

## II.3 南鳥島局の概要

三木 千紘\*<sup>1</sup> 雨谷 純\*<sup>2</sup>

(平成元年10月6日受理)

### II.3 OUTLINE OF THE VLBI STATION ON MINAMI-TORISHIMA (MARCUS) ISL.

By

Chihiro MIKI and Jun AMAGAI

Minami-Torishima (Marcus) Isl. is the only one Japanese island on the Pacific plate. In order to monitor the Pacific plate motion with Japanese domestic VLBI observation, the position of Minami-Torishima Isl. is essentially important as the key station on Pacific plate.

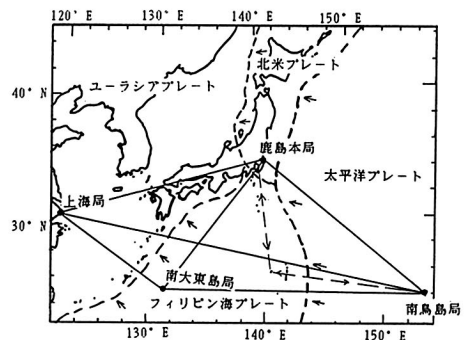
This paper describes the installation of the 10 m antenna VLBI station on the island. The installation consists of the preparing phase, the transporting phase, the constructing phase. VLBI experiments have successfully performed between Kashima and Minami-Torishima Isl.

This paper also describes the environments such as climate, life condition, around Minami-Torishima Isl.

#### 1. はじめに

昭和62年度補正予算の中で提案された西太平洋 VLBI 計画とは、第1図に示すような、鹿島にある本土局、南大東島局、南鳥島局、それに中国の上海天文台局を加えて、日本の周辺に相接する4つの地殻プレート上に VLBI 観測局を設置し、プレート相互の運動を観測しようとするものである。

日本列島の南には、琉球諸島、小笠原諸島などの島々が広く展開している。しかしこれらの島々は、ひとつの例外を除いて、日本海溝の西側にあり、太平洋プレートの運動を測定するためには使用できない。唯一、南鳥島だけが日本領土の中で太平洋プレート上にある島であり、日本の領土内で太平洋プレートの運動を測定するためには、南鳥島に VLBI 局を設置する以外にない。このように同島は貴重な観測点であるにもかかわらず、同島の情報が少ない状況にあった。同島の実態を調べるため、現地調査をする事から始めて後述するような困難を克服しながら同島に10メートルパラボラアンテナを持つ VLBI 観測局を完成させた。完成後ただちに第1回観測実験を行い、鹿島局と南鳥島局間の基線長を高精に測定



第1図 西太平洋 VLBI 計画各局の配置とプレート

することに成功した。

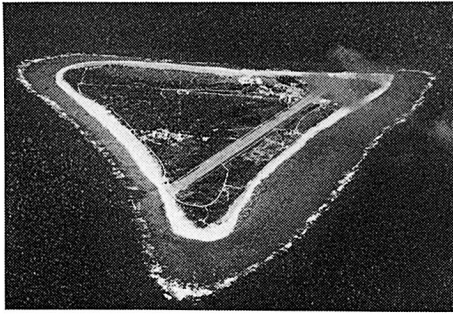
本稿では、南鳥島に10メートル級のアンテナを建設するまでに実施した調査結果および、南鳥島 VLBI 局の概要について報告する。

#### 2. 南鳥島の概要

南鳥島は約北緯 24.17 度、東経 153.58 度、に位置し日本領土の一番東側にあり、第2図に示すような一辺が約 1.5 km の三角形の島である。同島の敷地は大蔵省財務局および林野庁が所有する国有財産であり、海上自衛隊が現地での管理を委託されている。現在同島には、

\*1 標準測定部 周波数標準課

\*2 関東支所 鹿島宇宙通信センター 第三宇宙通信研究室



第2図 南鳥島を上空から見た図

気象庁南鳥島測観所，海上自衛隊南鳥島派遣隊の日本側の施設と，米国沿岸警備隊（C/G）の管理するロラン—C電波発射のための米国側の施設がある．南鳥島に第一歩を踏み入れた時，第一に目につくのは，C/Gの管理する高さ110メートルのロランCアンテナと，島の端から端まで延びた1400メートルの滑走路である．気象庁および海上自衛隊の日本側の施設は島の北東の海岸にまともって設置されている．住民はすべて国家公務員であり，民間人は住んでいない．

2.1 従来の南鳥島の位置測定

南鳥島は本土から約2000km離れているため，従来の方法で本土の測地網と南鳥島の位置を結合することはできない．そのため，南鳥島の位置測定は比較的最近まで天文測量が主力であった．我々が，第1回調査のため同島を訪れた時に入手できた南鳥島に関する位置のデータを，第1表に示す．この表のデータは，各機関が同島内のそれぞれの必要な位置について独自に測量した値であり，同一地点の測量ではなく，相互の比較も十分ではない．最近では同島でも NNSS, GPS, SLR 等の人工衛星による測量法が行われている．こうした宇宙技術による測量により，同島の位置を地球的規模で高精度に測定することが可能になった．今回通信総合研究所が実施している VLBI 技術が新たに加わったことになる．第2

第1表 南鳥島の位置

気象庁(気務第13号45.1.8)*1	24. 18 N	153. 58 E
U. S. C. G. (引継時)	24. 17 N	153. 58 E
水路部 (海上保安庁水路誌)	24. 17 N	153. 59 E
自衛隊 NDB (官報告示)	24. 17'55'' N	153. 58'11'' E
自衛隊 TACAN (官報告示)	24. 18'10'' N	153. 58'11'' E
国土地理院 (国地測一発第76号, 47, 12, 20)	24. 18 N	153. 58 E
国内測地系	24. 16'51'' N	153. 59'08'' E
世界測地系	24. 17'08'' N	153. 58'53'' E

注1 気象庁第13号の位置は戦前海軍水路部測量値 (24. 17' 30'' N 153. 58'00'' E) に基づくものといわれている．

表にこれら最新技術による測定結果を示す<sup>(1)~(3)</sup>．第3図に同島内の各測量点の大きな配置図を示す．図の中のK-1, K-2点とは，南鳥島における国土地理院の測量点の番号である．K-1測量点の標石は流失したらしく発見に至らなかった．第4図に示すようにK-2ベンチマークもはぎ取られてしまっているが，位置の確認は出来，通信総研のアンテナ建設のための測量はK-2点を基準点として使用した．

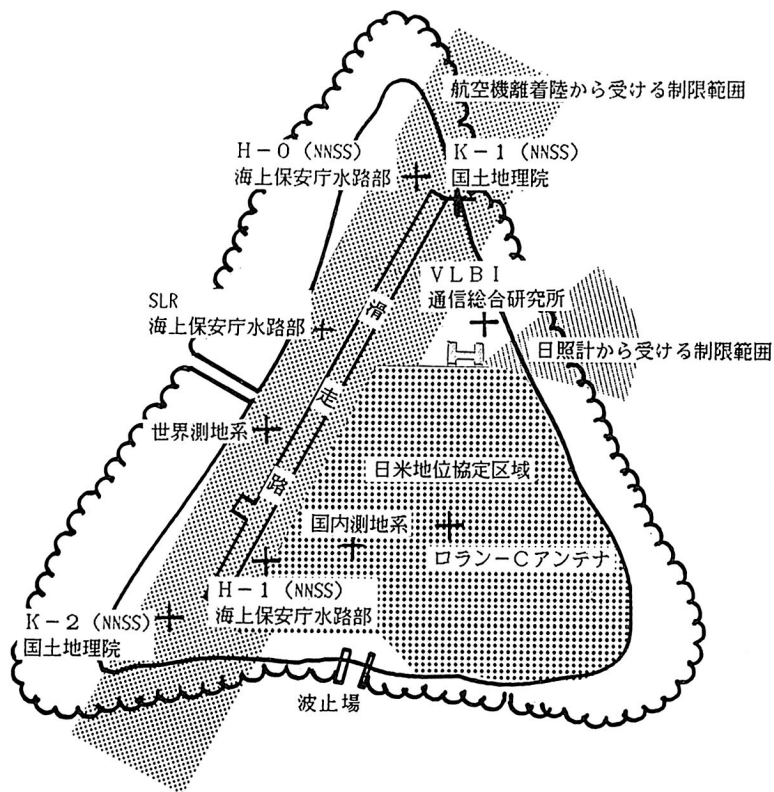
第2表からわかるように，離島での測量技術の進歩にともない，測定精度も以前と比べ向上しているが，座標系が皆異なっている．今後の同島における各技術間のコロケーション等のためには，統一した座標系を用いることが必要である．後述するように通信総研の同島での VLBI 実験は既に成功しており，同島の位置が決められたが，この結果は VLBI 座標系という特殊なものを使用している．

2.2 自然環境—気候

台風の芽が発生する海域にある南鳥島は，緯度的には沖縄と似ており，亜熱帯性気候で，常夏の島である．同島の気象記録データを第3表に示す．瞬間最大風速の過去最高値が 58.2 m/s である．同島は島全体が非常に平

第2表 最新測地技術による南鳥島測地結果

K 2 点	国土地理院 NNSS (Vol. 52, 1979) トランスローケーション 24°17'5.865'' (±0.8 m) N 153°58'23.486'' E (±0.9 m) 38.5 m (±0.1 m)
	国土地理院 NNSS (Vol. 63, 1986) (ベッセル座標) 24°16'49.068'' N 153°58'38.163'' E 156.76 m
	国土地理院 NNSS (Vol. 63, 1986) 精密歴 (NWL—9D座標) 24°17'6.001'' N (S. D. 0.4 m) 153°58'23.451'' E (S. D. 0.59 m) 27.05 m (S. D. 0.42 m)
	国土地理院 NNSS (Vol. 63, 1986) 広報歴 (WGS—72座) 24°17'5.076'' N (S. D. 0.52 m) 153°58'23.546'' E (S. D. 0.73 m) 35.08 m (S. D. 0.56 m)
海上保安庁水路部 (NNSS, 1982) (基準点下里) 24°16'48.717'' N 153°58'38.142'' E 7.45 m GSI	
SLR 点	海上保安庁水路部 SLR (参考文献4) (LSC—8402 座標) 24°17'24.0647'' N 153°58'43.1449'' E 34.3961 m



第 3 図 各測定点の配置およびアンテナ建設可能範囲



第 4 図 K-2 測定点  
ベンチマークがはぎ取られてない。

坦地であるため、強風を避ける逃げ場はほとんど無い。通信総研の10メートルアンテナは、海岸から約100mしか離れておらず、風力の直撃を受け易い位置にある。後述するように、アンテナの高さの制限からこの位置に限定されたものである。10メートルアンテナの設計最大瞬間風速は60m/sとなっている。

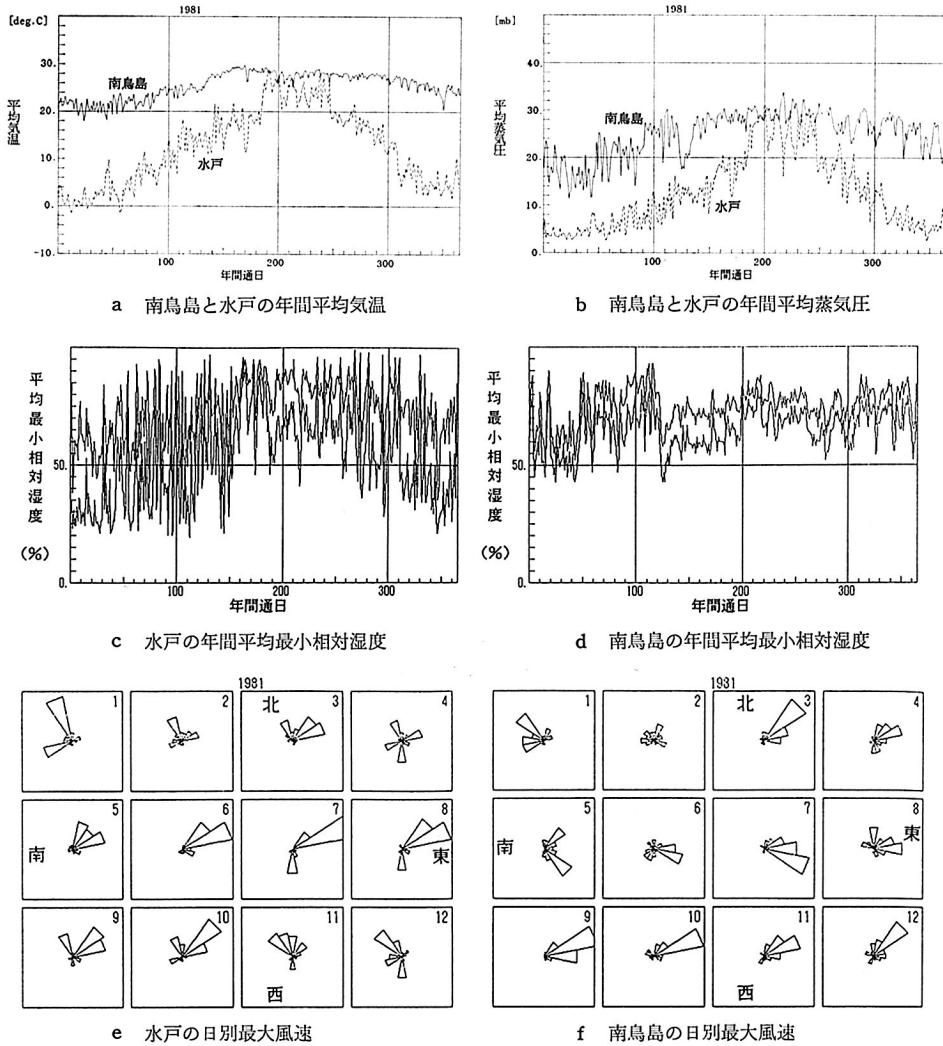
同島は周りが海で囲まれていることから、最高気温はさほど高くはならない。最低気温の過去最低値は、13.8℃である。通常の最低気温は21℃位であり、

第 3 表 南鳥島の気象記録値

風 速	瞬 間	58.2 m/s	1969, 10, 4
	10秒間平均	43.3 m/s	1969, 10, 4
気 温	最 高	35.6 C	1951, 7, 17
	最 低	13.8 C	1976, 2, 10
湿 度	最 低	36%	1972, 3, 10
雨 量	10分平均	31.0 mm	1970, 1, 30
	1時間平均	78.5 mm	1979, 8, 13
	24時間	417.6 mm	1957, 8, 17
日照時間	最 高	341 h/月	1981, 6
	最 低	129.9 h/月	1976, 1

気象庁統計資料より

年間平均気温25℃である。日中の日差しが強く、屋外作業には暑さ対策が必要である。同島は海洋性気候のため湿度は高い。潮風の塩分のため、湿度をより大きく感じる。また、やはり海洋性気候であるためしゅう雨がよく発生する。降雨量は顕著な季節変化をもっており、降雨を水源とする同島では、夏の干ばつ期には生活水が不足することになる。



第5図 南鳥島と水戸の気象の比較

夏期の日照時間341時/月という数値は同島の乾期の激しさを示している。

また、第5図-a, b, c, d, e, fにそれぞれ年間の南鳥島の平均気温、平均蒸気圧、平均最小相対湿度、日別最大風速、方向の変化を示す。本土と同島の比較のため、水戸地方の同様の資料も示した。水戸に比べて、南鳥島は年間を通じて気温、平均蒸気圧ともに高く変化が小さいことがわかる。相対湿度には余り大きな違いはないが、南鳥島のほうが変化が少なく安定していることがわかる。風速、風向では両地域の間際だった差は見られないが、南鳥島は年間を通じて北東の風が多い傾向がある。また、南鳥島の風には、吹き始めた後、風速に変化が小さく、一定性が高いという特徴がある。

2.3 南鳥島の歴史

南鳥島は1800年頃からその存在が知られていたようであるが、記録上では元治元年(1864)、ハワイの宣教師長ジュールレットにより、「白い砂浜で樹木と灌木が密生しているサンゴ礁の無人島」と紹介されたのがはじめてである。明治22年(1889)、米国人ローズヒルがこの島を発見し、米政府に鳥フン採取許可を申請したが、米国内では公式手続きが進まず、13年も手続きが放置されていたという。一方、明治29年(1896)、わが国の東京禽獣会社南洋部長であった水谷新六は、同島がヤシ油、鳥フンの事業として有望であることを確認し、小笠原村から23名を移住させた。水谷は同時に日本政府に同島の借り受け申請した。明治31年(1898)、日本政府は告示により日本領土と宣言した上で南鳥島と命名し、水谷新六に同島を10年間貸与することを認めた。ローズヒルとの紛争

は、国際問題に発展しそうになったが、日本政府は領有権を維持するため軍を動員したことにより、日本領土としての南鳥島が確定した。

その後、南鳥島は、資源の枯渇や疫病のため再び無人島になったが、昭和11年（1936）頃から戦略上の拠点として、1500メートル、600メートルの滑走路、塹壕、魚雷場、砲台などの軍事施設が建設され、島全体が要塞化された。一時は4500名もの軍人が駐屯していた。第二次大戦後は米軍が駐屯しマーカス島と呼ばれた。昭和26年から昭和38年まで米国政府の委託により、気象庁が気象観測業務を行ってきた。昭和38年、気象観測業務が一旦打ち切れ、ローソンC施設が建設された。昭和43年6月、小笠原諸島とともに日本へ返還となり、海上自衛隊南鳥島航空派遣隊および気象庁南鳥島観測所が設立され、現在に至っている。

### 3. 南鳥島調査

西太平洋 VLBI 計画の要である南鳥島について、昭和63年1月、当所職員3名と業者1名が現地調査を行った。

調査項目は、南鳥島に VLBI 観測施設の建設が可能かどうかや、混信の影響、生活環境などの状況把握である。建設が可能であるならば、一般的な交通手段が無い同島への資材の運搬方法はいかにするか、現地には建設資材、建設機器が無いことからこれらをどのように準備していくかなどについても調査した。

本章ではその調査結果について述べる。

#### 3.1 調査の事前準備

調査を行うにあたって、多くの事前準備が必要であった。南鳥島への交通手段や同島の管理状況の把握が必要であった。同島へ行くに当たって、支援依頼をお願いした関係機関は、大蔵省関東財務局、防衛庁、防衛施設庁、関東施設局、気象庁、林野庁、米国沿岸警備隊（C/G）などである。各機関とも大きな組織のため業務は細分化されており、関係する担当者一人一人に本計画



第6図 隊庁舎の全景  
向かって左側が自衛隊隊舎、右側が気象庁庁舎

の意義の説明と支援の依頼をすることと、数多くの協力依頼の文書の交換が必要であった。

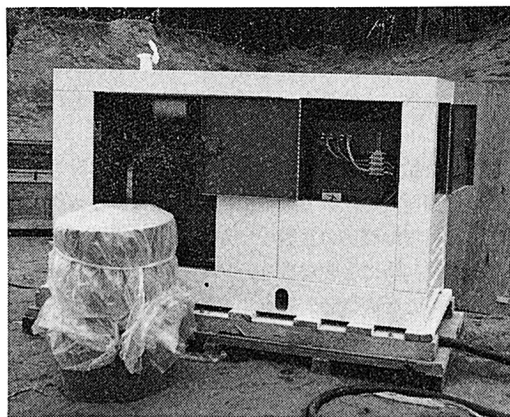
特に、同島は全島自衛隊の管理になっており、施設を設置することはもとより、許可無くして島に立入る事も出来ない。また、気象庁南鳥島観測所の歴史は古く、米国統治時代の昭和26年から気象観測業務を行っており、気象庁の持つ施設から便宜、協力を受けずに、10メートルアンテナ観測施設の設置、維持は出来ないことが事前準備から判明した。

#### 3.2 南鳥島での生活環境調査

南鳥島において VLBI 観測を実施する際には、同島における生活環境が重大な問題である。自衛隊と気象庁は、それぞれ生活設備の担務を分担し、維持管理している。第6図両機関が駐在している隊庁舎の全景である。向かって左側が自衛隊隊舎、右側が気象庁庁舎である。

気象庁南鳥島観測所の職員数は、17名であり、3カ月勤務が原則である。観測所長を含む全員による24時間交代制勤務で気温、雨量、風速、日照、高層気象観測、目視観測などの気象観測業務、データ処理、取得したデータを3分以内に気象センターへおくる通信業務、そして発電設備、調理、造水設備などの付帯設備管理などを行っている。

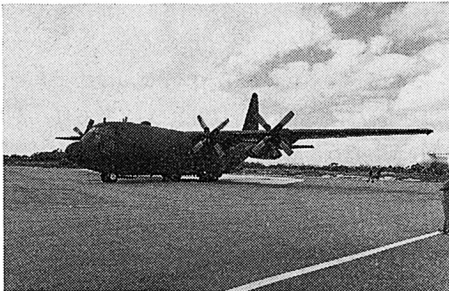
海上自衛隊南鳥島派遣隊の職員は11名であり、1年勤務の隊長および医務担当者、以外は硫黄島における1年勤務の中の3ヶ月間が南鳥島勤務にあてられている。航空管制1名、調理2名、24時間勤務の通信担当3名、機械そのほかの付帯設備担当3名の配置である。同島勤務の者は指定された本務だけではなく、航空機の離着陸の際は、管制、滑走路の整備、給油、荷物の積み下ろしなどを全員総出で行う事はもとより、草刈や道路の整備など、島の維持管理の全てを在住者で行わなくてはならない。



第7図 75 kVA のディーゼル発電機



第8図 海上自衛隊のYS-11  
週1回硫黄島経由、南鳥島行き定期便



第9図 航空自衛隊の輸送機C-130  
月一回の南鳥島行き特別直行便

C/Gは27名で、生活施設、航空便など全て日本側とは独立して運用されている。全員が1年勤務である。

現在、同島にある日本の電力はディーゼルエンジンによる発電機でまかなわれており、ほとんど余裕はない。通信総研の施設が必要とする電力は、最大で50kVAほどであるが、75kVAの発電機を用意しているので電力に関しては問題はない。また、当所の発電機は一台なので、故障など緊急時を考慮して、隊庁舎の電源と切り替えるための配線をした。第7図は通信総研の75kVA発電機である。

生活水は、滑走路への降水を側溝で集めたものを濾過して使用している。他に湧水もあるが飲料水には適していない。海水からの淡水化も試みられたがコストがかかりすぎるため使用されていない。

生鮮食料品は、週1回の定期便で、米、調味量等は月1回の特別便で運ばれる。宿泊に関しては、自衛隊、気象庁ともに現地職員の施設のほかに航空機搭乗員および、要員交代時に必要な数と、VIP等の来客用、工事、機器保守のための業者若干名用の宿泊施設がある。従って、当所の観測時の宿泊や、食料の支援依頼は、一ヶ月以上前に申し込んでおかなければならない。

南鳥島には3種類の生活時刻がある。第1は日本時間、第2は海上自衛隊時間であり、日本時間より1時間



第10図 波止場

早い。第3のC/Gタイムはさらに1時間早い。同島の生活ではこの3種類の時間のずれは常に念頭に入れておく必要がある。

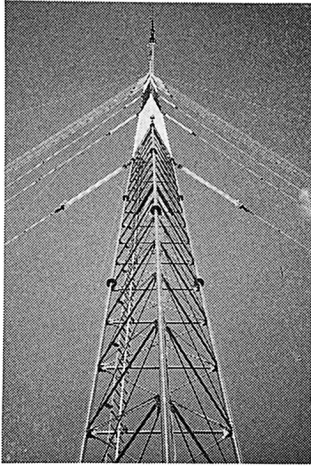
### 3.3 運送法の調査

調査の結果、南鳥島への交通は、海上自衛隊の週1回の硫黄島経由のYS-11による定期便と、航空自衛隊のC-130輸送機による月1回の同島への特別直行便があることがわかった。また、滑走路は全長1400メートルと短いため、C-130輸送機の離着陸に重量制限があり、1回に積める重量は10トン程度であることがわかった。第8図、第9図参照。

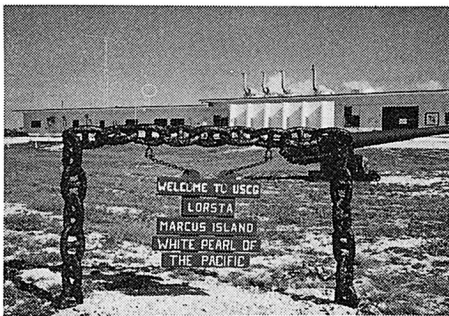
海上輸送では、燃料および危険物を運ぶ船便が年各2便あることがわかった。しかしながら、同島は珊瑚礁のリーフに取り囲まれており、船舶は200メートルほど沖合いまでしか近付けない。第10図は同島にある唯一の波止場である。島の南海岸にあり、旧日本軍が珊瑚礁を爆破して作ったものである。波止場の面積は狭く、岸壁の長さも全長が50メートル足らずと短いうえに水深も浅いため、モーターボート程度の小型の船しか接岸出来ない。また、荷揚げに必要なクレーン等もないことがわかった。従って当所の精密大型施設を同島に運び上げるには、事前に波止場を掘削し、はしけが接岸できるように工事をする必要があった。しかしこのためには、大型掘削重機を先に空輸しておく必要があり、経費的に無理であることとの結論となった。

### 3.4 設置場所の調査

同島は、面積が狭いうえに、第3図示にすように、島の大半を占めるロラン-C施設のある日米地位協定による規制地域や、通信総研のアンテナの高さを15メートルとしたときに、滑走路離着陸に伴う高さ制限を受ける範囲、そして現在ある気象庁、自衛隊の通信用アンテナや日照計等の観測機器への影響により規制される地域がある。これらアンテナ建設不可能な範囲を考慮すると、設置可能な範囲は第3図からわかる通り狭い地域に限られてしまうことがわかった。第11図、第12図参照。



第11図 ロラン-Cのアンテナ  
高さ110メートルのトップ  
ブローディングアンテナ

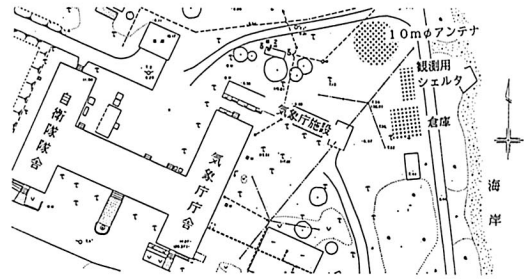


第12図 米沿岸警備隊隊舎

### 3.5 混信調査

VLBI では、電波星からの超微弱な電波を受信するため、混信を十分に調査しておく必要があった。そこで、南鳥島にある全ての無線局の送受信周波数、送信電力、変調方式、スプリアス電力、空中線形式、それに、100 kHz、1.2メガワットの大電力を送信しているロラン-Cの島内電界分布について調査を行った。

ロラン-Cの電波の質は極めて良好であった。アンテナ直下で行ったスプリアス評価のための電界測定は、周波数選択性の無い電磁界測定器は飽和してしまい、測定が不可能であったが、周波数選択性のある電界強度測定器を用いたところ2、3、4、5倍の各要調波は検出出来なかった。つまりこれは、ロラン-Cのキャリアと変調信号の位相が極めて正確に同期していることを示している。ロラン-Cの強電界による一番懸念された影響は、DC~2 MHzの帯域を持つVLBI磁気記録装置のヘッドからの回り込みであったので、ビデオ記録を行って評価したが、全く影響はなかった。島内の無線送信機



第13図 周辺既存施設とアンテナ建設位置との関係

は、L-バンド帯が1局あり、他は皆HF帯であり、観測周波数2200、2320、8180、8600 MHz、および中間周波数100~520 MHzに於ける混信の心配はないことがわかった。混信の影響はほとんど無いであろうというのが結論であった。

### 3.6 設置場所の調査

現地調査から持ち帰った調査結果をもとにして、アンテナ建設場所を選定し、気象庁、防衛庁、財務局と繰り返し打ち合せを重ねたのち、アンテナ設置の了解を得ることができた。

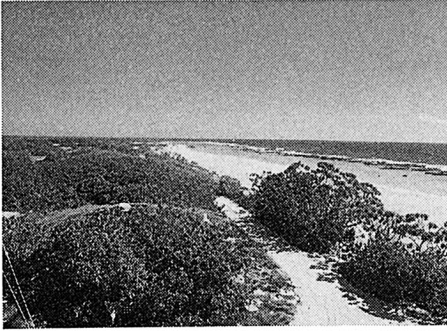
昭和63年12月、最終的な位置決定に必要な測量のため再び同島を訪れ、正確な平板測量図面を作成し、アンテナ、観測用シェルタ、発電機などを収容する建物の設置場所を決定した。第13図にアンテナ建設場所とその周辺の状況を示す。

## 4. 輸送・建設

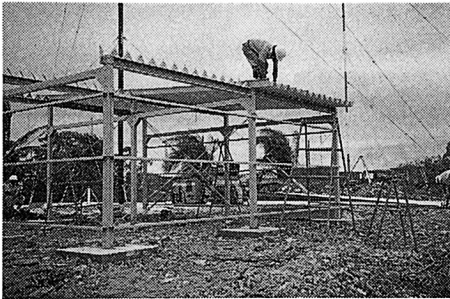
### 4.1 輸送

前述したように、同島への交通は限られている。通信総研の資材の重量は200 Rトン（重量または、大きさの何れか大きい方で計算する）もあり、定期航空便だけでは不可能であった。幸運なことに、防衛施設庁は63、64両年度予算で、C/Gの設備更新工事を計画していた。この工事に必要な建築資材、建築重機の運搬のため船便を用意し、同島への陸揚げのため波止場の整備も行うことが明かとなった。当所ではこの輸送の相乗り、建設重機、作業要員などの便宜の依頼を防衛庁、防衛施設庁に対して行い、支援、協力の同意を得ることができた。

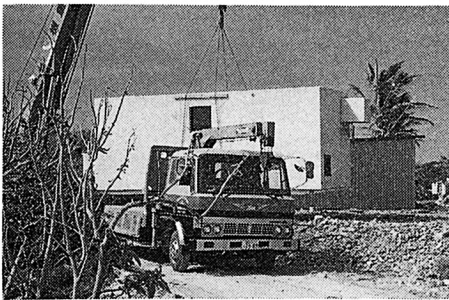
南鳥島設置用の10メートルアンテナは、現地での組立を容易にするため前もって、関東支所で仮組し、アンテナの諸特性、動作、不足部品が無いかの確認を行っていた。防衛施設庁の輸送に合わせるため、平成元年早々に解体梱包を開始し、2月中旬梱包は完了した。輸送船の出港予定日は3月中となったが、丁度、年度末と重なり、また、この時期は天候が悪く、輸送船の出港日が決まらないなど悪条件が重なる中での作業であった。



第14図 通信総合研究所の10 m アンテナ建設予定地  
左側手前のトゲミウドの林の所にアンテナ、  
および観測施設を建設した。



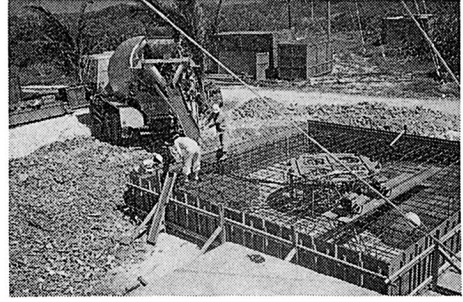
第15図 資材収納用倉庫 NO 組み立



第16図 観測用シェルタ NO 設置



第17図 アース棒の打ち込み  
打ち込めば幾らでも入る。



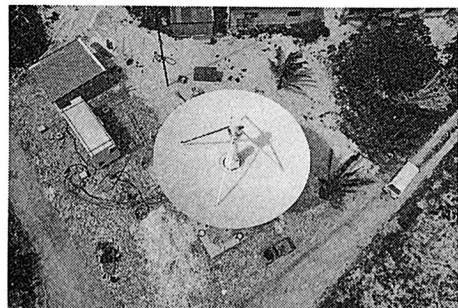
第18図 10メートルアンテナの基礎工事



第19図 10メートルアンテナの同部の組立



第20図 アンテナディッシュ部取り付け



第21図 完成したアンテナ，および観測設備の上空からの図  
左から発電機収納倉庫，観測用シェルタ，  
10メートルアンテナ．図の上方に在る  
のは，気象庁の施設。

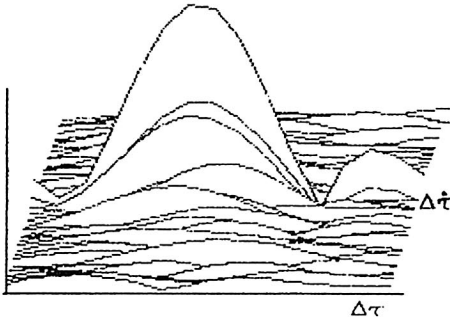


## 4.2 建設

建設業者の宿泊設備、建設設備の整った5月早々、アンテナ建設は開始された。

建設予定地は、第14図に示すように、海岸と道路ひとつ隔てたトゲミウドの繁った場所である。第1回目の工事では、まず、整地、及び発電機などの資材収納用倉庫の組立、観測用シェルトの設置、それとアンテナ基礎工

### 3C273B Xバンド

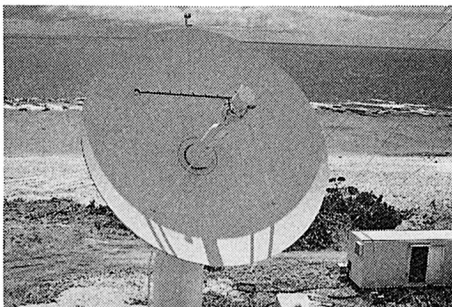


COARSE SEARCH FUNCTION (16X64)  
AMP MAX = 2.073E-03 at (7,32)  
RESIDUAL DELAY = -2.041E-07 sec  
FRINGE RATE = -8.022E-03 Hz

第22図 鹿島局と、南鳥島局間で行って観測で得られた、フリッジ



第23図 完成した10メートルアンテナ



第24図 完成した西太平洋南鳥島 VLBI 局 10メートルアンテナ

事を行った。第15図、第16図参照。

基礎を打つ地盤は、いくら握っても珊瑚の瓦れきで基礎を固定出来るような頑強な地盤は出て来ない。例えば第17図はアンテナ基礎の下にアース棒を打ち込んでいるところであるが、3メートルのアース棒は留まる所なく入って行くという地盤の状況であった。

アンテナの方位は夜間北極星観測により行った。気温の高い同島では、コンクリートの固まる速度が早すぎるため、凝固遅延剤を用いた。

アンテナ基礎コンクリートの養生のため2カ月ほど放置し、アンテナ組立工事を開始した。期間中は天候に恵まれ、予定どおり2週間で機械的な組立は完了した。第18図、第19図、第20図、第21図参照。

その後電気的な配線およびチェックをして、7月はじめ10メートルアンテナは稼働を開始した。

引続きアンテナの軸較正、アンテナシステム雑音温度などの電気的特性のチェックを開始した。(10メートルアンテナシステム参照のこと)

こうして西太平洋 VLBI 実験南鳥島局10メートルアンテナは完成し直ちに第1回目の VLBI 実験が行われた。実験は成功し、第22図に示すとうり鹿島局と南鳥島局間の干渉縞を得ることができた。第23図、第24図参照。

## 6. おわりに

完成後ただちに第1回目の実験を実施し、見事に成功させることが出来た。今後この実験を繰り返すことにより、日本は自力で太平洋プレートの運動を測定し、地震予知の研究に貢献できるであろう。アンテナの完成および実験の成功は、ここには書ききれなかった防衛庁、防衛施設庁、気象庁、大蔵省財務局、郵政本省、(株)理経、(株)NESIC、(株)鹿島建設、それに、一丸となって強力な態勢を整えて頂いた当所各部門の関係各位のご支援、ご協力の賜である。心より感謝する次第です。

## 参考文献

- (1) 竹村武彦, 金沢輝雄, 澤 雅行, “人工衛星のドップラー観測による離島の位置決定”, 水路部観測報告天文測地編第18号, 昭和59年3月.
- (2) 吉村好光, 小牧和雄, “NNSS方式による離島位置の決定”, 国土地理院時報, Vol. 52, 1979.
- (3) 和田敏彦, 板橋昭房, 愛場政広, “NNSS人工衛星観測10年のあゆみ”, 国土地理院時報, No. 63, 1986.
- (4) 仙石 新, 佐々木稔, 金沢輝雄, “南鳥島 SLR 観測による南鳥島一下里基線長測定(速報)” 第71回測地学会発表, 平成元年5月9日.