

海洋測地基準点観測（対馬, 2001年）
SATELLITE LASER RANGING OBSERVATIONS
AT THE MARINE GEODETIC CONTROL POINT (TSUSHIMA) IN 2001

Summary -We present a relative velocity vector of Tsushima to Simosato based on the SLR analyses for the campaign observation periods in 1989 and 2001. We give an absolute height of mean sea level above the WGS -84 ellipsoid.

Key words : Satellite laser ranging - Ajisai - GPS - marine geodetic controls

1.はじめに

海洋情報部では、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、1980年から海洋測地網の整備を推進（Kubo,1988）してきた。日本周辺に設置した海洋測地基準点（海洋情報部が構築した海洋測地網の基準点の総称）のうち、主要な島等に設置された一次基準点は、本土基準点（下里水路観測所）と結合され、海洋測地網の骨格を形成する役割を担っており、1988年から可搬式レーザー測距装置によるレーザー測距観測が行われてきた。

これら海洋測地基準点の最新の海洋測地成果は、海洋情報部観測報告衛星測地編第15号に一括してまとめられている。

一次基準点観測は、1995年までに択捉島を除き、その観測が一巡したので、これまでに構築した海洋測地網の維持向上及びプレート運動の監視のため、1996年より異なるプレート上に位置し、かつ日本外縁部にある父島、石垣島、稚内の海洋測地基準点について、年1カ所ずつ再観測を行ってきた（水路部観測報告衛星測地編第11号～第14号及び海洋情報部観測報告衛星測地編第15号）。

これに加え、最近の学説により新たにその存在が示唆されているアムールプレート上に位置すると考えられる対馬の海洋測地基準点について精密な位置を求め、このプレート運動の把握等を行うこととした。さらに、対馬の海洋測地基準点と最寄りの験潮所を結合し地球重心に基づく海水面の絶対高を決定することとした。

本報告では、2001年10月上旬～12月下旬に実施した「あじさい」（Sasaki,1987）等による対馬におけるレーザー測距観測及び1989年10月上旬～11月下旬に実施した海洋測地基準点観測とのそれぞれの位置成果の比較から求めた下里に対する対馬の相対的な変化量、対馬の平均海面の楕円体高及び対馬島内のGPS測量について報告する。

観測方法については、同第4号（福島他,1991）を参照されたい。

SATELLITE LASER RANGING OBSERVATIONS
AT THE MARINE GEODETIC CONTROL POINT (TSUSHIMA) IN 2001

2. 作業概要

対馬・下里において測地衛星「あじさい」等の同時観測を行うことで、世界測地系及び日本測地系に基づいた対馬の経緯度等を精密に決定する。これによって、海洋測地網の維持向上及びプレート運動を監視する。

また、海洋測地基準点（対馬）と巖原験潮所間で、GPSにより水準測量を行い、地球重心からの海面絶対高を測定する。

(1) 比較観測

第五管区海上保安本部下里水路観測所において、海洋測地基準点観測の前に、可搬式レーザー測距装置の器差を検定するため、同一通過衛星（測地衛星「あじさい」等）に対し可搬式レーザー測距装置及び固定式レーザー測距装置による同時観測を実施した。

(2) 海洋測地基準点（対馬）

イ 長崎県下県郡巖原町大字巖原東里野良301-21（第七管区海上保安本部巖原海上保安部巡視船基地構内）を観測点とし、可搬式レーザー測距装置を搬入・設置し、測地衛星「あじさい」等のレーザー測距観測を行った。

ロ 対馬の基準点標石（以下、対馬標石という）及びレーザー観測点（以下、対馬レーザー不動点という）と近傍の三角点との間をGPS測量及び地上測量を行った。

ハ 対馬標石及び対馬レーザー不動点標と巖原験潮所（第七管区海上保安本部所管）との間をGPSによる水準測量を行った。

(3) 本土基準点（下里）

第五管区海上保安本部下里水路観測所において、固定式レーザー測距装置を用いて、測地衛星「あじさい」等のレーザー測距観測を行った。

3. 成果

今回のレーザー測距観測、GPS観測、地上測量等の成果は次のとおりである（Table 1）。

3-1 レーザー測距観測成果

(1) 解析方法

本解析で使用したデータは、あじさいが60パス、ラジオスが8パス、ラジオスが8パスについて使用した。このグローバルデータをNASAのソフトウェアGEODYN- / SOLVEを用いて行った。ここで、GSFC (station ID:7105)の経緯度及びハワイ(7210)の緯度を固定し、下里及び対馬の座標を求めた。

1989年、対馬の解析についても上記と同じ手法で再解析した。

SATELLITE LASER RANGING OBSERVATIONS
AT THE MARINE GEODETIC CONTROL POINT (TSUSHIMA) IN 2001

(2) 解析結果

GEODYN- / SOLVE による下里レーザー不動点と対馬レーザー不動点の世界測地系推定座標値は次のとおり .

Year	下里レーザー不動点			対馬レーザー不動点		
	X_S (m)	Y_S (m)	Z_S (m)	X_T (m)	Y_T (m)	Z_T (m)
1989	-3822388.345	3699363.523	3507573.231	-3344473.915	4087076.191	3564512.530
2001	-3822388.283	3699363.649	3507573.033	-3344478.205	4087079.742	3564504.044

また , 対馬各点の G P S 測量を実施し , 対馬レーザー不動点を基準として , 解析ソフト GPSurvey ver.2.2 を使用し , 精密暦を用いて網平均計算を行った . 解析結果は , 対馬標石からの座標差を算出した .

	点 名	X (m)	Y (m)	Z (m)
対馬標石 (H1)	0.000	0.000	0.000	
権現山三角点 (A1)	2456.417	-720.541	3848.163	
ダシ山三角点 (A2)	905.547	2556.195	-1510.793	
城山三角点 (A3)	143.077	-750.182	1279.232	
有明山三角点 (A4)	2064.182	1644.584	1037.542	
駿潮所仮 B M	161.573	56.104	85.747	

従って , 今回の G P S 測量による対馬標石の対馬レーザー不動点からの座標差は次のとおり .
 1 9 8 9 年については , 光学測量によった .

対馬標石(H1)			
year	X (m)	Y (m)	Z (m)
1989	1.366	-3.368	2.111
2001	5.332	-6.987	10.317

SATELLITE LASER RANGING OBSERVATIONS
AT THE MARINE GEODETIC CONTROL POINT (TSUSHIMA) IN 2001

よって対馬標石の下里レーザー不動点からの基線ベクトル及び基線長は次のとおり。

対馬標石 (H1)	Year	DELTA X (m)	DELTA Y (m)	DELTA Z (m)	Baseline (m)
	1989	477914.430	387712.668	56939.299	618032.632
	2001	477910.078	387716.093	56931.011	618032.204

3 - 2 対馬各点の海洋測地成果

ここで、海洋測地成果は、MGC2000 (epoch. 1997.0) (仙石他, 2000) を使用する。
 海洋測地成果は、下里レーザー不動点を原点座標として相対的に求められた座標値である。
 地心座標から世界測地系(WGS-84)の変換は、準拠楕円体の諸元

$$a = 6378137\text{m}$$

$$1 / f = 298.257223563$$

を用いた。

海洋測地成果 MGC2000 (epoch. 1997.0)			
下里レーザー不動点			
世界測地系 (WGS - 84)			
X	-3822388.355	緯度	33° 34' 39.6969 "
Y	3699363.566	経度	135° 56' 13.3394 "
Z	3507573.117	楕円体高H	101.618 m

この成果を基にした対馬各点の海洋測地成果は次のとおり。

ただし、下里及び対馬レーザー観測点の座標を未知数としてグローバル解析した結果を、MGC 2000である原点座標に平行移動したときの下里原点座標からの相対座標である。

海洋測地成果 MGC2000 (epoch. 1997.0)					
世界測地系 (WGS - 84)					
1 9 8 9	対馬 レーザー 不動点	X	-3344473.925	緯度	34° 11' 47.2816 "
		Y	4087076.234	経度	129° 17' 37.0535 "
		Z	3564512.416	楕円体高H	34.887 m
	対馬 標石 (H1)	X	-3344472.559	緯度	34° 11' 47.4016 "
		Y	4087072.866	経度	129° 17' 37.0955 "
		Z	3564514.527	楕円体高H	33.202 m
	権現山 三角点 (A1)	X	-3342016.285	緯度	34° 14' 09.2273 "
		Y	4086352.621	経度	129° 16' 40.6424 "
		Z	3568362.757	楕円体高H	450.047 m
	有明山 三角点 (A4)	X	-3342408.515	緯度	34° 12' 15.8664 "
		Y	4088717.556	経度	129° 15' 54.0239 "
		Z	3565552.170	楕円体高H	588.623m

SATELLITE LASER RANGING OBSERVATIONS
AT THE MARINE GEODETIC CONTROL POINT (TSUSHIMA) IN 2001

海洋測地成果 MGC2000 (epoch. 1997.0)					
世界測地系 (WGS-84)					
2001	対馬 レーザー 不動点	X	-3344478.277	緯度	34° 11' 46.9605 "
		Y	4087079.659	経度	129° 17' 37.1003 "
		Z	3564504.128	楕円体高H	34.701 m
	対馬 標石 (H1)	X	-3344472.945	緯度	34° 11' 47.3976 "
		Y	4087072.672	経度	129° 17' 37.1120 "
		Z	3564514.445	楕円体高H	33.234 m
	権現山 三角点 (A1)	X	-3342016.529	緯度	34° 14' 09.2274 "
		Y	4086352.131	経度	129° 16' 40.6619 "
		Z	3568362.608	楕円体高H	449.777 m
	ダン山 三角点 (A2)	X	-3343567.398	緯度	34° 10' 41.2136 "
		Y	4089628.867	経度	129° 16' 06.5370 "
		Z	3563003.652	楕円体高H	346.788 m
城山 三角点 (A3)	X	-3344329.868	緯度	34° 12' 33.9772 "	
	Y	4086322.490	経度	129° 17' 51.3446 "	
	Z	3565793.677	楕円体高H	197.231 m	
有明山 三角点 (A4)	X	-3342408.763	緯度	34° 12' 15.8628 "	
	Y	4088717.256	経度	129° 15' 54.0388 "	
	Z	3565551.987	楕円体高H	588.458 m	
駿潮所 仮BM	X	-3344311.372	緯度	34° 11' 50.7737 "	
	Y	4087128.776	経度	129° 17' 30.8403 "	
	Z	3564600.192	楕円体高H	32.709 m	

3 - 3 レーザー測距観測による対馬の相対運動

レーザー測距観測による下里レーザー不動点を基点として、対馬標石の基線ベクトル、基線長の変化量及び速度ベクトルをそれぞれ求めた。

対馬標石	1989-2001	d X (m)	d Y (m)	d Z (m)	d Base(m)	V h (mm/y)	A z (°)
		-0.386	-0.194	-0.082	-0.036	37	106

3 - 4 海面絶対高

対馬レーザー不動点におけるレーザー測距観測成果、レーザー不動点と巖原駿潮所近傍仮BMでのGPS観測成果、同仮BMと同駿潮所間の水準測量成果及び駿潮記録から平均海面の世界測地系の楕円体高を求めた。

(1) 巖原駿潮所近傍仮BMの海洋測地成果 (MGC2000, 世界測地系) は、6 - 2 より次のとおり。

仮BM	Year	緯度	経度	楕円体高H
	2001	34° 11' 50.7737 "	129° 17' 30.8403 "	32.709 m

SATELLITE LASER RANGING OBSERVATIONS
AT THE MARINE GEODETIC CONTROL POINT (TSUSHIMA) IN 2001

(2) 平均海面の世界測地系準拠楕円体高

仮 B M に対する厳原験潮所間の直接水準測量成果と基準測定成果

2001	直接水準測量			基準測定	
	仮 B M	球分体	錘測基点	測定値	既定値
	0.000m	0.157m	1.639m	5.268m	5.265m

第七管区海上保安本部調製による潮汐月平均値（厳原）及び厳原常設験潮所基準測定成果表（平成 13 年 12 月 7 日調製）より。

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1 ヶ年平均 (m)	1.710m	1.744m	1.761m	1.770m	1.766m	1.764m
5 ヶ年平均 (m)	1.721m	1.721m	1.732m	1.740m	1.750m	1.761m

球分体 3.783m (0 of g 上)

以上から、楕円体高は次のように求めた。

$$H_k : \text{球分体} = (\text{仮 B M の楕円体高}) + (\text{仮 B M} \sim \text{球分体})$$

$$H_m : \text{平均水面} = H_k - \text{球分体 (0 of g 上)} + 5 \text{ ヶ年平均 (0 of g 上)}$$

2001	H k : 球分体 (m)	H m : 平均水面 (m)
	32.866	30.844

4 所 見

下里のユーラシアプレート（安定域）に対する相対速度は、S L R 解析に基づき、 $V_h=32\text{mm/y}$ 、Azimuth=291°と求められている（仙石，1996）。これと今回の解析結果である対馬の下里に対する速度ベクトル $V_h=37\text{mm/y}$ 、Azimuth=106°を考慮すると、対馬の動きはユーラシアプレート（安定域）に調和的であった。

**SATELLITE LASER RANGING OBSERVATIONS
AT THE MARINE GEODETIC CONTROL POINT (TSUSHIMA) IN 2001**

Table 1 2 0 0 1 年 対馬海洋測地成果

	Coordination		Comments
海洋測地成果	標 石	$X_H = -3344472.945 \text{ m}$ $Y_H = 4087072.672 \text{ m}$ $Z_H = 3564514.445 \text{ m}$	WGS-84
		$H = 34^\circ 11' 47.3976''$ $H = 129^\circ 17' 37.1120''$ 楕円体高 = 33.234 m	
平均海面等 の楕円体高	平均海面高	H m = 30.844 m	
	験潮所球分体高	H k = 32.866 m	
			1997年から2001年 までの験潮記録の 平均による

*SATELLITE LASER RANGING OBSERVATIONS
AT THE MARINE GEODETIC CONTROL POINT (TSUSHIMA) IN 2001*

下里を固定した場合の対馬の動き

