

## SLR 観測により求めた島嶼等の水平運動†

佐藤まりこ , 福良博子 , 藤田雅之

### Horizontal Motions derived from Satellite Laser Ranging Observations.

Mariko SATO , Hiroko FUKURA , Masayuki FUJITA

#### Abstract

Since 1982, the Hydrographic and Oceanographic Department of Japan (JHOD) has been continuing the SLR observation at Simosato Hydrographic Observatory in Wakayama Prefecture. In addition to this, during 1988 - 2001, JHOD operated a mobile SLR station and carried out the SLR campaign observations at off-lying islands or coastal areas of Japan for the purpose of determining each precise position. In March 1996, JHOD completed a first round observation at each site. As a result, the observations greatly contributed to determination of precise positions of the mainlands and isolated islands in Japan. After that, the re-occupations were carried out at four sites (Chichi Shima, Ishigaki Shima, Wakkanai and Tsushima) to detect each motion by comparing the results obtained in two or more different periods.

In this study, we present horizontal motions of the sites where we occupied twice or more. Furthermore, we compare the motions with results derived from GPS observations and VLBI observations by GSI and show that all results are consistent.

#### 1. はじめに

海上保安庁では、領海等我が国の管轄海域の確定と、海洋における測位精度の向上を目的として、海洋測地網の整備を行ってきた。海洋測地網の本土基準点である和歌山県の下里水路観測所（以下「下里」という。）においては、1982 年以来米国の測地衛星「LAGEOS」や国産の「AJISAI」等の SLR 定常観測を行っており、現在までの観測回数は 17,000 パスを超えている。それに加えて、1988 年から 2001 年までの間、海洋測地網の骨格となる離島や本土の一次基準点（First Order

Control Points, FOCP）等（計 15 箇所）において、可搬式装置による 2, 3 ヶ月の SLR キャンペーン観測を行った（Fig.1, Fig.2）。

1996 年 3 月に一通りの観測を終了し、その結果、それまでに使用されていた天文観測や三角測量による島嶼等の位置を 400 ~ 500m 修正するなど島嶼等の精密な位置決定に大きく貢献した（Sengoku et al., 1999）。また、2002 年 3 月まで我が国の経緯度の基準であった日本測地系には、鉛直線偏差や日本経緯度原点からの三角測量による観測誤差（日本測地系の歪み）が含まれていることが知られていたが、SLR 観測により人工衛星を用いて地球中心からの座標を求めることで、日

† Received November 26, 2003; Accepted March 9, 2004.

本測地系の原点と地球中心との位置のずれ（日本測地系から世界測地系への変換パラメータ）や各基準点での歪み量を明らかにした（仙石等, 2000）。  
 このように、可搬式装置による SLR 観測は、下里における定常観測とともに島嶼等の精密位置決定や世界測地系への移行に重要な役割を果たしてきた。

一通りの観測を終えた 1996 年以降は、海洋測地網の維持・精度向上のため、異なるプレートに位置し、かつ日本の外縁部にある父島、石垣島、稚内、対馬において再度 SLR 観測を行い、本土基準点である下里との基線長及び基線ベクトルの変化から各地点の水平運動を捉えた。

本稿では、これらの観測点において複数回の SLR 観測より求めた水平運動について報告する。また、GPS 等の他の観測手法から求めた結果との比較を行う。

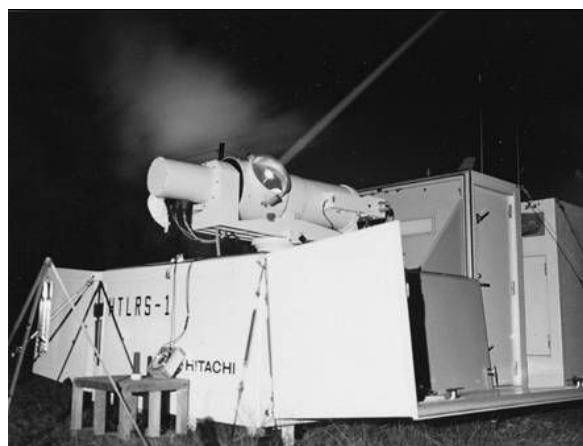


Fig.1 Mobile SLR station, HTLRS-1.

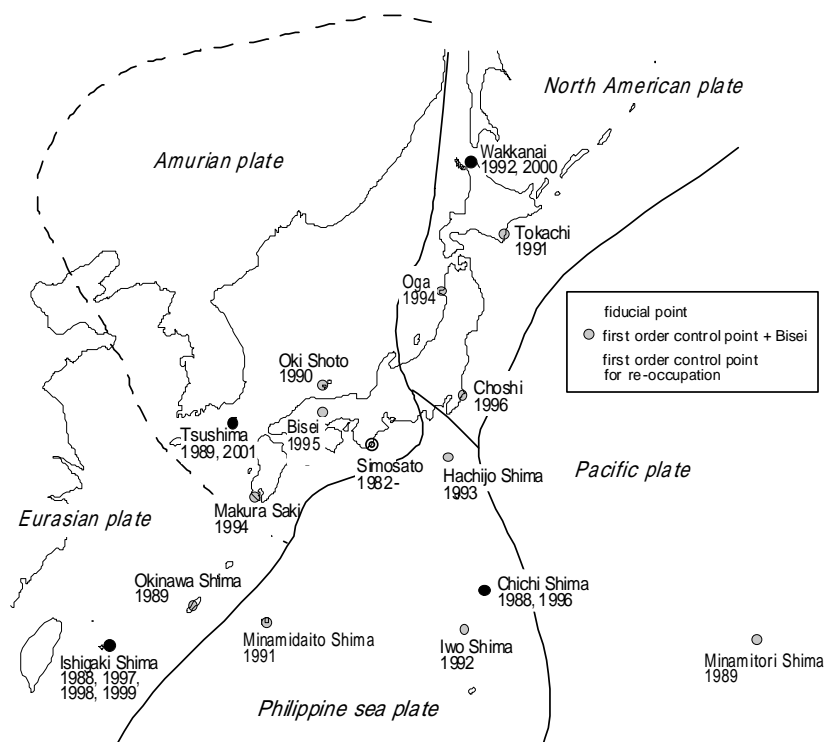


Fig.2 Map showing locations of Simosato and mobile SLR observation sites.

## *Horizontal Motions derived from Satellite Laser Ranging Observations.*

Table.1 Observation periods at the sites where the SLR observations were carried out twice or more.

Site	Epoch		
Chichi Shima	1st	1988	Jan. - Feb
	2nd	1996	Sep. - Dec.
Ishigaki Shima	1st	1988	Jul - Sep
	2nd	1997	Sep. - Nov.
	3rd	1998	Aug. - Nov.
	4th	1999	Sep. - Dec.
Wakkanai	1st	1992	Sep. - Oct.
	2nd	2000	Jun. - Sep.
Tsushima	1st	1989	Oct. - Nov.
	2nd	2001	Oct. - Dec.

## 2. データ及び解析条件

### (1) SLR 観測データ及び解析条件

まず、複数回の SLR 観測を行った各観測点における観測時期を Table.1 に示す。石垣島で 4 回、それ以外の観測点では 2 回 SLR キャンペーン観測を行っており、1 回目と 2 回目の観測間隔は、約 8~12 年である。次に、解析で使用したデータを Table.2 に示す。本解析で使用したデータは、各観測点において可搬式装置で取得したデータと下里で取得したデータを含む世界中の SLR 観測局で取得した AJISAI, LAGEOS-1, LAGEOS-2 のノーマルポイント (NP) データである。なお、Table.2 のグローバルデータには、各キャンペーン観測点及び下里で取得されたデータが含まれていることに注意されたい。

Table.2 SLR data used in this study. The numbers of Global data include those of data obtained Simosato and the first order control points for re-occupations.

Site	Epoch	Satellite	Titi Sima		Simosato		Global	
			Pass	NP	Pass	NP	Pass	NP
Chichi Shima	1988	AJISAI	34	420	119	2381	517	9722
		LAGEOS-I	11	95	18	198	378	5498
	1996	AJISAI	35	341	110	2117	2144	35162
		LAGEOS-I	12	74	36	390	1343	12652
Ishigaki Shima	1988	LAGEOS-II	26	262	51	709	1276	15624
		AJISAI	27	320	33	579	449	8859
	1997	LAGEOS-I	21	187	21	262	896	13180
		AJISAI	24	303	47	885	2495	40310
		LAGEOS-I	8	73	1	19	1733	18427
	1998	AJISAI	43	572	86	1731	2071	31185
		LAGEOS-I	19	114	38	496	982	9850
		LAGEOS-II	36	404	62	1009	1471	16641
	1999	AJISAI	29	264	40	818	3431	60150
		LAGEOS-I	13	97	16	156	2892	36997
LAGEOS-II		31	356	25	382	2456	34402	
Wakkanai	1992	AJISAI	31	479	27	490	879	14732
	2000	AJISAI	35	461	41	765	2702	39855
		LAGEOS-I	7	97	11	121	673	7151
		LAGEOS-II	5	27	11	148	908	10421
Tsushima	1989	AJISAI	50	694	46	946	690	11847
	2001	AJISAI	60	799	116	2400	2323	37053
		LAGEOS-I	8	52	26	389	972	10822
		LAGEOS-II	8	63	35	623	893	11207

Table.3 Estimated rectangular coordinates with formal errors of SLR measured points at Simosato and the first order control points for re-occupations together with those of the stone marker at the first order control points for re-occupations.

(a) Chichi Shima

Epoch		X [m]		Y [m]		Z [m]	
1988.05	Simo SLR	-3822388.364	0.011	3699363.505	0.011	3507573.234	0.007
	Chi SLR	-4491072.491	0.012	3481527.800	0.015	2887391.883	0.010
	Chi Marker	-4491061.291		3481517.741		2887417.424	
1996.75	Simo SLR	-3822388.379	0.005	3699363.586	0.005	3507573.144	0.004
	Chi SLR	-4491068.257	0.011	3481531.208	0.010	2887394.378	0.008
	Chi Marker	-4491061.038		3481517.975		2887417.405	

(b) Ishigaki Shima

Epoch		X [m]		Y [m]		Z [m]	
1988.50	Simo SLR	-3822388.396	0.011	3699363.479	0.012	3507573.268	0.008
	Ishi SLR	-3265753.882	0.012	4810000.832	0.010	2614265.605	0.009
	Ishi Marker	-3265721.017		4809994.342		2614345.283	
1997.58	Simo SLR	-3822388.359	0.006	3699363.593	0.007	3507573.192	0.006
	Ishi SLR	-3265798.000	0.008	4809974.132	0.008	2614255.213	0.008
	Ishi Marker	-3265721.358		4809994.291		2614344.786	
1998.58	Simo SLR	-3822388.322	0.007	3699363.538	0.008	3507573.186	0.007
	Ishi SLR	-3265797.679	0.019	4809974.127	0.014	2614255.319	0.014
	Ishi Marker	-3265721.251		4809994.244		2614344.708	
1999.67	Simo SLR	-3822388.405	0.007	3699363.508	0.007	3507573.091	0.005
	Ishi SLR	-3265798.626	0.010	4809979.242	0.009	2614245.094	0.007
	Ishi Marker	-3265721.498		4809994.286		2614344.605	

(c) Wakkanai

Epoch		X [m]		Y [m]		Z [m]	
1992.67	Simo SLR	-3822388.406	0.011	3699363.508	0.012	3507573.176	0.009
	Wak SLR	-3522929.135	0.010	2779243.436	0.010	4517637.359	0.011
	Wak Marker	-3522919.105		2779242.922		4517642.943	
2000.42	Simo SLR	-3822388.341	0.008	3699363.529	0.009	3507573.093	0.007
	Wak SLR	-3522928.427	0.037	2779241.039	0.044	4517639.387	0.044
	Wak Marker	-3522918.775		2779242.481		4517642.330	

(d) Tsushima

Epoch		X [m]		Y [m]		Z [m]	
1989.75	Simo SLR	-3822388.345	0.008	3699363.523	0.008	3507573.231	0.009
	Tsu SLR	-3344473.915	0.009	4087076.191	0.010	3564512.530	0.008
	Tsu Marker	-3344472.549		4087072.823		3564514.641	
2001.75	Simo SLR	-3822388.283	0.004	3699363.649	0.004	3507573.033	0.004
	Tsu SLR	-3344478.205	0.008	4087079.742	0.007	3564504.044	0.007
	Tsu Marker	-3344472.417		4087072.198		3564513.871	

Table.4 Relative vectors from the SLR measured point to the stone marker.

Site	Epoch	X [m]	Y [m]	Z [m]
Chichi Shima	1988	11.200	-10.059	25.541
	1996	7.219	-13.233	23.027
Ishigaki Shima	1988	32.865	-6.490	79.678
	1997	76.642	20.158	89.573
	1998	76.427	20.117	89.389
	1999	77.128	15.044	99.511
Wakkanai	1992	10.030	-0.514	5.584
	2000	9.652	1.442	2.943
Tsushima	1989	1.366	-3.368	2.111
	2001	5.788	-7.544	9.827

SLR データの解析は、NASA ゴダード宇宙飛行センター (GSFC) で開発された GEODYN-II/SOLVE を用いた多衛星結合解析により行い、各観測エポックにおける可搬式装置のレーザー不動点及び下里のレーザー不動点の位置を推定した。GEODYN-II の解析条件は次のとおりである。

- ・重力モデル：JGM-3 (Tapley et al., 1994)
- ・大気密度モデル：MSIS86 (Hedin, 1987)
- ・海洋潮汐荷重変形：IERS Conventions (1996)
- ・地球回転パラメータ：国際地球回転事業 (IERS) による IERS Bulletin B の最終値に固定。

・基準座標系及び速度場：  
ITRF93 (父島, 石垣島), ITRF96 (稚内, 対馬)

・解析で固定した座標及び速度場：  
それぞれの基準座標系で与えられた米国メリーランド州の Greenbelt (7105) の経緯度, 米国ハワイ州の Haleakala (7210) の緯度。ただし, 2000 年のみ Haleakala 局のデータがないため, 稚内の解析については, Haleakala 局の代わりにオーストリアの Graz (7839) の緯度を固定。

GEODYN-II/SOLVE についての詳細については, 藤田及び仙石 (1997), 藤田等 (1998) を参照していただきたい。

## (2) SLR 観測による水平運動

(1) で示したデータ及び解析条件の下, GEODYN-II/SOLVE を用いて求めた各キャンペーン観測点のレーザー不動点及び下里レーザー不動点の推定位置を Table.3 に示す。また, 各観測時には, 光学測量又は GPS 測量により可搬式装置のレーザー不動点と一次基準点標石との相対ベクトルが求められており (Table.4), GEODYN-II/SOLVE により求められたレーザー不動点の位置にその相対ベクトルを補正して求めた各観測エポックの一次基準点標石の位置もあわせて Table.3 に示す。ただし, 父島の水平運動については, 既に Fujita et al.(1998)で述べられているので, 父島の SLR 解析結果についてはその結果を引用している。また, 石垣島については一次基準点とレーザー不動点の距離が約 4km と離れているため, 本報告では, 一次基準点に代えて最寄りの三角点 (浄水場三角点) を使用した。

次に, 各観測エポックにおける下里と各一時基準点標石の基線ベクトル及びその変化を Table.5 に示す。Table.5 に示した誤差は, GEODYN-II による結果の分散・共分散行列から誤差伝播則により形式的に計算したものであり, レーザー不動点と一次基準点標石を結合する際の誤差は考慮していない。また, 石垣島では 1988, 1997, 1998, 1999 年の計 4 回観測を行っているため, 1988 年に対する各観測の基線ベクトルの変化を示した。

Table.5 Baseline vectors from Simosato to the stone marker at the first order control points for re-occupations and differences between each epoch.

(a) Chichi Shima									
	dX [m]		dY [m]		dZ [m]		Baseline [m]		
1988.05	-668672.927	0.009	-217845.765	0.010	-620155.809	0.008	937642.516	0.009	
1996.75	-668672.659	0.011	-217845.611	0.011	-620155.739	0.008	937642.243	0.011	
	0.268	0.014	0.154	0.015	0.070	0.011	-0.273	0.014	
(b) Ishigaki Shima									
	dX [m]		dY [m]		dZ [m]		Baseline [m]		
1988.50	556667.379	0.013	1110630.863	0.013	-893227.984	0.011	1530109.707	0.013	
1997.58	556667.001	0.009	1110630.698	0.010	-893228.406	0.009	1530109.696	0.010	
	-0.378	0.016	-0.165	0.016	-0.421	0.014	-0.011	0.016	
1988.50	556667.379	0.013	1110630.863	0.013	-893227.984	0.011	1530109.707	0.013	
1998.58	556667.071	0.020	1110630.707	0.016	-893228.478	0.016	1530109.770	0.017	
	-0.308	0.024	-0.156	0.021	-0.494	0.019	0.063	0.021	
1988.50	556667.379	0.013	1110630.863	0.013	-893227.984	0.011	1530109.707	0.013	
1999.67	556666.907	0.011	1110630.778	0.010	-893228.486	0.008	1530109.767	0.010	
	-0.472	0.017	-0.085	0.016	-0.502	0.014	0.060	0.016	
(c) Wakkanai									
	dX [m]		dY [m]		dZ [m]		Baseline [m]		
1992.67	299469.301	0.013	-920120.586	0.014	1010069.767	0.013	1398765.416	0.016	
2000.42	299469.565	0.011	-920121.048	0.013	1010069.237	0.011	1398765.394	0.014	
	0.265	0.017	-0.462	0.019	-0.530	0.017	-0.022	0.021	
(d) Tsushima									
	dX [m]		dY [m]		dZ [m]		Baseline [m]		
1989.75	477915.796	0.010	387709.300	0.012	56941.410	0.009	618032.631	0.011	
2001.75	477915.866	0.008	387708.548	0.008	56940.838	0.007	618032.161	0.008	
	0.070	0.013	-0.752	0.014	-0.572	0.011	-0.470	0.014	

Table.6 Horizontal motions relative to Simosato (a) and a stable area in Eurasian plate (b) derived from SLR observations.

Site	(a) Simosato		(b) Eurasian plate		comment
	Magnitude [mm/yr]	Azimuth [deg]	Magnitude [mm/yr]	Azimuth [deg]	
Simosato	-	-	32	291	Sengoku (1998)
Chichi Shima	35	292	67	293	
Ishigaki Shima	64	136	40	159	1988-1997
	57	144	38	175	1988-1998
	62	141	41	167	1988-1999
Wakkanai	26	96	10	334	
Tsushima	37	106	5	75	

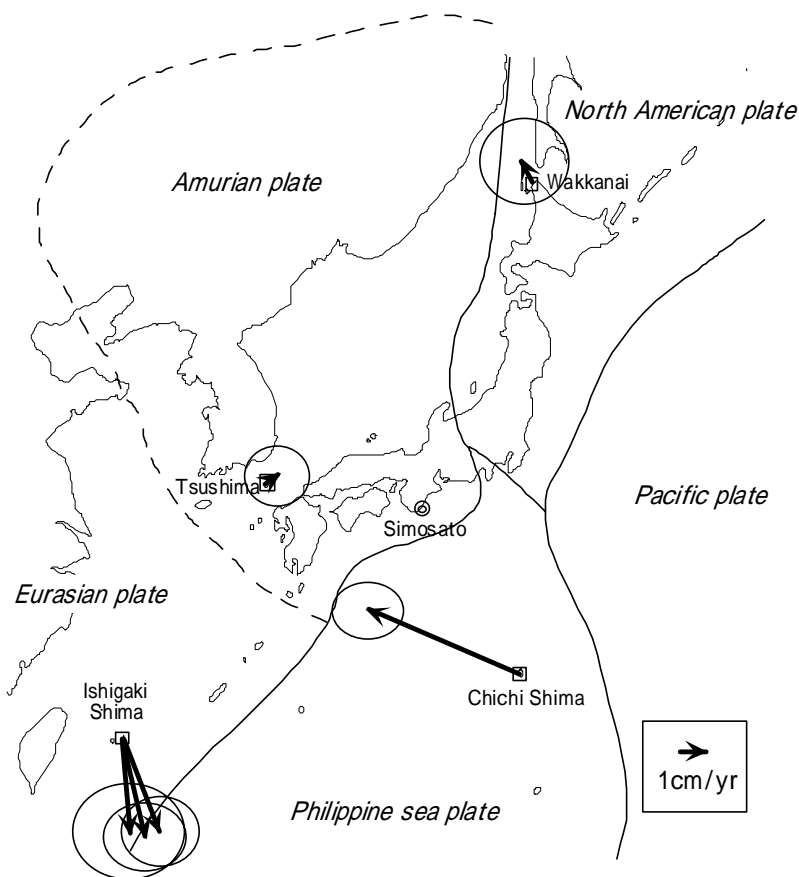


Fig.3 Relative velocity vector of Titi Sima to the Eurasian plate.

さらに、Table.5 の基線ベクトルの変化から下里に対する各観測点の水平運動を求めると、Table.6(a)のようになる。また、Sengoku (1998) によると、下里のユーラシアプレートの安定域に対する水平速度は、 $291^{\circ}$  の方向に  $32\text{mm/yr}$  と求められており、これを用いてユーラシアプレートの安定域に対する各観測点の水平速度を求めた結果を Table.6(b)及び Fig.3 に示す。Fig.3 の誤差楕円は、Table.5 の基線ベクトルの変化の誤差から誤差伝播則により計算したものである。いずれの観測点においても観測期間を通して、観測点付近で震度3を超える地震は起こっていないことから、Table.6 及び Fig.3 の変動は概ね観測点の定常的な水平運動を表していると言える。

Table.6 (b) 及び Fig.3 より、父島は西北西に年間約  $7\text{cm}$  でユーラシアプレートに近づいており、ユーラシアプレートに対するフィリピン海プ

レートの動きを表していると考えられる。また、石垣島は1997,1998,1999年の観測で  $10\text{mm/yr}$  程度のばらつきが見られるが、大局的にはユーラシアプレートの安定域に対して南南東に約  $4\text{cm}$  で動いていることが分かる。一方、稚内と対馬についてはユーラシアプレートの安定域に対する速度が小さく、ほとんど動いていないと考えられる。

特に、対馬においては、アムールプレートのユーラシアプレートに対する動きが検出されると期待されたが、アムールプレートの動きは日本海東縁部で東南東に  $10\text{mm/yr}$  弱と想定されており(海半球観測研究センター, 1999), 2回のSLR観測では明確に検出できたとは言いがたい。

### 3. 他の観測手法による結果との比較

本節では、他の測地技術（GPS, VLBI）による観測結果との比較を行う。

#### (1) GPS 観測による水平運動

2 で求めた SLR 観測による水平運動と GPS 観測により求めた水平運動を比較するため、下里の近傍にある国土地理院の電子基準点すさみ局（950377）を固定し、各 SLR キャンペーン観測点の近傍にある電子基準点の変動を求めた。使用した電子基準点は父島局（942003）、石垣 1 局（960749）、稚内局（940001）及び上対馬局（950456）で、1996 年 3 月から 2001 年 12 月までの 1 日毎の座標値を使用した。すさみ局に対するそれぞれの電子基準点の位置の時系列変化を Fig.4 に示す。各観測点について 1997 年 1 月 1 日（石垣島 1 のみ 1997 年 3 月 20 日）の位置を基準としてその差をプロットしている Fig.4 より、すべての電子基準点について、期間中地震による大きな変化はなく安定した変動をしていることが分かる。そこで、各電子基準点の変動量（一次回帰直線）からすさみ局に対する各電子基準点の水平運動を求めると

- ・ 父島局  $V_h = 31 \text{ mm/yr}$ ,  $Az = 297^\circ$
- ・ 石垣 1 局  $V_h = 66 \text{ mm/yr}$ ,  $Az = 138^\circ$
- ・ 稚内局  $V_h = 25 \text{ mm/yr}$ ,  $Az = 111^\circ$
- ・ 上対馬局  $V_h = 36 \text{ mm/yr}$ ,  $Az = 106^\circ$

となる。

#### (2) VLBI 観測による水平運動

石原等（1999）では、国土地理院の VLBI 観測局である新十津川局（北海道）、鹿島局（茨城県）、父島局（東京都）及び始良局（鹿児島県）について 1996 年から 1998 年の VLBI 観測結果に基づき、各観測局の速度ベクトルを求めている。その方法は、まず鹿島局に対する各観測局の速度ベクトルを求め、それに鹿島局の速度ベクトル（ITRF96 公表値）を補正したもので、その結果求められた新十津川局、父島局及び始良局の速度ベクトルを

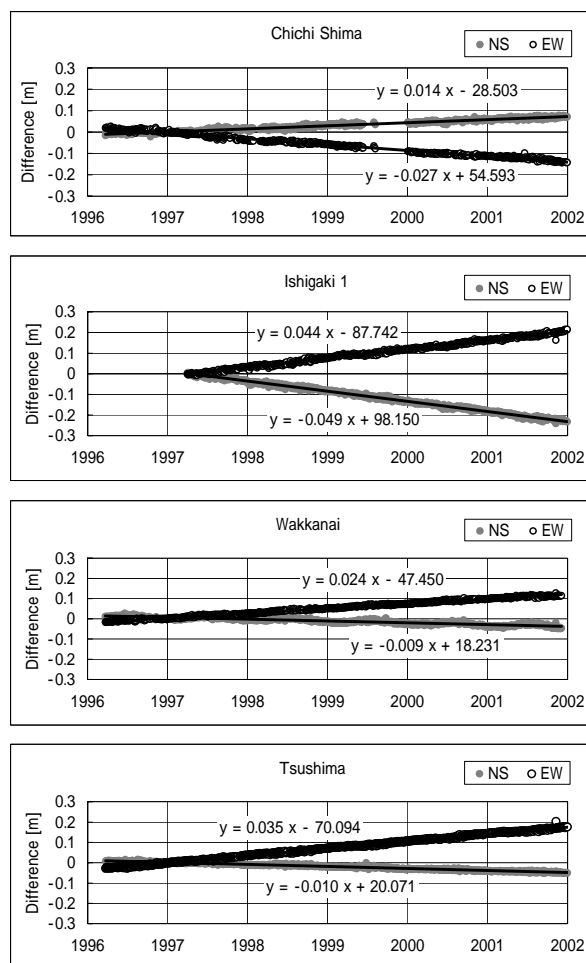


Fig.4 Time series of the positions of GPS stations of GSI. Susami near Simosato is fixed.

Table.7 Horizontal motions derived from VLBI observations by Ishihara et.al.(1999).

Site	Magnitude [mm/yr]	Azimuth [deg]
Chichi Shima	28.0	290
Aira	64.5	130
Shintotsugawa	20.2	163

Table.7 に示す。

ここでは、SLR 観測結果と比較するため、下里と鹿島の速度ベクトルの ITRF96 公表値を用いて、下里に対する各 VLBI 観測局の水平運動を求める。ITRF96 による下里と鹿島の位置及び速度を Table.8 に示す。これより、下里に対する鹿島の動きを求めると、



**Horizontal Motions derived from Satellite Laser Ranging Observations.**

Table.8 Rectangular coordinates and velocities of Simosato and Kashima published in ITRF96.

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Vx [m/yr]	Vy [m/yr]	Vz [m/yr]
Simosato	-3822388.367	3699363.547	3507573.115	0.0030	-0.0014	-0.0075
Kashima	-3997892.263	3276581.277	3724118.220	-0.0013	0.0024	-0.0129

$V_h = 7\text{mm/yr}$ ,  $Az = 180^\circ$

となる。したがって、下里に対する各 VLBI 観測局の動きは、

- ・ 父島局  $V_h = 29\text{mm/yr}$ ,  $Az = 299^\circ$
- ・ 始良局  $V_h = 63\text{mm/yr}$ ,  $Az = 126^\circ$
- ・ 新十津川局  $V_h = 16\text{mm/yr}$ ,  $Az = 155^\circ$

と求められる。

**(3) SLR 観測との比較**

SLR 観測、GPS 観測及び VLBI 観測により求めた水平運動を Fig.5 に示す。VLBI 観測局のうち始良局と新十津川局は SLR キャンペーン観測の近傍にはないが、始良局はフィリピン海プレート境界に近いユーラシアプレート（アムールプレート）上に、新十津川局は北米プレート上にあるため、それぞれ石垣島及び稚内の水平運動の参考値として示した。

Fig.5 より、全体的に SLR 観測結果と GPS 観測結果は良く一致していると言える。その差は、速度の大きさで 2, 3mm/yr, 方向で 5 度以下である。稚内では、速度の大きさは SLR 観測と GPS 観測とでほぼ等しいものの、方向が 15 度異なるという結果が得られた。その原因としては、解析で固定した局が他の観測点の時と異なることや標石とレーザー不動点を結びつける光学測量の誤差が考えられるが、石垣島での 1997 年から 1999 年の 3 回の SLR 結果が約 10mm/yr でばらついていことから、稚内の SLR 観測と GPS 観測の結果の差も誤差の範囲内だと考えられる。

次に、VLBI 観測結果について見てみると、SLR 観測点の近傍にある VLBI 父島局では、SLR 観測、GPS 観測とほぼ同様の傾向を示しており、3 つの異なる測地技術で同様の結果が得られた。フィリピン海プレート境界に近いユーラシアプレート

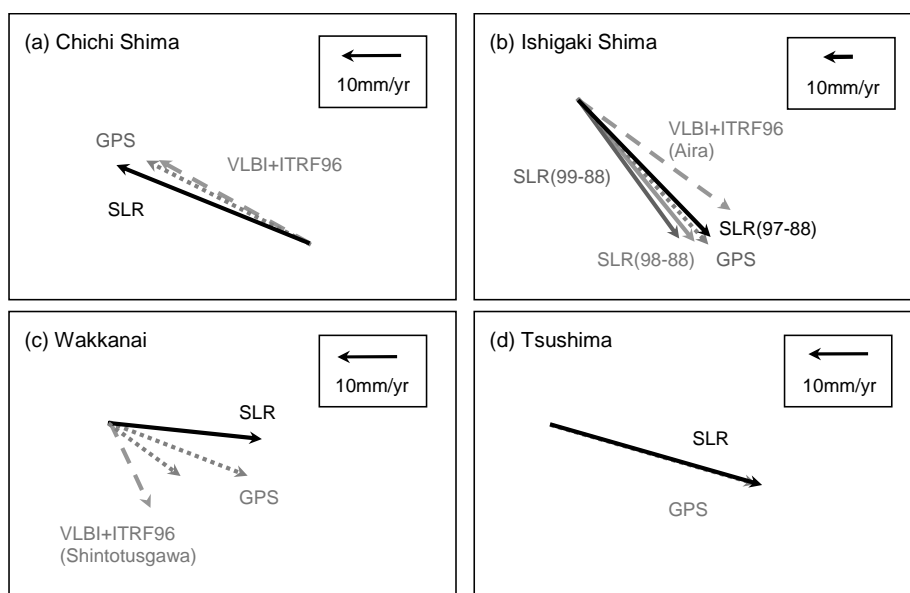


Fig.5 Comparisons of horizontal motions relative to Simosato (or Susami) derived from SLR, GPS and VLBI observations.

(アムールプレート)上にある始良局では,石垣島の SLR 観測結果よりもやや東よりの方向であるが石垣島の SLR 観測結果と近い変動傾向を示している。また,北米プレート上に位置する新十津川局の VLBI 結果は稚内の SLR 観測結果及び GPS 観測結果と大きく異なる結果が得られた。これは,北海道の東西にはユーラシアプレート(アムールプレート)と太平洋プレートがあり,それぞれのプレートの影響を受けているためだと考えられる。

#### 4. まとめ

複数回の可搬式 SLR キャンペーン観測により,各プレートの動きを捉えることができた。そして,その結果は,GPS などの他の観測手法による結果と調和的であることが示された。また,近年では,アムールプレートの存在が示唆されているが,アムールプレート上であると推定される対馬の観測結果では,ユーラシアプレートの安定域に対する動きが小さく,明確には検出できなかった。

#### 5. 終わりに

1988 年から 2001 年までの 13 年間にわたり,可搬式 SLR 観測を行い,海洋測地網の推進を図ってきた。その中で,島嶼等の正確な位置を決定し,日本測地系の歪みを明らかにするなど,世界測地系への移行に大きく貢献してきた。また,複数回の SLR 観測を行うことにより,それぞれのプレートの動きを捉えることができた。これらを考えると,可搬式 SLR 観測が果たしてきた役割は多大なるものである。

可搬式装置による SLR 観測は,2001 年の対馬での観測をもって終了することとなったが,海洋測地網の本土基準点である下里水路観測所においては,海洋測地網の維持・精度向上のため,今後も引き続き SLR 観測を行っていくこととしている。

#### 謝 辞

本報告にあたり,世界中の SLR 局と SLR データセンター(CDDIS)及び NASA/GSFC の方々のご尽力に感謝いたします。また,GPS 結果との比較については,国土地理院電子基準点の結果を利用して観測に携わった全ての海上保安庁職員及び関係者の皆様に深く感謝いたします。

#### 要 旨

海上保安庁では,和歌山県の下里水路観測所における SLR 定常観測に加えて,1988 年から 2001 年までの間,海洋測地網の骨格となる離島や本土の一次基準点等において,可搬式装置による 2,3 ヶ月の SLR キャンペーン観測を行った。その結果は,島嶼等の正確な位置を決定するなど世界測地系への移行に大きく貢献した。一通りの観測を終えた 1996 年以降は,異なるプレート上に位置する父島,石垣島,稚内,対馬において再度 SLR キャンペーン観測を行った。

本稿では,複数回の SLR キャンペーン観測による基線長の変化から各観測点における水平運動を求めた。さらに,SLR 観測により求めた各観測点の水平運動と GPS や VLBI といった他の観測技術により求めた水平運動を比較し,それらが大変調和的であることが示された。

#### 参 考 文 献

- Boucher, C., Z. Altamimi, and L. Duhem, Results and Analysis of the ITRF 93, *IERS TECHNICAL NOTE*, **18**, (1994).
- Boucher, C., Z. Altamimi, and P. Sillard, Results and Analysis of the ITRF 96, *IERS TECHNICAL NOTE*, **24**, (1998).
- Eddy, W. F., J. J. McCarthy, D. E. Pavlis, J. A. Marshall, S. B. Luthke, L. S. Tsaoussi, G. Leung, and D. A. Williams, *GEODYN-II System Operations Manual*, Vol.1-5,

*Horizontal Motions derived from Satellite Laser Ranging Observations.*

- Contractor Report, ST Syst.Corp., Lanham, Md, (1990).
- 藤田雅之・仙石新：NASAの衛星データ解析ソフトウェア「GEODYN-II」の導入，水路部技報，**15**, 5-10, (1997).
- 藤田雅之・久保岡俊宏・池田信広：GEODYN-II/SOLVE 対話型解析システム（GDIS）による SLR データ解析，水路部技報，**16**, 108-117, (1998).
- Fujita, M., K. Terai, and A. Sengoku, Horizontal Motion of Chichijima Derived from Satellite Laser Ranging Observations, *Rep. Hydrogr. Res.*, **34**, 13-24, (1998).
- Hedin, A. E., MSIS-86 Thermospheric Model, *J. Geophys. Res.*, **92**, 4649-4662, (1987).
- 石原操・根本恵造・川原敏雄・岩田昭雄・芝公成・高島和宏・小林京子・松坂茂・大木章一：国内 VLBI と GEONET の結合と観測結果の比較，国土地理院時報，**92**，41-51，(1999).
- Sengoku, A, A plate motion study using Ajisai SLR data., *Earth Planets Space*, **50**, 611-627, (1998).
- Sengoku, A, M. Fujita, K. Matsumoto, K. Terai, and M. Sasaki, Determination of Precise Positions of the Mainlands and Isolated Islands in the Japanese Territory ? A Review of Marine Geodetic Control Network Deployed by the Hydrographic Department -, *Rep. Hydrogr. Res.*, **35**, 79-95, (1999).
- 仙石新・加藤剛・福良博子・小山薫・藤田雅之・矢吹哲一朗：Lageos I 及び Lageos II の long-arc 解析による本土海洋測地基準点座標決定と日本測地系と世界測地系の変換パラメータの再決定，水路部研究報告，**36**，97-109，(2000).
- Tapley, B. D., M. M. Watkins, J. C. Reis, G. W. Davis, R. J. Eanes, S. R. Poole, H. J. Rim, B. E. Schutz, C. K. Shum, R. S. Nerem, F. J. Lerch, E. C. Pavlis, S. M. Klosko, N. K. Pavlis, and R. G. Williamson, The JGM-3 Gravity Model, XIX General Assembly of the European Geophysical Society, Grenoble, France, April, 25-29, (1994).
- Ullman, R. E., SOLVE Program, *NASA Contract Report NAS5-29393*, Task 503, (1992).
- 海半球観測研究センター：海半球ネットワークニュースレター，**3**，(1999).

*Mariko SATO, Hiroko FUKURA, Masayuki FUJITA*