



Title	サケ・マスの遠隔自動計測システムの開発に関する研究
Author(s)	佐野, 典達; Sano, Noritatsu; 見上, 隆克 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 36(3), 114-130
Issue Date	1985-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23881
Type	departmental bulletin paper
File Information	36(3)_P114-130.pdf



サケ・マスの遠隔自動計測システムの開発に関する研究*

佐野 典達**・見上 隆克***・浅野 一彦****・
秋葉 芳雄*****・安間 元*****

Study for Development of an Acoustic Telemetry
System for Salmon

Noritatsu SANO**, Takayoshi MIKAMI***, Kazuhiko ASANO****,
Yoshio AKIBA***** and Gen ANMA*****

Abstract

The assessment of fish stocks is of obvious importance of all segments of the fishing industry in planning their respective operations. We propose a buoy-shore telemetry to be used in making these assessments. We considered an acoustic telemetry technique and measured the pulses of the salmon echo. The buoy contains an acoustic telemetry system which gathers fish count and depth distribution data, a logic system which processes and stores this data, and a telemetry system which sends data to the monitoring station.

The acoustic system operates at 50 KHz with a pulse length of 0.5 milliseconds and samples the population at one minute intervals. The transducer used was specially adapted for the method of frequency diversity, having 30 degrees of effective beam angle and the number of transmissions of ultrasound waves per minute was 100. The recording range of the acoustic system was 50 meters from the transducer, time varied gain was 40 log R and the forward speed of recording paper per minute was 20 millimeters or more. Acoustic source level and TVG receiver sensitivity were adjusted for the average size salmon. In this configuration, the buoy will operate continuously for three days before battery recharging is necessary.

The monitor station system consists of a telemetry receiver, a display with color echo sounder, an analogue tape recorder, data synchronized by integrator, and a printer. Data from the buoy can be received and processed at the monitoring station. Real-time readout is provided by the printer. The floppy disk provides data storage for later computer analysis. We wish to report on the acoustic device which after various tests has been found to furnish nearly satisfactory results concerning its simplicity of operation and accuracy.

-
- * 本研究は文部省科学研究費補助金によった。
 - ** 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*)
 - *** 北海道大学水産学部漁業機械学講座
(*Laboratory of Mechanical Engineering for Fishing, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)
 - **** 北海道大学水産学部漁船工学講座
(*Laboratory of Engineering of Fishing Boat, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)
 - ***** 北海道大学水産学部海洋学・気象学講座
(*Laboratory of Oceanography and Meteorology, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)
 - ***** 北海道大学水産学部附属練習船おしほ丸
(*Training Ship "Oshoro Maru", Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)

結 言

サケ・マスの人工ふ化放流事業によって、近年沿岸海域におけるサケ・マス漁獲量と河川に遡上する親魚数も増加している。しかし、沿岸に回帰したサケ・マスの資源量を迅速かつ正確に把握し、サケ・マス漁業を科学的に管理する方法は、いまだ確立されていない。

その一方法として、特殊ソナーを使用して、母川沖合に回帰したサケ・マスの親魚数を自動的に計測し、実時間で漁況を判断し、資源現存量を的確に推定することができるシステムを開発することが必要とされている。

著者らは、河川に遡上するサケ・マスの親魚数を高精度で把握するために、計数装置を試作し、屋内基礎実験および野外実験によって、試用に供し得ることを確かめ報告した¹⁾。今回の研究では、前実験結果をさらに発展させサケ・マスの漁況情報、資源現存量を時空間的に陸上で計測できる遠隔自動計測システムを開発し、サケ・マス沿岸漁業の科学的管理のために実用化することを目的とする。これによって、的確な漁況判断と漁獲量の適正化、漁業監視を含む合理的な漁業管理や来遊資源量などの予測が速やかにできることが期待される。

本研究を進めるにあたって御指導と御助言をいただいた本学部鈴木恒由教授に深甚の謝意を表す。現場でのシステム設置や実験に際し、茂辺地漁業協同組合参事、竹内信一氏外職員各位、第三大洋丸船主、森岩太郎氏の絶大な協力を頂いた。また、同システムの開発・改造には日本無線株式会社研究所沖野陸郎・河口真一郎両氏ならびに同社超音波部および函館駐在所の各位に多大な協力を得た。さらに、海上実験には本学部研究生島田裕之君、大学院生山本充君の協力を得たので、上記の方々に深謝する次第である。

理論的解析

音源から送波された音波は、音波の伝搬速度で外方向に伝搬する。

この音波の強さ I は、次式で与えられる。

$$I = \frac{\bar{P}^2}{\rho C} \quad (1)$$

ここで、 P は音圧の瞬時値、 ρ は流体密度、 C は音波の伝搬速度である。

トランスジューサからパルス状の超音波が発射され、単一標的で反射したエコー・パルス波は歪んだ信号波形となるが、その強さ E は

$$E = \int_0^{\infty} I dt = \frac{1}{\rho C} \int_0^{\infty} \bar{P}^2 dt \quad (2)$$

で表わされる。

ここで、積分時間をパルス状超音波の持続時間とすると

$$E = \frac{1}{\rho C} \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \bar{P}^2 dt \right]^{1/2} \quad (3)$$

となる。

(3)式の t は、超音波の伝搬距離に相当し、この E を標的 1 個と計数する。また、標的強度 TS は次式で定義される。

$$TS = 20 \log(P_0/P_i) = 10 \log(I_0/I_i) \quad (\text{dB}) \quad (4)$$

ここで

P_i : 標的への入射波音圧

P_o : 標的から距離 1 m の点における反射波音圧

である。

従って、 E が検出閾値以上のレベルであればソナー方程式から、標的強度 TS は、次式で与えられる。

$$TS = E_0 - EG - SL + (40 \log R + 2\alpha R) - 10 \log \frac{C\tau}{2} - 10 \log \Psi \quad (\text{dB}) \quad (5)$$

ここで $E_0 = 10 \log I_0$: 受波レベル

$SL = 10 \log I_i$: 送波レベル

R : トランスジューサから標的までの距離

$EG = 20 \log G$: 感度レベル

G : 受波感度

$TVG = 40 \log R + 2\alpha R$: 距離拡散と吸収減衰

$\alpha = \beta \log_{10} e$: 吸収減衰係数

β : 海水の吸収減衰係数

τ : パルス幅

Ψ : 指向角 (指向角特性 θ, ϕ より求める)

音源から距離 R_i に標的 F が 1 個あれば、そのときのエコー・パルス数 n_1 は

$$n_1 = E \cdot R_i = TS \cdot R_i = F_1 \quad (6)$$

となり、コンピュータでは、標的 1 個と計数する。

次に、水深が $R_i = 1$ から $R_i = j$ までに、複数個 s の標的 F が存在すれば

$$n_s = \sum_{i=1}^j E \cdot R_i = \sum_{i=1}^j TS \cdot R_i = F_s \quad (7)$$

となり、コンピュータでは、標的 s 個と計数する。もし、同一水深に L 個標的が存在すれば、そのときの標的強度は次式となる。

$$TS_L = TS + 10 \log L \quad (\text{dB}) \quad (8)$$

(8) 式で求めた TS_L は、コンピュータで補正して標的数 F_L 個と計数する。

トランスジューサから 1 分間に A 回送信パルスが発射され、1 分間を基準として計数すると、(6) 式の条件のときは (9) 式となる。

$$An_1 = A \cdot E \cdot R_i = A \cdot TS \cdot R_i = F_1 \quad (9)$$

ここに、エコー・パルス数は An_1 であるがコンピュータでは標的数を F_1 個と計数する。標的が超音波指向角内に停止していると、エコー・パルス数は An_1 となるが、標的が移動するときはエコー・パルス数 $A'n_1$ は

$$An_1 \geq A'n_1$$

の関係が成立する。

次に、(7) 式の条件のときに A 回の送信パルスが入射すると、標的数 F_s は次式で与えられる。

$$F_s = A \sum_{i=1}^j (E \cdot R_i) = A \sum_{i=1}^j (TS \cdot R_i) \quad (10)$$

標的が移動すると $A \geq A'$ となり

$$F_s = A' \sum_{i=1}^j (E \cdot R_i) = A' \sum_{i=1}^j (TS \cdot R_i) \quad (11)$$

(10), (11) 式の = 記号は、コンピュータが右辺の計算を行い左辺に代入すると云う意味である。

従って、(8) 式からパルス数 n と相対電圧値 V との間には相関関係があり、その係数を K とすれば

$$K = V/n \quad (12)$$

と表わされ、標的数は次式から求められる。

$$F_L = KF_1 \quad (13)$$

(13)式から単位時間当りの標的数をコンピュータで補正し演算する。任意の測定時間に超音波指向角内を通過した標的数を F_t とすれば

$$F_t = \sum_{t=1}^i \sum_{i=1}^j (F_{st} + F_{Lt}) R_i \quad (14)$$

上式で標的数は求められる。

遠隔自動計測システムの機構

このシステムは、沿岸に回帰来遊したサケを時空間的に陸上で監視しながら、サケ個体数を計測するもので、図1が完成したシステムの系統図である。次に各部の概要を説明する。

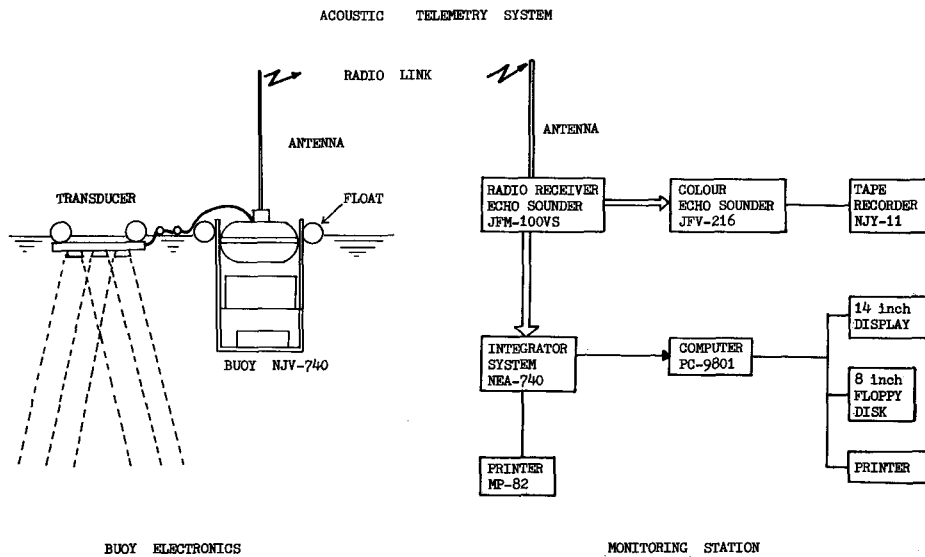


Fig. 1. Block diagram of acoustic telemetry system for salmon.

送受波器装置

超音波用送受波器の特徴は、周波数ダイバーシチ方式を採用し、エコー信号の振幅変動を約6 dB以内に抑制した点である。この方式は、45, 50, 55 KHzの3周波数の超音波を、チタン酸バリウム振動子の送波器から同時に送波し、魚体で反射したエコーを受波する受波器をモノスタティック方式で用い、3個の振動子を直径33 cmの浮子4個で海表面に浮上装備した。また、送受波器には、ゴムモールドした外径11 mm、長さ30 mのキャプタイヤケーブルが接続されている。送受波器とケーブルの空中重量は12 kgで、ケーブルの片方は、ブイ本体に連結される。図2は送受波器の構造と寸法を示し、図3はその概観を示す。

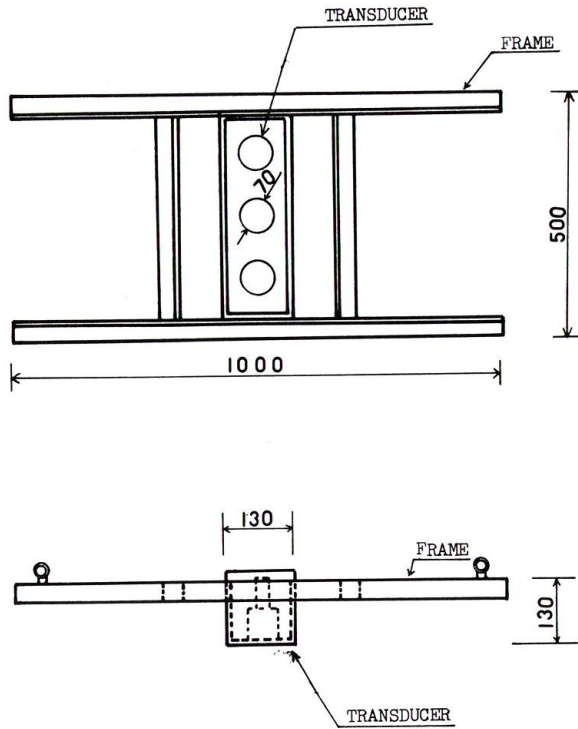


Fig. 2. Configuration of the frequency diversity transducer.

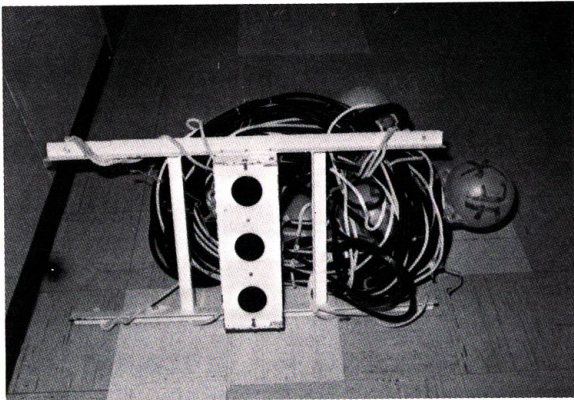


Fig. 3. View of frequency diversity transducer.



Fig. 4. View of buoy.

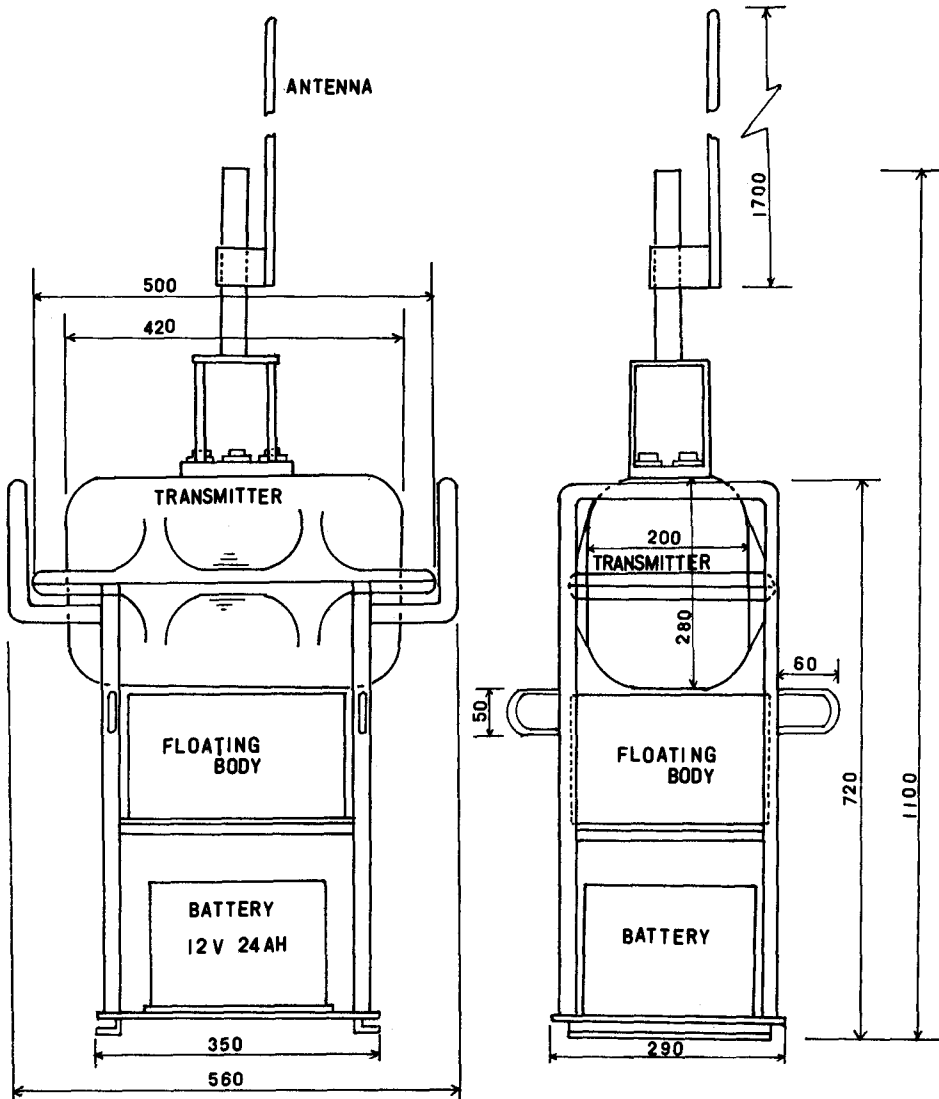


Fig. 5. Configuration of buoy.

ブイ装置

ブイ本体は、FRP（強化プラスチック）で製作し、他に浮体および錘りの役目を兼ねた電源部の3つの部分から構成される。ブイには、超音波送受信装置、信号変換装置、無線用送受信装置、アンテナおよび電源を装備した。図4はブイの概観を示し、図5には構造と寸法を示す。ブイには、 $40 \log R$ と $20 \log R$ (R : 距離) を切換え選択できる TVG 回路を付加し、さらにブイを海上に設置する場合に、直径 24 cm の浮子 4 個を取付けて浮力を増加させた。また、ブイ本体は空中重量 35 kg で可搬型である。ブイにはソナー信号のモニターが可能な装置を設置し、発振回数

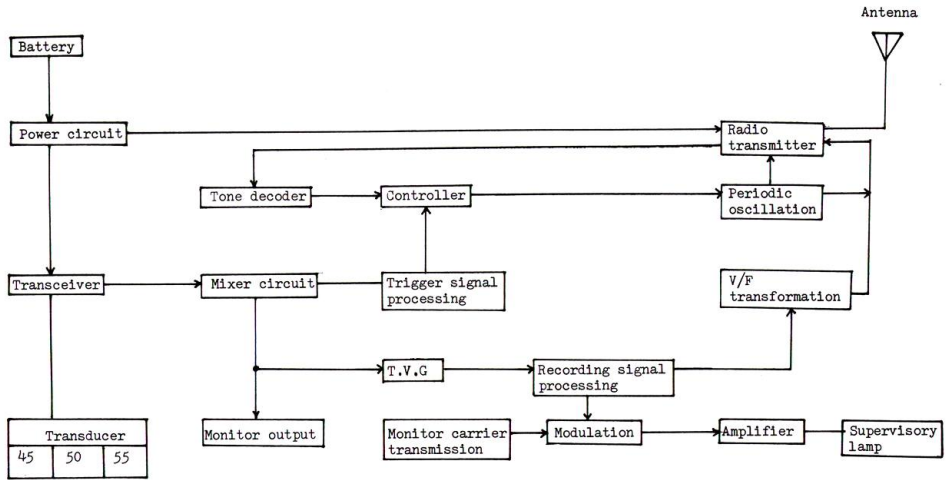


Fig. 6. Block diagram of buoy electronics.



Fig. 7. View of acoustic telemetry system for salmon.

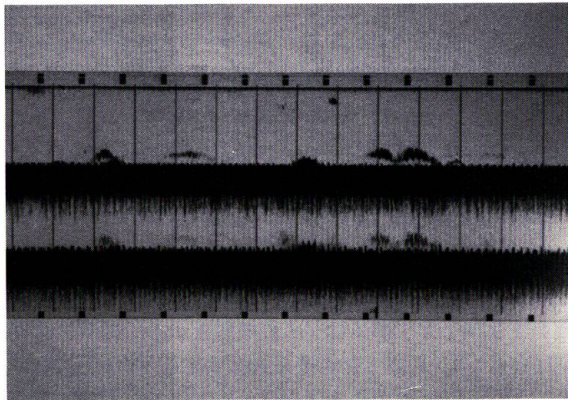


Fig. 8. Photograph of an echogram taken by the radio receiving recorder.

も切換で毎分 100 回と 200 回が選択でき、パルス幅も 0.5 と 1.0 msec が切換えで選択可能である。

図 6 にはブイ本体に設置したブイ局のブロック・ダイアグラムを示す。

ブイ局は超音波受信信号を 40.68 MHz, 0.1 W の電波に FM 変調し、陸上の監視局に伝送する無線送信装置を内蔵する。

監視局

監視局はブイ局から送信される電波を受信し、サケ・マスに関する情報を検出し記録する装置と、さらに受信信号を AD 変換し演算する積分装置、および演算結果を表示するプリンタから構成される。

また、監視局からブイ局を呼び出し作動させるトランスポンダ方式も併設してある。図 7 に監視所に配置した遠隔自動計測システムの概観を示す。

無線受信記録機

受信記録機は、ブイ局の無線発信装置からのエコー信号を受信復調し、さらにデジタル処理によりズーム機能を通して記録表示し、積分演算器へ信号を伝送する。受信記録機の記録例を図 8 に示す。

積分演算装置

積分演算装置には、受信記録機からのデジタル信号が入力され、演算処理後水深ごと、経過時間ごとに自動計測する。表 1 には積分演算装置の出力信号をプリンタで印字させた記録例を示す。

最初の No. は 1 m ごと水深を示し、第 1 項 (3 行を含む) は 1 分間・単位体積当たりの平均体積後方散乱強度 SV (dB)、第 2 項は 1 分間・単位体積当たりのサケに換算した個体数を示す。第 3 項は各水深 1 m・1 分間当たりの標的強度の平均値 (dB)、第 4 項は各水深 1 m・1 分間当たりのエコー・パルス数、第 5 項は各水深 1 m・1 分間当たりのエコー・パルス数の相対電圧値で、これら 5 項目をプリンタで印字させた。

直接監視装置

無線受信記録機からのエコー信号を直接監視するため、カラー魚探記録機を監視装置として用い、その記録用として磁気テープレコーダを接続した。

カラー魚探は、エコーの強弱を 16 階調の色差で CRT 上に表示し、さらに、部分拡大、バリレン拡大、海底基準拡大、海底自動追尾の機能を備え、ソフト、映像範囲の拡大・縮小が自由自在で、また、倍速画像送りも可能であり、遠隔自動計測システムのモニターとして最適である。この直接監視装置で記録した例を図 9 に示す。

コンピュータ

監視局において積分演算装置からの出力信号をコンピュータ (PC-9801) を用いフロッピーディスクにセーブする。また、サケ個体数の計数には、こ

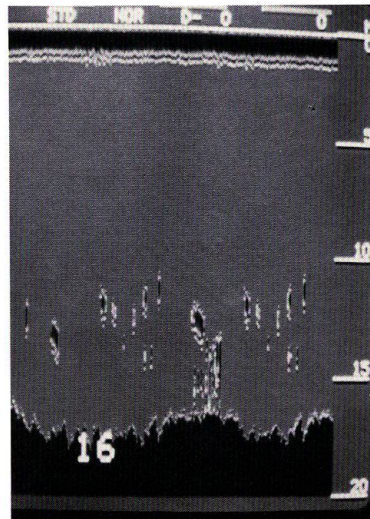


Fig. 9. Photograph taken by color CRT showing echo pulses of salmon.

Table 1. Results as recorded by the integrator of the acoustic telemetry system for salmon.

START

YEAR 1983.11.18
 TIME 10:02
 TARGET STRENGTH (-DB) 40
 SOURCE LEVEL (DB) 99
 DEPTH (METER) 30
 RANGE (METER) 50
 THRESHOLD LEVEL 01
 PRINT INTERVAL (MINUTE) 01
 SOUND VELOCITY (M/S) 1501
 TVG 40

TIME	NO 1	NO 2	NO 3	NO 4	NO 5	NO 6	NO 7	NO 8	NO 9	NO 10
10:15	-30.8	-33.9	-99.0	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9
	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-30.6	-27.9	-27.9
	-30.8	-27.9	-27.9	-28.6	-29.3	-33.9	-38.8	-40.2	-99.9	-99.9
	8.1	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	15.8	15.8
	8.1	15.8	15.8	13.4	11.4	3.9	1.2	0.0	0.0	0.0
	-43.0	-39.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9
	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-49.2	-34.4	-31.2	-31.2
	-34.0	-31.2	-31.2	-32.3	-32.3	-37.0	-42.8	-43.5	-47.9	-99.9
	74.0	74.0	49.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	38.0	73.0	74.0	74.0
	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	72.0	63.0
	89.2	87.5	18.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	11.8	0.4	5.0	5.0
	93.7	5.0	5.0	98.5	63.3	38.8	30.2	23.4	15.6	9.3
10:16	-33.9	-40.2	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9
	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-28.6	-27.9	-27.9
	-33.9	-27.9	-27.9	-28.6	-30.8	-35.3	-38.8	-40.2	-99.9	-99.9
	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	15.8	15.8
	3.9	15.8	15.8	13.4	8.1	2.8	1.2	0.0	0.0	0.0
	-45.8	-48.6	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9
	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-32.2	-31.2	-31.2
	-36.8	-31.2	-31.2	-32.4	-34.4	-38.9	-48.3	-49.0	-63.3	-65.5
	74.0	43.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	74.0	74.0	74.0
	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	61.0	34.0
	52.5	9.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	3.2	5.0	5.0
	52.5	5.0	5.0	3.1	89.3	63.2	37.5	25.4	12.8	3.8

のコンピュータを用いフロッピディスクからデータを呼び出し、演算処理後プリンタで印字する。

海上実験

海上設置

遠隔自動計測システムのブイ局は、図10に示すように、茂辺地川沖に設置されている定置網より約200m沖、監視局より3km離れたF点に送受波器とブイ本体を接続し、それを8kgの錨に12mmのナイロクロスロープ50mを接続したアンカーロープ3本を用い、Y字型に固定した。キャップタイヤケーブルおよびロープなどが送受波器の下に入らないよう浮子を用いて、海面に浮くようにした。図11はブイ局をサケ漁場に設置した状況を示す。

海上基礎実験

遠隔自動計測システムが設計どおり作動しているかを確認するための基礎実験として、1983年10月19日、サケ定置網の運動場に送受波器を設置し、午後3時の網起し直前までの約3時間、同システムによるサケ個体数の計測を行なった。この結果を網起し後の漁獲量と比較したところ、漁獲量15尾、計測数16尾と非常に良く一致した。図12は定置網内に送受波器を設置したときの

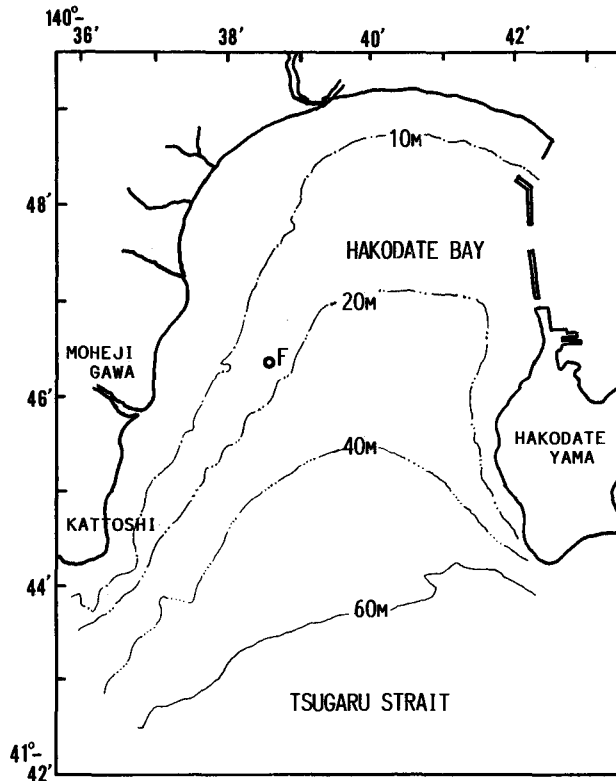


Fig. 10. Test (F) position of acoustic telemetry system for monitoring Hakodate Bay salmon.



Fig. 11. View of buoy station on salmon ground.



Fig. 12. Setup of the transducer for experimental measurement of salmon in a fixed shore net.

実験状況を示す。

サケ個体数の計測情報処理

ブイ局の送受波器は、ゴムモールド型チタン酸バリウム振動子で、指向半減全角 30° 、パルス幅 0.5 msec、発振回数毎分 100 回で 3 周波数を同時発信および受信させ、電源は密閉型鉛蓄電池 12 V, 24 AH を使用した。

監視局の記録装置は、記録範囲 0~50 m, 0~100 m の 2 段階切換えて、150 mm 幅の乾式記録紙上にサケ・マスのエコーを記録させた。積分装置は、1 分間隔で水深 1 m 毎に 50 層に分けて積分演算できるようにした。

取得した計測情報は、a) 魚群の場合、単位体積当たりの体積後方散乱強度 (dB)、単位体積当たりの個体数、b) 単体魚の場合、パルス・カウント方式による水深 1 m 当たり 1 分毎の平均標的強度 (dB)、同エコー・パルス数およびその相対電圧値を記録紙上に印字した。

さらに、コンピュータ (PC-9801) を使用し、プリンタに印字した上記 5 項目のデータをフロッ

83/11/19 10.30-10.59

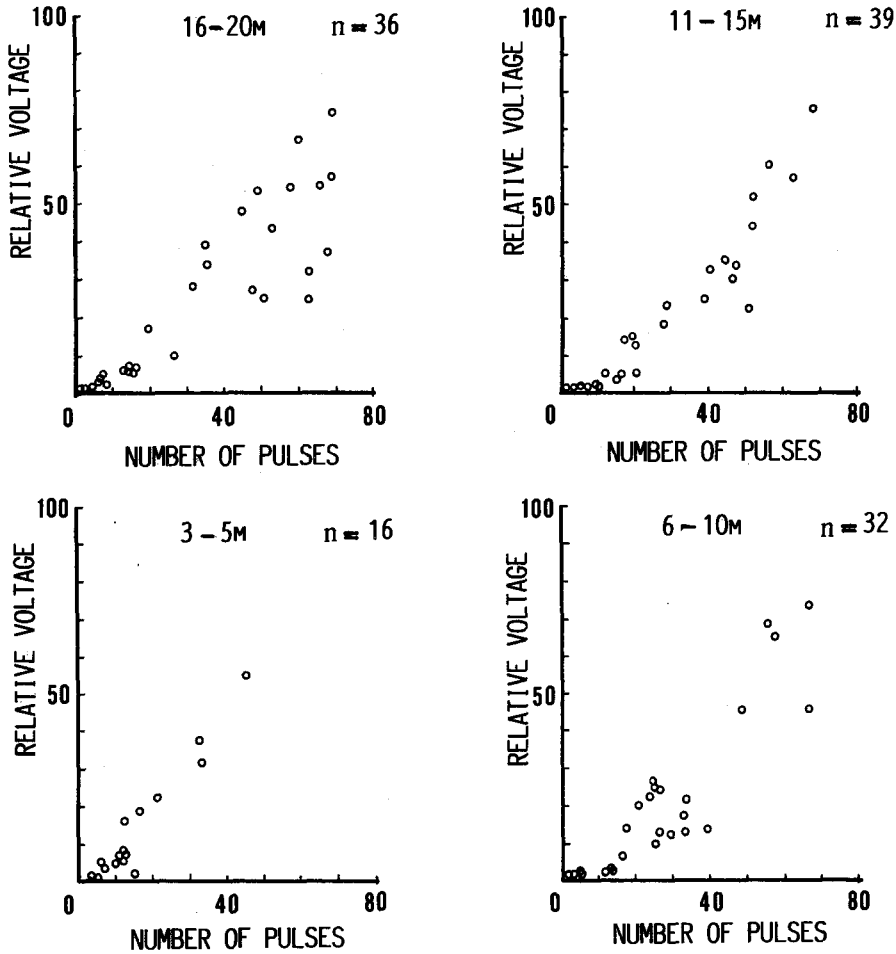


Fig. 13. Relationship between relative voltage and number of echo pulses.

ピィディスクにセーブした。

データの解析は、コンピュータでエコー・パルス数とその相対電圧値を用い、パターン認識の手法で発振線と海底を識別し除外した後、サケ個体数を識別し、30分毎に超音波ビーム内を通過したサケ個体数を演算し統計処理した。エコー・パルス数と相対電圧値との相関関係を、経過時間30分毎、水深2~5、6~10、11~15、16~20mに分けてプロットした例を図13に示す。この図には、サケが超音波指向角内の同一水深層を横切って遊泳したときの経路、サケの個体数、魚体の大きさ、遊泳速度などの情報が含まれている。本実験では、魚群のエコーはすべてサケであると仮定し、さらに超音波指向角内の同一水深を1分間に複数尾のサケが通過したときの補正係数Kを求めた。これは直接監視装置の記録から観測者が確実に1尾あるいは2尾のサケと判断した

記録に基づいて、そのときのエコー・パルス数 n と相対電圧値 V の平均値を求め、 nV 比が $n/V \leq 0.5$, $0.5 < n/V \leq 1$, $1 < n/V$ の3階段に大別し、それぞれ補正係数 1, 2, 3 とし、各水深当りのサケ個体数に、補正係数を乗じ、演算処理した。同システムで収集したデータと直接監視装置で記録したデータとを照合し、良好な結果が得られた。

遠隔自動計測システムによるサケ個体数の計測結果と評価

1983年11月18日および翌19日にかけて、同システムで測定条件を $40 \log R$, パルス幅 0.5 msec に設定し連続計測した例を図 14, 15, 16 に示す。次に、これと同一条件で、1984年11月15日および翌16日にかけて、連続計測した結果を図 17, 18, 19 に示す。図 14 から図 19 までの各図は、横軸に経過時間、縦軸の左側にはサケ個体数、右側には魚群数を示し、各 30 分間毎に集計した計測数をプロットした。図中、黒丸と実線(—●—)は、直接監視装置の CRT 上の記録を観測者がサケの単体記録であると識別し、計数したサケ個体数を示し、図中のヒストグラムは、無線受信記録機で記録したエコーグラムを同一観測者が計数した魚群数を示す。図中三角と破線(---△---)は、1983年コンピュータで水深 1 m 毎に単体のサケを計測した個体数であり、白丸と太い実線(—○—)は、コンピュータによる nV 比の補正係数を乗じ、サケ個体数を積算した計測値である。この値を遠隔自動計測システムで演算し、迅速に印字させることが最終目的である。図 14 から図 16 に示される計測結果から、1983年は昼夜間にわたり魚群の記録が多く、1984年は1983年に比較して魚群の記録は少ないという特徴が見られ、サケの漁況予測の上で必要な資料である。

遠隔自動計測システムを評価する上で、母川沖に来遊したサケは、朝夕の薄明時表層付近を単体で遊泳する資料²⁾があるが、今回は日出から日没までを昼間、日没から翌朝の日出までを夜間に

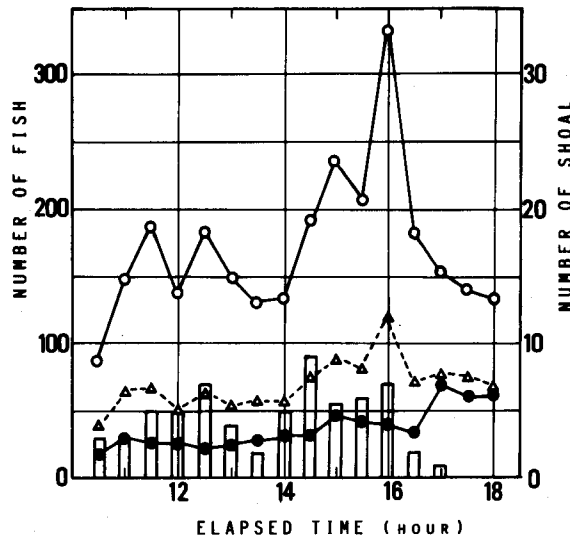


Fig. 14. Typical plot of salmon count versus elapsed time for Hakodate Bay as obtained from acoustic telemetry system. Day of reading-November 18, 1983

- correct nV ratio value
- △--- calculations by computer
- calculations from observations by CRT
- number of shoal

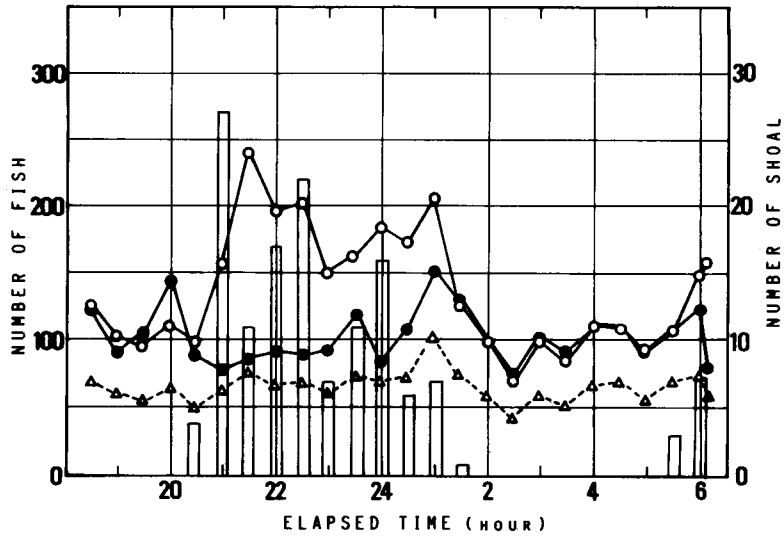


Fig. 15. Typical plot of salmon count versus elapsed time for Hakodate Bay as obtained from acoustic telemetry system. Night of reading-November 18, 1983.

- correct nV ratio value
- △--- calculations by computer
- calculations from observations by CRT.
- number of shoal

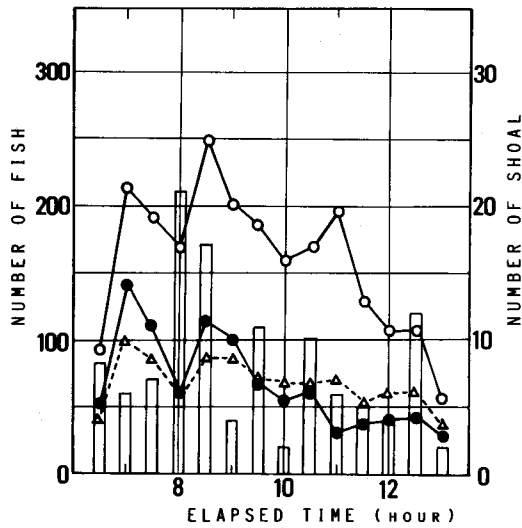


Fig. 16. Typical plot of salmon count versus elapsed time for Hakodate Bay as obtained from acoustic telemetry system. Day of reading-November 19, 1983.

- correct nV ratio value
- △--- calculations by computer
- calculations from observations by CRT
- number of shoal.

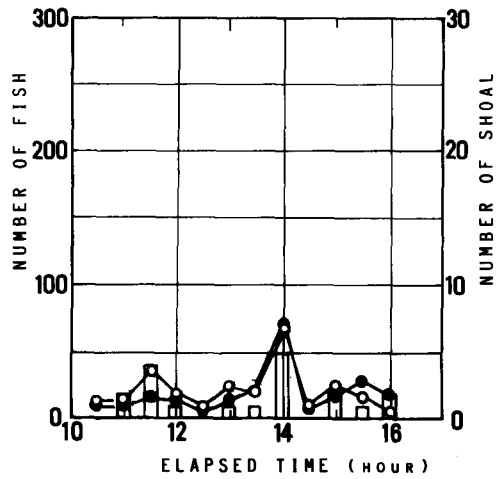


Fig. 17. Typical plot of salmon count versus elapsed time for Hakodate Bay as obtained from acoustic telemetry system. Day of reading-November 15, 1984.
 —○— correct nV ratio value
 —●— calculations from observations by CRT
 □ number of shoal

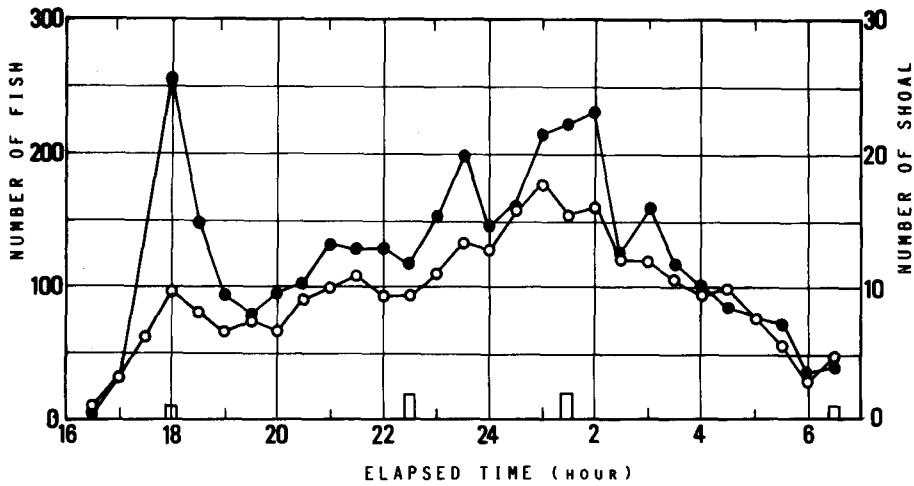


Fig. 18. Typical plot of salmon count versus elapsed time for Hakodate Bay as obtained from acoustic telemetry system. Night of reading-November 15, 1984.
 —○— correct nV ratio value
 —●— calculations from observations by CRT
 □ number of shoal.

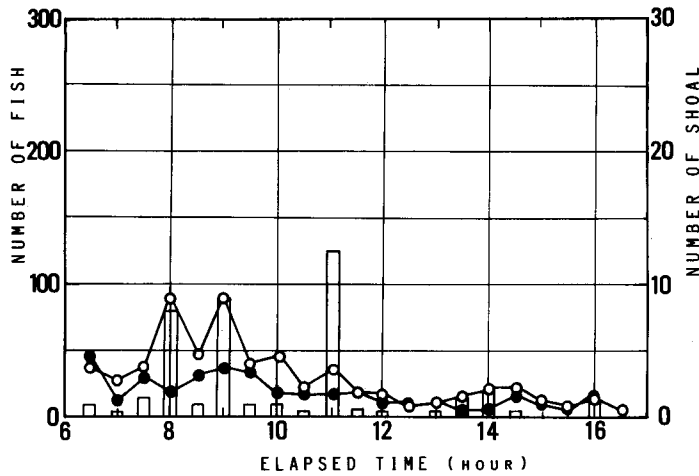


Fig. 19. Typical plot of salmon count versus elapsed time for Hakodate Bay as obtained from acoustic telemetry system. Day of reading-November 16, 1984.

—○— correct nV ratio value
 —●— calculations from observations by CRT
 □ number of shoal.

Table 2. Assessments by acoustic telemetry system for salmon.

	Number of salmon counted during an observation using the CRT (A)	Number of salmon calculated by acoustic telemetry system (B)	A/B (%)
1983.11.18 (Day)	628	2,755	22.8
1983.11.18 (Night)	2,585	3,397	76.1
1983.11.19 (Day)	968	2,265	42.7
1984.11.15 (Day)	229	248	92.3
1984.11.15 (Night)	2,722	3,540	76.9
1984.11.16 (Day)	325	580	56.0

分けて計測した。そして、直接監視装置の CRT 記録から魚群を識別して計数外とし、残余の記録像を観測者がサケ 1 個体と識別し計数した値と、魚群はサケの群であるとみなし、1 分間当たり超音波指向角内を通過した複数尾のサケとして補正係数を乗じて、サケ個体数に換算し積算した計測数を表 2 に示す。この表で、1983 年および 1984 年とも観測点と観測日は殆ど同一で、また、同一観測者が計数した。この場合、直接監視装置から観測者によるサケ個体数の計測数を A とし、遠隔自動計測システムによるサケ個体数の計測数を B とする。その結果から、魚群の記録が少ないとき、すなわち AB 比が 76% 近い値を示し、昼間でも魚群の出現が少ないときは、AB 比は 92% となったが、魚群が記録されると当然 AB 比が低下してくる。この計測値の精度を高め、AB 比を

100% 近くにするには、魚群を形成している魚の種類を識別し、魚種別に計測しない限り無理と考えられる。現時点で魚群はすべてサケで構成されているという仮定での計測値では、AB 比 76% は許容できる精度と考えられる。また、観測者が直接監視装置からサケ単体と識別し、計測した数 X と、遠隔自動計測システムがパルス・カウントした計測数 Y との直線回帰式は $Y=17.01+0.61X$ で、相関係数 $r=0.89$ で高い相関が得られた。この時期、沿岸海域の漁獲は 90% 以上がサケであり、サケ資源現存量の推定には、同システムによるサケ個体数の計測値は充分信頼できると考えられる。

要 約

以上の研究結果を要約すると

1) 遠隔自動計測システムによるサケ個体数の計測が実時間で可能となり、その精度も観測者が直接監視装置からサケ単体と識別し計測した数 X と同システムがパルス・カウントした計測数 Y との直線回帰式は $Y=17.01+0.61X$ ($r=0.89$) となり、高い相関が得られた。また、直接監視装置で観測者がサケ個体魚のエコーを計数した値は、同システムで魚群がサケのみで構成されると仮定して自動計測した結果の 75% であり、充分実用性のあることが実証された。

2) 同システムの各種パラメータや補正係数など適正値を求め、その値を測定条件に適用すれば、計測精度は向上できると考えられる。

さらに、今後の研究課題として

3) 同システムで魚群が記録されたとき、TVG 回路を自動的に切換え適正補償する。単体や魚群として記録されたエコー信号から、魚種を識別し魚種毎に計測値が求められるシステムを開発すると、より一層精度の高い計測値が取得できる。

4) 正確なサケ資源現存量や漁況予測をするためには、漁期中の観測日を増やし、かつ観測時間も昼夜にわたり連続長時間計測し、さらに同システムを複数基設置し、作動させて資料を取得すれば、効果は向上すると考えられる。

5) 魚種識別可能な装置を技術開発し、遠隔自動計測システムに増設し計測することによって、サケ・マス漁業やその他の沿岸漁業の科学的管理のために実効性のあるシステムと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 佐野典達・見上隆克・秋葉芳雄・安間 元 (1981). 茂辺地川に遡上するサケの計数装置の試作・試用に関する研究. 北大水産彙報 32, 388-399.
- 2) 佐野典達・見上隆克・秋葉芳雄・安間 元 (1981). 「茂辺地川に遡上するサケの自動計数装置の試作・試用に関する研究」. 昭和 55 年度科学研究費補助金 (一般研究 C) 研究成果報告書. 1-46.