



Title	魚探信号の定量化に関する研究： . 魚探信号の収録について
Author(s)	飯田, 浩二; 鈴木, 恒由
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 31(4), 339-353
Issue Date	1980-11
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/23734
Type	bulletin (article)
File Information	31(4)_P339-353.pdf



[Instructions for use](#)

魚探信号の定量化に関する研究

I. 魚探信号の収録について*

飯田浩二**・鈴木恒由**

Study about Quantification of Echo-Sounder Signals

I. A signal acquisition of an echo-sounder

Kohji IIDA** and Tsuneyoshi SUZUKI**

Abstract

In order to estimate fish stocks using an echo-sounder, it is an unavoidably important program that can analyze characteristics of echo-sounder signals.

Therefore we constructed a Signal Processing and Acquisition System of an echo-sounder for this purpose. This system uses microcomputer which has become rather inexpensive lately, and additionally, it has enabled a real time signal processing of echo-sounder signals.

Using this system, several echo-sounder signals were received, and a quantification, an image processing, and a statistical signal analysis were tested. The data used were ideal echo-sounder signals which were obtained from the controlled artificial targets and unknown real echo-sounder signals which were obtained from the ocean.

The results show evidently that the system was adequately available for processing and analysis of the echo-sounder signals.

まえがき

魚群探知機を用いて、魚群量を推定するために、反射信号の波形解析が特に重要になってくる。魚探信号は、送波された超音波パルスに対する、多数の海中物体からの反射パルス列であり、データ量は非常に多い。さらに、水中音速(約1500m/s)、パルス幅(1ms程度)を考慮すると、魚探信号に含まれる周波数成分は、搬送超音波周波数を中心に、4~5 KHzにもなる。従って、従来、信号波形の解析に当っては、オシロスコープによる、過渡波形の写真撮影により、データを得ていた。

ところが、近年のマイクロコンピュータを中心とする、半導体技術の急速な進歩に伴い、魚探信号のデジタル信号処理が、急に身近なものになってきた。

そこで筆者らは、マイクロコンピュータを利用した魚探信号の収録・処理装置を試作し、これを用いて、データ収録、定量化処理、画像処理、及び魚探画像の電子表示等の実験を行った。

本論文は、マイクロコンピュータによる、魚探信号波形解析の有効性を示し、今後の魚群探知機による資源量推定の手がかりになるものと考えらる。

* 本研究の一部は昭和54年度日本水産学会秋期大会において講演発表した。

** 北海道大学水産学部漁業測器学講座

(Laboratory of Instrument Engineering for Fishing, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

なお、マイクロコンピュータによる信号処理システムの製作に関し、多くの助言を与えられた北海道大学工学部青木由直教授、また実験に際し有力な助言を与えられた北海道大学水産学部漁業測器学講座佐野典達助教授、および資料採取に御協力頂いた北海道大学調査船うしお丸の船長以下乗組員に感謝致します。

魚探信号収録・処理装置の製作¹⁻⁶⁾

本装置の中心はマイクロコンピュータシステムであり、他に魚探機とのインターフェイス部および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を凝らした。したがって、適当な手段でアナログデータレコーダにて持ち帰った魚探信号を、実験室で魚探画像として再生可能であり、また魚探機本体には、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に使用することができる。

インターフェイス部は、同期信号の検出、周波数切換、A/D変換を行う。

処理部である、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持つ他、32Kバイトのバッファ兼プログラムメモリ(RAM)を有し、キーボード、キャラクタディスプレイ、シリアルプリンタ等のシステム入出力装置を備え、信号のサンプリング、定量化処理、画像処理を行う。コマンド入力やパラメータの変更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又はシリアルプリンタに、処理画像は、イメージディスプレイや魚探機付属の放電記録機に出力される。また、本装置は、外部補助記憶装置として、フロッピーディスク装置を有し、数十の画像データを、一枚のフロッピーディスクに保存しておくことが可能である。

マイクロコンピュータは、よくその処理速度が問題にされるが、魚探信号のパルス幅は1ms程度、パルス繰り返し周波数は数Hz以下であるのに対し、2.5MHzのクロックで動作しているCPUは、これを十分な質と量でサンプリングが可能である。また、データのメモリ転送に当たっても、DMA(データを直接メモリに書き込む方式)を用いることなく、CPU制御(ソフトウェアによるメモリへのデータ転送)で実現している。



Fig. 1 Photograph of signal processing and acquisition system.

魚探画像出力部はイメージディスプレイと放電記録機とからなる。イメージディスプレイは、デジタル画像データを、128点×128点の画素に分解し、それぞれ16の輝度レベルで表示できる電子ディスプレイである。8Kバイトの画像データのリフレッシュメモリを有し、これをCPUと共有する、VIDEO-RAM方式をとっている。放電記録機は、記録機本体と、8ビットのD/Aコンバータ、及び電力増幅器、ペン位置を検出するための若干のタイミング回路からなっていて、魚探画像のハードコピーを得ることが可能である。

なお、本装置には8ビットマイクロプロセッサZ80-CPUを用いた(図1)。

ハードウェア構成

本実験を実現するためのシステム構成図(図2)と、信号収録・処理装置のハードウェアブロックダイアグラム(図3)を示す。

1. インターフェイス部

魚探信号は、魚群探知機の受信部中適当なレベルの信号を直接取り出すか（オンライン時）、FMモードで磁気記録したデータレコーダより得る（オフライン時）。いずれにしても扱う信号はエンベロープ検波後の波形であるので、搬送波信号は含まれない。この場合、魚探信号は搬送波を中心に存在する側波帯信号と解釈される。魚探信号はシュミットトリガで波形整形したあと、ワンショットマルチバイブレータにより、送波パルスに同期した同期信号を作り出す。さらに、魚探機を2周波併記モードで使用する場合、両周波の信号が交互に出力されるのを利用して、フリップフロップによる周波数識別信号を得ている。一方、魚探信号は、サンプル/ホールド回路により、1K Hz~10K Hzのスピードでサンプリングされ、これを8ビットのA/D変換器で量子化し、さらにマイクロコンピュータのRAM (Random Access Memory) 領域に転送する。

いま、送信パルス幅を1msとすると、2K Hzのサンプリング周波数では、距離方向37.5cmにつき1サンプルが得られる。本装置のサンプリングレートはもちろん可変であるが、一応一回の掃引に対して距離方向に256サンプルを得ることを基本としている。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。

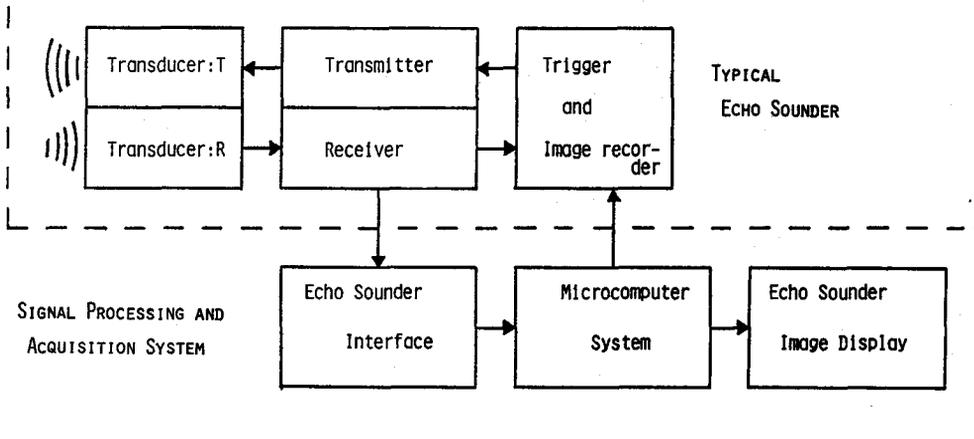


Fig. 2 System configuration.

2. マイクロコンピュータシステム

マイクロコンピュータは Z80-CPU を中心に、ROM (Read Only Memory) 4K バイト、RAM 32K バイトを有し、キーボード、キャラクタディスプレイ、シリアルプリンタ等の I/O 装置を備え、さらに P-ROM (Programmable ROM) ライタやフロッピーディスク装置を持った、非常に汎用性の高いマイクロコンピュータプログラム開発システムである。フロッピーディスクは1枚のシートに片面で 240 K バイトのプログラムやデータを記録することができ、かつ、データアクセスが高速なので、信頼性の高い外部メモリとして使える他、システムプログラムとして FDOS (Floppy Disk Operating System) をフロッピーディスク内に持っており、イメージディスプレイと並んで本システムの大きな特長となっている。

PROM ライタは、こうして開発されたソフトウェアを不揮発性メモリに書き込む装置であり、最終

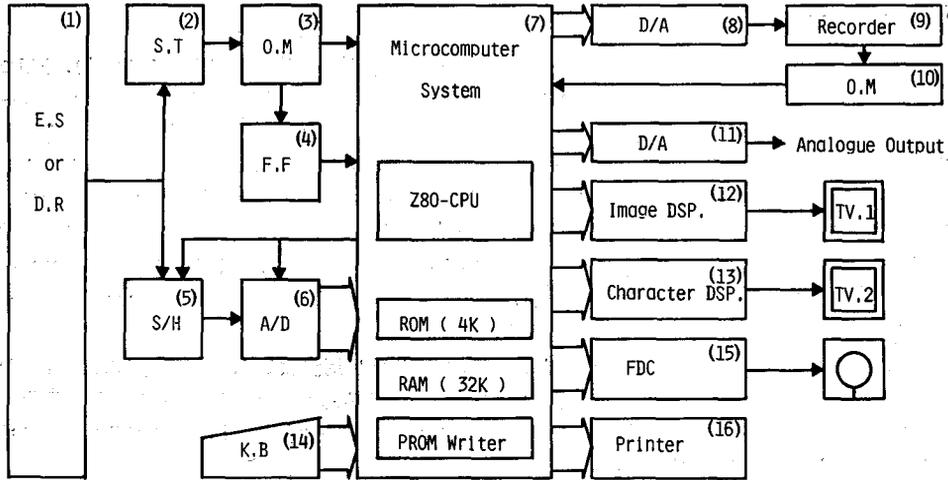


Fig. 3 Hardware block diagram of the signal processing and acquisition system for an echosounder.

- (1) Echo-Sounder or Data Recorder.
- (2) Schmitt Trigger to arrange the waveform.
- (3), (10) Timing circuit using One-shot Multivibrator.
- (4) Flip Flop to identify the frequency.
- (5) Sample and Hold circuit.
- (6) 8-bits Analog to Digital converter.
- (7) Microcomputer system.
- (8), (11) 8-bits Digital to Analog converter.
- (9) Echo-sounder image recorder.
- (12) Electric image display.
- (13) Electric character display.
- (14) Key Board to input the command.
- (15) Floppy Disk Controller and driver.
- (16) Serial dots matrix printer.

的には開発の終えたソフトウェアを PROM に固定し、ワンボードのマイコンに登載することが可能である。

3. 魚探画像出力装置

魚探信号波形のモニターは、1回の掃引でサンプリングされた 256 ワードのデータを D/A 変換しながら連続的に出力し、これを高速に繰り返すと、オシロスコープ上で静止波形として観察することができ、低速で出力すると、ペンレコーダに波形を描かせ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、アドレスカウンタ、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なる (図 4)。リフレッシュメモリは、CPU のそれと共有する 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。

放電記録機への出力は次の様である。記録機は、等速移動する記録紙に対し、放電ペンを走査して放電記録紙を変色させるものであるが、外部から信号を注入する場合、ペンの移動に同期させて信号

を与えてやらねばならない。ペン位置は、カム接点やマグネットとコイルによる電磁誘導によって得ることができ、これからワンショットマルチバイブレータで、同期タイミングを CPU に知らせる。同期信号を受けた CPU は、画像データを連続的に D/A 変換しながら放電ペンに供給して、魚探画像を得る。

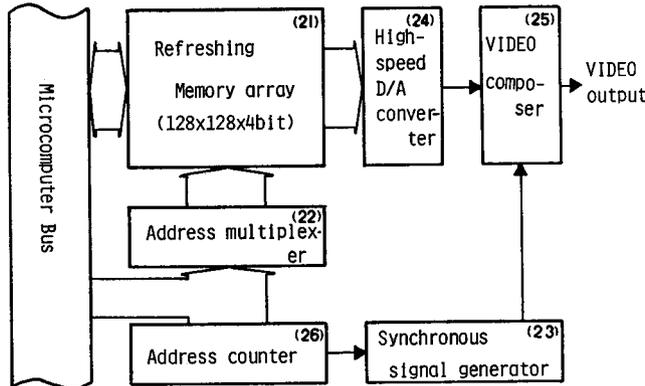


Fig. 4 Hardware block diagram of the image display.

ソフトウェア構成

ソフトウェアは、データサンプリング、定量化、画像処理/表示、信号解析の4ブロックから構成される。

1. データサンプリング

魚探信号のサンプリングの手続は、次の様である(図5)。すなわち信号の立ち上がりから、発振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ビットの平行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。また、サンプリングレートを定める t は、送波パルス幅以下である必要があり、パルス幅 1ms の魚探を用いた場合、最低サンプル周波数 1KHz で水中距離約 200m をカバーすることができる。この t は、CPU のプログラム実行に要する時間を利用して作成している。

2. 魚探信号の定量化

漁獲によらない魚群量推定法として、魚群探知機による資源量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。一般に離散的分布をなす単体魚に対しては、エコーパルスカウント⁷⁾が、密集分布する魚群に対しては、反射信号強度を積算するエコーインテグレートの方法が用いられる。本稿では、本実験で試みたこれらの方法のアルゴリズムについて説明する(図6)。

(1) エコーカウンタ

いま、送波パルス幅を τ 、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 τ に等しく、従って1回の掃引につき連続した τ/t 個の有効サンプルが得られる。さらに、

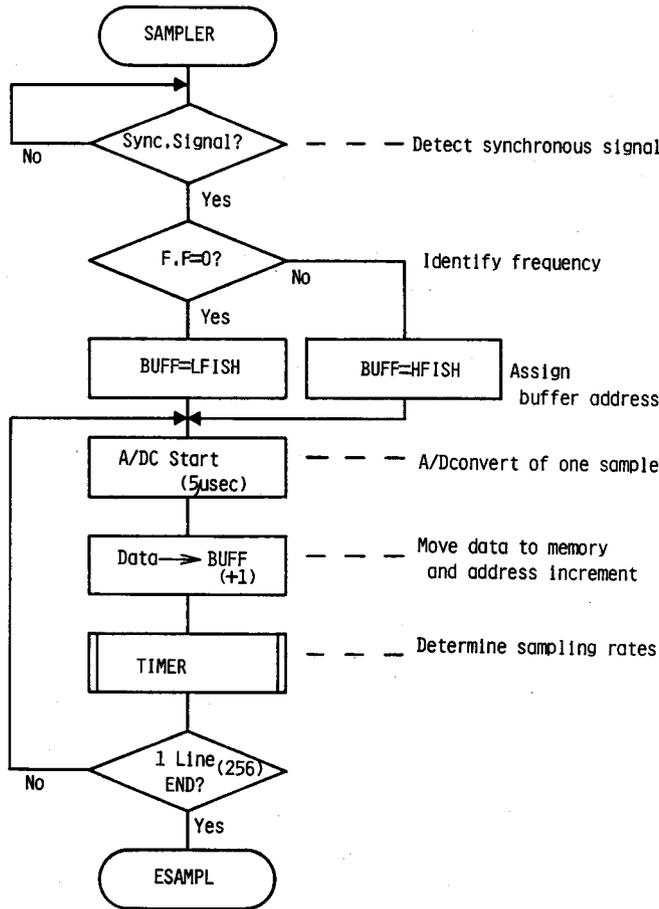


Fig. 5 Flow chart of echo-sounder signal sampling.

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。いま、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、次式によって与えられる。

$$P_c = \frac{2d \sin \phi \cdot f_p \cdot \tau}{V_s \cdot t} \quad (1)$$

(船速 V_s 、魚探機の有効指向角 ϕ 、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、エコー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) エコーインテグレータ

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) とビームがつくる空間をいくつも含むような、連続した分布をなすと考えられる。このような物体を量的に表現する方法として、エコーの信号強度を積算して、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用いても得ることができるが、

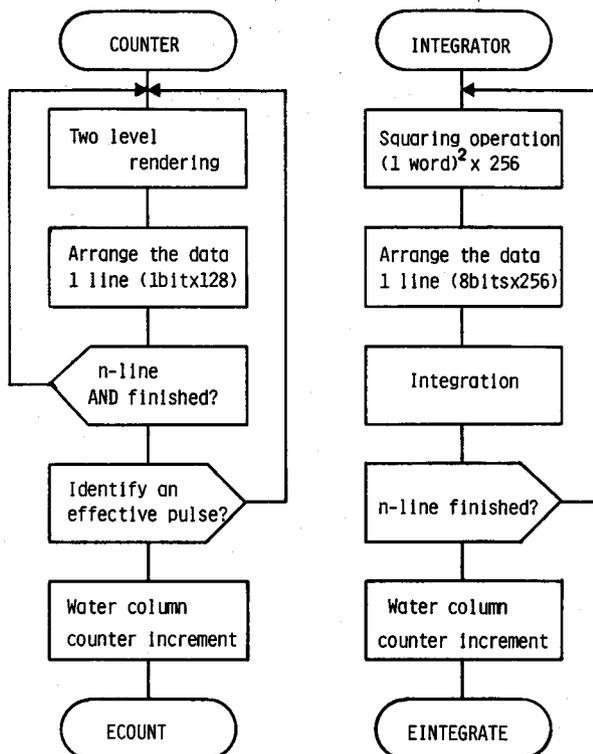


Fig. 6 Flow chart of echo counter and echo integrator.

ここでは、マイクロコンピュータによる8×8ビットの乗算を行っている。すなわち、データエリア内の256個のデータに対して、2乗演算を行い、得られた16ビットのうち、上位8ビットのデータを累積加算する。

3. 信号処理及び魚探画像の表示⁸⁾

魚群探知機は普通、2周波数以上で同時に用いられることが多い。したがって、異なる2周波の魚探信号の特長、相違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測され、周波数反射特性の差異から魚群とプランクトン層、更には魚種の識別ができる可能性がある。ここでは、2信号間で算術演算を行い、その結果を画像データとして、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256×8ビットで格納されているのに対し、ディスプレイの表示は、1ライン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(16レベル)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の緩和と雑音除去を目的とした平滑フィルターを用いた。データ系列 $a_n (n=1, 2, \dots, k)$ に対して施されるこのフィルターは次式で表わされる。

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

また、魚探信号の時間軸（深度方向）の不連続性を強調するのに、1次元微分フィルターを用意した。

$$\begin{cases} a_n = a_n - a_{n-1} \\ a_1 = 0 \quad (n = 1, 2, \dots, k) \end{cases} \quad (3)$$

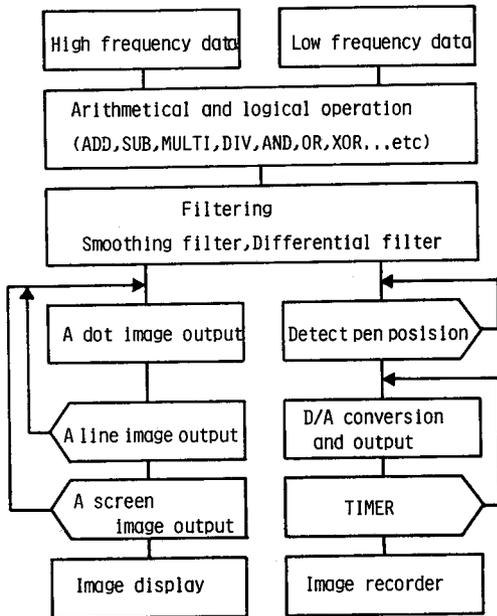


Fig. 7 Software block diagram of the signal processing and the display of the echosounder image.

信号間処理には、加、減、乗、除の四則演算及び、一方の2値化信号で他方をマスクしたり、2値化信号同志による論理演算がある。これらの処理画像データは、イメージディスプレイ、又は放電記録機へ送られるが、イメージディスプレイのリフレッシュメモリは、マイクロコンピュータと共有しているから、これは、メモリへの書き込みで実現される。このために必要なソフトウェアは、(1)1画素輝度情報出力、(2)1ライン出力及び改行、(3)画面オーバーフロー時のスクローリング、からなる。すなわち魚探画像はディスプレイ上の左から右へ、上から下へと表示され、画面一杯になると画面全体が上へシフトする。

放電記録機への出力は、放電ペンに同期させて、アナログ電圧を加えることであり、(1)放電ペン位置検出、(2)D/A変換、(3)時間待ちタイマー、からなる(図7)。

4. 信号解析

魚探信号の統計的特性を明らかにすることは、今後、最適な信号処理方法を決定したり、魚探信号の定量化の際に重要になってくる。本実験では信号特性を表わすものとして、(1)波高分析、(2)パルス幅分析、(3)周波数分析、を試みた。波高分析では、全サンプル数における、信号振幅の確率分布を求め、パルス幅分析では、信号振幅のピーク値の75%を満す幅の分布を求めた。周波数分析においては、フーリエ変換による、パワースペクトルを求めるが、この計算は、高速フーリエ変換(FFT)アルゴリズム⁹⁾¹⁰⁾によった。

いま、時間関数 $X(t)$ のフーリエ変換 $F(f)$ は

$$F(f) = \int_{-\infty}^{\infty} X(t) \exp(-j2\pi ft) dt \quad (4)$$

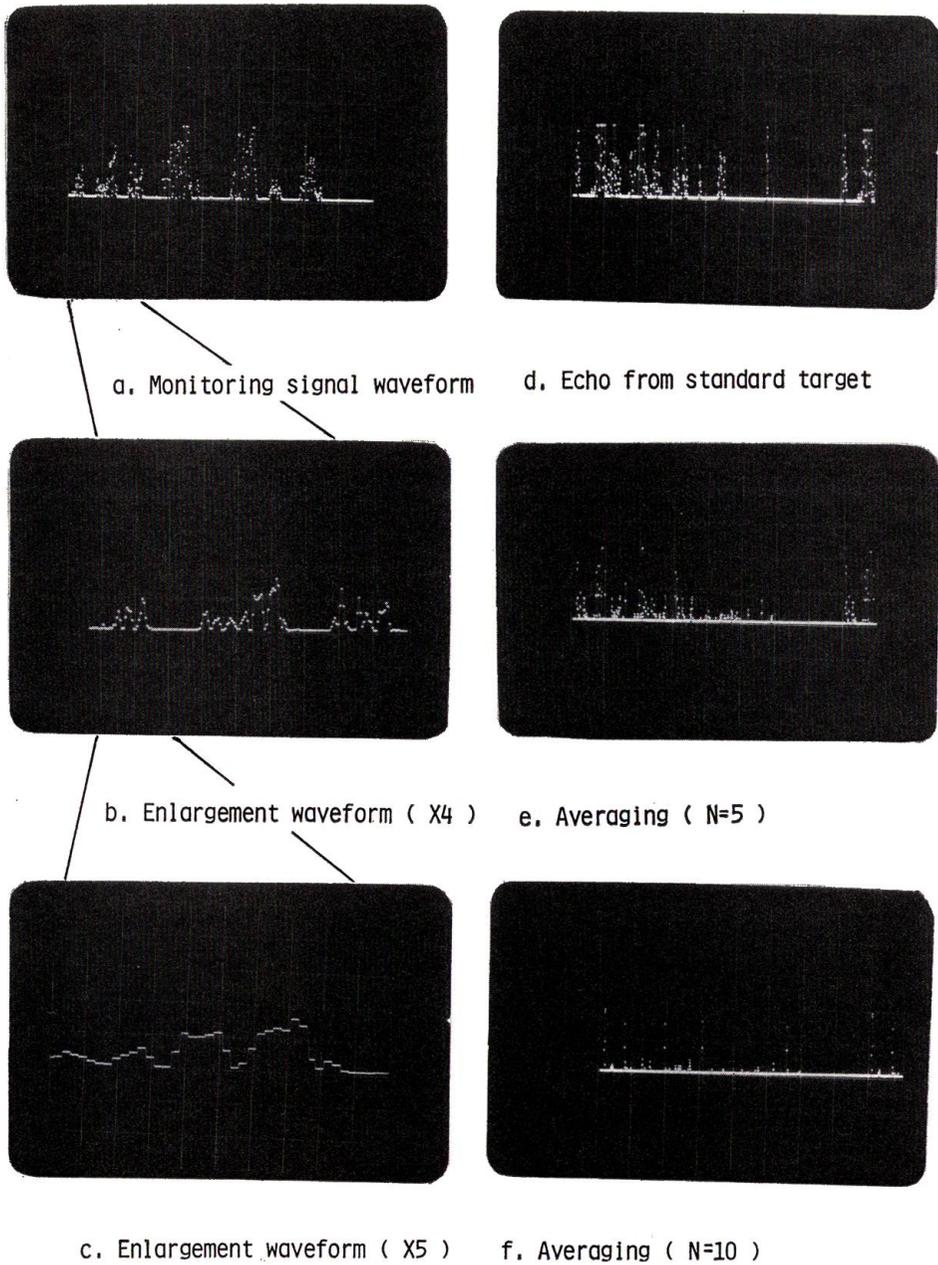


Fig. 8 Monitoring echo signal waveform from some artificial targets in water tank experiment.

で定義される。これをデジタル処理するために、有限離散データ $X_{(p)}$ に対して、離散的フーリエ変換 (DFT) が次式で与えられる。

$$F_{(k)} = \sum_{p=0}^{N-1} X_{(p)} \exp\left(-j \frac{2\pi pk}{N}\right) \quad (5)$$

$X_{(p)}$ ($p=0, 1, 2, \dots, N-1$) は時間軸上の N 個のデータ、 $F_{(k)}$ ($k=1, 2, \dots, N-1$) はフーリエ係数である。

式5を実数部と虚数部に分けて

$$\begin{cases} F_{(k)} = R_{(k)} + jJ_{(k)} \\ R_{(k)} = \sum_{p=0}^{N-1} X_{(p)} \cos(2\pi pk/N) \\ J_{(k)} = \sum_{p=0}^{N-1} -X_{(p)} \sin(2\pi pk/N) \end{cases} \quad (6)$$

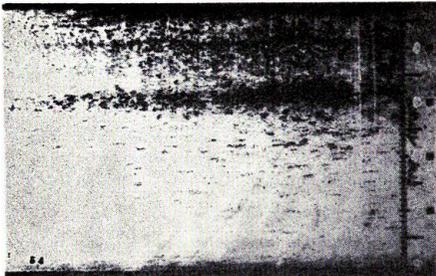


Fig. 9. a Echogram of 24 KHz obtained at FUNKA BAY, August 19, 1978.

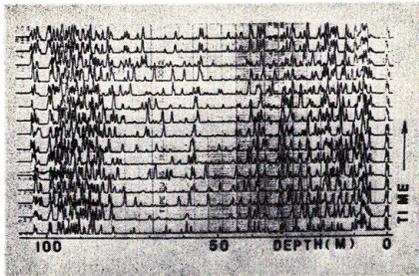


Fig. 9. b 3-dimensional indication of echo signals.

FISH FINDER SIGNAL PROCESSING		
DEPTH	COUNT	INTEGRATE
01	0005	0031
02	0010	0018
03	0011	0016
04	0003	0003
05	0007	0010
06	0009	0009
07	0002	0003
08	0010	0020
SUM	0057	0118

Fig. 9. c Display format of quantified echo signals.

パワースペクトル $P_{(k)}$ は、これらフーリエ係数の絶対値の2乗として求まる。

$$P_{(k)} = R_{(k)}^2 + J_{(k)}^2 \quad (7)$$

本実験では、時間関数である魚探信号のサンプル値系列 $X_{(p)}$ ($p=0, 1, 2, \dots, 255$) のDFTをFFTアルゴリズムにより計算した。なお、パワースペクトル表示に際し、時間窓にはハンギングウィンドウを用い、最大値で正規化し、さらに対数表示している。

実験と考察

1. 水槽実験

魚探信号のサンプリング、および定量化実験を、実験水槽で行った。標的として、数個の超音波反射実験用標準鉄球 (38 mm ϕ) を用い、その位置を変えて、信号波形を観察した。サンプリングされた魚探信号波形と、同期加算による信号抽出の効果を示す (図8)。図中 a, b, c はサンプルデータのモニタ波形とその拡大波形で、高速でスキヤニングしているのでオシロスコープ上で静止波形として観察されるものである。d は水槽内の数個の鉄球から得られた反射信号波形で、未処理のものである。e, f はこれを同期加算して S/N の改善を計った例である。なお、実験に用いた魚探機は、周波数 70 K Hz, パルス幅 1 ms のものである。

2. 魚探信号の定量化

海上実験で得られた魚探信号をサンプリン

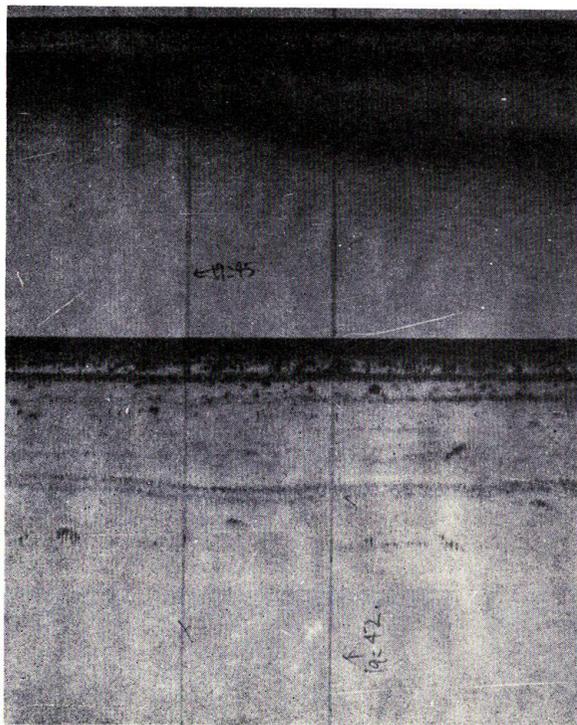


Fig. 10. a 2-band simultaneous echogram obtained at FUNKA BAY, June 11, 1979. Upper is 200 KHz, lower is 24 KHz record. Central two vertical lines are time marks. Range is 100 m max each.

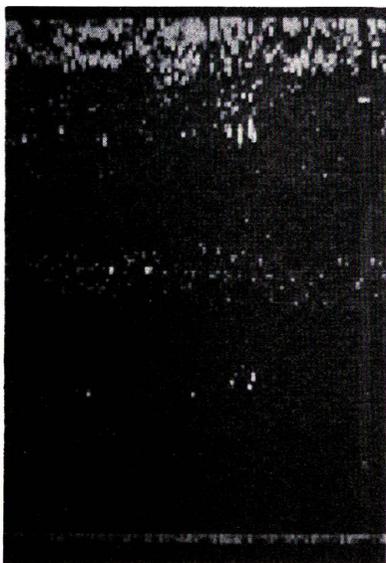


Fig. 10. b Image display of 24 KHz original data. Vertical discontinuous line means time mark at 19:45.

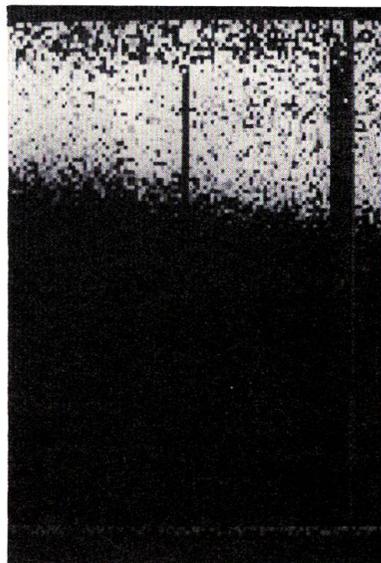


Fig. 10. c Image display of 200 KHz original data.



Fig. 10. d Processed image of 24 KHz, using an averaging filter.

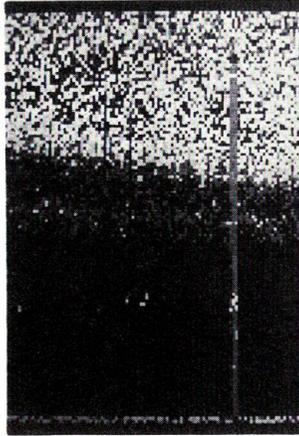


Fig. 10. e Sum image of 24 KHz and 200 KHz.

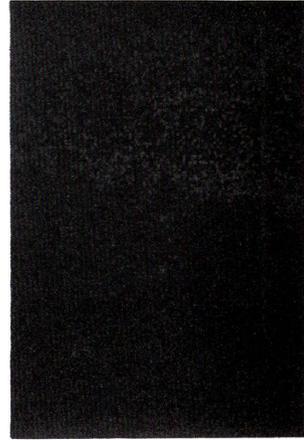


Fig. 10. f Remainder image of 24 KHz and 200 KHz.



Fig. 10. g AND processed image of 24 KHz and 200 KHz.



Fig. 10. h XOR processed image of 24 KHz and 200 KHz.

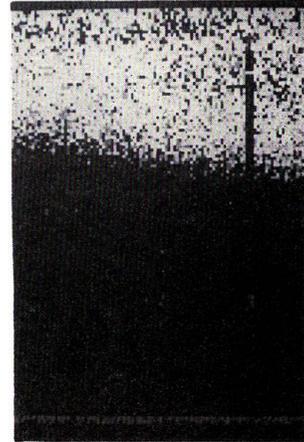


Fig. 10. i OR processed image of 24 KHz and 200 KHz.

グし、本装置を用いて、定量化を試みた。図9. aは1978年8月19日、北海道噴火湾で得られた24 KHzの魚探記録である。この時の信号波形列を3次的に表示し(図9. b), さらに定量化処理後の結果を図9. cに示す。図中“DEPTH”は、水深を8層に分割した水深帯を表わし、それぞれについて、計数値“COUNT”とインテグレート指数“INTEGRATE”を示し、最下欄にはそれぞれの全層の総計“SUM”を表示した。

3. 2周波信号処理による魚探画像の表示

データは、1979年6月11日、同噴火湾で得られた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時45分頃で、日没後約1時間

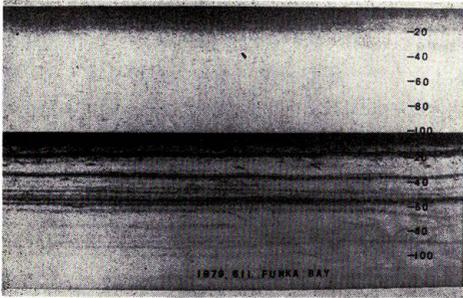


Fig. 11. a 2-band simultaneous echogram obtained at FUNKA BAY, June 12, 1979. Upper is 200 KHz, lower is 24 KHz record.

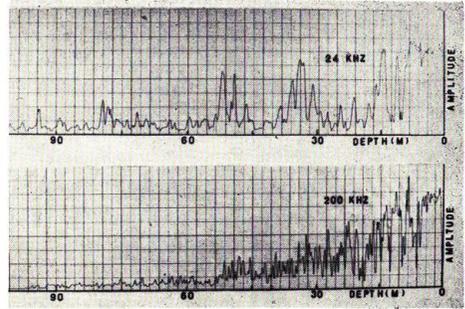


Fig. 11. b Enlargement echo signal waveform of 24 KHz and 200 KHz. Right edge corresponds to sea surface.

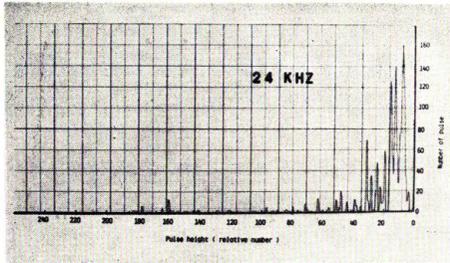


Fig. 11. c Pulse height distribution of 24 KHz.

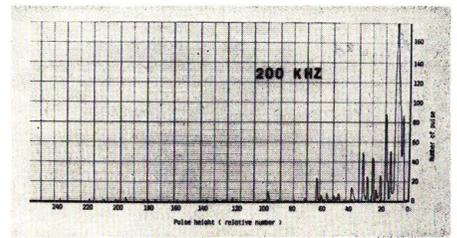


Fig. 11. d Pulse height distribution of 200 KHz.

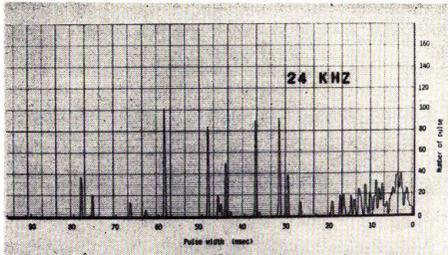


Fig. 11. e Pulse width distribution of 24 KHz.

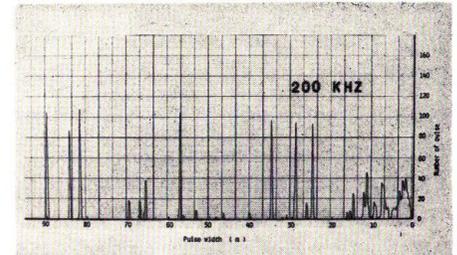


Fig. 11. f Pulse width distribution of 200 KHz.

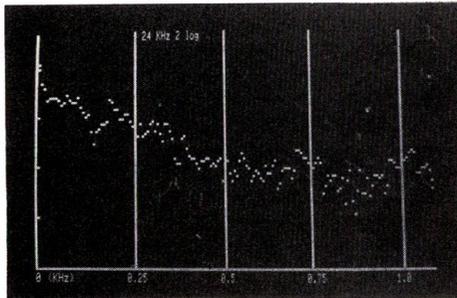


Fig. 11. g Power spectrum of 24 KHz signals. (20 dB per a scale)

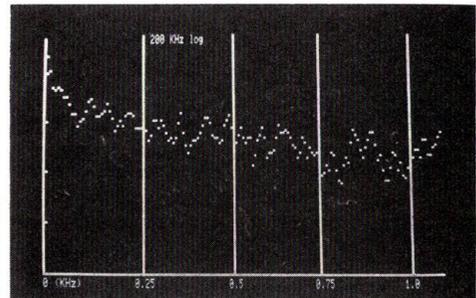


Fig. 11. h Power spectrum of 200 KHz signals. (20 dB per a scale)

経過しており、200 KHz の記録では、プランクトン等による生物的超音波散乱層が上昇してくるのが認められるのに対し、24 KHz 画像にはこの散乱層の上昇が一向に認められない。これは、散乱層の反射損失の周波数による差異によるものと考えられる。そこで、両信号間で種々の演算を行うと、興味深い結果が得られる。図 10. b, c は、それぞれ 24 KHz と 200 KHz の元画像である。右部の縦の不連続線は 19 時 45 分のマーカーを示す。24 KHz の信号に平滑フィルターをかけたものが図 10. d である。また、算術演算による和画像 (図 10. e)、差画像 (図 10. f) 及び論理演算による、AND 画像 (図 10. g)、XOR (exclusive OR) 画像 (図 10. h) そして OR 画像 (図 10. i) を示す。AND 処理による単体像の抽出および、差画像による、上昇中の散乱層の分離が認められた。

4. 信号解析

1979 年 6 月、「うしお丸」による噴火湾の漁場調査で得られた魚探記録を図 11. a に示す。この時収録した魚探信号の波形解析を行った。図 11. b は、24 KHz 及び 200 KHz の信号波形を拡大表示したものである。さらに、図 11. c, d は、両信号の波高分析結果を、図 11. e, f はパルス幅分析の結果を示している。振幅分布については、いずれも小振幅に集中しており、予想された結果であった。パルス幅分析においては、5 ms 以下では 200 KHz の方が 24 KHz よりも、平均して小さいことが確認された。また、両者とも、20~80 ms の範囲に、突発的な著しいピークが認められるが、これらが何を意味するのか不明であり、現在検討中である。

フーリエ変換によるパワースペクトルを図 11. g, h に示す。スペクトルは、その最大値で正規化したあと、対数表示している。縦軸は 1 目盛約 20 dB に相当し、搬送周波数を中心に、写真に示すような分布をしていると考えられる。中心周波数から、0.5 KHz も離れると、スペクトルは 20 dB 以上減衰するが、減衰は、かなりなだらかで、信号に含まれる周波数成分が数 KHz 以上になることを示唆している。この傾向は、200 KHz において、より大きく、サンプリングレートを決定する際の目安になるかも知れない。

む す び

著者らは、魚群探知機による、魚群量の推定を行う上で不可欠な、信号処理、及び波形解析のための、魚探信号の収録・処理装置を試作した。

本装置は、従来、視覚やアナログ解析が主だった魚探信号を、信号レベルで解析し、リアルタイムのデジタル処理を可能にするものである。

そして、これを用いて、実際に魚探信号を収録し、定量化処理、信号・画像処理、及び波形解析を行い、有効な結果を得、今後の研究の基礎とした。

今後は、数多くの魚探信号の解析を行い、その統計的特性を明らかにし、魚像抽出のための最適化フィルターの設計を行うことや、さらに数多くの漁獲実験を平行して行い、定量化の精度向上を計ることが、残された課題である。

文 献

- 1) 飯田浩二・青木由直 (1978). マイクロコンピュータの魚群探知機への応用. 電気四学会北海道支部連合大会講演論文集 185.
- 2) 飯田浩二・青木由直 (1979). 同上. 電子通信学会総合全国大会講演論文集 2326.
- 3) 飯田浩二・青木由直 (1979). マイクロコンピュータの魚群探知機への応用 (2) 多周波信号の合成処理について. 電気四学会北海道支部連合大会講演論文集 199.
- 4) 飯田浩二・鈴木恒由 (1979). 魚群探知機の信号処理に関する研究-I 信号処理システムと処理画像例. 水産学会秋期大会講演要旨集 117.

飯田・鈴木：魚探信号の定量化 I. 信号収録

- 5) 飯田浩二・青木由直 (1980). マイコンによる魚探機信号の収録及び表示. 電気学会全国大会講演論文集 1237.
- 6) 青木由直・飯田浩二 (1980). 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. 北大工学部研究報告 98, 51-63.
- 7) Ishii, T. (1976). Studies on counting the echo pattern of individual fish by pattern analysis method-I Total system and hard wear. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 42, 251-264.
- 8) 尾上守夫ほか (1979). 画像処理. p.1783-1797. 電子通信ハンドブック. 電子通信学会編, オーム社, 東京
- 9) 城戸健一ほか (1978). デジタル信号処理. 6版. 270 p. 電子通信学会, 東京
- 10) 日野幹雄 (1977). スペクトル解析. 初版. 300 p. 朝倉書店, 東京