



Pulse Compression

24.4.25 ~ 3W
Sungpyo Cho

この教育では…

- パルス圧縮の定義
- 相関（相互相関関数）の意味
- CWの距離分解能/SNR
- パルス圧縮が必要な理由
- Chirpの距離分解能/SNR

パルス圧縮とは

HW制約

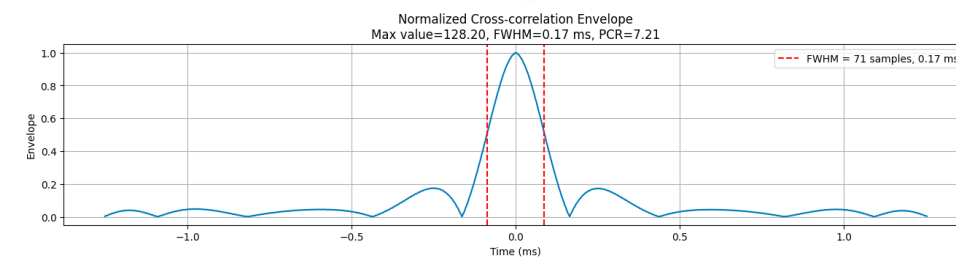
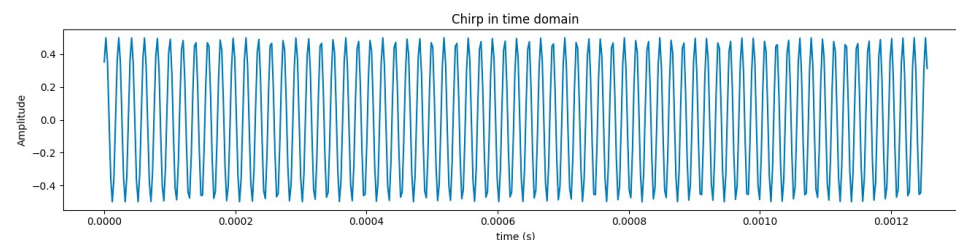
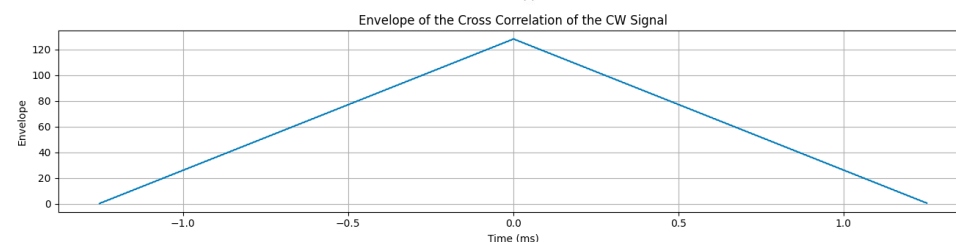
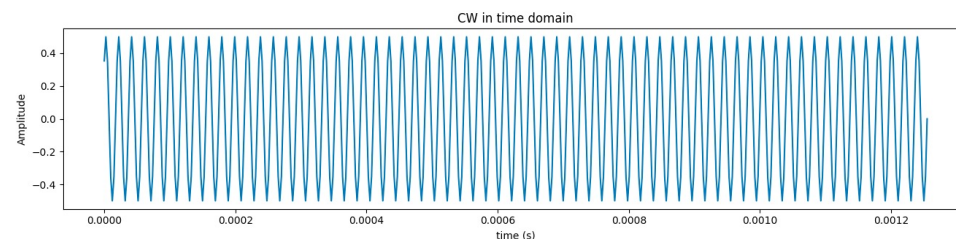
送信信号の…

パルス長
送波強度
周波数帯域

チャープ
+
送信信号と
受信信号の
相互相関

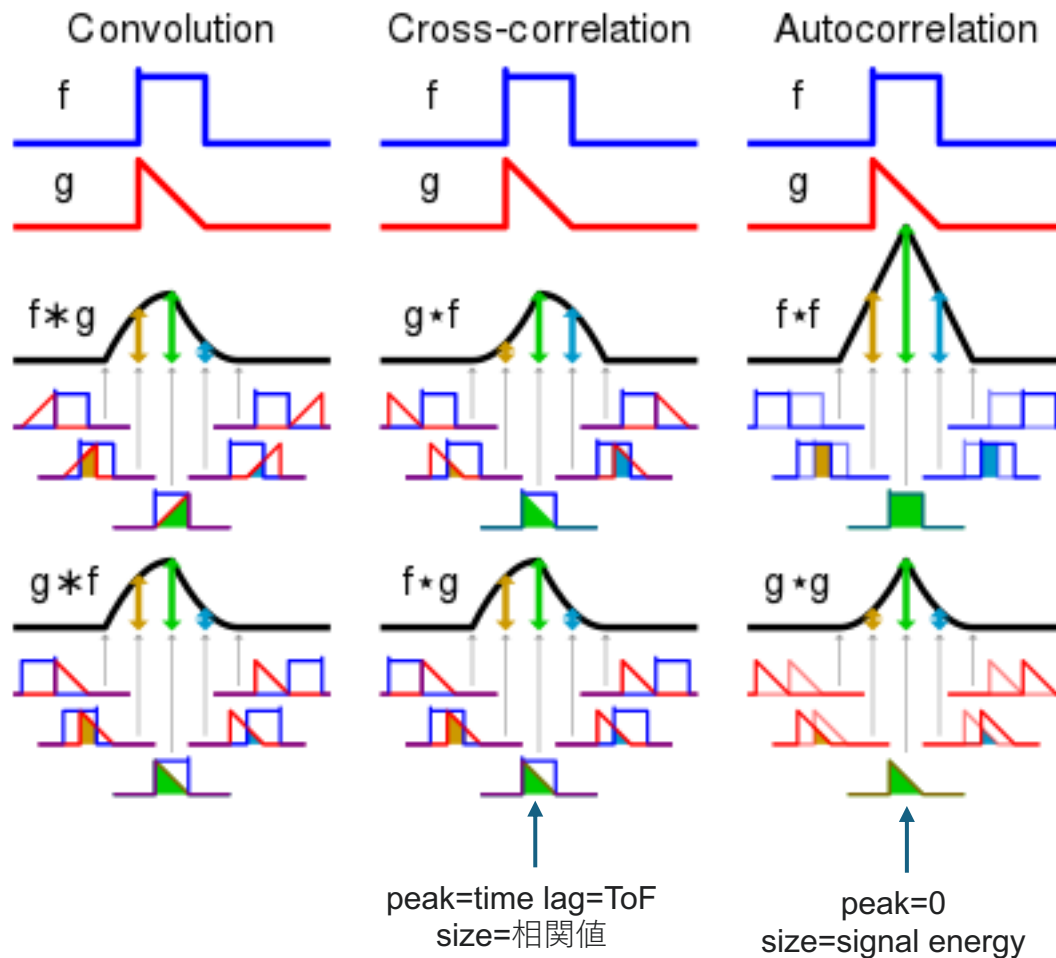
改善

距離分解能
SNR



相互相関(cross-correlation)

二つの時系列信号がどれだけ似ているか？



相互相関(cross-correlation)

統計的には…Y-Xの確率密度関数的なイメージ

$$R_{xy}[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x[m]y^*[m-n]$$

自己相関(autocorrelation)

統計的には…X-Xの確率密度関数的なイメージ

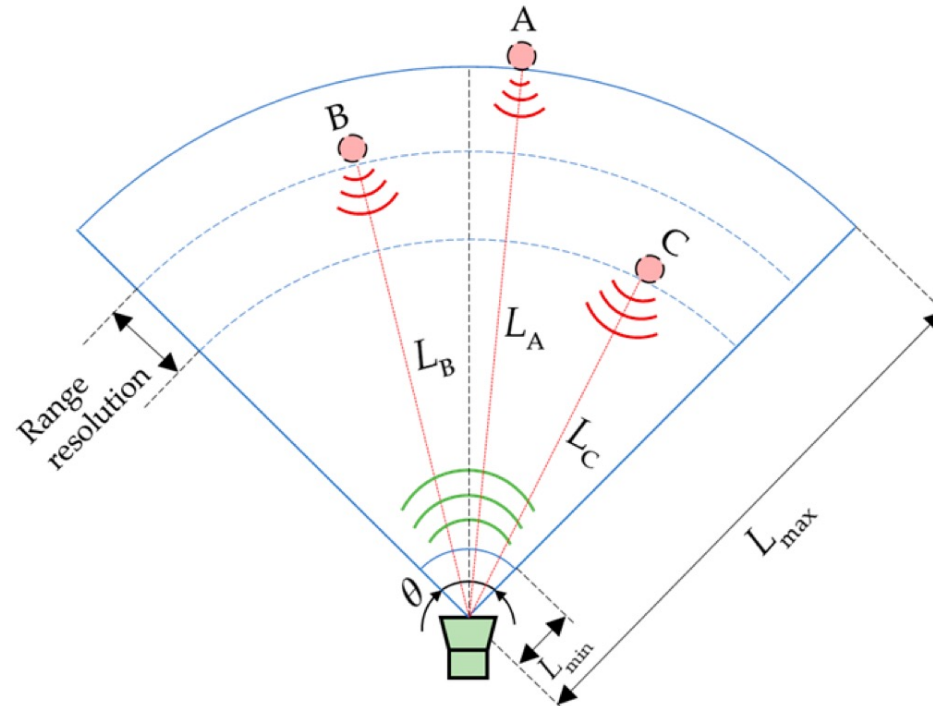
$$R_{xx}[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x[m]x^*[m-n]$$

畳み込み(convolution)

統計的には…X+Yの確率密度関数

$$R_{xy}[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x[m]y^*[n-m] = (x[m] * y^*[m])[n]$$

距離分解能 (range resolution)

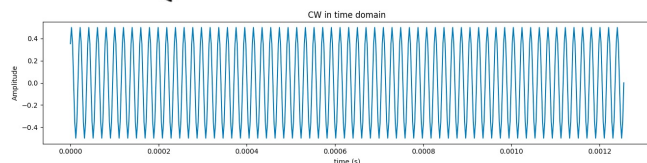


It is the minimal range difference needed to distinguish the movement of a target along one bearing.
(the axial distance between the measured points B and C in Figure)
The range resolution is the highest accuracy that can be achieved by ultrasonic ranging systems.

CWの距離分解能

送信信号

$$s(t) = \begin{cases} e^{2i\pi f_0 t} & \text{if } 0 \leq t < T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

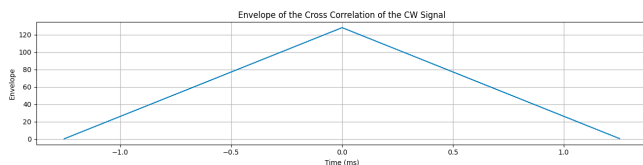


受信信号

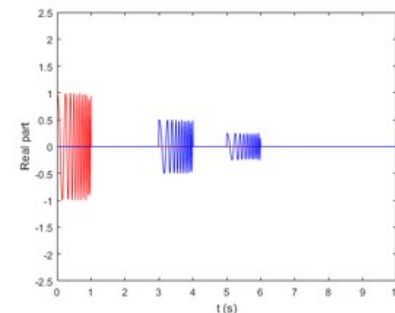
$$r(t) = \begin{cases} Ae^{2i\pi f_0(t-t_r)} + N(t) & \text{if } t_r \leq t < t_r + T \\ N(t) & \text{otherwise} \end{cases}$$

Cross-correlation(matched filter)

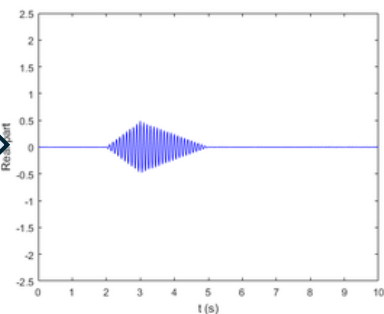
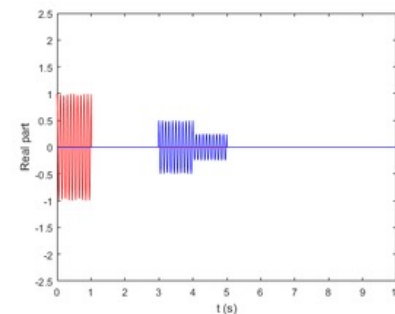
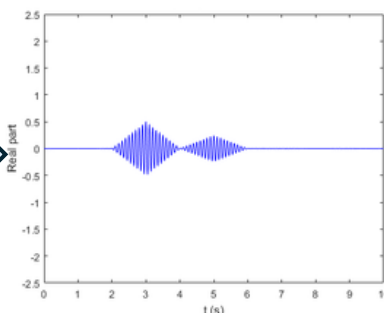
$$\begin{aligned} \langle s, r \rangle(t) &= \int_{t'=0}^{+\infty} s^*(t')r(t+t')dt' \\ &= A\Lambda\left(\frac{t-t_r}{T}\right)e^{2i\pi f_0(t-t_r)} + N'(t) \end{aligned}$$



Before match filter



After match filter



二つの反射を分離するには
二つのパルスのToFがT以上離れるべき

距離分解能は $\frac{1}{2}cT$

CWのSNR

受信信号のエネルギー

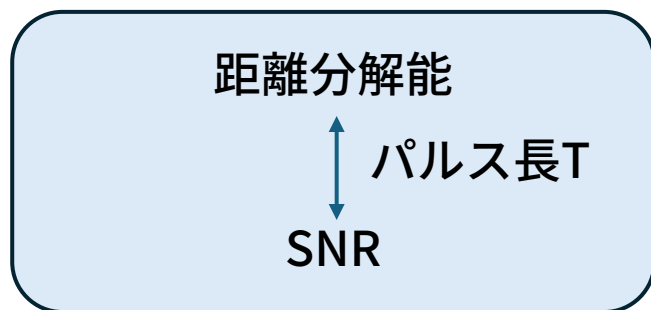
$$P(t) = |r|^2(t) \xrightarrow{\text{t時刻の瞬間パワー}} E = \int_0^T P(t) dt = A^2 T$$

信号のエネルギー

Signal-to-Noise-Ratio

$$SNR = \frac{E_r}{\sigma^2} = \frac{A^2 T}{\sigma^2}$$

CWのトレードオフ



Chirp+パルス圧縮

