

人工衛星のドップラー観測による離島の位置決定 †

内山丈夫*, 西村英樹*, 仙石 新*

SATELLITE DOPPLER POSITIONING † OF OFF-LYING ISLANDS

Takeo Uchiyama*, Eiki Nishimura*, Arata Sengoku*

Abstract

Since 1980, the Hydrographic Department has been measuring the latitude and longitude of off-lying islands, and has been collecting the data necessary for connection of the Tokyo Datum and the worldwide geodetic system, by using artificial satellites. Outline of the Marine Geodetic Control Network is as follows:

1. Fiducial Point

For connection of the Tokyo Datum and worldwide geodetic system, a fiducial point is established at the Simosato Hydrographic Observatory. Satellite Laser Ranging (SLR) has been carried out here by using the Lageos and Ajisai satellites.

2. First Order Control Points

For connection of off-lying islands and the fiducial point, Transportable Laser Ranging System was constructed. The SLR observation has been done on several islands by using the Ajisai satellites.

3. Second Order Control Points

On smaller islands, second order control points have been set up. The positions of these points have been measured by using the NNSS satellites.

This report deals with the outline of the observations and the tentative results of the NNSS observations since 1980.

1. はじめに

水路部では、1980年から「海洋測地網の整備」として、人工衛星を利用して日本本土から遠隔地にある島嶼等の経緯度の測定を開始するとともに、日本経緯度原点と世界測地系との関係を明らかにする作業を実施してきた。近年、新しい海洋秩序の時代を迎え国際的な要請に対応するためにも、即ち、領海・経済水域等の限界線並びに隣接国との中間線の画定等の作業を実施するために、基準となる島嶼について、その正確な位置を測定し、海図上に正確に記載することが必要である。

水路部における「海洋測地網の整備」の概要は次のとおりである。

† Received 14th Aug. 1991

*航法測地課衛星測地室：Satellite Geodesy Office,

Geodesy and Geophysics Division

(1) 本土基準点観測

日本経緯度原点と世界測地系の座標との関係を明確にするために、第五管区海上保安本部下里水路観測所(本土基準点)に固定式レーザー測距装置を整備し、1982年から測地衛星「ラジオス」のレーザー測距による国際共同観測を実施している。この観測成果により、1983年には、日本列島の位置は世界測地系においては、現在の地図上に表示されている位置よりも、約470m北西(暫定値)にあることを公表した。

(2) 一次基準点観測

我が国の領海域の要に位置する離島等(一次基準点)を本土基準点と結合し、海洋測地網の骨格を形成するために、一次基準点観測用に可搬式レーザー測距装置と可搬式衛星方位測定装置を整備し、本土基準点の固定式レーザー測距装置や固定式衛星方位測定装置と一次基準点の可搬式レーザー測距装置や可搬式衛星方位測定装置とにおいて、国産測地衛星「あじさい」のレーザー測距と衛星方位観測による同時観測を実施している。1988年1月から父島をはじめ、石垣島、南鳥島、沖縄島、対馬、隠岐諸島、南大東島、十勝、硫黄島と観測が進められている。

(3) 離島経緯度観測

一次基準点以外の主要な離島(二次基準点)を本土基準点および一次基準点と結合して、海洋測地網を展開するため、1980年から米海軍航行衛星(NNSS)による離島経緯度観測の同時観測を、本土基準点や一次基準点および二次基準点において実施している。また、二次基準点の島嶼周辺における領海・経済水域の基点となる小島や露岩等(三次基準点)の位置も、二次基準点との間の三角測量によって決定している。

本稿では、1980年から実施してきた米海軍航行衛星(NNSS)による離島および遠隔地の経緯度観測について、観測の概要、暫定的な観測成果について報告する。

2. 観測の概要

(1) 観測の歴史

水路部では、1974年から1977年にかけてGDP海洋測地観測計画に参加して、米海軍航行衛星(NNSS)のドップラー観測を実施し、南西諸島や南方諸島、本土観測点において、各観測点の経緯度を測定した。

当時、測量船「昭洋」には航行衛星受信装置(Magnavox MX702A3-Hp)が搭載されており、移動局観測点として活躍した。基地局観測点には「東芝NNSS POSITION FIXING SYSTEM MODEL TA3455L」や、「北辰-マグナボックス航行衛星システム HX702A」を借り上げて使用した。基地局観測点としては、東京や石垣島、硫黄島、あるいは港や基地において接舷中の測量船「昭洋」を使用し、移動局観測点としては、測量船「昭洋」で接舷中や、錨泊、漂泊中において、レーダーまたは三点両角法あるいは陸上からの船位測定により観測点を確保する方法で実施した。また、東京と釧路、鹿児島、沖縄島(那覇)、佐渡島(両津)の各地点間において長基線観測を実施し、各観測において成果を得ている。

詳しくは、水路部観測報告天文測地編第13号(P64, 森, 金沢, 1979)を参照されたい。

(2) 観測方法

1980年には、航行衛星受信装置(Magnavox社製 MX1502型)3台を整備し(1984年から4台構成)、原則として、基地局観測点を2地点、未知局観測点を1~2地点を展開して、航行衛星の同時観測を実施することとしている。主な基地局観測点として、下里水路観測所、美星水路観測所、沖縄島(那覇)、石垣島、三鷹(国立天文台)、水沢(国立天文台)、父島、一次基準点観測点がある。

1) 受信装置の構成

- (1) アンテナ部……アンテナ, プリアンプ, 三脚, アンテナケーブル
- (2) 受信機部……受信機部 (受信機, 演算処理器, メモリー, 記録器, 内部電源を含む)
- (3) 外部電源……蓄電池 (複数個), 充電器
- (4) その他……カセットテープ (記録用, 予報用), テント, 設営用具

2) 受信装置の設置

受信アンテナは, 上空の見晴らしの良い場所を選んで設置し, 長期間の観測に耐えられるよう固定する。受信機は, アンテナケーブルでアンテナのプリアンプと接続し, 野外の場合はテントを張って, その中に設置する。外部電源 (蓄電池) を受信機に接続すると, 航行衛星からの電波の受信が可能になる。

但し, 受信機は, 24時間以上のウォーミングアップが必要である。

3) 観測開始の手続

- (1) 観測地点の緯度・経度・高さ, 及び年月日・時刻 (世界時) の概略値を入力する。
- (2) 各衛星の軌道要素 (アラートテープ) を読み込ませる。
- (3) データ記録用カセットテープをセットする。
- (4) 自己診断プログラム (セルフ・テスト) をRUNさせる。

以上により, 受信機が正常な場合には電波の受信を開始するが, 異常が発見された時にはアラームを発する。アラームが鳴った時には, 表示された不調箇所を調査して対処する。受信機が正常に機能している時には, 演算処理部は各衛星の軌道要素を解析して, その観測地点に衛星が飛んで来る時刻を計算しておき, 衛星がいない間は受信機の各所の電源をOFFにして休息に入る。衛星が飛んで来る時刻になると, 受信機は各所の電源をONにして電波の受信を開始し, 衛星が通過し終ると必要データをカセットテープに記録する。野外観測の時など, アラートデータが入力されている時には, 1個の蓄電池 (12V, 36AH) で約1日分の観測が可能である。

(3) 航行衛星の電波

航行衛星 (NNSS) は, 高度約1,000kmを極軌道で, 10数個の衛星が地球を鳥籠状に周回している。これらの衛星は, 電離層の屈折の影響を補正するために, 400MHz帯 (399.968MHz) と150MHz帯 (149.988MHz) の2周波の電波を放射しながら飛行しており, このうち6~7個の衛星が観測に使用可能である。これらの航行衛星が, 北→南, あるいは南→北と飛行する時に, この一定周波数の電波は観測地点において, ドップラー効果のために, 400MHzで+8~8KHzの間の周波数偏位が観測される。400MHz帯と150MHz帯の各周波数の間には, 互に8/3の関係にある。

電波による偶数の2分毎の正確な時刻と, その間の一定時間毎のドップラー周波数積算値, 衛星の軌道要素, 衛星の最接近点の時刻等の出力を記録することにより, 解析して観測地点の経緯度が推定される。

受信機には基準周波数発振器や精密時計を内蔵しているが, 衛星からの電波を受信することにより, 発振周波数の補正や時刻の修正も行なわれる。

(4) 測点標識の設置と位置測量

観測地点を選定して受信アンテナを設置した場合, 海洋測地網を展開するために, アンテナの直下, またはその周辺に, 測点標識 (金属標) を設置している。測点標識の位置は受信アンテナの位置と関係づけるとともに, 可能な限り, 国土地理院の三角点や多角点と測量により結合する。そして, 測点標識が孤立しており, 既設の基準点と結合できない場合には, 原則として方位標 (金属標) を設置する。

国土地理院の三角点や多角点の中には, 日本経緯度原点 (東京) に基づく三角点網に含まれるもの (日本

測地系)と、離島のために、三角点網で結ばれていないもの(局地測地系)がある。水路部測点標識(標石または金属標)は、ドップラー観測に基づいて、本土基準点または一次基準点と結合して海洋測地網を展開している。

(5) ドップラー観測データの解析

航行衛星(NNSS)の電波を3~4地点で同時観測して取得したドップラー観測データは、Translocation法により解析を行っている。Translocation法では、基準点2地点を含む1~2地点の未知点において同時観測を実施した場合、基準点及び未知点において同時に含まれる衛星に関わる共通の誤差、例えば衛星の軌道要素に起因する誤差、または時計の誤差等については、観測点網の中で互いに相殺するように解かれている。受信状況の良好な観測地点において、十分な数のドップラー・データを取得した場合には、約1mの精度で観測地点の経緯度が求められる。航行衛星のドップラー観測においては、受信アンテナにおける電波の受信状況の相違により、測位精度に若干の影響はある。

詳しくは、水路部観測報告天文測地編第13号(P70, 森, 金沢, 1979)を参照されたい。

3. 暫定的な観測成果

航行衛星のドップラー観測においては、基地局観測点を2地点と未知局観測点を1~2地点を展開して同時観測を実施しているが、解析においては、観測終了後にオフライン処理として、Translocation法により実施している。観測点は受信アンテナの中心であり、赤マークを付している。解析においてもアンテナ中心についての解が得られ、以後、測地系の変換あるいは位置測量においても、アンテナ中心の値において検討される。第1表に航行衛星(NNSS)による離島経緯度観測の暫定的な観測成果を示す。

(1) 観測成果

航行衛星(NNSS)のドップラー観測においては、受信データを解析プログラム「MAGNET」により、Translocation法で整約し、受信アンテナの中心位置を世界測地系の経緯度で求める。そして、高さは世界測地系の楕円体高である。

(2) 測地系の座標変換

水路部では、海洋測地の推進について、第五管区海上保安本部下里水路観測所に本土基準点を設置して海洋測地網を展開しているので、航行衛星の同時観測においても、海洋測地網の原点として下里水路観測所を含むことになる。

受信アンテナの中心位置を世界測地系で測定した後、これを日本測地系に変換する。この時、世界測地系座標と日本測地系座標は、下里水路観測所の航行衛星受信アンテナの中心位置において、互いの座標軸を平行移動させて一致させる。世界測地系で観測した経緯度、楕円体高を日本測地系の経緯度、楕円体高に座標変換した時、高さは日本測地系の準拠楕円体面から測った楕円体高に変換される。

詳しくは、水路部観測報告衛星測地編第1号(P76, 金沢, 1988)を参照されたい。

(3) 補正量 $\Delta\phi$, $\Delta\lambda$

航行衛星(NNSS)のドップラー観測で、世界測地系で経緯度を求めて日本測地系に座標変換したアンテナ位置と、国土地理院の三角点および多角点から測量により求めたアンテナ位置とでは経緯度に差がみられる。この差を補正量($\Delta\phi$, $\Delta\lambda$)といい、次の関係式により計算している。

$$\Delta\phi = \phi_{\text{NNSS}} - \phi_{\Delta}$$

$$\Delta\lambda = \lambda_{\text{NNSS}} - \lambda_{\Delta}$$

ここで、 ϕ_{NNSS} 、 λ_{NNSS} は、ドップラー観測により求めた緯度、経度（日本測地系）、 ϕ_{Δ} 、 λ_{Δ} は、三角点或いは多角点から測量により求めた緯度、経度（日本測地系）である。

この補正量（ $\Delta\phi$ 、 $\Delta\lambda$ ）を、近傍の三角点や多角点の経緯度に加えることにより、海洋測地網で展開しているドップラー観測に基づいた経緯度に変換することができる。また、ドップラー観測による測位として、アンテナ中心の楕円体高が求められるので、三角点からの測量によるアンテナ中心の標高から、次の関係式によりジオイド高が求められる。

$$\text{ジオイド高 (hg)} = \text{楕円体高 (H)} - \text{標高 (h)}$$

ジオイド高 (hg) は、準拠楕円体面から平均水面までの高さである。

(4) 暫定的な観測成果

「海洋測地網の整備」として、1980年から実施してきた航行衛星のドップラー観測による離島経緯度観測の暫定的な観測成果を第1表に示す。ここで「暫定的」という意味は、現在なお「海洋測地の推進」が進行中であり、本土基準点及び一次基準点のドップラー観測に使用している基準点の経緯度が、まだ確定していない等の理由によるものである。

次に、第1表について各項目別に説明する。

- 1) 観測年月………ドップラー観測を実施した年月。
- 2) 観測区域………ドップラー観測を実施した観測地であるが、基準点は省略している。
*印は日本経緯度原点と結ばれていない局地測地系を意味する。
- 3) 測点の経緯度（日本測地系）………国土地理院の三角点や多角点から測量により求めた受信アンテナ中心の経緯度、標高である。
(2)欄に*印がある場合は、日本経緯度原点と結ばれていない。
- 4) 観測経緯度（世界測地系）………航行衛星によるドップラー観測から求めた受信アンテナ中心の世界測地系の経緯度、楕円体高である。
- 5) 観測経緯度（日本経緯度）………(4)による世界測地系の経緯度を、下里の観測点を基準として、日本測地系に座標変換した経緯度、楕円体高である。
- 6) 補正量（ $\Delta\phi$ 、 $\Delta\lambda$ ）………ドップラー観測より求めた受信アンテナ中心の経緯度、楕円体高（日本測地系）と三角点から測量により求めた受信アンテナ中心の経緯度、標高（日本測地系）との差である。即ち、(6)=(5)-(3)

hgはジオイド高を表す。

ジオイド高は、楕円体面からジオイド面（平均水面）までの高さであり、標高は平均水面からの高さであるので、次の関係式がある。

$$\text{ジオイド高 (hg)} = \text{楕円体高 (H)} - \text{標高 (h)}$$

- 7) 水路部測点標識（日本測地系）………ドップラー観測により求めた海洋測地網の経緯度（日本測地系）であり、高さは標高である。測点標識は次のように区別している。

HO：標石、H1：金属標（A、B、H2、F1、F2、F3も同じ）、 Δ ：三角点。

() のローマ数字は三角点や多角点の等級を示す。

4. おわりに

本稿は、海上保安庁水路部が1980年から「海洋測地網の整備」として実施してきたドップラー観測による離島の経緯度観測の暫定的な成果に基づくものである。この中には、離島の海の基本図測量によるもの、接食観測時のもの、或いは基準点観測によるものを含んでいる。1982年からは、測地衛星によるレーザー測距観測も加わり、「海洋測地の推進」として、今なお進行中である。

本稿では、随所に「暫定的」という断わりを入れてきたが、これは、本土基準点および一次基準点等においてドップラー観測に使用した基準点の経緯度が、まだ最終的に確定していない等の理由によるものであり、基準点の経緯度が確定した後、再計算等の処理により、二次基準点の経緯度が確定するものである。

これまで、ドップラー観測には数多くの職員が従事し、長い年月をかけてきた。第一管区および第七管区海上保安本部水路部職員、第十一管区海上保安本部水路監理課・水路調査課職員をはじめ、白浜、下里、倉敷、美星の各水路観測所、あるいは国立天文台（三鷹・水沢）にも協力を得ている。

また、測量船、巡視船をはじめ、観測基地あるいは寄港に際しては、管区海上保安本部、海上保安部、海上保安署、航路標識事務所等に多大の協力と支援を得て実施されたものであり、「海洋測地の推進」による成果は、海上保安庁あげての貴重な観測成果である。

参 考 文 献

- 森 巧, 金沢輝雄: 米海軍航行衛星の観測による離島の経緯度測量, 水路部観測報告天文測地編, 13, P. 64~103, (1979)
- 竹村武彦, 金沢輝雄: 人工衛星のドップラー観測による離島の位置決定1980-1981, 水路部観測報告天文測地編, 17, P. 61~87, (1983)
- 竹村武彦, 金沢輝雄: 人工衛星のドップラー観測による離島の位置決定1982, 水路部観測報告天文測地編, 18, P. 42~54, (1984)
- 竹村武彦: 人工衛星のドップラー観測による離島の位置決定1983, 水路部観測報告天文測地編, 19, P. 85~98, (1985)
- 竹村武彦: 人工衛星のドップラー観測による離島の位置決定1984, 水路部観測報告天文測地編, 20, P. 72~85, (1986)
- 竹村武彦: 人工衛星のドップラー観測による離島の位置決定1986, 水路部観測報告衛星測地編, 1, P. 46~58, (1988)
- 金沢輝雄: 海図等に記載する測地系変換補正量の計算方法, 水路部観測報告衛星測地編, 1, P. 76~81, (1988)
- 仙石 新, 浅井光一: 人工衛星のドップラー観測による離島の位置決定1988, 水路部観測報告衛星測地編, 3, P. 77~90, (1990)
- 河合晃司: 人工衛星のドップラー観測による離島の位置決定1989-1990, 水路部観測報告衛星測地編, 5, P. 65~ , (1992)

Table 1. Tentative results of the Doppler observations(NNSS).

(1) 観測年月	(2) 観測区域	測点の経緯度(3) (日本測地系)	観測経緯度(4) (世界測地系)	観測経緯度(5) (日本測地系)	補正量(6) $\Delta\phi, \Delta\lambda$	水路部測点標識(7) (日本測地系)		
		° / ' "	° / ' "	° / ' "	"	° / ' "		
1980年	8月	白浜 34 42 45.968 N 138 59 21.365 E h = 173.40 m	34 42 58.030 N 138 59 09.259 E H = 214.48 m	34 42 45.950 N 138 59 21.392 E H = 180.16 m	-0.018 +0.027 hg= 6.76 m	H1 34 42 45.950 N 138 59 21.393 E h = 172.03 m		
							倉敷 34 35 20.018 133 46 20.976 h = 12.86 m	34 35 31.716 133 46 10.558 H = 50.53 m
	10月	沖繩島 (那覇) 26 14 26.582 127 40 32.046 h = 33.92 m	26 14 40.660 127 40 24.396 H = 69.04 m	26 14 26.131 127 40 32.331 H = 46.29 m	-0.451 +0.285 hg= 12.37 m	H1 26 14 26.131 127 40 32.331 h = 31.91 m		
							石垣島*	24 20 27.566 124 08 49.984 h = 8.26 m
	与那国島*	24 26 33.003 122 56 47.908 h = 75.96 m	24 26 52.751 122 56 48.667 H = 103.19 m	24 26 37.770 122 56 55.008 H = 79.80 m	+4.767 +7.100 hg= 3.84 m	HO 24 26 45.121 122 56 09.630 h = 58.26 m		
							下里	33 34 27.098 135 56 23.041 h = 67.61 m
	門司	33 56 26.766 130 57 39.956 h = 63.14 m	33 56 38.494 130 57 30.349 H = 97.68 m	33 56 26.862 130 57 39.939 H = 35.38 m	+0.096 -0.017 hg=-27.76 m	H1 33 56 27.120 130 57 40.101 h = 48.66 m		
							水沢	39 07 56.041 141 08 13.081 h = 73.13 m
	1981年	1月	三 鷹(1) 35 40 22.726 139 32 23.687 h = 58.70 m	35 40 34.363 139 32 11.452 H = 97.35 m	35 40 22.698 139 32 23.772 H = 59.68 m	-0.028 +0.085 hg= 0.98 m		
							6月	宮古島*
		南小島	25 43 25.020 123 32 55.883 H = 161.00 m	25 43 10.664 123 33 02.399 H = 133.99 m		B 25 43 10.661 123 33 02.396 h = 133.43 m		
							黄尾嶼	25 55 39.275 123 40 48.053 H = 63.08 m
		赤尾嶼	25 55 21.019 124 33 33.698 H = 107.33 m	25 55 06.692 124 33 40.546 H = 81.74 m		A 25 55 06.608 124 33 41.733 h = 79.10 m		
							7月	網 走 44 06 01.363 144 09 15.009 h = 76.05 m
10月		象 潟 39 13 27.687 139 55 00.337 h = 5.83 m	39 13 37.919 139 54 47.172 H = 47.30 m	39 13 27.695 139 55 00.535 H = -12.21 m	+0.008 +0.198 hg=-18.04 m			

(1) 観測年月	(2) 観測区域	測点の経緯度(3) (日本測地系)	観測経緯度(4) (世界測地系)	観測経緯度(5) (日本測地系)	補正量(6) $\Delta\phi, \Delta\lambda$	水路部測点標識(7) (日本測地系)		
1982年 6月	沖ノ島島	〃 〃 〃	20 25 22.448 N 136 04 25.212 E H = 50.02 m	20 25 05.626 N 136 04 35.094 E H = 115.26 m		H1 20 25 05.737 N 136 04 35.017 E h = -0.27 m		
		h = 5.11 m			hg=110.15 m			
	南硫黄島	〃 〃 〃	24 14 37.912 141 27 04.603 H = 60.35 m	24 14 21.982 141 27 16.233 H = 118.70 m		H1 24 14 21.787 141 27 16.749 h = 5.25 m		
		h = 10.41 m			hg=108.29 m			
	7月	南島島	〃 〃 〃	24 17 41.028 153 59 02.314 H = 38.19 m	24 17 23.908 153 59 16.886 H = 169.61 m		HO 24 17 23.564 153 59 17.010 h = 8.15 m	
			h = 9.85 m			hg=159.76 m		
硫黄島*	〃 〃 〃	24 45 11.166 141 17 26.162 h = 169.47 m	24 44 01.555 141 17 20.274 H = 218.14 m	24 44 45.682 141 17 31.832 H = 271.06 m	-25.484 +5.670 hg=101.59 m	HO 24 44 45.682 141 17 31.832 h = 167.74 m		
	h = 8.98 m							
9月	稚内	〃 〃 〃	45 24 17.819 141 48 43.568 h = 8.98 m	45 24 25.615 141 48 28.808 H = 33.12 m	45 24 18.068 141 48 43.889 H = -40.21 m	+0.249 +0.321 hg=-49.19 m		
		h = 8.98 m						
10月	天塩	〃 〃 〃	44 55 42.845 141 45 35.673 h = 8.03 m	44 55 51.108 141 45 22.276 H = 34.68 m	44 55 43.190 141 45 37.291 H = -40.58 m	+0.345 +1.618 hg=-48.61 m		
		h = 8.03 m						
1983年 6月	西之島	〃 〃 〃	27 14 49.004 140 52 27.538 H = 70.26 m	27 14 34.140 140 52 39.201 H = 99.78 m		H1 27 14 34.067 140 52 39.232 h = 24.99 m		
		h = 26.04 m			hg=73.7 m			
	8月	十勝	〃 〃 〃	42 43 39.557 143 42 24.625 h = 37.03 m	42 43 48.713 143 42 09.956 H = 59.89 m	42 43 39.656 143 42 25.063 H = 2.68 m	+0.099 +0.438 hg=-34.35 m	
			h = 37.03 m					
	久六島	〃 〃 〃	40 32 02.884 139 29 51.174 H = 44.30 m	40 31 02.884 139 30 04.439 H = -19.95 m	40 31 53.406 139 30 04.439 H = -19.95 m		H1 40 31 53.406 139 30 04.439 h = 8.89 m	
		h = 10.58 m				hg=-30.53 m		
12月	父島*	〃 〃 〃	27 05 29.582 142 10 55.109 h = 158.29 m	27 05 40.821 142 11 05.679 H = 208.62 m	27 05 25.581 142 11 17.638 H = 247.09 m	-4.001 +22.529 hg=88.80 m		
		h = 158.29 m						
北硫黄島	〃 〃 〃	25 26 11.688 141 17 33.962 h = 3.95 m	25 25 55.952 141 17 45.516 H = 97.12 m	25 25 55.952 141 17 45.516 H = 97.12 m		H1 25 25 57.057 141 17 45.455 h = 4.53 m		
	h = 3.95 m				hg=93.2 m			
1984年 7月	男女群島 鳥島	〃 〃 〃	32 14 36.874 128 06 15.766 H = 47.77 m	32 14 24.813 128 06 24.062 H = -11.94 m		H1 32 14 24.810 128 06 24.058 h = 14.74 m		
		h = 16.49 m			hg=-28.43 m			
	女島	〃 〃 〃	31 59 20.088 128 21 08.814 h = 113.99 m	31 59 32.296 128 21 00.335 H = 145.66 m	31 59 20.116 128 21 08.689 H = 88.38 m	+0.028 -0.125 hg=-25.61 m	H1 31 59 19.438 128 21 08.573 h = 108.47 m	
		h = 113.99 m						
	男島	〃 〃 〃	32 02 10.145 128 23 22.562 h = 16.44 m				H1 32 02 10.145 128 23 22.562 h = 16.44 m	
		h = 16.44 m						
	蛟瀬	〃 〃 〃	31 57 49.864 128 21 11.473 h = 5.60 m				H2 31 57 49.864 128 21 11.473 h = 5.60 m	
		h = 5.60 m						
	美星	〃 〃 〃	34 40 36.418 133 34 26.019 h = 518.26 m	34 40 48.009 133 34 15.775 H = 554.69 m	34 40 36.496 133 34 26.102 H = 498.94 m	+0.078 +0.083 hg=-19.32 m	HO 34 40 35.561 133 34 24.747 h = 513.10 m	
		h = 518.26 m						
10月	北大東島*	〃 〃 〃	25 56 22.239 131 19 09.630 h = 36.69 m	25 56 24.798 131 19 19.498 H = 76.80 m	25 56 10.126 131 19 28.379 H = 72.04 m	-12.113 +18.749 hg=35.35 m	△ 25 56 10.126 131 19 28.379 h = 35.05 m △天狗岩(IV)	
		h = 36.69 m						
南大東島*	〃 〃 〃	25 49 44.258 131 13 36.529 h = 26.84 m	25 49 46.786 131 13 46.449 H = 65.78 m	25 49 32.079 131 13 55.294 H = 61.53 m	-12.179 +18.765 hg=34.69 m	△ 25 50 18.491 131 13 42.802 h = 31.42 m △大神宮山(IV)		
	h = 26.84 m							

SATELLITE DOPPLER POSITIONING
OF OFF-LYING ISLANDS

(1) 観測年月	(2) 観測区域	測点の経緯度(3) (日本測地系)	観測経緯度(4) (日本測地系)	観測経緯度(5) (日本測地系)	補正量(6) $\Delta\phi, \Delta\lambda$	水路部測点標識(7) (日本測地系)		
1986年 1月	壱岐	33 46 01.878 N 129 38 46.647 E h = 33.66 m	33 46 13.435 N 129 38 37.674 E H = 64.43 m	33 46 01.996 N 129 38 46.626 E H = 0.17 m	+0.118 -0.021 hg=-33.49 m	Δ 33 46 01.996 N 129 38 46.626 E h = 32.11 m Δ 戸屋(III)		
		6月	硫黄島島	27 51 51.922 128 14 06.185 h = 70.06 m	27 52 05.059 128 13 58.326 H = 103.97 m	27 51 51.546 128 14 06.460 H = 73.65 m	-0.376 +0.275 hg= 3.59 m	H2 27 51 51.505 128 14 06.789 h = 68.58 m
				7月	横当島	28 47 52.200 128 59 03.460 h = 23.10 m	28 47 52.200 128 59 03.460 H = 55.36 m	28 47 38.791 128 59 11.868 H = 20.85 m
	上之根嶼	28 50 07.444 129 00 11.010 h = 17.69 m	28 50 07.444 129 00 11.010 H = 50.13 m			28 49 53.989 129 00 19.427 H = 15.41 m	hg= -2.28 m	H1 28 49 53.989 129 00 19.427 h = 16.16 m
	1988年 4月	久米島	26 20 10.801 126 49 37.925 h = 14.76 m		26 20 24.494 126 49 30.550 H = 49.68 m	26 20 10.338 126 49 38.187 H = 26.53 m	-0.463 +0.262 hg= 11.77 m	Δ 26 20 10.293 126 49 38.194 h = 13.06 m Δ 奥武島(IV)
			栗国島	26 34 34.936 127 13 12.095 h = 97.43 m	26 34 48.626 127 13 04.597 H = 132.32 m	26 34 34.540 127 13 12.374 H = 108.66 m	-0.396 +0.279 hg= 11.23 m	Δ 26 34 34.564 127 13 12.304 h = 95.78 m Δ 栗国島(I)
5月		西表島* (鳩間島)		24 27 55.497 123 49 10.456 h = 33.40 m	24 28 15.156 123 49 11.169 H = 57.43 m	24 28 00.211 123 49 17.641 H = 37.26 m	+4.714 +7.185 hg= 3.86 m	Δ 24 27 59.951 123 49 17.687 h = 31.47 m Δ 鳩間(III)
			黒島*	24 13 54.704 123 59 39.319 h = 17.09 m	24 14 14.366 123 59 39.904 H = 44.99 m	24 13 59.326 123 59 46.419 H = 27.21 m	+4.622 +7.100 hg= 10.12 m	Δ 24 13 59.360 123 59 46.408 h = 15.57 m Δ 黒島(III)
波照間島*		24 03 29.799 123 46 26.039 h = 45.17 m		24 03 49.448 123 46 26.649 H = 71.19 m	24 03 34.352 123 46 33.086 H = 54.18 m	+4.553 +7.047 hg= 9.01 m	Δ 24 03 34.319 126 46 33.061 h = 43.86 m Δ 波照間(III)	
		多良間島*	24 40 13.038 124 41 36.701 h = 35.82 m	24 40 18.711 124 41 47.047 H = 67.79 m	24 40 03.803 124 41 53.806 H = 48.60 m	- 9.235 +17.105 hg= 12.78 m	Δ 24 40 03.815 124 41 53.739 h = 34.44 m Δ 遠見台(IV)	
仲ノ御神島 H1	24 11 43.435 123 33 41.126 h = 34.22 m		24 11 43.435 123 33 41.126 H = 61.71 m	24 11 28.398 123 33 47.502 H = 43.02 m	hg= 8.80 m	H1 24 11 28.436 123 33 47.476 h = 33.04 m		
	仲ノ御神島 H2					H2 24 11 19.382 123 33 35.131 h = 22.17 m		
1989年 4月	与論島	27 02 07.082 128 23 58.550 h = 21.28 m	27 02 20.857 128 23 51.554 H = 55.28 m	27 02 06.693 128 23 58.863 H = 34.71 m	-0.389 +0.313 hg= 13.43 m	Δ 27 02 06.693 128 23 58.863 h = 19.64 m Δ 与論島(2)(I)		
		諏訪瀬島	29 36 23.442 129 42 10.775 h = 129.55 m	29 36 36.491 129 42 03.061 H = 161.97 m	29 36 23.251 129 42 10.961 H = 126.62 m	-0.191 +0.186 hg= -2.93 m	Δ 29 36 23.251 129 42 10.961 h = 127.44 m Δ 多角点(II)	
	臥蛇島		29 54 28.888 129 32 03.391 h = 196.69 m	29 54 41.818 129 31 55.740 H = 231.08 m	29 54 28.707 129 32 03.611 H = 193.05 m	-0.181 +0.220 hg= -3.64 m	Δ 29 54 28.707 129 32 03.611 h = 195.02 m Δ 多角点(II)	
		臥蛇島 H1					H1 29 54 28.730 129 32 03.494 h = 195.02 m	

(1) 観測年月	(2) 観測区域	測点の経緯度(3) (日本測地系)	観測経緯度(4) (世界測地系)	観測経緯度(5) (日本測地系)	補正量(6) $\Delta\phi, \Delta\lambda$	水路部測点標識(7) (日本測地系)		
1989年 5月	沖ノ島	○ / ° ′ ″ 34 14 27.842 N 130 06 29.100 E h = 245.07 m	○ / ° ′ ″ 34 14 39.255 N 130 06 20.794 E H = 275.98 m	○ / ° ′ ″ 34 14 27.939 N 130 06 29.151 E H = 212.25 m	" +0.097 +0.051 hg=-32.82 m	△ 34 14 27.939 N 130 06 29.151 E h = 243.64 m △沖ノ島(I)		
		34 13 41.183 130 06 50.370 h = 29.17 m	34 13 52.489 130 06 42.216 H = 61.20 m	34 13 41.167 130 06 50.574 H = -2.43 m	-0.016 +0.204 hg=-31.60 m	B 34 13 41.167 130 06 50.574 h = 27.24 m		
		30 51 21.556 129 28 06.904 h = 76.78 m	30 51 34.298 129 27 59.725 H = 108.61 m	30 51 21.639 129 28 07.570 H = 64.72 m	+0.083 +0.666 hg=-12.06 m	△ 30 51 21.639 129 28 07.570 h = 75.47 m △南岩(IV)		
	草垣島 S	30 49 39.712 129 25 38.544 h = 20.94 m	30 49 52.463 129 25 31.313 H = 49.08 m	30 49 39.795 129 25 39.142 H = 5.25 m	+0.083 +0.598 hg=-15.69 m	H1 30 49 39.795 129 25 39.142 h = 19.33 m		
	7月	魚釣島 F1	h = 19.29 m	25 44 32.930 123 27 37.506 H = 43.71 m	25 44 18.413 123 27 43.075 H = 16.07 m	hg= -3.22 m	F1 25 44 18.413 123 27 43.075 h = 17.61 m	
			魚釣島 F2	h = 11.69 m	25 44 58.049 123 28 46.220 H = 36.12 m	25 44 43.534 123 28 51.795 H = 8.47 m	hg= -3.22 m	F2 25 44 43.534 123 28 51.795 h = 9.99 m
		南小島 F3	h = 7.58 m	25 43 20.576 123 33 09.360 H = 31.62 m	25 43 06.048 123 33 14.957 H = 4.36 m	hg= -3.22 m	F3 25 44 06.048 123 33 14.957 h = 5.94 m	
	1990年 6月	小樽	43 11 50.252 141 00 25.215 h = 36.06 m	43 11 58.770 141 00 12.047 H = 68.40 m	43 11 50.360 141 00 25.501 H = -3.19 m	+0.108 +0.286 hg=-39.25 m	H1 43 11 50.360 141 00 25.501 h = 34.72 m	
			松前小島	41 21 18.465 139 48 40.362 h = 283.87 m	41 21 27.588 139 48 27.896 H = 318.73 m	41 21 18.513 139 48 40.568 H = 251.19 m	+0.048 +0.206 hg=-32.68 m	△ 41 21 18.513 139 48 40.568 h = 282.06 m △小島(I)
			松前大島		41 29 48.636 139 20 51.129 H = 101.42 m	41 29 39.672 139 21 03.675 H = 31.44 m		H1 41 29 39.672 139 21 03.675
奥尻島		42 03 16.342 139 27 09.888 h = 17.49 m	42 03 25.145 139 26 57.367 H = 51.00 m	42 03 16.413 139 27 10.057 H = -21.26 m	+0.071 +0.169 hg=-38.75 m	△ 42 03 16.413 139 27 10.057 h = 15.88 m △青苗(I)		
7月		黄尾嶼 F1		25 55 38.157 123 40 59.542 H = 70.42 m	25 55 23.739 123 41 05.278 H = 41.97 m		F1 25 55 23.739 123 41 05.278	
		黄尾嶼 F2		25 55 24.366 123 40 35.767 H = 45.78 m	25 55 09.947 123 40 41.501 H = 17.34 m		F2 25 55 09.947 123 40 41.501	
9月		三鷹(T)	35 40 18.297 139 32 26.842 h = 70.00 m	35 40 29.751 139 32 15.281 H = 108.15 m	35 40 18.287 139 32 26.837 H = 68.95 m	-0.010 -0.005 hg= -1.05 m	T 35 40 18.287 139 32 26.837 H = 68.34 m	
		舩倉島	37 50 54.511 136 55 19.250 h = 14.15 m	37 51 04.779 136 55 08.317 H = 51.61 m	37 50 54.466 136 55 19.360 H = -10.61 m	-0.045 +0.110 hg=-24.76 m	H1 37 50 54.160 136 55 18.765 h = 12.22 m	