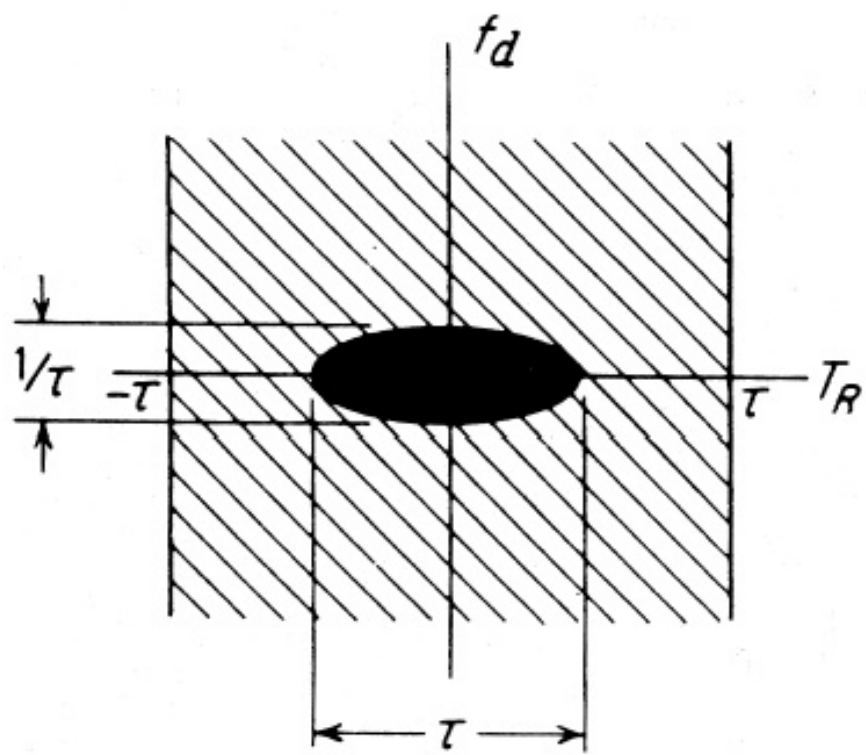
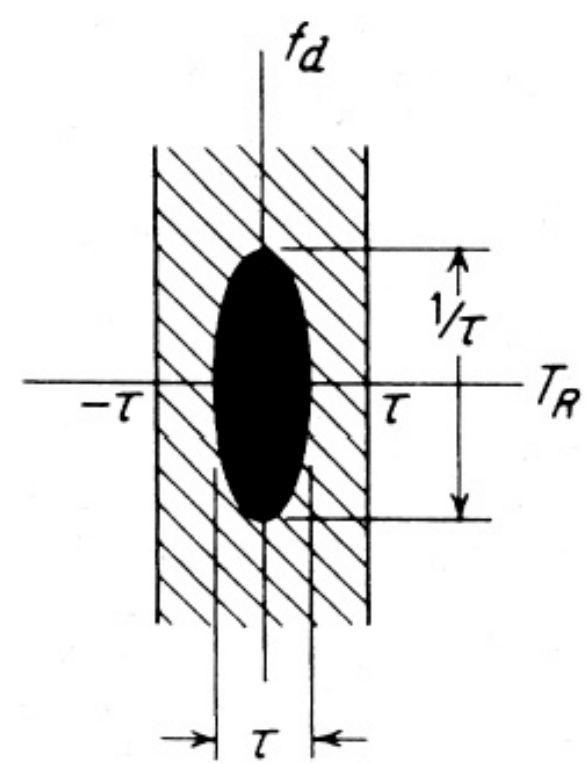


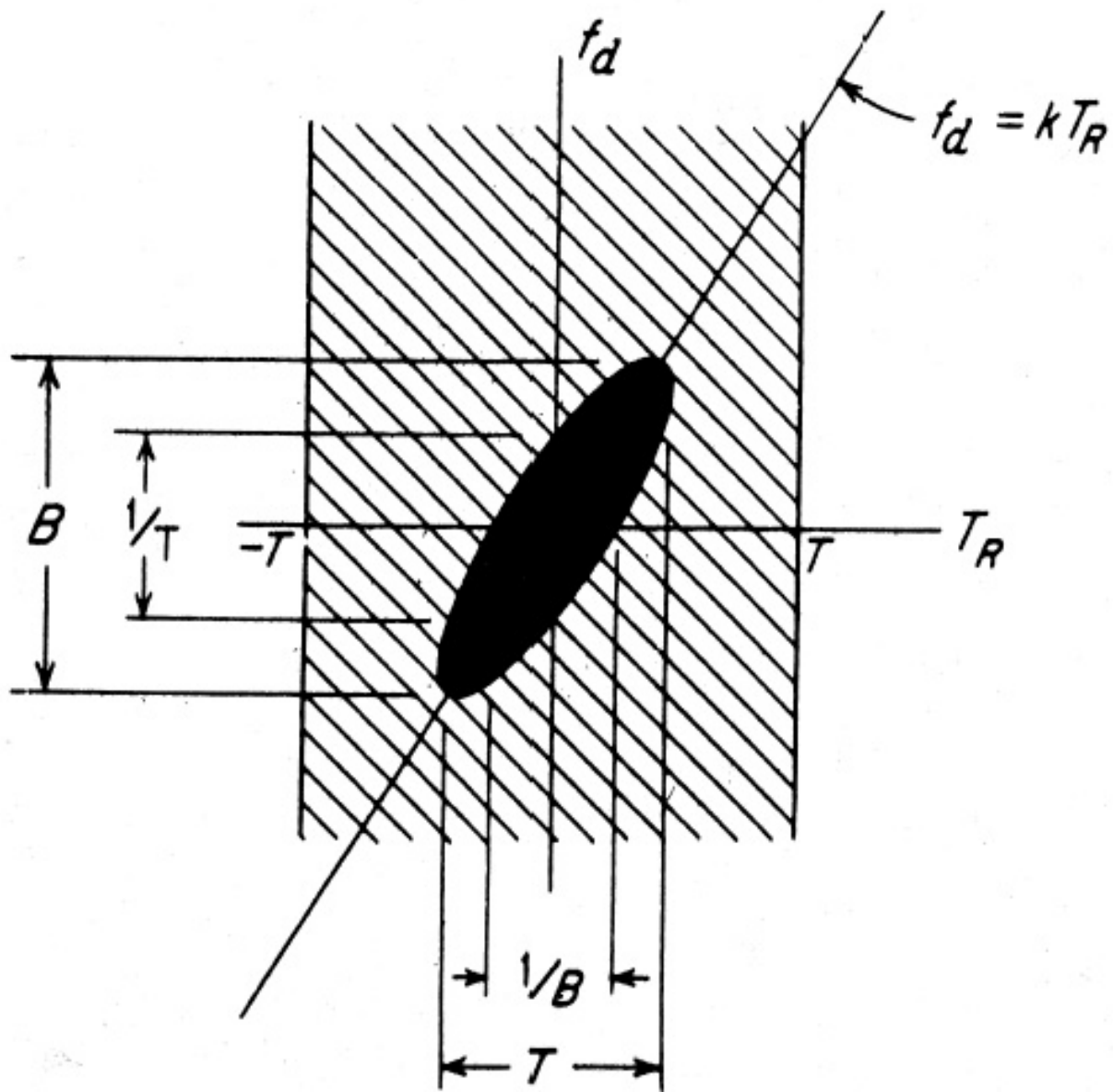
1 パルス波形の ambiguity 関数

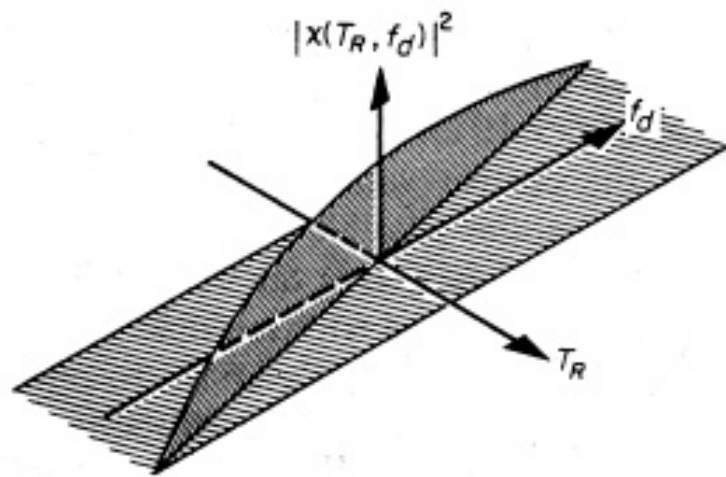


(a)

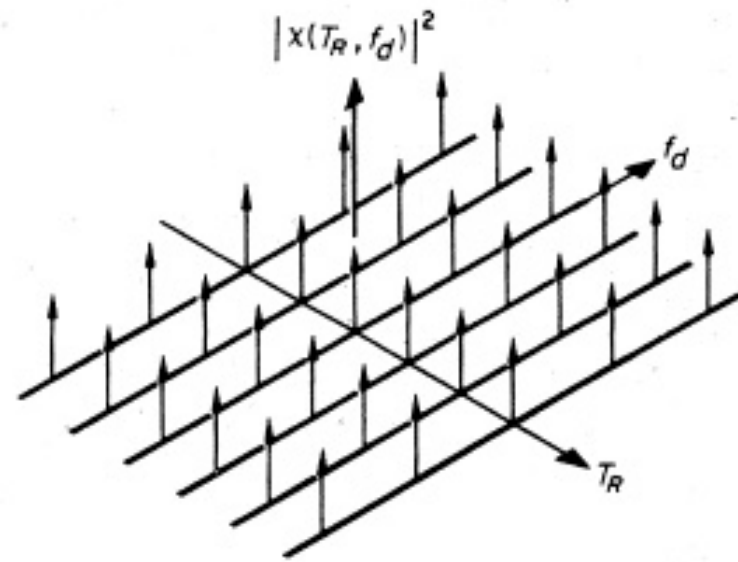


(b)

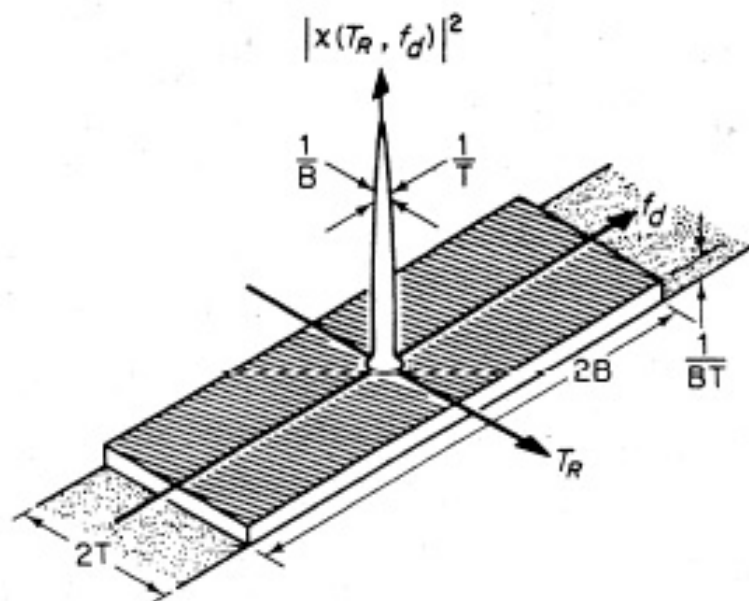




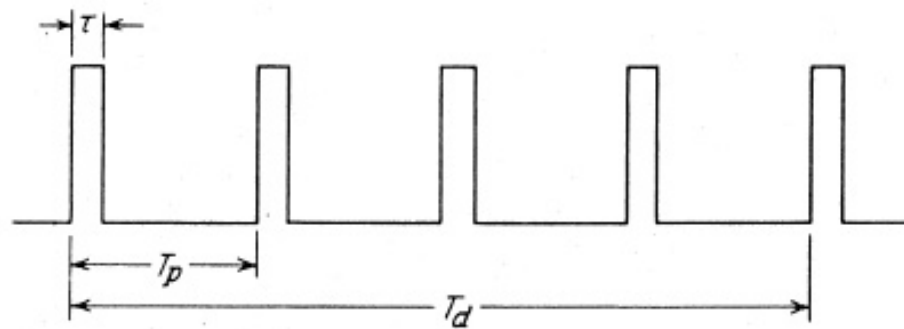
(a) Knife edge (ridge)



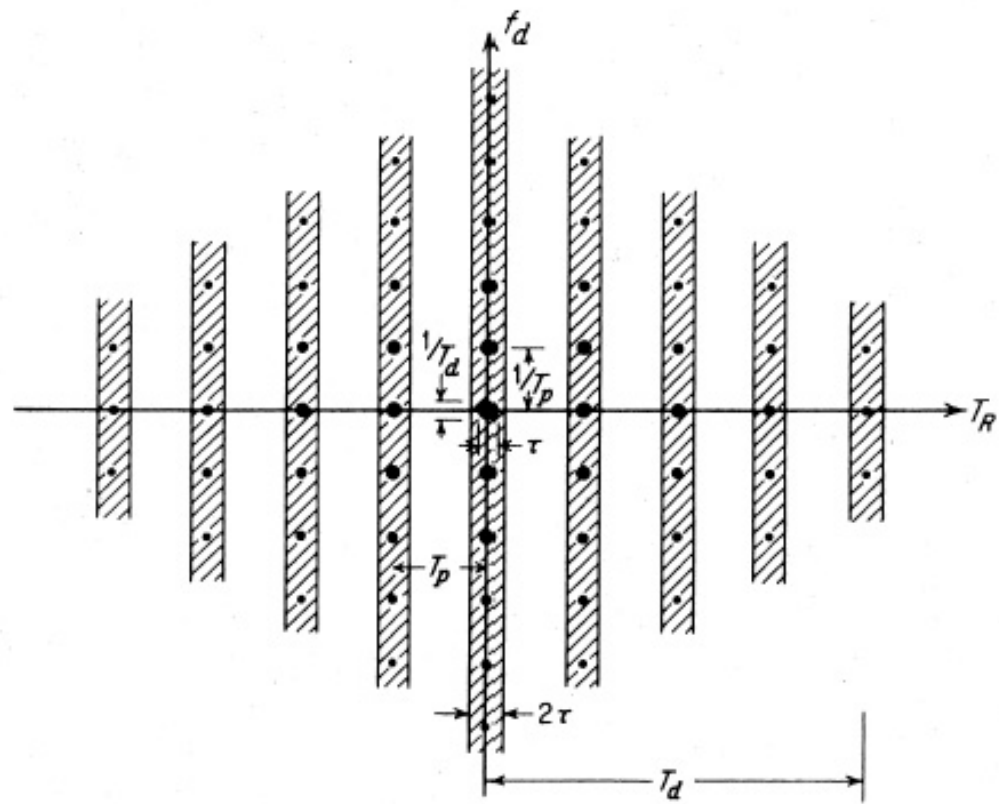
(b) Bed of spikes



(c) Thumbtack



(a)



(b)

2 バーカー (Barker) 符号

2値位相変調において、変調符号を

$$a_i = \begin{cases} 1 \\ -1 \end{cases} \quad (i = 1, \dots, N)$$

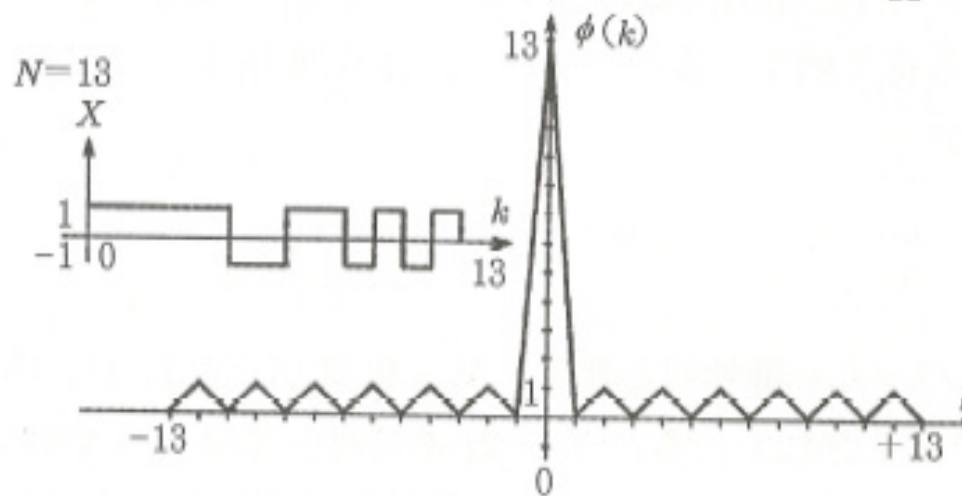
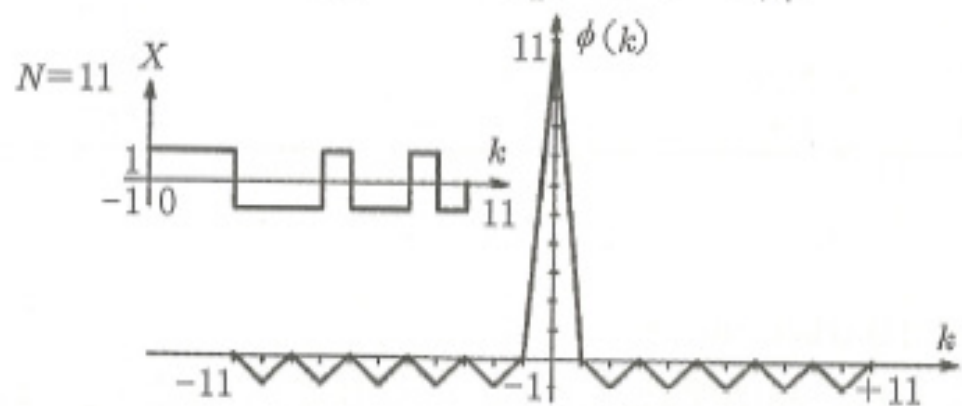
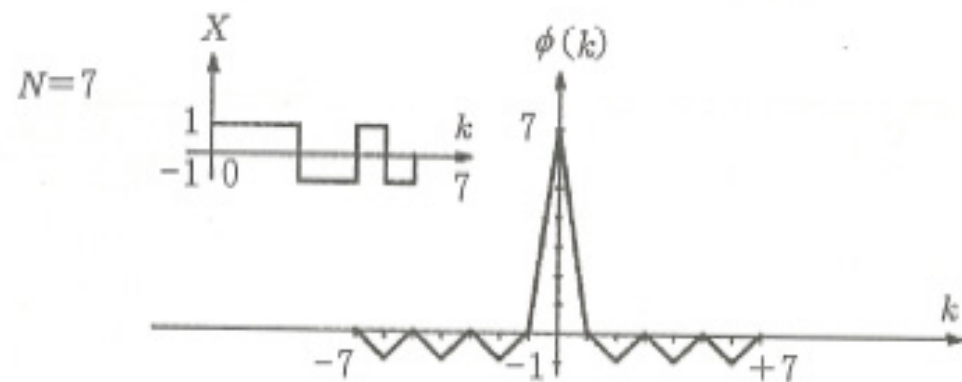
とすると、符号の自己相関関数は、

$$\rho_j = \rho_{-j} = \sum_{i=1}^{N-j} a_i a_{i+j} \quad (j = 0, \dots, N-1)$$

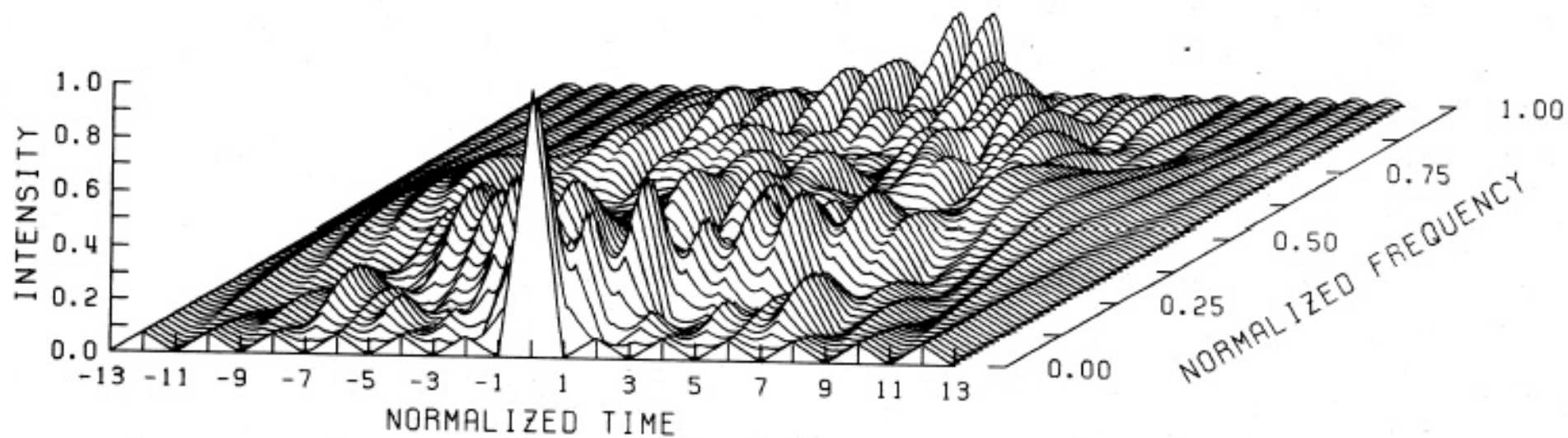
で与えられる。上式で $j \neq 0$ における値がレンジサイドローブの強度を与える。その絶対値の理論的最小は、 j が奇数の場合には 1、偶数の場合には 0 であることが明らかである。この条件を満たす符号は、Barker 符号と呼ばれ、比較的小さな N については全ての組合わせを調べることで容易に探することができる。この符号は $N \leq 13$ について存在することが知られている。

表 1 Barker 符号

N	a_i	$\rho_j \quad (j = 0, \dots, N - 1)$
2	++	2 +
2	+ -	2 -
3	++ -	3 0 -
4	++ - +	4 - 0 +
4	+++ -	4 + 0 -
5	++++ - +	5 0 + 0 +
7	++++ - - + -	7 0 - 0 - 0 -
11	++++ - - - + - - + -	11 0 - 0 - 0 - 0 - 0 -
13	+++++ - - ++ - +- +	13 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 +



AMBIGUITY DIAGRAM
13-ELEMENT BARKER CODE



3 相補 (complementary) 符号

長さ N の2つの符号 a_i と b_i を考え、それぞれの自己相関関数を A_j と B_j とする。このとき、これらを加えたものが

$$A_j + B_j = \begin{cases} 2N & (j = 0) \\ 0 & (j \neq 0) \end{cases}$$

という条件を満たすとき、これらを相補 (Complementary) 符号と呼ぶ。この条件は、全くレンジサイドローブを持たないことを意味し、理想的なパルス圧縮となる。例えば $N = 2$ の場合について、 $a_i = \{1, 1\}$, $b_i = \{1, -1\}$ が相補符号を構成することが容易に確かめられる。

相補符号には、次のような重要な性質がある。長さ N の相補符号を元に、長さ $2N$ の符号の組

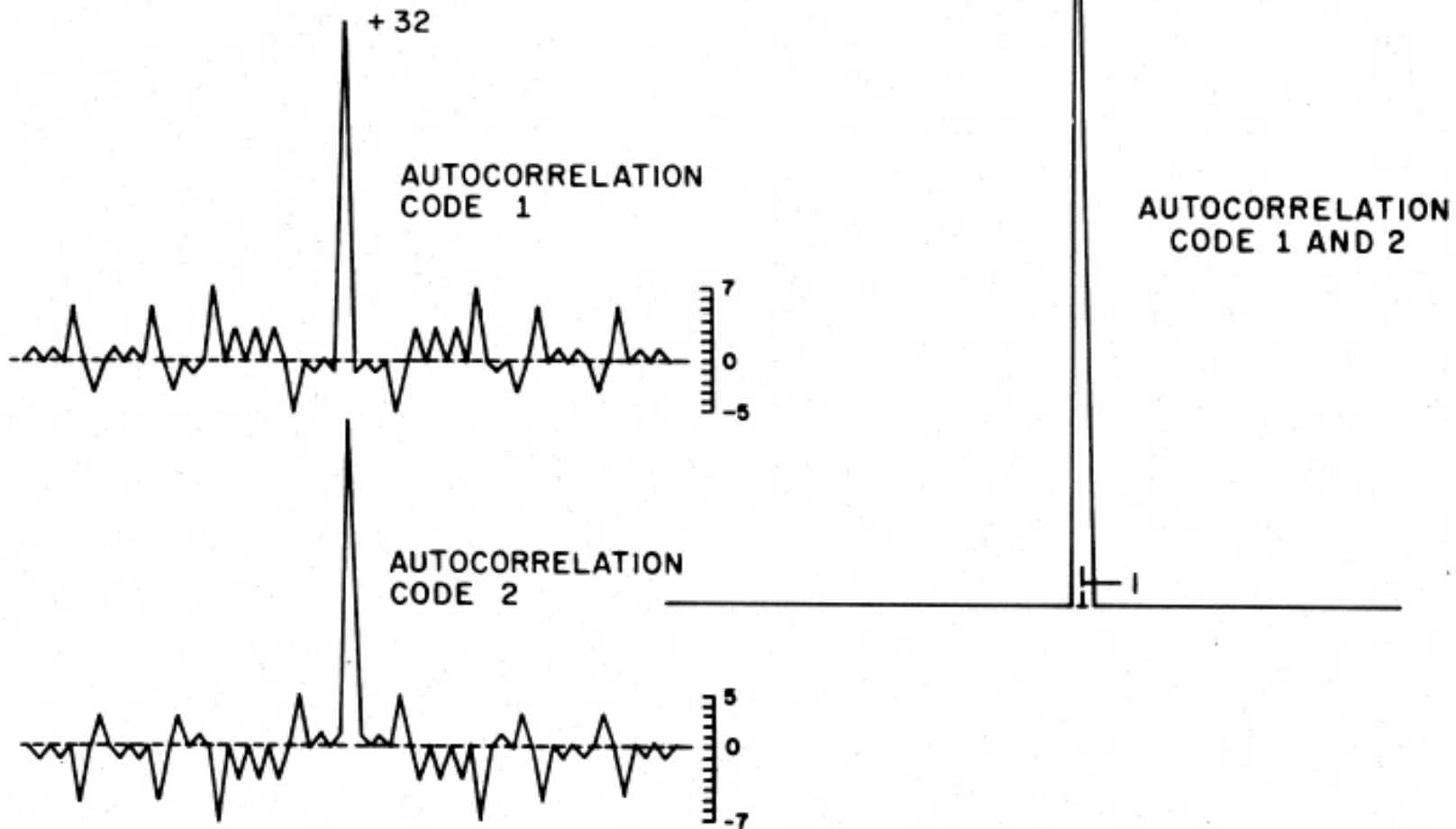
$$\begin{aligned} c_i &= a_i + b_{i-N} \\ d_i &= a_i - b_{i-N} \end{aligned} \quad (1 \leq i \leq 2N) \quad a_i, b_i = 0 \quad (i < 1, i > N)$$

すなわち、 a_i の後ろに b_i を連結したものを c_i とし、 a_i の後ろに b_i の符号を反転して連結したものを d_i とする。このとき、これらの符号の自己相関関数は、それぞれ

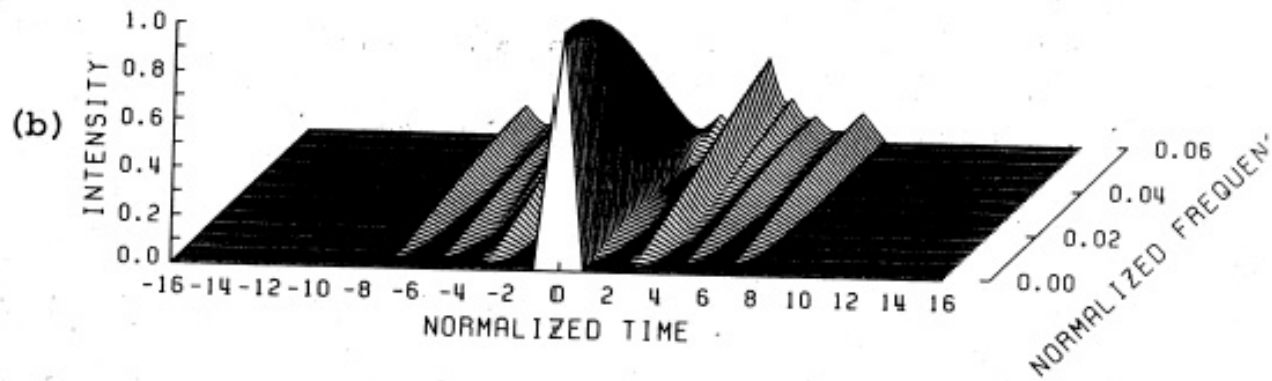
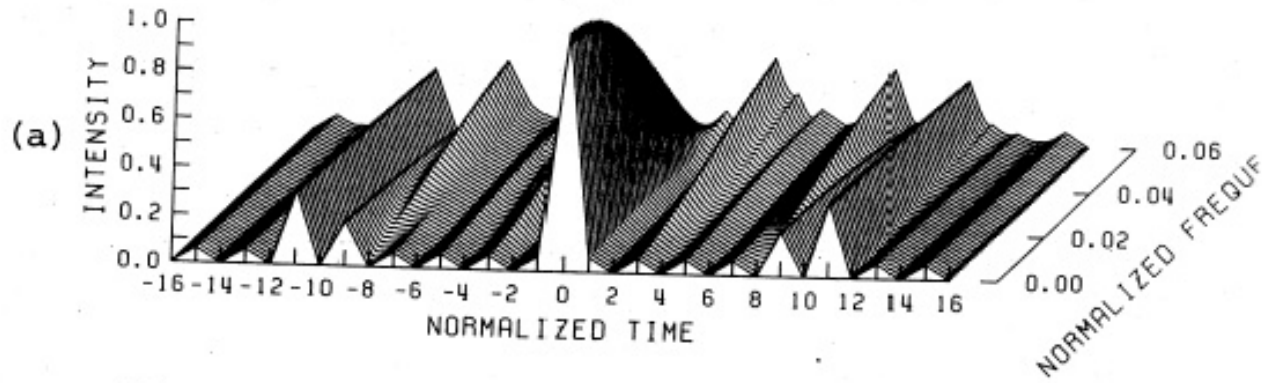
$$\begin{aligned} C_j &= A_j + B_j + \sum_{i=1}^{2N-j} (a_i b_{i+j-N} + a_{i+j} b_{i-N}) \\ D_j &= A_j + B_j - \sum_{i=1}^{2N-j} (a_i b_{i+j-N} + a_{i+j} b_{i-N}) \end{aligned} \quad (1)$$

となるので、これより明らかに c_j と d_j は長さ $2N$ の相補符号を構成する。この操作を繰り返すことにより、上記の $N = 2$ の場合から出発して長さ $N = 2^m$ の相補符号を作ることができる。

32 - BAUD COMPLEMENTARY CODE



AMBIGUITY DIAGRAM
16-ELEMENT COMPLEMENTARY



4 ドップラ - 偏移による圧縮符号の劣化

所望信号のドップラ - 周波数スペクトルを $S(\omega_d)$ とすると、パルス圧縮符号を用いた場合の受信電力は

$$P(t) = \int_{-\infty}^{\infty} |S(\omega_d)A(\omega_d, t)|^2 d\omega_d$$

で与えられる。この場合に、レンジサイドローブ抑圧比を

$$Q \equiv \frac{P_s}{P_c}$$

で定義する。ここに、

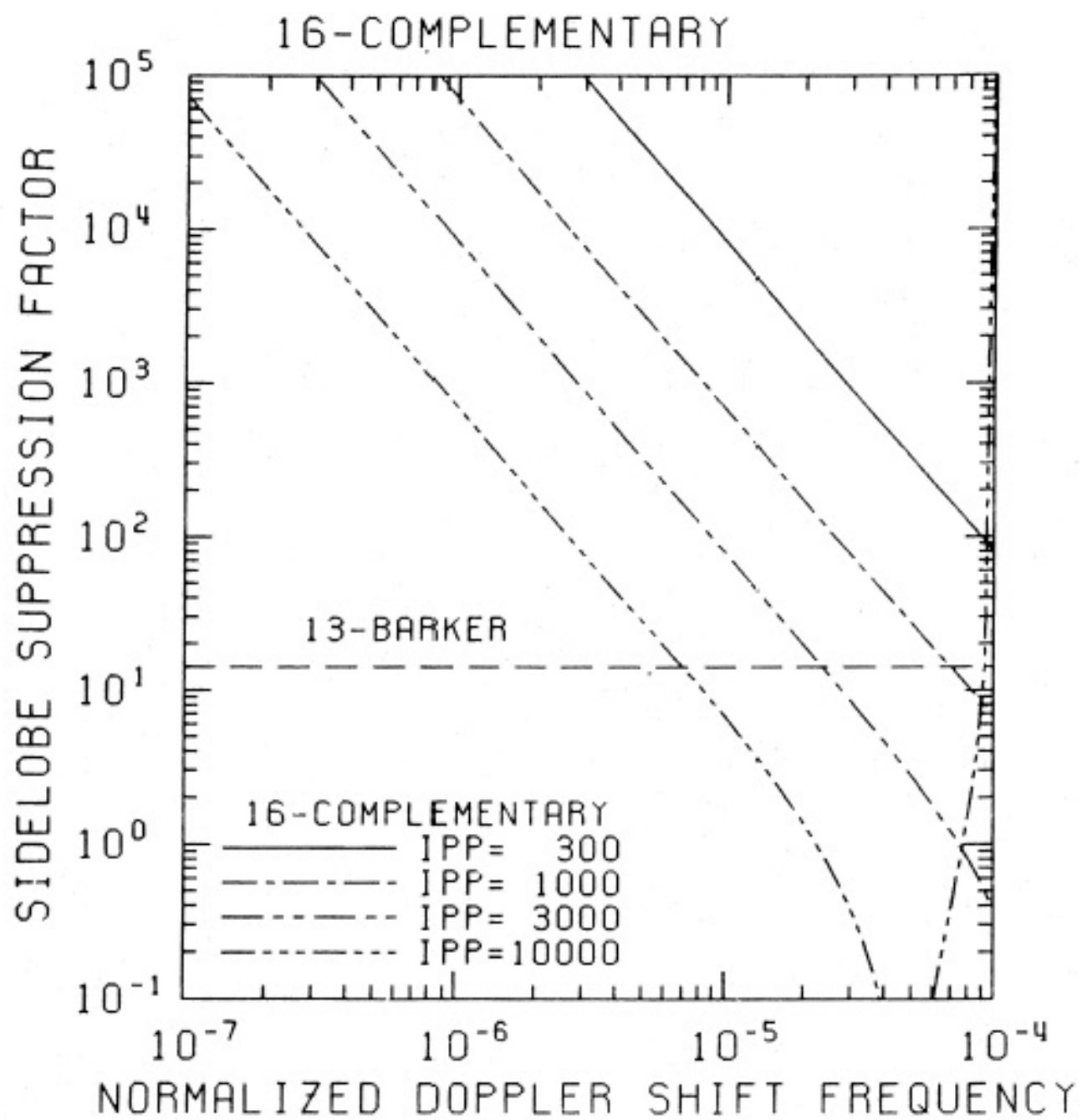
$$\begin{aligned} P_s &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\Delta t}^{\Delta t} |S(\omega_d)A(\omega_d, t)|^2 dt d\omega_d \\ P_c &= \left[\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{-\Delta t} + \int_{-\infty}^{\infty} \int_{\Delta t}^{\infty} \right] |S(\omega_d)A(\omega_d, t)|^2 dt d\omega_d \end{aligned} \quad (2)$$

は、それぞれ信号領域とレンジサイドローブ領域の電力であり、 Δt はパルス圧縮符号の1ビット（これをサブパルスと呼ぶ）の長さである。

例えば相補符号はドップラ - 偏移がない場合（すなわち $S(\omega_d) = \delta(\omega_d)$ となる場合）には無限大の抑圧比を持つが、そのあいまい度関数は

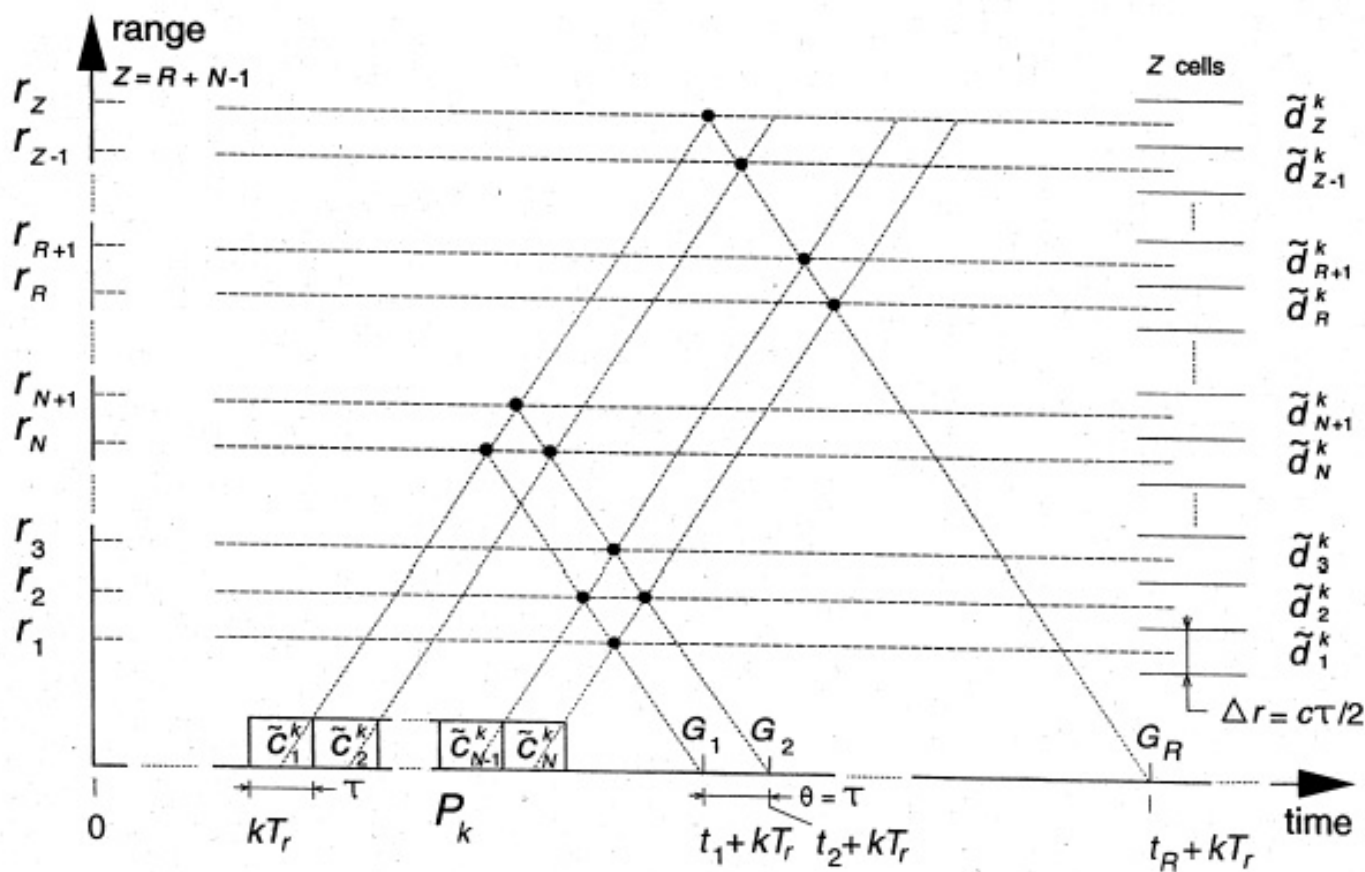
$$A(\omega_d, t) = A_A(\omega_d, t)e^{-j\frac{\omega_d T}{2}} + A_B(\omega_d, t)e^{j\frac{\omega_d T}{2}}$$

で与えられる。ここに $A_A(\omega_d, t)$ および $A_B(\omega_d, t)$ はそれぞれ相補符号を構成する二つの符号のあいまい度関数である。



5 相補符号の特性改善 (Spano 符号)

相補符号を連結する際、二つの符号の前後の入れ替えや、一方の符号の反転を行っても相補性は保たれるため、多数の異なる符号の組を生成することが可能である。これらの異なる相補符号の組を時間的にさまざまに配列し、その中で Q が大きなものを選ぶことにより、特性劣化を著しく改善することができる。





Configuration 1

A B A B

Autocorrelation

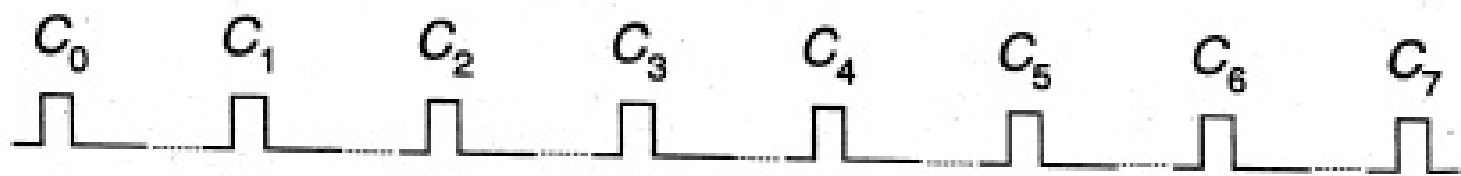
r -r r -r

Configuration 2

A B B A

Autocorrelation

r -r -r r



Configuration 3

A B B A B A A B

Autocorrelation

r -r -r r -r r r -r



