

**本土海洋測地基準点座標値の決定（海洋測地成果2000）**  
**REPORT ON THE DETERMINATION OF COORDINATES**  
**OF MAINLAND CONTROL POINT (MGC2000)**

**Summary** - The coordinates of the mainland control point, Simosato, were determined through SLR analyses using global LAGEOS data for the period 1986-1998. The coordinate values at epoch 1997.0 were adopted as the authorized result termed "MGC2000", after the linear reduction of the obtained 13-year time series. The corresponding transformation parameters from the Tokyo Datum to the World Geodetic System were also evaluated by combining with the GPS observation result.

**Key words** : satellite laser ranging - Lageos - marine geodetic controls - GPS

## 1 目的と概要

水路部では、我が国の測地系（日本測地系）を世界測地系に結合し、海洋測地網及び世界測地系の精度維持向上に資するため、人工衛星レーザー測距（SLR）観測を実施している。この中で、下里水路観測所は、海洋測地網の原点である本土基準点として位置づけられ、1982年以來米国の「ラジオス」等の測地衛星の定常観測を行うことによって、その正確な世界測地系に基づく位置が求められている。

下里水路観測所には、固定式レーザー測距装置があり、また、本土基準点標石が設置されている。レーザー測距装置の不動点と標石の位置は、地上測量及びGPS測量で座標差が決定され、またその後管理測量が行われている。

下里レーザー測距装置不動点の世界測地系座標値としては、水路部観測報告衛星測地編第7号で、1984年から1991年の「ラジオス」SLRデータから海洋測地成果として算出されているが、この値は、1990年の年初の値であり、また海洋測地成果では下里の動きが考慮されていない。また、1992年10月に打ち上げられた「ラジオス」によって、近年、下里の位置算出精度は向上しているため、再解析を行う必要があった。このため、1986年から1998年までの「ラジオス」SLRデータを再解析し、本土基準点の位置を時間の1次回帰により導出したので、ここに報告する。

また、日本測地系から世界測地系への変換のために必要な原点シフト量は、水路部観測報告衛星測地編第9号で算出されているが、この値は、日本測地系の座標値としては、下里近傍の国土地理院三角点の値が用いられており、日本経緯度原点から下里近傍までの三角網の歪み（日本測地系の歪み）が考慮されていない。このため、日本経緯度原点近傍の国土地理院一等三角点「東京大正」で、GPS観測を行い、日本測地系から世界測地系への変換のために必要な原点シフト量を算出した。

**REPORT ON THE DETERMINATION OF COORDINATES  
OF MAINLAND CONTROL POINT ( MGC2000 )**

2 作業区域

第五管区海上保安本部 下里水路観測所 本土基準点  
千葉県銚子市 一次基準点「銚子」  
東京都港区麻布台 一等三角点「東京大正」( 経緯度原点近傍 )

3 作業期間

( 1 ) 現地作業

イ . 本土基準点 ( 下里水路観測所 )

1986年 1月 1日から1998年12月31日まで

ロ . 一次基準点「銚子」

1996年 1月 5日から1996年 3月14日まで

ハ . 国土地理院とのGPS共同観測

一次基準点「銚子」、一等三角点「東京大正」

1997年 4月20日から1997年 4月23日まで

1999年 3月 1日から1999年 3月 5日まで

( 2 ) 資料整理作業

1999年 1月26日から

1999年 7月 9日まで

4 解析に用いたデータ

( 1 ) 本土基準点解析に用いたSLRデータ

イ . 本土基準点 ( 下里水路観測所 )

1986年	ラジオス	222	パス		
1987年	ラジオス	114	パス		
1988年	ラジオス	85	パス		
1989年	ラジオス	91	パス		
1990年	ラジオス	89	パス		
1991年	ラジオス	93	パス		
1992年	ラジオス	99	パス、ラジオス	14	パス
1993年	ラジオス	61	パス、ラジオス	94	パス
1994年	ラジオス	72	パス、ラジオス	74	パス
1995年	ラジオス	125	パス、ラジオス	124	パス
1996年	ラジオス	86	パス、ラジオス	101	パス
1997年	ラジオス	59	パス、ラジオス	40	パス
1998年	ラジオス	74	パス、ラジオス	94	パス
合計	ラジオス	1270	パス、ラジオス	541	パス

**REPORT ON THE DETERMINATION OF COORDINATES  
OF MAINLAND CONTROL POINT ( MGC2000 )**

ロ．本土基準点以外の S L R データ

1986年から1998年でラジオス、ラジオス を観測した S L R 局のうち、国際レーザー測距事業 ( I L R S ) の「レーザー測距及びサブネットワーク局」に参加している 111 局のラジオス、ラジオス の全 S L R データ。

( 2 ) 一次基準点「銚子」解析に用いた S L R データ

イ．本土基準点 ( 下里水路観測所 )

1996年	ラジオス	23パス
	ラジオス	33パス
	あじさい	81パス

ロ．一次基準点「銚子」

1996年	ラジオス	8パス
	ラジオス	18パス
	あじさい	64パス

ハ．上記以外の S L R データ

4 ( 1 ) 八同様、本観測期間内でラジオス、ラジオス、あじさいの全 S L R データ。

( 3 ) G P S データ

1997年4月22日	24時間	下里 - 銚子 - 東京大正
1999年3月 2日	24時間	下里 - 銚子 - 東京大正
1999年3月 4日	24時間	下里 - 銚子 - 東京大正

( 4 ) I T R F 9 6 データ ( 元期(epoch) : 1997.0 年 )

下里、ワシントン及びハワイの各 S L R 局は、以下の値を用いた。

下里	X=-3822388.367m	Y=3699363.547m	Z=3507573.115m
	Vx=0.0030m/year	Vy=-0.0014m/year	Vz=-0.0075m/year
ワシントン	X=1130719.627m	Y=-4831350.568m	Z=3994106.533m
	Vx=-0.0178m/year	Vy=-0.0009m/year	Vz=-0.0001m/year
ハワイ	X=-5466006.602m	Y=-2404427.414m	Z=2242187.753m
	Vx=-0.0122m/year	Vy=0.0609m/year	Vz=0.0303m/year

\* I T R F 系 ( International Terrestrial Reference Frame : 国際地球基準座標系 ) は、国際地球回転観測事業 ( IERS:International Earth Rotation Service ) が構築している 3 次元地心直交座標系である。データは、SLR,VLBI, GPS,DORIS により算出したもの。

# REPORT ON THE DETERMINATION OF COORDINATES OF MAINLAND CONTROL POINT ( MGC2000 )

## 5 解析方法

本解析は、epoch1997.0 年を基準として、解析を行った。

### ( 1 ) 下里本土基準点の位置

下里レーザー測距装置不動点の世界測地系座標値を 1986 年 1 月から 1998 年 12 月までのラジオス及びラジオスのグローバルデータをソフトウェア GEODYN - / SOLVE を用いて解析を行った。ここで、ワシントン(stationID:7105)の緯度・経度、及びハワイ(stationID:7210)の緯度を I T R F 9 6 に固定し、下里レーザー測距装置不動点の座標を 1 年間毎に算出した。次に 1 年間毎に算出された各点の座標の原点、方向及びスケールをそろえるために、最小自乗法により ITRF96 に最も良く一致するように変換を行った。

これを基に、推定誤差を重みとした、時間の一次式で最小自乗法により、下里レーザー測距装置不動点の位置を下里の動きを考慮した地心座標の各 X Y Z について、近似式で算出した。この成果を海洋測地成果 2 0 0 0 ( M G C 2 0 0 0 ) と呼ぶこととする。

下里レーザー測距装置不動点の位置と時刻変化について、各年の下里レーザー観測成果、MGC2000、ITRF96 及び ITRF97 の地心座標系を図 1 に、WGS - 84 測地系による変換を行った緯度・経度・楕円体高を図 2 に示す。

また、下里レーザー測距装置不動点と下里本土基準点(下里標石)の位置の関係は、水路部観測報告衛星測地編第 7 号 p 1 0 6 記載の値を使用した。なお、この値については、その後の水路部観測報告衛星測地編第 1 0 号 p 1 2 0 の GPS による管理測量でも同値と算出されている。

### ( 2 ) 一次基準点「銚子」の位置

1996 年 1 月～ 3 月に行った、一次基準点観測で得られたラジオス、ラジオス及びあじさいの S L R データを上記( 1 )と同様の解析を行い、( 1 )で求めた下里レーザー測距装置不動点から、一次基準点「銚子」のベクトルを求めた。

ただし、一次基準点「銚子」での S L R 観測は、1 回の観測しか行っていないこと。また、GPS 観測においても、下里 - 銚子間での動きが 1 年間に約 1 c m であり、本観測結果を epoch1997.0 年として扱った。

### ( 3 ) 一等三角点「東京大正」の位置

一等三角点「東京大正」は、日本経緯度原点から約 1 0 0 m の場所にあり、日本測地系の実質的な原点と考えられている基準点である。

1997 年 4 月及び 1999 年 3 月に行った、一次基準点「銚子」、一等三角点「東京大正」及び下里本土基準点の GPS 同時観測データを、下里本土基準点を固定して、ベルニーズ基線解析ソフトを使用して、再解析した。この 2 回の観測から、銚子と東京大正のベクトルを時間の一次式で表し、epoch1997.0 年の東京大正と銚子の相対位置ベクトルを算出した。

**REPORT ON THE DETERMINATION OF COORDINATES  
OF MAINLAND CONTROL POINT ( MGC2000 )**

( 4 ) 測地系変換パラメータの算出

上記( 1 ) ~ ( 3 ) で算出した一等三角点「東京大正」の位置を、国土地理院で使用している測量成果( 三角点成果とは異なる ) を差し引き、世界測地系と日本測地系の変換パラメータを算出した。

6 解析結果

( 1 ) 下里本土基準点の位置

MGC2000による下里レーザー測距装置不動点及び下里本土基準点の位置で動きを考慮した地心座標系成果で表した。

下里レーザー測距装置不動点は、

$$X_{fp} = 0.00317 \times (\text{求年} - 1997.0\text{年}) - 3822388.3553\text{m}$$

$$Y_{fp} = 0.00256 \times (\text{求年} - 1997.0\text{年}) + 3699363.5660\text{m}$$

$$Z_{fp} = -0.00672 \times (\text{求年} - 1997.0\text{年}) + 3507573.1166\text{m}$$

と算出され、本土基準点標石は、観測報告衛星測地編第7号より、

$$X_H = X_{fp} + 14.960\text{m}$$

$$Y_H = Y_{fp} - 3.684\text{m}$$

$$Z_H = Z_{fp} + 12.672\text{m}$$

と求まっている。。

これを epoch1997.0 年で表すと、下里レーザー測距装置不動点は、

$$X_{fp1997} = -3822388.3553\text{m}$$

$$Y_{fp1997} = +3699363.5660\text{m}$$

$$Z_{fp1997} = +3507573.1166\text{m}$$

で、本土基準点標石は、

$$X_{H1997} = -3822373.395\text{m}$$

$$Y_{H1997} = +3699359.882\text{m}$$

$$Z_{H1997} = +3507585.789\text{m}$$

と算出された。

( 2 ) 一次基準点「銚子」の位置

解析の結果、下里レーザー測距装置不動点から一次基準点「銚子」のベクトルを算出した。

$$X_{\text{下里}-\text{銚子}1997} = -198944.0007\text{m}$$

$$Y_{\text{下里}-\text{銚子}1997} = -425887.0682\text{m}$$

$$Z_{\text{下里}-\text{銚子}1997} = +194137.5310\text{m}$$

**REPORT ON THE DETERMINATION OF COORDINATES  
OF MAINLAND CONTROL POINT ( MGC2000 )**

( 3 ) 一等三角点「東京大正」の位置

1997年及び1999年のGPS同時観測により、一次基準点「銚子」 - 一等三角点「東京大正」間のベクトルを時間の一次回帰により、導出した。

$$X_{\text{銚子-東京大正}} = +0.01922 \times (\text{求年} - 1997.0\text{年}) + 61935.3568\text{m}$$

$$Y_{\text{銚子-東京大正}} = -0.01691 \times (\text{求年} - 1997.0\text{年}) + 79330.9543\text{m}$$

$$Z_{\text{銚子-東京大正}} = -0.01009 \times (\text{求年} - 1997.0\text{年}) - 4259.7886\text{m}$$

これを epoch1997.0 年で表すと、

$$X_{\text{銚子-東京大正1997}} = +61935.3568\text{m}$$

$$Y_{\text{銚子-東京大正1997}} = +79330.9543\text{m}$$

$$Z_{\text{銚子-東京大正1997}} = -4259.7886\text{m}$$

と算出された。

( 4 ) 測地系変換パラメータの算出

( 1 ) から ( 3 ) で求めた値を使用して、epoch1997.0 年の下里レーザー測距装置不動点から一等三角点「東京大正」を算出すると、

$$X_{\text{東京大正1997}} = -3959396.999\text{m}$$

$$Y_{\text{東京大正1997}} = +3352807.452\text{m} \dots\dots\dots \textcircled{A}$$

$$Z_{\text{東京大正1997}} = +3697450.859\text{m}$$

となった。

また、国土地理院で算出している一等三角点「東京大正」の成果は、

緯 度 = 35°39'16.7000

経 度 = 139°44'43.3980 \dots\dots\dots \textcircled{A}

標高 = 楕円体高 = 25.404m (ジオイド高 = 0.000m)

で、これを地心座標系に変換すると、

$$X_{\text{東京大正成果}} = -3959250.616\text{m}$$

$$Y_{\text{東京大正成果}} = +3352300.155\text{m} \dots\dots\dots$$

$$Z_{\text{東京大正成果}} = +3696770.415\text{m}$$

となる。

ここで、 - は、

$$X_{\text{東京大正1997-東京大正成果}} = -146.383\text{m}$$

$$Y_{\text{東京大正1997-東京大正成果}} = +507.298\text{m} \dots\dots\dots$$

$$Z_{\text{東京大正1997-東京大正成果}} = +680.443\text{m}$$

と算出された。

これは、日本測地系で用いているベッセル楕円体の中心位置を地球重心からのずれ量として地心座標値で表したもので、Xは地球重心から緯度0度、経度0度方向、Yは地球重心から緯度0度、東経90度方向、Zは地球重心から北極方向を+としている。これが日本測地系から

**REPORT ON THE DETERMINATION OF COORDINATES  
OF MAINLAND CONTROL POINT ( MGC2000 )**

世界測地系への変換のために必要な原点シフト量として算出された。

7 その他

( 1 ) 公表されている一等三角点「東京大正」の成果を以下に示すが、国土地理院がV L B I 及び G P S 等で日本測地系と世界測地系の変換パラメータを算出しているため、その整合性を保つために、上記成果 ( A ) を使用した。

緯 度 = 35 ° 39 16 . 707  
経 度 = 139 ° 44 43 . 397 . . . . . ②  
標 高 = 25 . 43 m

( 2 ) 国土地理院で、算出された変換パラメータを示す。

X<sub>国土地理院</sub> = - 146 . 414 m  
Y<sub>国土地理院</sub> = + 507 . 337 m . . . . .  
Z<sub>国土地理院</sub> = + 680 . 507 m

このパラメータは、茨城、千葉、東京の電子基準点 ( G P S ) により、1996年7月23日観測の網平均計算で、ITRF94系で算出されている。

なお、一等三角点「東京大正」の成果は、( ② ) でなく、( A ) の成果を使用している。

、 は数 cm の差があるが、これは、

- 1 ) 国土地理院はITRF94 に準拠していること。
- 2 ) 水路部はS L R、国土地理院はG P S、と異なる技術を用いていること。

等が原因であり、十分誤差の範囲におさまっており、両者に本質的な差はない。

( 3 ) 世界測地系

水路部では、海図に用いる測地系として、海上位置測定に一般的に使用されているWGS - 84地球楕円体 ( 長半径 6,378,137m,扁平率 1/298.257223563 ) を採用することとしているが、日本学会会議測地学研究連絡委員会が平成10年10月28日に行った報告「我が国の測地基準系の改訂について」では、国際測地学・地球物理学連合 ( I U G G ) 及び国際測地学協会 ( I A G ) が公式に採用を勧告しているGRS - 80地球楕円体 ( 長半径 6,378,137m,扁平率 1/298.257222101 ) を採用するべきであることが述べられている。

また、WGS - 84の問題点は、飛田(1997)でも報告されているが、GPS放送暦に用いられているWGS - 84系には数年に1度多少の変更が加えられており、現在までに、WGS-84(Doppler),WGS-84(GPS),WGS-84(G730),WGS-84(G873)が存在し、同じWGS - 84系座標値で約1mのずれが生じる。また、WGS - 84 ( G 8 7 3 ) ではITRF94をほぼそのまま採用したらしい ( Slater et al.,1997 ) との報告もあり、アメリカの一機関が定めたWGS - 84系楕円体でなく、国際的な組織で決定されたGRS - 80を採用することが妥当である。

**REPORT ON THE DETERMINATION OF COORDINATES  
OF MAINLAND CONTROL POINT ( MGC2000 )**

ここで、GRS - 80地球楕円体とWGS - 84地球楕円体を比較した。

測地座標系

$$X = - 3 8 2 2 3 7 3 . 3 3 7 \text{ m}$$

$$Y = + 3 6 9 9 3 5 9 . 9 6 3 \text{ m}$$

$$Z = + 3 5 0 7 5 8 5 . 8 4 1 \text{ m}$$

WGS - 84

$$\text{緯 度 } 33^{\circ} 34' 40.2796$$

$$\text{経 度 } 135^{\circ} 56' 13.0347$$

$$\text{楕円体高 } 97.576 \text{ m}$$

GRS - 80

$$\text{緯 度 } 33^{\circ} 34' 40.2796$$

$$\text{経 度 } 135^{\circ} 56' 13.0347$$

$$\text{楕円体高 } 97.576 \text{ m}$$

両者の差は、1 mm 以下であることがわかる。従って、どちらの楕円体を用いても実用上、差は生じない。

( 4 ) 図 1 で、国土地理院が採用する I T R F 9 4 との関係は算出してない。

これは、I T R F 9 4 では固定式レーザー測距装置のオーバーホールの時期と重なったことなどが原因で、I T R F 9 4 における下里の速度が算出されてないためである。

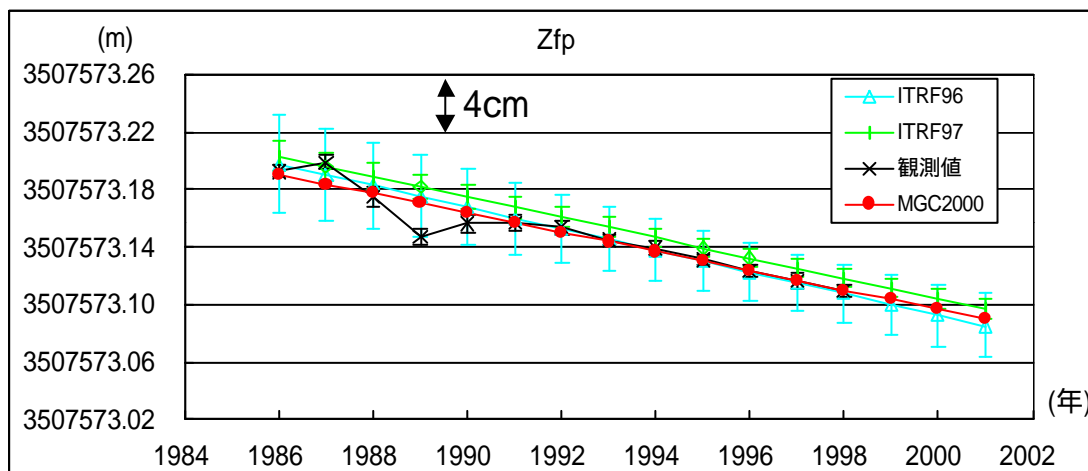
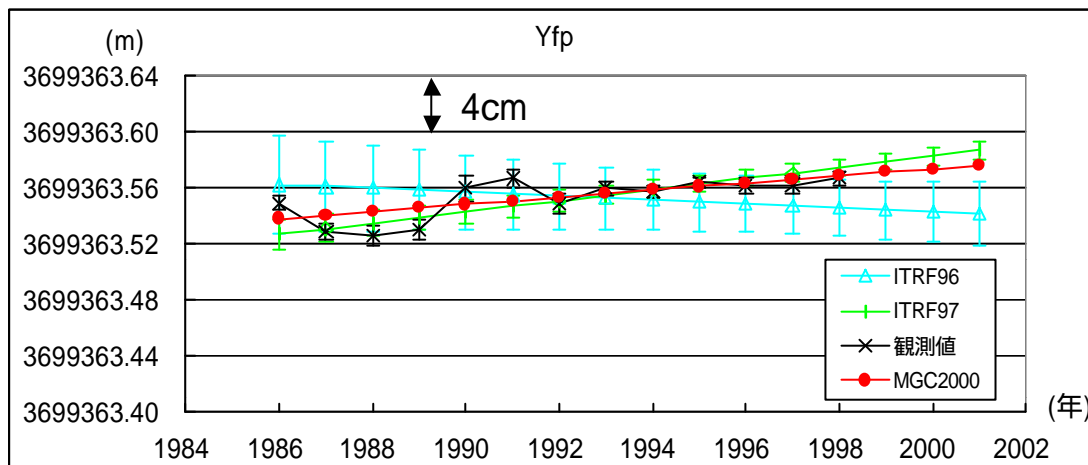
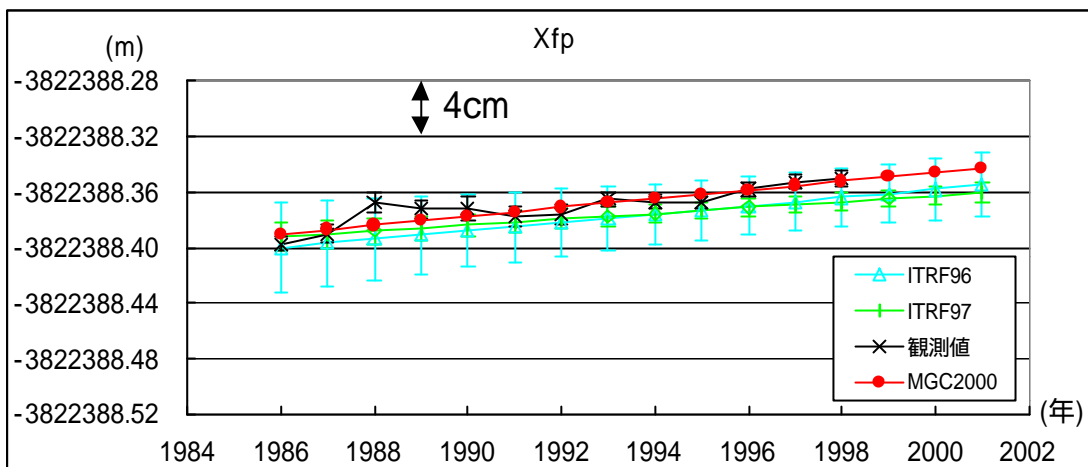
( 5 ) 世界測地系 日本測地系への変換は、( ) のパラメータを使用して、水路測量業務準則施行細則記載の計算式を用いることにより変換可能であるが、日本測地系と三角点成果との誤差(歪み)は、上記の計算を行っても取り除かれないため、三角点成果(東京大正三角点以外)は、歪みを計算するプログラム等を使用して、日本測地系の歪みを補正した後、世界測地系に変換することを忘れてはならない。



REPORT ON THE DETERMINATION OF COORDINATES  
OF MAINLAND CONTROL POINT ( MGC2000 )

下里レーザー不動点

図 1



REPORT ON THE DETERMINATION OF COORDINATES  
OF MAINLAND CONTROL POINT ( MGC2000 )

下里レーザー不動点

図 2

