

GP-IB マリントランスポンダの試作

誌名	水産工学研究所研究報告
ISSN	03889718
著者	石井, 憲 畠山, 良己
巻/号	8号
掲載ページ	p. 113-139
発行年月	1987年3月

GP-IB マリントランスポンダの試作

石井 憲*・畠山良己*

目 次

1. 緒言	113	4. 各部の構成	129
2. 試作機開発の経過	113	4.1 鳴音検出部	129
2.1 二周波タイプ・マリントランスポンダ	113	4.2 鳴音記憶・威嚇波出力部	130
2.2 メモリータイプ・マリントランスポンダ	125	4.3 コンピュータ・インタフェイス	132
2.3 三周波タイプ・マリントランスポンダ	125	5. 駆動プログラム	137
2.4 マリントランスポンダの有効性と音響 威嚇機器の実用化に向けての検討	127	6. 結果	138
3. GP-IB マリントランスポンダの装置の概 要と原理	128	7. 結 言	138
		参考文献	138
		Summary	139

1. 緒 言

宍岐のイルカ問題は、記録にあるだけでも数十年来、とりざたされてきていたものである。当初は、イルカのためにブリ・イカがとれないというものであり、幾通りかの対策もたてられたが、イルカの捕獲さえ困難であった。それが念願になって、1978年の一挙捕獲という直截的な解決法により、決着したかに見えた。しかし、そのこと自体が国際非難を呼び、その対策が必要になることとなった。

これを契機に、音波等を利用したイルカの行動制御技術の開発が待望されたが、その到達目標自体、国際問題対策として、意図されながら、漁獲効率の維持も要求されるという困難な局面をゆれ動いた。今回、報告するマリントランスポンダは以上のような背景の中で、企画されたものの一方法である。

本装置は、大まかにマリン・トランスポンダと呼び、各開発段階のハードの特徴をとらえて、接頭辞をつけている。これらは、イルカの発する特徴のある周波数を検知すると同時に、自動的にイルカの嫌がる鳴音を放声したり、超音波パルスを発射するシステムである。そして、もともとある超音波送波器に、自動応答機能を付加することにより、小さなパワーで、相応の効果をねらって開発した。

昭和60年で研究年度も一段落し、プロトタイプも出来

* 漁船工学部

た。

結局、マリントランスポンダ・タイプは漁場で、運用するというような実用機には到らなかったが、しかしながら、最終年度に試作された GP-IB マリントランスポンダは、インテリジェント化されており、イルカの鳴音をその時の刺激に対する反応行動と対にして、収録する方式を開発したという点では、画期的であり、今後のイルカの鳴音の研究の方法を示唆していると思われる。

本報告では、第二章で、もともとの送波器に対する反応行動と、マリントランスポンダの反応行動の結果を対照させながら試作機開発の経過を述べる。

又、第三章以降では、試作した GP-IB マリントランスポンダについて詳述する。

尚、今回、収録した鳴音の分析結果については別途報告する。

2. 試作機開発の経過

2.1 二周波タイプ・マリントランスポンダ

最初のモデルは、水中聴音機からの入力信号をそのまま生物音発生装置へ再入力する形のものであった。

図1にブロック図、図2にタイムチャートを示す。

- イルカの鳴音が入力される。
- a を受けて、威嚇用と識別用の音波が発射される。
- と d. スピーカとマイク間の伝搬時間を経て、二つのスピーカから出力された音波が各検出部に入力される。

e. 低周波と超音波の検出部が共に「真」の時は、スピーカからは出力されないで、イルカの鳴音が再び入力されるのを待つ。

最初に、このモデルI型機のももとの超音波発振装置である生物音発生装置に対する反応について述べる。

生物音発生装置の実験は、1978年12月の鴨川における実験では可聴音帯の項目だけだったので、それより以前、1978年11月に太地で行った各種実験の中から生物音発生装置の擬似エコーロケーションの項目について述べる。実験システムについては文献1)に既に報告されてい

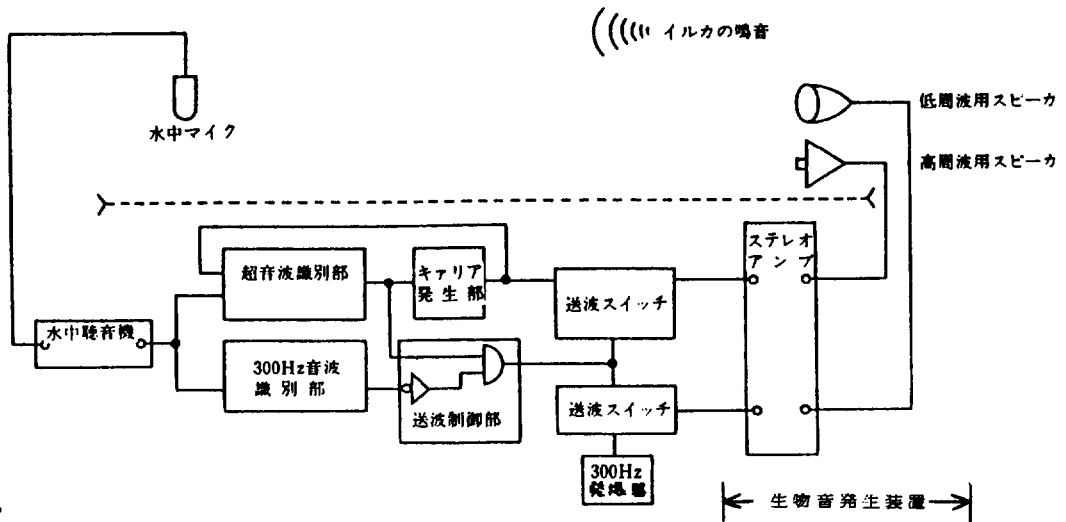


図1 2周波タイプ・マリントランスポンダのブロック図
The Block diagram of the marine transponder transmitting dual waves

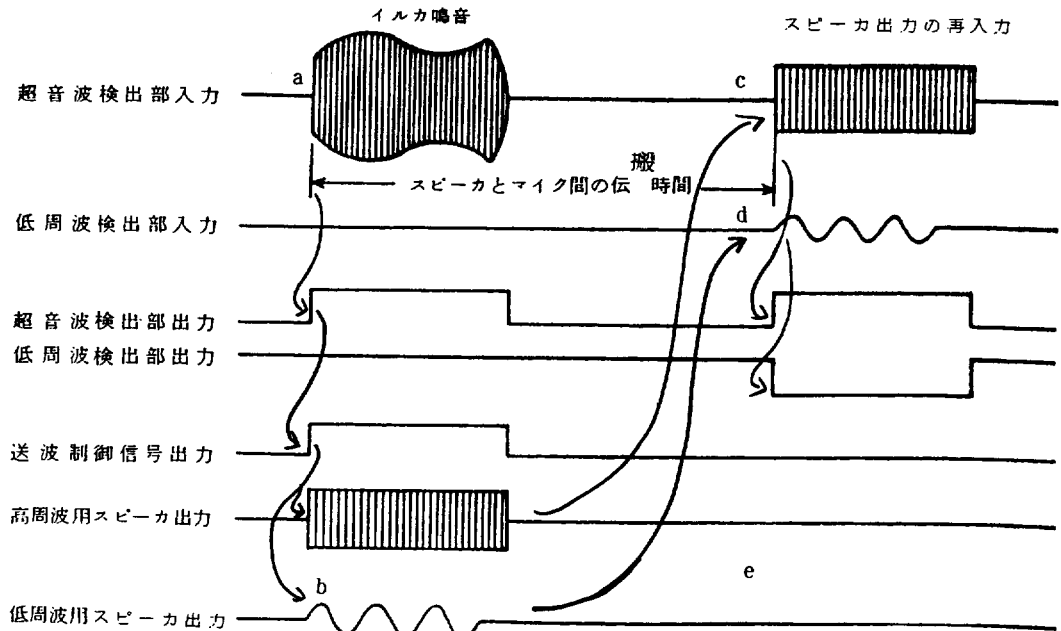


図2 2周波タイプ・マリントランスポンダのタイムチャート
The time chart of the marine transponder transmitting dual waves

群の状態 反応の状態

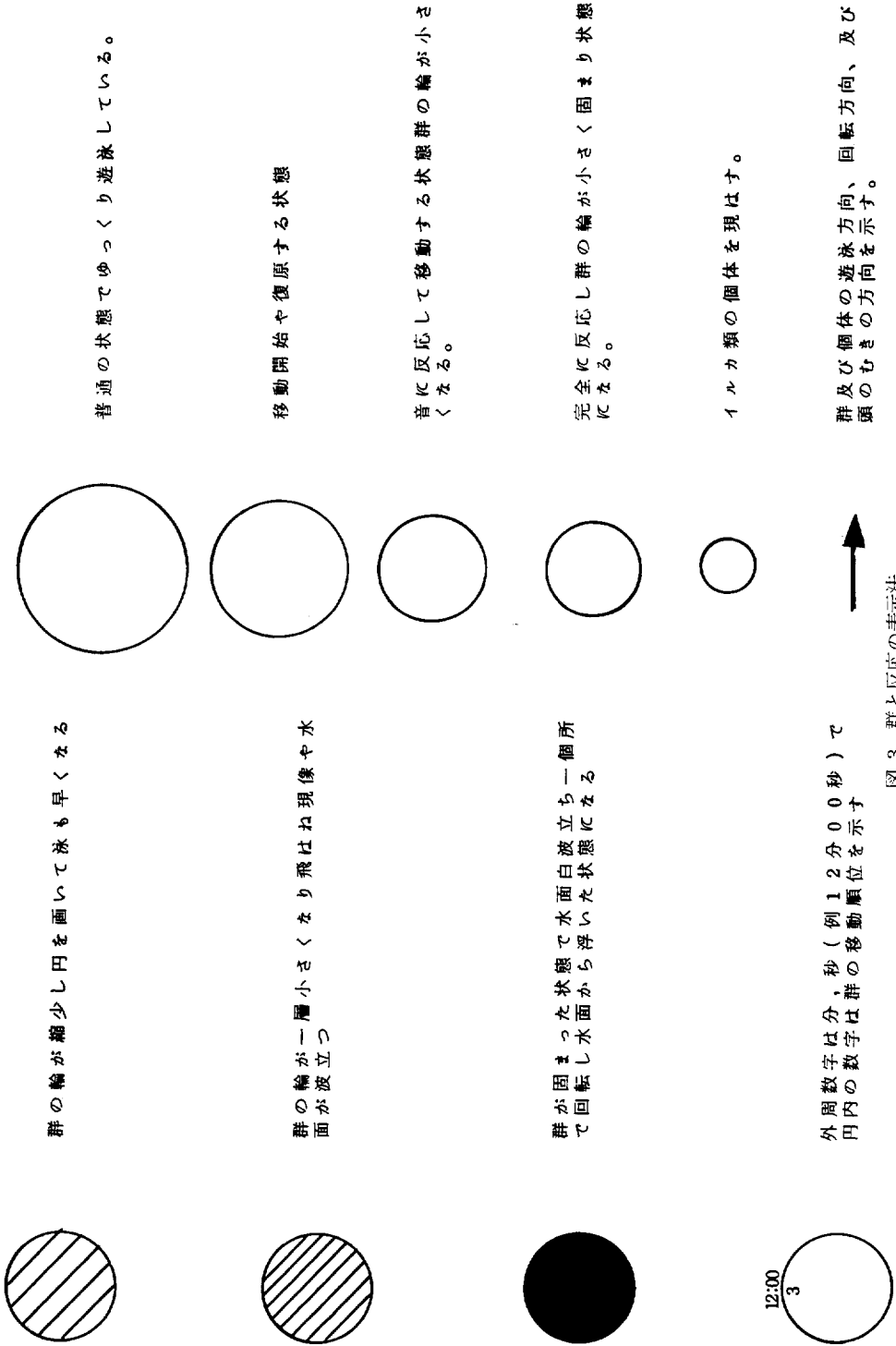


図3 群と反応の表示法
Introductory notes

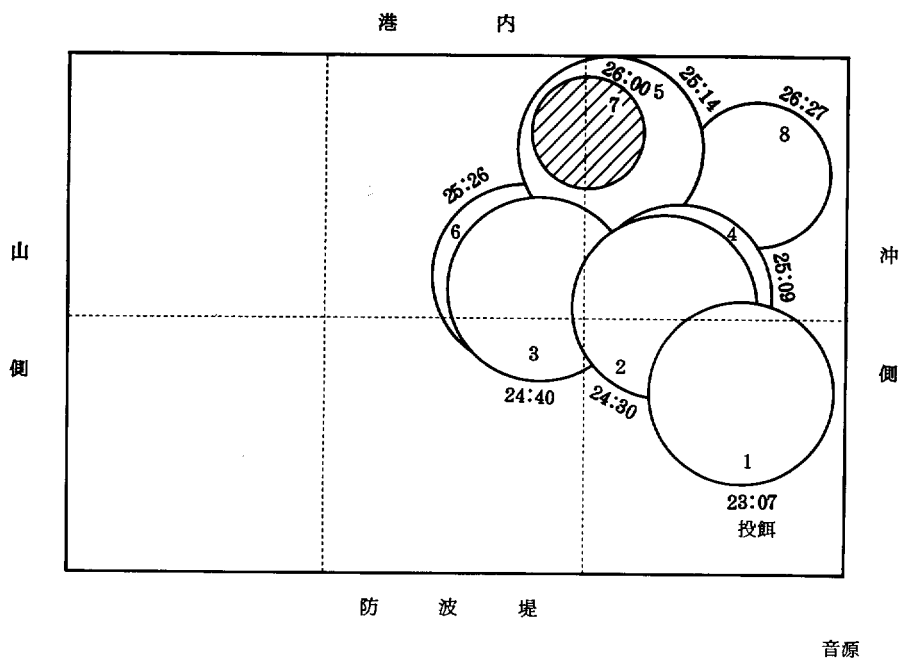


図4 擬似エコーロケーションによる反応-(1)
The response against the false echolocation-(1)

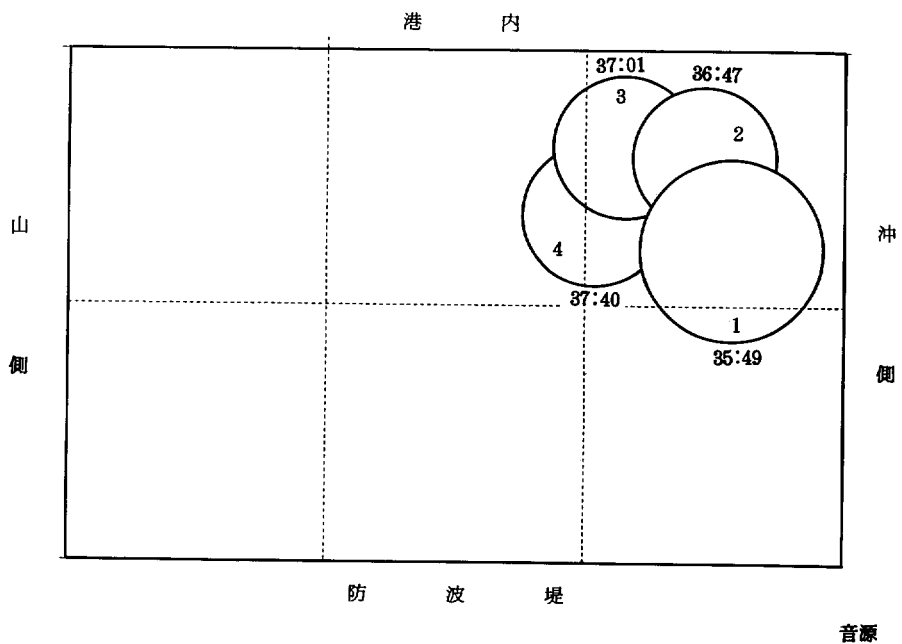


図5 擬似エコーロケーションによる反応-(2)
The response against the false echolocation-(2)

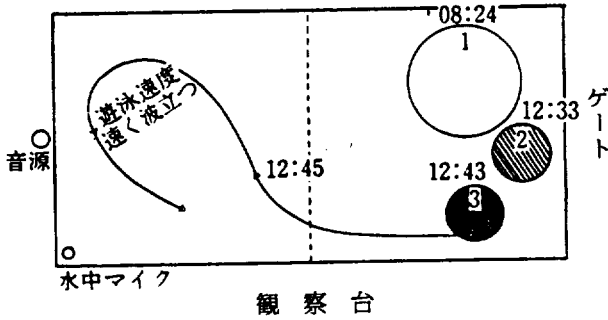


図 6 マリントランスポンダによる反応-(1)
The response by the I-type marine transponder-(1)

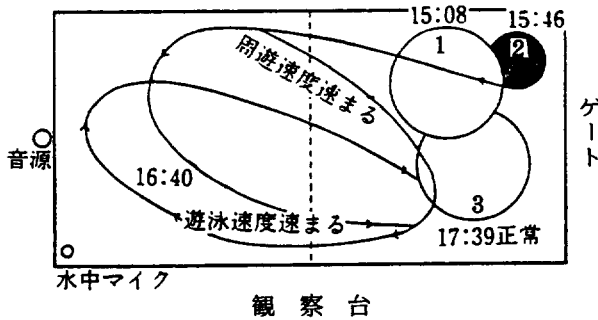


図 7 マリントランスポンダによる反応-(2)
The response by the I-type marine transponder-(2)

る。生簀に、ハンドウイルカ17頭を入れて実験した。

擬似エコーロケーションの実験は2回行った。イルカ群の状態を表示する一つ的手段として図3に示す如く決め、反応図を作図した。

一回目の実験を図4に示す。11月29日9時23分07秒に前実験終了後もとの状態に復帰した。

(ビデオテープカウント 279) 9時24分52秒に送波開始、9時26分02秒送波を停止した。この間、多少、浅場に寄った感じはするが、あまり感じない気配であった。その後一分半でもとに戻った。次に違う装置の実験を行ったあと、再度、擬似エコーロケーションの実験を行った。

二回目の実験を図5に示す。同日、9時36分00秒に、前実験の終了状態から完全にもとに復帰した。(テープカウント 420) 9時36分25秒にスイッチ・オン。9時36分55秒にスイッチ・オフ。この間、少し音源から遠ざかったというだけで、顕著な動きはみられなかった。

この実験のあと、マリントランスポンダ・モデルI型機をもって、1978年12月に鴨川シーワールドで威嚇実験を行った。実験システムについては、文献1)を参照されたい。実験はショー

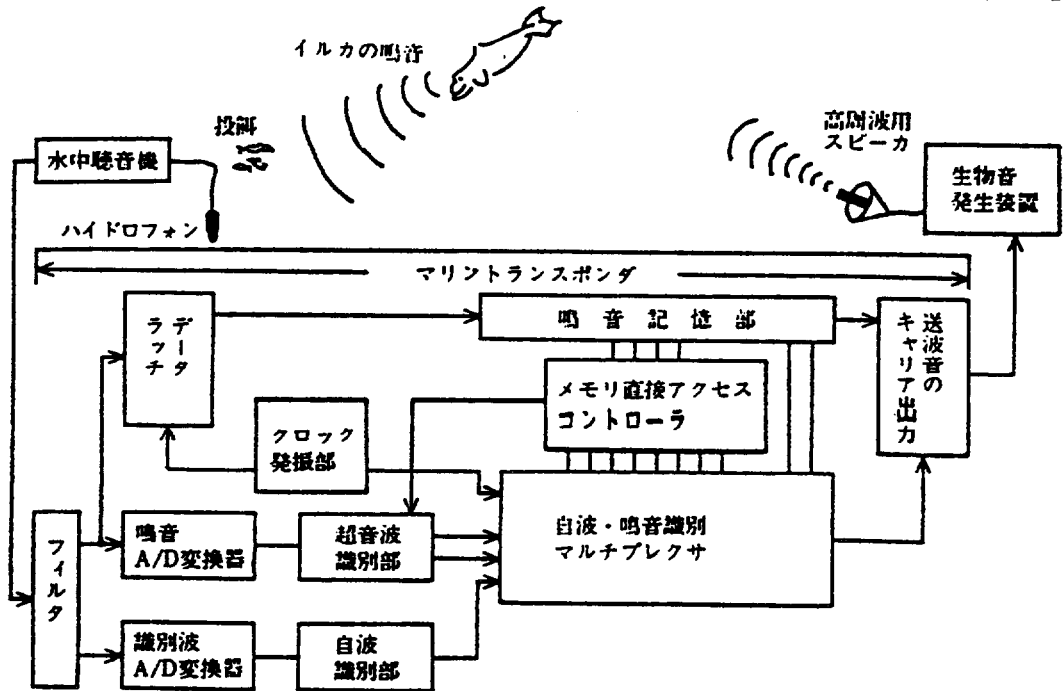


図 8 メモリータイプ・マリントランスポンダのブロック図
The block diagram by the marine transponder with memories

プールで行ない、その大きさは20m×14m×3.5mである。ここに、オキゴン1頭、ハンドウイルカ3頭、カマイルカ1頭を入れて実験した。表示法は図3と同じである。

擬似エコーロケーションによる実験は、太地とは違って、予想以上の反応があった。次に、マリントランスポンダ・モデルI型機に対する実験結果を述べる。

図6に1回目の反応を示した。図中タイムコードは分、秒を示す。12月23日14時12分25秒(テープカウント273)にシステムをスタートさせた。それ迄静かに遊泳していたのが、送波スイッチが自動的にオンになると、全頭強く反応し、最初、音源から遠い側のプール右半分に集まった。12分38秒にもゲートの近くでたむろしている。12分45秒から13分00秒にかけて、かなり速い遊泳ス

ピードで、振動子付近をめぐって、ゲート側へ逃げた。13分11秒にも波立つ位のスピードでゲートの方へ向った。その後13分22秒にはゲート近くでゆっくり遊泳している。14分22秒にシステムをストップさせた。

図7に2回目の反応を示す。12月23日14時15分42秒システム・スタート。(テープカウント327)送波スイッチが入ると同時に激しく全頭反応し、ピクッと動いて、ゲートの方へ行った。その後泳ぎ廻った。(15分52秒)オキゴンドウもゆっくりではあるが、振動子の前を転回していった。(16分06秒)カマイルカとハンドウイルカの各1頭は、特に強くプール内をハイ・スピードで泳いだ。(16分39秒, 17分03秒と17分57秒)泳いだあとは、ゲート前に来てたむろしている。18分16秒にシステムをストップした。

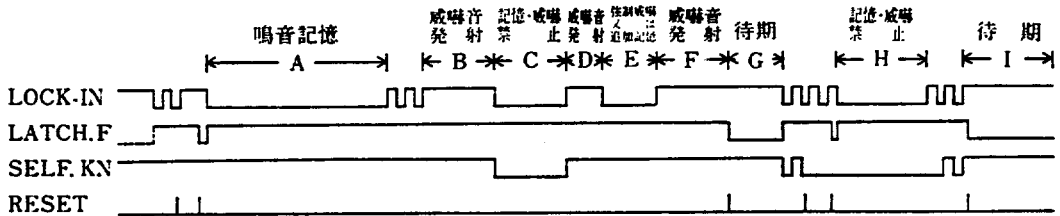


図9 メモリータイプ・マリントランスポンダのタイムチャート
The time chart of the marine transponder with memories

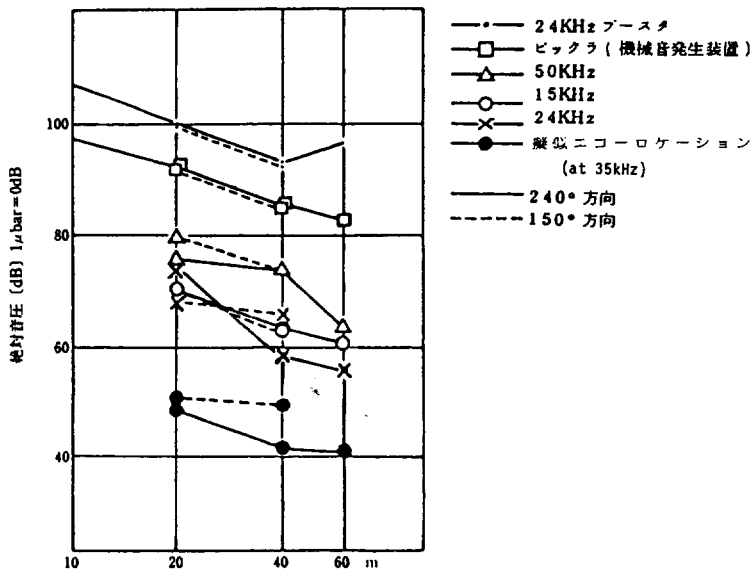


図10 沓岐実験の仕切り網内の音圧分布
The distribution of the sound pressure

3月 5日 実験番号 No 13

音の種類 擬似エコーロケーション
(テープカウンタ000) 20→60 KHz 手動変化

時刻	イルカの行動
13.21.02	放声と同時に跳ねて潜りその後 a → b に行き旋回する。b に来てからも跳ねたり動きが激しい。
13.22.28	ストップ、1分くらいでもどる。

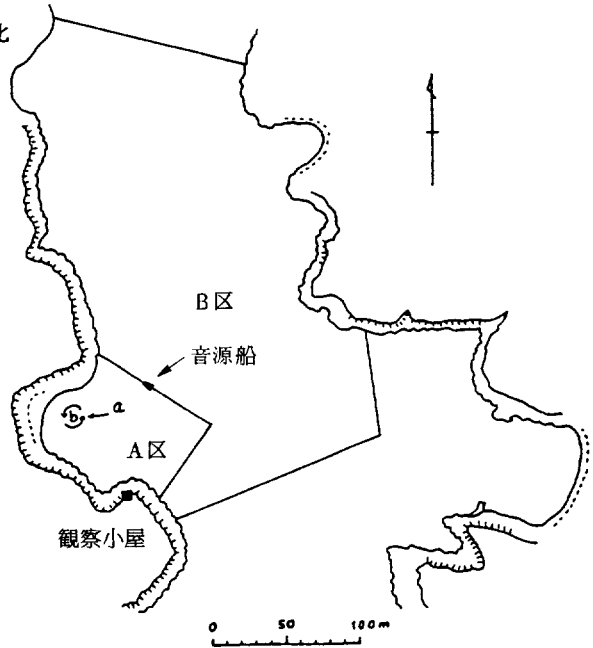


図 11 放声音に対するイルカの行動
The dolphin's behavior against the transmitted sound

3月 5日 実験番号 No 14

音の種類 擬似エコーロケーション
(テープカウンタ008)

時刻	イルカの行動
13.25.02	前回ほど顕著ではないが a → b に行き旋回する。
13.26.31	ストップ

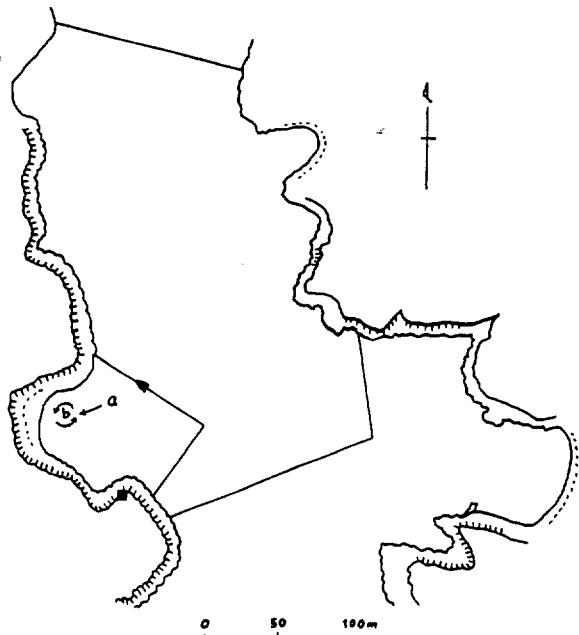


図 12 放声音に対するイルカの行動
The dolphin's behavior against the transmitted sound

3月 5日 実験番号 Ⅱ 15

音の種類 擬似エコーロケーション
(テープカウンタ185)

時刻	イルカの行動
13.30.24	50° 方向に放声するとAのものは次第にかたまり20秒くらいするとシブキを立て跳ねるものもありBへ行く。
13.31.42	放声機を180° 方向を変えて230° に放声するとaはbに行き旋回する動きが激しい。
13.33.16	ストップ

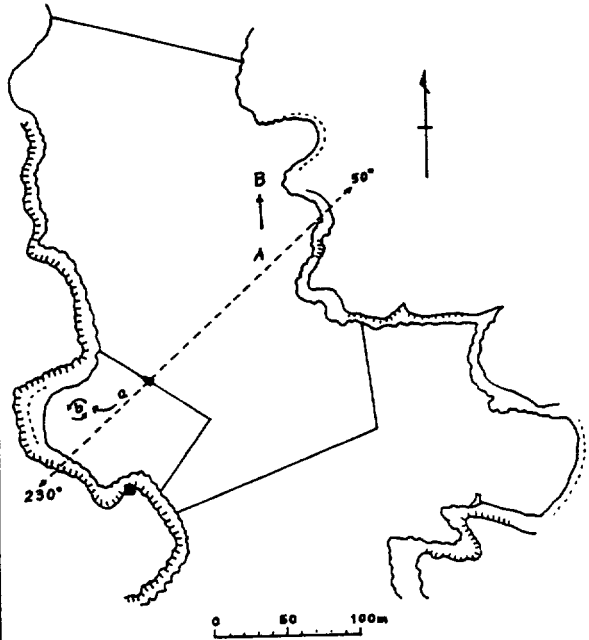


図 13 放声音に対するイルカの行動
The dolphin's behavior against the transmitted sound

3月 6日 実験番号 Ⅱ 13

音の種類 擬似エコーロケーション
(テープカウンタ482)

時刻	イルカの行動
13.46.36	210° 方向に放声。シブキを立てるほどではないが驚き潜ってbに行く。230°~190°の範囲にいくなくなる。
13.48.30	ストップ、230°~190°方向にもどる。

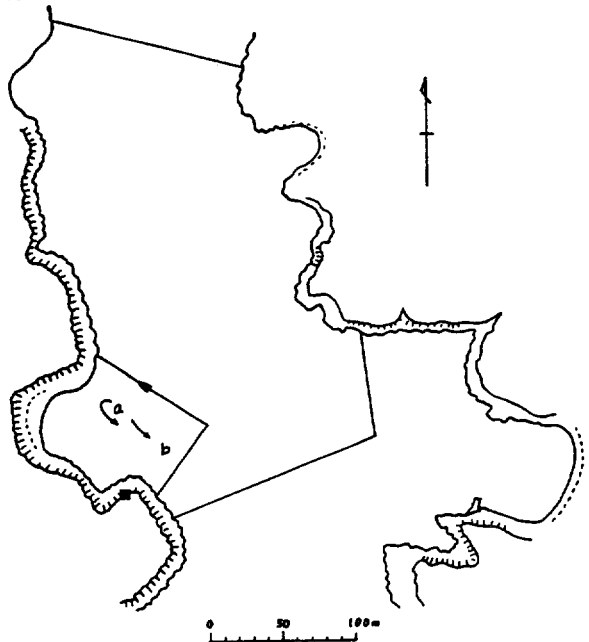


図 14 放声音に対するイルカの行動
The dolphin's behavior against the transmitted sound

3月 6日 実験番号 Ⅱ 14

音の種類 擬似エコーロケーション
(テープカウンタ528)

時刻	イルカの行動
13.59.22	210° 方向に放声。一部はbへ、一部はcへ行き、その後dに向う。
14.01.18	ストップ、20～30秒でもどりはじめる。1分半くらいで平常となる。
14.02.40	

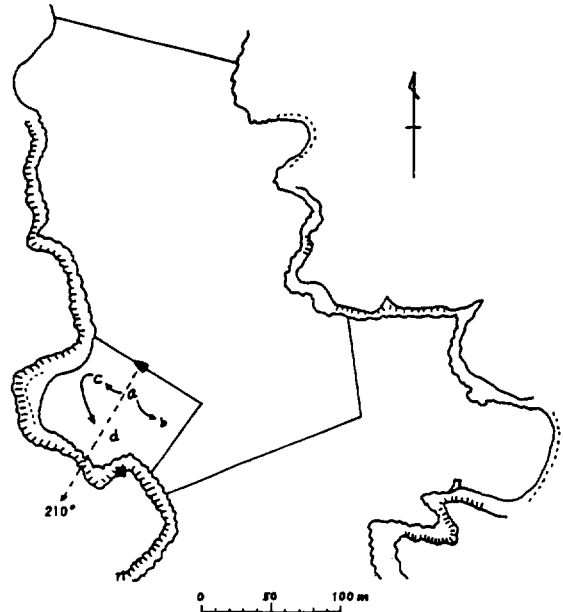


図 15 放声音に対するイルカの行動
The dolphin's behavior against the transmitted sound

3月 6日 実験番号 Ⅱ 15

音の種類 放声せず
(テープカウンタ582)

時刻	イルカの行動
	放声せずに2.4ノットで航走する(エンジンの音のみ)。殆んど驚かず。群に近づくと10～15mくらいは船から離れる。

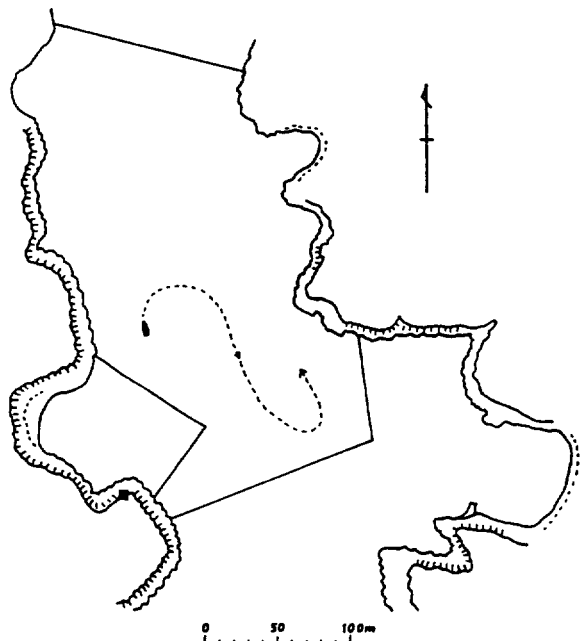


図 16 船の航走に対するイルカの行動
The dolphin's behavior against of the running ship

3月 6日 実験番号 Ⅷ 16

音の種類 擬似エコーロケーション
(テープカウンタ 638)

時刻	イルカの行動
14.24.30	放声、船が(1)の時前方約70mのハナゴンドウ①は②へ向う。船の前方60~80mくらい離れて③、④、⑤、⑥と移動するが仕切網の近くに行くと動きが速くなりシブキを立てて方向転換する。更にその群を追い(8)で放声ストップする。
14.33.20 ストップ	仕切網近くでは動きが速くなるだけでなく横にそれてしまうものもある。 カマイルカは仕切網附近で旋回するが、潜水時間が長く再浮上する処の見当がつけ難い。

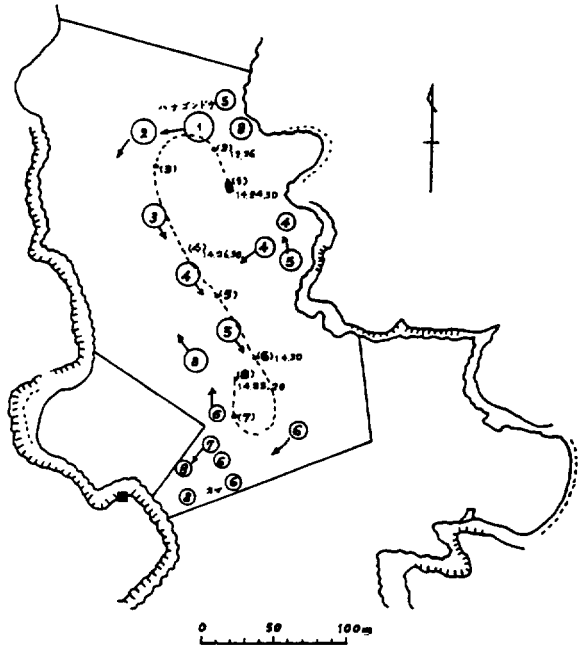


図 17 航走しながら放声した場合のイルカの行動

The dolphin's behavior against the sound transmitted from the running ship

3月 7日 実験番号 Ⅷ 1

音の種類 擬似エコーロケーション
(テープカウンタ 435)

時刻	イルカの行動
	投餌に対して10頭ほど船の4~5mに近寄る。
10.11.38	放声すると遠ざかる。
10.12.20	ストップすると次第に船の近くにもどる。

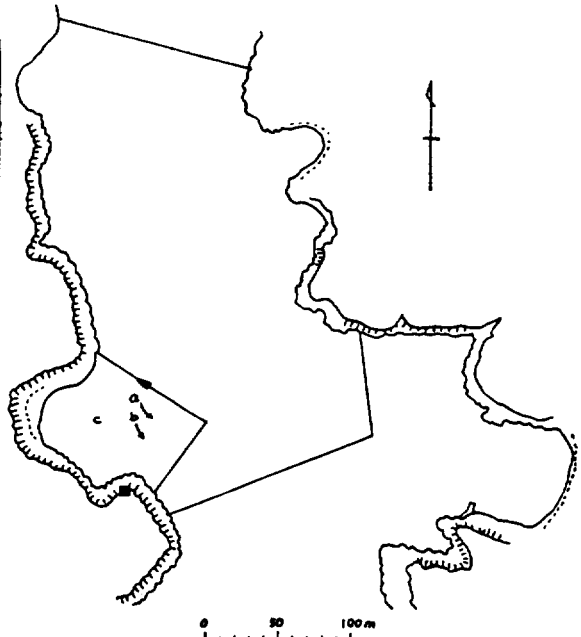


図 18 投餌して寄せたイルカに対する実験

The dolphin's behavior against the sound transmitted immediately after they were lured by food.

3月 7日 実験番号 62

音の種類 擬似エコーロケーション
(テープカウンタ482)

時刻	イルカの行動
10.14.27	船の4~5mの所に投餌する。 4~7mに約10頭来る。 放声するとやみだれbの方へ遠ざかり投餌しても仲々近寄らないが、放声中に2~3頭来て捕食した。
10.15.35	ストップすると10~15秒で4頭来る。投餌すると8頭ほど近寄る。

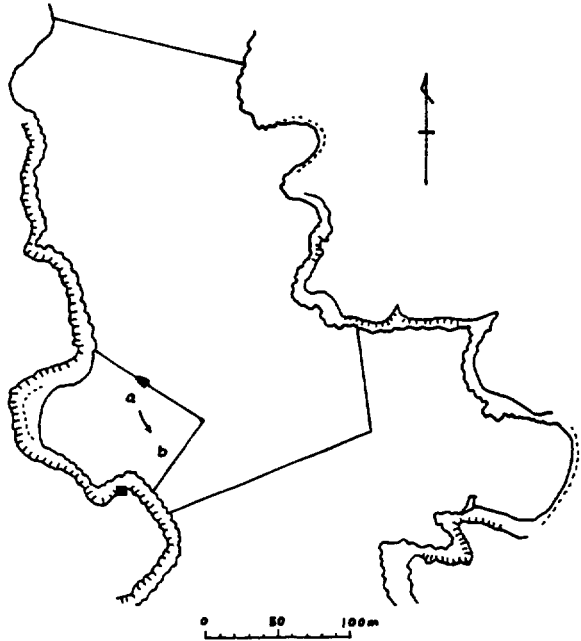


図 19 投餌して寄せたイルカに対する実験

The dolphin's behavior against the sound transmitted immediately after they were lured by food.

3月 7日 実験番号 68

音の種類 マリントランスポンダー
(テープカウンタ708)

時刻	イルカの行動
12.15.28	210°方向に放声 5mに投餌すると1頭来たが反転して遠ざかる。全般的に泳ぎが速くなり殆んどが40m以上遠ざかり近寄らない。
12.16.05	ストップ
12.19.00	投餌しても25m以内の範囲内には来ない。

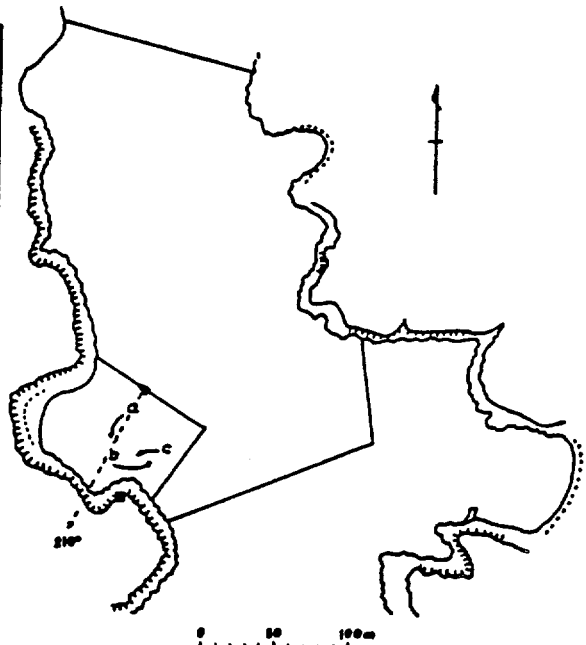


図 20 投餌して寄せたイルカに対する実験

The dolphin's behavior against the sound transmitted immediately after they were lured by food.

3月 7日 実験番号 Ⅱ9

音の種類 マリントランスポンダー
(テープカウンタ 760)

時刻	イルカの行動
	放声前 150° 方向約 30~50 m にいる。投餌しても仲々集まらなくなった。
12.24.40	放声すると動きが速くなり右往左往したり旋回する。次第に平静になる。
12.27.19	ストップ

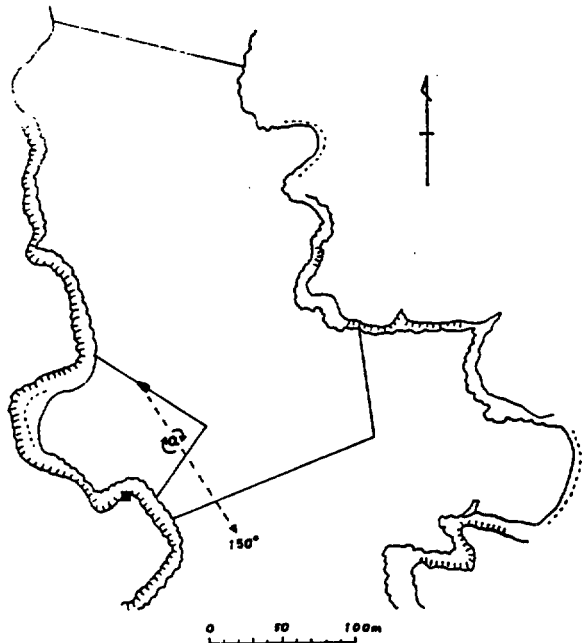


図 21 投餌して寄せたイルカに対する実験
The dolphin's behavior against the sound transmitted immediately after they were lured by food.

3月 7日 実験番号 Ⅱ10

音の種類 マリントランスポンダー
(テープカウンタ 810)

時刻	イルカの行動
	投餌しても余り寄らない。
12.30.18	190° 方向から 2~3 頭来たのに放声、捕食して反転し速さがる。寄ったり速さかったりする。
12:30:50	ストップ、投餌しても近くまで来ない。

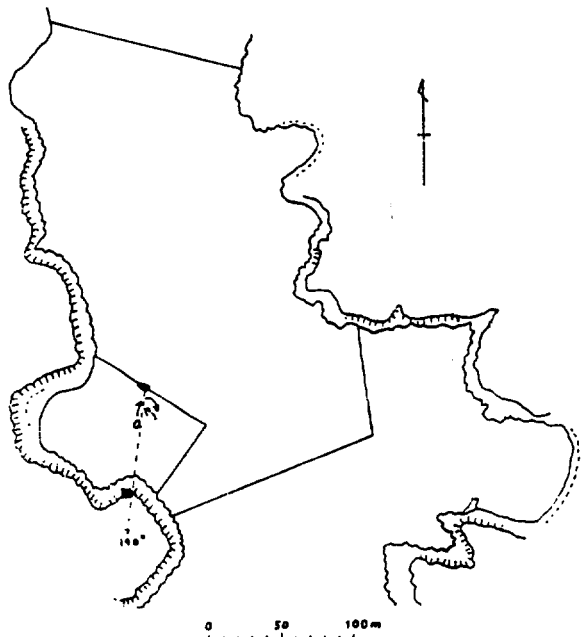


図 22 投餌して寄せたイルカに対する実験
The dolphin's behavior against the sound transmitted immediately after they were lured by food.

3月 7日 実験番号 No. 11

音の種類 マリントランスポンダー

時刻	イルカの行動
12.47.20	小仕切網内で実験船で追うと余りイルカは鳴かないようだ。
12.54.27	船でイルカに近づき投餌し放声。
13.17.00	aと船の間隔約50m放声、殆ど平常で変らないがゆっくりとbへ移動する。
13.22.00	bと船との間隔約30mで放声、ゆっくりとcへ移動する。顕著な反応なし
13.27.00	ストップ

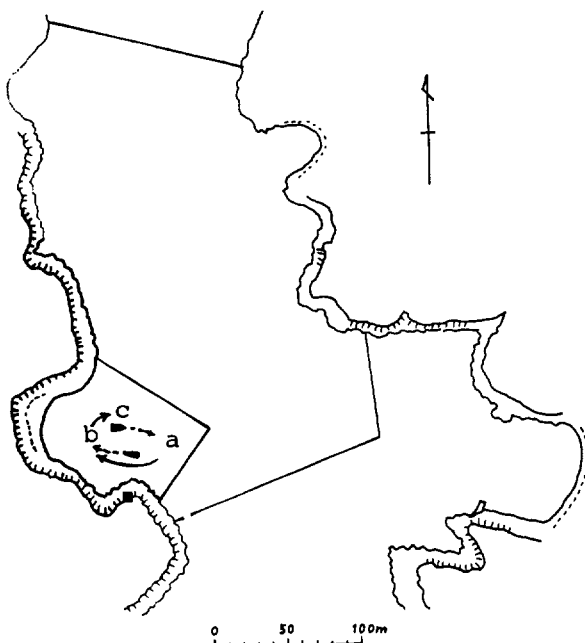


図 23 投餌して寄せたイルカに対する実験

The dolphin's behavior against the sound transmitted immediately after they were lured by food.

イルカ類は、刺激によって、声を出さなくなり、この装置は鳴音が発せられないと放声しない装置なので、平静になった。

本実験の考察にあたっては、飼育されたイルカのプール内での行動であり、野性のもとは違うことも考慮しなければならない。

2.2 メモリータイプ・マリントランスポンダ

次に12キロビットのメモリを導入して、海上実験の可能なモデルII型機を試作した。この段階では、水中音信号の周波数にのみ着目したもので、一定レベルのキャリアを発生させている。

図8にブロック図、図9にフローチャートを示す。

この機を用いて、1979年3月に沓岐の仕切り網内で、海上実験を行った。90m×60mの大きさで仕切ったA区にはハナゴンドウ26頭を入れている。その外側のB区にはハナゴンドウ約200頭、カマイルカ約15頭を入れている。実験システムは文献1)に述べている。

図10に各種音波発生器の音圧分布図を示す。図中、擬似エコーロケーション装置を今回のマリントランスポンダの送波器として使っている。

まず、擬似エコーロケーションに対する反応図を図11

から図19に示す。固定音源の場合、A区とB区を仕切った網に音源船を係留しておき、通常は左舷に音源を装備した。このうち図16は放声せずに音源船を航走させた時の状態である。

次にマリントランスポンダに対するイルカの行動図を図20から図23に示した。

ビデオによる反応観察によると、3月7日 No.8では、投じた餌をとりに向って来たイルカが、トランスポンダによる超音波の送波によって、急反転するのがみられた。

3月7日 No.9では、威嚇すると、イルカが鳴音を出す回数が減る傾向がみられた。

3月7日 No.11では、移動音源で行ったが、顕著な反応はなかった。

これら2機のモデルに於ては、送波装置部分の搬送周波数は20~40kHzの帯域を対象にした。

2.3 三周波タイプ・マリントランスポンダ

翌年は、より高周波の超音波パルスに対する反応をみる実験を行った。マリントランスポンダも、それにあわせた装置を試作した。このモデルIII型機は、図24に示した音圧分布図の各種音波発生器のうち、75, 115, 200kHz

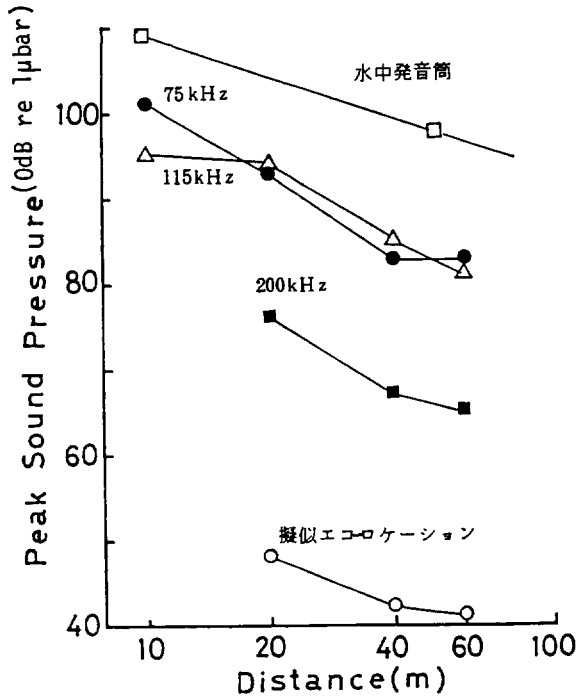


図 24 音圧分布 The distribution of the sound pressure

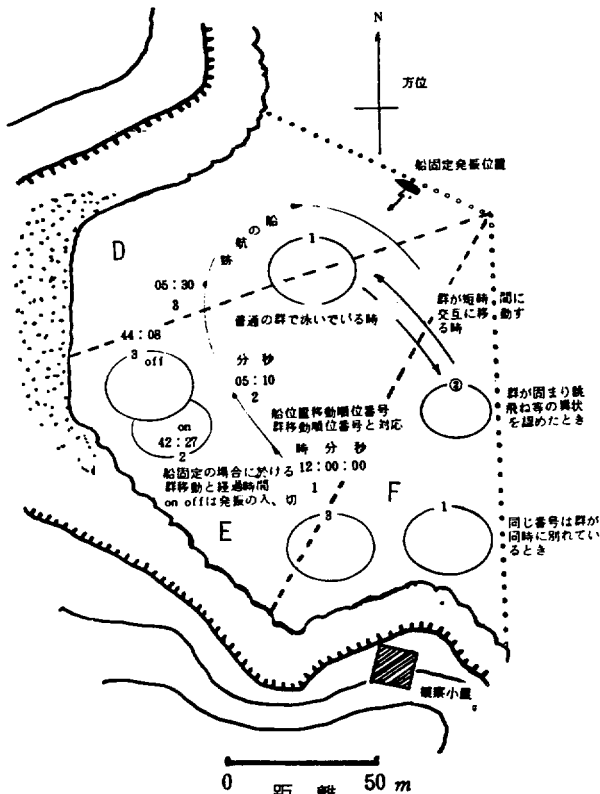


図 25 凡例説明 Introductory notes

の送波装置をコントロール出来る。

超音波の識別原理は、水中音圧計出力を、それぞれ 75, 115, 200 kHz を中心とする並列したフィルタに通し、それぞれ識別値以上の入力があった帯域に応じて、送波装置を一定時間駆動するものである。なるべく3周波同時に駆動するように識別値を設定した。

このモデル機をもって、1980年3月壱岐で、約80m×80mの仕切り網内のイルカに対してその反応行動をビデオ観察した。対象イルカは、オキゴンドウ8頭、ハンドウイルカ30頭である。実験システムについては文献2)に述べてある。

楕円による群移動の表現は主群のみを追跡し、分、秒をもって移動の時間を示した。図25にその凡例を記載した。D, E, F はイルカ類移動位置観察のための区画である。

図26は船のみで航走した場合である。

船首から遠方に離れるか、舵の方に移動し離れていくかであり、その状態は極めて静かで、船が固定され静かにしている時との変化が認められない。

まずもとの装置である 75, 115, 200 kHz 超音波発生装置に対する反応について述べる。図27, 28に示した。

図29は、三周波タイプ・マリントランスポンダを使って走った状態である。

主群はD群の移動順位番号4の区域に移動しその後船が向って来ると漸時、仕切網に沿いながら群番号5, 6, 7とE, F区域に移動していくが、船位8, イルカ群8の位置と、船位13, イルカ群13の位置では、群が固まり、跳やく等の異常が認められ、その後は再び先の群番号4のD区域に集合していた。

今回、比較的高い周波数の超音波を実験したが、他の音波発生器と較べて 75 kHz 以上は効果が少ない様子が観察された。

このことは、高周波になる程、音の指向性が鋭くなって、イルカ類に適確に当たるのが困難であると考えられる。逆に、発振送波装置だけを使った実験であったが、その指向性を利用して、群を反対方向へ移動させることができるということも確認した。又、仕切網内での実験で、逃避する場所に制限があるためと考えられる行動も見うけられた。

2.4 マリントランスポンダの有効性と音響威嚇機器の実用化に向けての検討

以上述べたように、1978年から1980年迄は、あらゆる周波数にわたって音響機器が、プール或は仕切網内で試された。

結局、24 kHz ブースタ付では音源から 20 m 離れた所で、音圧 (μPa 単位) が 200 dB もあり、反応が顕著にみられた。

しかし、機器を小型化して音圧が小さくなれば、威嚇効果は少なくなり、反応行動も緩慢である。マリントランスポンダは、独立した送波装置ではなく、それらに自動応答の機能を付加したものである。マリントランスポンダによる実験でも、ある程度の反応はあったが、個々の音波発生装置の威嚇効果を越えるものではなかった。

この段階で実用化に向けての検討を行った。

今迄の各種の超音波発生装置によるイルカ威嚇実験で

の結果では、宍岐の漁場のような広い範囲に出現したイルカ群を、魚群に影響を与えず駆逐することは困難である。

そこで少なくとも自船の釣針にかかった獲物を守ったり、周辺にはイルカ群を近寄せないで釣作業の行えるようなものにしようとする趣向で、実用機を検討した。超音波機種としては、擬似エコーロケーション、24 kHz、50 kHz、75 kHz の 4 台である。

音波の出力について充分とは言えないが、この程度の出力であっても操作方法を適切にすれば、効果が上がると考えられた。

1981年から、漁船に装備して実用化に向けての試験が数年行われた。

水族館やプールや入江の仕切網内と云った実験環境に於ては開発機器は有効であったが、実際に操業する場合には改善の余地が大いにあった。そして漁獲効果に影響

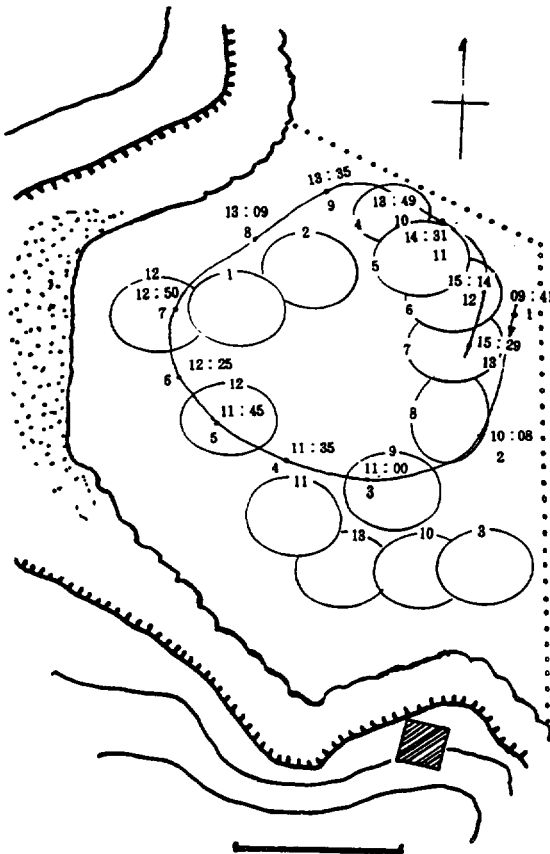


図 26 船の航走に対するイルカの行動
The experiment for the sake of comparison

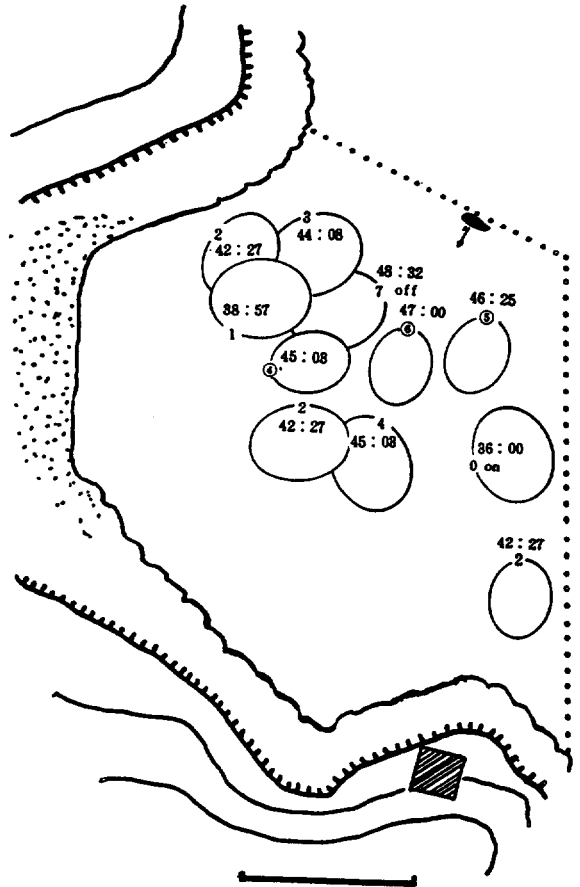


図 27 75, 115, 200 kHz ランダムに発振
The transmission of 75, 115 and 200 kHz ultrasonic waves

するほどの顕著なイルカの逃避行動は報告されていない。また、イルカが出現すると、広範囲に魚群がいなくなる場合が多いと云うアンケート結果もある。この場合ブリには影響を与えず、自船についたイルカを近寄らせないようにできれば良いと云う、実用化に向けての目標そのものが違ってくる。

その後は、イルカ群に対する直截的な威嚇効果を狙った機器の開発が目指された。

そして、マリントランスポンダの試験も中座した。

3. GP-IB マリントランスポンダの装置の概要と原理

それから数年後再度、1984年に超音波自動応答装置の試作が試みられた。このモデルⅣ型機は、モデルⅡ型機

の鳴音識別機構を踏襲し、これに、鳴音記憶、送波部をインテリジェント化し、更に各種制御をコンピュータ・コントロール可能なものにしよというものである。これによって、イルカの接近距離に応じた送波レベルの調節が可能になる。

本装置はコンピュータ・インタフェイスに GP-IB を採用したので GP-IB マリントランスポンダと呼ぶ。

図30に本試作装置のブロック図を示した。試作段階では、ハイドロホン、プリアンプ部と生物音発生装置は、既存のものをバラックで使うことを想定している。又、コンピュータは、本装置専用のものではないのでいずれも破線で囲んだ。

構成の主なものは、次の四部分からなる。

- 一、鳴音検出部
- 一、鳴音記憶部

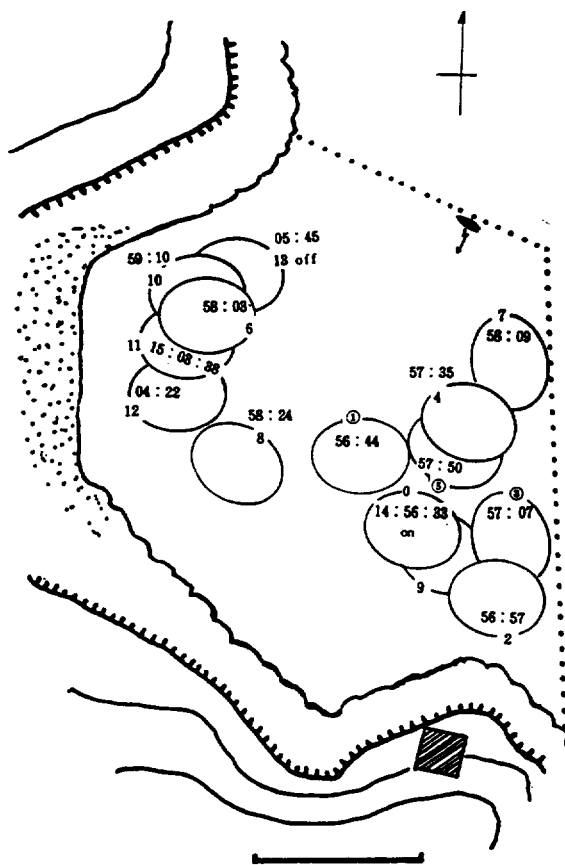


図 28 75, 115, 200 kHz ランダムに発振
The transmission of 75, 115 and 200 kHz ultrasonic waves

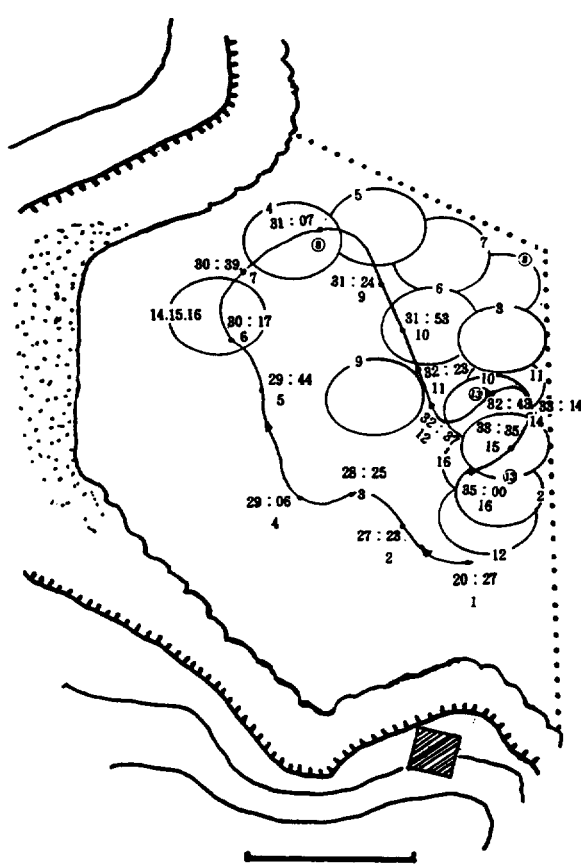


図 29 3周波タイプ・マリントランスポンダを発振しながら航走
The ship trace with transmitting triple waves of the marine transponder

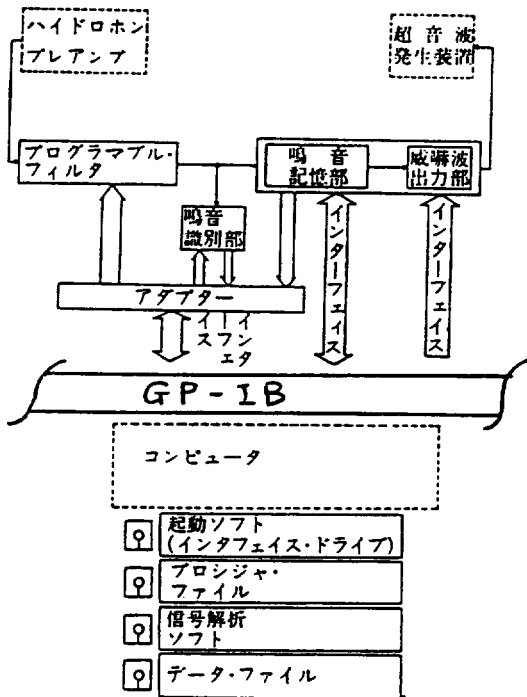


図 30 GP-IB マリントランスポンダのブロック図
The block diagram of GP-IB marine transponder

- 一、コンピュータ・インタフェイス
- 一、駆動ソフトウェア

図31に処理のフローを示す。

信号入力部では、イルカの鳴音に対応させて、低周波帯域と高周波帯域の2モードで交互にセンスする。各モードに対応する水中音を検知すると信号の記憶を開始する。それと同時にコンピュータに割り込み信号を発生して、最初の1Kワードを転送する。

容量いっぱいになり信号記憶が終了したい、コンピュータは、その記憶したばかりの同じ信号を威嚇波として送波する命令を出す。このルーチンが終わると、再度、信号入力待ちのルーチンへ戻る。威嚇音としては、威嚇音データをあらかじめファイル化しておき、適宜、記憶部へコンピュータから転送して送波することもできる。

図32にフロントパネルを示した。

表1は各部の電力消費量を示した。

4. 各部の構成

4.1 鳴音検出部

ハンドウイルカの鳴音は可聴域から超音波領域迄広帯域に渡り、又、その種類もホイッスルとクリックスがあ

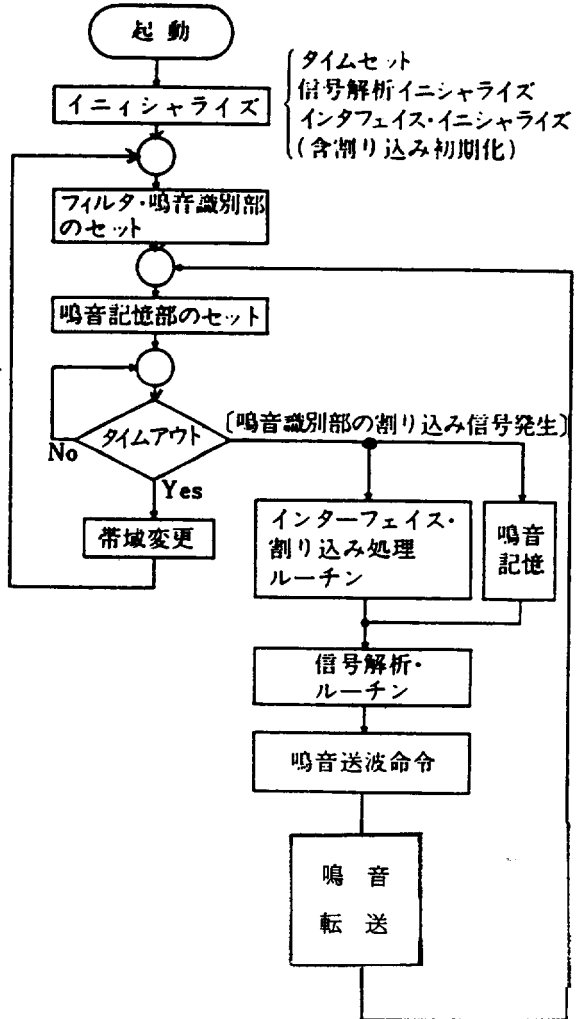


図 31 フローチャート
The flow chart

表 1 各部の電力消費
The power supply

GP-IB アダプター	5V	0.4 A
プログラマブル・フィルタ	5V	0.1 A
プログラマブル・アッテネータ	12V	0.44A
アナログ回路	±15V	0.1 A

る。そこで、周波数帯域別と鳴音の持続時間或いは、クリックスのパルス幅に応じて検出モードを複数に分類した。この検出モードの周波数帯域に応じて、鳴音記憶部のサンプリング・タイムを設定する。又、コンピュータで鳴音の信号処理を行う際には、FFT を使っている。

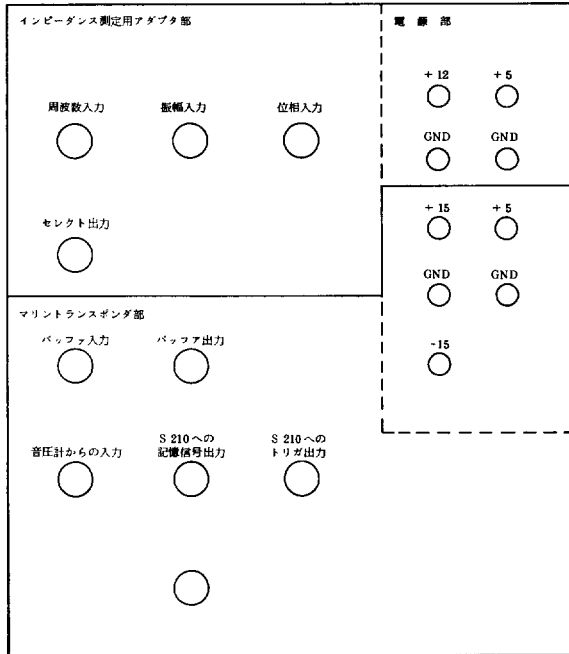


図 32 フロントパネル
The front panel

表 2 鳴音識別モードのパラメーター一覧
The parameters of whistles and clicks detection modes

ユ ニ ッ ト		鳴音識別モード	
		低周波帯域	高周波帯域
プログラマブルフィルタ	中心周波数	11 kHz	33 kHz
	Q	1.1	1.1
	Δf	5~15 kHz	20~50 kHz
	減衰傾度	6dB/oct B.W.	6dB/Oct B.W.
鳴音記憶部	サンプリング	12ビット・33 μ sec	12ビット・10 μ sec
	記憶容量	16Kワード・528msec	16Kワード・160msec
鳴音識別部	ロック・イン・タイム	26 msec	4 msec
	無信号時のVCO発振周波数	5 kHz	20 kHz
	応答最小入力電圧 ^{注)}	15 mVp	15m Vp

注) プログラマブルフィルタへの入力電圧でみた片ピーク値

その為、アンチ・エリアジング・フィルタとしてプログラマブル・フィルタを前置し、その帯域もサンプリング・タイムに連動させている図33にプログラマブルフィルタの回路図を示した。ただし、傾きのゆるやかな BPF である。

素子には、NF 製 DT-212 DC2 を使った。

その増幅度抵抗の選択と Q, 出力インピーダンスは図中に記した。R_Q はショートピンで選択するようになっており、今回は R_Q=51 K Ω である。

デジタル部とアナログ部はフォト・カプラでアイソレーションしている。

鳴音識別部は PLL による信号検出である。この原理については文献 3) に既に報告されている。入力信号の周波数と持続時間に応じて各モードの検出ができる。低周波帯域のモードはある程度の持続時間が必要であり、高周波帯域のモードでは、短パルスにも応答できる。表 2 に各設定値を示した。

いずれかのモードで、PLL がロックされると、コンパレータから割り込み信号が発せられて、コンピュータに伝えられる。又、この信号は鳴音記憶部の書き込みトリガ信号としても使われる。

PLL 部のモードは、対応するコンデンサーをリードリレーで切り換えている。リレーのチャタ時間は最大 500 μ s であり、この時間はプログラムで猶予してある。

図34に PLL 部リレーの回路図を示す。

表 3 に PLL 部リレーの構成を示した。

4.2 鳴音記憶・威嚇波出力部

この部分はインテリジェント・ウェーブメモリーオートニクス製 S 210 である。プログラマブル・フィルタの出力が入力され、入力感度は 0.1 V pp~50 V pp で 1-2-5 ステップのマニュアル操作である。周波数特性は、プログラマブル・フィルタの変換範囲をカバーしている。A/D 変換分解能は 12 ビットで、サンプリングは 1 μ s~9999 μ s の 1 μ s ステップ設定可能である。記憶容量は 16 K ワードである。

鳴音検出部の割り込み信号によって書き込みを開始するわけであるが、トリガー・ディレイ機能により、ある程度トリガー以前の現象から記憶することができる。各種時間軸はコンピュータから制御でき、トリガー・ディレイ時間も各モードのロック・イン・タイムに応じて設定する。

こうして記憶した鳴音波形を D/A 機能によりアナログ出力として再現できる。最大出力レベルは ± 5 V であり、出力インピーダンスは 500 Ω である。

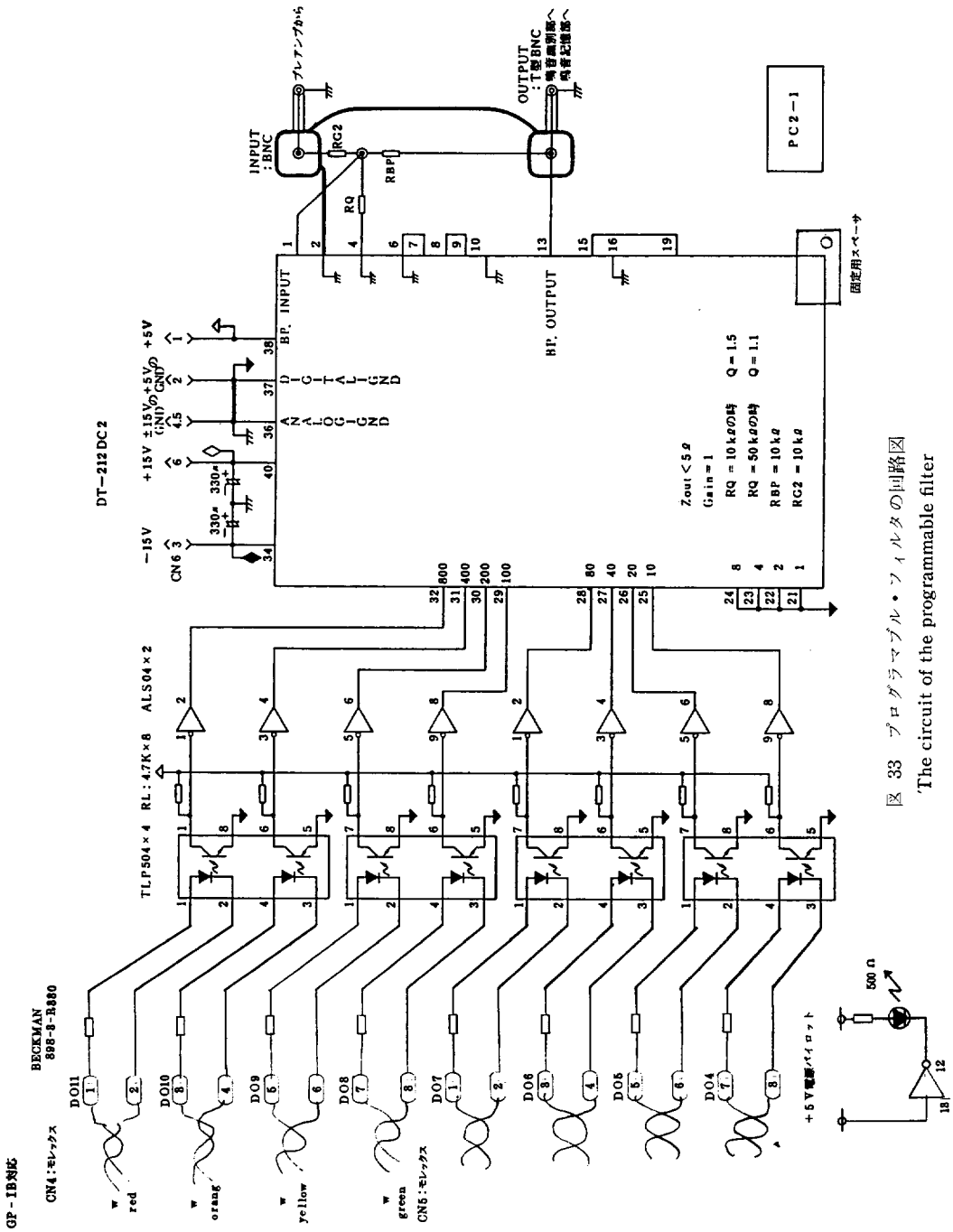


図 33 プログラマブル・フィルタの回路図
The circuit of the programmable filter

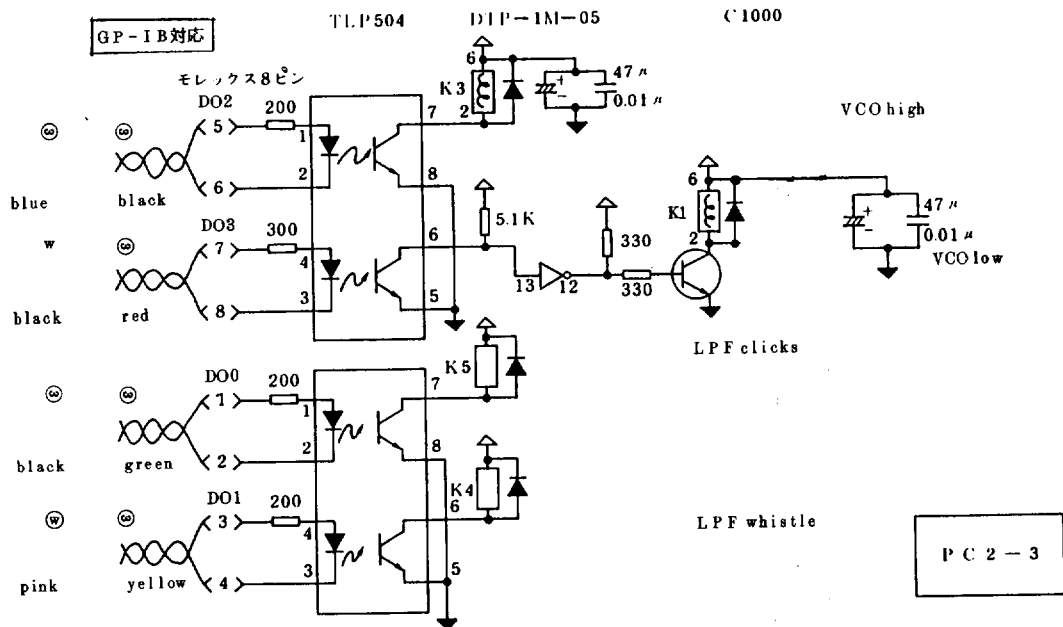


図 34 PLL リレーの回路図
The circuit of relly drivers

表 3 PLL 部 リレー の 構 成

リレー名	ビット名	機 能	コンデンサー容量
K1	$\overline{DO3}$	VCO の low モード	0.0222 μ F
K3	$\overline{DO2}$	VCO の high モード	0.0068 μ F
K4	$\overline{DO1}$	PLL-LPF の whistle モード	0.1 μ F
K5	$\overline{DO0}$	PLL-LPF の clicks モード	0.018 μ F

プログラマブルアッテネータのサンユー製 SRA-C 1186512-01 S の入力インピーダンス 75 Ω とマッチングさせる為、インピーダンス変換回路を後置させた。回路図は図35に示されている。

一方信号解析の為のコンピュータのデータ転送に於ては、FFT のデータ点数が最大 1024 であるので、コンピュータへは読み出し先頭番地指定機能、読み出しワード数の指定機能により、16K ワードのうちまず 1K ワードを転送する。

アナログ信号を A/D 変換して記憶する他に、GP-IB を介して、デジタル・データを書き込むことができる。この機能によりあらかじめファイル化した威嚇音データを威嚇音としてアナログ出力することができる。

パワーアンプ WB-500 は広帯域 500 W の性能がある

が、パルスの信号には不向きで連続高出力バーストだとラッチアップ様の異常発振がみられた。電力アンプ部分の電源は AC 100 V を絶縁トランスを介さずにそのまま平滑しており、安定化されていない。

4.3 コンピュータ・インタフェイス

GP-IB インタフェイス・アダプタは UIO-488 B を使った。今回、転送方向はコンピュータからの出力だけなので、端末からのストロブパルスは "false (H)" に固定して使った。

図36にコマンド・デコードの回路図を示した。図37にタイムチャートを示した。アルファベットでコマンドを指定し、それに続く数字でパラメータが設定される。英字コマンド・データラッチの為のストロブパルスは、UIO-488 B(PC 5) からの LD-CLK を CMOS で 100 ns

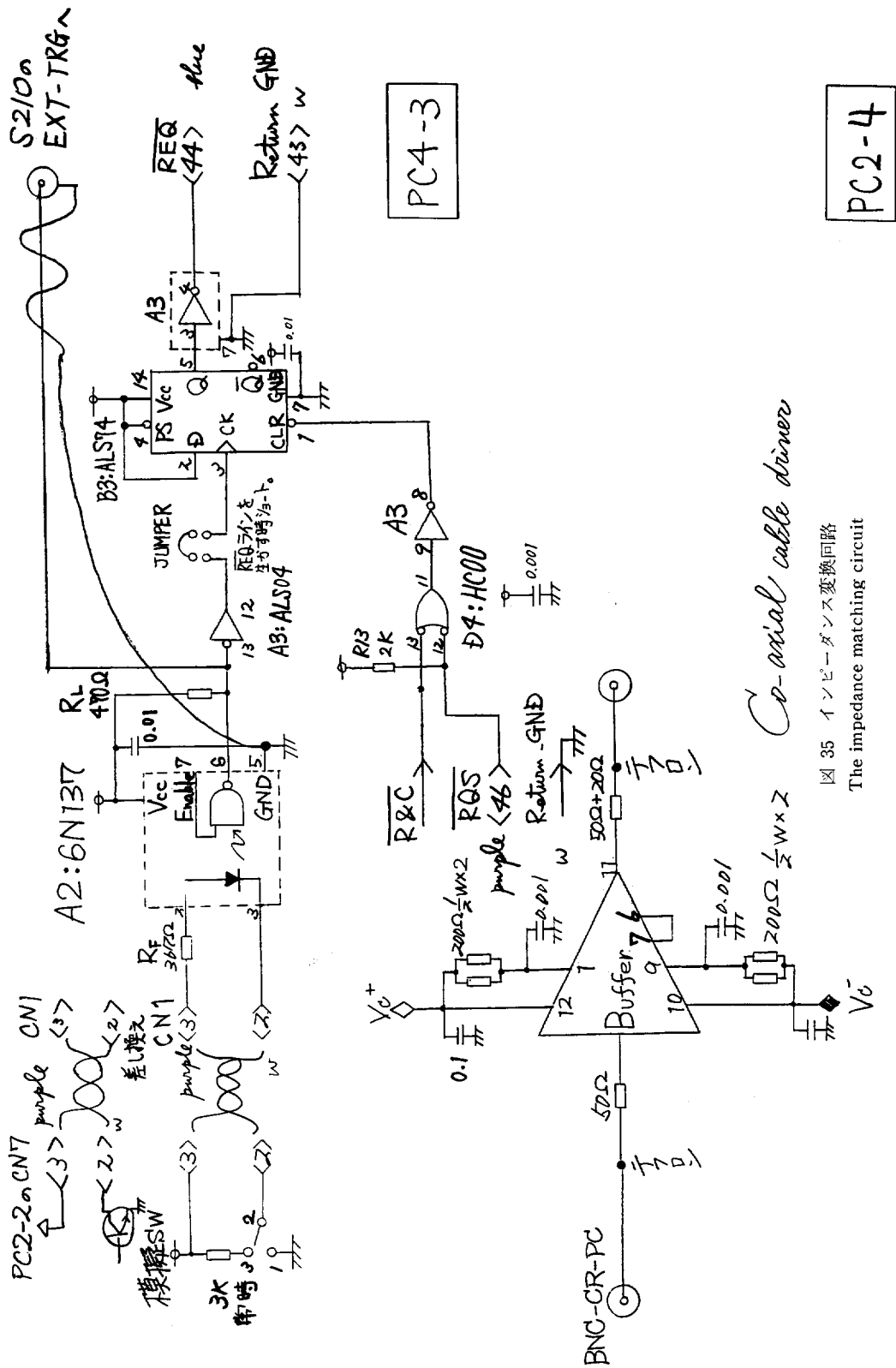


図 35 インピーダンス変換回路
The impedance matching circuit

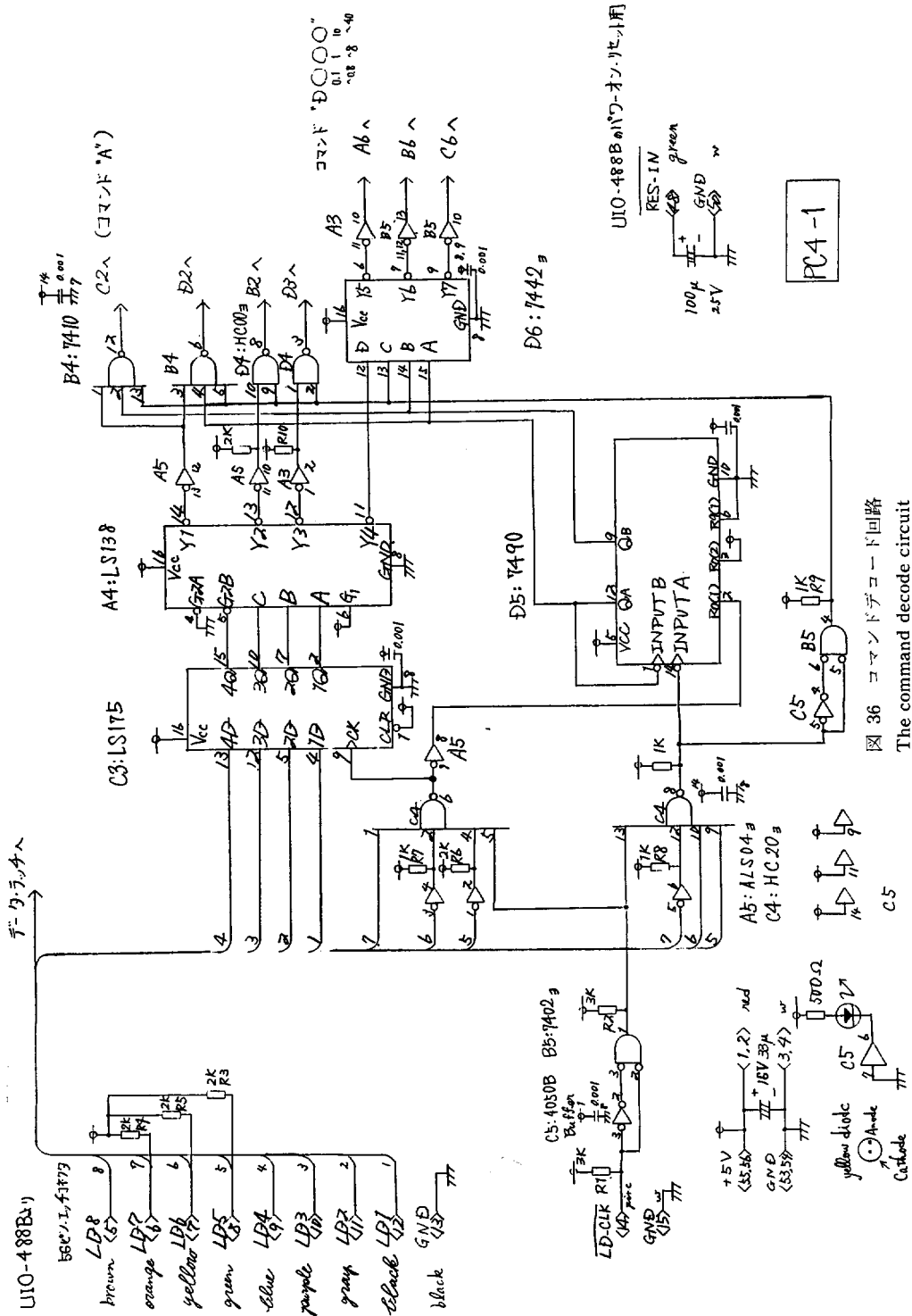
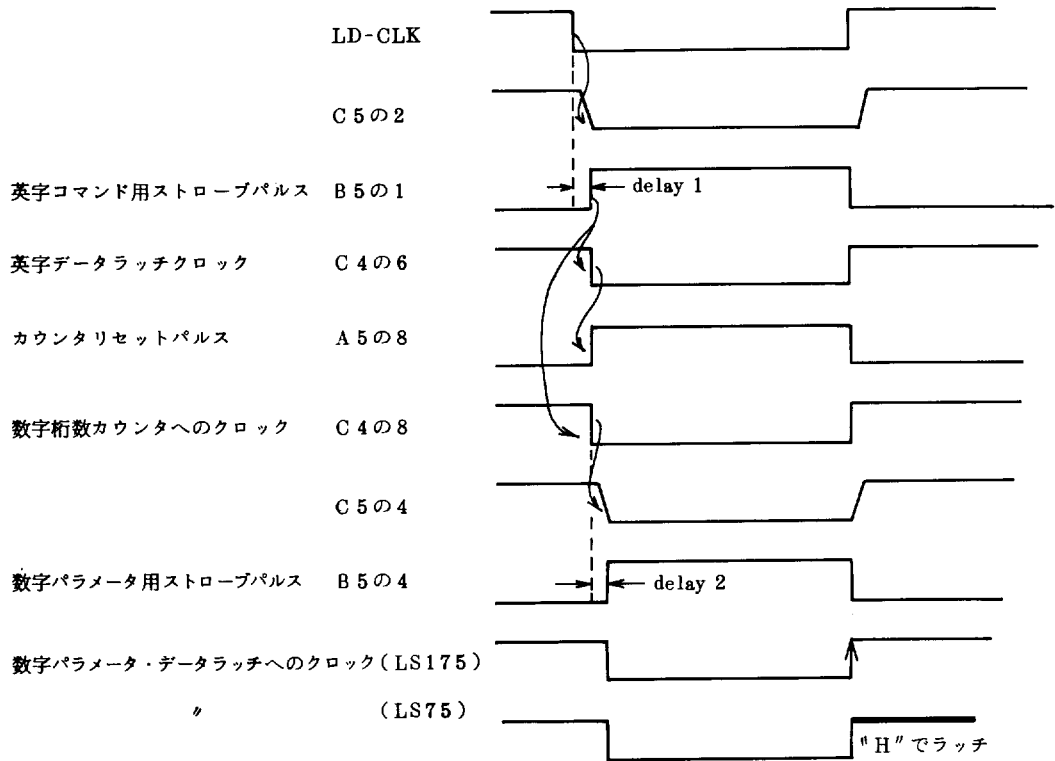


図 36 コマンドデコード回路
The command decode circuit



※ delay 1 = delay 2 = 100 ns

図 37 タイムチャート
The timing diagram

表 4

コ マ ン ド	INPUT						OUTPUT	駆 動 装 置
	ENABLE			SELECT				
	G1	G2A	G2B	C	B	A		
“A”	H	L	L	L	L	H	$\overline{Y1}$	フィルタ
“B”	H	L	L	L	H	L	$\overline{Y2}$	PLL
“C”	H	L	L	L	H	H	$\overline{Y3}$	インピーダンス計
“D”	H	L	L	H	L	L	$\overline{Y4}$	アッテネータ

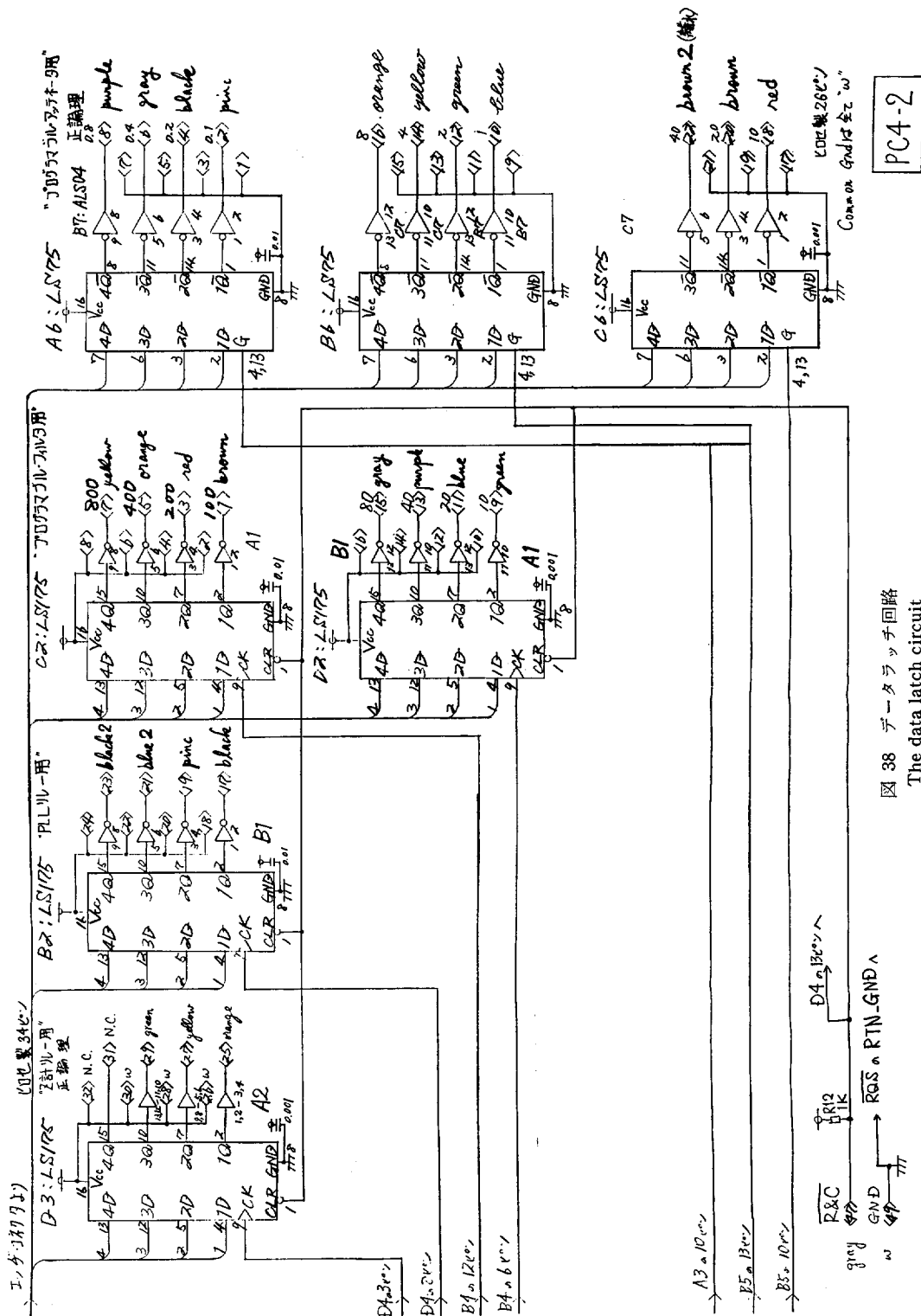
だけ前縁がディレイしたパルスを作って用いた (B5 の 1 ピン出力)。後縁でトリガーする。

数字パラメータはカウンタ IC : D5 によって複数連続して設定できる。数字をデコードするごとにカウンタは前縁でインCREMENTされる (C4 の 8 ピン)。カウンタの出力変化が安定した所で、データラッチを行なう為の

ストローブパルスは更に 100 ns 前縁をディレイさせたパルスを作って用いている。カウンタは英字をデコードするごとに、B5 の 4 ピン出力が “true” になった時点でリセットされる (C4 の 6 ピン)。

具体的なコマンドデコードは表 4 の通りである。

図38にデータラッチの回路図を示した。出力論理は以



下の通りである。インピーダンス測定用リレーは負論理である。PLL 用リレーは PNP トランジスタでドライブしているので負論理である。プログラマブルフィルタは負論理である。素子 Z212D は正論理入力だが non-invert カプラに続いてインバーターを後置している。プログラマブル・アッテネータは正論理である。

バンドパスフィルターの中心周波数の設定の際、プログラマブル・フィルターの素子自体は、小数点第1位迄設定可能だが、今回は上位2桁を用いた。モードによって限界周波数は固定している。

“High”モードでは 33 kHz であり、このままディジットをアスキー形式で転送すると、最初の十位の桁の“3”が、フィルターの 10~80 の設定ポート“C2”に行き、一位の桁の“3”が1~8の設定ポート“D2”にデータラッチされる。

“Low”モードは 11 kHz であり、同様に“A11”を送る。それぞれ十位、一位が C2, D2 ポートへデータラッチされる。

PLL 部リレーの選択は次のモードコマンドのデコードによる。

“High”モードでは PLL-LPF として K5 リレーを導通させる為に DO9 を“true”にする。PLL-VCO として K3 を選び DO2 を“true”にする。

DO3	L
DO2	H
DO1	L
DO0	H

のデータラインとなり、送出するコマンドは“B5”である。

“Low”モードでは、PLL-LPF として K4 を選び、DO1 を“true”にし、PLL-VCO として K1 を選び DO3 を“true”にする。

DO3	H
DO2	L
DO1	H
DO0	L

のデータラインとなり、“B:”を送出する。

次に図35に示されているサービスリクエスト回路について述べる。

PLL のロックイン部の GP-IB アドレスは704であり、その SRQ 信号は S210 の EXT TRG 入力信号と同じく、PLL 基板のアナログ・コンパレータ信号から作成されている。それは、EXT TRG 信号に較べて TTL3 素子分遅れているだけである。

そのリセットはパワーオン・リセット、又は GET メ

ッセージで行ない、ルーチン中では SPOLL 関数による RQS 信号の発生で実行される。

5. 駆動プログラム

コマンドの出力は UIO-488B に CR/LF のデコード回路がないので、ターミネータに EOI を使った。図39に示されるようにコマンドの転送時間は ms の単位である。

次にプログラマブル・アッテネータによる出力レベルの調整について述べる。

オートデジタイザ S210 はサンプリングしたデジタル値に応じたアナログ信号を出力することができる。±5 V_p が S210 の最大出力である。これに後置するパワーアンプ WB500 の最大入力電圧は ±1 V_p であるが、今回は余裕をみて、0.5 V_p を入力限度とした。変数名は Wbinmax。この入力電圧があれば、最大送波出力となる。S210 から最大振幅 ±5 V_p が入力されてくるとすれば、少なくとも 20 dB のアッテネータをかける必要がある。又、WB500 への印加の電圧が 0.5 V_p 以下の場合には、アッテネータをかけない時最大送波出力となる。

送波レベルによるイルカの反応の違いをみる為、ピーク送波レベルを調節できるようにした。それに応じた入力限度電圧を算出し、S210 から入力されるレベルが、限度よりも大きい時は、アッテネータをかけて調節し、それより小さくて設定したピークレベルに届かない時は調節しないで送波した。

設定ピークレベルを最大送波能力の 1/Xx とする。S210 のデジタル値の絶対値をとった最大値を Rlmax とする。(文番号2370) 送波レベル Wbinmax/Xx が 5×Rlmax/2048 より小さい時、その差のアッテネータをかける。そうでない時、アッテネータの値は 0 dB と設定する。この時、実際には挿入損失分のレベル低下がある。最大アッテネータ値は 86.5 dB であるが、計算短縮の為、レベル差 Atte が 80 dB より小さい時は、整数にはしよった値をかけることにした。(ルーチン Atte-Cal)

次にサービスリクエスト・ルーチンについて述べる。サービスリクエストは1回の鳴音検出につき、必ず2回発生し、順序は決っている。最初、PLL 部でロックインした時、GPIB アドレス 704 で SRQ が発生し、これによって鳴音を検出したことを知らせる。そのあとに鳴音記憶部の書き込みが始まる。一方、コンピュータ側では、SRQ ルーチンに入って、その時のタイムコードをチェックする。次に書き込みが終了した時点で、GPIB アドレス 708 のデジタルメモリから SRQ が発生し、コンピュータ側はそれをうけたら、待機ルーチンをぬけてで鳴

音データの転送ルーチンへ続く。

基本的には以上に述べたルーチンであるが、UIO-488 B からの REQ 信号はウィンドウコンパレータによって作られているので一鳴音に対して複数出力されることもある。このことにより、“Low”モードの時、特にひん発するが、UIO-488 B からの SRQ と、S 210 からの SRQ とが同時に出ることがある。よって、次の処理を施した。

最初の SRQ は UIO-488 B からと確定しているが、次の SRQ は S 210 の WRITE END によるのか、UIO-488 からかは不確定である。よって、2 回目以降にシリアルポールする時は、両方について原因を確かめた。そして S 210 からの SRQ が確認される迄続ける。これはよく、WRITE END 迄に時間のかかる“Low”モードの時にみられた。このことが、可能になったのは、S 210 を改造して、シリアルポールだけでは、WRITE END の SRQ 出力可能の為のフラグがリセットされないようにした為である。S 210 の WRITE END が確認されたら、あらためて、S 210 を LISTENER 指定して、SRQ フラグを解除する。

6. 結 果

動作の概要については、過去にアナログ水中録音したテープの再生信号を入力信号とし、また出力には実際のトランスジューサの代わりにオシロスコープを使ってテストした。

今回試作した GP-IB マリントランスポンダを用いて、1986年2月に沓岐の生簀内の3頭のハンドウイルカに対して、実験を行った。

その結果は、最大パワーで送波した場合には、反転して逃げる動作が認められた。又、鳴音信号をマイクロ・フロッピーディスクに収録することができた。ホイッスル、クリックス兩種が含まれていたが記憶容量が小さい為信号途中で終わっている例もみられた。この詳細については別途報告する⁴⁾。

最近、オーディオではデジタル録音が普及し、ADPCM 等種々のデータ圧縮法が提案されている。しかし超音波領域には、広帯域で幅広いダイナミックレンジが要求されるので、そのままでは適用できない。本報告

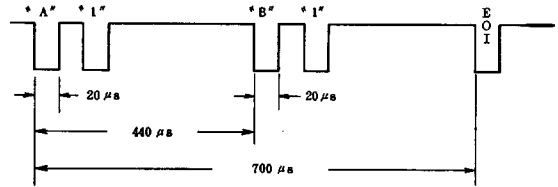


図 39 コマンド転送所要時間

The timing chart

で提案したリアルタイム・マルチチャンネル鳴音検知機構をデジタル録音に併用すれば、超音波領域でもハンディな水中録音・解析システムを構築することが可能と思われる。このことはブイ搭載システムにも応用できる。

7. 結 言

鳴音記憶にデジタイザーを用いたが、これは必ず量子化誤差がともなう。水中鳴音のように、イルカとの距離等によって、入力レベルの大きな変化がある場合、量子化誤差が増大することは避けられない。次善の策として、プリアンプ部又はデジタイザ入力部のゲイン調整をコンピュータ制御可能にすることが今後の課題である。又、複数の入力レベルで収録する為の多チャンネル化が望まれる。そして、メモリの大容量化も必須である。実際的なことを考えると、今回のコンピュータ制御の導入により、これ迄別途行われてきた、鳴音識別に関する研究や、イルカへの直截的威嚇に関する研究を総合的に発展させることが可能になったといえる。

参考文献

- 1) 昭和53年度 音波等を利用したイルカの行動制御技術に関する特別研究報告書 科学技術庁昭和54年12月
- 2) 昭和54, 55年度 漁業公害(有害生物)対策事業調査報告書 東海大学 昭和56年10月
- 3) 石井憲・畠山良己 超音波自動応答装置の試作水産工学研究所技報(漁船工学)第1号 昭和55年3月
- 4) 石井憲・畠山良己 選択的に収録したハンドウイルカの鳴音について 水産工学研究所報告 第8号 昭和62年3月

The design of Marine Transponder with GP-IB

Ken ISHII and Yoshimi HATAKEYAMA

Summary

We examined some kinds of devices for driving away dolphins.

The marine transponder is an ultrasonic automatic responder.

We designed the GP-IB transponder inteligented by a computer.

This type makes the whistle detective mode and transmission level programmable, and it can store responding whistles into micro floppy discs.

These utilities are realized by GP-IB interface.

We reported in detail the hardware and software of this system.