地殻活動モニタリングに関する検討

➡)) 音声はこちら



日本周辺における浅部超低周波地震活動(2011年8月~10月)





140 東経 135 四国 日向灘 130 -2003/6/1 2004/1/1 2011/1/1 2005/1/1 2006/1/1 2007/1/1 2008/1/1 2009/1/1 2010/1/1 11/1時間(年/月/日) 第2図. 2003年6月1日から2011年11月1日までの期間に検出されたイベントの時空間分布. 検出されたイベント

を防災科研Hi-net 手動験測震源と照合し、対応する地震が見出されたイベントを灰色で、それ以外を赤色の点で それぞれ示す.その他は第1図に同じ.



第3図.福島~茨城県沖で発生した超低周波地震のセ ントロイドモーメントテンソル解. 超低周波地震の セントロイド位置を黒星印で示し,右側に最適なダ ブルカップル解とともに、セントロイド時刻、モー メントマグニチュード, セントロイド深さ, 残差減 少率 (VR) を併せて示す. 背景には, Asano et al. (2011) と同様の解析によるプレート境界型地震(期 間:2011年3月11日~10月20日)のモーメントテン ソル解を併せて示す.これらについて、カラースケ ールはセントロイド深さを、シンボルの大きさはモ ーメントマグニチュードをそれぞれ表す.



GPS連続観測から推定した日本列島の歪み変化

GPS座標値データに基づいて1年間の歪み変化図を作成した.座標値の15日分の平均値から1年間の変位 ベクトルを算出し,それに基づいて歪みを計算している.

平成23年(2011年) 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動

対数関数近似



reduced chi square $: \chi^2 = 2.2$

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の 地殻変動ベクトルの観測値と計算値の比較(2)(暫定)【モデル3】 データ期間 20110312-20111012 (F3解) 固定局:福江(950462) a)水平 比較 b)上下 比較 40 cm 20 cm 観測 計算 観測 . 100 km 100 km c) 水平 差 (O-C) d) 上下 差 (O-C) 39-10 cm 4 cm 100 km 100 km

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の プレート境界面上の滑りの時間変化(2)(暫定)【モデル3】 データ期間 20110312 - 20111012 【F3 最終解(R3 速報解も含む)】 固定局:福江 a) 累積【モデル3】 b)海溝軸で拘束の無いモデル(赤線)【モデル1】 Contour interval:1m Contour interval:8m 42 42<u>-</u> 60[/] km 40 km 20[/] km 40[′] km 20/km 60 km 40 40ſ 3 3 38[°] 38°-36-36 100 km 50 km 144° 138 142 144° 140 138 142 140 c) 地震時【モデル1】 d) 地震時【モデル1】+地震後【モデル3】 Contour interval:8m Contour interval:8m 42° 42 32 48 32 16 48 64 0 16 64 Coseismic slip(m) Coseismic slip(m) 40[°] 40-3 54 38°-38[~] 0 36 36 144° 144° 138 142 138 140° 142° 140

☆:本震の震央(気象庁, 142.860 °,38.103 °). ・点線は沈み込む太平洋プレート上面の等深線(Nakajima and Hasegawa, 2006).

📢) 音声はこちら

平成 23 年 11 月 18 日

海上保安庁

東北地方太平洋沖地震後の海底地殻変動観測結果

海上保安庁による海底地殻変動観測から、「銚子沖」及び「福島沖」では東南東向きの変動がみられる一方、本震震央付近の現在のところ大きな変動はみられない。

海上保安庁では、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震後、日本海溝沿いに設置 した海底基準点において、順次海底地殻変動観測を実施している。

ここでは、第191回地震予知連絡会(平成23年6月13日)以降の解析結果について報告する。 40°N

(地震後の変動について)

「釜石沖1」、「宮城沖2」、「宮城沖1」、 「福島沖」、「銚子沖」^{*}(「常磐沖」から改称)の 各海底基準点において、2011 年 8 月 末から 9 月初頭にかけて調査を実施し た。図 1 に各海底基準点の位置を示 す。

図 2 に地震発生後の各海底基準点の局位置解のプロットを示す。各海底基 準点の解析には、高さ固定手法(石川、 2005)を使用した。

現在のところ、「銚子沖」及び「福島 沖」では東南東向きの変動がみられる。 また、「宮城沖1」、「宮城沖2」及び「釜 石沖1」では大きな変動は見られていな かったが、「宮城沖1」においては8月の 観測結果では西向きの変動を示してい る。



今後も海底地殻変動観測を継続的に実施し、さらなるデータの蓄積を行うことにより、地 震後の海底の動きを監視する。

海上保安庁資料

📢) 音声はこちら

2011 年 10 月 千葉県東方沖の地震活動

フィリピン海プレート-陸のプレート境界、逆断層型、最大 M3.7、最大震度2

千葉県東方沖で、10月25日頃からまとまった地震活動が発生している。震源の深さは20km前後 で、これまでの最大は、10月31日16時22分のM3.7の地震(最大震度2)である。



房総半島沖スロースリップイベント (2011年10月)

その2 傾斜変動



図 1: 2011 年 10 月 13 日から 11 月 5 日までの傾斜時系列. 観測点の位置は 図 2,3,4 の中に示した. 上方向への変化が北・東下がりの傾斜変動を表す. BAYTAP-G により潮汐・気圧成分を除去した. Hi-net HA2H (茨城県神栖 市)の気圧観測値を使用した. リニアトレンド除去後の記録を示した. この 期間の勝浦付近における地震活動度, HA2H の気圧, 勝浦での雨量をあわせ て表示した.

3期間を合わせた規模は $M_0 = 6.89 \times 10^{18}$ Nm, $M_w = 6.5$.

謝辞

気象庁の WEB ページで公開されている気象データを使用させていただき ました。記して感謝いたします。

(A): 2011-10-25 : 2011-10-27 12:00



(B): 2011-10-27 12:00 : 2011-10-30 12:00





図 2: 期間 (A),(B),(C) でそれぞれ観測された 傾斜変化ベクトル (青矢印)・このデータから推 定されたスロースリップの断層モデル (赤矩形・ 矢印)・モデルから計算される傾斜変化ベクトル (白抜き矢印). 期間中発生した地震の震央分布 を橙色の円で示した.

房総半島での非定常地殻変動

<u>房総半島で10月26日頃から南南東方向へのゆっくりとした非定常的な地殻変動が観測された</u>

非定常地殻変動ベクトル図(水平)

基準期間:2011/10/18-2011/10/22[F3:最終解] 比較期間:2011/11/01-2011/11/05[R3:速報解]

計算期間:2011/09/01-2011/10/22



☆ 固定局:八郷(茨城県)

非定常地殻変動時系列グラフ



房総半島沖ゆっくり滑りによるプレート境界面上の滑り分布

<u>房総半島沖合のフィリピン海プレートと陸側のプレートの境界で10/26以降最大約15cmの滑りが推定された.</u> 滑り領域の中心は南に移動している.



・赤矢印は陸側のプレートのフィリピン海プレートに対する動きを示す.

・推定マグニチュードは、10/25-11/4間でMw6.5(剛性率33GPa).

・青点線の長方形はプレート境界滑りを推定した領域である.

・黒点線はフィリピン海プレート上面の等深線を示す.

千葉県東方沖の地震活動(過去との比較)

千葉県東方沖では、1996年5月、2002年10月、2007年8月にも今回(2011年10月~)と同様に、 まとまった地震活動があった。このうち、2007年8月の活動では、最大M5.3の地震(最大震度4)が 発生したほか、M4.8の地震で最大震度5弱を観測し、負傷者1人の被害が生じた(総務省消防庁によ る)。



📢) 音声はこちら





図4 過去29年間の房総沖のM-T図. 房総半島沖SSEに伴う群発地震活動を赤矢印で示す. 房総半島沖SSEの繰り返し間隔をあわせて示す.



防災科学技術研究所資料

最近の房総半島沖ゆっくり滑りによるプレート境界面上の滑り分布



ゆっくり滑りの発生した期間 : 1996年 5月14日~5月24日頃 解析に使用したGPSデータの期間:1996年 4月8日~6月10日 最大滑り量 約8cm Mw 6.4

過去の SSE と同じような場所で発生している.

B)2002年



ゆっくり滑りの発生した期間 :2002年 10月4日~10月14日頃 解析に使用したGPSデータの期間:2002年 9月1日~12月2日 最大滑り量 約13cm Mw 6.5



Mw 6.6

最大滑り量 約12cm

解析に使用したGPSデータの期間:2011年10月10日~11月4日 最大滑り量 約15cm Mw 6.5

・矢印はGPSデータを基に推定されたプレート境界面上の滑り分布

・点線はフィリピン海プレート上面の等深度線(石田、1992)

・丸は50km以浅, M2以上の震央位置(気象庁一元化震源による)

📢) 音声はこちら

西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ 活動状況(2011 年 8 月~ 10 月) その 1



- 短期的スロースリップイベント (SSE) を伴う顕著な微動活動: 紀伊半島北部~中部,9月12~16日.四国中部~西部,8月6~19日.
 上記以外の主な活動:紀伊半島南部,10月28~31日.四国中部,10月5~9日.
- ●上記以外の主な活動: 紀伊丰島南部, 10月28~31日. 四国中部, 10月5~9日 豊後水道, 8月28日~9月2日.



図 1. 西南日本における 2011 年 8 月~10 月の月毎の深部低周波微動活動.赤丸が当該期間の微動の震央位置で,エンベロープ相関・振幅ハイブリッド法 (Maeda and Obara, 2009) およびクラスタ処理 (Obara et al., 2010) において,1時間毎に自動処理された微動分布の重心である.青菱形は周期 20 秒に卓越する深部超低周波地震 (Ito et al., 2007) である.



分布.緑太線は、傾斜変動から検出された短期的 SSE. 防災科学技術研究所資料

重点検討課題の検討

「東北地方太平洋沖地震に関する検討(その3)」









📢) 音声はこちら

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の余震活動

2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分に三陸沖で M9.0 の地震(最大震度 7、「平成 23 年(2011 年)東北地方 太平洋沖地震」と命名)が発生した。この地震の発生後、震源域に相当する長さ約 500km、幅約 200km の範囲及び海溝軸の東側を含む震源域の外側(領域 a)で地震活動が活発になった。10 月末現在、地震 活動は全体的には次第に低下しつつあるものの、本震発生前と比べると活発な状況が続いている。

領域 a で 2011 年 3 月以降に発生した M7.0 以上の地震、 8 ~ 10 月に発生した M6.5 以上の地震はそれ ぞれ以下の通り。

2011年3月以降に領域 a P	内で発生したM7.	0以上の地震
------------------	-----------	--------

発生	日時	震央地名	М	Mw	最大震度	発震機構 (CMT解)	発生場所
03月09日	11時45分	三陸沖	7.3	7.3	5弱	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型	太平洋プレートと陸のプレートの境界
03月11日	14時46分	三陸沖	9.0 [%]	9.0	7	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型	太平洋プレートと陸のプレートの境界
03月11日	15時08分	岩手県沖	7.4	7.4	5弱	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型	太平洋プレートと陸のプレートの境界
03月11日	15時15分	茨城県沖	7.7 [*]	7.7	6強	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型	太平洋プレートと陸のプレートの境界
03月11日	15時25分	三陸沖	7.5	7.5	4	西北西-東南東方向に張力軸を持つ正断層型	太平洋プレート内
04月07日	23時32分	宮城県沖	7.1 ^{**}	7.1	6強	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型	太平洋プレート内
04月11日	17時16分	福島県浜通り	7.0	6.7	6弱	東北東-西南西方向に張力軸を持つ正断層型	地殻内
07月10日	09時57分	三陸沖	7.3	7.0	4	西北西-東南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型	太平洋プレート内

2011年8~10月に領域 a 内で発生したM6.5以上の地震

発生	日時	震央地名	М	Mw	最大震度	発震機構 (CMT解)	発生場所
08月19日	14時36分	福島県沖	6.5	6.3	5弱	東西方向に圧力軸を持つ逆断層型	太平洋プレートと陸のプレートの境界
09月17日	04時26分	岩手県沖	6.6	6.6	4	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型	太平洋プレートと陸のプレートの境界



※印のついた地震の M は Mw の値である。

これらの地震の気象庁マグニチュード (Mjma) は以下の通り。

・「平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震」Mjma8.4

・3月11日15時15分の茨城県沖の地震 Mjma7.4

・4月7日23時32分の宮城県沖の地震 Mjma7.2

領域 a 内の時空間分布図(A-B投影)



発震機構は CMT 解

M7.0以上の地震と8~10月に発生した M6.5以上の地震に吹き出しをつけた。

頂域a內仍地長回数											
	M5.0 ~	M6.0 ~	M7.0	計			昻	是大震」	度		計
	M5.9	M6.9	以工			4	5弱	5強	6弱	6強	
3月	357	67	3	427		81	15	6		1	103
4月	46	8	2	56		40	7		2	1	50
5月	28	1		29		14	2				16
6月	13	4		17		7	2				9
7月	15	3	1	19		7	1	2			10
8月	7	4		11		9	2				11
9月	15	3		18		6	1	1			8
10月	4			4		2					2
計	485	90	6	581		166	30	9	2	2	209

※3月は本震発生後のみの回数(本震を含まない)



領域 a 内の地震活動経過図及び回数積算図



気象庁資料

➡) 音声はこちら

「平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震」前後の 地震活動状況 (深さ O ~ 90km、M≧3.0)

震央分布図



気象庁資料

福島県会津から山形県置賜地方の地震活動 📢 音声はこちら

震央分布図 (1997年10月1日~2011年10月31日、 深さ0~15km、M≧2.0) 2011年3月11日~7月の地震を黒、 2011年8月以降の地震を赤で表示

Apr

May

Jun

Mar

Aug

Sep

Oct

Jul

福島県会津から山形県置賜地方にかけての地殻内(領域 b)では、2011年3月18日からM3.0程度の地震活動が見ら れている。発生している地震の発震機構は、逆断層型~横ず れ断層型である。10月末現在、4月末までと比べると低下し ているものの、地震活動は継続している。

1997年10月以降の活動を見ると、この地震活動の前には、 領域 b では M2.0以上の地震はほとんど発生していなかった。



気象庁資料

📢) 音声はこちら

平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震 今後の大きな余震の見通し





6. 回復時間 その1

200日間のデータ期間から推定した地震時沈降の回復時間

GPS	地震時上下	回復時間(年)						
連続観測点	変動(m)	最確値	^{**!####} 誤差範囲					
岩手川崎A	-0.28	1.3E+04	9,700~18,000					
M牡鹿	-1.10	9.9E+11	5.8E+11~1.7E+12					
矢本	-0.51	6.3E+04	50,000 ~ 79,000					
宮城大和	-0.18	4,149	2,800~6,100					
相馬1	-0.31	1.7E+06	1.0E+06~2.9E+06					
いわき	-0.50	2.2E+12	8.3E+11~5.9E+12					
日立	-0.31	1.6E+14	2.6E+13~9.9E+14					
鉾田	-0.23	3,329	2,600~4,200					
茨城鹿嶋	-0.26	840	720~980					
銚子	-0.16	3.3	3.1~3.5					
大栄	-0.12	14	12~15					
千葉大原	-0.06	1.4	1.3~1.5					

7. 考察

岩手県~茨城県の太平洋岸を隆起させる断層運動

海岸の直下付近つまり プレート境界面の深い 場所で約3mの滑りが生 ずれば、地震時沈降の 回復が可能と試算され る、

(一))) 音声はこちら



1 国土地理院

※現状の減衰傾向が続いたと仮定し,対数関数近似により推定。 時定数bは水平成分から推定。



 · 図 2. 0.3×0.3°のウインドウごとの平均の積算すべり(カラー). (a)2011/3/11-2011/5/11,
 (b)2011/3/11-2011/7/11, (c)2011/3/11-2011/9/24. 黒色コンターは飯沼・他(2011,地震学会)による 地震時すべり分布. 灰色コンターは Yamanaka and Kikuchi(2004)による M7 以上の地震のアスペリ ティ. (d) は, 国土地理院による GPS データを用いた余効すべり分布 (http://www.gsi.go.jp/common/000062672.pdf). ◆宮城県北部から岩手県沿岸にかけての地震時す べりの深部延長で大きなすべりが見られる. すべりは時間とともに若干,南北に拡がっているように 見える. 国土地理院による余効すべり分布と比べると宮城県北部から岩手県沿岸にかけて大きなすべ りが見られる点,福島県南部から茨城県沖では,海岸直下のプレート境界深部よりもやや沖側(プレ ート境界浅部)で大きな余効すべりが見られる点がよく似ている.



東北地方太平洋沖地震の余震活動の特徴(続き)

第5図。デトレンドした余震活動空間分布の時間差(M3.0+,11月6日現在)。 青が透けて見える部分が最近3ヵ月間静穏化。



第6図。9月17日岩手県沖の地震(M6.6)の余震活動とその付近の本震と最大余震のマグニチュード差、 b値およびp値の空間分布。

統計数理研究所資料

(1)) 音声はこちら





Aftershocks 2011/3/17-6/18

Background 2007/11/1 - 2008/6/22



地震研究所 篠原委員資料

Shinohara et al., in preparation.

📢) 音声はこちら



水平変動(40m陸側斜面、60m海溝側)、上昇(10m)をもどし地形残差をとった(上図下)。地滑り地形以外には顕著な残差は認められない。分岐断層等に沿った大変動は無いことを示す



海溝軸の構造変化



➡) 音声はこちら

第194回地震予知連絡会重点検討課題について

タイトル「プレート境界に関するわれわれのイメージは正しいか?(その2)千島海溝」

趣旨説明者 北海道大学 谷岡勇市郎

2011年東北地方太平洋沖地震により、日本海溝沿いの太平洋プレート沈み込みに伴う巨大地震発生に関するこれまでのイメージが一変した。

第194回(平成24年2月17日開催予定)の地震予知連絡会では千島海溝沿いのプレート境 界で発生する巨大地震発生を予測するための枠組みを検討するために、まずプレート境界 の状態を知るための観測データの解析結果を持ち寄り、現在のプレート境界の状態把握に ついて検討する。さらに、津波堆積物調査結果のレビューを実施することで、超巨大地震 発生様式がどこまで把握できているのか検討する。また、現在までに実施されている海底 構造調査結果や海底地震観測結果をレビューし、超巨大地震の発生と構造との関連を検討 する。最後に様々なデータを説明することができる千島列島海溝沿いのプレート境界巨大 地震のモデリングの現状を検討する。