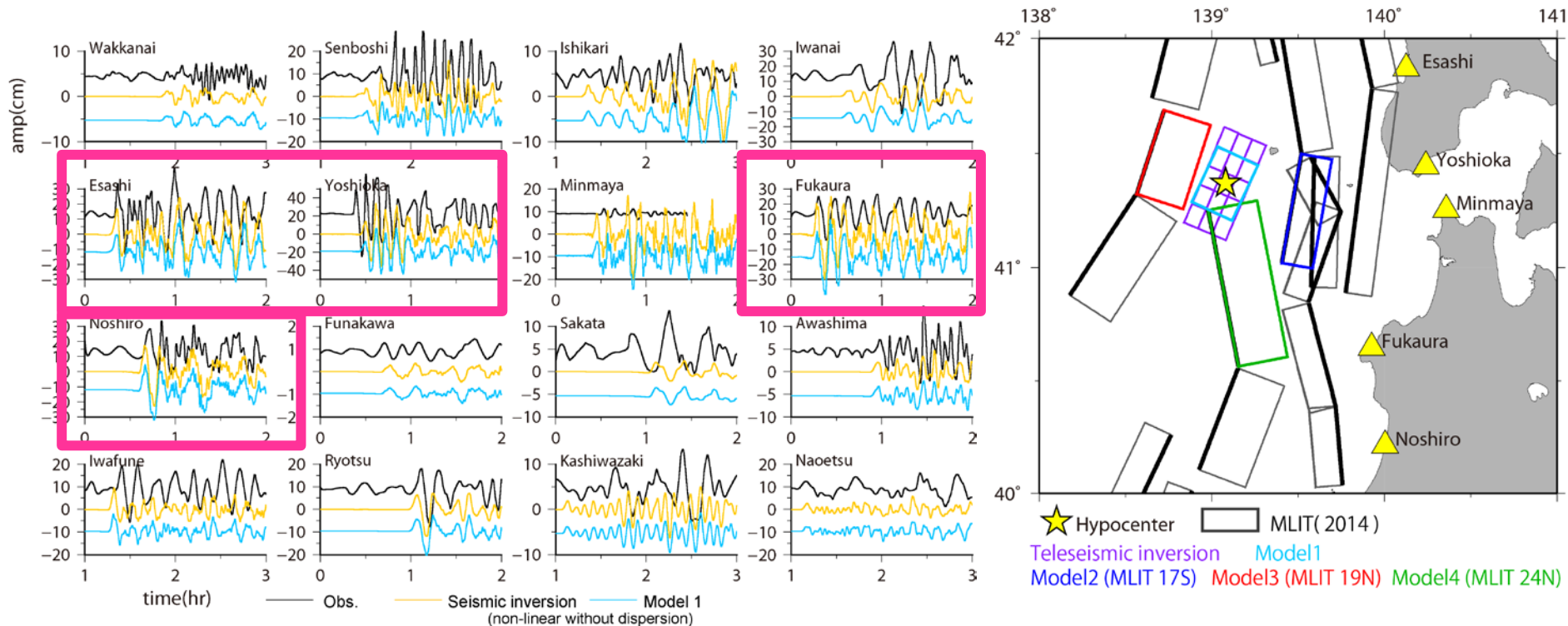
	Fault plane	str.(°)	dip(°)	rake(°)	slip(m)
Seismic inversion model	50 km × 30 km	23	43	85	0.5(ave)

1983年青森県西方沖地震(Mj 7.1)

～津波数値計算～

● 不均質・均質すべりモデルによる非分散計算

- Model1(均質)も、不均質すべりとはほぼ同様な計算波形となった。
- 震源に近い観測点での波形の再現は良い。



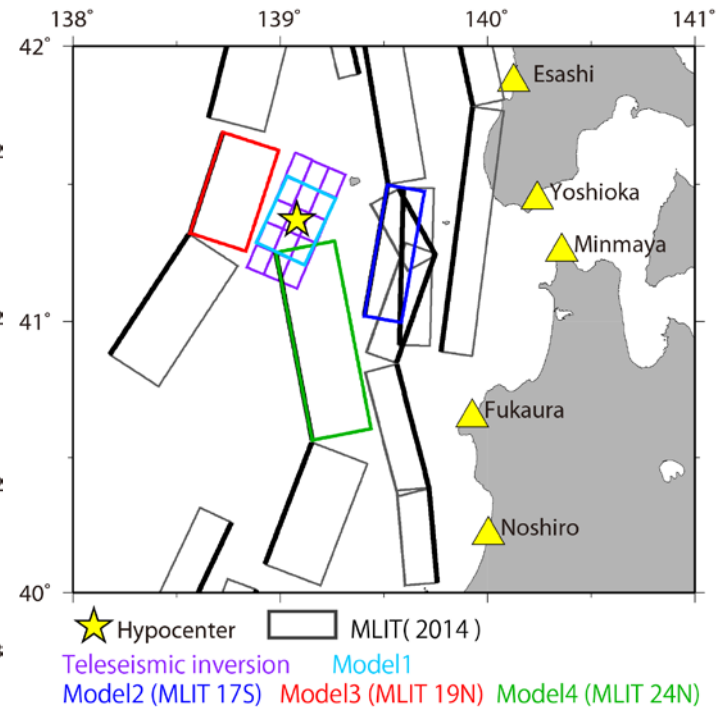
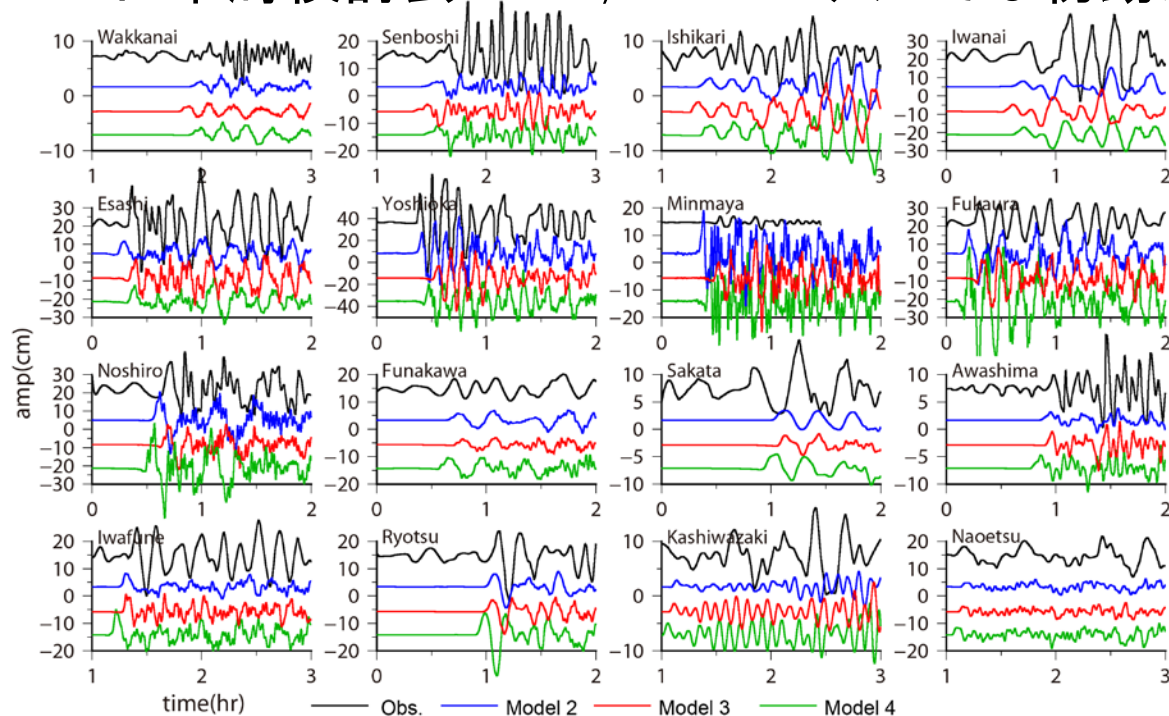
	Fault plane	str.(°)	dip(°)	rake(°)	slip(m)
Seismic inversion model	50 km × 30 km	23	43	85	0.5(ave)
Model 1	30 km × 30 km	23	43	85	0.6

1983年青森県西方沖地震(Mj 7.1)

～津波数値計算～

● MLITモデルによる非分散計算

- 走時がかなり異なる。
- 日本海検討会 F19N, F24Nモデルでは初動が反転する。



	Fault plane	str.(°)	dip(°)	rake(°)	slip(m)
Model 2 (MLIT F17S)	54 km × 22 km	10	45	106	0.5 (MLIT:6m)
Model 3 (MLIT F19N)	43 km × 27 km	18	30	97	0.5 (MLIT:6m)
Model 4 (MLIT F24N)	78 km × 28 km	349	30	80	0.5 (MLIT:6m)

1983年青森県西方沖地震(Mj 7.1)

～津波数値計算～

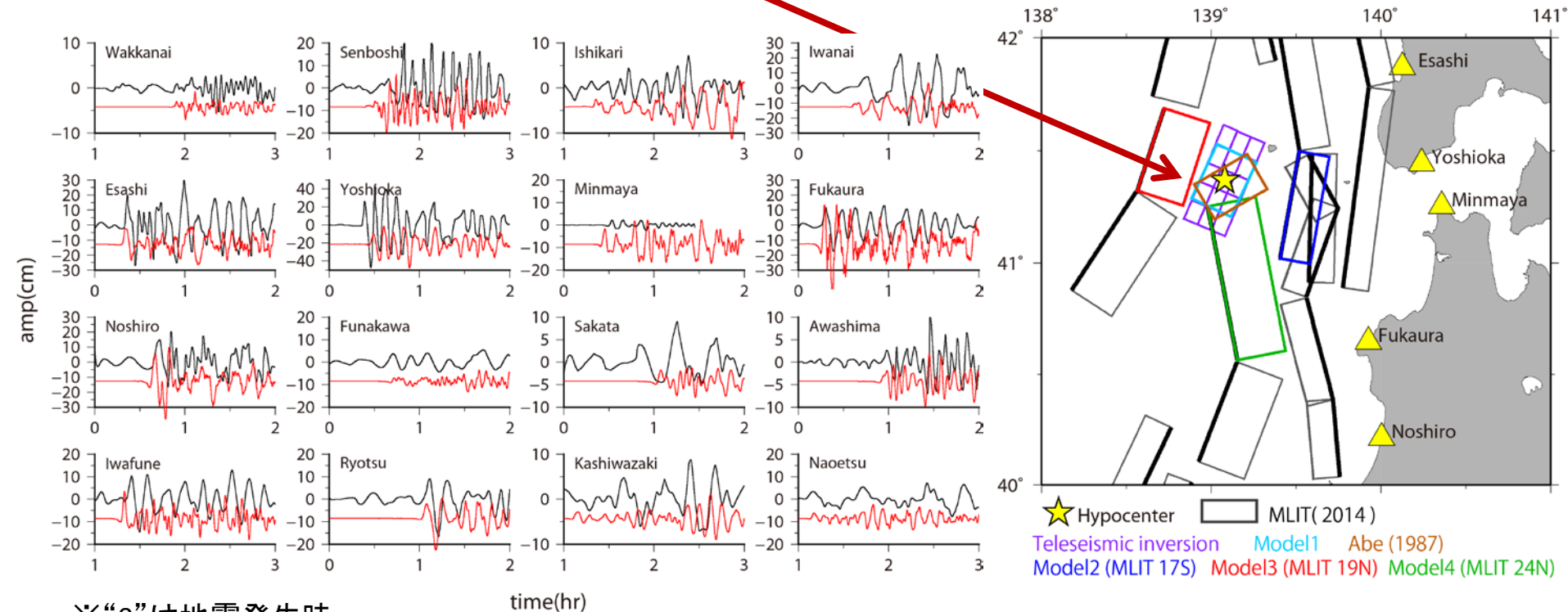
● 既存研究による計算結果

● 阿部(1987) model

- 初動が反転する。

— Obs.

— Cal.



※“0”は地震発生時

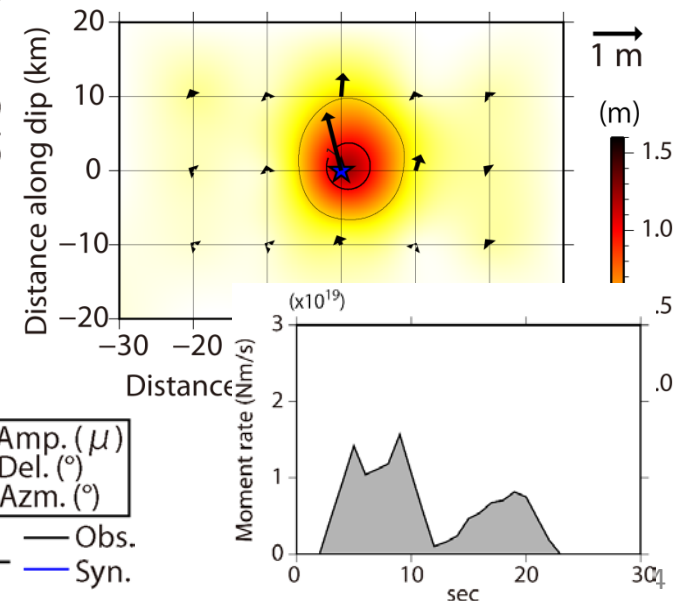
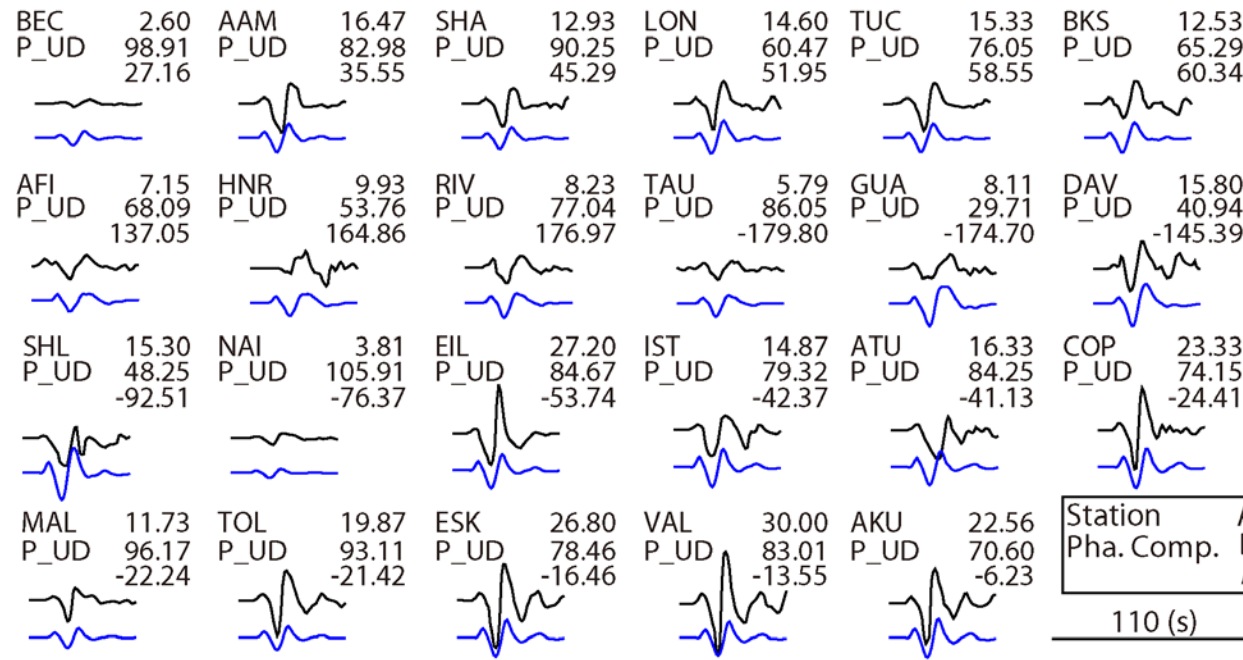
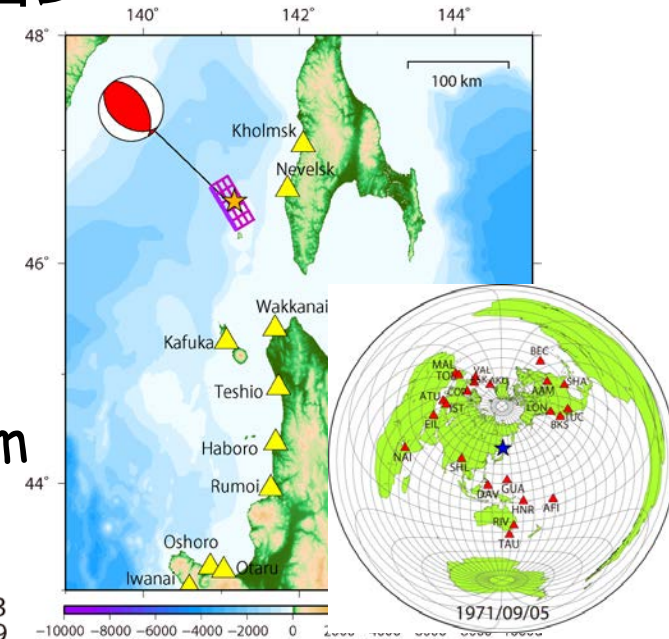
	Fault plane	str.(°)	dip(°)	rake(°)	slip(m)	M_0 (Nm)	Mw
阿部 (1987)	30 km × 23 km	60	30	90	0.8	1.9×10^{19}	6.8

1971年サハリン西方沖地震(Mj 6.9)

～地震波形インバージョン～

破壊開始点付近に大きいすべり領域

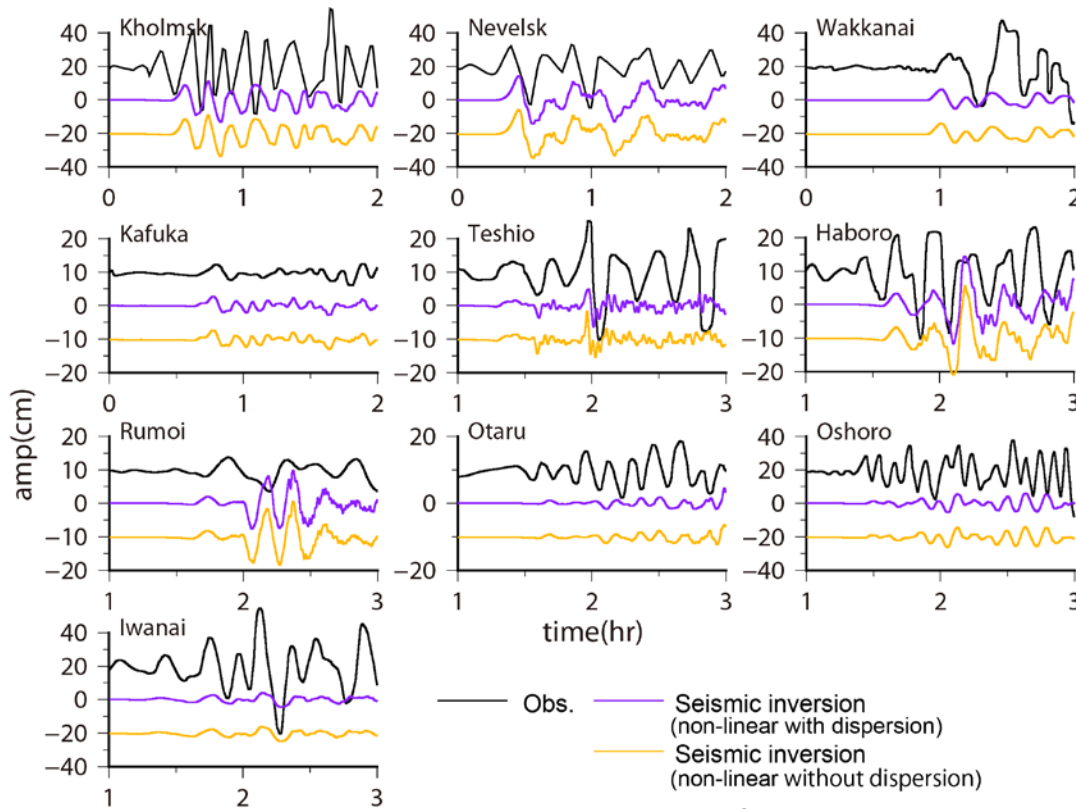
- Source area : 50 km x 30 km
- Source depth : 15 km
- Strike, Dip, Rake : 329°, 51°, 106°
- $M_0 = 1.3 \times 10^{19}$ Nm ($M_w = 6.7$)
- Average slip : 0.2 m; Maximum slip : 1.2 m



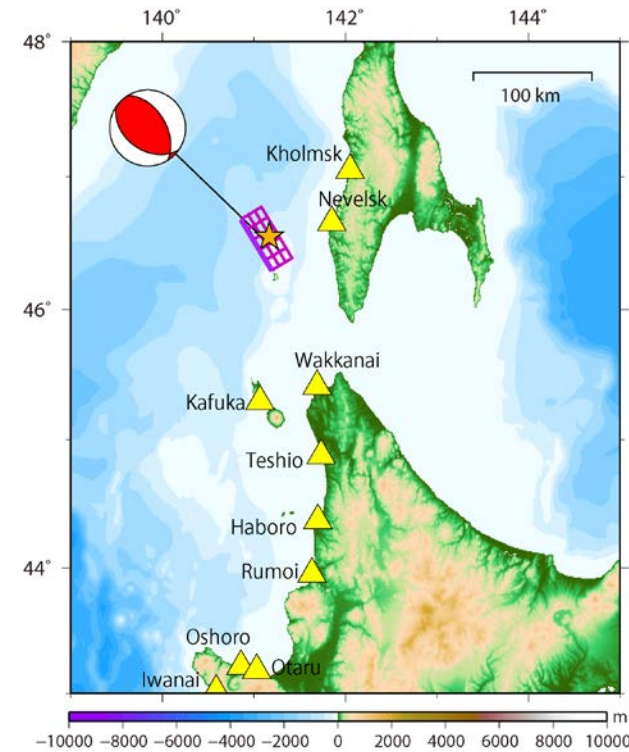
1971 年サハリン西方沖地震(Mj 6.9)

～津波数値計算～

- 不均質すべり分布による分散・非分散の計算
- 分散・非分散による計算波形に大きな違いは見られなかった。



※“0”は地震発生時



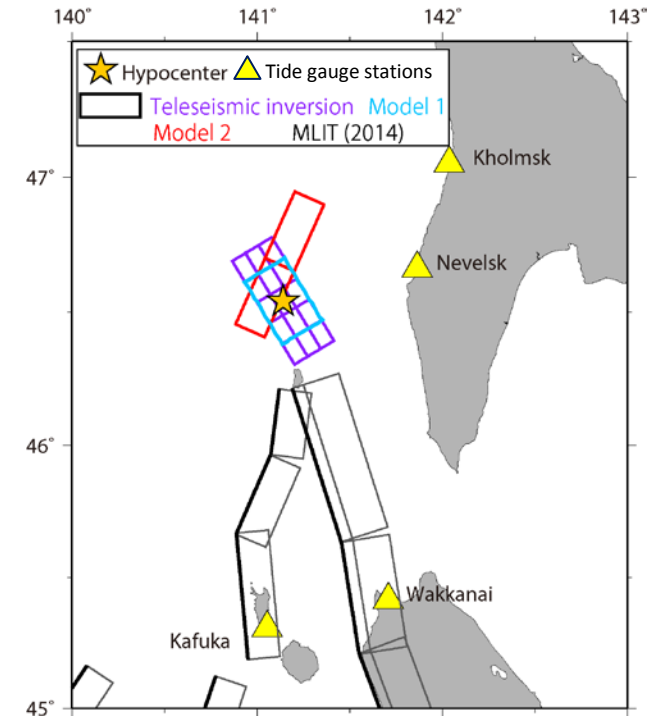
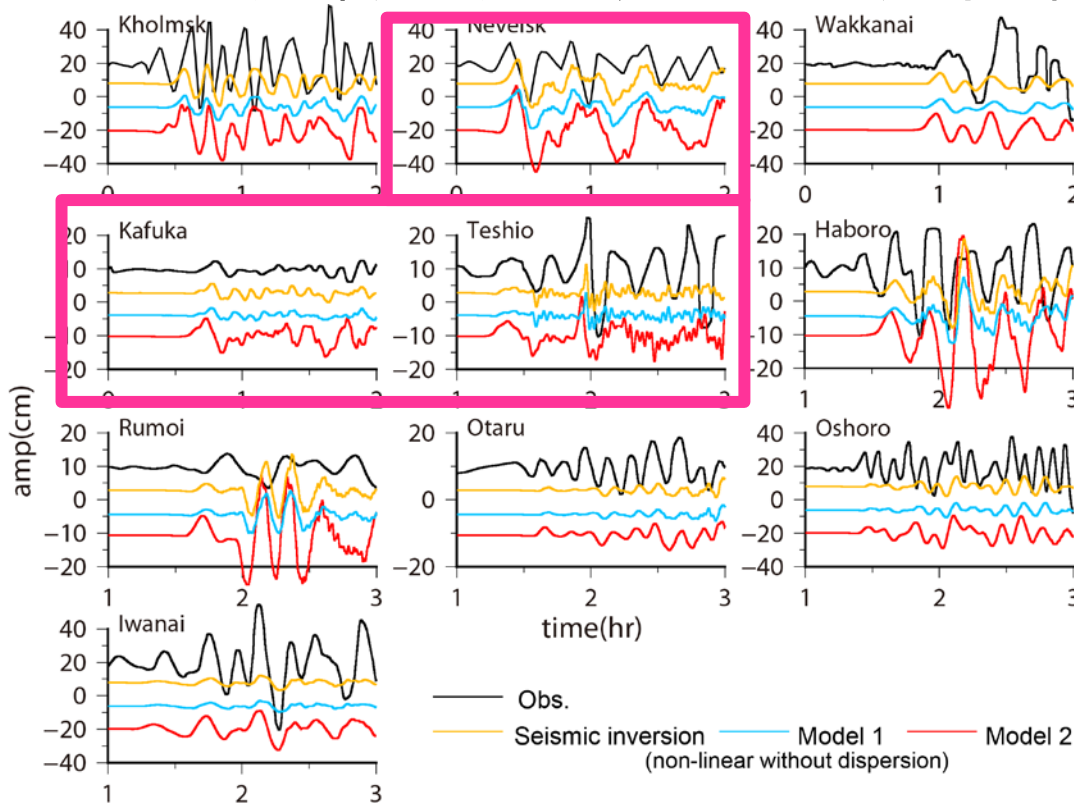
	Fault plane	str.(°)	dip(°)	rake(°)	slip(m)
Seismic inversion model	50 km × 30 km	329	51	106	0.2(ave)

1971 年サハリン西方沖地震(Mj 6.9)

～津波数値計算～

● 不均質・均質すべりモデルによる非分散計算

- Model1(均質)でも、不均質すべりとはほぼ同様な計算波形となった。
- 震源に近い観測点での波形の再現は良いが、Kholmskでは、計算走時が遅い。
- Model2(北東走向)では、Kholmskの走時は若干早くなる。



	Fault plane	str.(°)	dip(°)	rake(°)	slip(m)
Seismic inversion model	50 km × 30 km	329	51	106	0.2(ave)
Model 1	30 km × 30 km	329	51	106	0.3
Model 2	30 km × 20 km(N), 30 km × 20 km(S)	21	30	107	0.2(N), 1.5(S)

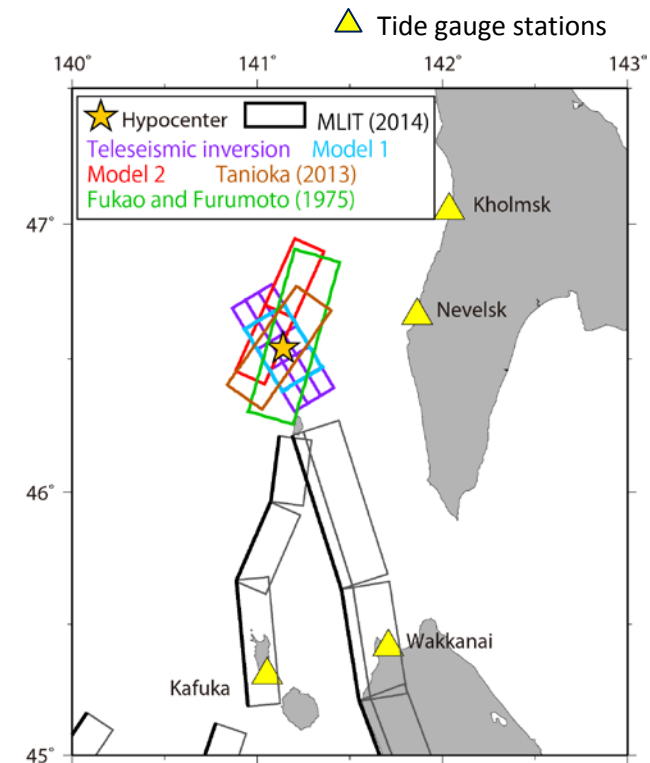
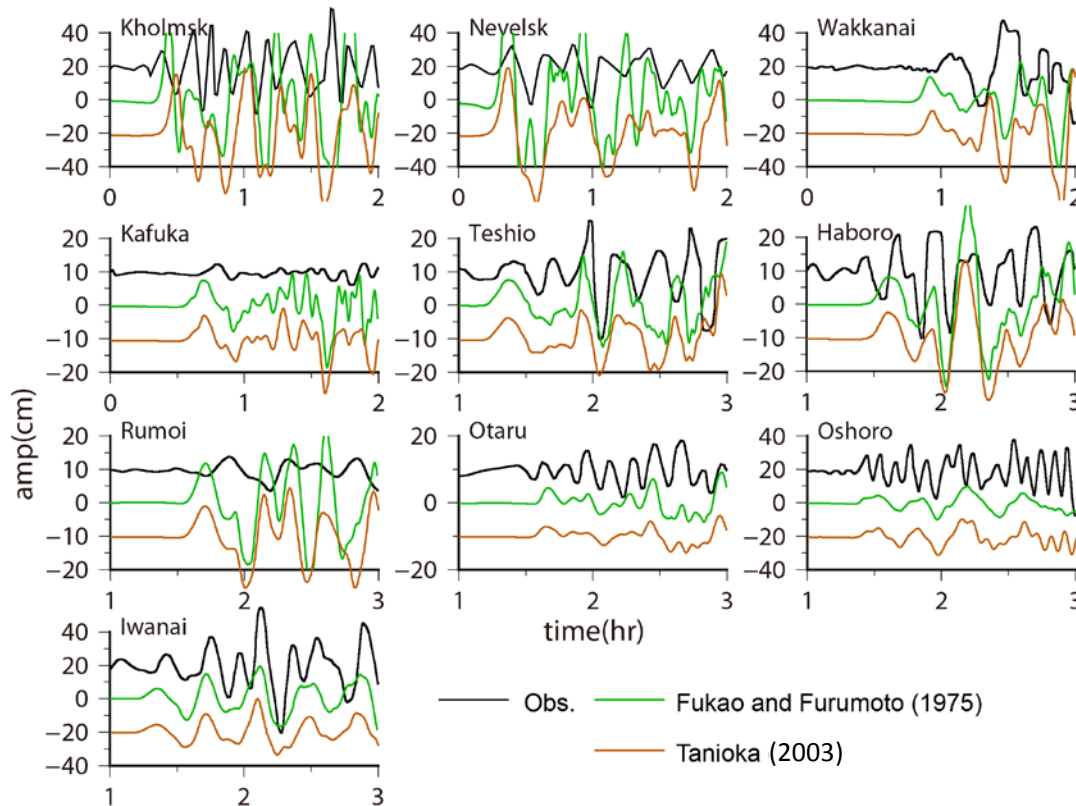
1971 年サハリン西方沖地震(Mj 6.9)

～津波数値計算～

● 既存研究による計算

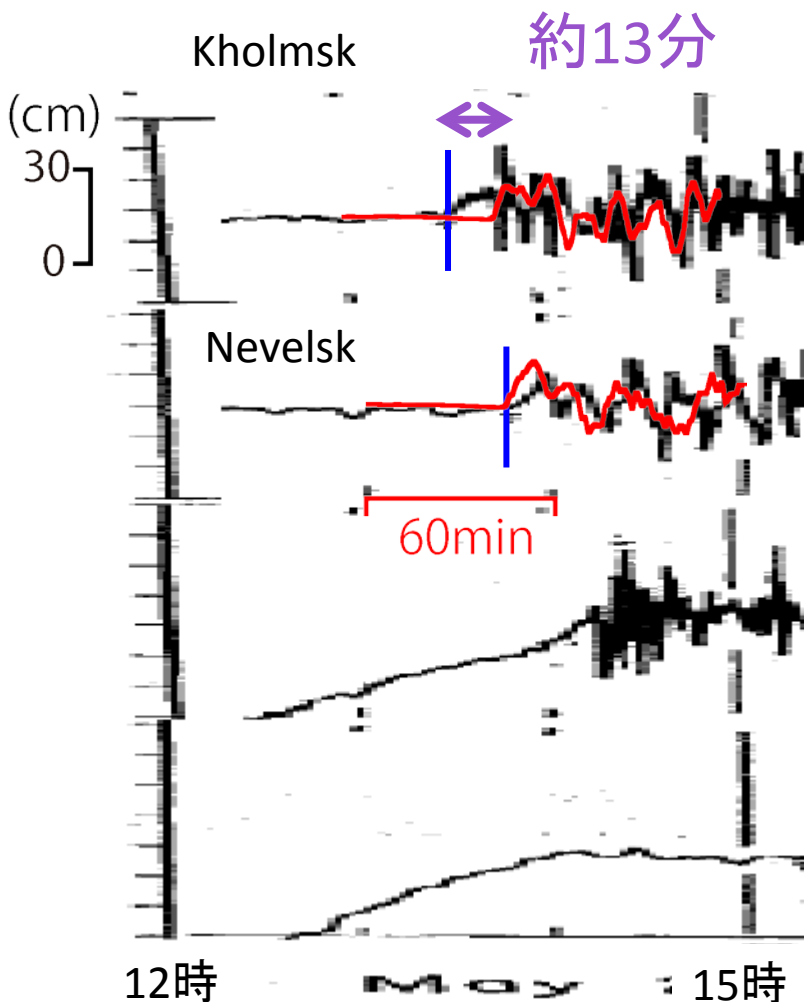
● Tanioka (2003) ● Fukao and Furumoto (1975)

- サハリンでの振幅がかなり大きい。

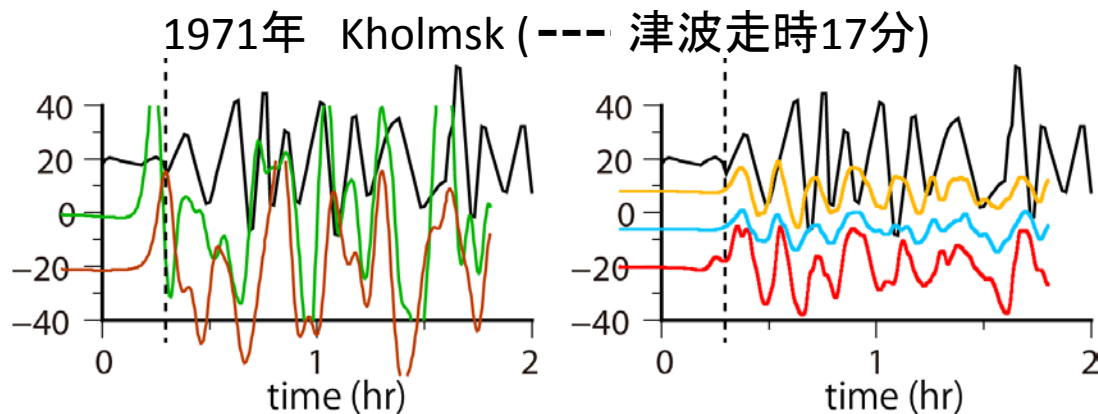


	Fault plane	str.(°)	dip(°)	rake(°)	slip(m)	M_0 (Nm)	Mw
Fukao and Furumoto (1975)	70 km × 25 km	16	39	-	1.5	9.5×10^{19}	7.3
Tanioka (2003)	50 km × 25 km	35	45	90	1.65	10.3×10^{19}	7.3

1983年日本海中部地震のサハリンでの津波波形記録



- 地震発生時刻:
—1983/5/26 11:59:57.5
- 津波到達時刻(羽鳥,1991)
—Kholmsk: 13:35
—Nevelsk : 13:48



※13分早くずらしたもの

羽鳥 (1991, BERI)

— Obs.
— Cal.

— Obs. — Teleseismic inversion
— Fukao & Furumoto (1975) — Model1
— Tanioka (2003) — Model2

H27年度前半のまとめ

- 1964年男鹿半島沖、1983年青森県西方沖、1971年サハリン西方沖の地震の津波について、地震波形インバージョンによるすべり分布や日本海における大規模地震に関する調査検討会による断層モデル、既存の断層モデルを用いて津波波形を計算し、観測波形との比較を行った。
 - 分散項を考慮したことによる影響は少なかった。
 - 不均質すべり分布と一様すべりモデルによって計算された津波波形はそれほど差がなかった。
 - 震源域近くでの観測波形は、概ね再現することができた。
 - 日本海検討会モデルでは初動が反転したり、走時にかなりのずれが現れた。

H27年度後半の計画

- 引き続き、20世紀にサハリン沖・東北沖・北陸沖で発生した地震について、地震記録・津波記録を用いて断層モデルの推定などの地震学的解析を実施する。
- 過去に発生した地震の地震・津波資料の収集や解析を行う。