

海洋測地基準点観測（稚内, 2000年）
SATELLITE LASER RANGING OBSERVATIONS
AT THE MARINE GEODETIC CONTROL POINT (WAKKANAI) IN 2000

Summary -We present a relative velocity vector of Wakkanai to Simosato based on the SLR analyses for the campaign observation periods in 1992 and 2000. 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

水路部では、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してきた(Kubo,1988)。日本周辺に設置した海洋測地基準点(水路部が構築した海洋測地網の基準点の総称を指す)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年から一次基準点観測が行われている。

これら海洋測地基準点の海洋測地成果(辰野・藤田,1994)は、水路部観測報告衛星測地編第8号(藤田,1995)及び同第9号(寺井他,1996)に一括してまとめられている。択捉島を除き、その観測が一巡したので、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、南鳥島、稚内の海洋測地基準点について、年1カ所ずつ測地衛星によるレーザー測距観測を行い、精密な位置を求めるとともに、我が国周辺のプレート運動を把握することとしている。また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。

本報告では、2000年6月初旬～9月下旬に実施した「あじさい」(Sasaki,1987)等による稚内における海洋測地基準点観測とその位置の成果(海洋測地成果)、1992年8月初旬～10月下旬に実施したレーザー測距観測との比較から下里に対する稚内の相対的な変化量、稚内の平均海面の楕円体高及び稚内の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 (WAKKANAI) IN 2000

2. 作業概要

稚内・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、稚内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の監視をする。

また、海洋測地基準点（稚内）と稚内験潮所（気象庁所管）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) 海洋測地基準点（稚内）

イ 北海道稚内市声問仮無番地6950（第一管区海上保安本部北海道東部統制通信事務所萩ヶ岡送信所構内）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う。

ロ 観測点と海洋測地基準点標石、近傍の三角点及び験潮所基本水準標をGPS測量により結合する。

(2) 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」等のレーザー測距を行う。

(3) 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後に、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する。

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」35パスを使用した。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)の経緯度及びオーストリア(7839)の緯度を固定し、下里及び稚内の座標を求めた。

1992年、稚内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 (WAKKANAI) IN 2000

(2) 解析結果

GEODYN- / SOLVE による下里レーザー不動点と稚内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			稚内レーザー不動点		
	X _S (m)	Y _S (m)	Z _S (m)	X _T (m)	Y _T (m)	Z _T (m)
1992	-3822388.4030	3699363.5350	3507573.1680	-3522929.1330	2779243.436 0	4517637.366 0
2000	-3822388.3810	3699363.6000	3507573.2210	-3522928.4100	2779241.031 0	4517639.392 0

また, 稚内各点のGPS測量を実施し, 稚内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, 稚内標石からの座標差を算出した .

		X (m)	Y (m)	Z (m)
2 0 0 0	稚内 レーザー不動点	-9.2317	-1.7738	-3.4855
	稚内標石 (H1)	0.0000	0.0000	0.0000
	験潮所仮BM	3567.1895	1633.6615	1675.1003
	宇遠内三角点 (A1)	-2.6749	141.7675	-87.3139
	宇遠峠三角点 (A2)	-150.6523	1544.4278	-1069.5003
	宇遠内川三角点 (A3)	1910.3715	1694.7395	401.0285
	沼の上三角点 (A4)	-1077.3150	-2384.8930	586.3900

従って, 今回のGPS測量による稚内標石の稚内レーザー不動点からの座標差は次のとおり .
1992年については, 光学測量によった .

稚内標石(H1)			
year	X (m)	Y (m)	Z (m)
1992	10.0255	-0.5190	5.5762
2000	9.2317	1.7738	3.4855

SATELLITE LASER RANGING OBSERVATIONS
AT THE MARINE GEODETIC CONTROL POINT (WAKKANAI) IN 2000

よって稚内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。

稚内標石 (H1)	year	DELTA X (m)	DELTA Y (m)	DELTA Z (m)	Baseline (m)
	1992	299469.2955	-920120.6180	1010069.7742	1398765.4412
	2000	299469.2027	-920120.7952	1010069.6565	1398765.4528

3-2 稚内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、また、下記のMGC2000による原点シフト量より日本測地系に変換して、緯度、経度、楕円体高Hに算出した。

$$U = +146.383\text{m}$$

$$V = -507.298\text{m}$$

$$W = -680.443\text{m}$$

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)			日本測地系	
X	-3822388.3550	緯度	33° 34' 39.69688 "	33° 34' 27.53047 "
Y	3699363.5660	経度	135° 56' 13.33936 "	135° 56' 23.52787 "
Z	3507573.1170	楕円体高H	101.618m	63.290m

この成果を基にした稚内各点の海洋測地成果は次のとおり。

ただし、下里及び稚内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、MGC2000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)			日本測地系	
199	稚内レーザー不動点	X	-3522929.0850	緯度	45° 23' 09.21127 "	45° 23' 01.47154 "
		Y	2779243.4670	経度	141° 43' 48.15946 "	141° 44' 02.30100 "
		Z	4517637.3150	楕円体高H	92.785 m	13.237 m
92	稚内標石(H1)	X	-3522919.0595	緯度	45° 23' 09.52702 "	45° 23' 01.78734 "
		Y	2779242.9480	経度	141° 43' 47.89276 "	141° 44' 02.03430 "
		Z	4517642.8912	楕円体高H	91.001 m	11.452 m

SATELLITE LASER RANGING OBSERVATIONS
AT THE MARINE GEODETIC CONTROL POINT (WAKKANAI) IN 2000

海洋測地成果 MGC 2000 (epoch . 1997 . 0)						
		世界測地系 (WGS - 84)			日本測地系	
2 0 0	稚内 レーザー 不動点	X	-3522928.3840	緯度	45 ° 23' 09.30412 "	45 ° 23' 01.56440 "
		Y	2779240.9970	経度	141 ° 43' 48.22864 "	141 ° 44' 02.37019 "
		Z	4517639.2880	楕円体高H	92.728 m	13.180 m
	稚内 標石 (H1)	X	-3522919.1523	緯度	45 ° 23' 09.52519 "	45 ° 23' 01.78551 "
		Y	2779242.7708	経度	141 ° 43' 47.90180 "	141 ° 44' 02.04333 "
		Z	4517642.7735	楕円体高H	90.891 m	11.342 m
	駿潮所 仮BM	X	-3519351.9628	緯度	45 ° 24' 28.84697 "	45 ° 24' 21.12257 "
		Y	2780876.4323	経度	141 ° 41' 07.32081 "	141 ° 41' 21.45261 "
		Z	4519317.8738	楕円体高H	28.446 m	-51.363 m
	宇遠内 三角点 (A1)	X	-3522921.8272	緯度	45 ° 23' 05.46578 "	45 ° 22' 57.72577 "
		Y	2779384.5383	経度	141 ° 43' 42.86183 "	141 ° 43' 57.00260 "
		Z	4517555.4596	楕円体高H	91.882 m	12.333 m
	宇遠峠 三角点 (A2)	X	-3523069.8046	緯度	45 ° 22' 20.40778 "	45 ° 22' 12.66377 "
		Y	2780787.1986	経度	141 ° 42' 56.46667 "	141 ° 43' 10.59990 "
		Z	4516573.2733	楕円体高H	84.735 m	05.190 m
	宇遠内川 三角点 (A3)	X	-3521008.7808	緯度	45 ° 23' 29.01203 "	45 ° 23' 21.27870 "
		Y	2780937.5103	経度	141 ° 41' 52.33959 "	141 ° 42' 06.47149 "
		Z	4518043.8020	楕円体高H	60.724 m	-18.968 m
	沼の上 三角点 (A4)	X	-3523996.4673	緯度	45 ° 23' 37.40574 "	45 ° 23' 29.66547 "
		Y	2776857.8778	経度	141 ° 45' 44.65805 "	141 ° 45' 58.81274 "
Z		4518229.1635	楕円体高H	65.480 m	-13.979 m	

3-3 日本測地系の歪みの算出

海洋測地成果 (MGC 2000) の日本測地系と、国土地理院三角点成果との比較を行い、補正量を算出した。

国土地理院三角点成果				補正量			
点名	緯度	経度	標高				H g
宇遠内三角点 (A1)	45 ° 22' 57.557 "	141 ° 43' 56.743 "	65.01 m		0.169	0.260	-52.68
宇遠峠三角点 (A2)	45 ° 22' 12.492 "	141 ° 43' 10.342 "	57.94 m		0.172	0.258	-52.75
宇遠内川三角点 (A3)	45 ° 23' 21.110 "	141 ° 42' 06.206 "	33.88 m		0.169	0.265	-52.85
沼の上三角点 (A4)	45 ° 23' 29.493 "	141 ° 45' 58.561 "	38.60 m		0.172	0.252	-52.58
				平均	0.170	0.259	-52.71

SATELLITE LASER RANGING OBSERVATIONS
AT THE MARINE GEODETIC CONTROL POINT (WAKKANAI) IN 2000

3-4 レーザー測距観測による稚内の相対運動

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、稚内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。

稚内標石		d X (m)	d Y (m)	d Z (m)	d Base(m)	V h (mm/y)	A z (°)
	2000-1992	-0.0928	-0.1772	-0.1177	0.0117	26	106

3-5 海面絶対高

稚内レーザー不動点におけるレーザー測距観測成果、レーザー不動点と稚内験潮所近傍仮BMでのGPS観測成果、同仮BMと同験潮所間の水準測量成果及び験潮記録から平均海水面の世界測地系の楕円体高を求める。

(1) 稚内験潮所近傍仮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
	2000	45°24' 28.84697"	141°41' 07.32081"	28.446 m

(2) 平均海面の世界測地系準拠楕円体高

仮BMに対する稚内験潮所間の直接水準測量成果と基準測定成果

2000	直接水準測量			基準測定	
	仮BM	球分体	錘測基点	測定値	既定値
	0.000m	0.354m	1.364m	4.751m	4.756m

第一管区海上保安本部調製による潮汐月平均値(稚内)及び稚内常設験潮所基準測定成果表(平成10年8月調製)より。

年	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1ヶ年平均(m)	1.773m	1.741m	1.759m	1.738m	1.791m	1.775m
5ヶ年平均(m)	1.767m	1.760m	1.762m	1.757m	1.760m	1.761m

球分体 3.745m (0 of g 上)

以上から、楕円体高は次のように求める。

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

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

2000	H k : 球分体 (m)	H m : 平均水面 (m)
	28.800	26.816

SATELLITE LASER RANGING OBSERVATIONS
AT THE MARINE GEODETIC CONTROL POINT (WAKKANAI) IN 2000

Table 1 2 0 0 0 年 稚内海洋測地成果

	Coordination		Comments
海洋測地成果	レーザー不動点	$X_T = -3522928.3840 \text{ m}$ $Y_T = 2779240.9970 \text{ m}$ $Z_T = 4517639.2880 \text{ m}$	WGS
	標 石	$H = 45^\circ 23' 09.52519''$ $H = 141^\circ 43' 47.90180''$ 楕円体高 = 90.891 m	
		$H = 45^\circ 23' 01.78551''$ $H = 141^\circ 44' 02.04333''$ 楕円体高 = 11.332m	TD
	三角点成果 への補正量 (平均値)	= +0.170 " = +0.259 " ジオイド高 = -52.71m	補正量は平成 14 年国土地理院成 果に基づく値
平均海面等 の楕円体高	平均海面高	$H_m = 26.816 \text{ m}$	1996 年から 2000 年までの験潮記 録の平均による
	験潮所球分体高	$H_k = 28.800\text{m}$	