7-2 北陸地方の地殻変動 Crustal Movements in the Hokuriku Districts

国土地理院 Geographical Survey Institute

第1図~第73図は,平成16年(2004年)新潟県中越地震(2004年10月23日発生,Mj=6.8)関連の 資料を中心とした北陸地方の地殻変動である。

第1~10 図は,新潟県中越地震震源域周辺の観測点における GPS 連続観測結果のうち最終解・速報 解による長期間のものである。固定点として,青森県の岩崎観測点を用いた。第11~21 図は,同じ 時系列グラフのうち地震の直前・直後を拡大したものであるが,地震前に地殻変動の傾向が変わった ように見える点は特にない。

新潟県中越地震は、大きめの余震が多発したため、余震に伴う変動が観測されている。第21~30 図は本震発生前約2週間から発生後約1週間の迅速解による GPS 連続観測結果である。第24図右の守 門観測点の時系列に、10月27日の余震 (Mj = 6.1) に伴う隆起の変動が確認できる

さらに余震と余効変動を確認するため,第31~38 図に地震後の約3週間の GPS 観測結果を示した。 第33 図の新潟大和の東西成分にわずかに本震後の余効変動とも思える変化があるが,他の基線には明 瞭な余効変動が見られるものはない。10月27日,11月8日の余震に伴う変動が栃尾,守門観測点関 連の基線に見られる。

第 39 ~ 43 図は長期的なトレンド変化を確認するため,最終解による GPS 連続観測からトレンドと 年周・半年周変動除いた時系列グラフである。柏崎観測点から栃尾・守門・小千谷・新潟大和観測点 を結んだ基線を見ている。守門観測点に見られる 2003 年 1 月の飛びは観測点の設置環境の擾乱による 異常と考えられる。それ以外には,変動の傾向に変化は特に見あたらない。

第44,45 図は,GEONET 観測による新潟県中越地震本震に伴う地殻変動ベクトル図である。第44 図が水平変動ベクトル,第45 図が上下変動図である。守門観測点で西北西向きに約21cmの水平変動,約6 cmの沈降,小千谷観測点で西南西向きに約8 cmの変動,約27 cmの隆起が観測されている。第 46,47 図は,10月27日の余震に伴う地殻変動ベクトル図である。第46 図が水平変動ベクトル,第47 図が上下変動図である。守門観測点で約3 cmの隆起が見られる。

第48,49 図は本震に伴う地殻水平変動および上下変動とそれから推定した断層モデルである。西下 がりの断層面を持つ逆断層が推定される。小千谷観測点の大きな隆起と西向きの変動が西下がり高角 の断層モデルを推定する上で重要である。第50,51 図は10月27日の余震に伴う地殻変動と推定され た断層モデル,第52,53 図は11月8日の余震に伴う地殻変動と推定された断層モデルである。第54 図は推定された3つの断層配置のイメージ図である。

第55 図は30 秒データで解析した本震直前・直後の小千谷および守門観測点の変動である。新潟下 田を固定点とした解析結果であるが本震時の変動が大きく,その後,余効的な変位が指数関数的に減 衰しながら続いているように見えるが,それ以降はほとんど変化が見られない。第56,57 図は30 秒 値による解析結果から作成した水平変動ベクトルである。第56 図ページ右図は最大余震に伴う変動で あるが,本震に伴う変動と同じパターンであるように見える。

第58図は、矢吹&松浦(1992)の方法で求めた断層面状でのすべり分布である。第59図に示すように、

モデルによる観測値のフィッティングは良好である。図中の説明を参照されたい。

第60,61 図は,GPS 連続観測データから求めた北陸地方を中心とした中部日本における水平歪図で ある。第60 図は過去の三角測量による水平歪図と比較するために三角形を組んでそれぞれの領域の歪 みを示した。第61 図は東海スロースリップの始まる前の全国の歪みの状況と最近までの北陸地方中心 における歪みの状況である。いわゆる新潟・神戸構造帯における西北西 – 東南東圧縮の歪みが明瞭に 見られる。第62 ~ 66 図は、測地測量データから求めた歪図である。第62,63 図は、過去約 100 年と、 1970 年代から 80 年代の 10 年間の全国の地殻水平歪みである。新潟地震等の影響も含まれるため、100 年では新潟平野周辺に南北の伸びが目立つが、北陸地方の東西圧縮の傾向は見て取れる。第64 図は、 糸魚川 – 静岡構造線周辺の約 90 年間の水平歪みで、信濃川に沿った圧縮歪みの集中帯が見える。

第65,66 図は,1980 年代後半の精密測地網一次基準点測量第2回目と,70 年代から80 年代にかけ ての第1回目,および明治の測量との比較による地殻水平歪みである。今回の震源域である中越地方 を含んでいる。一次網2回目と1回目の間では,長岡周辺では東西圧縮より南北伸張が目立つが,100 年間では中越地域全体で東西圧縮が確認できる。

第67~72 図は、中越地域周辺で最近行われた水準測量の結果である。第67,68 図の柏崎市~下田 村間の上下変動では、1983 年から1999 年の間では長岡が沈降している。長期的に見ると長岡沈降の傾 向があるようである。第69,70 図は、長岡市~松本市間の上下変動である。小千谷、十日町と比較す ると、一番新しい観測が2001 年で、その前回が1984 年であるが、長野県の飯山、中野側がやや沈降 と見えるデータである。第70,72 図は長岡市~高崎市間の上下変動である。小千谷から今回の震源域 を横切り川口、堀之内と進む路線であるが、2001 年とその前回 1993 年、前々回 1984 年、更にそれ以 前を見ても、その部分での顕著な上下変動は確認できない。

第73 図は有峰湖地区で行っている跡津川断層をはさんだ光波測距儀による繰り返しの辺長測量結果 である。左横ずれの変動が継続していることが見られる。



新潟中越地震 GPS連続観測基線図(長期:F2+R2)

第1図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生前後の中越地方周辺における GPS 連続観測結果(配点図)

Fig.1 F2 and R2 solution results of Continuous GPS Measurements around the Chuetsu region (site map).



●---[F2:最終解] O---[R2:速報解]

- 第2図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生前後の中越地方周辺における GPS連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
- Fig.2 Long term time series of F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region (three component referred to Iwasaki).



- 第3図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生前後の中越地方周辺における GPS連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
- Fig.3 Long term time series of F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region (three component referred to Iwasaki).



- 第4図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生前後の中越地方周辺における GPS連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
 - Fig.4 Long term time series of F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region (three component referred to Iwasaki).



- 第5図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生前後の中越地方周辺における GPS連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
- Fig.5 Long term time series of F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region (three component referred to Iwasaki).



- 第6図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生前後の中越地方周辺における GPS連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
 - Fig.6 Long term time series of F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region (three component referred to Iwasaki).



- 第7図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生前後の中越地方周辺における GPS連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
- Fig.7 Long term time series of F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region (three component referred to Iwasaki).



- 第8回 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生前後の中越地方周辺における GPS連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
 - Fig.8 Long term time series of F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region (three component referred to Iwasaki).



- 第9図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生前後の中越地方周辺における GPS連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
- Fig.9 Long term time series of F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region (three component referred to Iwasaki).



- 第10回 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生前後の中越地方周辺における GPS 連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
 - Fig.10 Long term time series of F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region (three component referred to Iwasaki).



新潟中越地震 GPS連続観測基線図(長期:F2+R2)

- 第11 図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺に おける GPS 連続観測結果(配点図)
- Fig.11 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(site map)



- 第12図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺に おける GPS 連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
 - Fig.12 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)



- 第13 図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺に おける GPS 連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
- Fig.13 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)

(5) 岩崎	(950154) →≒	F門 (960	568) 東	西		:	基準値	: -787	08.121m	(m)	(6) 岩	崎 (9501	154)→業	f渴大和	(950242)	東西			基準値:	-8630	J3.
			2004/	10/23	W6 8					0.080					2004/	10/23 M	6.8				
			2001/	10/201						0.060					2001/	0,20 m	1				
					·····+					0.040				• 0	0 0	5				-	
										0.020	ļ	•					-				
• •	• • •	• •	• •	• •	• •	-		_		0.000		_	-	-			-	-		+	
										-0.020							, v				
										-0.040										-	
						0 0	0 0	0 0	9 0	-0.060						-	+		9 0	d	
										-0.080	L						-				
(5) 石呵	(950154) → -	FFJ (900)	(80C	176			5年1世:	-3010	29.400m	(m) 0. 080	(0) 7E	mat (920)	154)→π	「海人和	(950242)	判 北		a 0	9 0	0 0	۶I
						-	1			0.060							0			-	
							-			0.040	1						1			-	
						oo	¢	- <u>v</u> o	a 0	0. 020											
• •	• • •	• •	° °	0 0	• •					0,000		••	•••	•	0 0	0 0	0				-
							1			-0.020	1						1		-	1	
										-0.040											
										-0.060										-	
/11 12	15	17	10	01	22	05	07	20	21	-0.080	0/11	10	15	17	10	01	0.0	05	07	20	
(5) 岩崎	(950154)→둑	F門 (960)	568) 比	;高			基述	≛値:1	74. 311m	(m) 0. 080	(6) 岩	崎 (9501	154)→業	i潟大和	(950242)	比高			基準	值:12	2
ļ										0,060	ļ										
										0.040	ļ										
										0.020	ļ										
	· .	• •		<u> </u>						0.000				• •			0				
				-						-0.020											
•••									o 0	-0.040	ļ						0		a o	<u>a</u> o	
•										-0.060	ļ										
•							-														
•						<u> </u>	7			-0.080											

- 第14図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺に おける GPS 連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
- Fig.14 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)



- 第15図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺に おける GPS 連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
- Fig.15 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)



- 第16図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺に おける GPS 連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
- Fig.16 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)



第17図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺に おける GPS 連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)

Fig.17 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)



- 第18 図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺に おける GPS 連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
- Fig.18 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)



第19図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺に おける GPS 連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)

Fig.19 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)



- 第20図 速報解および最終解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺に おける GPS 連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
- Fig.20 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)



- 第21図 迅速解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺におけるGPS連続観測結果(配点図)
 - Fig.21 Q2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(site map)



- 第22図 迅速解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺における GPS 連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
 - Fig.22 Q2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)



第23図 迅速解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺におけるGPS連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)

Fig.23 Q2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)



●---[Q2:迅速解]

- 第24図 迅速解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺における GPS 連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
 - Fig.24 Q2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)



第25図 迅速解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺におけるGPS連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)

Fig.25 Q2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)



●---[Q2:迅速解]

- 第26図 迅速解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺におけるGPS連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
 - Fig.26 Q2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)

第 27 図 迅速解による平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺における GPS 連 続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)

Fig.27 Q2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)

^{●---[}Q2:迅速解]

- 第28図 迅速解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺における GPS 連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
 - Fig.28 Q2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)

第29図 迅速解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺におけるGPS連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)

Fig.29 Q2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)

- 第30図 迅速解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺におけるGPS連続観測結果(固定点岩崎に対する三成分)
- Fig.30 Q2 solution results of continuous GPS measurements around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component referred to Iwasaki)

新潟県中越地震 GPS連続観測基線図

Fig.31 Time series Q2 solution results of continuous GPS measurements of the baselines around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(baseline map)

GPS 連続観測結果(基線長および三成分) Fig.32 Time series Q2 solution results of continuous GPS measurements of the baselines around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component and baseline length)

- 第33図 迅速解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺の基線における GPS 連続観測結果(基線長および三成分)
 - Fig.33 Time series Q2 solution results of continuous GPS measurements of the baselines around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component and baseline length)

GPS 連続観測結果(基線長および三成分) Fig.34 Time series Q2 solution results of continuous GPS measurements of the baselines around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component and baseline length)

GPS 連続観測結果(基線長および三成分) Fig.35 Time series Q2 solution results of continuous GPS measurements of the baselines around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component and baseline length)

- 第36図 迅速解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺の基線における GPS 連続観測結果(基線長および三成分)
- Fig.36 Time series Q2 solution results of continuous GPS measurements of the baselines around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component and baseline length)

- 第37図 迅速解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺の基線における GPS 連続観測結果(基線長および三成分)
 - Fig.37 Time series Q2 solution results of continuous GPS measurements of the baselines around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component and baseline length)

- 100 I/ 10/ 2 F 20								
(13) 出雲崎(960566))→小千谷(950240) 斜	距離					基準値:2	5980.
	2004/10/27 M6.1					200	4/11/08 M5.9	
			**********		********	*********	*****	
10/25	27	29	31 11/01	03	05	07	09	
(13) 出雲崎(960566))→小千谷(950240) 東	西					基準値:	7350
	***********	**********	*******	*********	********	*******	*****	
					1			
		•••••••••••••						
10/25	27	29	31 11/01	03	05	07	09	
10/25 (13) 出雲崎 (960566)	27)→小千谷(950240) 南	29 22	31 11/01	03	05	07	09 基準値:-24	4919.
10/25 (13) 出雲崎 (960566)	27 27)→小千谷(950240) 南	29 22 *********************************	31 11/01	03	05	07	09 基準値:-24	4919
10/25 (13) 出雲崎 (960566)	27 27)→小千谷 (950240) 南	29 28 12 12 u *** * * * * * * * * *	31 11/01	03	05	07	09 基準値:-2:	4919
10/25 (13) 出雲崎 (960566)	27 27)→小千谷(950240) 南	29 #L	31 11/01	03	05	07	09 基準値:-2/	4919.
10/25 (13) 出雲崎 (960566) **• 10/25	27)→小千谷(950240) 南 -************************************	29 24 **********************************	31 11/01	03	05	07 07	09 基準値:-2- 	4919
10/25 (13) 出雲崎 (960566) 10/25 (13) 出雲崎 (960566)	27)→小千谷(950240) 南 27 27)→小千谷(950240) 比	29 北 	31 11/01 ************************************	03	05	07 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	09 基準値:-2 ,************************************	4919. ••• : 21.
10/25 (13) 出雲崎 (960566) **• 10/25 (13) 出雲崎 (960566)	27 →小千谷(950240) 南 	29 北 	31 11/01	03	05	07 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	09 基準値:-2- 	4919.
10/25 (13) 出雲崎 (960566) •••• 10/25 (13) 出雲崎 (960566)	27 27)→小千谷 (950240) 南 27 27)→小千谷 (950240) 比	29 北 ***********************************	31 11/01	03	05	07	09 基準値:-2 09 09 基準値	4919.
10/25 (13) 出雲崎 (960566) 10/25 (13) 出雲崎 (960566)	27)→小千谷(950240) 南 27)→小千谷(950240) 比 0→小千谷(950240) 比	29 22 22 29 29 8 	31 11/01	03	05	07 07	09 基準値:-2 09 基準値 基準値	4919. ••• : 21.
10/25 (13) 出雲崎 (960566) 10/25 (13) 出雲崎 (960566)	27)→小千谷(950240) 南 27 27)→小千谷(950240) 比	29 # 29 # 29 29 29 8 ••••••••••••••••••••••••••••••••••	31 11/01 	03	05 ************************************	07 ************************************	09 基準値:-2 09 09 基準値	4919. : 21.
10/25 (13) 出雲崎(960566) 10/25 (13) 出雲崎(960566)	27)→小千谷 (950240) 南 27 27 27)→小千谷 (950240) 比	29 24 29 29 29 29 8	31 11/01 	03	05 05	07 07 07	09 基準値:-2 09 09 基準値 •••••••••••••••••••••••••••••••••••	4919. : 21.

●---[Q2:迅速解]

- 第38図 迅速解による平成16年(2004年)新潟県中越地震発生直前直後の中越地方周辺の基線における GPS 連続観測結果(基線長および三成分)
- Fig.38 Time series Q2 solution results of continuous GPS measurements of the baselines around the Chuetsu region just before and after the Chuetsu Earthquake (October 23, 2004)(three component and baseline length)

新潟県中越地震1 GPS連続観測基線図

- 第 39 図 中越地震震源域周辺の 4 観測点における GPS 連続観測結果(柏崎 1 測点に対する変動/トレンド および年周半年周除去時系列)(基線図)
- Fig.39 Results of Continuous GPS Measurements at four sites around the seismogenic fault of Chuetsu earthquake (Referred to Kashiwazaki-1, detrended data time series)(baseline map)

第40図 中越地震震源域周辺の4観測点における GPS 連続観測結果(柏崎1測点に対する変動/トレンド および年周半年周除去時系列)(基線図)

Fig.40 Results of Continuous GPS Measurements at four sites around the seismogenic fault of Chuetsu earthquake (Referred toKashiwazaki-1, detrended data time series)(three component and baseline length)

- 第41 図 中越地震震源域周辺の4 観測点における GPS 連続観測結果(柏崎1測点に対する変動/トレンド および年周半年周除去時系列)(基線図)
 - Fig.41 Results of Continuous GPS Measurements at four sites around the seismogenic fault of Chuetsu earthquake (Referred to Kashiwazaki-1, detrended data time series)(three component and baseline length)

第42 図 中越地震震源域周辺の4 観測点における GPS 連続観測結果(柏崎1測点に対する変動/トレンド および年周半年周除去時系列)(基線図)

Fig.42 Results of Continuous GPS Measurements at four sites around the seismogenic fault of Chuetsu earthquake (Referred to Kashiwazaki-1, detrended data time series)(three component and baseline length)

- 第43 図 中越地震震源域周辺の4 観測点における GPS 連続観測結果(柏崎1測点に対する変動/トレンド および年周半年周除去時系列)(基線図)
 - Fig.43 Results of Continuous GPS Measurements at four sites around the seismogenic fault of Chuetsu earthquake (Referred to Kashiwazaki-1, detrended data time series)(three component and baseline length)

第44 図 平成 16 年 (2004 年) 新潟県中越地震 (2004 年 10 月 23 日, M=6.8) に伴う地殻水平変動 Fig.44 Co-seismic Horizontal Crustal Deformation by Chuetsu Earthquake (October 23, 2004, M=6.8)

第45図 平成16年(2004年)新潟県中越地震(2004年10月23日, M=6.8)に伴う地殻上下変動 Fig.45 Co-seismic Vertical Crustal Deformation by Chuetsu Earthquake (October 23, 2004, M=6.8)

- 1016年(2004年)新潟県中越地震 変動ベクトル図(水平) *攀*期間:2004/10/26-2004/10/26[R2:速報解]

第46図 平成16年(2004年)新潟県中越地震の余震(2004年10月27日, M=6.1)に伴う地殻水平変動 Fig.46 Co-seismic Horizontal Crustal Deformation by the aftershock of Chuetsu Earthquake (October 27, 2004, M=6.1)

平成16年(2004年)新潟県中越地震 変動ベクトル図(上下)

基準期間:2004/10/26-2004/10/26[R2:速報解] 比較期間:2004/10/28-2004/10/31[R2:速報解] 面 /黒川/ 38° 0′ 1.4 d d 鹿瀬 福島 新潟加茂 山者 北墙原 諸苗代 新潟学 福島東和 新潟下田 37° 30' **†** 金山 会津高田 福島郡山3 福島郡山2 昭和 濇 小千谷★ 2004/10/23 M6 ी राष्ट्र 只見 福島長沼 ★ 2004/10/27 M6.1 8 福島南郷 ★ 高柳 利川 新潟大和 湯之谷 ┃ 古殿 那須2 白河 舘岩 松之山。 ▲ 檜枝岐 糸魚川1 37° 0′ / 棚倉 ▲ 余魚川2 那須 以材 入善 Ī 宇奈月 栗山 長野栄 大田原 矢祭 水- 2 t 水上 【 塩谷 大子 片品 里美 t ۵ 新治 **‡** 日光 烏山 1 ĘŦ 美和 ∿2cr 苴洼 群馬利 中之条 宇都宮 40 30 138° 30 140 30 139 137 0 138 40

[☆]固定局 : 岩崎(950154)

Fig.48 Fault model for Chuetsu earthquake (mainshock) estimated by crustal deformation by GEONET

2004年10月23日 新潟県中越地震に伴う断層モデル(上下)

第 49 図 新潟県中越地震(本震)の GEONET 地殻変動データによる断層モデル Fig.49 Fault model for Chuetsu earthquake (mainshock) estimated by crustal deformation by GEONET

余憲 (2004/10/27) Lat=37.27 Lon=138.96 L=9.6km W=4.2km D=9.8km Strike=24deg Dip=34deg Rake=81deg Slip=0.52m Open=0.0m 本憲 (2004/10/23) Lat=37.40 Lon=138.96 L=20.8km W=10.2km D=2.8km Strike=210deg Dip=53deg Rake=92deg Slip=0.00m Open=0.0m

第 50 図 新潟県中越地震の余震(10月 27日)の GEONET 地殻変動データによる断層モデル Fig.50 Fault model estimated for the aftershock (October 27) of Chuetsu earthquake by crustal deformation by GEONET

余震 (2004/10/2/) Lat=37.27 Lon=138.96 L=9.6km W=4.2km D=9.8km Strike=24deg Dip=34deg Rake=81deg Slip=0.52m Open=0.0m 本震 (2004/10/23) Lat=37.40 Lon=138.96 L=20.8km W=10.2km D=2.8km Strike=210deg Dip=53deg Rake=92deg Slip=0.00m Open=0.0m

第51図 新潟県中越地震の余震(10月27日)のGEONET地殻変動データによる断層モデル Fig.51 Fault model estimated for the aftershock (October 27) of Chuetsu earthquake by crustal deformation by GEONET

余震 (2004/11/08) Lat=37.42 Lon=139.00 L=9.1km W=4.6km D=3.3km Strike=209deg Dip=39deg Rake=102deg Slip=0.27m Open=0.0m 本震 (2004/10/23) Lat=37.40 Lon=138.96 L=20.8km W=10.2km D=2.8km Strike=210deg Dip=53deg Rake=92deg Slip=0.00m Open=0.0m

第 52 図 新潟県中越地震の余震(11 月 8 日)の GEONET 地殻変動データによる断層モデル Fig.52 Fault model estimated for the aftershock(November 8) of Chuetsu earthquake by crustal deformation by GEONET

余震 (2004/11/08) Lat=37.42 Lon=139.00 L=9.1km W=4.6km D=3.3km Strike=209deg Dip=39deg Rake=102deg Slip=0.27m Open=0.0m 本震 (2004/10/23) Lat=37.40 Lon=138.96 L=20.8km W=10.2km D=2.8km Strike=210deg Dip=53deg Rake=92deg Slip=0.00m Open=0.0m

第53図 新潟県中越地震の余震(11月8日)の GEONET 地殻変動データによる断層モデル

Fig.53 Fault model estimated for the aftershock(November 8) of Chuetsu earthquake by crustal deformation by GEONET

断層モデルの概念図

	緯度	経度	長さ	幅	深さ	走向角度	傾斜角度	すべり角度	すべり量	マク゛ニチュート゛
本震	Lat=37.40	Lon=138.96	L=20.6km	W=10.2km	D= 2.8km	Strike=210deg	Dip=53deg	Rake=92deg	Slip=1.82m	Mw=6.6
余震 1	Lat=37.27	Lon=138.96	L= 9.6km	W= 4.2km	D= 9.8km	Strike= 24deg	Dip=34deg	Rake=81deg	Slip=0.52m	Mw=5.8
余震 2	Lat=37.42	Lon=139.00	L= 9.1km	W= 4.6km	D= 3.3km	Strike=209deg	Dip=39deg	Rake=102deg	Slip=0.27m	Mw=5.6

第54図 新潟県中越地震本震および余震の断層についての概念図

Fig.54 A perspective picture for the seismic faults of the mainshock and aftershocks of Chuetsu earthquake

30秒値で計算した成分変化グラフ

第 55 図 GEONET30 秒値による新潟県中越地震前後の震央周辺における地殻変動時系列 Fig.55 Time series of 30 seconds epoch crustal deformation on the GEONET sites near the epicenter of Chuetsu earthquake

第56図 GEONET30 秒値による新潟県中越地震の本震時,余震時の変動および余効変動 Fig.56 Co-seismic crustal deformation for the mainshock and aftershocks of Chuetsu earthquake and postseismic crustal deformation by GEONET 30 seconds epoch data.

GEONET30秒値の解析による本震,最大余震および直後の余効変動(2)

震央分布は、各期間の気象庁一元化震源を表示した.

第 57 図 GEONET30 秒値による新潟県中越地震の本震時,余震時の変動および余効変動 Fig.57 Co-seismic crustal deformation for the mainshock and aftershocks of Chuetsu earthquake and post-seismic crustal deformation by GEONET 30 seconds epoch data.

Yabuki & Matsu' ura (1992) の方法で推定した中越地震 (M6.8) のすべり分布

GEONETによって観測された水平・上下変動をデータとし, Yabuki & Matsu' ura(1992)のインヴァージョン手法を 用いて, 断層面上でのすべり分布を推定した結果を図1および図2に示す. 断層面は, 矩形断層モデル(発表済み)を , 上下左右に延長させた長さ30km, 幅24kmの領域を設定した. なお, 断層の上辺は, 地表付近まで到達するように した. 推定されたすべり分布は全体としてなめらかなである. 地震波形から推定されたすべり分布に比べて, 滑ら かであるのは, データが余震等の変動を含んでいるためや, 観測点分布等の影響が考えられる. なお, 気象庁発表 の余震分布とすべり量の大きい領域は, 有意にずれる傾向がある. 図3および図4に示すようにデータのフィッテイ ング具合は良好である.

第58-1図 GEONETデータから推定した新潟中越地震のすべり分布.赤丸は、気象庁による余震分布(10月23日, M≥2). 等値線の間隔は、50cm.

南西俱	IJ	0	4	1	8	12	_1(6	20	24	28	北東側
	0	1				<u> </u>	. 42	45	142.			🖓 Updip
		∂	R	$\overline{\mathbf{x}}$	R	Ŷ	Ŷ	R	5	ŵ	V	5
	-4		Ŷ	P	P	Î	Ĵ	J	5	43	V	L.
	-8	47	仑	P	Ĩ	Î	Ĵ	ſ	5	IJ	Þ	
<i>⊫</i> > 1m	-12	4	Ð	Ŷ	Î	Î	Ĵ	Ĵ	5	Þ	2	- 24
1111	-16	Ç.	7	Ŷ	P	Î	Î	Ŷ		·	4	- 신 -
	~	24	♦	₽	Ş	Ŷ	Ŷ	¢	A	4	4	4
	-20	27	¢	V		Å	\checkmark	4	٩	4	\triangleleft	
	-24		-4	4	-~-							🗜 Downdip

第58-2図 断層面上でのすべり分布.カラースケールは、図1と同じ.すべり量は、断層の中央部深さ6kmの位置 で最大(1.7m)となっている.モーメントマグニチュードは6.7.

第 58-1 ~ 58-2 図 矢吹・松浦の手法により推定した新潟県中越地震の滑り分布 Fig.58-1-Fig.58-2 Slip on the seismic fault of Chuetsu earthquake estimated by Yabuki & Matsu'ura method

第59-1 図 水平変位の観測値(黒矢印)と計算値(白矢印)の比較. 粟島(950231)を固定点とした. 観測値は, 10月 13-22日と10月24-26日の平均値の差をとったもの.

第59-2 図 上下変位の観測値(黒棒)と計算値(白棒)の比較. 粟島(950231)を固定点とした. 観測値は, 10月13-22日 と10月24-26日の平均値の差をとったもの.

第 59-1 ~ 59-2 図 推定された断層モデルによる地殻変動量計算値と観測値の比較 Fig.59-1-Fig.59-2 Comparison of calculated value of crustal deformation from the estimated fault model and observed value

第 60 図 GEONET 観測値による中越地震発生前の日本列島中央部における地殻水平歪み

Fig.60 Horizontal crustal strain by GEONET observation data in the middle part of Japanese islands before the occurrence of Chuetsu earthquake

- 308 -

国土地理院時報 1998 No.89

第62図 測地測量データによる日本列島の 100 年間の地殻水平歪み Fig.62 Horizontal crustal strain of Japanese island for 100 years by geodetric survey data

国土地理院時報 1998 No.89

第63 図 測地測量データによる日本列島の 10 年間の地殻水平歪み Fig.63 Horizontal crustal strain of Japanese islands for 10 years by geodetric survey data

第 64 図 測地測量データによる糸魚川静岡構造線周辺の地殻水平歪み Fig.64 Horizontal crustal strain around Itoigawa-Shizuoka tectonic zone by geodetric survey data

第 65 図 測地測量データによる関東北部・新潟地方の地殻水平歪み Fig.65 Horizontal crustal strain around Northern Kanto and Niigata prefecture by geodetric survey data

<u>柏崎市~下田村間の上下変動(1)</u>

第67図 水準測量による柏崎市~下田村における上下変動

Fig.67 Vertical Crustal Movement between Kashiwazaki city to Shitada village by precise leveling survey

第68図 水準測量による柏崎市~下田村における上下変動

Fig.68 Vertical Crustal Movement between Kashiwazaki city to Shitada village by precise leveling survey

第 69 図 水準測量による長岡市~松本市間における上下変動 Fig.69 Vertical Crustal Movement between Nagaoka city to Matsumoto city by precise leveling survey

_____長 岡 市 ~ 松 本 市 間 の 上 下 変 動 (2)

第70図 水準測量による長岡市〜松本市間における上下変動 Fig.70 Vertical Crustal Movement between Nagaoka city to Matsumoto city by precise leveling survey

第71 図 水準測量による長岡市~高崎市における上下変動 Fig.71 Vertical Crustal Movement between Nagaoka city to Takasaki city by precise leveling survey

第72図 水準測量による長岡市~高崎市における上下変動

Fig.72 Vertical Crustal Movement between Nagaoka city to Takasaki city by precise leveling survey

跡津川(有峰湖地区) 変動地形調査測量結果

測定年月 区間	1995/09	1997/09	1999/09	2001/09	2004/09	
西岸~展望台	m 694.4769	m .4780	.4796	.4798	.4808	
西岸~東岸	1185.409	.4044	.4016	.3988	.3937	
西岸~砥谷	1470.687	.6848	.6836	.6822	.6815	

第73図 跡津川断層有峰湖地区の精密辺長測量結果

Fig.73 Results of repeated precise measurements of distance of baseline cluster in Lake Arimine region of Atotsugawa fault.