9-4 中国・四国地方の地殻変動

Crustal Movements in the Chugoku and Shikoku Districts

国土地理院 Geospatial Information Authority of Japan

[GPS 高度地域基準点測量(繰り返し観測) 四国]

第1~2図は、四国地方の三角点の GPS 繰り返し観測の結果である。北西-南東圧縮が卓越している。明治との比較には、1946年の南海地震時の地殻変動の影響も含まれている。

[GPS 豊後水道のゆっくりすべり]

第3~10 図は,2009 年秋から始まった豊後水道のスロースリップイベントに関する資料である. 第3 図下段の三隅固定の非定常地殻変動水平ベクトル図に示したように,豊後水道周辺において 南東向きの非定常地殻変動が,2010年10月上旬頃までは進行していたが,上段の10月以降は四 国側の変動が収まり,九州側に東南東方向の変動が現れている.

第4~7図は、豊後水道の周りの電子基準点を四国南西部から半時計回りの順番で、基線ベク トル3成分の時系列グラフを並べたもので、左の列が長期、右列が短期の成分変化を示す.四国南 西部の観測点では2009年秋頃から南東向きの非定常地殻変動が始まり2010年2月頃から加速した. 伊方(いかた)、臼杵(うすき)、米水津(よのうづ)等、プレート境界面の深さが深い場所の観測 点では、2010年2月頃から非定常地殻変動が検出された.つまり、当初足摺岬付近で見られた非 定常地殻変動の範囲が、その後北西側に広がった.非定常地殻変動は一部の観測点で2010年6月 頃から変動速度の鈍化傾向が見られる.10月頃からは、四国の観測点ではほぼ収まったように見 えるが、九州側の観測点では変動が継続し、特に(7)大分三重、(8)宇目(うめ)では、10月以降 南方向の変動が加速したようにも見える.なお、3月11日以降については東北地方太平洋沖地震 に伴う変動の影響を受けているため、非定常変動の継続の有無については不明である.

第8図は、地殻変動からプレート間の滑り分布を推定した結果で、2009年10月~2010年1月 頃までは四国南西部に局在していた滑りが、2010年2月以降西側の豊後水道海域、つまりプレー ト境界の深い側に拡大した。2010年10月頃から滑り量は小さくなりながら、2011年1月以降滑 りの中心が九州側に移動した。

第9図の上段の図が今回の累積滑り分布,下段が推定された積算モーメントを示しており,おお まかには,過去の豊後水道 SSE と似ている.詳しく見ると,今回の滑り分布は九州側にも見られ, 積算モーメントはわずかに大きい.なお,積算モーメントには南東方向以外の滑りも含まれる.

第10図は,座標成分時系列の観測値と計算値を比較したグラフであり,比較的よく観測値が説明されている.

参考文献

1) 国土地理院,2004,中国・四国・九州地方の地殻変動,地震予知連絡会会報,71,680-694.
 2) 国土地理院,2004,中国・四国・九州地方の地殻変動,地震予知連絡会会報,72,552-574.
 3) 国土地理院,2005,中国・四国・九州地方の地殻変動,地震予知連絡会会報,73,569-574.
 4) 国土地理院,2005,中国・四国・九州地方の地殻変動,地震予知連絡会会報,74,409-439.

5)	国土地理院,	2006,	四国・九州地方の地殻変動,	地震予知連絡会会報,	75,	509-516.
6)	国土地理院,	2006,	近畿・四国地方の地殻変動,	地震予知連絡会会報,	76,	496-509.
7)	国土地理院,	2007,	中国・九州地方の地殻変動,	地震予知連絡会会報,	77,	413-421.
8)	国土地理院,	2007,	中国・九州地方の地殻変動,	地震予知連絡会会報,	78,	527-532.
9)	国土地理院,	2008,	中国・九州地方の地殻変動,	地震予知連絡会会報,	79,	567-573.
10)	国土地理院,	2008,	中国・九州地方の地殻変動,	地震予知連絡会会報,	80,	467-471.
11)	国土地理院,	2009,	中国・九州地方の地殻変動,	地震予知連絡会会報,	82,	423-428.
12)	国土地理院,	2010,	中国・九州地方の地殻変動,	地震予知連絡会会報,	83,	460-461.
13)	国土地理院,	2010,	中国・九州地方の地殻変動,	地震予知連絡会会報,	84,	384-397.
14)	国土地理院,	2011,	中国・九州地方の地殻変動,	地震予知連絡会会報,	85,	318-332.
15)	国土地理院,	2011,	中国・九州地方の地殻変動,	地震予知連絡会会報,	86,	542-558.



高度地域基準点測量による四国地区の水平歪(1)

第1図 測地測量結果による四国地区の水平歪み Fig. 1 Crustal horizontal strain of Shikoku districts calculated from geodetic survey results (1/2).



高度地域基準点測量による四国地区の水平歪(2)



豊後水道周辺の非定常的な地殻変動(1)



四国側では2010年10月頃ほぼ収まったように見えるが、九州側では継続しているように見える、

1次トレンド・年周・半年周成分除去後 変動ベクトル図(水平)



第3図 豊後水道周辺の非定常的な地殻変動

Fig. 3 Transient horizontal and vertical deformation in the Bungo channel area (1/5).

豊後水道周辺の非定常的な地殻変動(2)

四国側では2010年10月頃ほぼ収まったように見えるが、九州側では継続しているように見える。

0.010

m) (1) 三関(950388)

1次トレンド・年周・半年周成分除去後グラフ 期間:2009/01/01~2011/10/15 JST 計算期間:2007/01/01-2009/01/01

基準值:96649.00

- Antonia

基準值:8.643#

基準值:72278.682

基準値:-213710.839

基準值:51.001

_____t

2011/03/11 M9.0

2011/03/11 19.0

基準値

10/01 11/01/01 04/01 07/01

attante for the state

10/01 11/01/01 04/01 07/0

→土佐清水(940085) 東西

10/01 10/01/01 04/01 07/01

0/01 10/01/01 04/01 07/01

1次トレンド・年周・半年周成分除去後グラフ 期間:2009/01/01~2011/10/15 JST 計算期間:2007/01/01-2009/01/01

1次	トレンド・年周・3	半年周成分除	去後グラフ
期間:	2002/01/01~2011/10/15	JST	



(m) (1) Ξ	. 🕅 (9503	888)→主倍	E清水 (94	40085)	南北		基準	值:-223	121.910m
0.040							+		
0.030	++		-++				++-	-++	++
0.020			-++				++-	-++	++
0.010	-			-	4	يا ا		+-+-	+-+-
0.000		1.14	1.1	10.00	Se	1 1 T	1 15		
-0.010							T f		1000
-0.020			-++-	++		++	++-	-++	+
-0.030			-++-				++-	-++	++
-0.040			-++				++-	-++	++
2002	2003	2004	2005	2005	2007	2008	2009	2010	2011

(m)	(1)	三阴	(950	1388)	→±	佐津	₹水(9400	85)	比i	<u>5</u>						基準	(値)	8.6	43m
0.080										+									+	
0.050										ļ								ļ		÷
0.040										ļ										-
0.021											ļ,	h.,			ļ			h.	i.	22
0.000	<u> </u>	100		h.,	فنما	Śψ.	i)e	Ĕ.	àś	in.	62	23	i,	10	iπ,		, i i i	2.7	2	2
-0.021				2	2	100		1		-	<u> </u>	ց.						μ.,	ļ	
-0.040		1			Ļ.	Ľ.,	ļ	Ľ.	ļ	ļ	ļ			ļ	ļ	ļ		ļ	ļ	ļ
-0.050		ļ	ŀ		ļ	ļ	ļ		ļ	ļ	ļ	ļ		ļ	ļ	ļ		ļ	ļ	ļ
-0.08	h	ļ	I	I	L	L	I	I	l	Ļ	Ļ	I	I		Ļ	I	I	ļ	Ļ	ļ
	2003	-	2003	-	2004	-	2005	-	2006	-	2007		2008	_	2009		2010	-	2011	-

1次トレンド・年周・半年周成分除去後グラフ ^{期間:2002/01/01~2011/10/15} JST

(0) (2) -	= 101 (2000)	50) — (同 元	X H (91	20440)	X 68			38中18:	12210.1148
0.080									
0.060									
0.040									
0.020									
0.000		- Jack	واستلت	اساد	إحداجه	de la col	ege land		
-0. 020		A-+	-						
-0.040									
-0.060		_						2011/03	1/11 M9.0
-0.080									
2002	2003	2004	2005	2005	2007	2008	2009	2010	2011



第4図 豊後水道周辺の非定常的な地殻変動

Fig. 4 Transient horizontal and vertical deformation in the Bungo channel area (2/5).

豊後水道周辺の非定常的な地殻変動(3)

四国側では2010年10月頃ほぼ収まったように見えるが、九州側では継続しているように見える、



● ----[F3:最終解]

第5図 豊後水道周辺の非定常的な地殻変動

Fig. 5 Transient horizontal and vertical deformation in the Bungo channel area (3/5).

豊後水道周辺の非定常的な地殻変動(4)

四国側では2010年10月頃ほぼ収まったように見えるが、九州側では継続しているように見える、

1次トレンド・年周・半年周成分除去後グラフ

(m) (5) 三硼 (950399) → (3 株 (021079) 東西

期間:2009/01/01~2011/10/15 JST 計算期間:2007/01/01-2009/01/01

10.0

1次トレンド・年間・半年周成分除去後グラフ 期間:2009/01/01~2011/10/15 JST 計算期間:2007/01/01-2009/01/01

(n) (6) 三隅(950388)→米水津(021080) 東西

基準值:-16155.572m

36.00.40 · _195367 197

36.28.68 ·

Post Car

基準値:10726.270m

基準値:-203092.909

25.0

基準值:-27.613

2011/03/11 19.0

1次トレンド・年周・半年周成分除去後 期間:2002/01/01~2011/10/15 JST	炎グラフ
(m) (5) 三隅(950388)→臼杵(021079) 東西	基準值:-16155.524m
0.040	

		18 L																		
	0.030								t	<u>†</u>				 						Ē
	0.020								÷	÷				 				194		
	0.010						L		L	L										á
0.000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.000000							J					1.1	κ.	 	<u>من</u>	10.0	ы.		1	2
-0.010 -0.020 -0.020 -0.020 -0.000	0.000	1	-	-	_	34	÷.,		1.0		-7					÷.,	× -		-	-
-0.000 -0.000 -0.000	-0.010	H				100		1.1			×			 Ľ				L		
-0. 000 200 1/02/11 W9.30					F			1.1	ſ										T	
-0.000	-0.020	1			-				†	<u> </u>				 		20	11/0	3/11	MA	ñ
-0.040	-0.030	H							÷	÷				 				F		Ĥ
0.000	-0.040																			
	0.04	-							1			1		 	-			-	-	-

(m) (5)	三限	(950	(888)	→E	1杵(0210	79)	南:	Ł					ž	# #	(: -	1853	67. 1	83m
0.040	+	÷						÷				+				÷	+		+
0.030	+	ļ						ļ				ļ	ļ			ļ		÷	
0.020		ļ						ļ				ļ				ļ			
0.010		- 6	÷					ļ				ļ				ļ			+
0.000	+	-	8	98	1	jen,	22	ю.	20	10	2	γ.	ie-	λ.	10	١.	-		+-
-0.010	+	ļ	ļ	- *	į		í	<u> </u>	F	- '	÷	Ļ.	ļ			<u> </u>	şæ	٥.	ė,
-0.020	+	ļ	ļ	ļ			ļ	ļ	ļ			ļ	ļ	ļ		ļ	ļ	1-7	1
-0.030	+	÷						ļ	ļ			ļ	ļ			÷		÷	₊
-0.040	+	ļ		L				ļ				ļ	ļ			ļ		ļ	
2002		2002		1004		005	-	2005	-	2007	-	1002		0000	-	2010	-	2011	-

(m) (5) 3	三開 (950)	388) →日科	忤 (021079	 比高 				基準值:	-16.110m
0.080									
0.060		++	++-	-++	++	++	-++	-++-	-++
0.040		-+-+		-++	++		-+-+		-++
0.020	- 33	6	- L. L		5 1	: . k	1.1	d ed	
0.000				10.0	1.1.1		10		والمسلية
-0.020				2.22			위가		1.44
-0.040									
-0.060									
-0.080									
2002	2003	2004	2005	2005	2007	2008	2009	2010	2011

1次トレンド・年周・半年周成分除去後グラフ 期間:2002/01/01~2011/10/15 JST

	(0)	= 141	(920	1398)	i→3	し水川	t (02	1080) 3	東内						基準	1億:	107.	26.2	12m
٥F																				÷
0				Ļ									ļ	ļ		ļ	ļ		-	+
0				ļ					·				ļ			ļ	ļ	104	r.,	.
o	I	l		Ļ	ļ	I				I	L		Ļ	ļ		Į	1	-		Ьa,
oL						4		4		a .	herit	٠.		متنك	Lei		×.			1
ol.				L.,	120	Mer.	1	1.1	14	11				· · ·	L.,	<u> </u>	L	L		Ŀ.
J				12		ľ.,		L					L			L	L	L	I.	L.,
1			16	ē.,												20	11/1	13/11	M9	.0
<u> </u>								· · ·								· · ·				Γ
٩,	2002		1002		2004		1005		1005		2007		1002		0000		2010		2011	1
		10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	0																2017007	



● ----[F3:最終解]

第6図 豊後水道周辺の非定常的な地殻変動

Fig. 6 Transient horizontal and vertical deformation in the Bungo channel area (4/5).

豊後水道周辺の非定常的な地殻変動(5)

12.46

四国側では2010年10月頃ほぼ収まったように見えるが、九州側では継続しているように見える、



● ----[F3:最終解]

豊後水道周辺の非定常的な地殻変動 第7図

Fig. 7 Transient horizontal and vertical deformation in the Bungo channel area (5/5).

豊後水道周辺の推定プレート間滑り分布

<u>2010 年 10 月以降は南西に滑りの中心が移動した.</u>



第8図 豊後水道周辺の推定プレート間すべり分布 Fig. 8 Estimated slip distribution around Bungo channel.

豊後水道スロースリップ(2009年-2011年)の積算モーメント



推定プレート間滑り分布



第9図 豊後水道スロースリップの滑り分布(上段)と推定モーメントの時間変化(下段) Fig. 9 Slip distribution on the plate boundary for the slow slip event in Bungo channel.



・黒丸が観測値,赤線が計算値,EW,NS,UDは東西,南北,上下変動を示す.



Fig. 10 Comparisons of time series plots between GPS observation and model calculation.