

9-2 2016年10月21日 鳥取県中部の地震

The earthquake in the central part of Tottori Prefecture on October 21, 2016

気象庁

Japan Meteorological Agency

気象研究所

Meteorological Research Institute, JMA

【概要】

2016年10月21日14時07分に、鳥取県中部の深さ11kmでM6.6の地震が発生し、鳥取県倉吉市、湯梨浜町、北栄町で震度6弱を観測したほか、中国地方を中心に、関東地方から九州地方にかけて震度5強～1を観測した（第1, 6, 7図）。この地震は地殻内で発生した。発震機構は西北西－東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である（第2図）。この地震により、負傷者28人、住家全壊2棟、住家半壊3棟などの被害が生じた（11月2日9時00分現在、総務省消防庁による）。

この地震発生以降、最大震度4以上を観測した地震が10月31日までに9回（M6.6の地震を含む）発生するなど、地震活動は、北北西－南南東方向に延びる長さ約10kmの領域を中心に発生している（第1図）。内陸及び沿岸で発生した主な地震と比較すると、発生直後の地震回数は「平成12年(2000年)鳥取県西部地震」(M7.3)と同程度で推移した（第5図）。また、今回のM6.6の地震発生前の同日12時12分には、M6.6の地震の震源付近でM4.2の地震が発生し、その後、ややまとまった地震活動がみられていた（第11図）。

今回の地震活動で発生したM4.0以上の地震の発震機構は、西北西－東南東方向あるいは東西方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型であり、これまで周辺で発生した地殻内の地震と調和的であった（第3図上）。

過去の地震活動をみると、2000年に発生した「平成12年(2000年)鳥取県西部地震」(M7.3)では、負傷者182人、全壊家屋435棟などの被害が、また、1943年に発生した鳥取地震(M7.2)では死者1,083人、全壊家屋7,485棟などの被害が生じているほか、1710年と1711年にもM6クラスの被害地震が発生している（第3図下、第19図）。今回の地震活動周辺の内陸地殻内では、鳥取地震の半年前の1943年3月にM5.7～6.2の地震が4回発生するなど地震が続発した事例がある（第18図、第19図）。

今回のM6.6の地震では、最大の長周期地震動階級3を震源近傍の観測点における周期1秒台のデータで観測した（第8図～第10図）。震度は経験式による値に比べて平野部で大きい傾向がみられ、最大加速度の発現時刻はほぼLg波の走時またはそれ以降であった（第25図）。今回の地震の気象庁マグニチュード (Mj) 6.6がモーメントマグニチュード (Mw) 6.2 (CMT解による) よりも大きいのは、西日本における過去の内陸の浅い地震にもみられる傾向である（第26図）。

【地震活動の詳細】

今回の地震活動の震源分布を詳細に把握するため、Double-Difference法を用いた震源決定を行った（第12図）。M6.6の地震を含む北北西－南南東走向に延びる領域で主な地震活動がみられ、その傾斜はほぼ鉛直である。M6.6の地震を境にその北側と南側で震央分布の走向が異なり、断面図で見ると、南側ではやや折れ曲がった鉛直分布をしている。M6.6の地震の直ぐ東には、主な活動域と平

行でほぼ鉛直に分布するいくつかの小さなクラスターがみられる。

今回のM6.6の地震の発生以降、主な活動域から東西方向に離れたいくつかの領域において、まとまった活動がみられた。これらの活動域では、2002年9月以降や2015年10月以降など、今回のM6.6の地震発生前からまとまった活動がみられるものがある（第13図、第14図）。今回の主な活動域の東方では、2015年10月からまとまった活動がみられた後、2016年8月20日からはその西方で、さらに2016年9月26日からは今回の主な活動域の近傍において活動がみられるなど、時間経過とともに活動域が今回の主な活動域へ近づく傾向がみられた（第15図）。2015年10月以降の期間別（＝活動域別）のb値は、0.6～0.9程度とばらついており、活動域差によるものか期間変動によるものかは区別できないが、今回の地震（M6.6）発生前の1ヶ月程度前からの地震活動のb値は0.60～0.66程度と比較的小さかった（第17図）。また、今回の主な活動域とその周辺を含む活動の規模別頻度分布には顕著な折れ曲がりが見え、 $M \geq 3.2$ におけるb値は1.22、 $M \geq 2.1$ におけるb値は0.79となり、Mが大きい場合には過去の他の地震活動と比べb値が大きい（第16、17図）。

【破壊過程及び地殻変動】

今回の地震について、近地強震波形による震源過程解析、ALOS-2/PALSAR-2によるSAR干渉解析を実施した（第20図～第22図）。震源過程解析結果では、主なすべり領域は、破壊開始点から浅い側の、長さ8km幅8kmの領域に広がっており、余震の少ないところに分布している（第20図）。SAR干渉解析結果では、横ずれ断層運動を示す地殻変動がみられる（第21図、第22図）。震源過程解析で得られた断層モデルより計算される地表変位は、国土地理院のGNSS観測や干渉SAR3次元解析の結果と調和的である（第23図）。

10月21日 鳥取県中部の地震

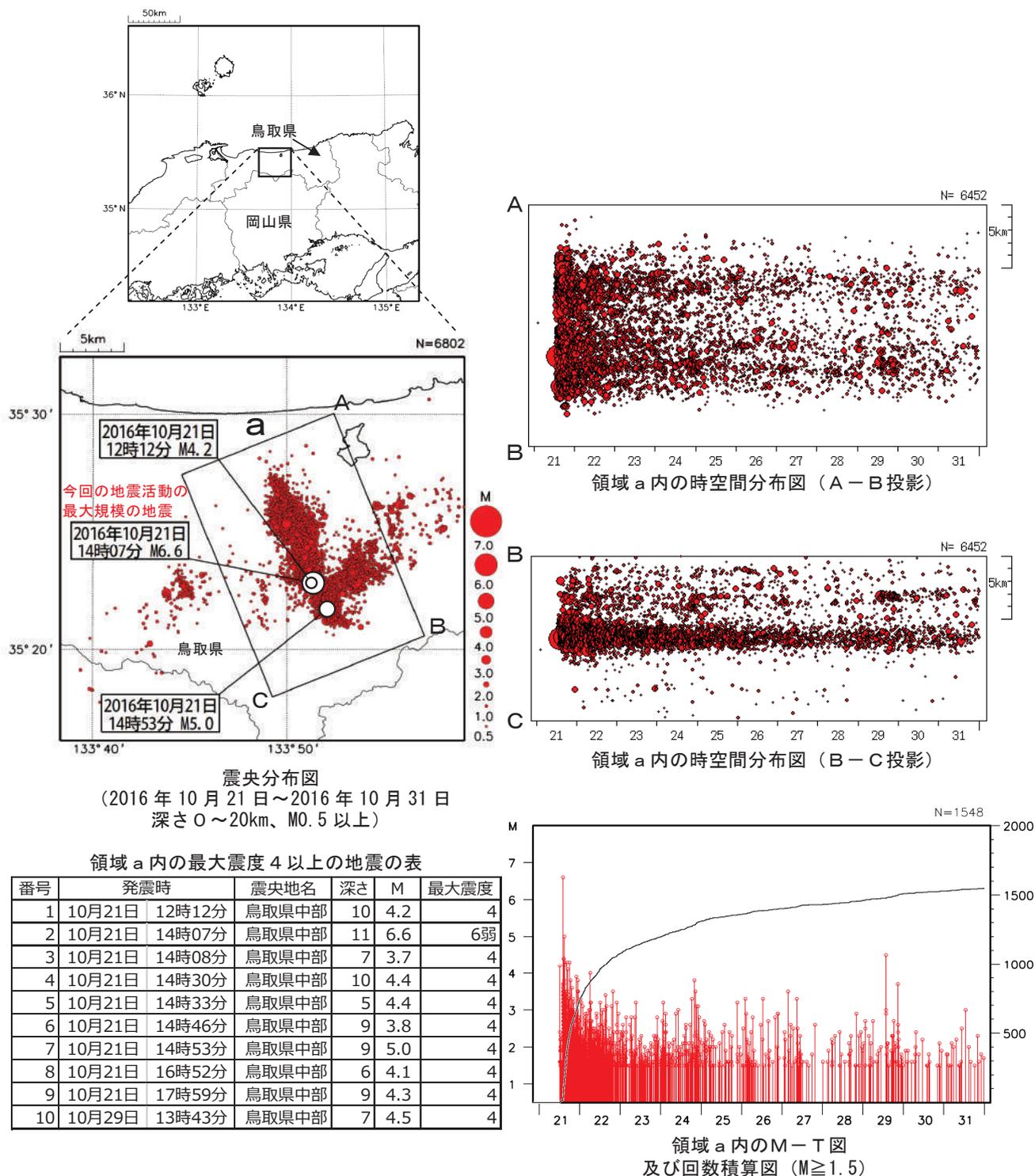
・地震活動

ア. 地震の発生場所の詳細及び地震の発生状況

2016年10月21日14時07分に、鳥取県中部の深さ11kmでM6.6の地震（最大震度6弱）が発生した。

この地震発生以降、地震活動が非常に活発になり、10月31日までにM4.0以上の地震が11回（M6.6の地震を含む）、最大震度4以上の地震が9回（M6.6の地震を含む）発生している。地震活動は、北北西-南南東方向に延びる長さ約10kmの領域を中心に発生しており、減衰しつつも継続している。

また、同日12時12分には、この地震の震央付近の深さ10kmでM4.2の地震（最大震度4）が発生し、その後、ややまとまった地震活動が発生していた。

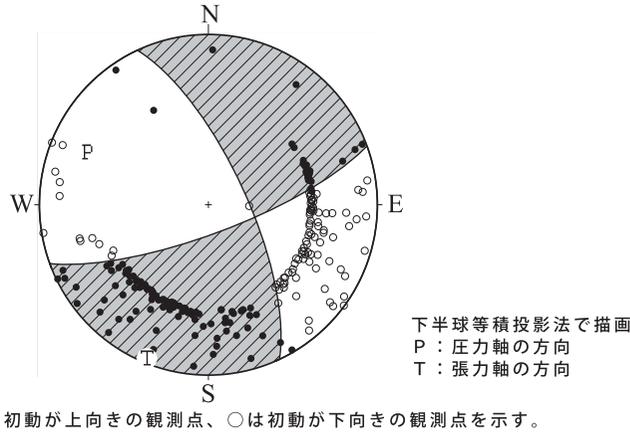


第1図 2016年10月21日 鳥取県中部の地震

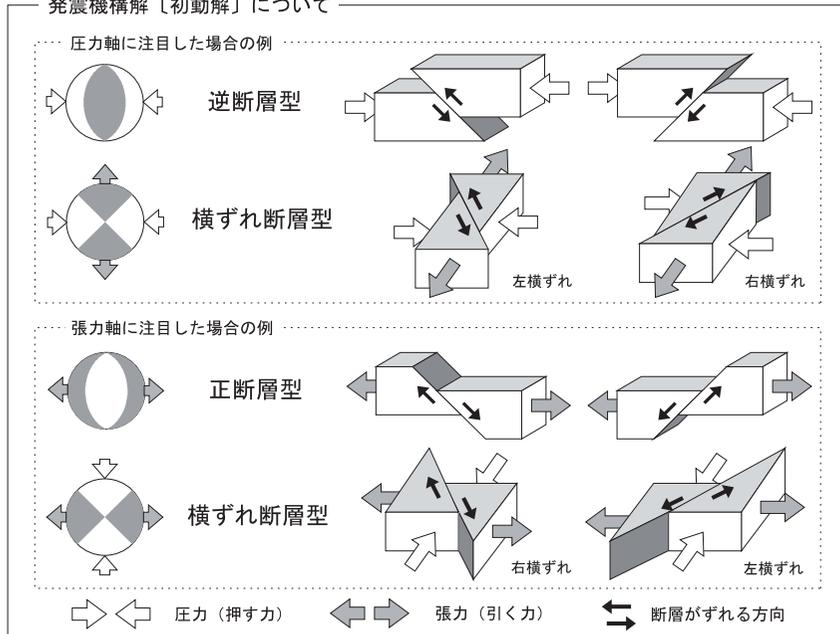
Fig.1 The earthquake in the central part of Tottori Prefecture on October 21, 2016.

平成28年10月21日14時07分の地震の発震機構解 初動解
 西北西-東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型

[初動解]

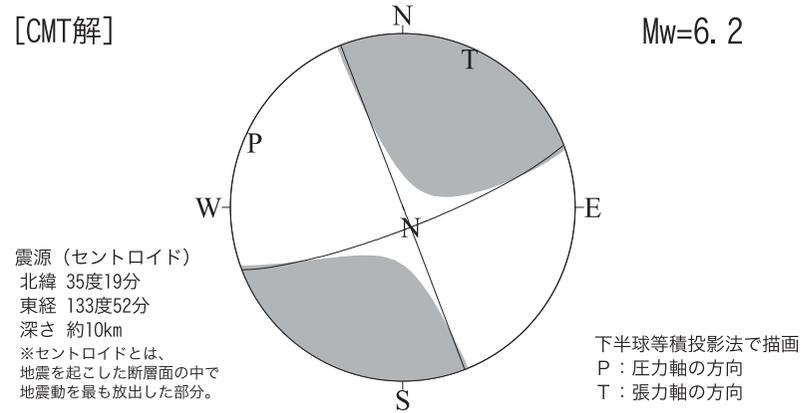


発震機構解 [初動解] について

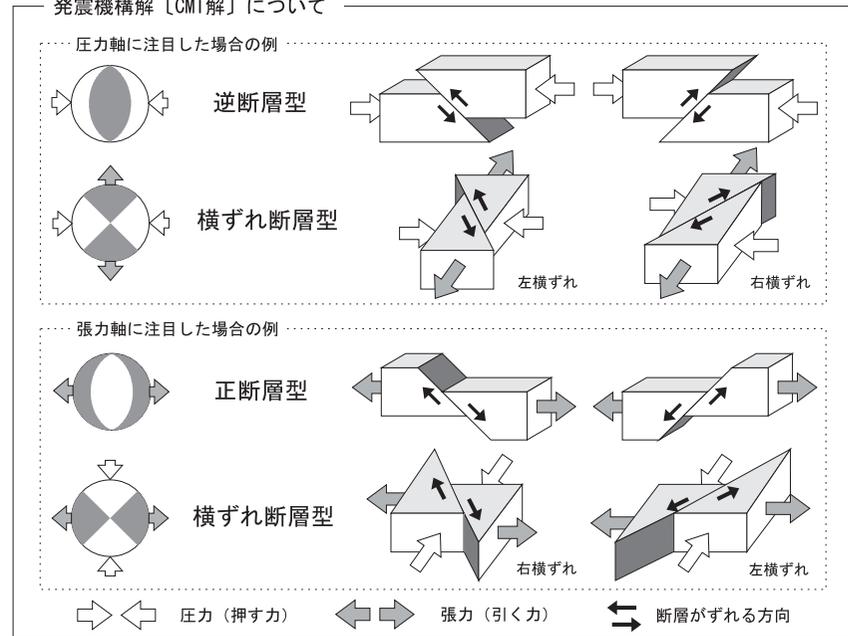


平成28年10月21日14時07分の地震の発震機構解 CMT解
 西北西-東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型

[CMT解]



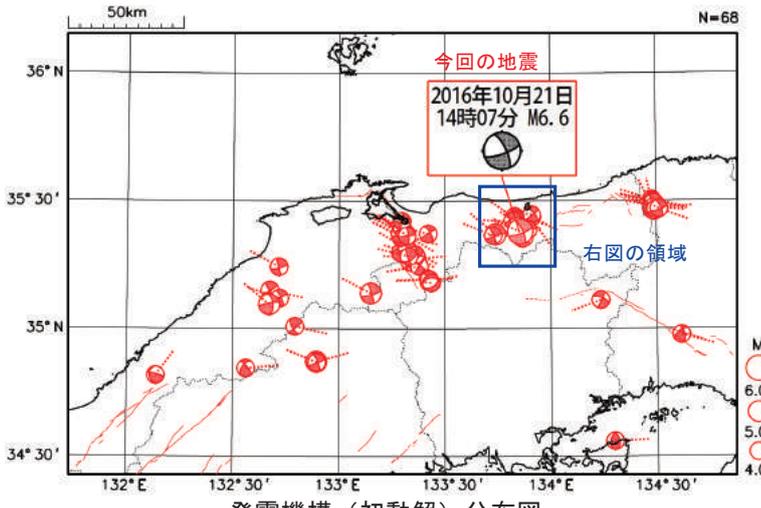
発震機構解 [CMT解] について



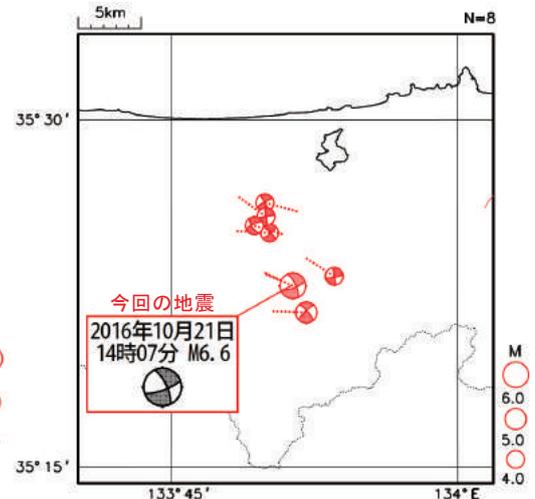
第2図 発震機構解
 Fig.2 Focal mechanism solution.

イ. 発震機構

1997年10月1日から2016年10月31日に発生したM4.0以上の地震の発震機構（初動解）を左下図に示す。周辺で発生する地殻内の地震は、発震機構が西北西—東南東方向あるいは東西方向に圧力軸を持つ型が多い。2016年10月に発生したM4.0以上の地震の発震機構（初動解）を右下図に示す。今回の地震活動で発生したM4.0以上の地震の発震機構（初動解）は、西北西—東南東方向あるいは東西方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型であり、これまでの活動と調和的であった。



発震機構（初動解）分布図
 (1997年10月1日～2016年10月31日、深さ0～20km、 $M \geq 4.0$)
 シンボルから伸びる点線は圧力軸の方位を示す。
 図中の細線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す



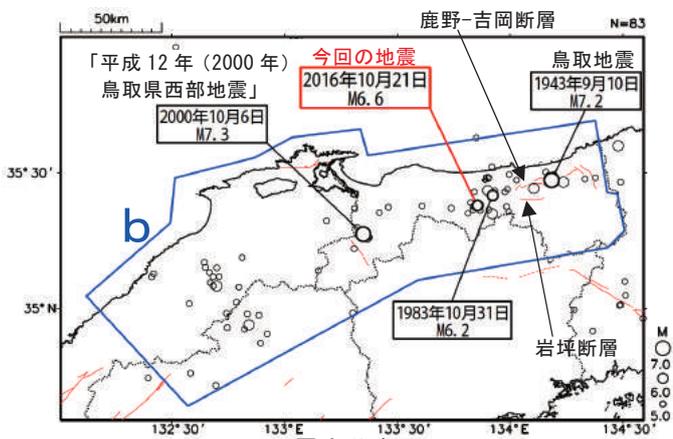
発震機構（初動解）分布図
 (2016年10月1日～2016年10月31日、
 深さ0～20km、 $M \geq 4.0$)
 シンボルから伸びる点線は圧力軸の方位を示す。

ウ. 過去の地震活動

1923年1月1日～2016年10月31日までの震央分布図を左下図に、中国地域北部の区域（左下図中の領域b）のM-T図を右下図に示す。

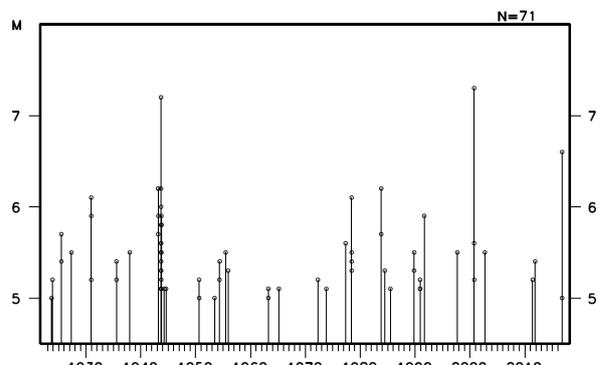
2000年10月6日に発生した「平成12年(2000年)鳥取県西部地震」(M7.3)では、負傷者182人、全壊家屋435棟などの被害が生じている（被害は総務省消防庁による）。1943年9月10日に発生した鳥取地震(M7.2)では死者1083人、全壊家屋7485棟など大きな被害が生じている（被害は「日本被害地震総覧」による）。鳥取地震の前後では、M6を超える地震が複数発生するなど活動域は今回の地震の付近まで広がっている。また、1983年10月31日には今回の地震の震源付近でM6.2の地震が発生している

なお、地震調査研究推進本部地震調査委員会では、今回の地震活動域を含む中国地域北部の区域では、M6.8以上の地震が30年以内に発生する確率を40%と評価していた。



震央分布図
 (1923年1月1日～2016年10月31日、
 深さ0～100km、 $M \geq 5.0$)

図中の細線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す

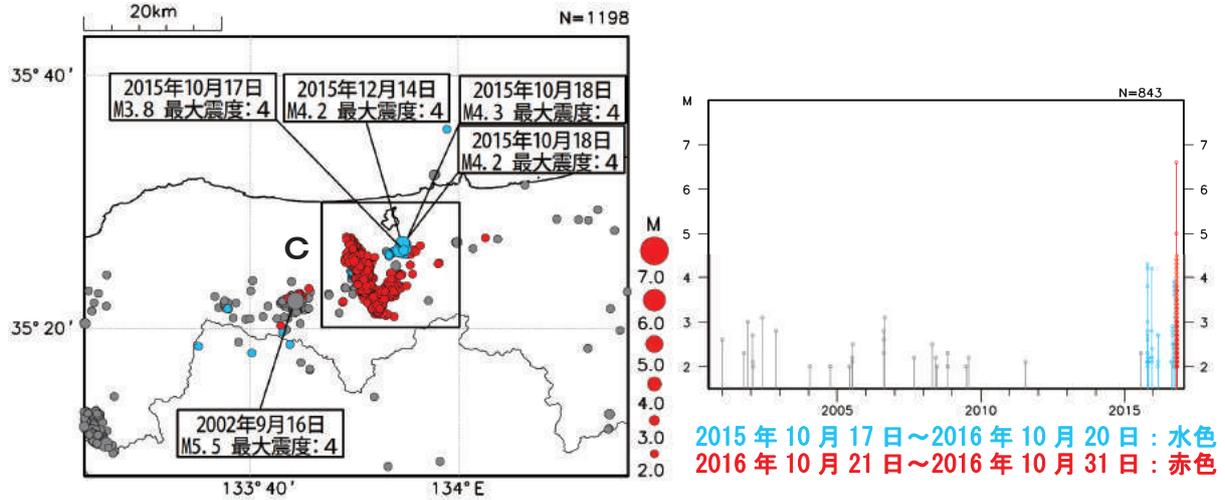


領域b内のM-T図

第3図 発震機構解の分布と過去の地震活動

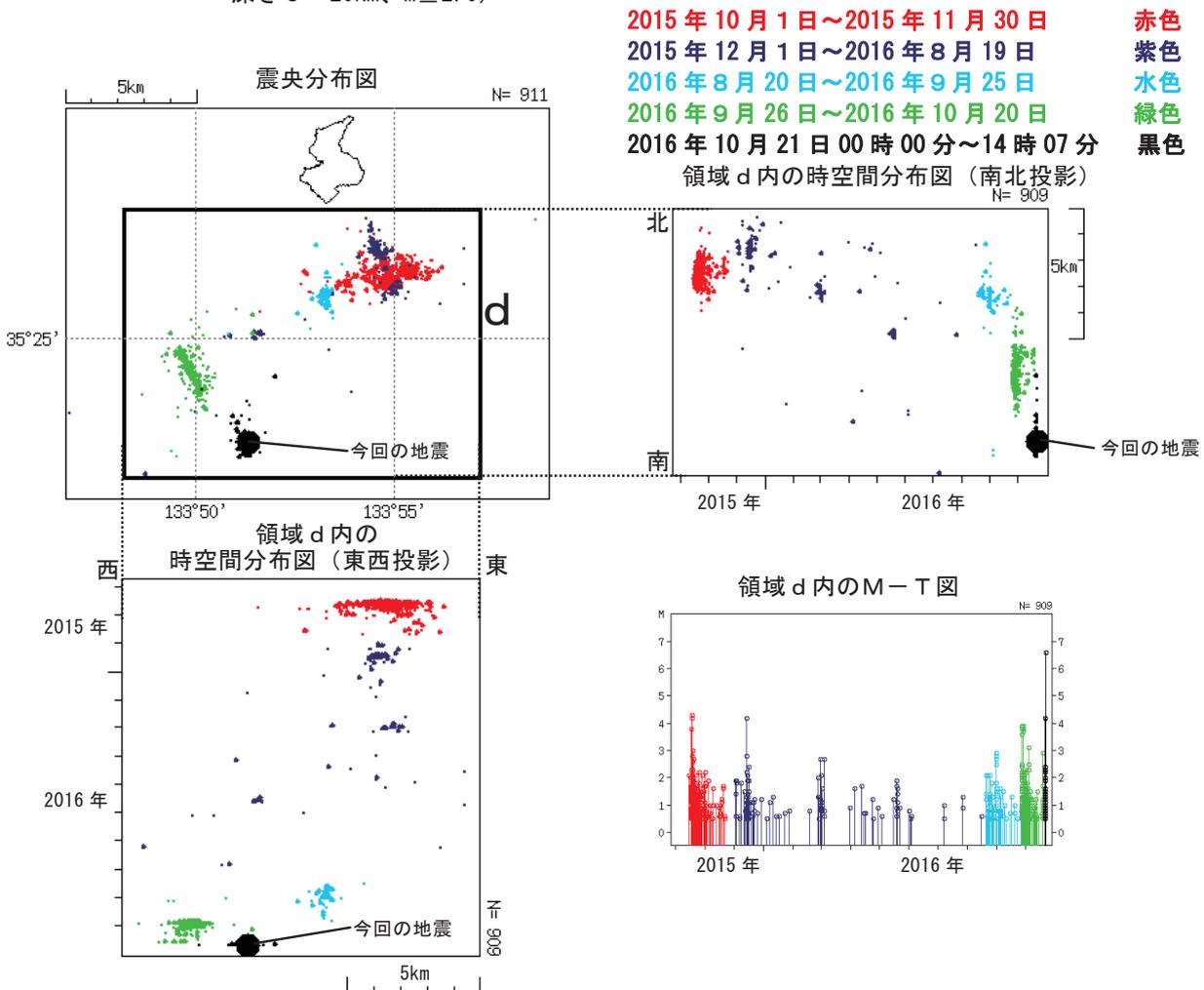
Fig.3 Distribution of focal mechanism and seismic activity of the past.

最近の活動をみると、今回発生した地震の付近では2000年10月以降、M3を超える地震はほとんど発生しておらず、まとまった活動は無かったが、2015年10月18日に発生したM4.3の地震（最大震度4）の後、地震活動が活発になり最大震度4の地震が4回発生している。その後、2016年8月20日から、それまでの活動域よりやや西側で活動がみられるようになり、2016年9月26日からは今回の地震の震源域近傍で活動がみられるようになった。



震央分布図
(2000年10月1日～2016年10月31日、
深さ0～20km、M≥2.0)

領域c内のM-T図

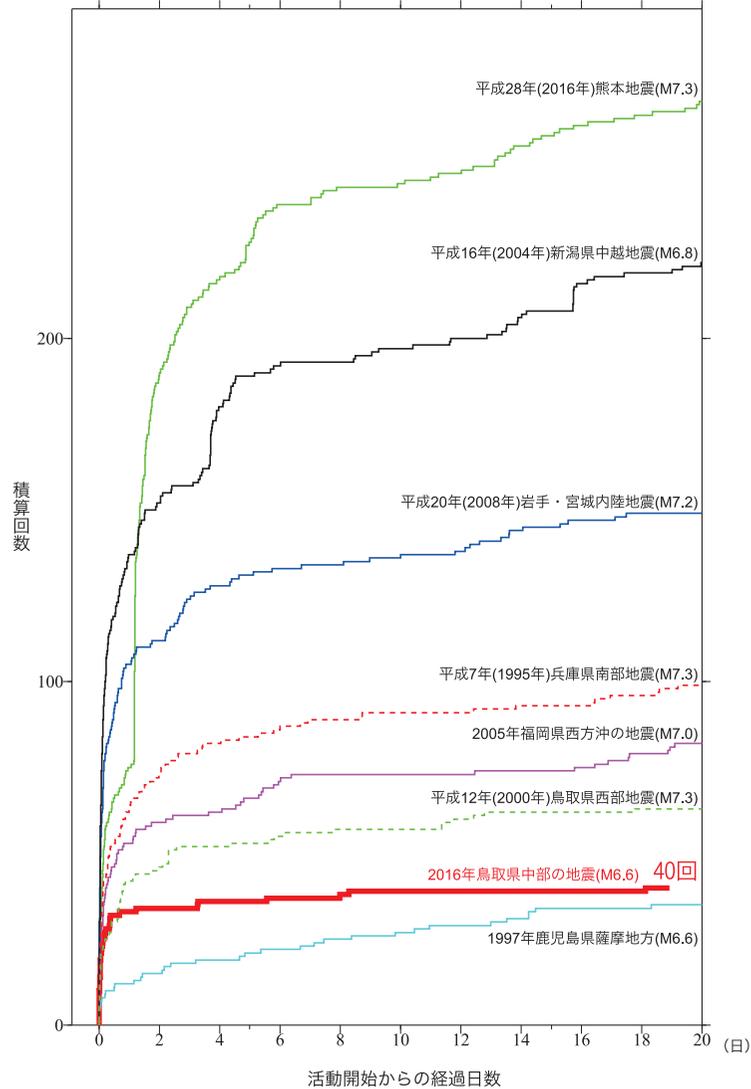


今回の地震の震源周辺の2015年10月からの活動
(2015年10月1日～2016年10月21日14時07分、深さ0～20km、M≥0.5)

第4図 つづき
Fig.4 Continued.

内陸及び沿岸で発生した主な地震の
地震回数比較 (マグニチュード3.5以上)

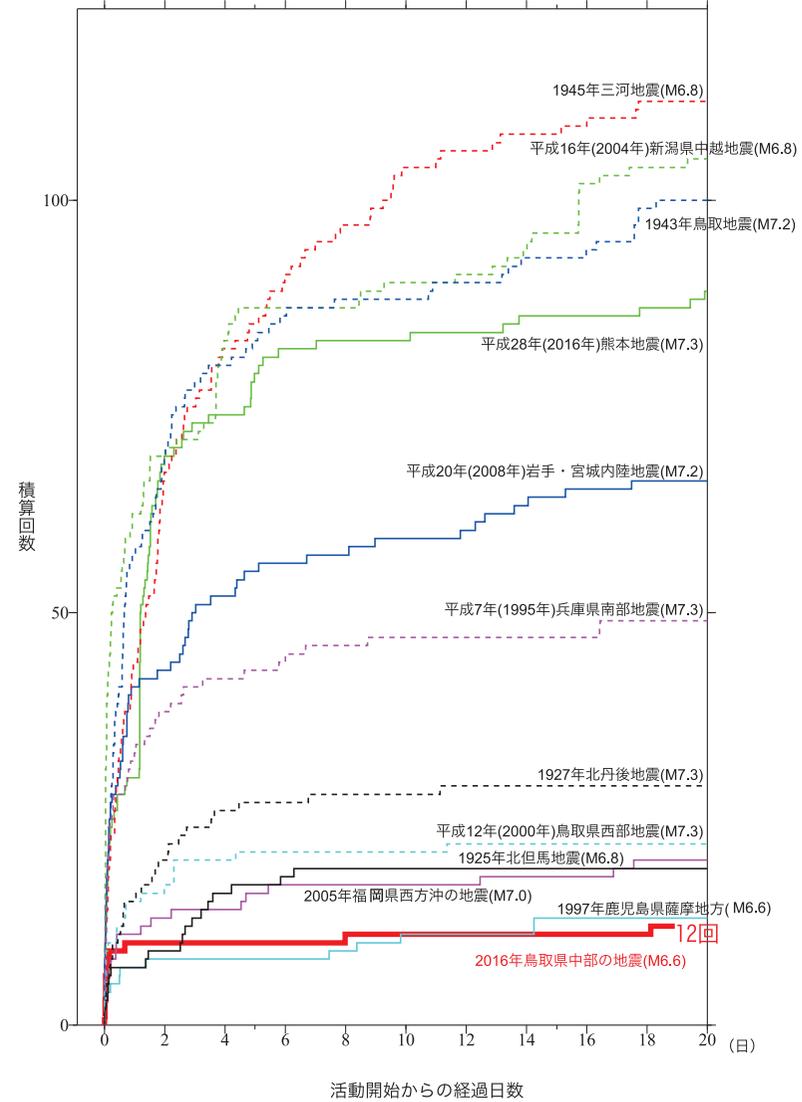
2016年11月09日12時00分現在



※この資料は速報値であり、後日の調査で変更することがある。
※マグニチュードについては、これまでの最大を示している。

内陸及び沿岸で発生した主な地震の
地震回数比較 (マグニチュード4.0以上)

2016年11月09日12時00分現在



※この資料は速報値であり、後日の調査で変更することがある。
※マグニチュードについては、これまでの最大を示している。

第5図 回数積算図 (M ≥ 3.5, 4.0)

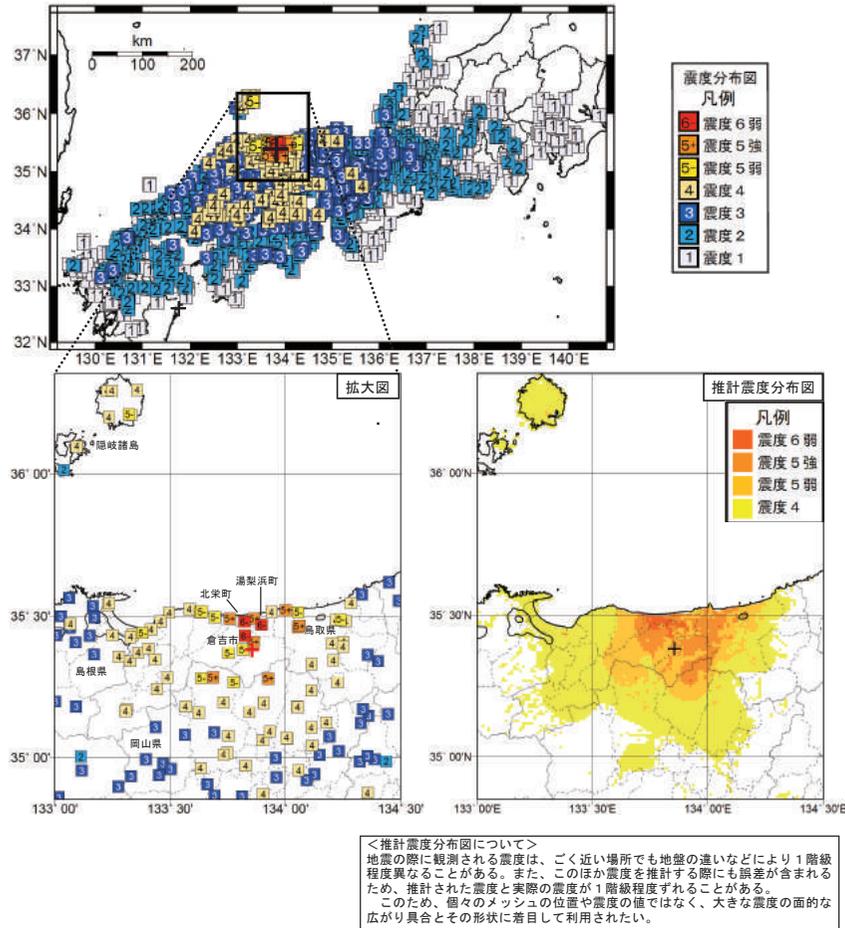
Fig.5 Cumulative number of earthquakes (M ≥ 3.5 and 4.0).

・震度と加速度

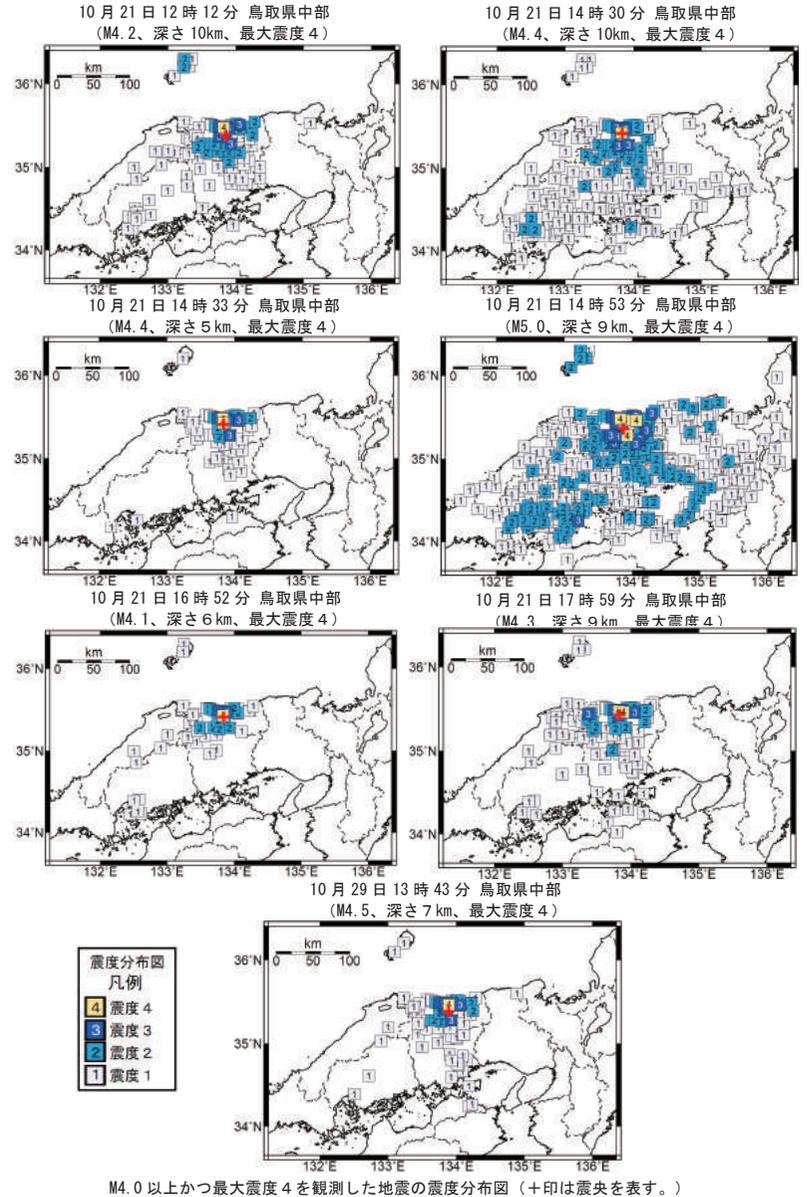
最大規模の地震である10月21日14時07分の地震により震央付近の鳥取県倉吉市、湯梨浜町、北栄町で震度6弱の揺れを観測した。また、21日14時53分に発生したM5.0の地震を最大に、最大震度4を観測する地震が10月21日から10月31日にかけて9回発生した。

ア. 震度分布

最大規模の地震の震度分布図、M4.0以上かつ最大震度4を観測した地震の震度分布図を以下に示す。



10月21日14時07分 鳥取県中部の地震 (M6.6、深さ11km、最大震度6弱) の震度分布図 (+印は震央を表す。)

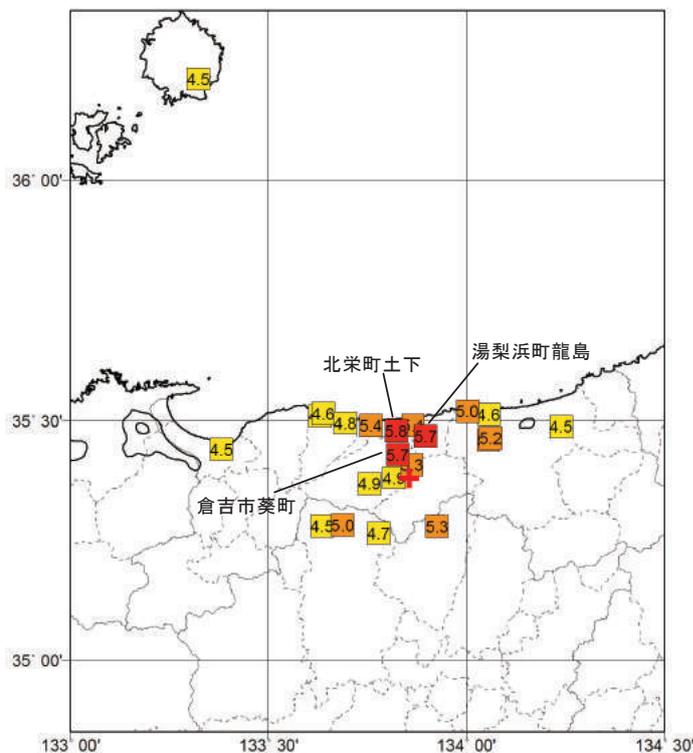


M4.0以上かつ最大震度4を観測した地震の震度分布図 (+印は震央を表す。)

第6図 震度と加速度
Fig.6 Seismic intensity and acceleration.

イ. 計測震度、加速度

最大規模の地震により震度5弱以上を観測した震度観測点の計測震度および最大加速度を以下に示す。



10月21日14時07分 鳥取県中部の地震の計測震度（4.5以上、+印は震央を表す）

10月21日14時07分 鳥取県中部の地震計測震度および最大加速度（震度5弱以上）

都道府県	市区町村	観測点名	震度	計測震度	最大加速度 (gal = cm/s/s)				震央距離 (km)
					合成	南北成分	東西成分	上下成分	
鳥取県	北栄町	北栄町土下*	6弱	5.8	365.3	274.8	266.9	182.9	11.0
鳥取県	倉吉市	倉吉市葵町*	6弱	5.7	1494.0	732.2	1381.3	386.8	5.7
鳥取県	湯梨浜町	湯梨浜町龍島*	6弱	5.7	643.0	565.4	333.8	255.3	10.1
鳥取県	北栄町	北栄町由良宿*	5強	5.4	672.7	459.7	645.8	340.7	14.7
鳥取県	三朝町	三朝町大瀬*	5強	5.3	468.6	396.6	381.4	346.6	2.9
岡山県	鏡野町	鏡野町上齋原*	5強	5.3	287.6	205.7	280.8	140.4	13.3
鳥取県	鳥取市	鳥取市鹿野町鹿野*	5強	5.2	288.1	194.0	263.5	79.7	20.8
鳥取県	鳥取市	鳥取市鹿野町鹿野小学校*	5強	5.1	213.6	158.1	191.5	66.9	20.1
鳥取県	湯梨浜町	湯梨浜町久留*	5強	5.1	260.8	254.2	206.3	205.8	11.9
鳥取県	鳥取市	鳥取市青谷町青谷*	5強	5.0	250.3	204.9	239.7	159.9	20.3
岡山県	真庭市	真庭市蒜山下福田*	5強	5.0	242.5	237.9	168.5	99.0	18.8
鳥取県	倉吉市	倉吉市岩倉長峯	5弱	4.9	304.9	225.6	285.8	137.6	3.3
鳥取県	倉吉市	倉吉市関金町大鳥居*	5弱	4.9	302.7	170.5	272.5	215.0	9.1
鳥取県	琴浦町	琴浦町徳万*	5弱	4.8	333.6	180.2	264.0	186.1	19.1
岡山県	真庭市	真庭市蒜山下和*	5弱	4.7	283.7	263.2	198.4	118.0	14.8
鳥取県	鳥取市	鳥取市気高町浜村*	5弱	4.6	161.2	132.8	97.2	116.3	23.3
鳥取県	琴浦町	琴浦町赤碕*	5弱	4.6	132.1	119.4	110.8	98.0	24.4
鳥取県	鳥取市	鳥取市吉方	5弱	4.5	117.2	114.7	70.0	34.9	36.7
鳥取県	琴浦町	琴浦町赤碕中学校*	5弱	4.5	326.0	297.8	207.7	75.3	24.7
鳥取県	日吉津村	日吉津村日吉津*	5弱	4.5	178.2	104.7	153.7	50.5	43.3
島根県	隠岐の島町	隠岐の島町城北町*	5弱	4.5	83.7	67.1	75.0	17.8	103.5
岡山県	真庭市	真庭市禾津*	5弱	4.5	205.5	115.2	187.5	68.5	26.2
岡山県	真庭市	真庭市蒜山上福田*	5弱	4.5	149.8	98.7	124.4	92.2	22.9

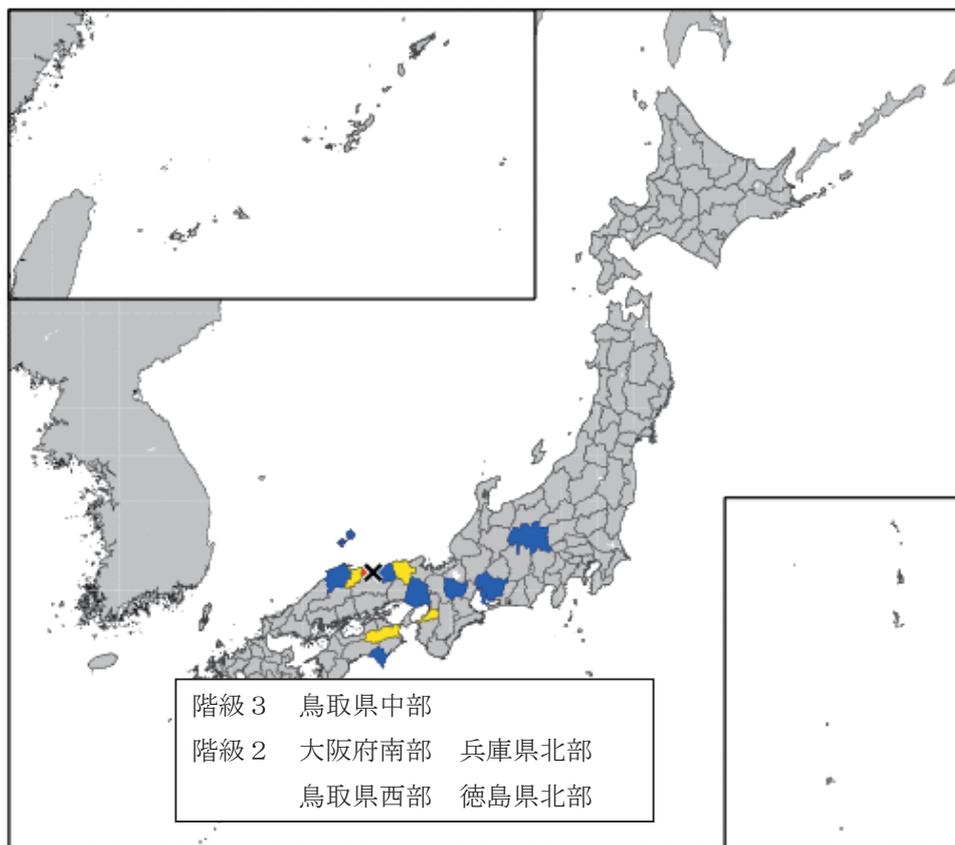
観測点名の*印は、地方公共団体または国立研究開発法人防災科学技術研究所の震度観測点を示す

第7図 つづき
Fig.7 Continued.

・長周期地震動

ア. 観測された長周期地震動階級

この地震により、中国地方、四国地方、近畿地方、中部地方の広い範囲で長周期地震動階級1以上が観測された。鳥取県中部では最大の長周期地震動階級3を観測し、大阪府南部、兵庫県北部、鳥取県西部、徳島県北部では長周期地震動階級2となった。中国地方で長周期地震動階級3を観測したのは平成25年3月の長周期地震動に関する観測情報（試行）発表開始以来初めてである。長周期地震動階級1以上が観測された地域・地点とその階級及び震度を以下に示す。



長周期地震動階級の凡例: ■ 階級1 ■ 階級2 ■ 階級3 ■ 階級4

長周期地震動階級1以上が観測された地域

長周期地震動階級	人の体感・行動	室内の状況	備考
長周期地震動階級1	室内にいたほとんどの人が揺れを感じる。驚く人もいる。	ブラインドなど吊り下げものが大きく揺れる。	—
長周期地震動階級2	室内で大きな揺れを感じ、物に掴まりたいと感じる。物につかまらないう歩くことが難しいなど、行動に支障を感じる。	キャスター付き什器がわずかに動く。棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。	—
長周期地震動階級3	立っていることが困難になる。	キャスター付き什器が大きく動く。固定していない家具が移動することがあり、不安定なものは倒れることがある。	間仕切壁などにひび割れ・亀裂が入ることがある。
長周期地震動階級4	立っていることができず、はわないと動くことができない。揺れにほんろうされる。	キャスター付き什器が大きく動き、転倒するものがある。固定していない家具の大半が移動し、倒れるものもある。	間仕切壁などにひび割れ・亀裂が多くなる。

※長周期地震動階級に関する詳細は、地震・火山月報（防災編）平成27年12月号「付録10. 長周期地震動階級関連解説表」を参照。

長周期地震動階級関連解説表

第8図 長周期地震動と地震波形

Fig.8 Long-period earthquake ground motion and seismic waveform.

長周期地震動階級 1 以上が観測された地域・地点

2016年10月21日14時07分 鳥取県中部 北緯35度22.8分 東経133度51.3分深さ11km M6.6				
都道府県	地域	地点	長周期地震動階級	震度
鳥取県	鳥取県中部	倉吉市岩倉長峯	3	5弱
大阪府	大阪府南部	関西国際空港	2	2
兵庫県	兵庫県北部	豊岡市桜町	2	4
鳥取県	鳥取県西部	境港市東本町	2	4
徳島県	徳島県北部	吉野川市鴨島町	2	3
長野県	長野県中部	諏訪市湖岸通り	1	2
愛知県	愛知県西部	愛西市稲葉町	1	2
滋賀県	滋賀県南部	近江八幡市桜宮町	1	3
大阪府	大阪府南部	岸和田市岸城町	1	2
大阪府	大阪府南部	大阪堺市中区深井清水町	1	2
兵庫県	兵庫県南東部	神戸中央区脇浜	1	3
兵庫県	兵庫県南東部	西宮市宮前町	1	3
兵庫県	兵庫県南東部	加古川市加古川町	1	3
鳥取県	鳥取県東部	鳥取市吉方	1	5弱
島根県	島根県東部	出雲市今市町	1	4
島根県	島根県東部	松江西市津田	1	3
島根県	島根県隠岐	隠岐の島町西町	1	4
島根県	島根県隠岐	隠岐の島町山田	1	4
徳島県	徳島県北部	徳島市大和町	1	3
高知県	高知県東部	安芸市西浜	1	3

第9図 つづき
Fig.9 Continued.

イ. 地震波形等

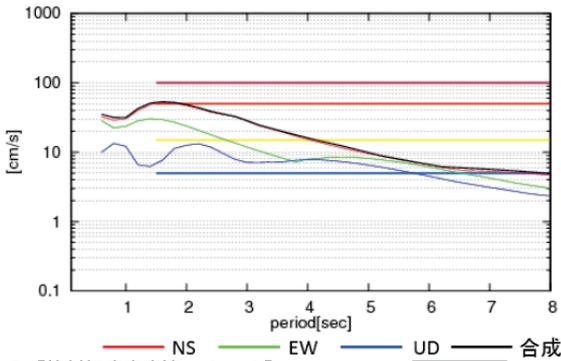
この地震で長周期地震動階級3が観測された倉吉市岩倉長峯における地震波形、絶対速度応答スペクトル及び絶対加速度応答スペクトルを以下に示す。

長周期地震動階級3が観測された倉吉市岩倉長峯は震源近傍に位置し、比較的短い周期の地震波が卓越しており、周期区分で1秒台の長周期地震動階級データが階級3となっていた。

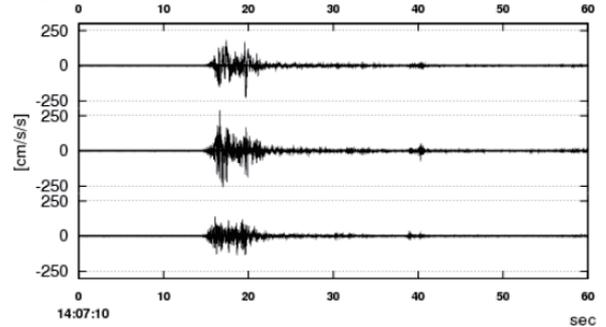
①

【観測地点】 地点名:倉吉市岩倉長峯 地域名:鳥取県中部 観測時間:2016.10.21 14:07:10~14:13:10	【震度】	【長周期地震動階級】	【長周期地震動階級データの周期帯別の最大値】							
	5弱	3	周期	1秒台	2秒台	3秒台	4秒台	5秒台	6秒台	7秒台
			階級	3	2	2	2	1	1	1

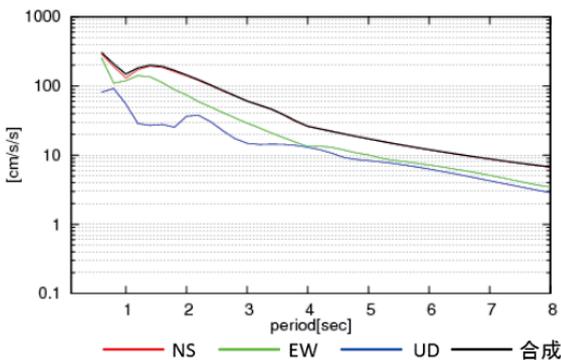
②【絶対速度応答スペクトル】 減衰定数



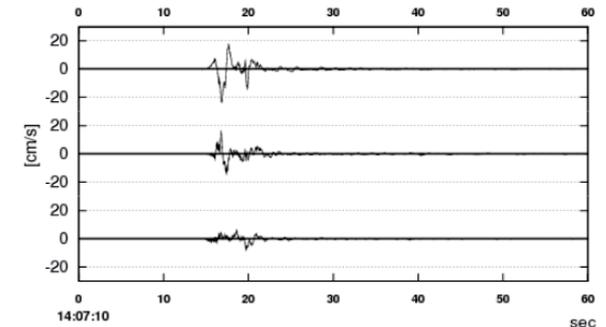
④【加速度波形】



③【絶対加速度応答スペクトル】 減衰定数



⑤【速度波形】



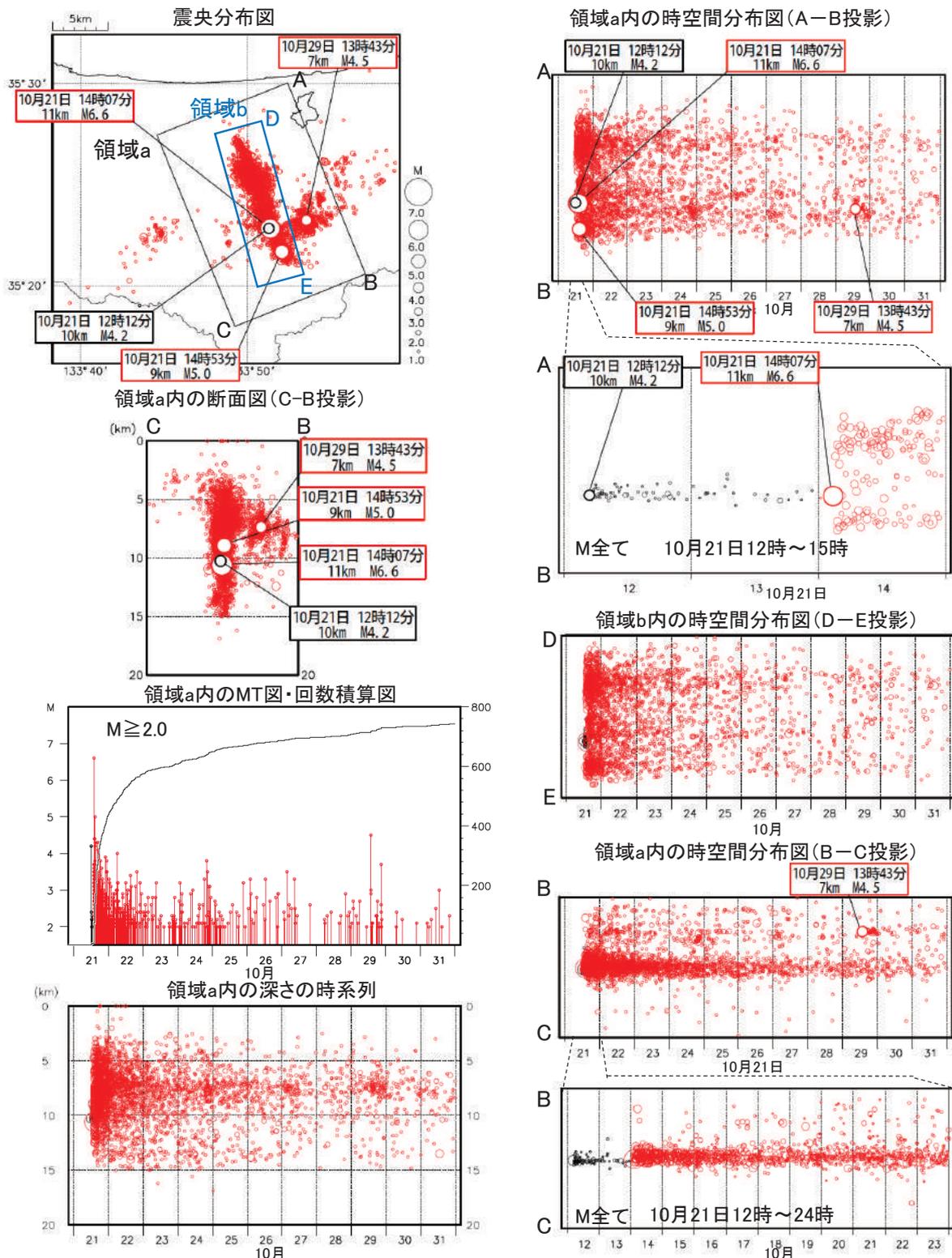
倉吉市岩倉長峯で観測した波形、絶対速度応答スペクトル及び絶対加速度応答スペクトル
(加速度波形、速度波形は14:07:10から1分間を示している)

絶対応答スペクトルの図、波形図の説明

- ① 観測点名、地域名称、地震波形の観測時間、観測点における震度、観測点における長周期地震動階級、観測点における周期区分別の長周期地震動階級データの最大値。周期区分は、周期1.6秒～周期1.8秒を1秒台、周期2.0秒～周期2.8秒を2秒台、周期3.0秒～周期3.8秒を3秒台、周期4.0秒～周期4.8秒を4秒台、周期5.0秒～周期5.8秒を5秒台、周期6.0秒～周期6.8秒を6秒台、周期7.0秒～周期7.8秒を7秒台と表示している。
- ② 絶対速度応答スペクトルグラフ。横軸は周期(秒)、縦軸は速度応答値(単位はcm/sec)で、NS(赤)、EW(緑)、UD(青)の3成分及び水平動合成(黒)について表示した。減衰定数5%はビル設計に一般的に用いられている値である。
- ③ 絶対加速度応答スペクトルグラフ。横軸は周期(秒)、縦軸は加速度応答値(単位はcm/sec/sec)で、NS(赤)、EW(緑)、UD(青)の3成分及び水平動合成(黒)について表示した。減衰定数5%はビル設計に一般的に用いられている値である。
- ④ 加速度波形表示。成分は、上から南北成分(NS)、東西成分(EW)、上下成分(UD)である3成分とも同じ縮尺で示す。
- ⑤ 速度波形表示。表示は④と同じ。

平成28年10月21日 鳥取県中部の地震

2016年10月21日～10月31日、 $M \geq 1.0$ 、深さ0～20km、10月21日14時以前の地震を黒く表示

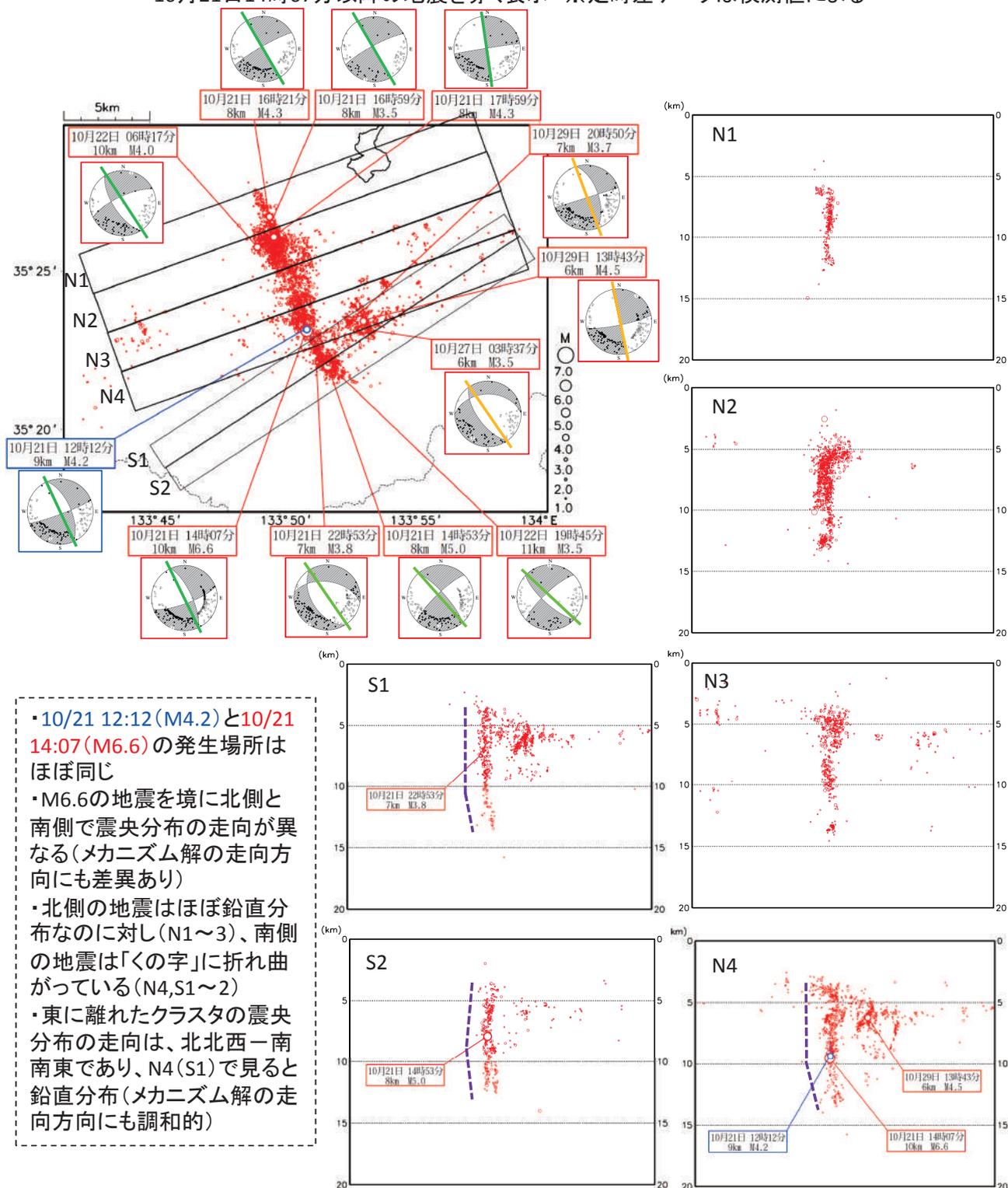


- ・10月21日12時12分にM4.2の地震が発生し、その後同じ場所で微小地震活動が継続した。ほぼ同じ場所で、14時07分にM6.6の地震が発生した。M5.0以上の地震は、21日14時53分の地震だけである。
- ・活動域は、M6.6の地震発生直後から北北西-南南東方向へ広がった。特に北側への広がりが大きい。その後、それ以上広がる様子は見られていない。
- ・北北西-南南東への広がり(主な活動域)の他、主な活動域と共役な走向にも活動域が見られる。共役な走向の活動域で発生した最大規模の地震は10月29日のM4.5の地震である。・共役な走向の活動域は、M6.6の地震発生直後から見られる。

第11図 今回の地震活動
Fig.11 Seismic activity near the source area.

DD再決定後の震央分布図と断面図

2016年10月21日12時12分～10月31日24時00分、 $M \geq 1.0$ 、深さ0～20km
 10月21日14時07分以降の地震を赤く表示 ※走時差データは検測値による

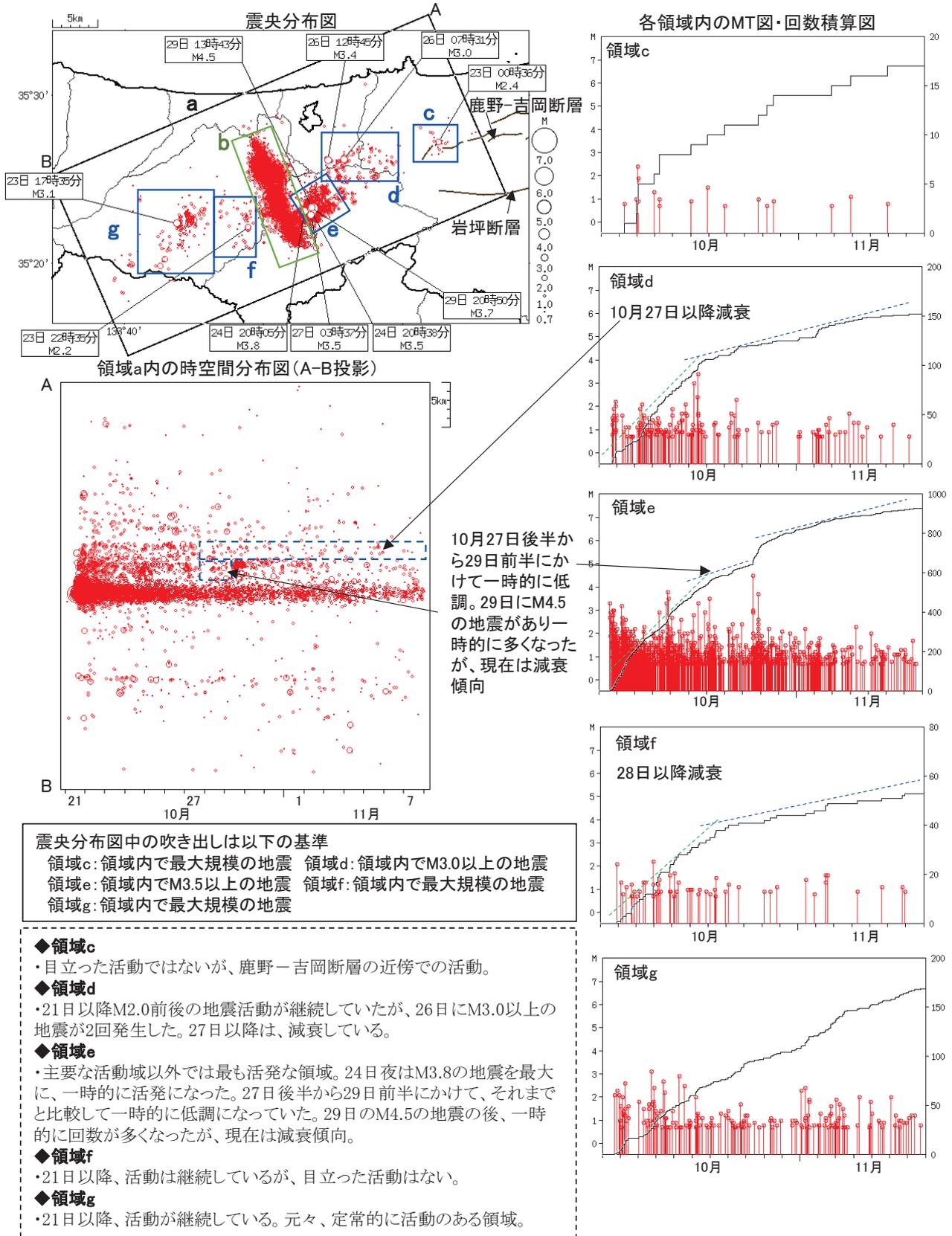


- 10/21 12:12 (M4.2)と10/21 14:07 (M6.6)の発生場所はほぼ同じ
- M6.6の地震を境に北側と南側で震央分布の走向が異なる(メカニズム解の走向方向にも差異あり)
- 北側の地震はほぼ鉛直分布なのに対し(N1~3)、南側の地震は「くの字」に折れ曲がっている(N4,S1~2)
- 東に離れたクラスタの震央分布の走向は、北北西-南南東であり、N4(S1)で見ると鉛直分布(メカニズム解の走向方向にも調和的)

第12図 Double-Difference法による震源と発震機構解の分布
 Fig.12 Distribution of the hypocenter by the Double-Difference method and focal mechanism.

鳥取県中部の地震 周辺のクラスターでの活動状況【現在の活動状況】

2016年10月21日～11月7日、M \geq 0.7、深さ0～20km



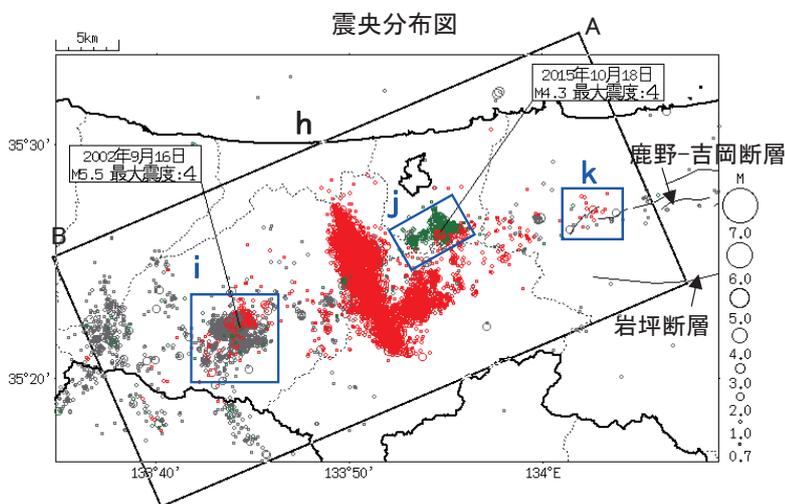
第13図 周辺の地震活動

Fig.13 Seismic activity around the source area.

鳥取県中部の地震

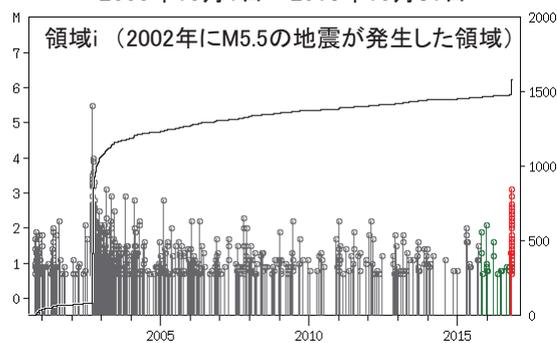
周辺のクラスターでの活動状況【過去の活動状況】

2000年10月1日～2016年10月31日、M \geq 0.7、深さ0～20km

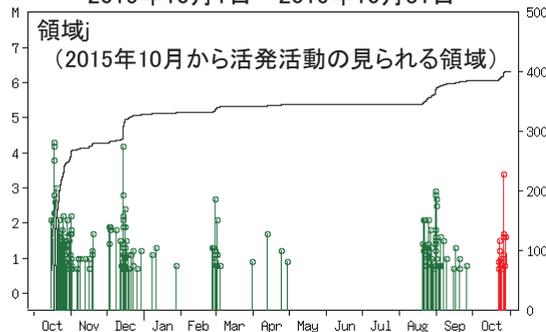


各領域内のMT図・回数積算図

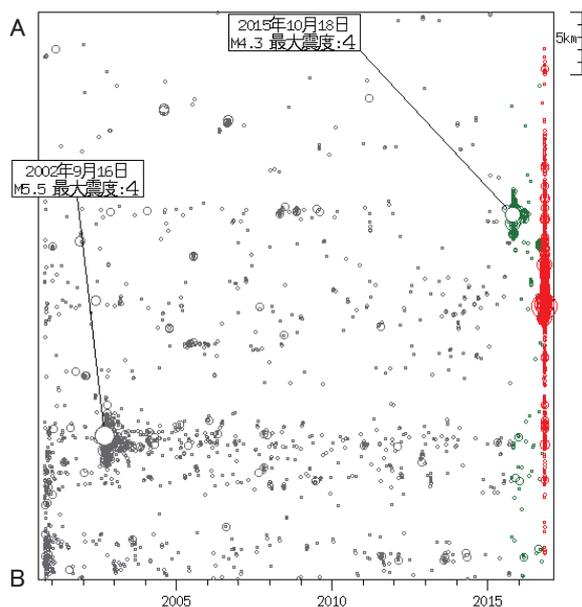
2000年10月1日～2016年10月31日



2015年10月1日～2016年10月31日



領域h内の時空間分布図(A-B投影)



◆領域i

・2002年にM5.5の地震があり、その後も定常的に活動の見られる領域。今回の地震以降、やや活動が活発になっている。

◆領域j

・2015年10月からまとまった活動が見られた領域。今回の地震の後、若干回数が多くなっているが、顕著な変化(回数的大幅な増加等)は見られない。26日12時45分にM3.4の地震(最大震度3)が発生した。この地震は、2016年10月21日以降では最大規模の地震。

◆領域k

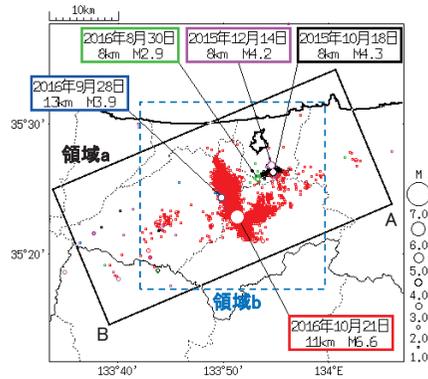
・これまでほとんど活動の見られない領域。今回の地震以降も、震度1以上を観測した地震こそ発生しているものの、それほど活発にはなっていない。鹿野-吉岡断層のすぐ近傍で発生している活動。

2015年10月以降の地震活動の状況

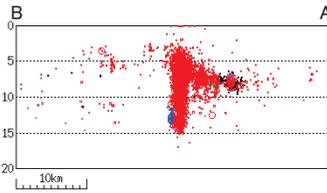
2015年10月1日～2016年10月31日、深さ0～20km

黒: 2015年10月1日～2015年11月30日 桃: 2015年12月1日～2016年8月19日
 緑: 2016年8月20日～2016年9月25日 青: 2016年9月26日～2016年10月20日
 赤: 2016年10月21日～2016年10月31日

震央分布図(M \geq 1.0)
2015年10月1日～2016年10月31日



領域a内の断面図(B-A投影)

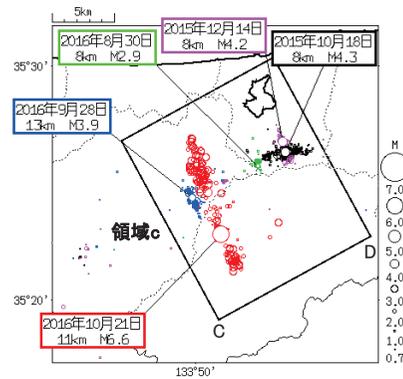


※色分けで示した活動域(活動期間)の中で、最大規模の地震に吹き出しを付加している。

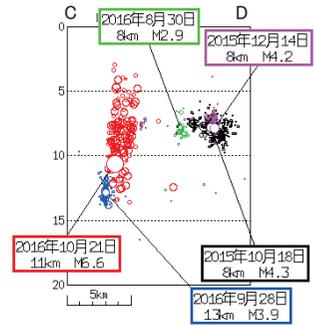
・2016年10月21日のM6.6の地震を含む北北西-南南東の走向の活動域(以下、主な活動域)は、2016年9月26日～10月20日頃の活動域(青)のすぐ東側に分布する。深さは、9月26日～10月20日頃の活動域(青)より浅い。

・主な活動域から北東へ伸びる活動域は、北東側へ傾斜しているように見える。北東端での深さは2015年10月から2016年8月にかけての活動域(黒、桃、緑)とほぼ同じである。

領域b内の震央分布図(M \geq 0.7)
2015年10月1日～2016年10月21日15時^注



領域c内の断面図(C-D投影)



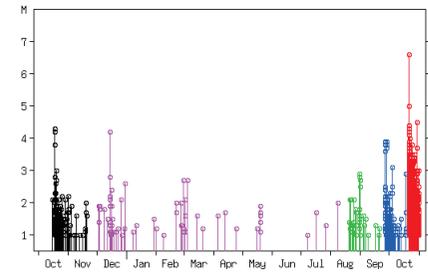
注) 10月31日までの震源を全てプロットすると、今回の活動分布の広がりの影響で、過去の活動分布が見えなくなるため、表示期間はM6.6発生直後の10/21 15時までとしている。なお、右側に過去の活動分布がわかるように図を掲載している。

2015年10月以降の地震活動の状況

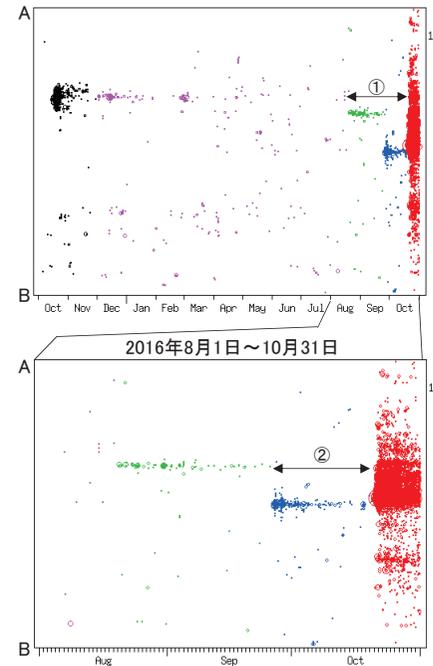
2015年10月1日～2016年10月31日、深さ0～20km

黒: 2015年10月1日～2015年11月30日 桃: 2015年12月1日～2016年8月19日
 緑: 2016年8月20日～2016年9月25日 青: 2016年9月26日～2016年10月20日
 赤: 2016年10月21日～2016年10月31日

領域a内のMT図(M \geq 1.0)



領域a内の時空間分布図(A-B投影)(M全て)



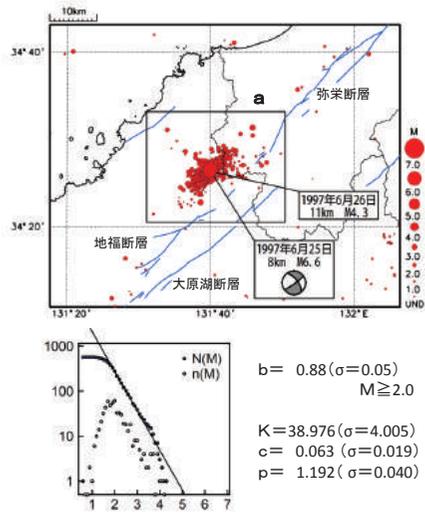
・2016年8月20日から、それまでの活動域(黒・桃)よりやや西側で活動が見られた。この活動(緑)が始まると、それまでの活動域(黒・桃)での活動は見られなくなった(①)。

・2016年9月26日からは、さらに西側(青)で活動が見られた。この活動(青)が始まると、8月20日から見られていた活動(緑)が見られなくなった(②)。

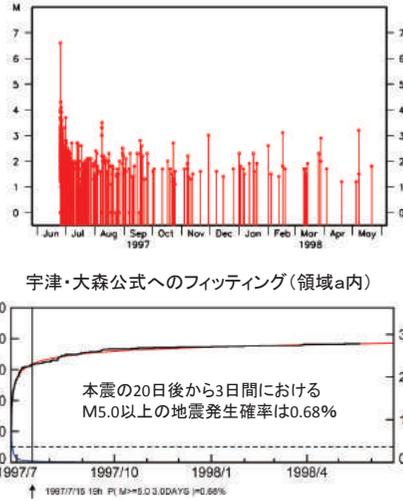
第15図 つづき
Fig.15 Continued.

山陰地方のM6地震(1983年以降)の活動経過

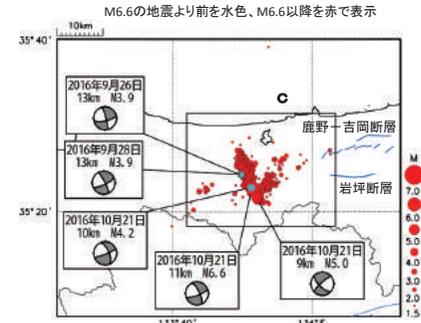
震央分布図(1997年6月~1998年5月、M全て、20km以浅)



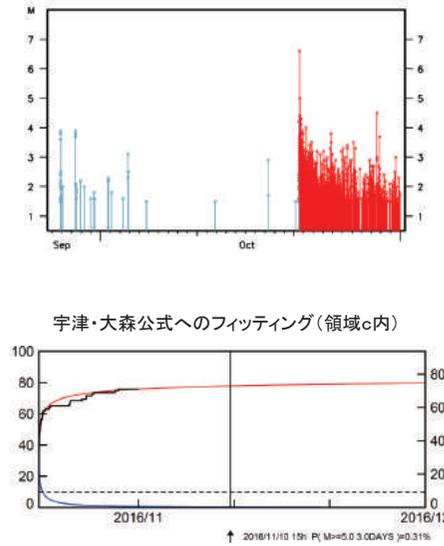
MT図(領域a内)



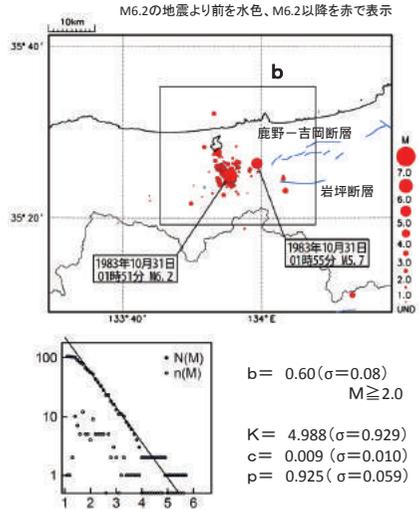
震央分布図(2016年9月26日~10月31日、M≥1.5、20km以浅)



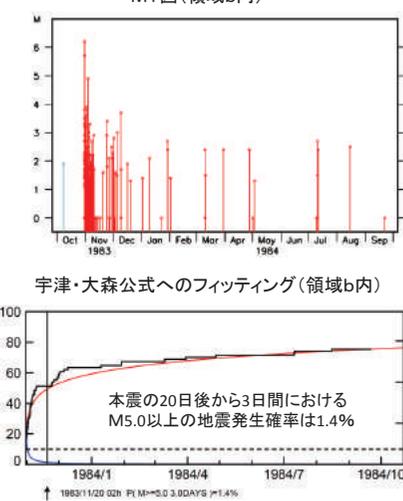
MT図(領域c内)



震央分布図(1983年10月~1984年9月、M全て、20km以浅)



MT図(領域b内)

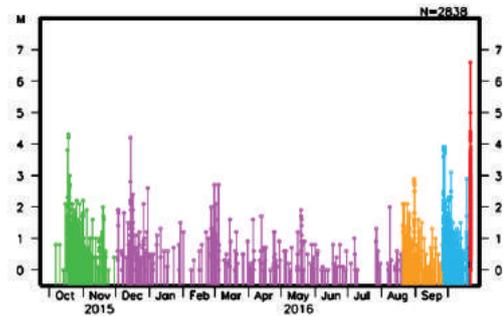
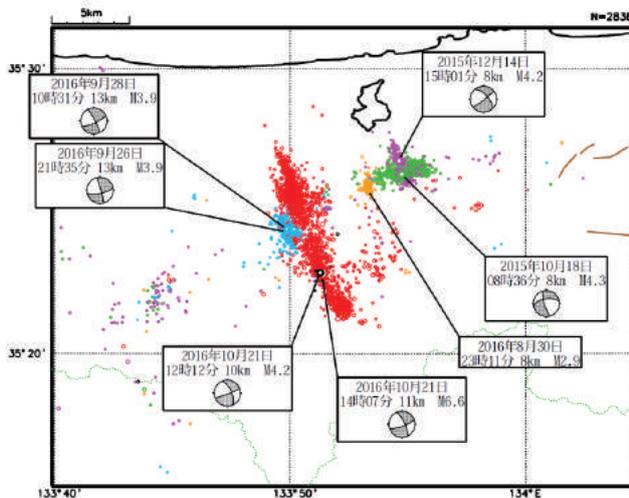


第16図 つづき
Fig.16 Continued.

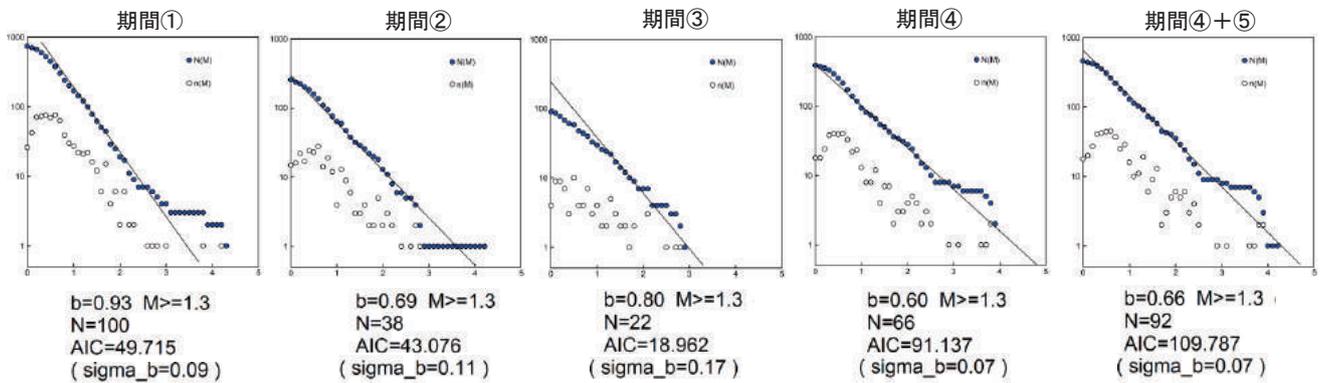
M6.6の地震発生前の地震活動のb値

震央分布図(2015年10月~2016年10月21日、M全て、20km以浅)

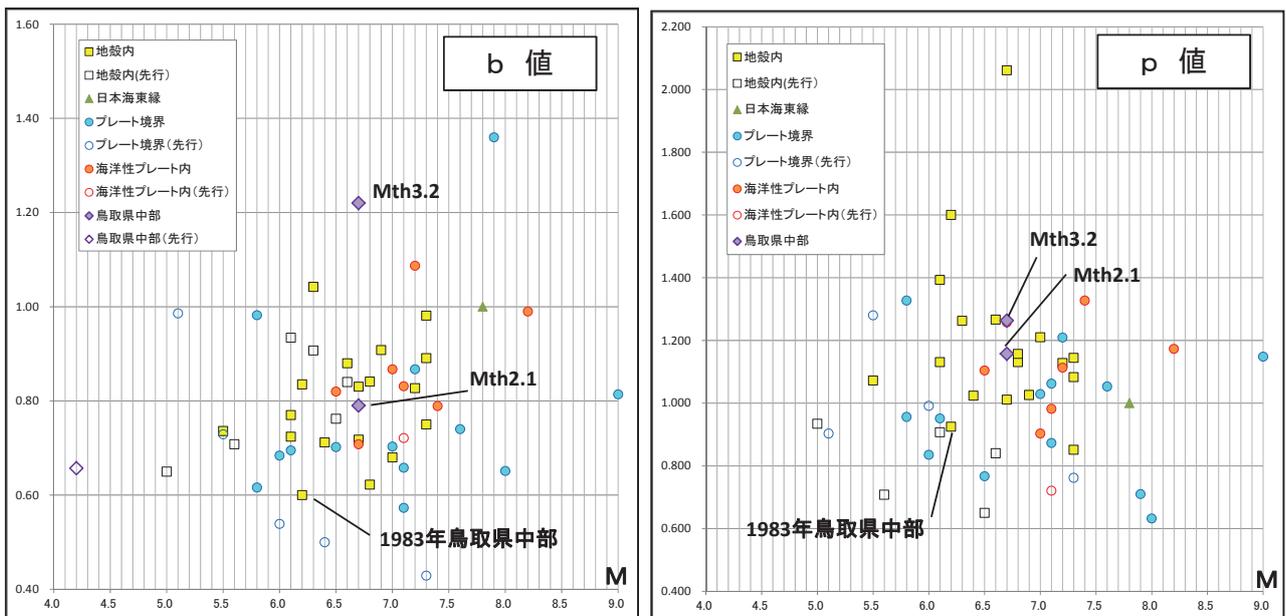
左図のMT図



- ① 緑: 2015年10月1日~11月30日
- ② 桃: 2015年12月1日~2016年8月19日
- ③ 橙: 2016年8月20日~9月25日
- ④ 青: 2016年9月26日~10月21日 11時59分
- ⑤ 黒: 2016年10月21日 12時00分~14時06分
- 赤: 2016年10月21日 14時07分~



1993年以降の主な地震との比較



明田川(2008)及び地震調査委員会(2016)に今回の地震と1983年鳥取県中部の地震のデータを追加

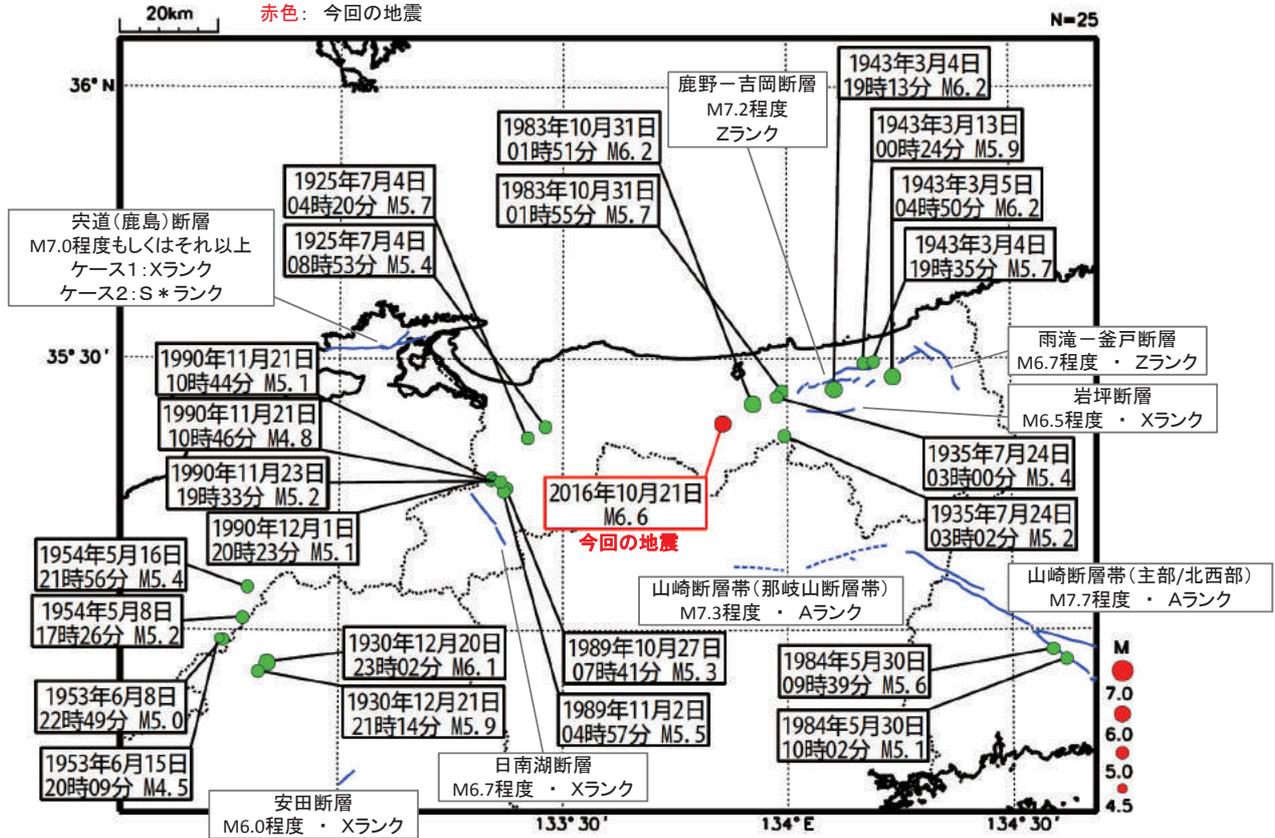
第17図 過去の地震活動におけるb値

Fig.17 The b-value in the past seismic activity.

鳥取県中部の地震（周辺の内陸地殻内の地震の続発事例）

震央分布図(1923年1月1日～2016年10月21日14時30分、M \geq 4.5、30km以浅)

緑色： M5.0以上の地震発生後、近傍で30日以内にMの差が0.5以下の地震(後続の地震のMの方が大きい場合を含む)が発生した事例
赤色： 今回の地震



青線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す。

最初の地震の発生日	最初の地震の震央地名	最初の地震のM(Mf)	後続の地震のM(Mf-M \leq 0.5)	地震間の期間差	前震一本震型	最初の地震と第四紀火山との距離			最初の地震と活断層との距離 【地震調査研究推進本部事務局(2011)で関係が指摘されたもの】	最初の地震と活断層との距離 【10km以内にあるものを抽出】
						20km以内	21~30km	31km以上		
1925/7/4	鳥取県西部	5.7	5.4	4時間		○			-	-
1930/12/20	広島県北部	6.1	5.9	22時間		○			-	-
1935/7/24	鳥取県中部	5.4	5.2	1分		○			-	鹿野一吉岡断層4km 岩坪断層6km
1943/3/4	鳥取県東部	6.2	5.7	21分		○			鹿野一吉岡断層4km	雨滝一釜戸断層3km 岩坪断層10km
			6.2	9時間						
			5.9	8.2日						
1953/6/8	島根県東部	5.0	4.5	6.9日		○			-	-
1954/5/8	島根県東部	5.2	5.4	8.2日	○	○			-	-
1963/3/31	島根県西部	5.1	5.0	2時間		○			-	-
1983/10/31	鳥取県中部	6.2	5.7	3分		○			-	鹿野一吉岡断層10km
1984/5/30	兵庫県南西部	5.6	5.1	23分				42	-	山崎断層帯 主部 北西部 0km
1989/10/27	鳥取県西部	5.3	5.5	5.9日	○	○			-	日南湖断層5km
1990/11/21	鳥取県西部	5.1	4.8	1分	○	○			-	日南湖断層4km
			5.2	2.3日						
			5.1	10.4日						

第18図 過去の地震活動における続発事例

Fig.18 Sequential occurring earthquakes in the past seismic activity.

2016年10月21日 鳥取県中部の地震
 ー 近地強震波形による震源過程解析 (暫定) ー

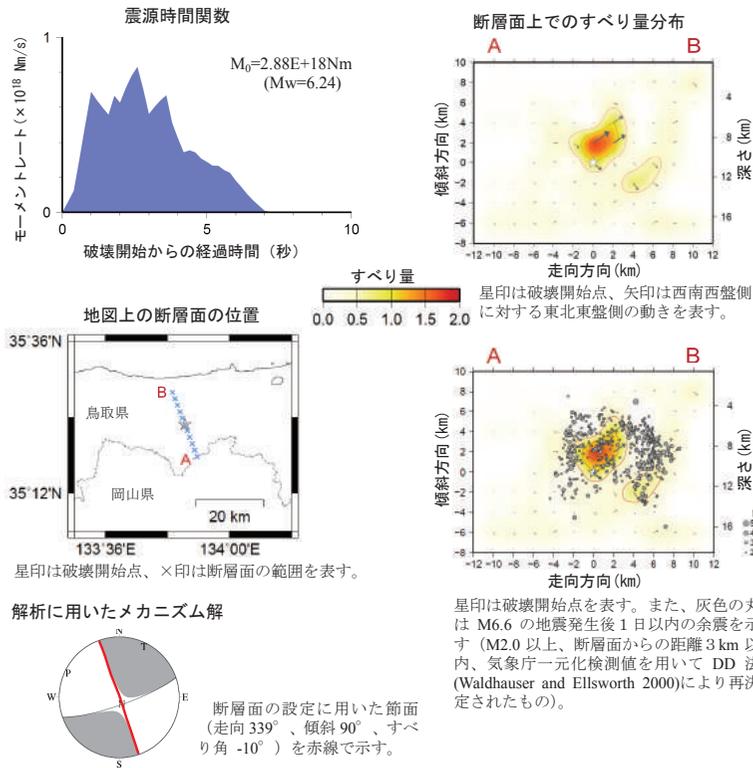
2016年10月21日14時07分(日本時間)に鳥取県中部で発生した地震(M_{JMA}6.6)について、国立研究開発法人防災科学技術研究所の強震観測網(K-NET、KiK-net)及び気象庁震度計の近地強震波形を用いた震源過程解析を行った。

破壊開始点は、気象庁による震源の位置(35° 22.8' N、133° 51.3' E、深さ11km)とした。断層面は、気象庁CMT解の2枚の節面のうち、余震分布に整合的な北北西-南南東走向の節面(走向339°、傾斜90°)を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は2.6km/sとした。理論波形の計算には、Koketsu et al.(2012)の結果を参考に設定した地下構造モデルを用いた。

主な結果は以下のとおり(この結果は暫定であり、今後更新することがある)。

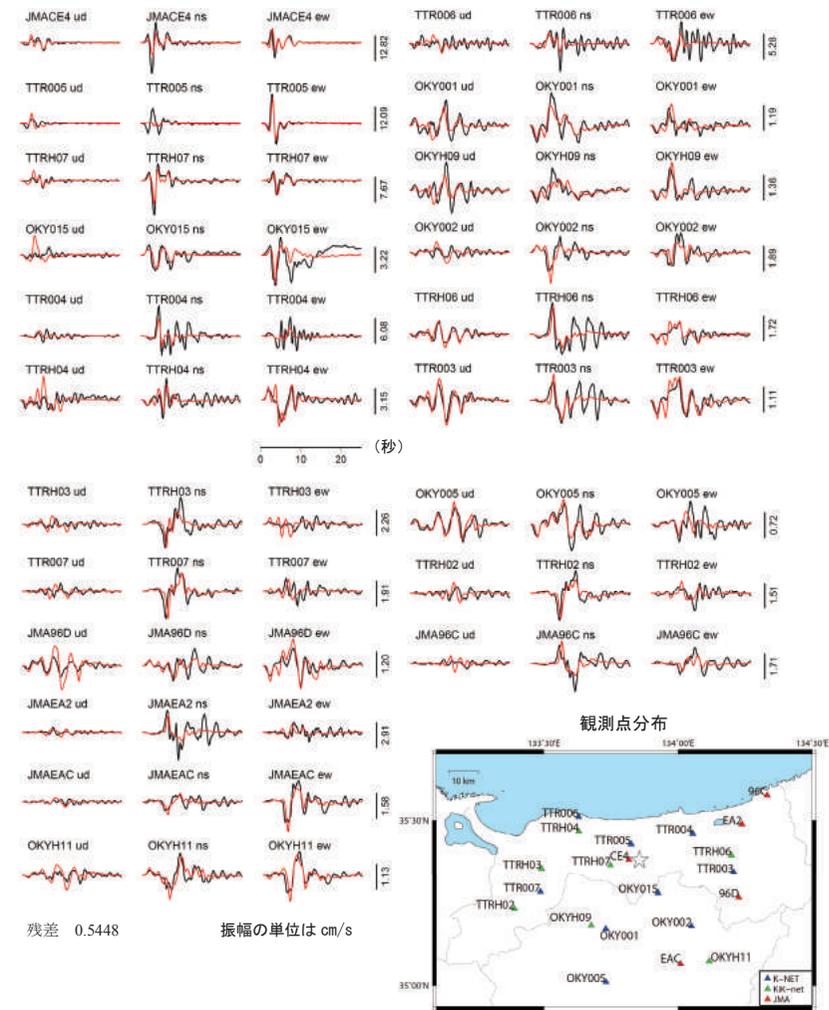
- ・ 主なすべり領域は走向方向に約8km、傾斜方向に約8kmであった。
- ・ 主なすべりは破壊開始点から浅い領域に広がっている。
- ・ 最大すべり量は1.7mであった(周辺の構造から剛性率を31GPaとして計算)。
- ・ 主な破壊継続時間は約7秒であった。
- ・ モーメントマグニチュード(M_w)は6.2であった。

結果の見方は、http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/sourceprocess/about_srcproc.htmlを参照。



第20図 近地強震波形による震源過程解析
 Fig.20 Seismic source process analysis by using strong-motion data.

観測波形(黒: 0.05Hz-0.5Hz)と理論波形(赤)の比較



謝辞 国立研究開発法人防災科学技術研究所の強震観測網(K-NET、KiK-net)を使用しました。

参考文献

- Koketsu, K., H. Miyake and H. Suzuki, Japan Integrated Velocity Structure Model Version 1, paper no. 1773. Paper Presented at the 15th World Conference on Earthquake Engineering, International Association for Earthquake Engineering, Lisbon, 24-28 Sept. 2012.
 Waldhauser, F. and W.L. Ellsworth, A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the northern Hayward fault, Bull. Seismol. Soc. Am., 90, 1353-1368, 2000.

2016年10月21日に発生した鳥取県中部の地震による地殻変動について

－ SAR 干渉解析による地殻変動検出結果 －（暫定）

2016年10月21日14時07分(日本時間)に鳥取県中部で発生した Mj6.6 の地震に伴う地殻変動について、地球観測衛星「だいち2号」のデータを用いた SAR 干渉解析を行った。

解析は、東北東上空(図1)、西北西上空(図2)、西南西上空(図3)、東南東上空(図4)の4方向から観測されたデータについて各々 SAR 干渉解析を行った。さらに、パス128-700と22-2900を組み合わせた2.5次元解析の結果について図5に示す。これによれば、震央の北西側で準東向き、南東側で準西向きの変動が顕著なこと、また、震央の北東及び南西側で準上向き、北西及び南東側で準下向きの変動成分が顕著であることが分かった。なお、図中の星印は震央位置を、震源球は気象庁の CMT 解で求められたセントロイド位置を示す。また、図1-4については、本震以降各観測日までの一元化震源の結果(暫定)を白丸でプロットした。

表1 使用データ

パス	軌道方向	観測方向	データ1	データ2	震央付近で検出された位相変化(最大)
122-730 (図1)	北行	左向き	2015.01.17	2016.10.22	北東側で約4cm短縮, 南東側で約8cm伸張(不鮮明)。
27-2870 (図2)	南行	左向き	2014.12.07	2016.10.23	北西側で約10cm伸張。
128-700 (図3,5)	北行	右向き	2016.05.23	2016.10.24	北西側で約8cm伸張, 南西側で約5cm短縮。
22-2900 (図4,5)	南行	右向き	2016.08.03	2016.10.26	北東側で約4cm短縮, 南東側で約8cm伸張

謝辞

本解析で用いた PALSAR-2 データの一部は、国土地理院が中心となって進めている防災利用実証実験(地震WG)に基づいて観測・提供されたものである。また、一部は PIXEL で共有しているものであり、宇宙航空研究開発機構(JAXA)と東京大学地震研究所との共同研究契約により JAXA から提供されたものである。PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある。なお解析には、防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発された RINC を使用させていただいた。なお、干渉画像の処理過程においては、国土地理院発行の数値地図10mメッシュ(標高)を元にした DEHM を使用し、地図の描画には GMT を用いた。関係者各位には、ここに記してお礼申し上げます。

第21図 だいち2号(ALOS-2)による地殻変動

Fig.21 Synthetic Aperture Rader (SAR) interferogram obtained from ALOS-2 data.

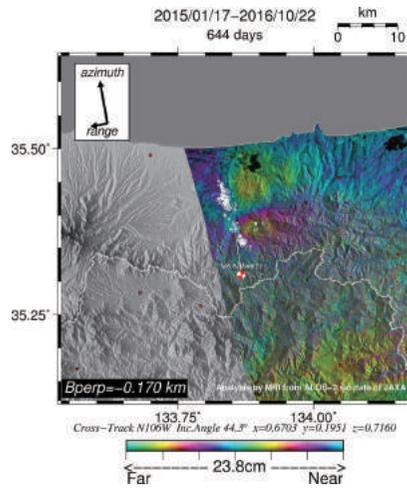


図1 パス 122-730 における SAR 干渉解析結果

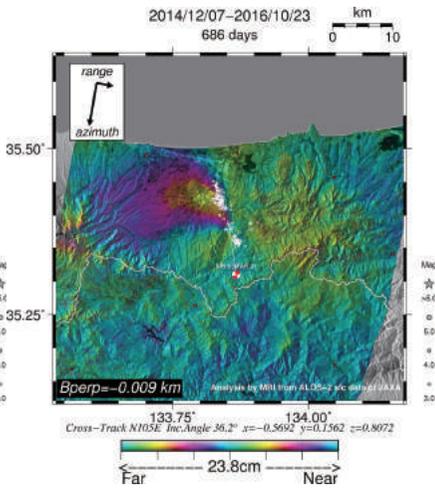


図2 パス 27-2870 における SAR 干渉解析結果

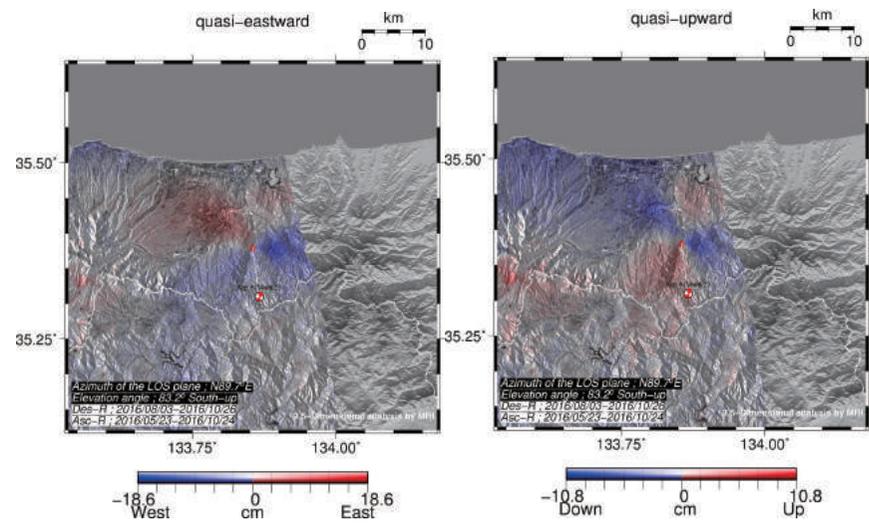


図5 パス 128-700 と 22-2900 の組み合わせによる 2.5次元解析結果 (左: 準東西方向, 右: 準上下方向)

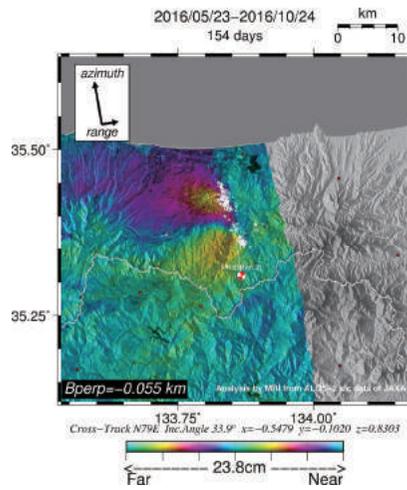


図3 パス 128-700 における SAR 干渉解析結果

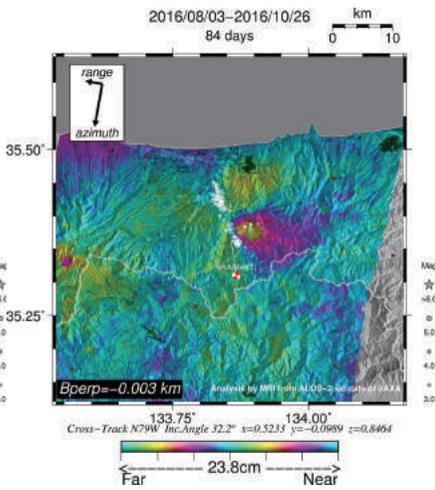
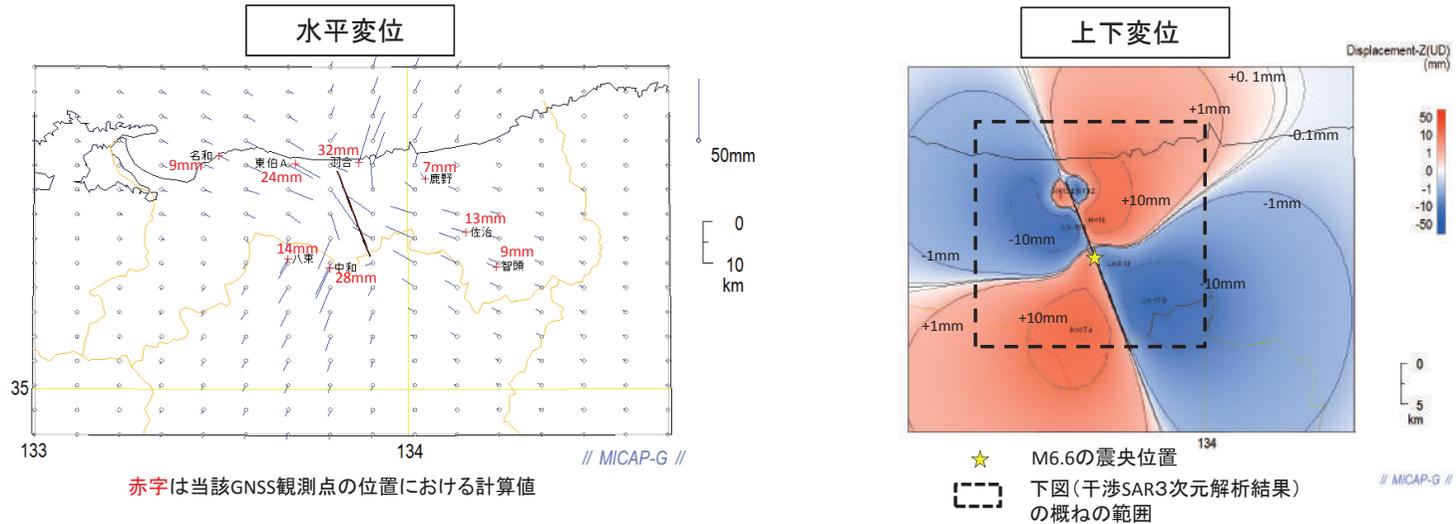


図4 パス 22-2900 における SAR 干渉解析結果

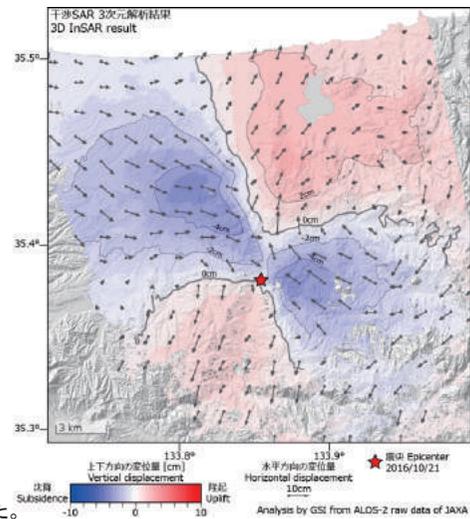
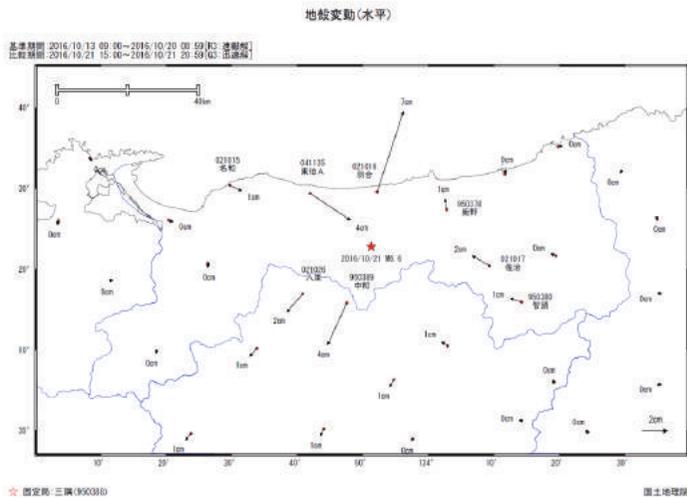
第22図 つづき
Fig.22 Continued.

鳥取県中部の地震(M6.6)の断層モデルから予想される地表面変位

断層パラメータは近地強震波形による震源過程解析の結果(気象庁)を用いた。



赤字は当該GNSS観測点の位置における計算値

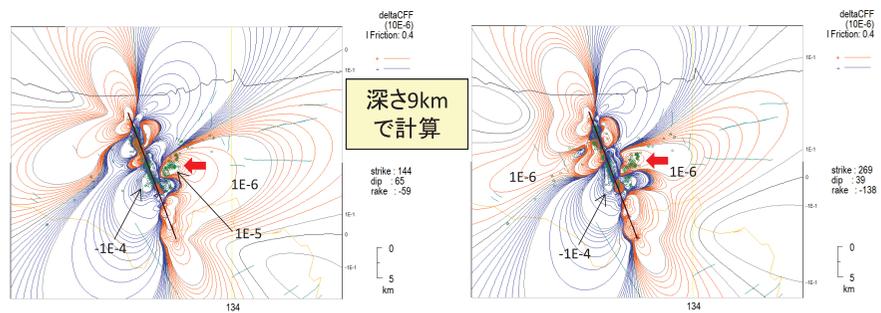
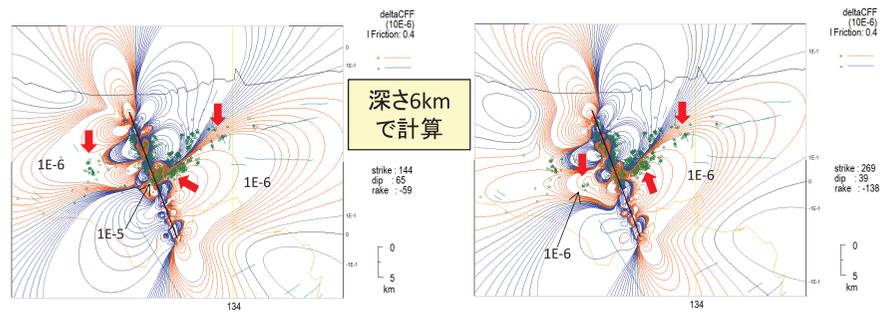
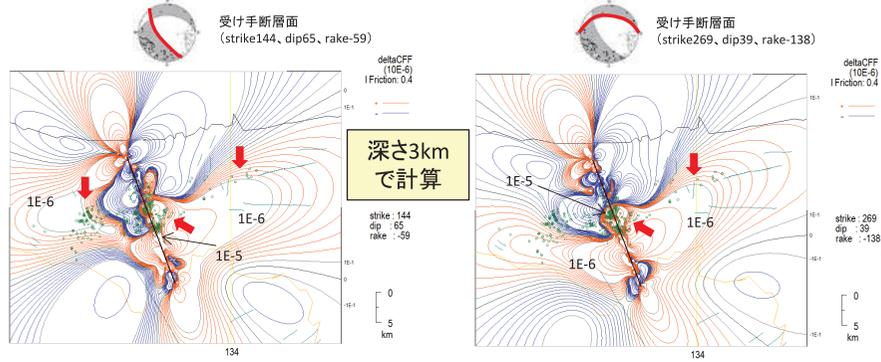


本資料作成には、MICAP-G(内藤・吉川(1999))及び下記の国土地理院HP公表資料を使用させていただきました。
 (水平変動) http://www.gsi.go.jp/chibankansi/chikakukansi_tottori20161021.html (干渉SAR3次元解析) <http://www.gsi.go.jp/cais/topic161027-index.html>

第23図 震源過程解析(気象庁)から得られた地表変位
 Fig.23 Ground displacement estimated from seismic source process model (JMA).

10月21日鳥取県中部の地震(M6.6)による静的応力変化(ΔCFF)

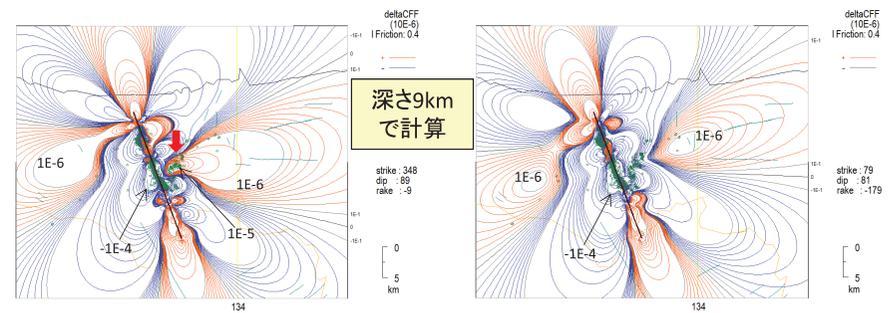
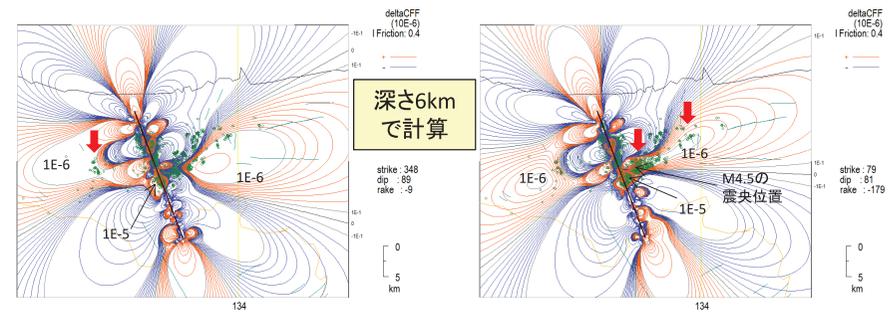
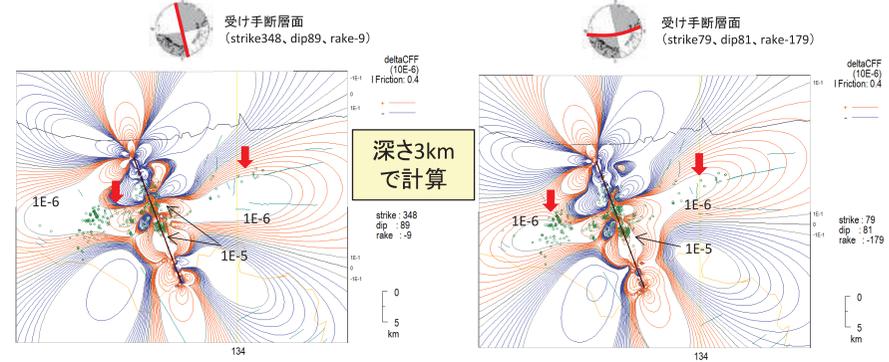
入力断層パラメータは近地強震波形による震源過程解析の結果(気象庁)を用いた。受け手の断層パラメータは、M6.6の東側の活動域内で10月27日03時37分に発生した地震(M3.5、深さ7km)の気象庁初動解の断層面解2面を用いた。また、内部摩擦係数は0.4とし、MICAP-G(内藤・吉川(1999))を使用して計算した。



緑丸はDD法による再決定震源(2016年10月21日14時07分~10月31日、深さは ΔCFF を計算した深さ ± 1.5 kmの範囲)。細線は「新編日本の活断層」による断層トレース。

10月21日鳥取県中部の地震(M6.6)による静的応力変化(ΔCFF)

入力断層パラメータは近地強震波形による震源過程解析の結果(気象庁)を用いた。受け手の断層パラメータは、M6.6の東側の活動域内で10月29日13時43分に発生した地震(M4.5、深さ7km)の気象庁初動解の断層面解2面を用いた。また、内部摩擦係数は0.4とし、MICAP-G(内藤・吉川(1999))を使用して計算した。

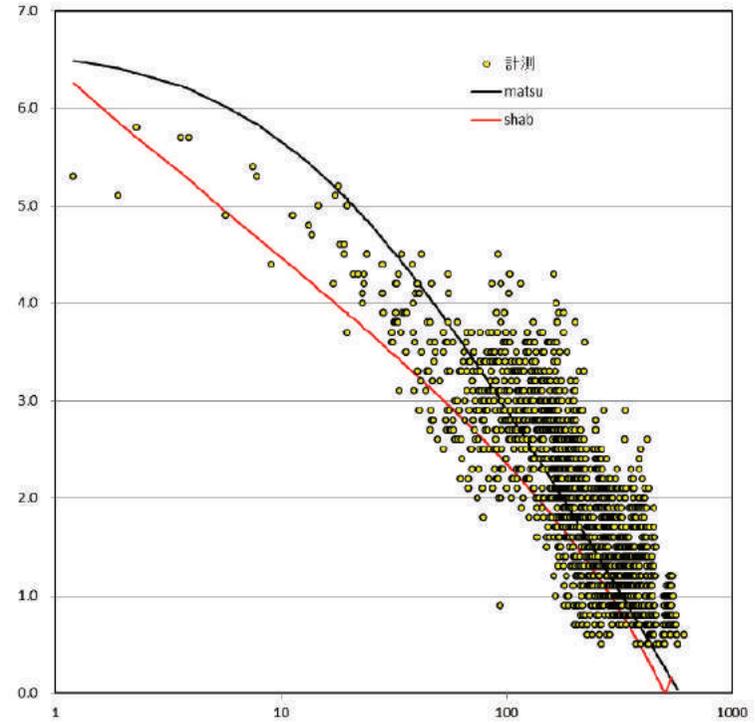
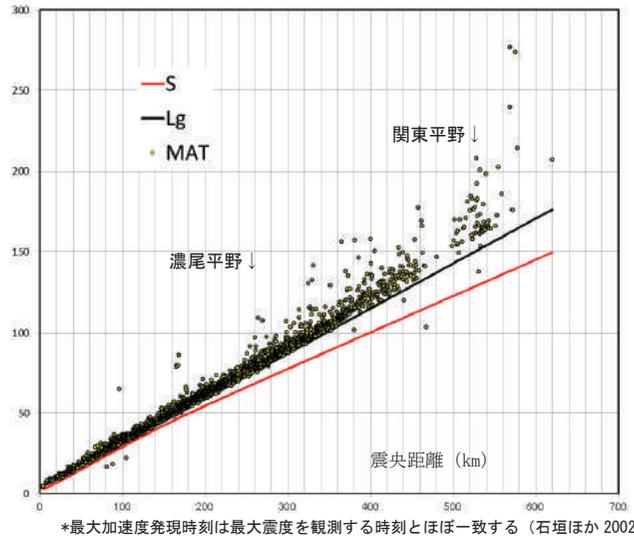


緑丸はDD法による再決定震源(2016年10月21日14時07分~10月31日、深さは ΔCFF を計算した深さ ± 1.5 kmの範囲)。細線は「新編日本の活断層」による断層トレース。

第24図 静的応力変化 (ΔCFF)
Fig.24 Changes in static stress (ΔCFF).

鳥取県中部の地震における最大加速度・震度の観測状況

最大加速度発現時刻 (秒)



断面最短距離 (横軸) と震度 (縦軸) の関係図
 図中の曲線は距離減衰曲線を表す (赤線: Shabestari and Yamazaki (1997)、
 黒線: 松崎ほか (2006))



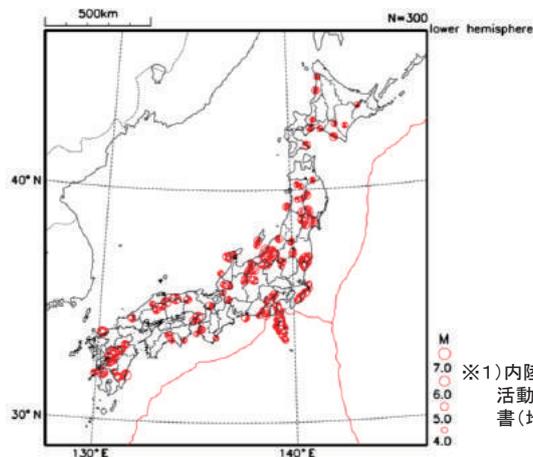
* 標準の距離減衰は、松崎ほか (2006) を使用

第25図 最大加速度と震度の観測状況
 Fig.25 Observation of acceleration peak and seismic intensity.

内陸の浅い地震のMjとMwの関係

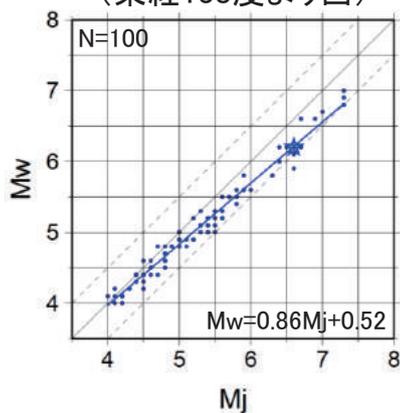
気象庁CMT解の分布図

1994年9月1日～2016年10月21日14時10分、
内陸^{※1)}のセントロイド深さ0～30km、Mw≥4.0

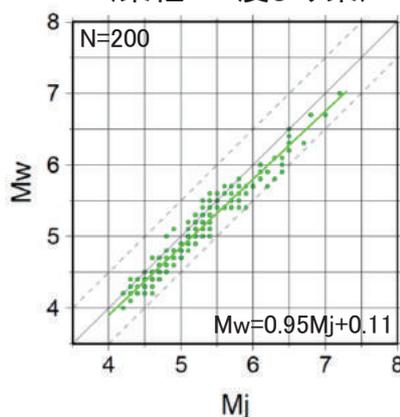


※1) 内陸と定義した領域は、「大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方」報告書(地震調査委員会,2016)の図5と同じ。

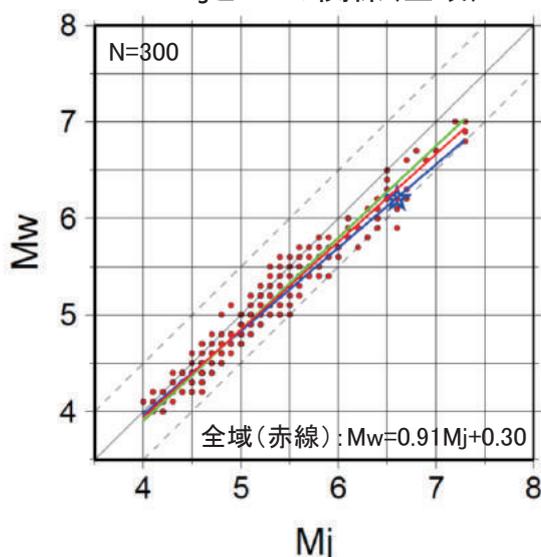
MjとMwの関係 (東経138度より西)



MjとMwの関係 (東経138度より東)



MjとMwの関係(全域)



青星：2016年10月21日鳥取県中部の地震
(Mj6.6、Mw6.2)

丸：内陸の浅い地震のデータ

Mj：気象庁一元化震源

Mw：気象庁CMT解

第26図 気象庁マグニチュード (Mj) とモーメントマグニチュード (Mw) の関係
Fig.26 Relationship between Mj and Mw.