

(19)日本国特許庁 ( J P )

(12) 公開特許公報 ( A )

(11)特許出願公開番号

特開平11 - 231043

(43)公開日 平成11年(1999) 8月27日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
G01S 13/28

識別記号

F I  
G01S 13/28

B

審査請求 有 請求項の数 2 F D (全10頁)

(21)出願番号 特願平10 - 50033

(22)出願日 平成10年(1998) 2月17日

(71)出願人 390014306

防衛庁技術研究本部長

東京都世田谷区池尻 1 丁目 2 番24号

(72)発明者 神力 正宣

千葉県船橋市田喜野井 4 - 29 - 4 - 207

(72)発明者 佐藤 玲司

東京都東久留米市浅間町 3 - 4 - 8

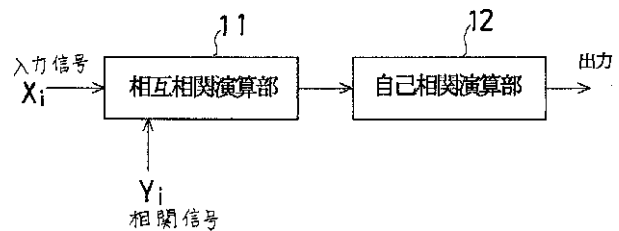
(74)代理人 弁理士 村井 隆

(54) 【発明の名称】 パルス圧縮方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 レーダ、ソーナー等の送受信において、送信パルスのスペクトル帯域幅に依存せず、パルス圧縮後のパルスを細くして、距離分解能を改善する。

【解決手段】 入力信号とサイドローブ抑圧用に予め用意された相関信号との相互相関関数を演算する相互相関演算部 11 と、該相互相関演算部 11 の出力についての自己相関関数を演算する自己相関演算部 12 とを備えている。前記入力信号と相関信号との相互相関をとるとき、相互相関出力のスペクトル分布は、入力信号のスペクトル分布と相関信号のスペクトル分布との積で表せるから、相関信号は、入力信号のスペクトル分布より広いものを選択するとき、相互相関出力のスペクトルは、入力信号のスペクトルより拡大する。このような相互相関出力について自己相関関数を求めたとき、入力信号のパルス幅より、より狭いパルス幅に圧縮される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力信号とサイドローブ抑圧用に予め用意された相関信号との相互相関関数を求め、さらに、この相互相関関数出力について自己相関関数を求めてパルス圧縮することを特徴とするパルス圧縮方法。

【請求項 2】 入力信号とサイドローブ抑圧用に予め用意された相関信号との相互相関関数を演算する相互相関演算部と、該相互相関演算部の出力についての自己相関関数を演算する自己相関演算部とを備えることを特徴とするパルス圧縮装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーダーやソーナ一等において、通常の帯域幅 ( B ) で得られる距離分解能 ( 約 1 / B ) よりも、より良い距離分解能を得たいときに必要なパルス圧縮方法及び装置に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】パルス圧縮する場合、送信パルスのパルス内を位相変調するか、又は周波数変調して送信し、反射波等を受信した後、受信機又は受信後の信号処理で、送信変調波との自己相関をとることによって、送信パルス幅より細いパルス幅に圧縮し、この結果、レーダーやソーナ一等の距離分解能を高めている。

【 0 0 0 3 】従来のパルス圧縮の変調信号及び圧縮処理の具体例として、例えば、 R.L.Frank, "Polyphase Code with Good Nonperiodic Correlation Properties", I E E E Trans. on Information Theory. 1963, Jan. に開示されたものがある。この場合、図 7 に示すように、パルス信号 1 中のサブパルス 2 の位相を変化させて符号化する。このとき、サブパルス 2 の位相関係は、圧縮後の波形がパルス形状になるよう最適な位相関係を選択する。この文献の中で、3 相 ( 0 , 2 / 3 , - 2 / 3 ) の位相変調を用いたパルス圧縮の 1 例を以下に示す。

【 0 0 0 4 】この場合、変調位相は

【表 1】

i	1	2	3	4	5	6	7
サブパルスXiの位相	0	0	0	0	2π/3	4π/3	0
サブパルスXiの振幅	1	1	1	1	1	1	1

i	8	9
サブパルスXiの位相	4π/3	8π/3
サブパルスXiの振幅	1	1

の通りであり、パルス圧縮処理は、原理的に上記変調信号の自己相関関数を計算し圧縮している。自己相関関数

は次式で示される関数である。

【数 1】

$$\Psi(K) = \begin{cases} \sum_{i=1}^{N-K} X_i \cdot X_{i+K}^* & K \geq 0 \\ \sum_{i=1}^{K+N} X_i^* \cdot X_{i-K} & K < 0 \end{cases} \quad \dots (1)$$

ただし、 Ψ(K) : 自己相関関数

X<sub>i</sub> : 入力の変調信号

X<sub>i</sub><sup>\*</sup> : X<sub>i</sub> の共役複素数

N : サブパルスの数

ここで、式 ( 1 ) の自己相関関数 ( K ) の絶対値が圧縮後の波形を示すものである。この計算の具体例として、上記表 1 に示す信号について行ったものが図 8 であ

る。また、このときの自己相関関数の絶対値を表したものが図 9 である。この図中、中心のピークが圧縮後パルス 5 の大きさを示しており、その両側に現れている小

なピークがサイドローブ6である。この場合、圧縮後パルス5の大きさは9であり、サイドローブ6の大きさは1である。このときサイドローブ比は、中心のピーク値に対するサイドローブ値の比で定義され、この場合、1/9となる。また圧縮比は圧縮前の図7のパルス幅3と図9の圧縮後パルス幅7の比で定義され、この場合9となる。

【0005】このようにパルス圧縮はサイドローブが生ずるが、サイドローブが大きくなると、小さな目標の反射波なのか、大きな目標のサイドローブなのか識別できなくなるため、サイドローブはできるだけ小さくなるよう変調信号を選択する。

【0006】上記の如くパルス圧縮する場合、送信パルスを変調して送信し、受信時に、送信の変調信号の自己相関をとりパルス圧縮する。従って、このとき、図7に示した送信パルス幅3を一つのサブパルス幅に圧縮させると、送信パルスの周波数スペクトル分布は、近似的に図10のようになり、送信パルスのエネルギーは、±1/のスペクトル幅に集中する。即ち、パルス圧縮においては、送信パルスの持つ帯域幅で、圧縮後のパルス幅がほぼ決まるのが通常である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従って、パルス圧縮においては、送信パルスのスペクトル帯域幅に依存しないで、圧縮後のパルス幅を細くして、距離分解能を改善できないかという課題があった。

【0008】本発明は、上記の点に鑑み、送信パルスの

$$\Phi(K) = \begin{cases} \sum_{i=1}^{N-K} X_i \cdot Y_{i+K}^* & K \geq 0 \\ \sum_{i=1}^{K+N} Y_i^* \cdot X_{i-K} & K < 0 \end{cases} \quad \dots (2)$$

ただし  $\Phi(K)$  : 相互相関関数

$X_i$  : 入力の変調信号

$Y_i$  : 相関信号

$Y_i^*$  :  $Y_i$ の共役複素数

$N$  : サブパルスの数

をとるものであり、式(2)の演算を行うことにより、入力信号のスペクトル帯域幅を拡大している。自己相関演算部12は、相互相関演算部11の出力である前記相

反射波を受信して得られた入力信号の持つ通常の帯域幅で得られる距離分解能よりも、より良い距離分解能を得ることを可能にしたパルス圧縮方法及び装置を提供することを目的とする。

【0009】本発明のその他の目的や新規な特徴は後述の実施の形態において明らかにする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明のパルス圧縮方法は、入力信号とサイドローブ抑圧用に予め用意された相関信号との相互相関関数を求め、さらに、この相互相関関数出力について自己相関関数を求めてパルス圧縮することを特徴としている。

【0011】また、本発明のパルス圧縮装置は、入力信号とサイドローブ抑圧用に予め用意された相関信号との相互相関関数を演算する相互相関演算部と、該相互相関演算部の出力についての自己相関関数を演算する自己相関演算部とを備える構成としている。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るパルス圧縮方法及び装置の実施の形態を図面に従って説明する。

【0013】図1は本発明の実施の形態を示すブロック図であり、11は相互相関演算部、12は自己相関演算部である。ここで、相互相関演算部11は、送信パルスの反射波を受信して得た入力信号とサイドローブ抑圧用に予め用意された相関信号(相関関数)との相互相関関数

【数2】

相互相関関数の自己相関関数

【数3】

$$\chi(L) = \begin{cases} \sum_{j=-N+1}^{N-1-L} \Phi(j) \cdot \Phi^*(j+L) & L \geq 0 \\ \sum_{j=-N+1}^{N-1+L} \Phi^*(j) \cdot \Phi(j-L) & L < 0 \end{cases} \quad \dots (3)$$

ただし、 $\chi(L)$  : 自己相関関数

$\Phi^*(j)$  :  $\Phi(j)$  の共役複素数

をとるものであり、式 ( 3 ) の演算を行うことにより、パルス圧縮する。ここで、用意する相関信号を選択し、圧縮後のパルス幅を、入力信号の帯域幅分の 1 より狭くし、かつ、パルス圧縮後のサイドローブができるだけ小さくなるようにパルス圧縮を実行する。

【 0 0 1 4 】 上記のような、入力信号と相関信号との相互相関をとるとき、相互相関出力 ( 相互相関演算部 1 1 の出力 ) のスペクトル分布は  
【 数 4 】

$$S_{xy}(f) = S_x(f) \times S_y(f) \quad \dots (4)$$

ただし、 $S_x(f)$  は入力信号のスペクトル分布

$S_y(f)$  は相関信号のスペクトル分布

$S_{xy}(f)$  は相互相関出力のスペクトル分布

の式 ( 4 ) に示すように、入力信号のスペクトル分布と相関信号のスペクトル分布との積で表せる。従って、相関信号は、入力信号のスペクトル分布より広いものを選択するとき、相互相関出力のスペクトルは、入力信号のスペクトルより拡大する。このような相互相関出力について自己相関関数を求めたとき、入力信号のパルス幅より、より狭いパルス幅に圧縮される。このとき、相関信号の選択は、圧縮後のサイドローブができるだけ小さいものを選択する必要がある。

【 0 0 1 5 】 このような手段により、本発明のパルス圧縮は、入力信号の持つ通常の周波数帯域幅で得られる距離分解能よりも、より良い距離分解能を得ることが可能になる。

【 0 0 1 6 】

30 【実施例】 本発明のパルス圧縮は、入力信号の変調形式に適合した相関信号 ( 相関関数 ) を選択するため、入力信号により相関信号の種類は多数存在する。そのうち、入力信号がパルスで、パルス内が無変調のもの、簡単な位相変調しているものに対して、圧縮後のサイドローブを小さく、かつ、圧縮後のパルス幅が狭くなるように選択した相関信号と、この結果得られるパルス圧縮波形についての例を記述する。

40 【 0 0 1 7 】 以下の表 2 は、入力信号のパルスが無変調の場合で、後の相関演算のために、パルス内を 7 つのサブパルスとしたものである。

【表 2】

i	1	2	3	4	5	6	7
サブパルス $X_i$ の位相	0	0	0	0	0	0	0
サブパルス $X_i$ の振幅	1	1	1	1	1	1	1

また、以下の表 3 は前記表 2 の信号に対して選択した相 50 関信号の 1 列である。

【表 3】

i	1	2	3	4	5	6	7
サブパルスY <sub>i</sub> の位相	$\pi$	0	$\pi$	0	0	$\pi$	$\pi$
サブパルスY <sub>i</sub> の振幅	1	1	1	1	1	1	1

このとき、表 2 及び表 3 について、式 ( 2 ) の相互相関関数の演算、さらに式 ( 3 ) の自己相関関数の演算をし、この結果得られた自己相関関数 ( L ) の絶対値を示したのが図 2 である。入力パルスのパルス内が無変調であるにもかかわらず、図 2 から明らかのように、圧縮後のパルス幅は、入力パルス幅のほぼ 1 / 7 まで圧縮さ

れている。

【 0 0 1 8 】以下の表 4 は、入力信号がパルス内で、1 8 0 度位相が 1 度だけ回転した場合で、後の相関演算のために、パルス内を 7 つのサブパルスとしたものである。

【表 4】

i	1	2	3	4	5	6	7
サブパルスX <sub>i</sub> の位相	0	0	0	$\pi$	$\pi$	$\pi$	$\pi$
サブパルスX <sub>i</sub> の振幅	1	1	1	1	1	1	1

また、以下の表 5 は前記表 4 の信号に対して選択した相関信号の 1 列である。

【表 5】

i	1	2	3	4	5	6	7
サブパルスY <sub>i</sub> の位相	0	0	0	$\pi$	0	0	$\pi$
サブパルスY <sub>i</sub> の振幅	0	0	0	1	1	0	1

このとき、表 4 及び表 5 について、式 ( 2 ) の相互相関関数の演算、さらに式 ( 3 ) の自己相関関数の演算をし、この結果得られた自己相関関数 ( L ) の絶対値を示したのが図 3 である。図 3 から明らかのように、圧縮後のパルス幅は、入力パルス幅のほぼ 1 / 7 まで圧縮されている。

なことは当業者には自明であろう。

【 0 0 2 1 】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係るパルス圧縮方法及び装置によれば、入力信号の持つ通常の帯域幅で得られる距離分解能よりも、より良い距離分解能を得ることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 9 】図 4 乃至図 6 は、サブパルス幅を 1  $\mu$  S としたとき、各信号のスペクトル分布を示す。図 4 は表 4 で示す入力信号のスペクトル分布を示し、図 5 は表 5 で示す相関信号のスペクトル分布である。また、図 6 は、自己相関関数 ( L ) のスペクトル分布を示す。図 4 乃至図 6 から明らかのように、圧縮後の周波数スペクトル帯域幅 (例えばピークから規定の数 d B 低下するまでの範囲) は、入力を持つ帯域幅の数倍になっていることが判る。

40 【図 1】本発明に係るパルス圧縮方法及び装置の実施の形態を示すブロック図である。

【図 2】本発明の実施例におけるパルス圧縮後の波形 (入力パルスのパルス内変調が表 2 で相関信号が表 3 の場合) を示す波形図である。

【図 3】本発明の実施例におけるパルス圧縮後の波形 (入力パルスのパルス内変調が表 4 で相関信号が表 5 の場合) を示す波形図である。

【 0 0 2 0 】以上本発明の実施の形態及び実施例について説明してきたが、本発明はこれに限定されることなく請求項の記載の範囲内において各種の変形、変更が可能

50 【図 4】表 4 に示す入力信号のスペクトル分布を示す波形図である。

【図 5】表 5 に示す相関信号のスペクトル分布を示す波

形図である。

【図6】図3で示す波形のスペクトル分布を示す波形図である。

【図7】従来のパルス圧縮の送信パルスにおけるパルスとサブパルスの関係を示す説明図である。

【図8】自己相関関数の代表的な計算方法を示す説明図である。

【図9】従来のパルス圧縮信号の自己相関関数の絶対値を表す波形図である。

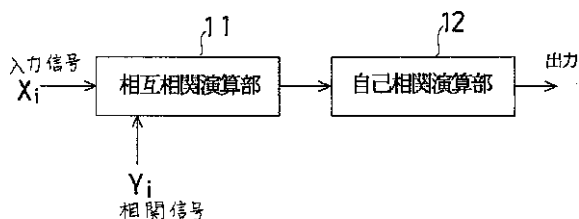
【図10】従来のパルス圧縮のための送信信号のスペク

トル分布を示す波形図である。

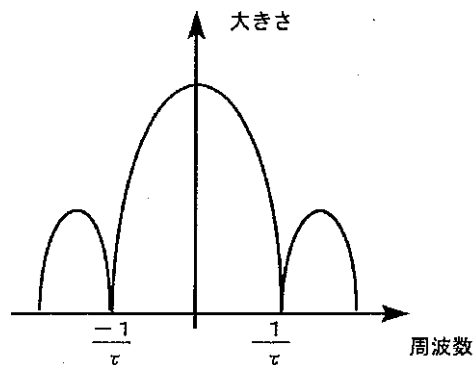
【符号の説明】

- 1 パルス信号
- 2 サブパルス
- 3 パルス幅
- 5 圧縮後パルス
- 6 サイドローブ
- 7 圧縮後パルス幅
- 11 相互相関演算部
- 12 自己相関演算部

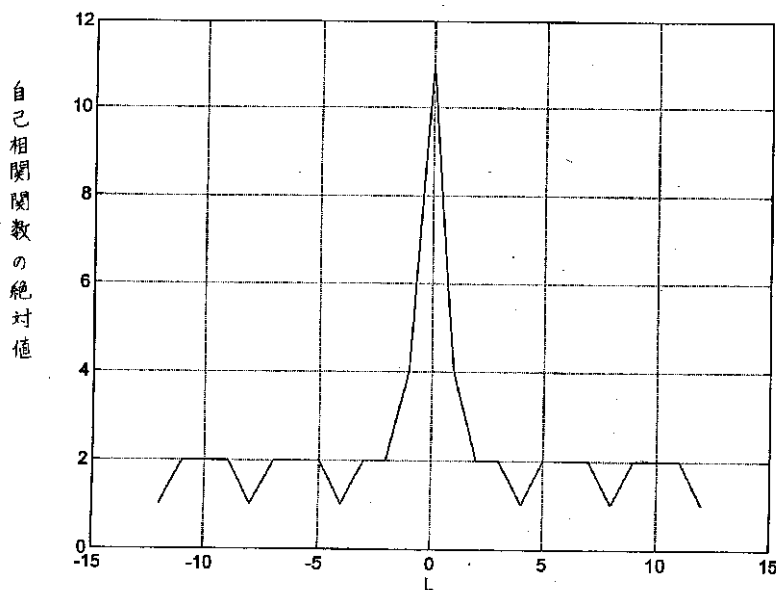
【図1】



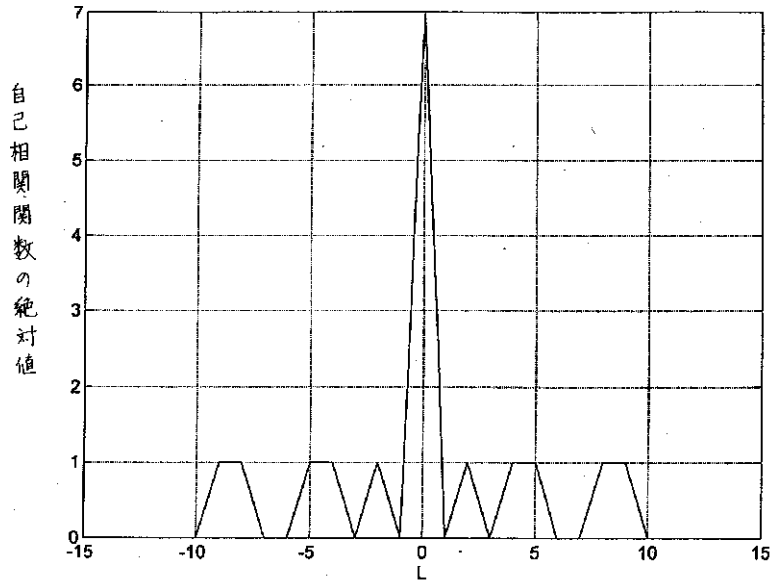
【図10】



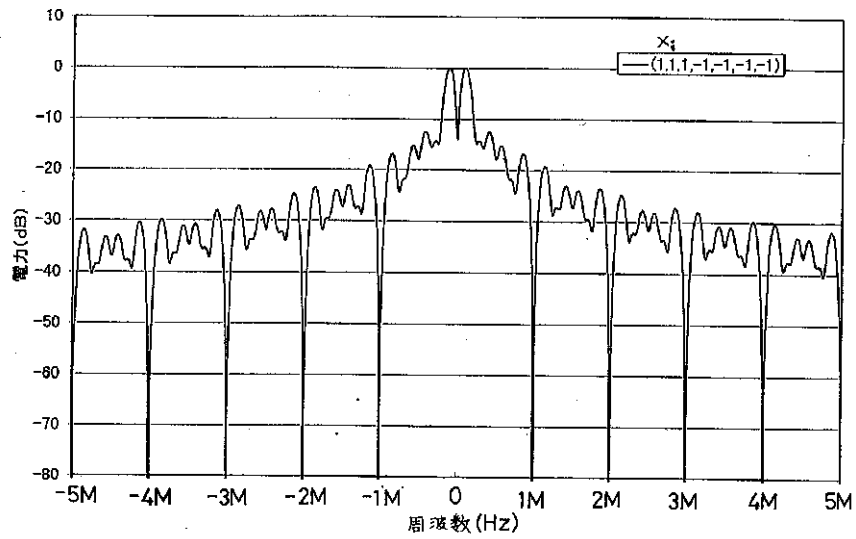
【図2】



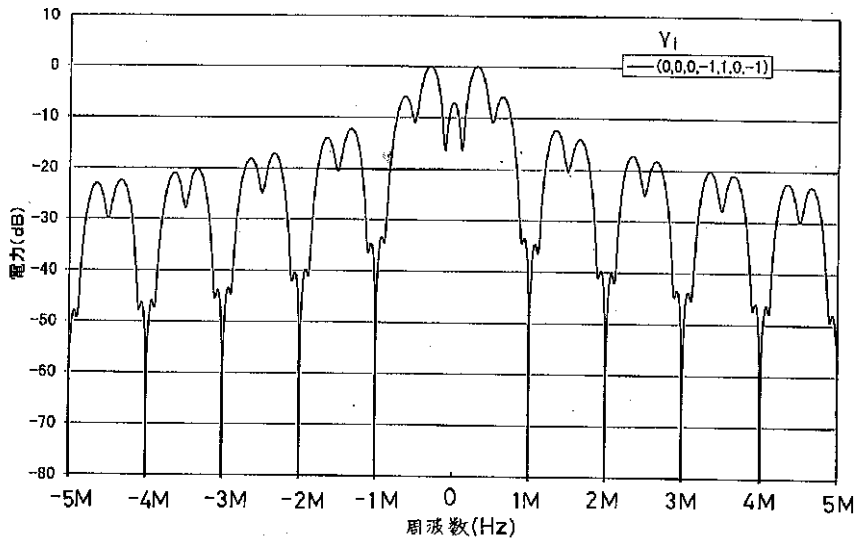
【 図 3 】



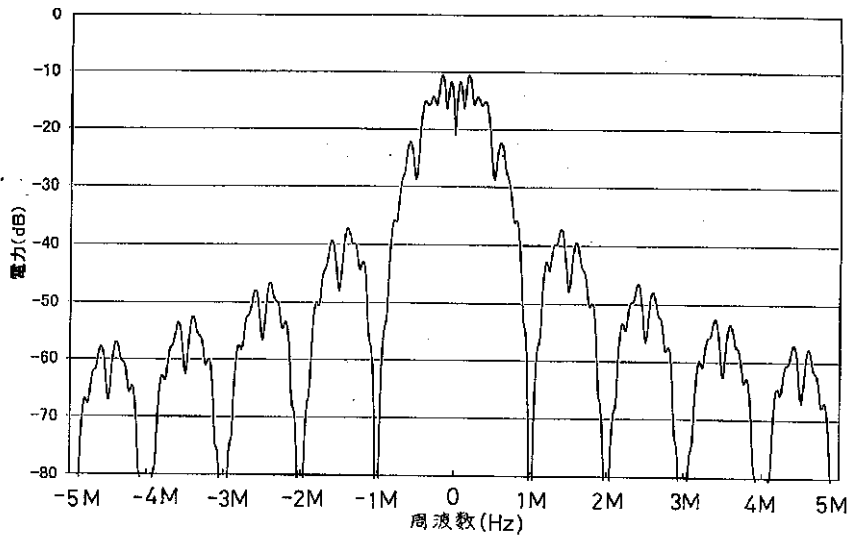
【 図 4 】



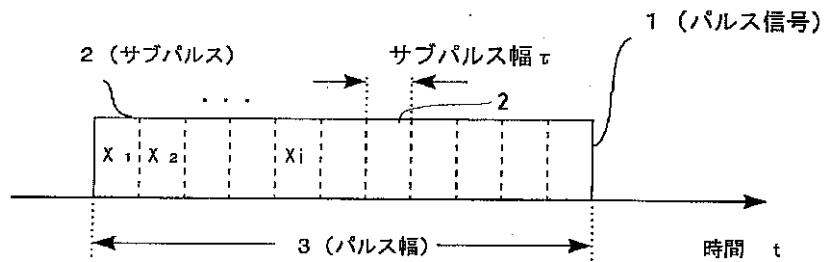
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

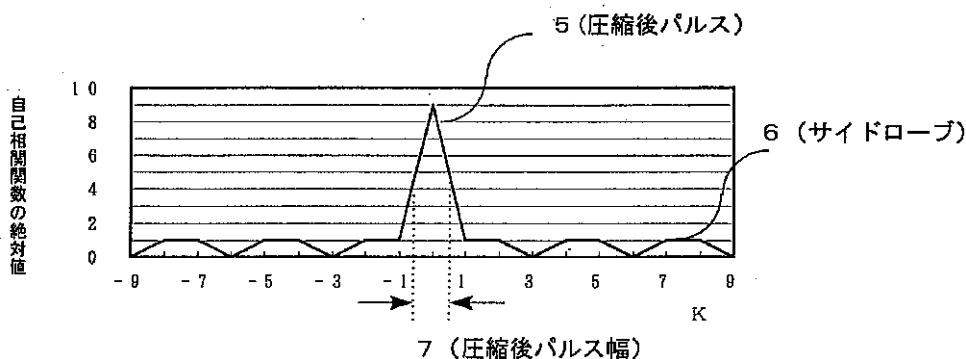




【図 8】

入力	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$											
	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	1	1	1	1											
$X_1^*$	1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	1	1	1											
$X_2^*$	1		$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	1	1	1										
$X_3^*$	1			$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	1	1	1									
$X_4^*$	1				$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	1	1	1								
$X_5^*$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$				1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$
$X_6^*$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$					1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$
$X_7^*$	1						$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	1	1	1	1	1	1
$X_8^*$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$							$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$
$X_9^*$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$								1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$
$\Psi(K)$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	0	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	0	1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	0	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	1	0	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	0	-1	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$	$\frac{1}{\sqrt{32}}$
出力 $ \Psi(K) $	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
K	-8	-1	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8				

【図 9】



【手続補正書】  
【提出日】平成 1 1 年 1 月 8 日  
【手続補正 1】  
【補正対象書類名】明細書  
【補正対象項目名】特許請求の範囲  
【補正方法】変更  
【補正内容】  
【特許請求の範囲】  
【請求項 1】 入力信号と、サイドローブ抑圧用に予め用意され当該入力信号よりもスペクトル分布の広い相関信号との相互相関関数を求め、さらに、この相互相関関数出力について自己相関関数を求めてパルス圧縮することとを特徴とするパルス圧縮方法。  
【請求項 2】 入力信号とサイドローブ抑圧用に予め用意され当該入力信号よりもスペクトル分布の広い相関信

号との相互相関関数を演算する相互相関演算部と、該相互相関演算部の出力についての自己相関関数を演算する自己相関演算部とを備えることを特徴とするパルス圧縮装置。  
【手続補正 2】  
【補正対象書類名】明細書  
【補正対象項目名】0 0 1 0  
【補正方法】変更  
【補正内容】  
【0 0 1 0】  
【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明のパルス圧縮方法は、入力信号と、サイドローブ抑圧用に予め用意され当該入力信号よりもスペクトル分布の広い相関信号との相互相関関数を求め、さら

に、この相互相関関数出力について自己相関関数を求めてパルス圧縮することを特徴としている。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 1

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 1 1】また、本発明のパルス圧縮装置は、入力信号とサイドローブ抑圧用に予め用意され当該入力信号よりもスペクトル分布の広い相関信号との相互相関関数を演算する相互相関演算部と、該相互相関演算部の出力についての自己相関関数を演算する自己相関演算部とを備える構成としている。