

6. トランスポンダー航法装置の音響的性能試験および海洋実験

中西俊之^{*1} 門馬大和^{*1} 大塚清^{*1}
土屋利雄^{*1} 堀田宏^{*1}

深海底の観察において、観察地点の位置を精度良く知るために音響トランスポンダー航法装置が用いられる。この目的で音響トランスポンダー航法装置を米国ORE社に製作させ、その音響性能を超音波水槽で測定した。そののち、この装置の海洋実験を相模湾初島沖の水深約50mの水域および川奈沖の水深約1,500mの水域で実施したので、その結果を報告する。

雑音環境下での信号検出の能力は実用上きわめて重要なので、主としてこの能力について調べた。その結果、雑音による誤作動はほとんど認められなかったが、船上部分の信号検出のS/Nは約17dBを要し、測定の範囲を広くしたい場合には船体からの雑音レベルを小さくするための対策を要することがわかった。

Deep-Sea Acoustic Transponder Navigation System; Its Performance Tests on Land and at Sea

Toshiyuki Nakanishi^{*2} Hiroyasu Momma^{*2} Kiyoshi Otsuka^{*2}
Toshio Tsuchiya^{*2} Hiroshi Hotta^{*2}

The acoustic transponder navigation system is currently used for fixing the position of the ship and submerged vehicle during deep-sea floor research work. JAMSTEC ordered a long-base line type acoustic transponder navigation system use at 6000 m from an American manufacturer (ORE).

This report describes the results of performance tests on the system in tanks and at sea. The tests at sea were made twice in the water at about 50 m and 1,500 m depths in Sagami Bay.

The main purpose of the tests in an anechoic tank was to determine the performance of the signal detection under noisy conditions. The result shows that the S/N in the signal detection is about 17 dB and this suggests that effort must be exerted to reduce the noise radiation of the ship itself.

1. ま え が き

海中の音響による船位測定技術の開発は、1960年代からはじまった。従来、位置出しに用いられた代表的なシステムは、MILS (Missile Impact Location System) とワシントン大学¹⁾ 応用物理研究所の3-D追跡装置があげられる。MILSは、ミサイルの落下点を求めるためにSofar(遠距離水中測位装置)チャンネルを利用し、

落下時の衝撃波を3個の受波器でとらえ、その到来時間差から位置測定を行う、ロングレンジの装置である。3-D追跡装置は、送信器と4個の固定された受波器からなる受信器の構成で、航走体に取り付けたトランスポンダーに質問信号を発し、その応答信号を受信し、航走体の方位距離を求めるもので、ショートレンジで用いる装置である。

このような歴史をふまえ、過去10年間には、複数個のトランスポンダーを長い間隔で海底に設置

^{*1} 海洋利用技術部

^{*2} Marine Utilization Technology Department

し、おのこのトランスポンダーに対する距離を測定して広範囲にわたる船位を精度良く求めるロングベースライン方式と、短かい間隔で多数個の受波器を配列し、トランスポンダー又はピンガからの到来波を受信し、方位および距離を求めるショートベースライン方式が開発された。

今回報告する装置は、ロングベースライン方式のもので、図1に概念図を示す。これは水深約6,000mの水域で海底の微細な地形の調査や人工物体等の探索を行なうため、テレビカメラやスティルカメラのほか、側方探索ソナー等の音響機器を装備した曳航体を曳航するが、その際、船および曳航体の航跡を精度良く測定する目的で製作したものである。この装置について、音響性能を水槽において測定し、実際の海洋実験は相模灘で行った。

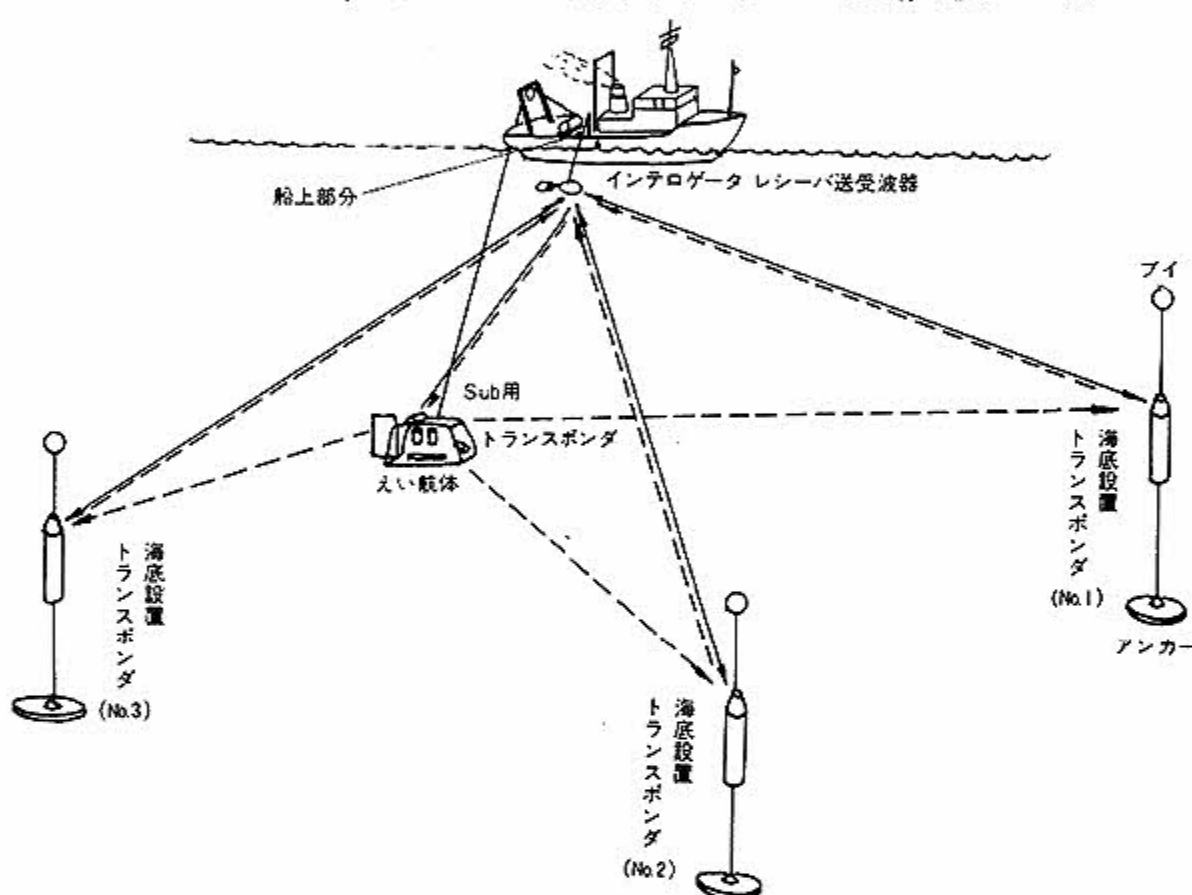


図1 ロングベースライン方式トランスポンダー航法概念図

Profile of the acoustic transponder navigation system

2. 船位測定の原理

レーダーによる船位測定では、著明な3個の目標を選んで距離を測定し、海図上でそれぞれの目標からの距離を半径とする円弧の交点を求める方法が一般に知られている。

このトランスポンダー航法は、これと同じ原理である。すなわち海底に設置した複数個のトランスポンダーに対し、船底に装備または曳航する送受波器から質問信号を発し、その応答信号を受けて伝播時間 (t_{ij}) を測定する。斜距離 (R_{ij}) は伝播時間 (t_{ij}) と海中の平均音速 (C) から次式によって得られる。

$$R_{ij} = \frac{1}{2} C \cdot t_{ij} \quad (1)$$

R_{ij} は立体的な距離であるので、X-Y座標上で (R'_{ij}) 表示するため、トランスポンダーの水探 (Z_j) を次式で求める。

$$R'_{ij} = \sqrt{R_{ij}^2 - Z_j^2} \quad (2)$$

これらの交点から船位が測定される。

トランスポンダー航法で最も重要なことは、トランスポンダー相互の関係位置を明確にする作業 (Calibration) である。これはトランスポンダーを設置後、その内外を航走しながらその間に得られた R_{ij} を基に、連立方程式を解き、直角座標系でその相対関係位置を求めるものである。²⁾

3. 装置の構成

この装置は、(1)海底に設置するトランスポンダー、(2)トランスポンダーに質問信号を送り、その応答信号を受けるインテロゲーター/レシーバー、(3)このインテロゲーター/レシーバーに接続され、電気と音響との変換を行う曳航式の送受波器、(4)トランスポンダー座標上の船位の計算、X-Yプロッターの制御及び表示までの処理を行うコンピューター、(5)コンピューターの入出力制御に使用するキーボード、(6)トランスポンダー位置および船位等を表示するX-Yプロッター、(7)トランスポンダーのON-OFFおよび切離しの命令信号等を送るコマンドユニット、および(8)船上装置の電源部から構成される。

4. 超音波水槽中の音響性能試験

超音波水槽でトランスポンダーおよびインテロゲーター/レシーバーの音響性能を調査するため、次の測定を行った。

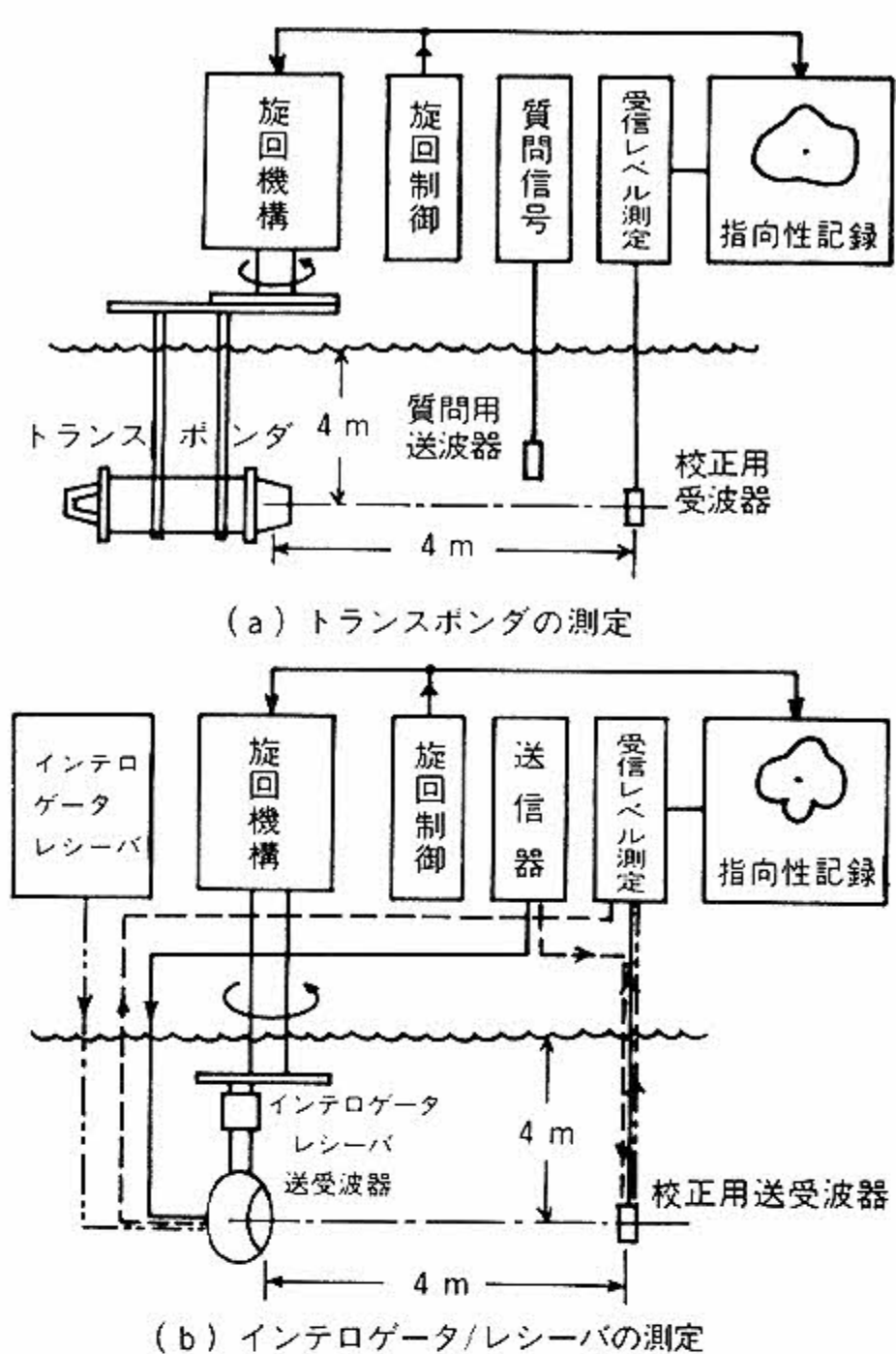
- (1) 指向性および音響出力
- (2) 白色性雑音および正弦波雑音の信号の受信検出に及ぼす妨害度
- (3) 信号波のパルス幅および搬送波の周波数変化に対する信号検出特性

4.1. 試験方法

4.1.1. 指向性および音響出力

図2に示す系統図の方法で、指向性および音響出力の測定を行った。

図中の(a)はトランスポンダーの測定要領である。超音波自動校正装置 (米国Scientific Atlanta社製) の送信器から質問信号を毎約2s間隔で繰返して発信し、トランスポンダーの応答信号を同校正装置の受信器で受信し、その出力を指向性記録器で記録する。指向性記録器のターンテーブルは、トランスポンダーを取付けた旋回機構と同期して回転するので、指向性は自動的に記録される。また指向性の主軸方向の音圧レベルを読取ることによって音響出力が得られる。なお、質問の繰返し間隔は、応答信号出力値が規格値以上になるの



(Transponder at (a) and interrogator/receiver transducer at (b))

図2 指向性及び音響出力測定系統図

Block diagrams of the beam pattern measuring

に約 1.7 s を要するので、2 s の繰返しで測定した。

図中の(b)はインテロゲーター/レーシーバの測定要領図である。実線は送信指向性、破線は受信指向性の測定系統を示す。なお、トランスポンダーは、6,000m の海底に設置して使用するので、630 kg / cm² の加圧を2回行い、その前後、3回の測定を行った。

4.1.2. 白色性雑音および正弦波雑音の信号検出に及ぼす妨害度

この測定は、船舶等から発生する雑音がトランスポンダーおよびインテロゲーター/レーシーバの信号受信に及ぼす妨害度を調査するために行った。

図3には測定系統図を示す。

船体発生雑音は、雑音発生器の出力にフィルターをかけて海中雑音を模擬した。特性は図4に示すように、4 kHz を最高値とし、それよりも高領域では6 dB / Oct. で減衰させ、低領域では30 dB / Oct. で遮断した。また船走船舶雑音には、主機等の回転機器による正弦波性の雑音が認められるので、白色性雑音の代わりに、正弦波を加え、この種の雑音による妨害の度合を調べた。

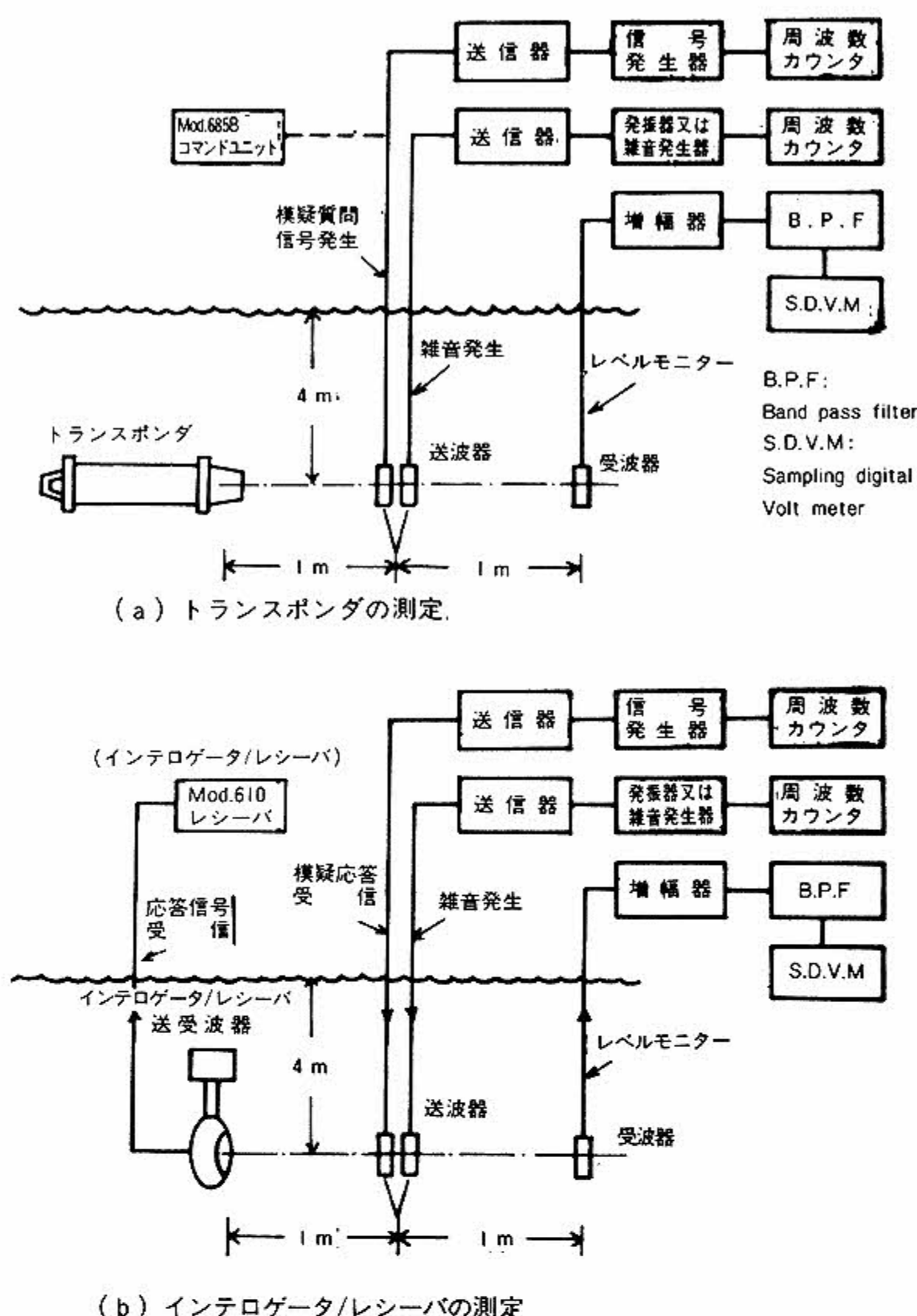


図3 雑音が受信検出に及ぼす妨害測定系統図

Block diagrams of measuring for detectabilities by changing of s/n with signal detector

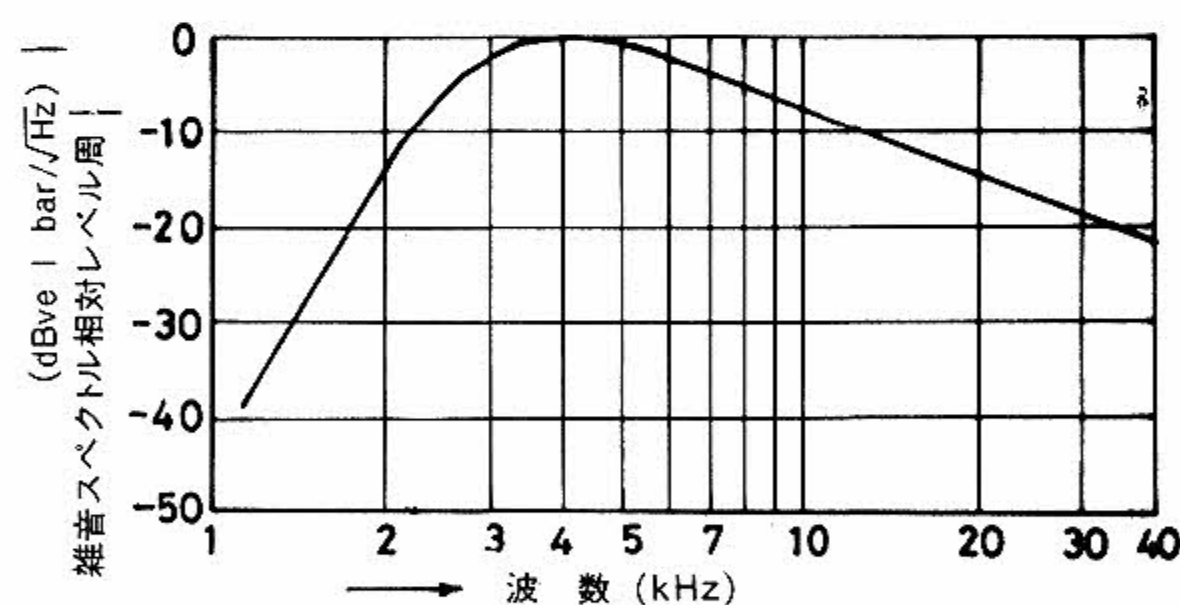


図4 模擬海中雑音周波数特性

Simulated frequency characteristic of underwater noise

トランスポンダーの受信検出の測定は、既知の模擬信号レベルをトランスポンダーに加えて応答させている状態で雑音を加え、そのレベル変化させて応答信号を発停させ、信号の検出が 100% となる雑音レベルを測定した。正弦波雑音については、雑音の周波数を変化させ、同じ要領で実施した。

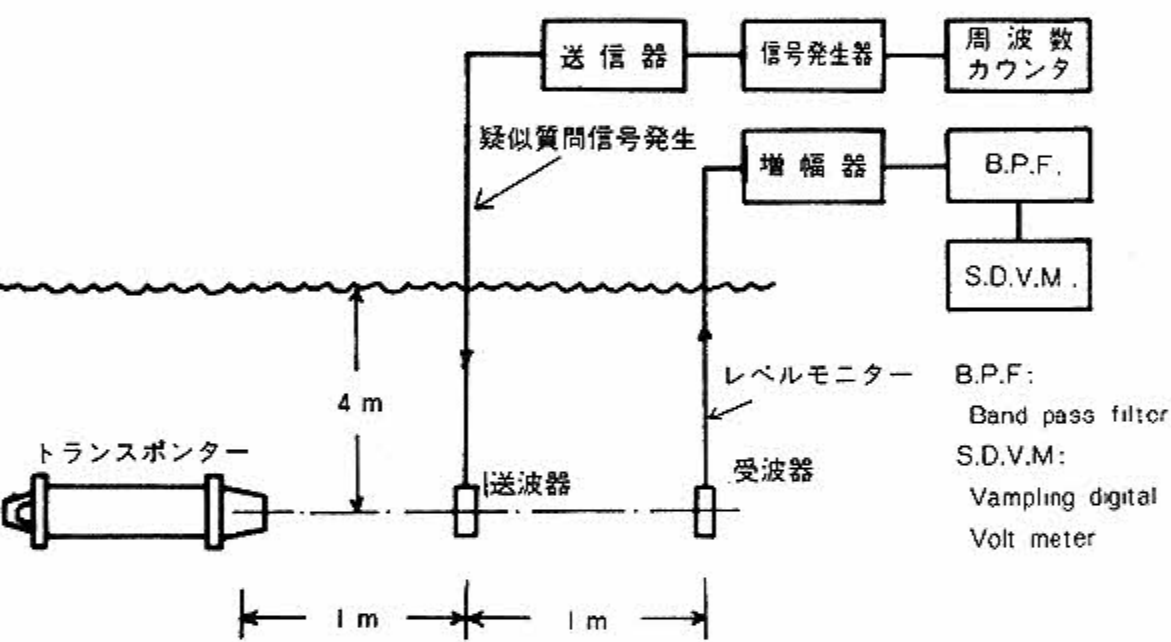
また、インテロゲーター/レーシーバの受信検出

の判定は、装置のパネル面にあるバリッドランプの点燈の有無で行った以外は、トランスポンダーと同様である。

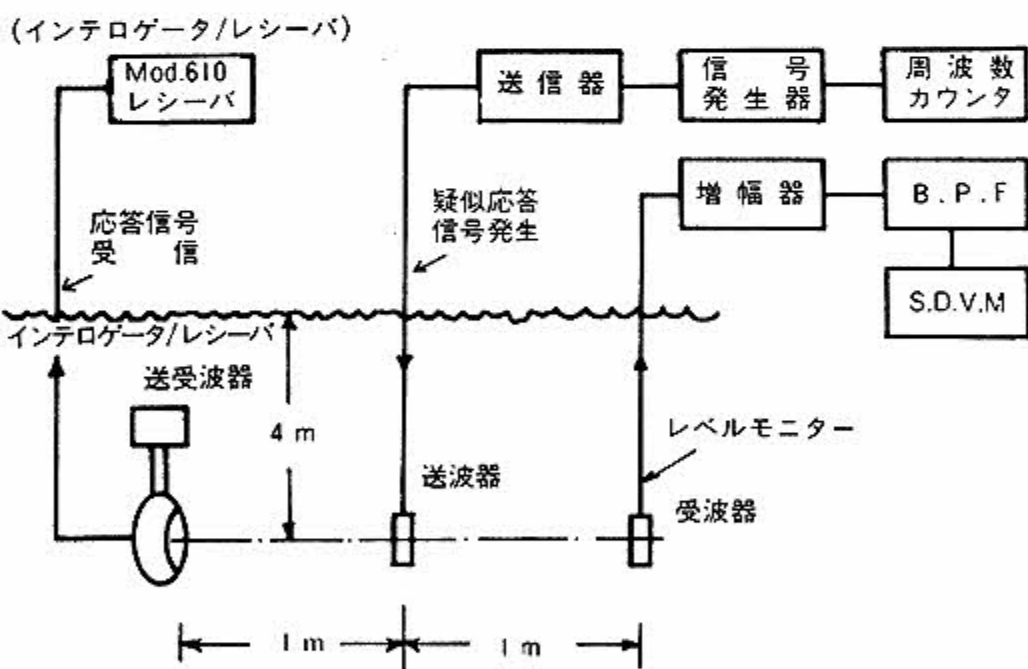
4.1.3. 信号のパルス幅および搬送波周波数の変化に対する信号検出特性

トランスポンダーに対する質問やインテロゲーター/レシーバーに対する応答信号のパルス幅および搬送波の周波数が偏移した場合には、信号検出に及ぼす影響と、広帯域の周波数成分を持つパルス性雑音による誤作動の有無を調査するため、この測定を行った。

図5に示すように、入力信号のパルス幅と搬送波周波数を変化させ、トランスポンダーおよびインテロゲーター/レシーバーに加えて測定を行った。判定は、前項と同様に、応答の有無またはバリッドランプの点燈によって、いずれも信号検出が100%となるレベルを測定した。



(a) トランスポンダの測定



(b) インテロゲータ/レシーバの測定

図5 受信波のパルス幅及び搬送波周波数の偏移に対する受信検出特性測定系統図

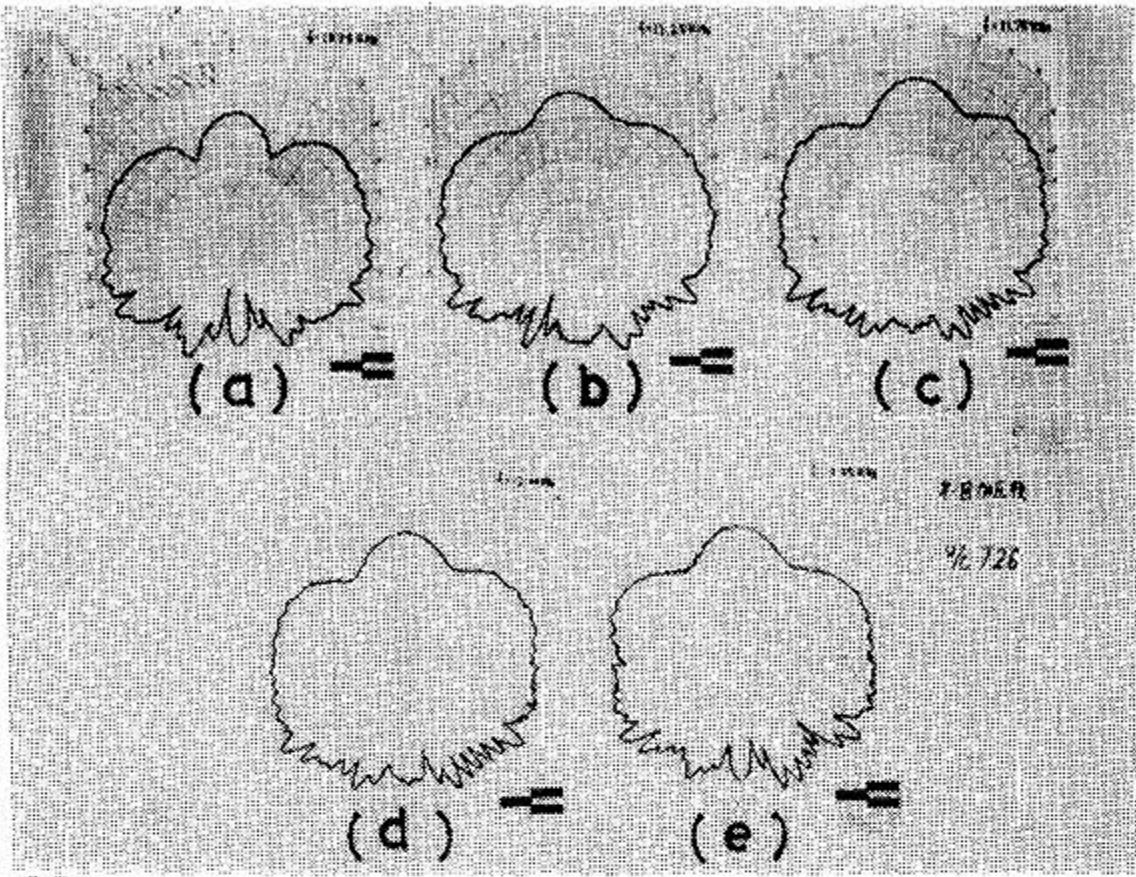
Block diagrams of measuring for signal detection measurement by changing signal pulse width and shifting carrier frequency of the seaceiving

4.2. 測定結果および検討

4.2.1. 指向性および音響出力

図6はトランスポンダーの送信指向性の一例を示す。図の指向性は、(a): 10.75 , (b): 11.25 , (c): 11.75 , (d): 12.00 および(e): 12.25 kHzの

特性である。これでわかるように、約25度方向で出力が低くなっておりその値は、0度方向に比べて5~10dB 小さい。この特性は変換素子の形状に依存するものである。



(a)10.75(b)11.25(c)11.75(d)12.00及び(e)12.25KHz

図6 トランスポンダの送信指向性(垂直方向)
Radiation patterns of transponder in different frequency

送信出力カレベルは、表1に示すとおりである。この値は2回の加圧後測定されたものであるが、加圧前後でほとんど変化は認められなかった。なお測定値は、振幅の最大値である。

表1 トランスポンダー送信レベル
(dB re 1μ bar at 1m)

Acoustic output level at transponders

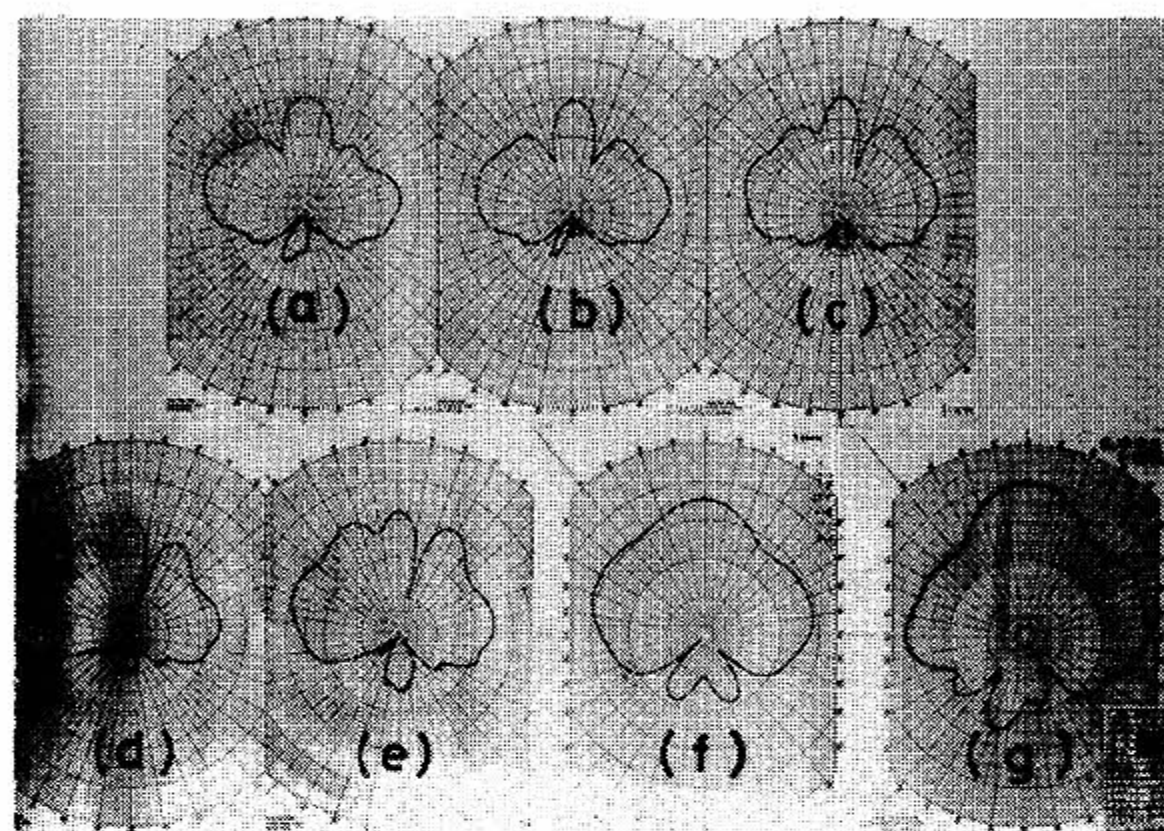
トランスポンダー toransponder (ユニット コード) (unit cord)	#720	#721	#726	#730	Sub 用 for Survey
送信周波数 frequency (kHz)					
10.75	106.3	106.1	105.5	104.3	106.3
11.25	107.5	106.3	107.9	107.1	107.5
11.75	107.5	106.8	108.1	107.9	107.5
12.00	106.3	107.1	107.9	107.9	107.6
12.25	104.3	107.3	108.9	107.3	104.3

(注) 2回加圧後の測定結果

このトランスポンダーは電源に、乾電池を使用しているため、応答の回数を重ねれば、電源の消耗に比例して送信出力も低下するはずである。

この調査は今後、実施していく予定である。

図7はインテロゲーター／レシーバーに接続される送受時器の指向性を示す。この図の(a)～(e)は10.75, 11.25, 11.75, 12.00および12.25kHzの受信指向性, (f)および(g)は7.5kHzおよび8.5kHzにおける送信指向性である。受信指向性では, 主軸から15～20度方向で感度が低下している。トランスポンダと同じく, 変換素子の形状による特性である。海洋実験で, このことが弊害となった事例は認められなかった。しかし, 0度方向の指向性の改善が望まれる。



(a)10.75(b)11.25(c)11.75(d)12.00(e)12.25kHz
(f)12.25kHz (f)(g)差信指向性
(f)7.5kHz (g)8.5kHz

図7 インテロゲーター／レシーバ送受波器
指向性(a)～(e)受信指向性
Beam patterns of the interrogator/receiver
transducer in different frequencies (a)～(e)hydrophone
(f)and(g) projecto

4.2.2. 白色性雑音および正弦波雑音の信号検出に及ぼす妨害度

(1) 白色性雑音による妨害度

白色性雑音(図4参照)が信号の検出に及ぼす妨害度について測定した結果を図8に示す。この図の縦軸に雑音のレベル, 横軸に信号のレベルを示し, 信号検出可能な入力信号レベルと雑音レベルの関係を示してある。いいかえると, 信号検出に必要なS/Nである。なお, 縦軸の雑音レベルは, 入力信号と同一周波数のスペクトルレベルで表示したので, 図4の帯域全体の雑音との関係は, この帯域の総和である37.5dBを加えればよい。

図8中の(a)はトランスポンダの特性で, 雑音レベルが-20dB以上に増加すると, 信号の検出は困難となることがわかった。図中の(b)はインテロゲーター／レシーバーの特性で, 雑音を送受波器の前面から加えた場合と背面から加えた場合の両者の測定を行った。

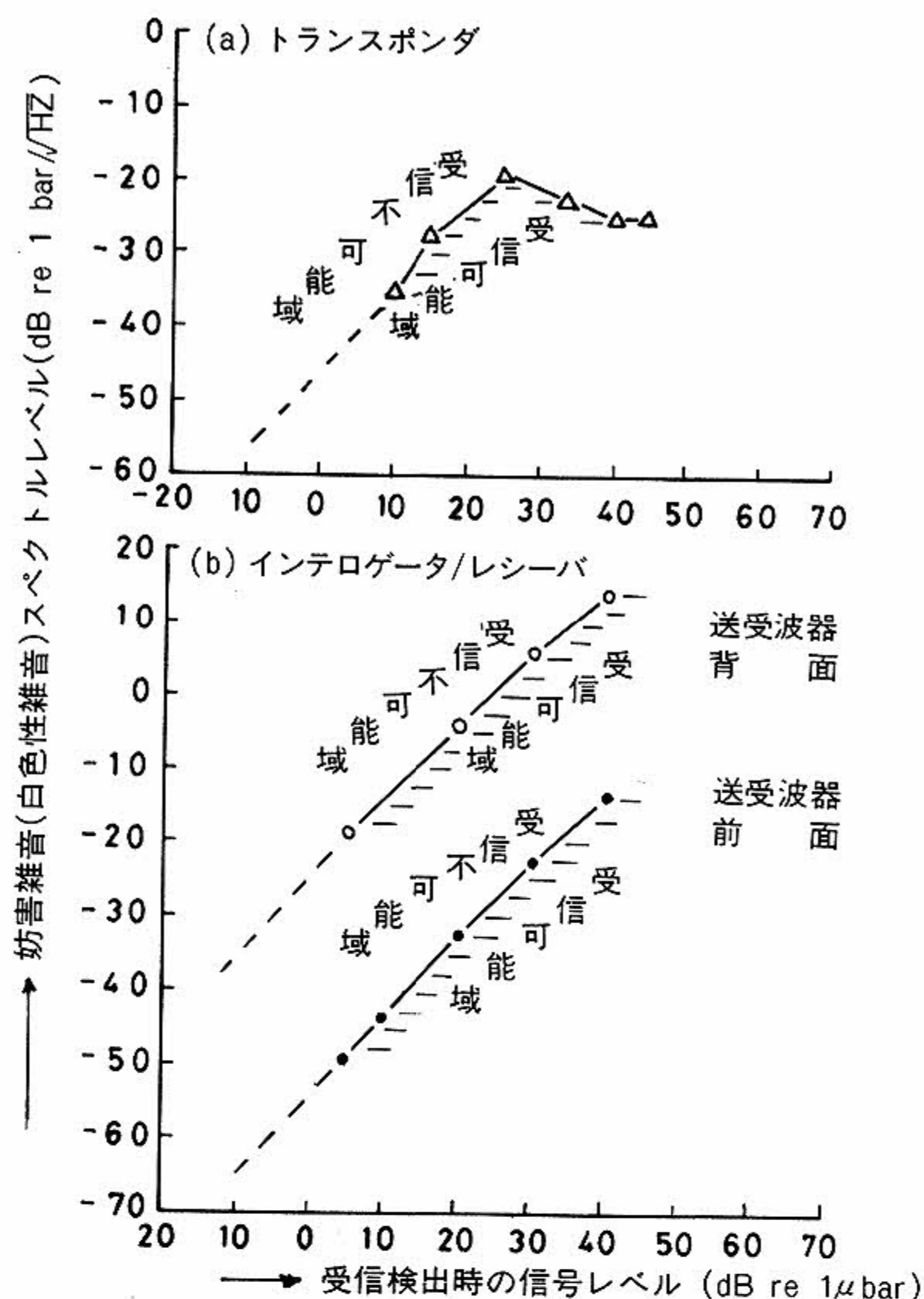


図8 白色性雑音が信号の受信検出に及ぼす妨害度の測定
Disturbance by broad band noise for signal detection

曳航式の場合は, 主な雑音は曳航している船の雑音であるから, 背面からの雑音の影響を受ける。雑音が前面から入る場合と背面から入る場合のそれぞれのS/Nの差は約30dBである。この値は指向性利得を表わす。

$$※ (S/N)_8 / (S/N)_{180} = 55 - 25 = 30\text{dB}$$

(2) 正弦波雑音による妨害度

図9は正弦波の雑音を加えた場合の信号検出特性を示す。縦軸は雑音のレベル, 横軸は雑音の周波数を示し, 信号入力レベルをパラメーターとして測定した。測点値は, いずれも信号検出100%のときの雑音レベルで, これ以下の雑音レベルで信号検出可能である。次にこの信号検出の周波数特性について考えてみる。

図10は信号検出回路の構成図, この図の広帯域フィルターの特性を図11に示す。図11と図9の特性を比較すると, 両者はよく似ている。

このことから, この受信検出回路のAGCは広帯域フィルターの出力で制御されていることがわかる。したがって, S/Nに関する検討をする場合には, 雑音の周波数特性がわかれば, 図9から必要な信号レベルを推定することができる。

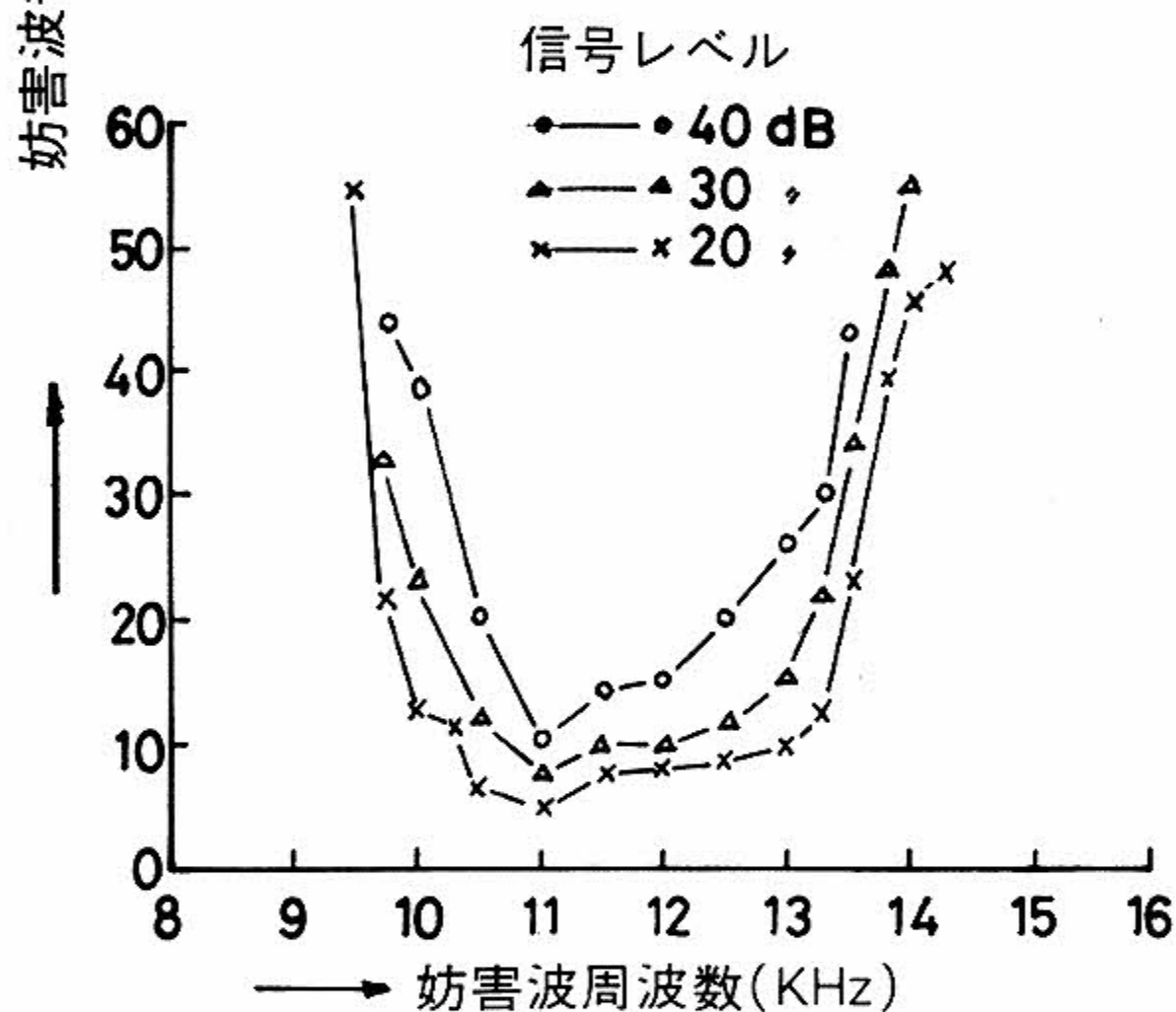
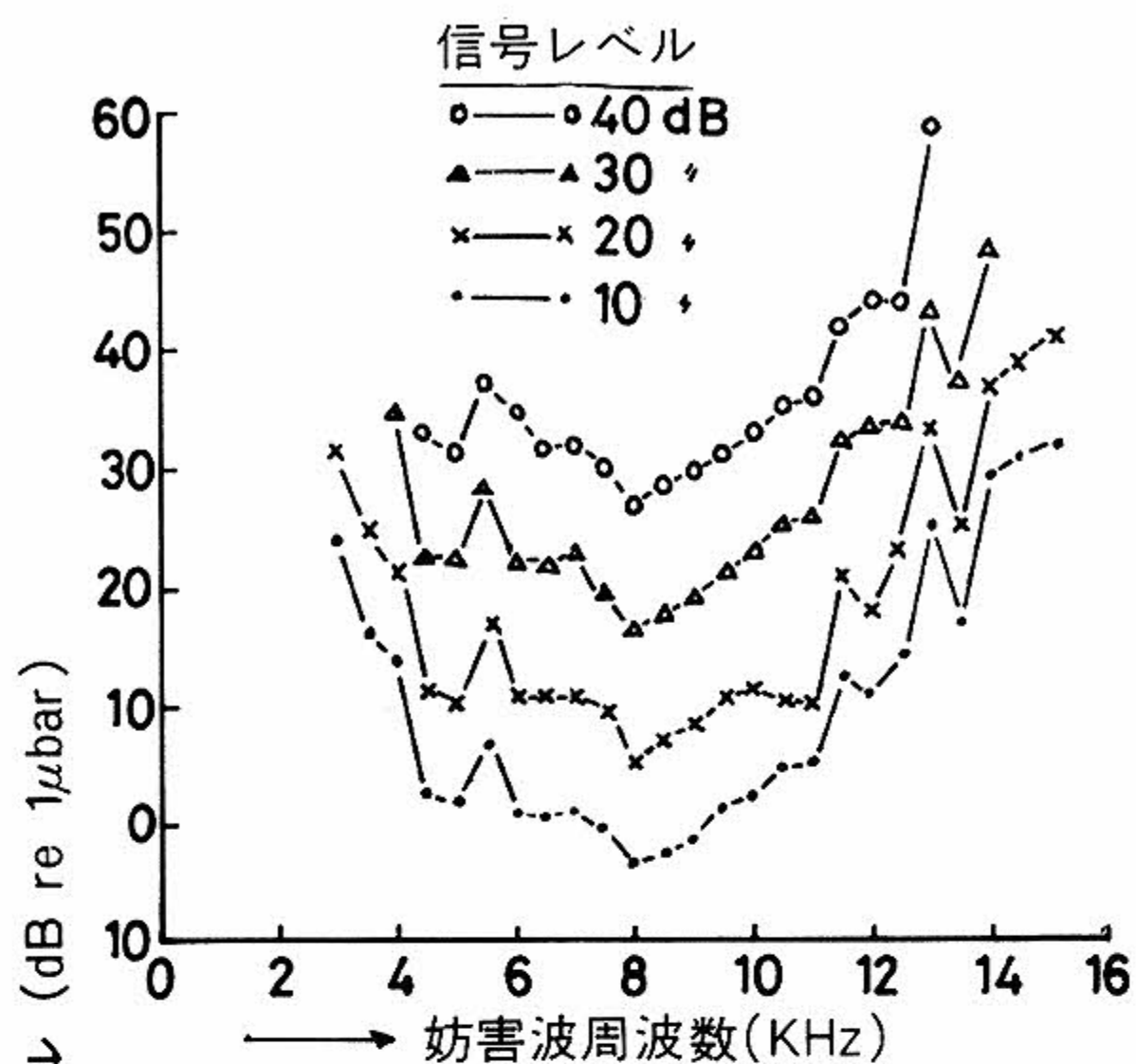


図9 正弦波雑音による妨害度測定結果
 Disturbance by sinusoidal noise for signal detection

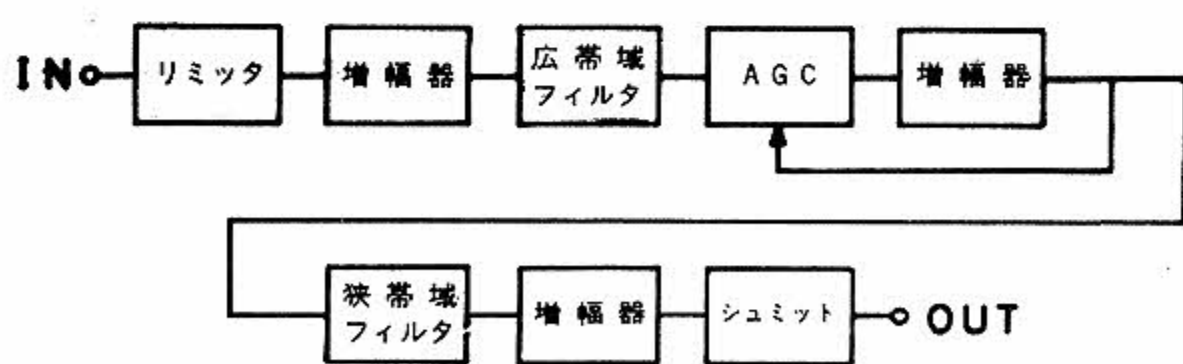
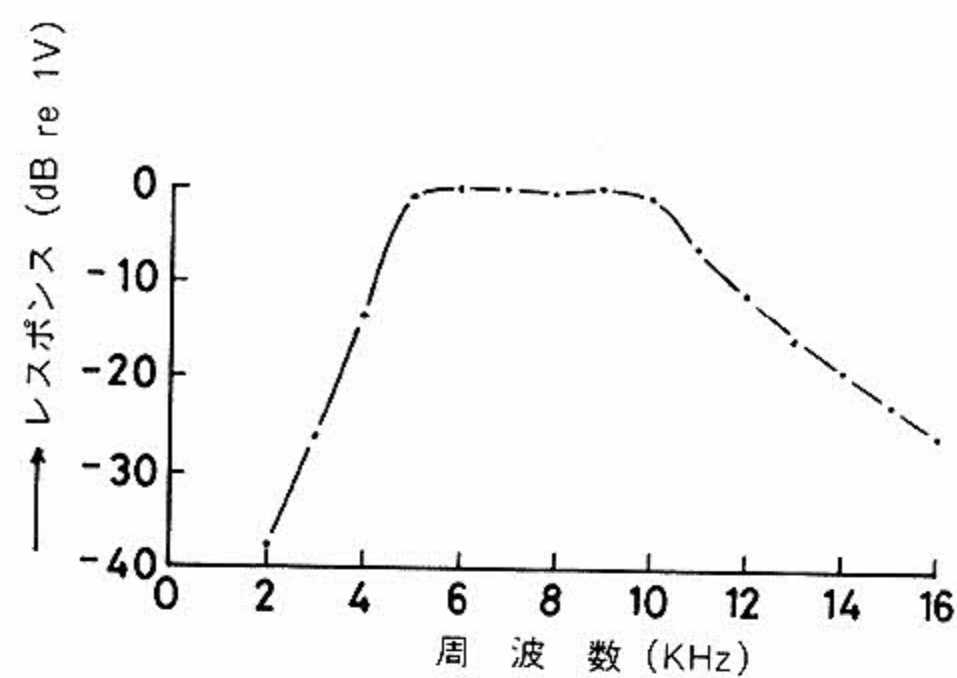
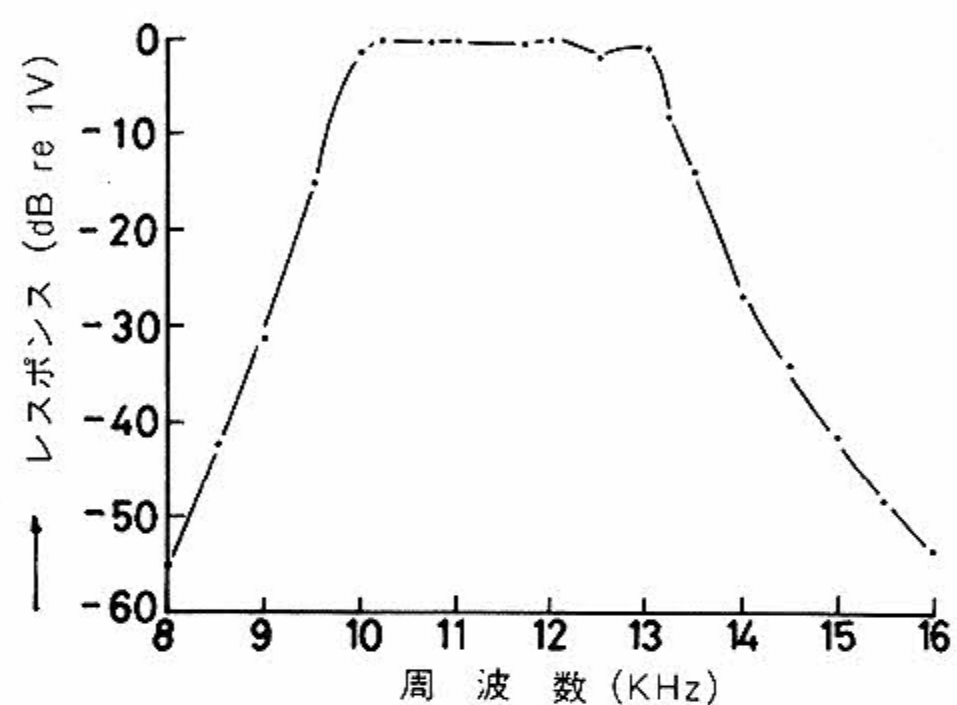


図10 受信検出回路の構成

Block diagram of signal detection circuit



(a) トランスポンダ用広帯域フィルタ特性



(b) インテロゲータ/レーザ用広帯域フィルタ特性

図11 受信検出回路の広帯域フィルタ特性

Frequency characteristic of broad band filter in the signal detector

4.2.3. 信号のパルス幅および搬送波の周波数変化に対する信号検出特性

図12に測定結果を示す。縦軸は入力パルス波の音圧レベル、横軸は搬送波周波数の偏移量を示す、

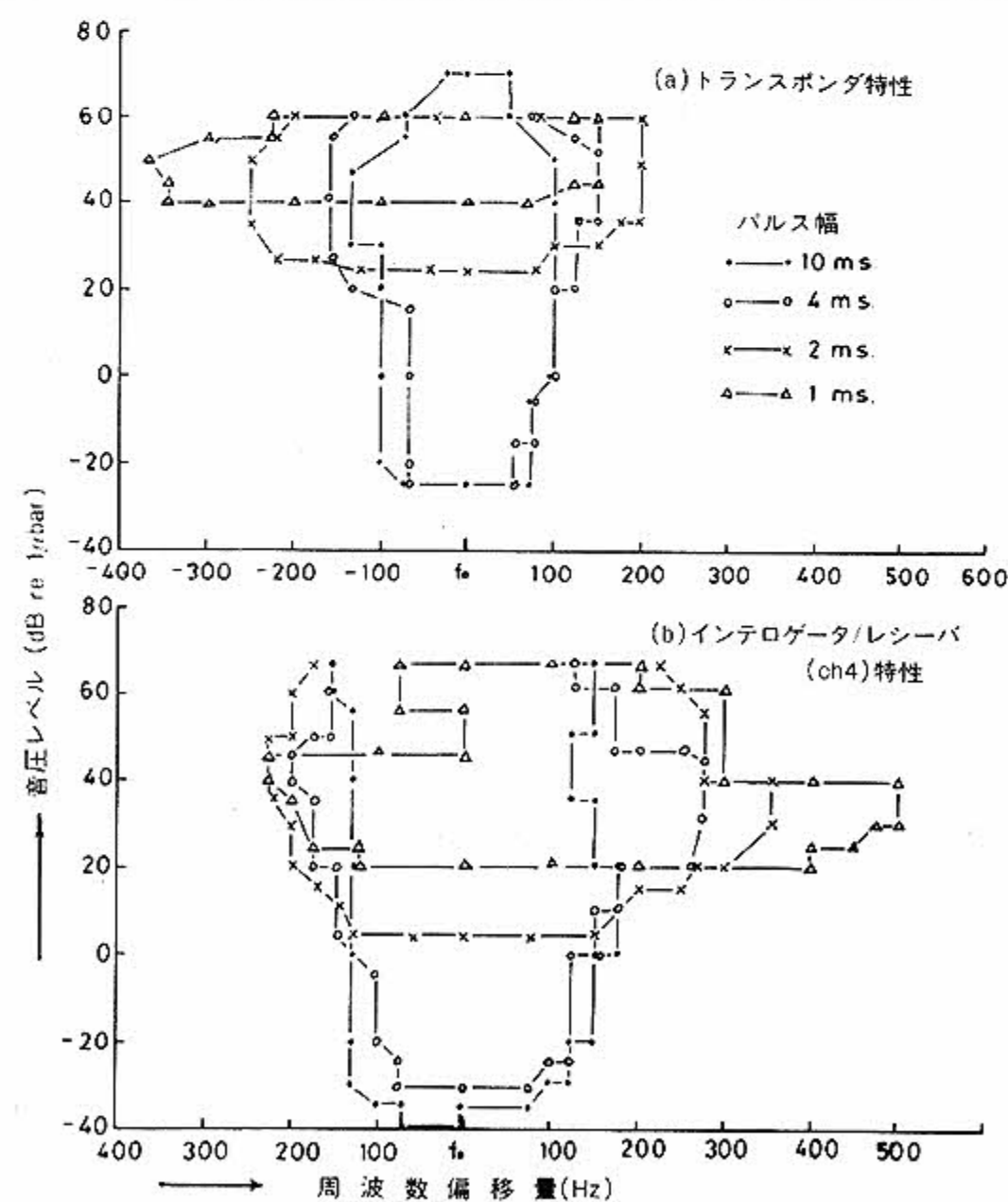


図12 受信検出器のパルス幅及び搬送波周波数偏移

The output characteristics of the detectors when the input signals are changed pulse widths and carrier frequencies

パルス幅をパラメーターとしている。測定点で囲まれる内部で信号の検出が可能である。

この図によれば、正規のパルス幅10msに対しては、ほぼ $f_0 \pm 120\text{Hz}$ 以内で検出し、これは図13に示す狭帯域フィルタの特性に合致する。

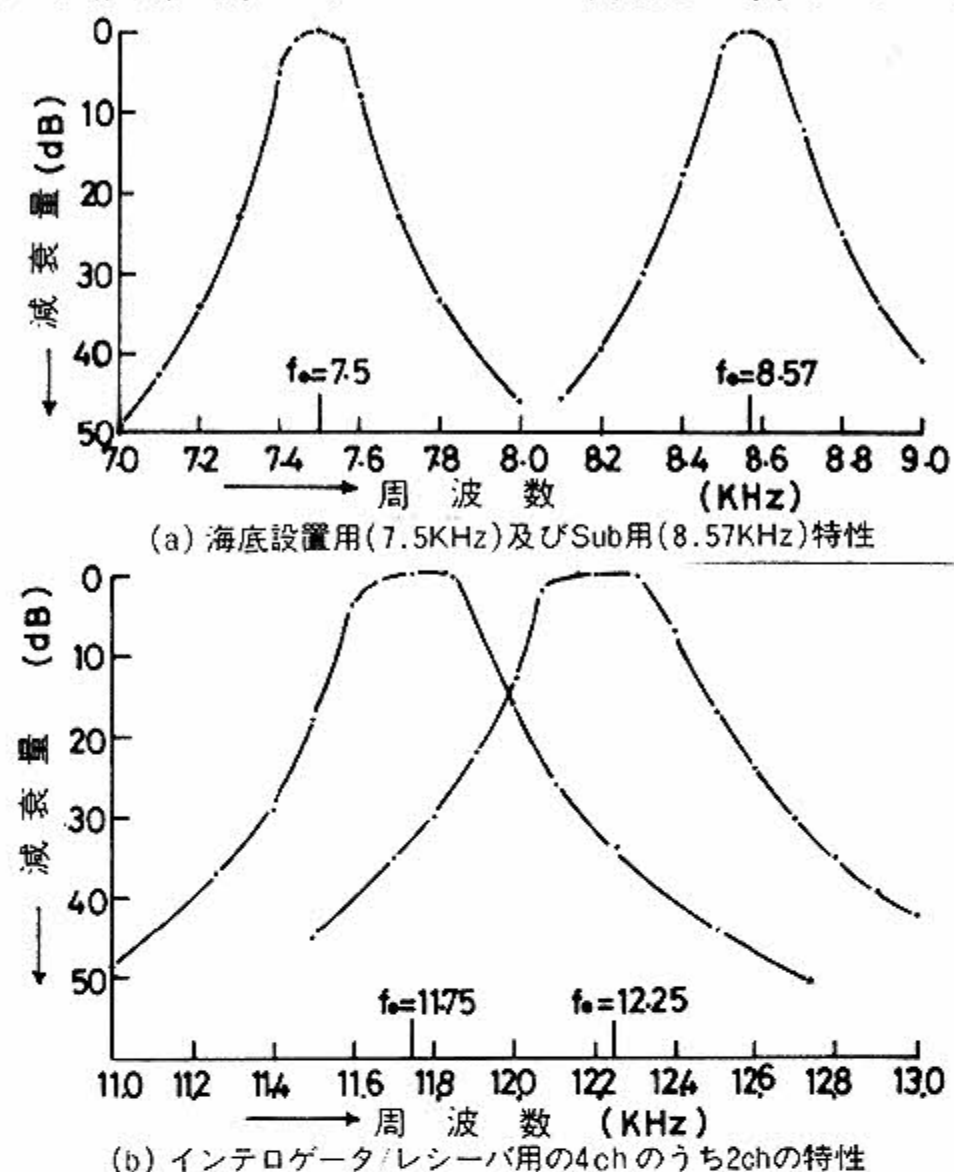


図13 受信検出器の狭帯域フィルタ特性
Frequency characteristics of narrow band pass filters which are used in the detection circuits

測定結果、短いパルス幅で周波数が偏移していてもレベルが大きければ、信号として検出されることがわかる。これはパルス性雑音による誤作動につながるので注意しなければならない。高压水槽の加圧試験中や海洋実験の甲板作業中に金属をたたき衝撃音等で、トランスポンダーが誤作動していたことはこの例であろう。

検出回路は、狭帯域フィルタで信号周波数を分離し、パルス幅の検出は積分回路の時定数によって行っている。したがって、パルス幅が短かくても、十分大きな入力であれば、信号とみなして検出されるわけである。

5. 海洋実験

第1回の海洋実験は海面での船位測定を目的として、昭和53年8月に相模湾初島沖の水深約50mの水域で行った。その後、第2回海洋実験は同年10月から11月、相模湾川奈沖の水深約1,500mの水域で深海TVカメラ付きのえい航体にSub用トランスポンダーを取付けて行った。

初島沖の実験では、“久鶴丸”(アジア海洋作業所属)、また川奈沖の実験では、“さむらい”(市川海事興業所属)を傭船して実施した。

5.1. 初島沖の実験

図14は三次元キャリブレーション後のトランスポンダー設置位置である。

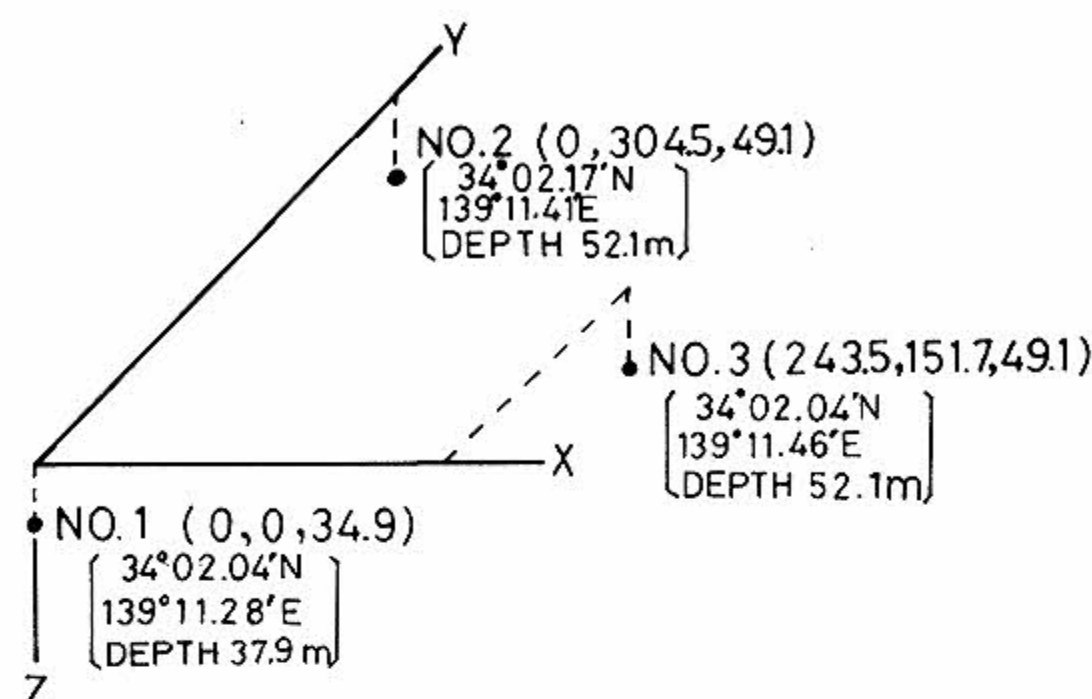


図14 初島沖海洋実験におけるトランスポンダー相互位置

Distribution of transponders for the experiment at offshore of HATSUSHIMA

各トランスポンダーの緯度・経度は陸上目標から船位を求め、その位置をトランスポンダーの緯度、経度に置換えたものである。トランスポンダーの設置間隔は、水温(BT)の測定結果を基に、音波伝搬予測の音線計算を行って、約300mとした。

図15は実験実施時期のBT測定結果、また図16は53/8/14/1630のBTを用いて音線の計算を行った結果を示す。

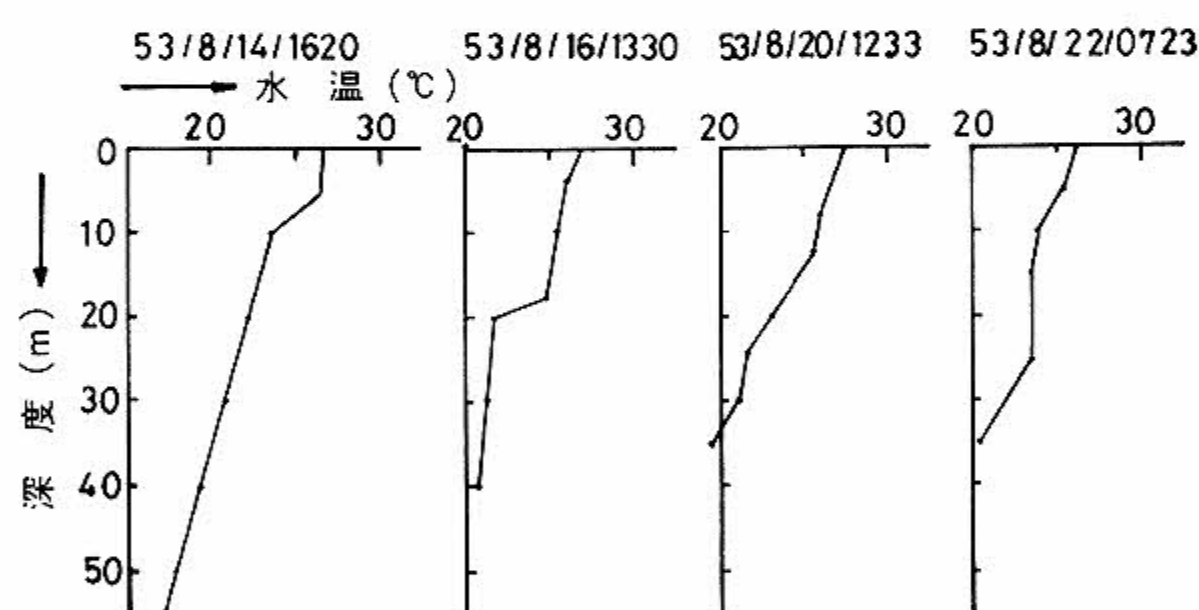


図15 初島沖海洋実験時のBT測定結果
数時表示は年/月/日/時刻

Temperature profiles during test in offshore HATSUSHIMA

この結果によれば、音波の伝搬距離は600~800と推定される。

図17はこれらの準備を行ったうえで、トランスポンダー航法を実施した際の航跡図である。

この図は装置のX-Yプロッタ記録紙上にプロットされる船位を見ながら、100m間隔の予定コース上を航走するように操船した際の航跡図である。コースを保つように舵をとることによって、蛇行していることがよくわかる。船位の測定は5s間隔で行った。左下隅で空白が目立つ部分はト

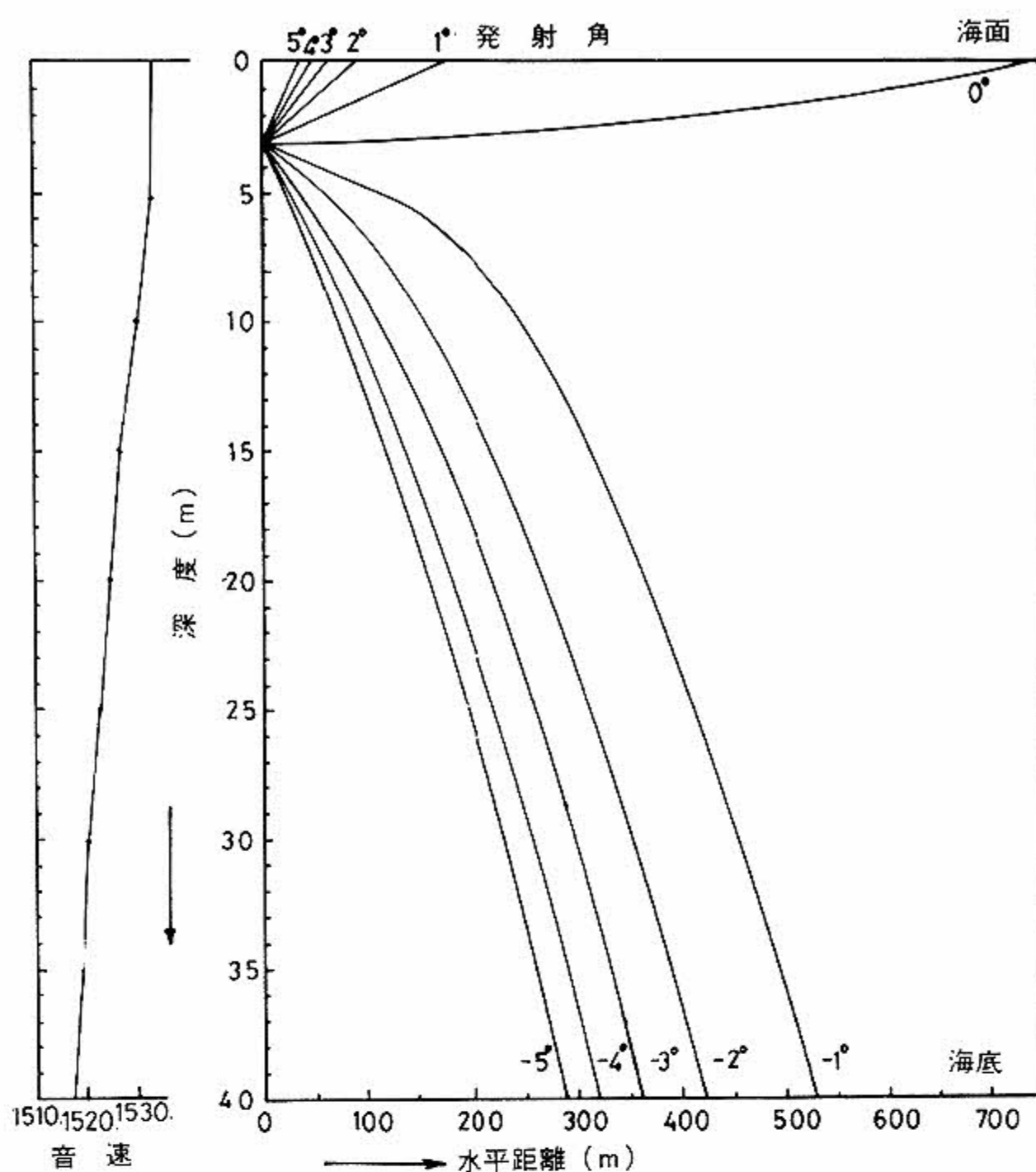
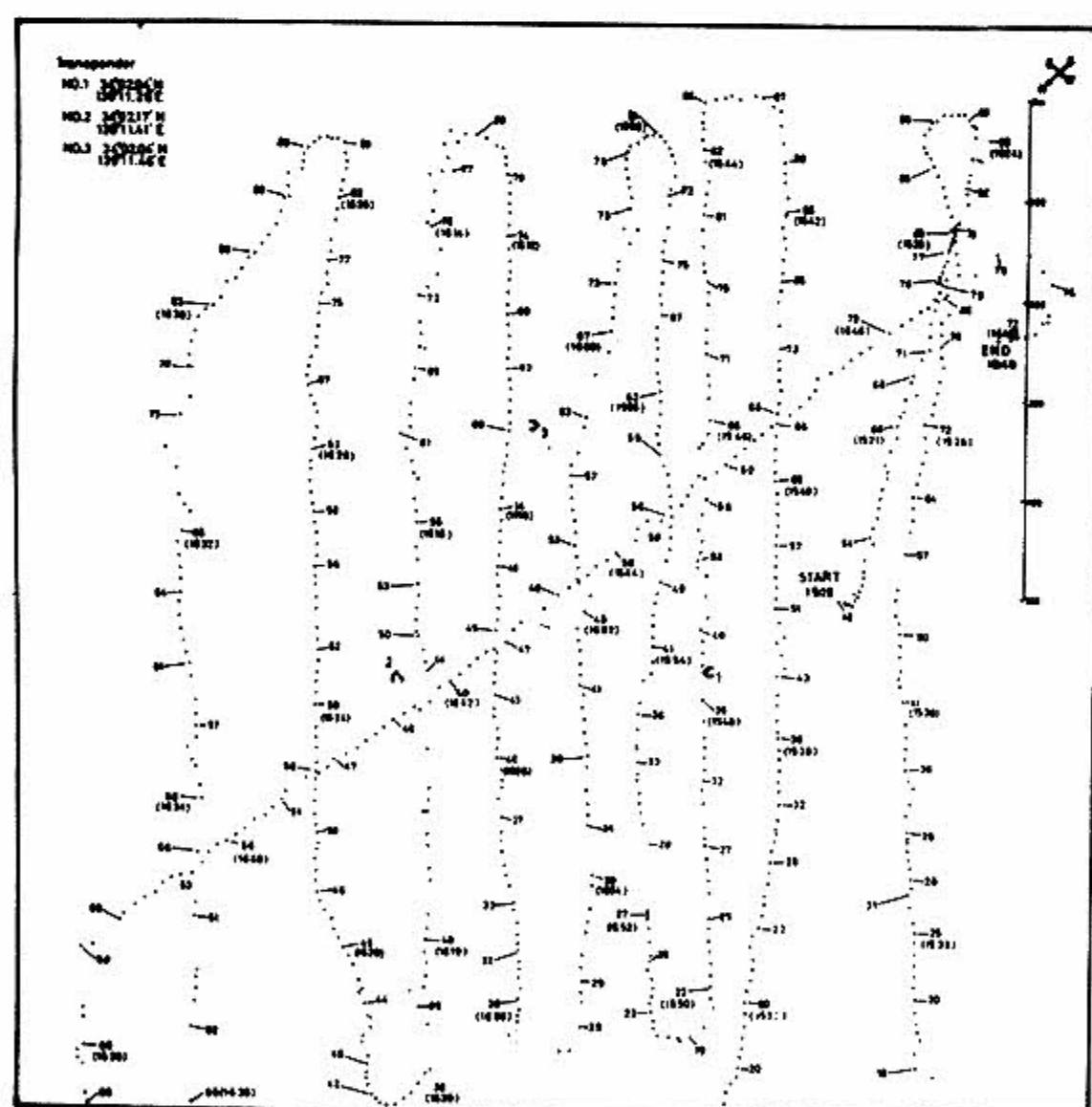


図16 初島沖海洋実験時のBTによる音速
音線計算結果の一例

Ray diagram for transmission in off shore of
HATSUSHIMA and velocity profile



()内の数字は時刻, 矢印数字は測深値

No. in() shows time and the No. by arrow shows
depth which measured same run

図17 初島沖(水深約50m海域)における
トランスポンダ航法による航跡図

Ship's track being measured the acoustic navigation
system when tested near of HATSUSHIMA. The

ランスポンダーから約 800m 離れていて船位を測
定しえなかった部分である。括弧内の数字は時刻
を示し, 矢印の数字は測深値を示す。

5.2. 川奈沖の実験

この実験においては図18に示すように, トラン
スポンダーの設置間隔を約 3,000m とした。実施
時期のBT測定結果および音線計算結果の一例を
図19および図20に示す。

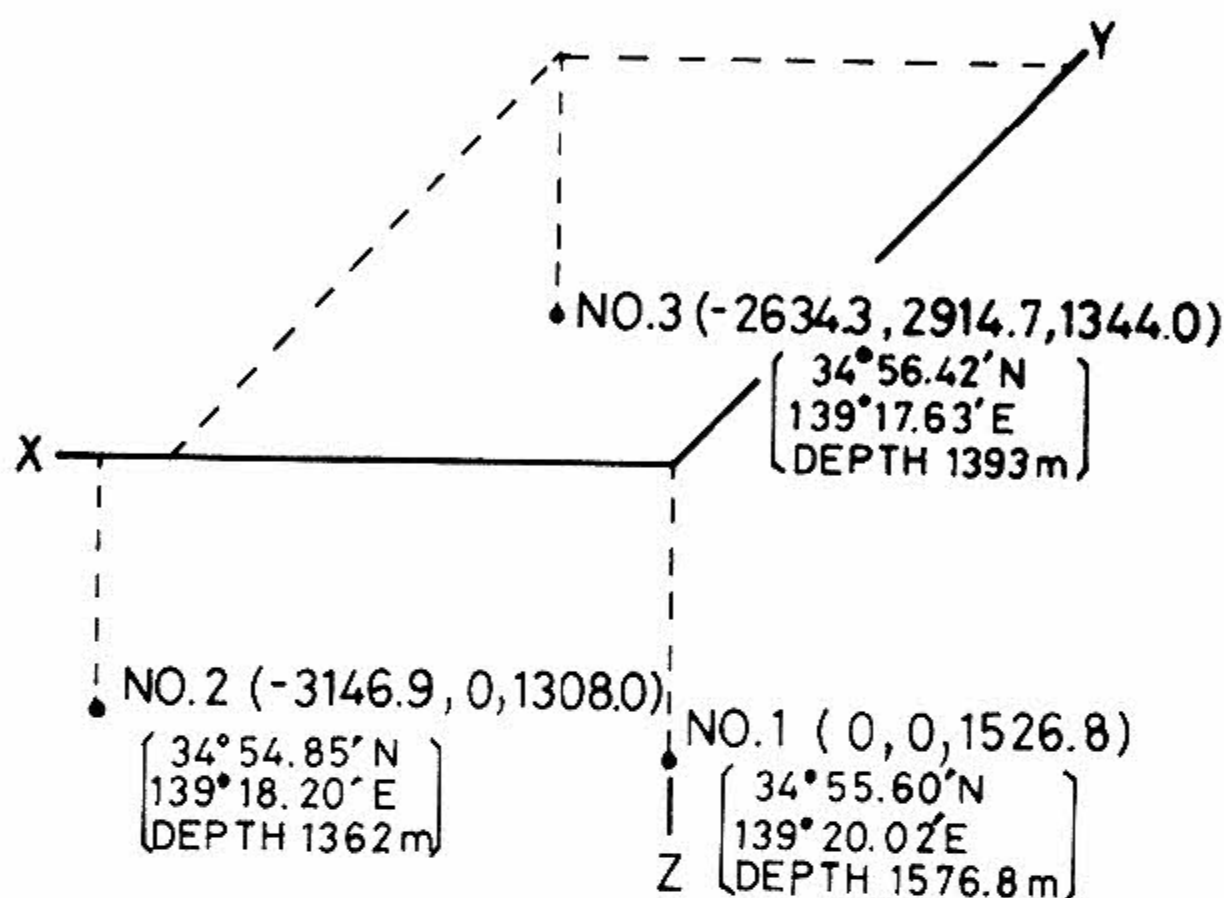


図18 川奈沖海洋実験におけるトランスポンダ
相互位置

Distribution of transponders when tested at KAWANA

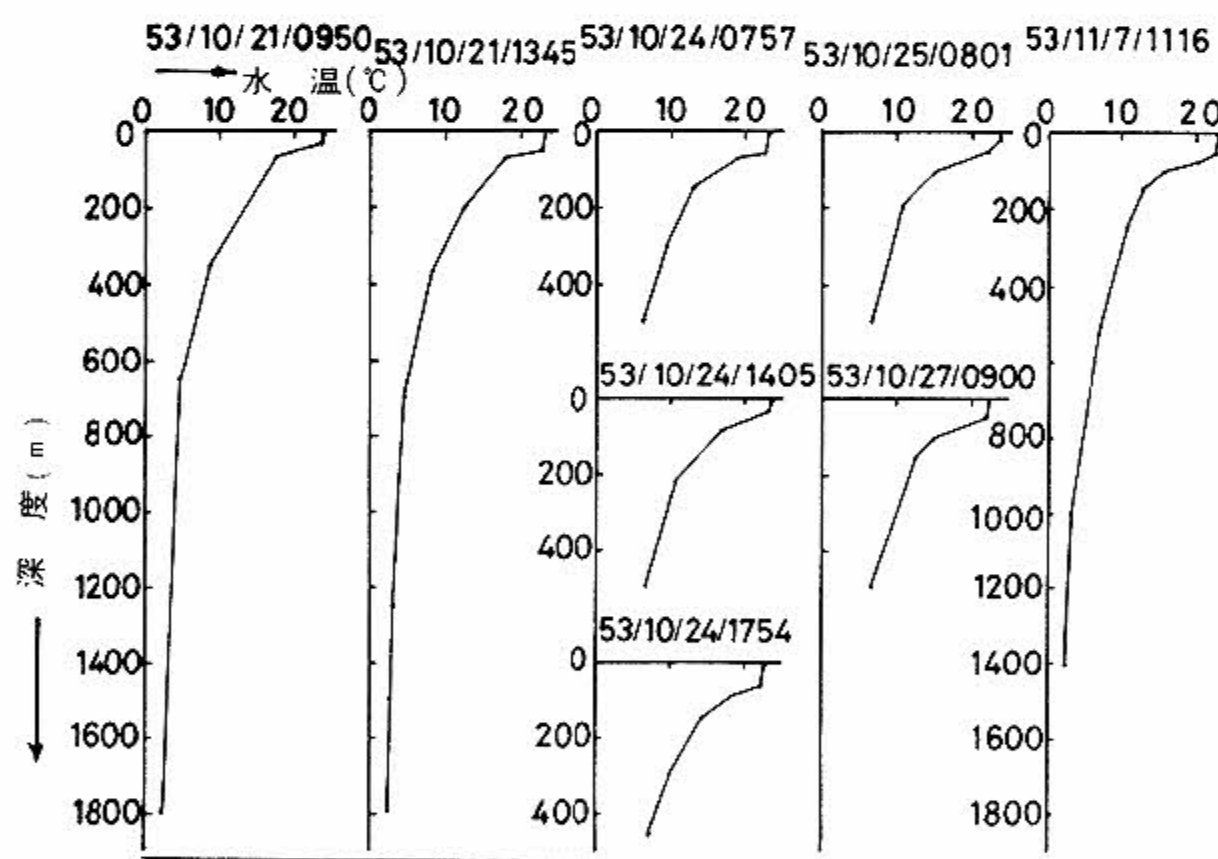


図19 川奈沖海洋実験時のBT測定結果

BT profile in KAWANA

図20の海面から海底への音波到達の水平距離は
8,000m 以上であり, 逆に海底から海面への音波
到達の距離は(b)から約 7,000m と推定される。し
かし, この計算では音波の伝搬による減衰や周囲
雑音の妨害については考慮されていないことに注
意を要する。

実際にトランスポンダー航法を行った例を図21
に示す。

この図は図17と同じ方法で求め航跡図である。

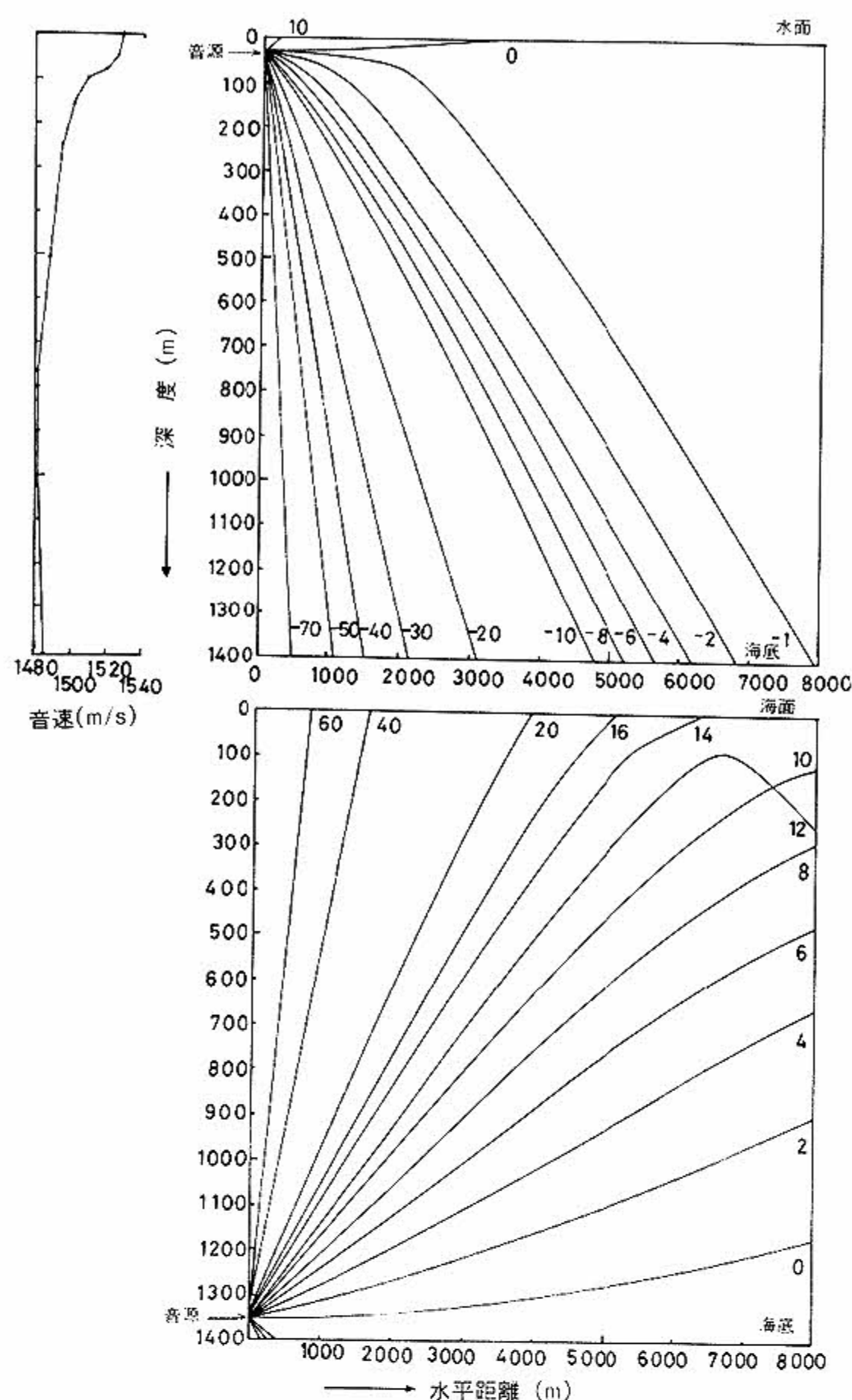
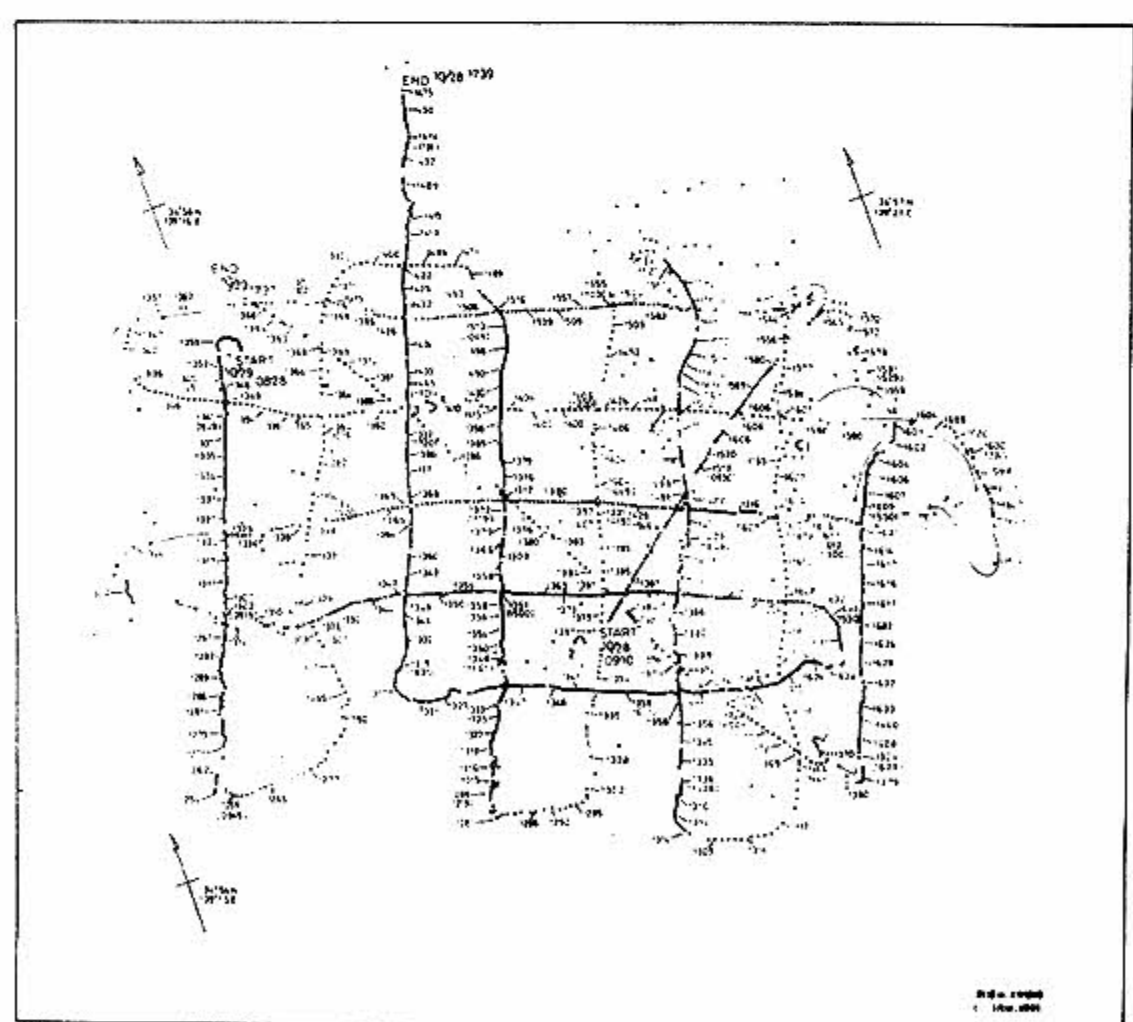


図20 川奈沖海洋実験時のBTに対する音速、音線計算結果の一例

Ray diagrams for transmission and velocity profile in KAWANA



()内は時刻、矢印数字は測深値

The No. in () shows time and No. by arrow shows depth which measured same run.

図21 川奈沖(水深約1,500m海域)におけるトランスポンダ航法による航跡図。

Ship's track by using theacoustic navigation system KAWANA(depth: 1500m).

なお緯度および経度はN N S Sによる船位から求めた。船位測定の間隔は30 sで、船速は約2 ktで実施した。

この測定の一部は2個のトランスポンダーによって船位が求められている。その理由は3個のトランスポンダーからの応答信号のうち、2個しか検出できなかった場合や、3個とも検出できたが、そのうちの1個は距離が一定しなかったためである。その原因は、2個しか検出できなかった場合には音波の屈折によって到達しえなかったものと推定され、後者の場合には多重反射または海面反射によるにせの質問信号に対してトランスポンダーが応答したためではないかと考えられるが詳細は不明である。トランスポンダーの受信選択はコンピュータのパネル面のスイッチで簡単にできる。また、図21の括弧の数字は測定時刻を示し、矢印の数字は、この航走を測深を行いながら、実施したので、その測深値である。

測深機の周波数は、12 kHzで、4.2.2.の(1)および4.2.3.で述べたように、インテロゲーター/レシーバーの信号検出に妨害を与えるが、送信レベルとパルス幅を適切に選ぶことによって測深を行うことができた。

5.2.1. 音波到達距離の検討

川奈沖の実験を通して、トランスポンダーからの応答信号を受信検出できた距離は、ほぼ6,000 mまでであった。この距離は、図20の海底から海面への音線計算図によれば、ほぼ計算値どおりである。しかし、前述のように、この計算結果には音波伝播による減衰が配慮されていないので、ソナー方程式によって検討することにした。

この実験の準備段階では、インテロゲーター/レシーバー用送受波器を船尾付近で水深約10mに吊下した。その後受信状況が悪かったので、送受波器の吊下位置を中部に変更し、10m吊下した。しかし、やはり受信状況不良であったため、吊下深度を30mにしたところ良好な受信が得られた。このことも含めて検討する。

ソナー方程式を(3)式に示す。

$$TL \leq SL - NL - DT + DI \quad (3)$$

ただし、

TL: 伝播損失

SL: 音源レベル

NL: 雑音レベル

DT: 信号検出の閾値

DI: 指向性利得

ところで、伝播損失 TL は次のように表現される。

$$TL = 20 \log R + 2R \times 10^{-3} \quad (4)$$

$$\alpha = \frac{0.1 f^2}{1 + f^2} + \frac{44 f^2}{4100 + f^2} + 3 \times 10^{-4} \cdot f^2 \text{ (dB/km)} \quad (5)$$

ただし、

R : 距離 (m)

α : 伝播損失係数 (dB/km)

f : 周波数 (kHz)

これらの各量は次のように求められる。

SL : 音源レベル = 95dB (dB re 1 μ bar at 1 m) : 表 1 の値を rms 表示

NL : 雑音レベル = 12dB

: 図 22 の雑音特性から 8 ~ 13kHz バンドレベル (= 42dB) を 30m の距離減衰量 (30dB = 20log30) を補正した値

DT : 受信検出の閾値 = 17dB

: 図 8 の (b) の S/N = 55dB に雑音帯域レベルを加えた値と図 9 の (b) の S/N 13 ~ 20dB から定めた。

DI : 指向性利得 = 30dB

: 図 8 の (b) の前面の S/N と背面の S/N の比

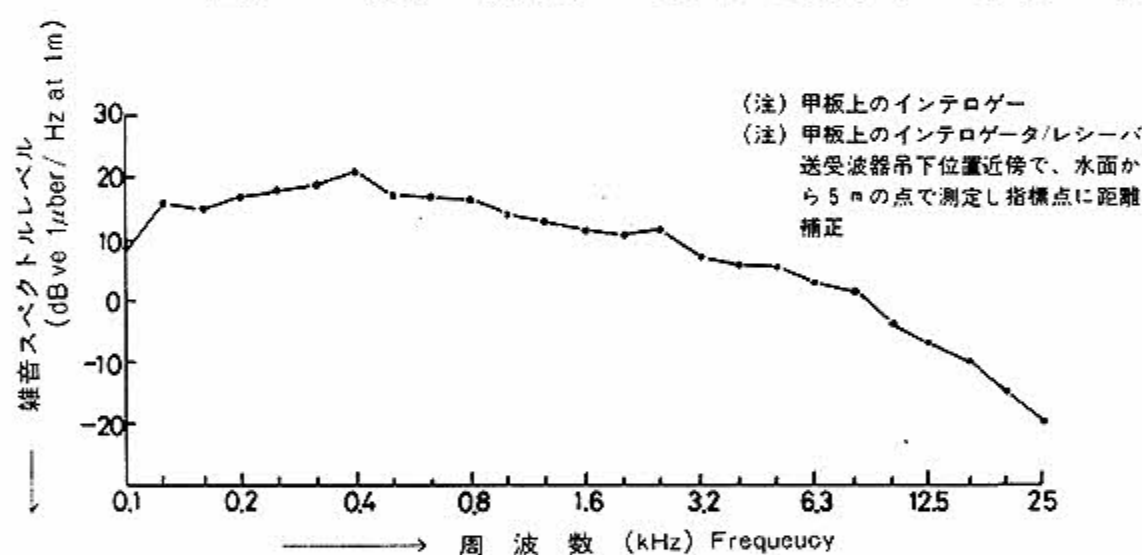


図 22 “さむらい”の発生雑音の分析結果
(1/3 Oct Bandによる分析)

Self noise spectra of “SAMURAI” (Analysed 1/3 Oct band filter and compensated band level)

(3) 式の右辺に、これらの値を代入すると、つぎのようになる。

$$TL = SL - NL - DT + DI \\ = 95 - 12 - 17 + 30 = 96 \text{ (dB)} \quad (6)$$

(4) 式の TL と R の関係を示した図 23 から (6) 式の 96dB に対する距離は、10kHz では 12,000m, 12kHz では 9,500m となる。したがって、実験での到達距離が 6,000m であったことは水温分布の影響によるものと考えられる。

次に、トランスポンダーの指向性の影響を考えてみる。トランスポンダーの指向性は 10 ~ 20 度方位で、主軸方向に比べ、音響出力は 5 ~ 10dB 小さい。すなわち、(6) 式の TL は 91 ~ 86dB となり、12kHz での到達距離は 8,400 ~ 6,000m となる。

る。

5.3. 曳航体の位置測定

川奈沖の実験で、曳航体を約 1,000m のケーブルで吊下し、約 2kt で曳航しながら、その位置を求める実験を実施した。

その一例を図 24 に示す。この図では + 印は水上船の位置、・印は曳航体の位置を示す、また、両者の対応する位置を線で結んだ。

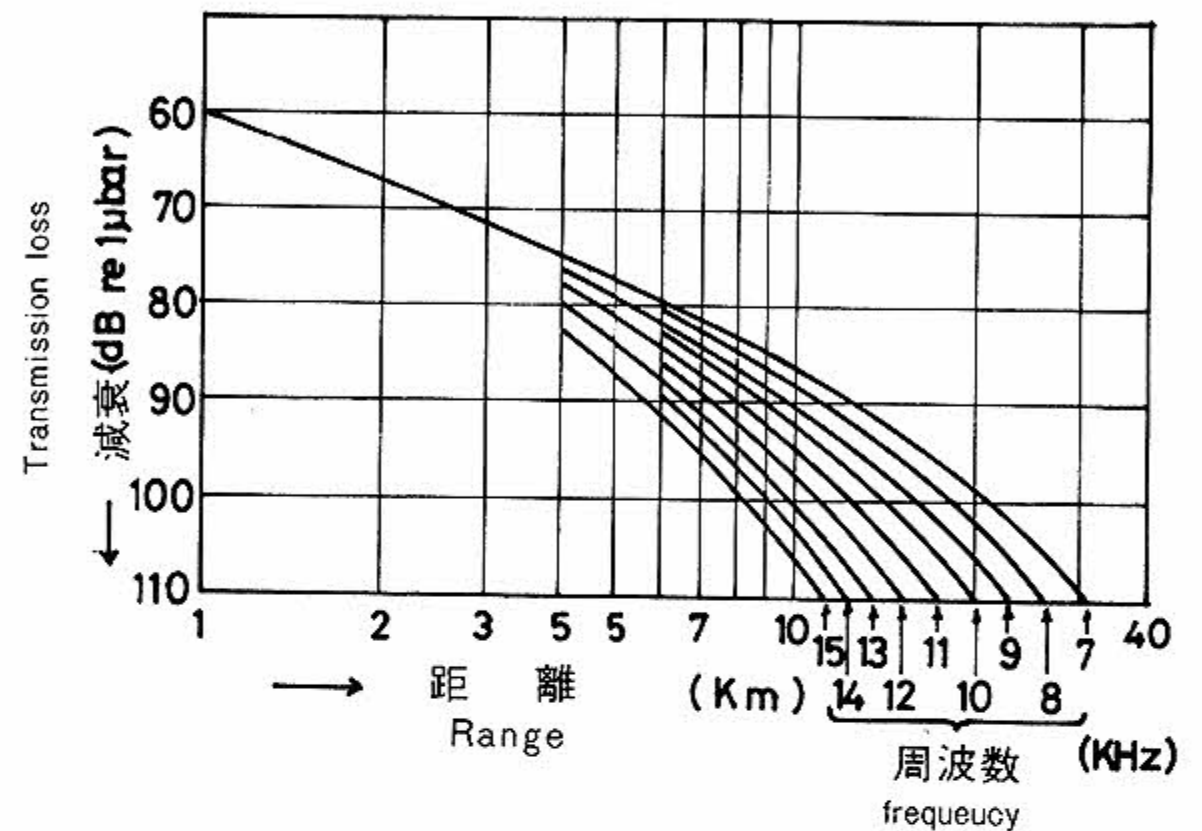


図 23 伝播損失レベル対距離特性

The theoretical transmission loss

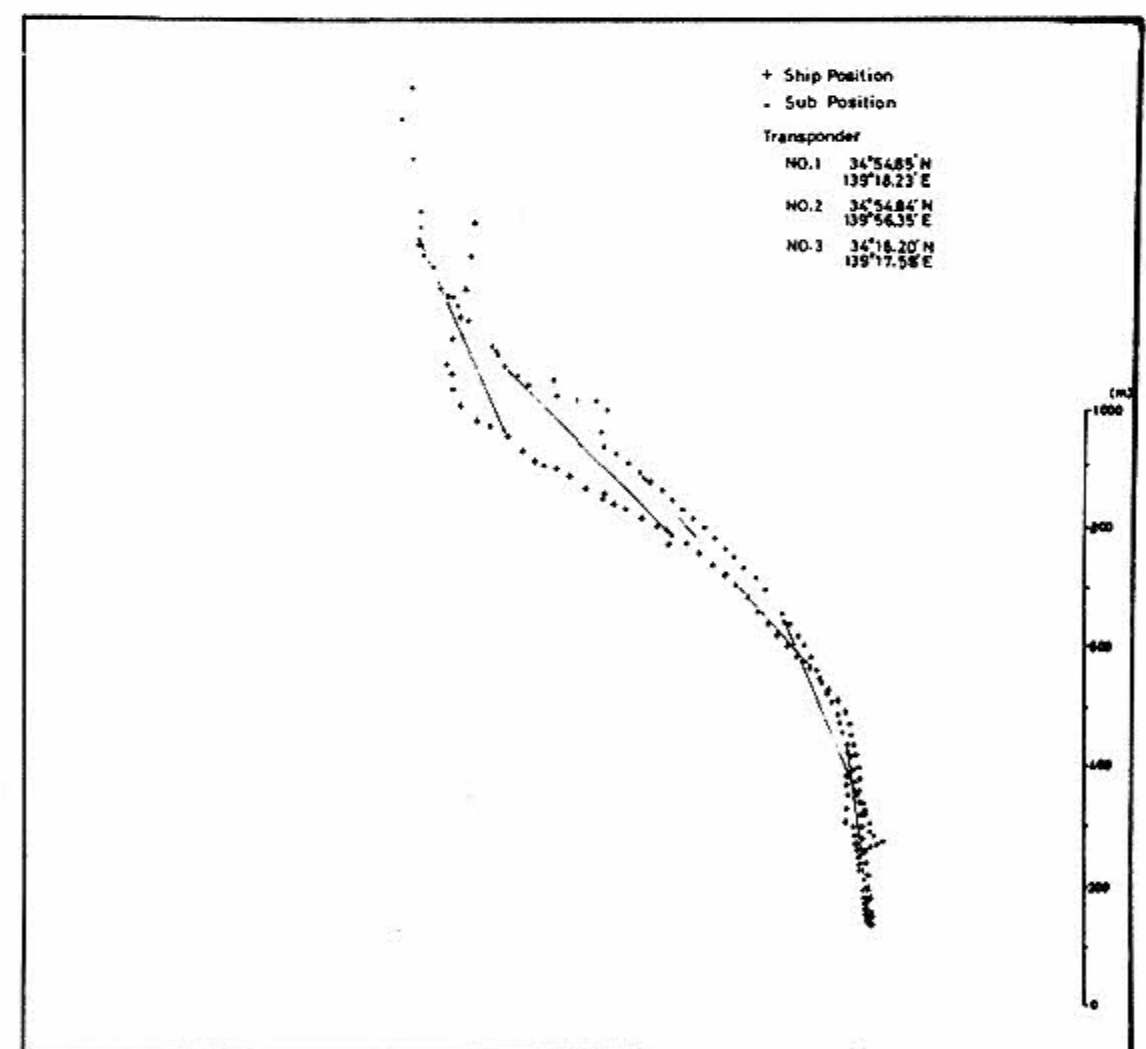


図 24 トランスポンダー航法による曳航体および船位航跡図の一例

A track of ship and deep tow by using the acoustic transponder navigation system

この実験で、トランスポンダー航法による曳航体の測位精度を測定するため、海底に視界目標を設定することを試みたが、成功しなかった。

6. むすび

トランスポンダー航法装置の音響特性を水槽で測定することにより必要な諸性能を知ることがで

きた。さらに海洋実験で音響性能を掌握することができた。

結論として、装置を使用する上で最も留意すべきことは、信号検出における妨害雑音のレベルの大きさである。実験の結果から信号検出で許容される雑音のレベルは推定できるが、その雑音レベル以下に船舶の航走雑音を下げることが困難である。信号検出回路によって、この要求をみたすためには、広帯域フィルターの通過帯域を狭めることによって多少の改善は期待することができる。

文 献

- (1) RC Spindel et al. ; 1974, An Acoustic Navigation System, WHOI-74-6, Dec.
- (2) 堀田ほか; 1977, 追跡調査のための深海底探索調査システムに関する対策研究—昭和52年度研究報告, 海洋科学技術センター.
- (3) R.J.Urick; 1975, Principles of Underwater Sound, Mc Graw-Hill Book Co.,