

魚群探知機の高分解能化について

河 口 真一郎*

Improvement of resolution for fish finder

Shinichiro KAWAGUCHI*

Abstract

Increasing the distance of detection and improving the distance resolution are the greatest development tasks for fish finder. However, it is technically difficult to satisfy both at the same time using the existing technology. While the transmission pulse width needs to be extended in order to increase the distance of detection, it deteriorates distance resolution at the same time. Although there is a way to realize pulse compression by using the Chirp signal and PN signal to improve the distance resolution without sacrificing the distance of detection and performing correlation processing of receiving signal and reference signal, it will require larger unit sizes and higher cost. The author focused on the Single Pulse Resolution filter (hereinafter referred to as the "S. P. R. filter"), which is capable of producing the same results as pulse compression without performing correlation processing, in an effort to improve the resolution of fish finder. The favorable results that were obtained through computer simulation and the evaluation test in the sea will be reported.

1. はじめに

魚群探知機において、探知距離の増加と、距離分解能の向上は最大の開発課題であるが、両者を一度に満足することは、従来技術の延長線上では困難である。探知距離を増加させる為には、送信出力を増やすか、送信パルス幅を長くする必要がある。送信出力を大出力とした場合、装置の大型化とコストの上昇を招き、送信パルス幅を長くした場合、距離分解能が低下する。小型の魚群探知機により、探知距離を犠牲にすることなく距離分解能を向上させる手段としてチャープ信号やPN信号を用い、受信信号と参照信号との相関処理を行うことによりパルス圧縮を実現する方法もあるが、装置が複雑になるという問題点がある。筆者等は、相関処理を行うことなくパルス圧縮と同等の効果が得られるSingle Pulse Resolutionフィルター(以下S.P.R.フィルター)に着目し(Andrzej, 1987)、魚群探知機の高分解能化を試みた(木村・河口・富田, 1989; 木村・

河口・堀野, 1991)。シミュレーションによる評価、及び実海域での海上評価において良好な結果を得たので報告する。

2. 処理方式

魚探信号の高分解能化は、検波後の受信信号の系列を、インパルスの系列に変換することにより実現できるが、これを可能にするフィルターは理想的なDeconvolutionフィルターであり、検波後の受信信号を微分処理後にTransversalフィルターに入力し、そのフィルター出力を検波し、正の成分のみ抽出することにより受信信号系列をインパルス系列に変換する方式である。

送受波器及び受信器が広帯域の魚群探知機から得られる、検波後の受信信号を $S(t)$ とし、それを微分すると

$$S'(t) = h_c(t) - h_c(t-T) \tag{1}$$

$$\text{但し} \begin{cases} S'(t): S(t) \text{ の微分信号} \\ h_c(t): S(t) \text{ の立ち上がりインパルス} \\ h_c(t-T): S(t) \text{ の立ち下がりインパルス} \end{cases}$$

1993年4月16日受理。

* 日本無線株式会社 Japan Radio Co., Ltd. 2nd. Engineering Department, 1-1, Shimorenjaku 5, Mitaka, Tokyo, 181, Japan.

微分信号 $S'(t)$ を Transversal フィルターに通すと、出力 $G(t)$ は

$$G(t) = 2h_i(t-T) - h_i(t) - h_i(t-2T) \quad (2)$$

但し $\left\{ \begin{array}{l} G(t): \text{Transversal フィルターの出力} \\ 2h_i(t-T): T \text{ (送信パルス幅) 後の } S(t) \text{ の立ち上がりインパルスと立ち下がりインパルスの合成インパルス} \end{array} \right.$

となり、(2) 式の正の成分のみを抽出すると

$$Y(t) = 2 h_i(t-T) \quad (3)$$

が得られる。この結果、受信信号 $S(t)$ は、 T 時間後に S/N が 6 dB 改善されたインパルス $Y(t)$ に変換され、距離分解能が大幅に改善される。Fig. 1 に本方式を採用した魚群探知機の構成図を示し、Fig. 2 に本方

式を実現するための S.P.R. フィルターの機能図を示す。

3. シミュレーション結果

Fig. 3 は S.P.R. フィルターの性能を評価するために行ったシミュレーション結果である。図中横軸は時間軸 [ms]、縦軸は信号強度 [相対値] を示す。#1 から #4 の 4 種類のターゲットの信号強度と配置を変化させ、送信パルス幅 1 ms (水中距離で 75 cm) で送信した場合の受信信号と、S.P.R. フィルターの出力結果を比較した。Table 1 にターゲットの信号強度と配置条件を示す。信号強度は、#1 ターゲットを 1 として他のターゲットを基準化しており、配置は #1 ターゲットの位置を起点として、送信パルス幅 T (1 ms) で規準化した時刻である。

図中左下に示す #1 から #4 のターゲットからの反

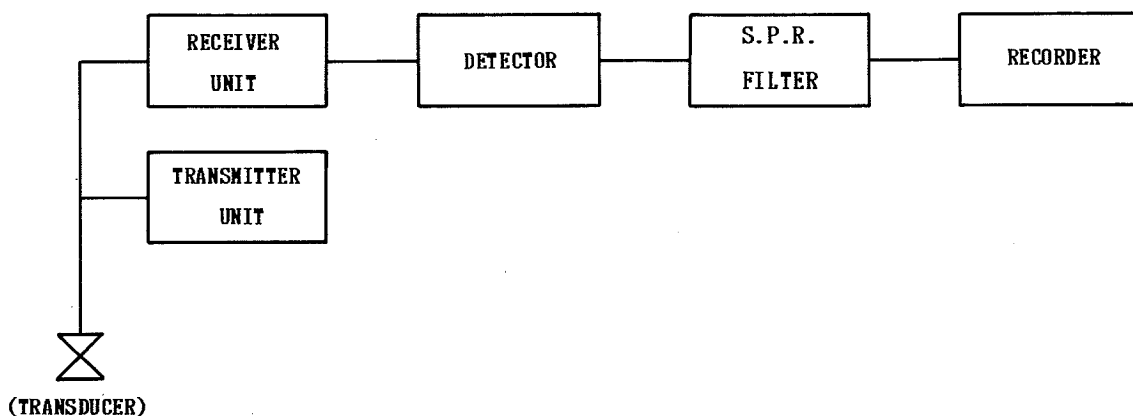


Fig. 1. Block diagram of new fish finder installs the S.P.R. filter.

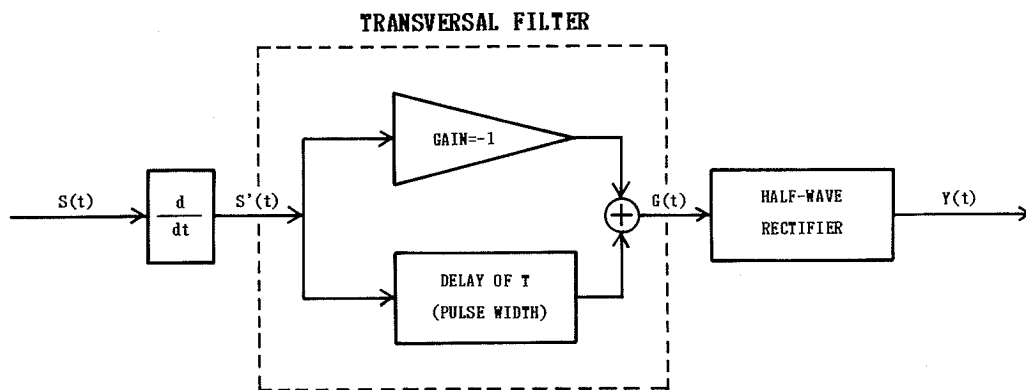


Fig. 2. Schematic diagram and signal flow of S.P.R. filter.

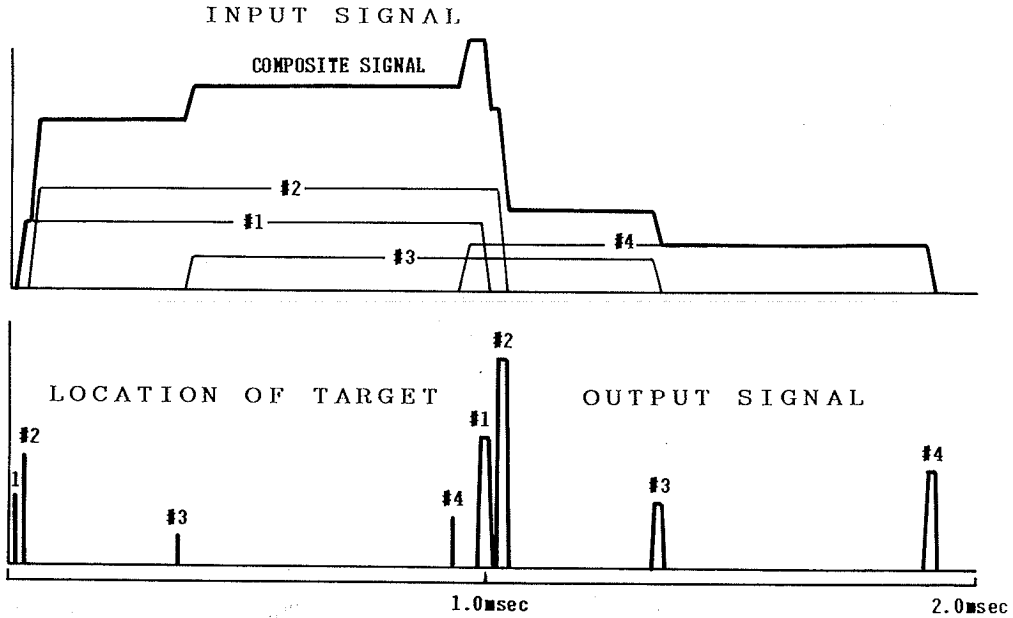


Fig. 3. Result of simulation for S.P.R. filter.

Table 1. Strength and location of target for simulation. Strength of target (from #2 to #4) is standardized by the strength of #1. Location of target (from #1 to #4) is standardized by T (Pulse width).

Target	Strength of target	Location of target
#1	1.0	0.01 T
#2	1.5	0.03 T
#3	0.5	0.35 T
#4	0.8	0.91 T

射信号は、それぞれ図中左上に示す #1 から #4 の信号 (検波後の信号として表示) となるが、これらの信号は合成された形で受信されるため、図中左上の Composite Signal で示される合成信号としてフィルターに入力される。図中右下は、合成信号を S.P.R. フィルターにより Deconvolution 処理した結果であり、#1 signal から #4 signal は、#1 ターゲットから #4 ターゲットに対するフィルター出力結果である。出力された信号の配置は、ターゲットの配置を完全に再現しており、信号強度は、ターゲットの信号強度と比較して 6 dB 改善されて再現している。

4. 実験結果

Fig. 4 は、S.P.R. フィルターを内蔵した魚群探知機による標準球での性能評価試験結果である。送受波器の真下に、海底から 75 cm 離して標準球を垂下し、徐々に降下させながら海底と標準球の分離状況を確認した。図中上は通常の魚群探知機による記録例であり、図中下はフィルター処理後の記録例である。魚群探知機の送信パルス幅を 1 ms としている為、フィルター処理無しの場合、ターゲットと海底の分離が不可能であるが、フィルター処理後の信号は分離可能であった。最終的には 25 cm まで両者を接近させても完全に分離可能であり、4 倍以上の距離分解能の向上が実現できた。

Fig. 5 は、人工魚礁を調査した時の記録例である。図中上のフィルター無しの場合、魚礁の内部構造の判別が困難であるが、図中下のフィルター処理後の場合、魚礁の内部構造が明瞭に判別できる。

Fig. 6 は、魚群が密集している場合の記録例である。図中上のフィルター無しの場合、海底と魚群の分離が困難であり、更に魚群の微細な分布状況を判別することは困難である。一方、フィルター処理後の場合、海底のエッジが明瞭な為、海底と魚群の分離が容易である。更に魚群の粗密が判別でき、魚群の微細な分布状況も判別が可能である。

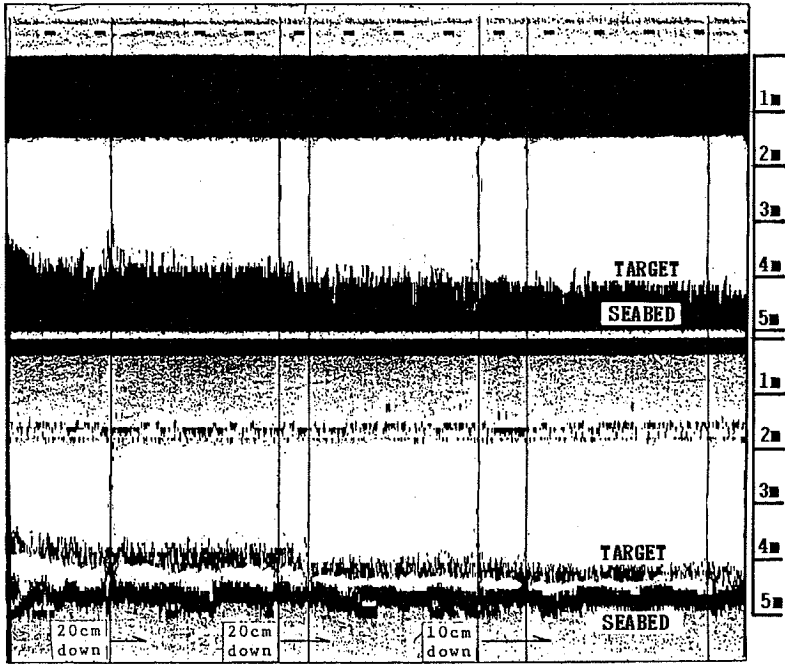


Fig. 4. Echogram of evaluation test for S.P.R. filter by steal ball.

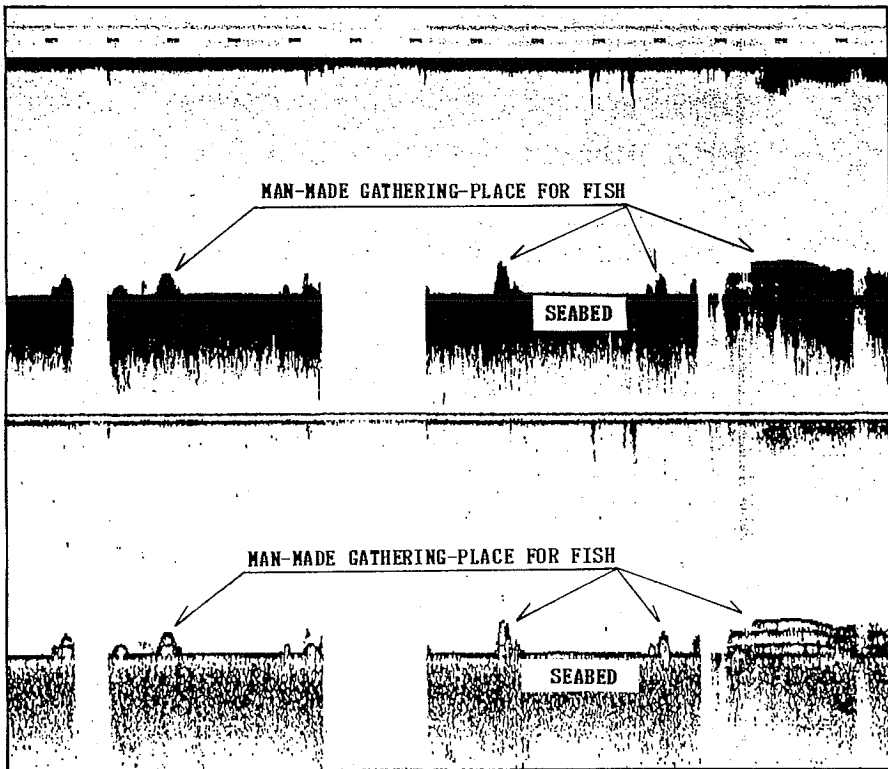


Fig. 5. Echogram of the investigation result for man-made gathering-place for fish by new fish finder.

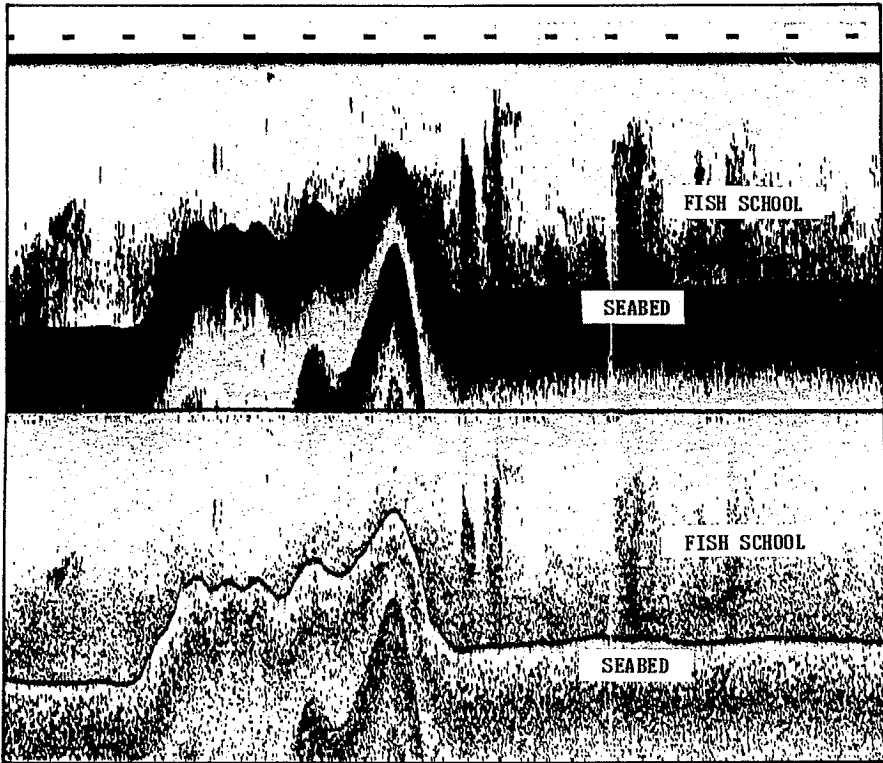


Fig. 6. Echogram of the investigation result for high-density fish school by new fish finder.

5. 要 約

実現可能な Deconvolution フィルターの種類である S.P.R. フィルターを内蔵した魚群探知機を開発し、標準球による評価試験、及び魚礁や魚群に対する海上実験を行った結果、距離分解能が大幅に向上していることを確認した。今後は、本方式を発展させ、送信パルスにランダム位相正弦波を用いることにより、マルチターゲットに対しても信号強度情報が劣下しない方式の開発を行う予定である。

文 献

- Andzej D. (1987) Resolution improvement filter for sonar returns. International Symposium on Fisheries Acoustics. June 22-26. Seattle Washington, USA.
- 木村良一・河口真一郎・富田正美 (1989) S.P.R. フィルターによる距離分解能の向上について. 平成元年度海洋音響学会講演論文集. 45-46.
- 木村良一・河口真一郎・堀野直巳 (1991) S.P.R. フィルターによる距離分解能の向上について-II. 平成3年度海洋音響学会講演論文集. 69-72.