



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	マイクロコンピュータを利用した魚探信号の収録・処理システム
Author(s)	青木, 由直; Aoki, Yoshinao; 飯田, 浩二 他
Citation	北海道大學工学部研究報告, 98, 51-63
Issue Date	1980-05-30
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/41608">https://hdl.handle.net/2115/41608</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	98_51-64.pdf



## マイクロコンピュータを利用した魚探信号の 収録・処理システム

青木由直\* 飯田浩二\*\*  
(昭和54年12月27日受理)

### A Signal Processing and Acquisition System for an Echo-Sounder Using a Microcomputer

Yoshinao AOKI and Kohji IIDA  
(Received December 27, 1979)

#### Abstract

A signal processing and acquisition system of an echo-sounder for fishing was designed. This system consists of a signal sampling unit, a signal processing unit using a micro-computer, and an electrical image display unit. It has mainly two functions, namely, the quantification by counting fish echo and by integrating echo intensity, and signal extraction of fish images by means of the image processing techniques. A trial experiment was conducted, and the availability of the system using a microcomputer was shown.

#### 1. ま え が き

魚群探知機は、従来より、魚群探索を目的とした副漁具として発達してきており、その高性能化がなされてきている一方、近年特に魚群量を推定するための計測手段としても、要求されてきており、魚探画像の定量化や、魚群と海中超音波散乱層の判別、特定魚像の抽出など、魚探信号の解析がますます重要になってきている。

そこで、筆者らは、マイクロコンピュータを使用した魚探信号の収録、処理、表示装置を試作した。本装置は、今日広く普及しているほとんどの魚群探知機に容易に接続でき、魚探信号を画像メモリに蓄えることにより、魚探記録の保存性が格段に向上した。さらに、過渡的な処理が中心だった従来の魚群探知機に比べ、異なる周波数の魚探記録との比較、合成や、試行錯誤的な画像処理が可能になり、魚探像の解析の上で、非常に有効なものである。又、魚像を識別した後に、計数したり、信号強度を連続的に積算することにより、魚群量を推定するための相対指数を出力することも可能である。こうした多機能化は、マイクロコンピュータの採用により始めて可能となったもので、ソフトウェアの改良や追加により、さらにシステムの強化が期待できる。

#### 2. 機 能

本装置は、魚探信号をサンプリングしてメモリに蓄えたり、MODEMを通してカセット磁気

\* 電気工学科 演算工学講座

\*\* 水産学部 漁業測器学講座

テープ等の外部記憶装置に画像ごとに記録することができ、必要な時にいつでも再生可能である。

再生画像は、通常、イメージディスプレイに出力されるが、必要であれば湿式の放電記録機にハードコピーすることも可能である。信号処理機能としては、同期加算による S/N の改善、ウィンドウによる高周波雑音の除去、差分フィルターによる海底や散乱層の輪郭の強調、又、反射特性の異なる2つの周波数（例えば、200 KHz と 24 KHz）間での代数演算を行うことにより、共通画像や非共通画像を取り出すことが、可能である<sup>1),2)</sup>。

又、魚探像の定量化機能としては、あらかじめ設定した範囲内のパルス幅、及びレベルの信号が、連続して現れたものを、魚体のエコーとして計数していく魚体計数機能、又、微小生物群とみられる超音波散乱層の反射強度を、時間的に積分していくエコーインテグレート機能がある。

これらは、各水深帯別に求められ、キャラクタディスプレイ等に刻々出力される<sup>3),4)</sup>。処理画像はイメージディスプレイに出力され、画面一杯になると、魚探信号が入力するごとにスクローリングが行われる。

### 3. 装置の概要

本装置の中心はマイクロコンピュータシステムであり、さらに魚探機とのインターフェースや魚探画像出力装置とで構成される。オフラインでの使用を考慮して、魚探機本体と本装置との接続は、1チャンネルのアナログラインで済むように、同期信号の作成や周波数識別に工夫がなされている。従って、適当な手段でアナログデータレコーダに持ち帰った魚探画像を、実験室で再現することが可能である。又、魚探機本体には何等の改造を要しないので、本来の性能を損うことなく、本装置をアダプター的使用することができる。

インターフェース部は、同期信号の作成、周波数識別、A/D 変換を行う。処理部とも言うべきマイクロコンピュータは、A/D コンバータや画像出力装置等の制御の一切を受けもつ他、14 K バイトのバッファ/プログラムメモリ (RAM) を有し、キーボード、キャラクターディスプレイ等の入出力装置を備え、定量化処理、信号/画像処理を行う。パラメータの変更等はキーボードから行い、定量化の結果はキャラクタディスプレイに、処理画像はイメージディスプレイや放電記録機に出力される。

マイクロコンピュータを用いる場合、よくその処理速度が問題となるが、レーダ信号に比べて魚探信号のパルス幅は 1 m sec 前後と  $10^3$  倍も長く、パルス繰り返し周波数は数 Hz 以下と非常に遅いので、十分な質と量のサンプリングが可能である。又、データのメモリへの転送にあたっては、DMA を用いることなく CPU コントロール（プログラムによる転送）にて行える。

なお、本装置には、8 ビット CPU 8080 A を使用した。

### 4. ハードウェア

#### 4.1 インターフェース部

本装置の全体のブロックダイアグラムと信号の流れを、図-1 に示す。本装置は、次の3つのブロックから成る。

- (1) 魚探と処理部を接続するためのインターフェース部。
- (2) マイクロプロセッサを中心とするデジタル信号処理部。
- (3) 処理画像を出力する放電記録機、及びイメージディスプレイ。

魚探信号は、魚探機受信回路中の適当なレベルのところから取り出して、エンベロープ検波し

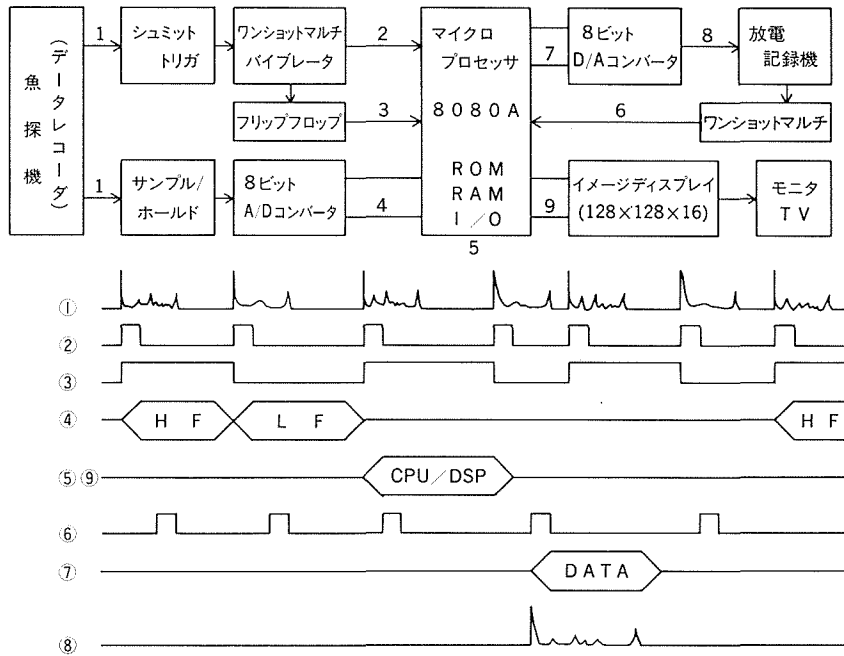
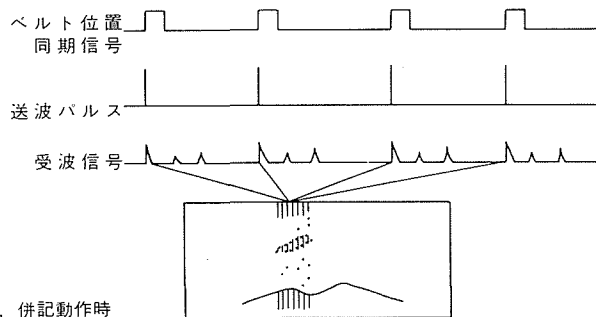


図-1 ブロックダイアグラム及び信号タイムチャート

## a. 単記動作時



## b. 併記動作時

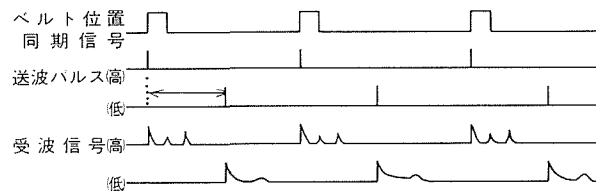


図-2 同期信号と受波信号

(図-1-①), その振幅情報だけを扱う。送信パルス幅を 1 m sec とすると 2 KHz のサンプリング周波数では、距離方向 37.5 cm につき 1 サンプルが得られる。本装置ではサンプリングレートはもちろん可変であるが、一応 1 回の掃引に対して距離方向に 256 サンプルを得る。データ長は CPU とのバランスやスピード等を考慮して、8 ビットとした。A/D コンバータは 8 ビットの逐次比較型で、入力電圧と基準電圧を比較しながら順に決定していく方式である。比較的速い変

換速度を持ち、本装置では  $5\ \mu\text{sec}$  を実現している。A/D 変換のスタートパルスは、魚探信号の最初のパルスの立ち上りで作られる。すなわち、受波信号の最初のパルスは、発信パルス、もしくは、至近距離からの散乱によるものであるから、これをシュミットトリガで波形整形しワンショットマルチバイブレータ（以下 O. M）を起動させる。（図-1-②）O. M の出力パルス幅を適宜に選ぶことにより、その間に A/D コンバータはデータの変換を終え、O. M はリセットされ再び信号の入力待ちの状態となる。又、魚探機を 2 周波併記モードで使用する場合、図-2 の様に信号が交互に得られることから、フリップフロップを用いて周波数識別信号を作る。（図-1-③）。

#### 4.2 デジタル信号処理部

A/D コンバータによって変換されたデジタルデータは、CPU が内部メモリへプログラム転送する。転送開始指令は、前記 O. M の出力を CPU がプログラムで監視しており、O. M がアクティブになると CPU は A/D コンバータに対して  $500\ \mu\text{sec}$  おきに 256 回のスタートパルスを与え、対応する 256 ワードのデータを RAM に転送する。

マイクロコンピュータはキーボードとキャラクタディスプレイを備え、プログラムの変更やコマンドの入力を行うことができる。

#### 4.3 魚探画像表示部

魚探信号波形のモニタは、1 回の掃引でサンプルされた 256 ワードのデータを D/A 変換しながらシーケンシャルに出力し、これを繰り返してオシロスコープ上で静止波形として観察することが可能である。イメージディスプレイは、縦 128、横 128 の画素をそれぞれ 16 レベルの階調で表現できるもので、リフレッシュメモリ 8 K バイト、メモリアドレス切換回路、同期信号発生回路、高速 D/A コンバータ、ビデオ信号合成回路から成る。リフレッシュメモリは  $\mu\text{CPU}$  のそれと共通する VIDEO-RAM 型で、そのためメモリアクセスの優先権は CPU に与えている。（図-3）

放電記録機への出力は次の様である。記録機本体には、記録紙を移動させながら放電ペンを記録紙の巻取り方向と直角に回転移動させる機能がある。従って、ペンの移動に同期して画像信号を D/A 変換して放電ペンに与えてやらなければならない。このためには、記録紙上の同一場所のペン通過信号をカム接点によって得、O. M を起動してプリンターレディ信号とする。（図-1-

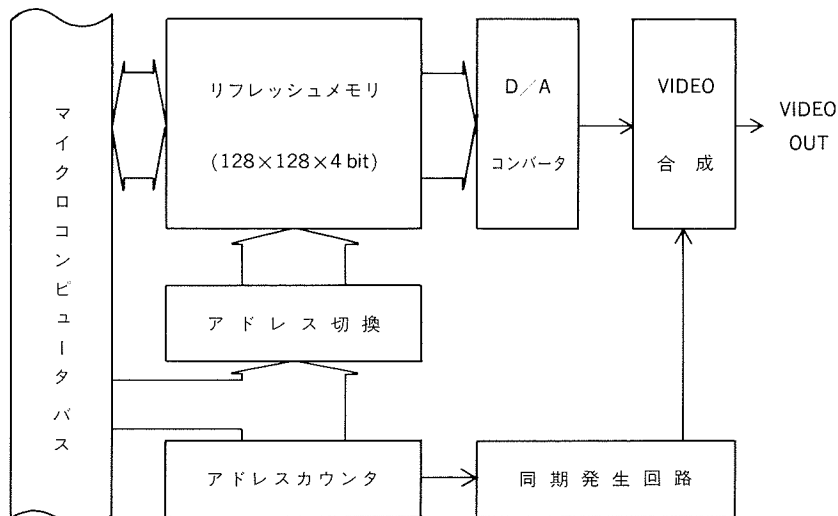


図-3 イメージディスプレイの回路構成

⑥) プログラムはこれを監視しており、レディを受けた CPU は、一定の速度でデータを順次 D/A 変換しながら (図-1-⑦) 放電ペンに与え (図-1-⑧)、記録紙上に濃淡画像として表現する。データの転送速度や方式を変えることにより、圧縮、拡大記録、文字や距離カーソルを表示することが可能である。

## 5. ソフトウェア

### 5.1 データ収録

前項で触れたように、魚探信号のサンプリング、データ転送、データ処理、放電記録機やイメージディスプレイへの魚探画像出力等は、全てソフトウェアにより実現しており装置のソフトウェア依存度は大きい。本装置のプログラム開発にあたっては、処理速度や効率等を考慮し特に高級言語は使用していない。プログラムのサイズも合計で 2K バイト以下であり、CPU ニモニックによるアセンブリ言語を用いた。マイクロコンピュータは、モニタ等のシステムプログラムが 3K バイト、データの一時バッファメモリとして 4K バイト、画像メモリとして 8K バイト、計 15K バイトを有している。この他、データやプログラムは MODEM を介してオーディオカセットテープレコーダに保存することができる。

以下、魚探信号の収録、処理、表示のためのソフトウェアの要点を述べる。

魚探信号のサンプリングの手続は次のようである (図-4)。すなわち信号の立ち上がりから発振

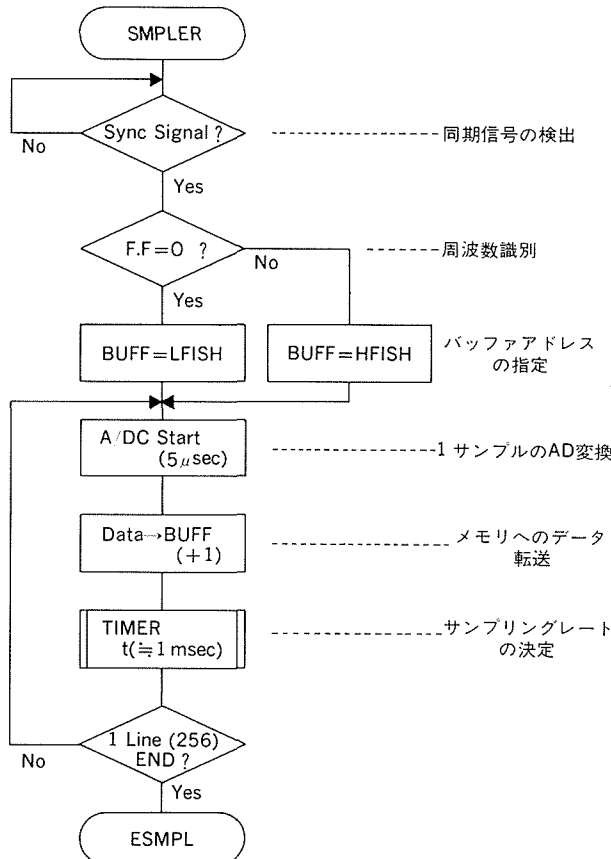


図-4 魚探信号のサンプリング

表-1 TIMER サブルーチン (8080 A, 1 MHz)

Label	Mnemonic	Operand	s	Comments
TIMER:	PUSH	D	11	D, E レジスタ退避
	LXI	D, 0A05H	10	$t = [D] \times 100 \mu\text{sec}$
LOOP:	DCR	E	5	} 100 $\mu\text{sec}$ 作成
	JNZ	LOOP	10	
	DCR	D	5	
	DCR	D	5	
	INR	D	5	
	JNZ	LOOP	10	0.1 msec のループ回数
	POP	D	10	D, E レジスタ復帰

↑  
スタート数

同期信号を検出すると、CPU は A/D コンバータに対して変換スタート信号を送る。A/D コンバータが変換を終了すると終了フラグが立つから、それをリセットして確定した 8 ビットのパラレルデータをデータエリアの先頭番地 LFISH に転送する。次のサンプリングまでの時間、CPU は待ちループを回り、 $t$  秒後に脱してサンプリングを開始する。256 回のサンプリングを終えると、信号処理プログラムへ処理が渡される。なお、2 周波併記モードにおいては、周波数識別信号 F・F の出力で 2 つのデータエリアへの転送先の制御を行う。又、サンプリングレートを決める  $t$  は、魚探のレンジを  $D$  (メートル) とすると

$$t = \frac{2 \cdot D}{1500} \cdot \frac{1}{256} \text{ (sec)} \quad (1)$$

仮に  $D=200 \text{ m}$  とすると、 $t=1.04 \text{ msec}$  となる。 $t$  をプログラムで設定するため、CPU のクロックサイクルは 1 MHz であり、JMP 命令と他の適当な命令を組み合わせて実現している<sup>9)</sup>。

(表-1)

## 5.2 魚探信号の定量化処理

漁獲によらない魚群量推定法として、魚群探知機による量的評価が近年特に有望視されているが、海中には温度躍層や浮遊物体、多種の魚類等が混在しており、決定的な推定方法はまだ確立されていない。本稿では、離散的な分布をなす単体魚のカウンティングと、密集する魚群からの反射信号を積算していくエコーインテグレーションを説明する。(図-5)

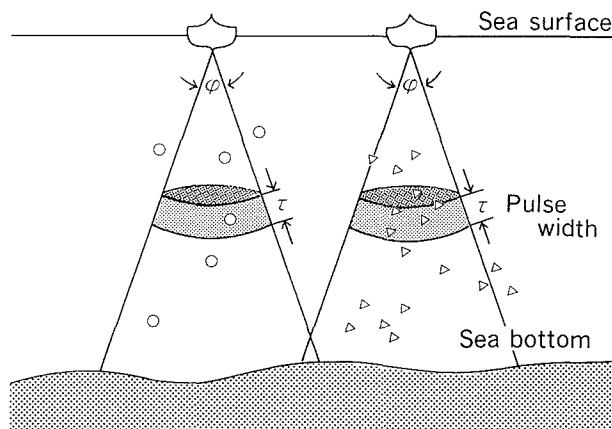


図-5 魚群の分布様式

- (1) 今、送波パルス幅を  $\tau$ 、サンプリング周期を  $t$  とすると、1 魚体からのエコーパルスに予想されるパルス幅は  $\tau$  に等しく、従って 1 回の掃引につき連続した  $\tau/t$  個の有効サンプルが得られる。さらに、魚探機と魚体との相対距離は急変しないから、次の掃引においてもほぼ同じ時間位置にエコーパルスが検出される。この重複回数は相対距離が大きい程、又、魚体がビームの主軸に近い程多い。今、1 魚体からの反射によって得られる最大有効サンプル数  $P_c$  は式 (2) で与えられる。

$$P_c = \frac{2d \sin \varphi \cdot f_p \cdot \tau}{V_s \cdot t} \quad (2)$$

(船速  $V_s$ 、魚探機の有効指向角  $\varphi$ 、パルス繰り返し周波数  $f_p$ 、魚体までの距離  $d$  とする。)

すなわち単体エコーの識別には、エコーパルスの幅、信号の重複回数及び有効レベルの 3 つの情報から検出を行い、それを深度別にカウントしている。

- (2) 反射物が数多く密集しているような場合は、パルス幅  $c\tau$  ( $c$ : 水中音速度) とビームが作る空間を含む連続した分布をなすと考えられる。この様な物体を量的に表現する方法として、エコー信号の強度を積算してそれを魚群量指数とするエコーインテグレーションがある。

エコー信号強度は、アナログ部において 2 乗特性を持つ増幅器を通すと簡単に得られるが、ここではマイクロコンピュータによる  $8 \times 8$  ビットの乗算を行っている。すなわち、データエリアにある 256 個のデータに対して 2 乗演算を行い、得られた 16 ビットの内、上位 8 ビットのデータを加算ルーチンに渡してディスプレイさせる。256 個のデータの 2 乗演算に要する時間は約 82 m sec で、加算ルーチン、パルスカウントプログラムを合計しても演算に要する時間は 1 秒以下であり、魚体信号の発振繰り返し周期より短いので、カウント値、インテグレート指数とも実時間表示が可能である。(図-6)

### 5.3 2 周波信号間処理

普通、魚探機に使われる超音波周波数は 14~200 KHz であり、(表-2) に示すような特徴がある。すなわち異なる 2 周波の魚探信号の特徴、相異点を知ることにより、魚探画像を質的な側面から評価することができる。例えば、両者のビーム角の大小から標的の位置が推定され、周波数反射特性の差異から魚群と微小生物散乱層との識別がな

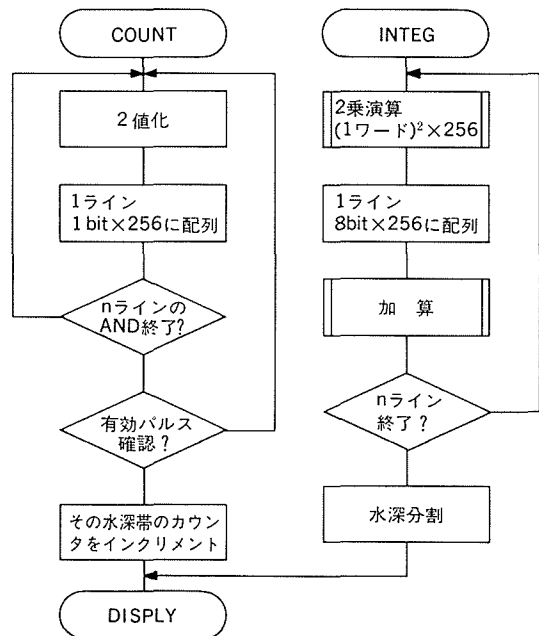


図-6 エコーカウンタ及びエコーインテグレータ

表-2 魚探機の周波数とその特徴

	低 周 波	高 周 波
探 知 距 離	大(減 衰 小)	小(減 衰 大)
指 向 角	広(探知範囲大)	狭(方位分解能良)
波 長	長	短
パ ル ス 幅	長	短(距離分解能良)
魚 体 の ターゲット ストレngth	小	大

される。ここでは、2信号間で算術演算を行い、その結果を処理データとしてイメージディスプレイのリフレッシュメモリに転送している。ところで、データエリアにおいて魚探信号は、1ライン256バイトで格納されているのに対し、ディスプレイの表示は128×4ビットであるという不都合が生ずる。レベルは上位4ビットだけを扱うことによって、データ数は1サンプルおきに表示することによりこれを解決している。

このデータの不連続性を緩和するために、前後のデータに重みを与える平滑化を行っている。このフィルターには次式のものを用いた。

$$\begin{cases} a'_n = \frac{1}{4}(a_{n-1} + a_{n+1}) + \frac{1}{2}a_n \\ a'_1 = \frac{1}{2}(a_0 + a_1) \quad (n=1, 2, \dots, k) \\ a'_k = \frac{1}{2}(a_{k-1} + a_k) \end{cases} \quad (3)$$

又、信号の時間軸の不連続性を強調するのに1次元の差分フィルターを用意した。

$$\begin{cases} a'_n = |a_n - a_{n-1}| \\ a'_1 = 0 \quad (n=1, 2, \dots, 256) \end{cases} \quad (4)$$

信号間演算には、加、減、乗、除算、及び一方の2値比信号で他方をマスクしたり、2値比信号同志による論理演算 (AND, OR, XOR) がある。

#### 5.4 魚探画像の表示

魚探画像は放電記録機とイメージディスプレイに表示される。イメージディスプレイは、そのリフレッシュメモリをマイクロコンピュータと共有する VIDEO-RAM 方式であるため、メモリ間のデータ転送が主になってくる。メモリアドレスと画像の対応は、図-7の様になっている。データは1ライン256ワード (1ワード=8ビット) で構成されているから2データを1バイト (4ビット+4ビット) にして転送する。この時、バッファのスタート番地+ (2n-1) 番地のデータの上位4ビットだけが使われる。このデータ列に対して5.3で示した平滑フィルタが施される。図中、船底から発せられた瞬間のデータが、4000(H)番地下位4ビットから順に右方向 (海底方向) に表示され、右端 (403F(H)上位4ビット) まで行くと次の信号が次段の4040(H)~407F(H) に表示される。最下段の1ライン5FC0(H)~5FFF(H) の表示が終ると、スクロールが行われる。

スクロールは2段目の1ラインを最上段に転送することから始まり、順に一段上へシフトして

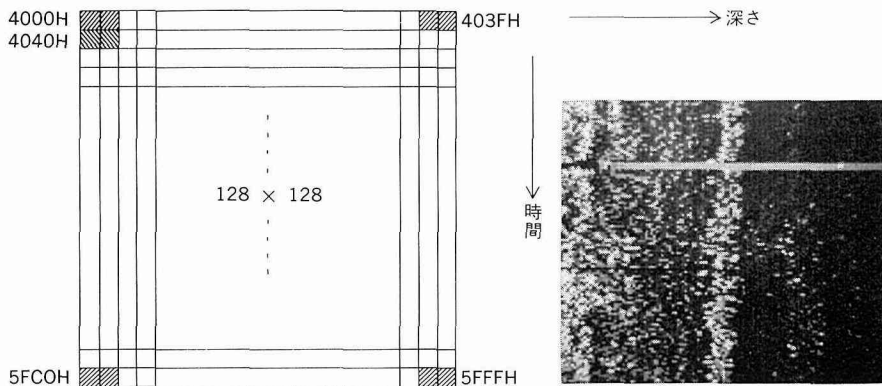


図-7 魚探画像とディスプレイフォーマット

最下段が空白となり次ラインのデータ入力に備える。又、最上段のデータは順に失われる。このスクローリングは計 8 K バイトのデータ転送であり、350 m sec の時間を要するが、実用上差し支えない。又、ライン数 128 本は時間にして 1~5 分に相当する。

放電記録機への画像出力は、記録機側のペンの移動に同期してアナログ信号を与えることで実現している。つまり同期信号は記録機のカム接点で作られる信号で、O. M を起動しその出力を I/O ポートを通して CPU が監視する。O. M の出力がアクティブになったところで CPU はプリンターレディと解し、データの転送を開始する。イメージディスプレイ上の魚探画像のハードコピーには、1 ラインごとに画像データを 8 ビットに編成し直して、D/A コンバータを通して 128 個のデータを順に I/O ポートから出力している。信号処理は 256 ワード、1 ワード 8 ビット構成で行うので、そのまま出力すると分解能の良い画像が得られる。データの転送速度を上げれば拡大記録となり、下げると圧縮記録となる。又、イメージディスプレイと同様、深度マーカーを入れたり英数字を複合同期させて表示することも可能である。

## 6. 実験と考察

定量化の実験は、0.6×0.6×18 m の水槽で行った。標的には 38 mmφ の鉄球を用い、周波数 70 KHz、パルス幅 1 m sec のポータブル魚探機を使用した。サンプリングされた魚探信号のモ

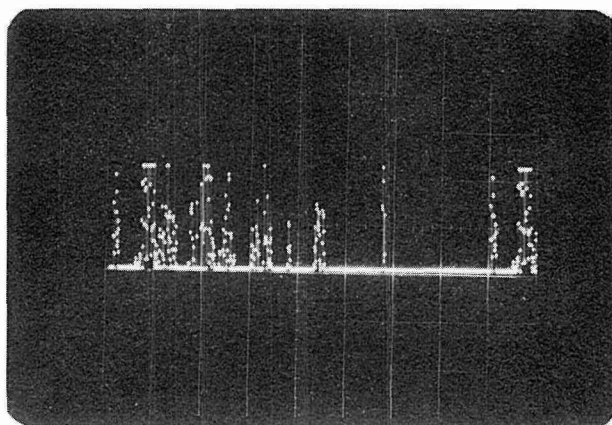


図-8-a 信号モニタ波形

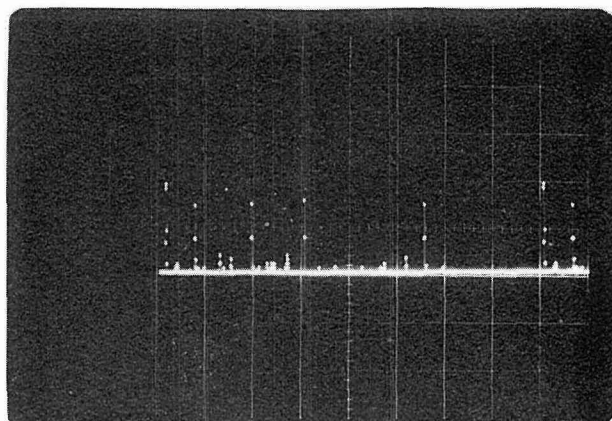


図-8-b AND 処理

ニタ波形を図-8に示す。図中 a は生の信号モニタ波形は、b 数回の信号の AND をとったもので、反射パルスが明瞭に抽出されていることを示している。又、実際の魚探信号を用いて量的評価を試みた。図-9-a は、1978. 8. 19、北海道噴火湾で得られた 24 KHz の魚探画像である。

この時の信号波形を図-9-b に、定量化処理後の表示例を図-9-c に示す。図中“DEPTH”は

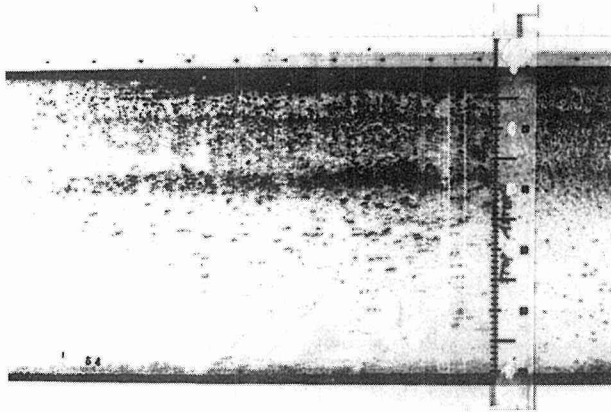


図-9-a 魚探記録

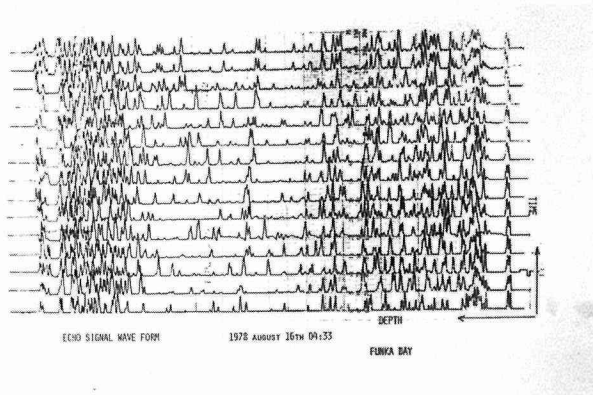


図-9-b 魚探信号波形

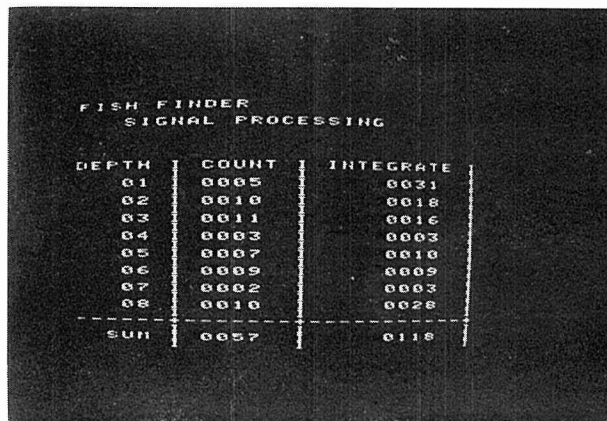


図-9-c 定量化処理

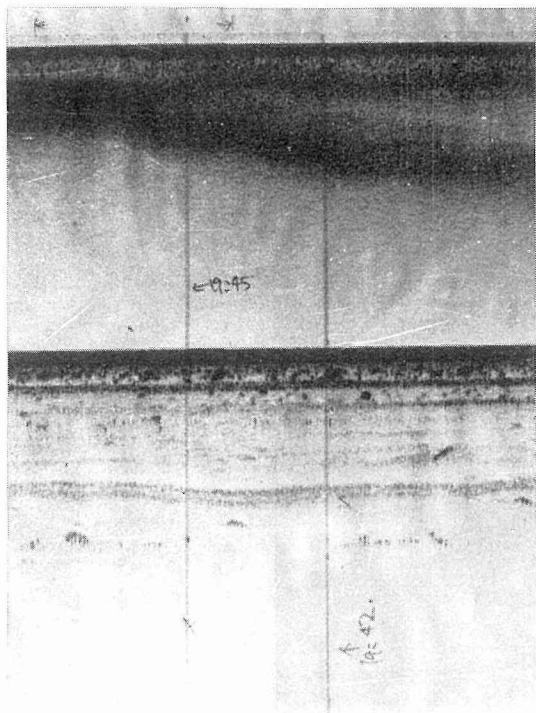


図-10-a 2周波魚探記録  
(上 200 KHz, 下 24 KHz)

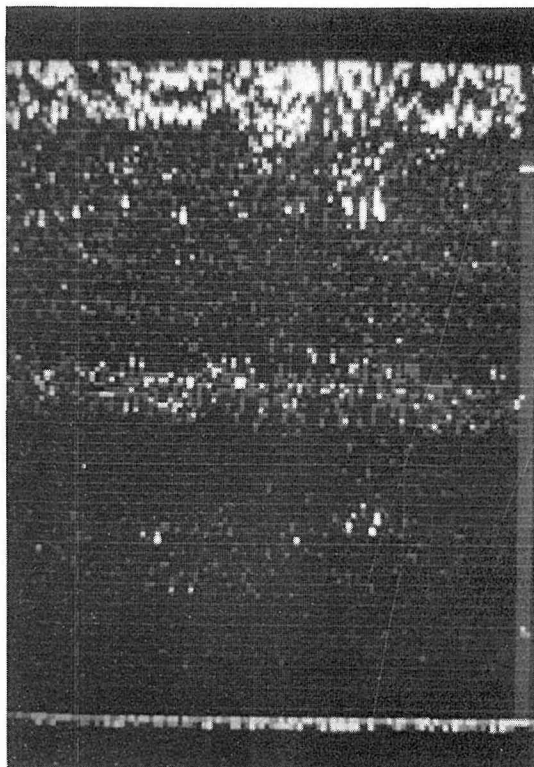


図-10-b 24 KHz

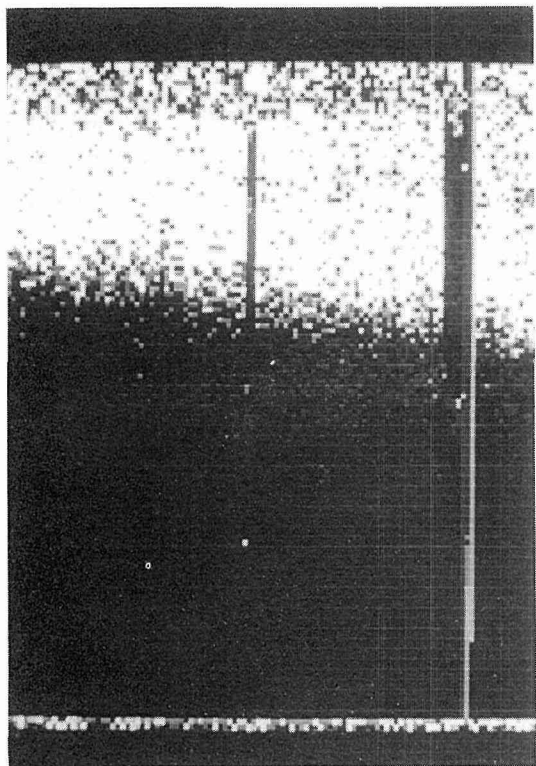


図-10-c 200 KHz

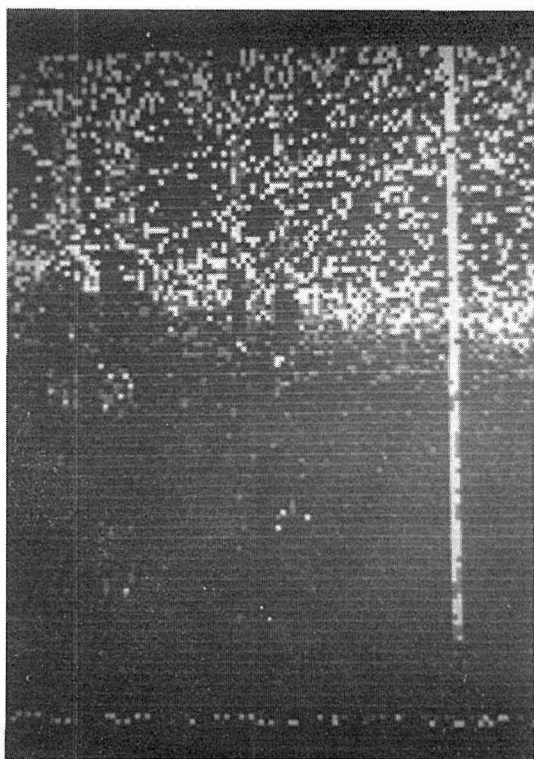


図-10-d 200 KHz-24 KHz

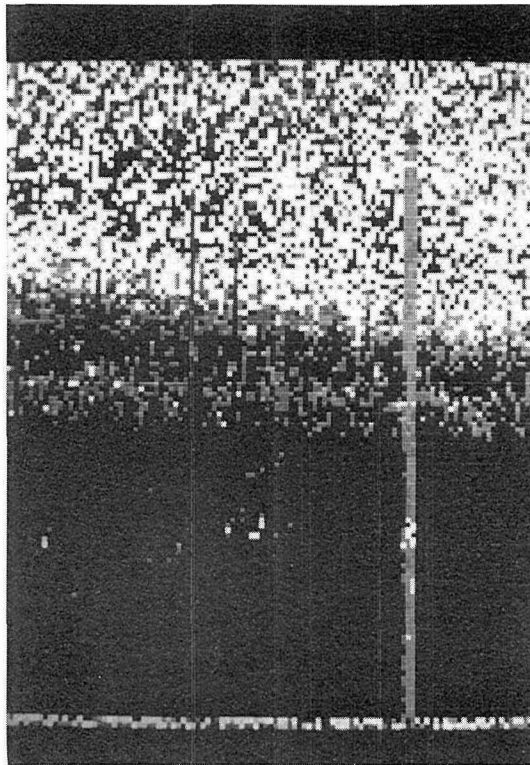


図-10-e 200 KHz+24 KHz

水深約 100 m を 8 層に分割した水深帯を表し、それぞれについて計数值 “COUNT”，インテグレート指数 “INTEGRATE” を示し、最下欄に総計 “SUM” を表示した。表示中 “COUNT” と “INTEGRATE” が必ずしも対応していないのは、カウントされるに十分なパルス幅と連続性を与える信号であっても著しく頻度が少なかったり、逆に微小生物散乱層のような物からの記号は小信号であっても広く空間的に連続しているのでカウントされないかわりに大きな “INTEGRATE” 指数を与えるためだと解釈される。

次に、2 周波信号間処理画像例を示す。データは 1979.6.11, 同噴火湾にて採取された 24 KHz と 200 KHz の同時記録である。図-10-a は、魚探機本体の記録機で得られた魚探画像である。観測時刻は 19.45 頃で日没後約 1 時間経過しており、プランクトン等からなる生物散乱層が上昇してくるのが認められる。しかし、24 KHz 画像にはこの散乱層の上昇状況は一向に認められない。そこで両信号間での差をとるとその特徴が強調され、上昇中の散乱層が識別される。図-10-b c d e にそれぞれ 24 KHz, 200 KHz の元画像, 差画像, 和画像を示した。その他の演算処理のライブラリも有してはいるが、現在のところまだその有利性が明らかでないので割愛する。目下検討中であることを付け加えておく。

## 7. む す び

計測手段としての魚群探知機を開発するにあたり、マイクロコンピュータを用いた魚探信号の収録、処理、表示装置について述べた。試作装置は、単体魚からのエコーをカウントしたり生物散乱層からのエコー強度を積算して魚探信号の量的評価を行ったり、さらに同時に得られる異な

る2周波信号間で代数演算を行い、両信号の特長を強調又は抽出して魚探信号の質的な評価も行うことができる。

マイクロコンピュータの導入は、ソフトウェアの追加、改良により、容易に魚探機の多機能化を図れる等、その融通性で優れている他、処理速度や語長が魚探信号と非常に良いバランスを保っている。又、低価格ということも大きな利点である。本装置は魚探機本体に手を加えずアダプター的使用ができることが一つの特徴であるが、将来的にはマイクロコンピュータを制御系の中心とする魚探機を新たに構成することが必要で、この点、従来の記録機中心の魚探機に工夫が望まれる。

なお、魚探画像の評価には漁獲実験が不可欠であり、同時に魚探信号の統計的性質を明かにしていかなければならない。これらは今後の重要な課題である。

本研究の一部は、昭和54年度科学研究費補助金（課題番号355176）の援助のもとに行われたもので、ここに記して感謝する。

## 文 献

- 1) 飯田浩二, 青木由直: 電気四学会北海道支部連合大会講演論文集(昭54) No. 199.
- 2) 飯田浩二, 鈴木恒由: 水産学会秋期大会講演要旨(昭54) No. 118.
- 3) 飯田浩二, 青木由直: 電子通信学会総合全国大会講演論文集(昭54) No. 2326.
- 4) 飯田浩二, 青木由直: 電気四学会北海道支部連合大会講演論文集(昭53) No. 185.
- 5) 山本 強, 青木由直: 工学部研究報告, 82(昭51), pp. 59-65.