

ロックインアンプについて

有本靖 KEK

日付 2010年8月22日 サマーチャレンジ

ノイズ

- * 測定系には必ず必要な信号にノイズ（雑音）が含まれる。
- * 出来るだけ信号を歪めず真の信号を抜き出す工夫が必要。
- * これは信号に対する雑音のレベルを大きくすることに相当する。

SN比を大きくする。

SN比とは

* 信号(Signal)とノイズ(Noise)の大ききの比。

$$\frac{S}{N} = \frac{\int_{\omega_1}^{\omega_2} S(\omega) d\omega}{\int_{\omega_1}^{\omega_2} N(\omega) d\omega}$$

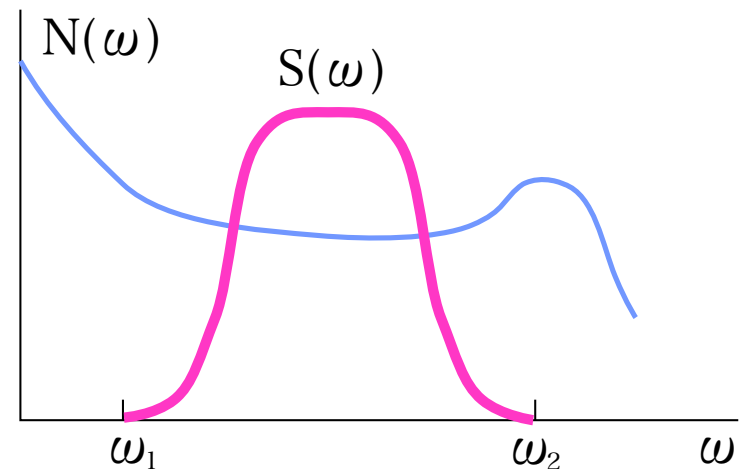
S: 信号、

N: ノイズ、

ω : 振動数、

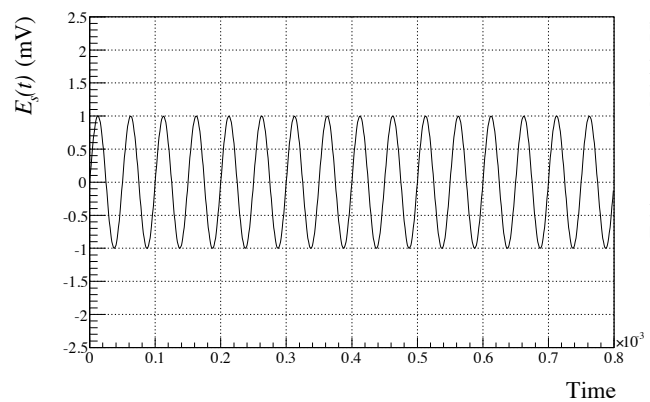
ω_1 : 測定振動数下限値、

ω_2 : 測定振動数上限値

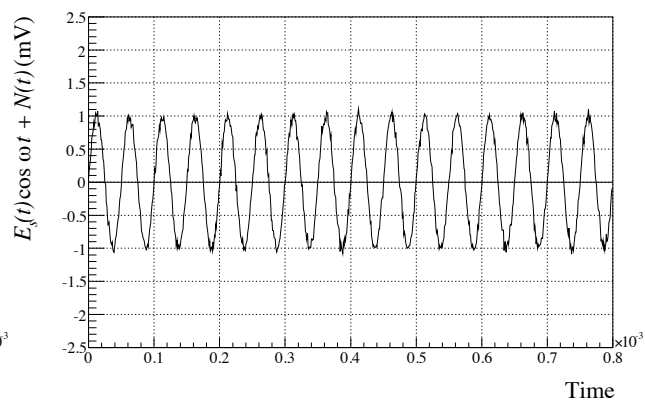


測定器の信号

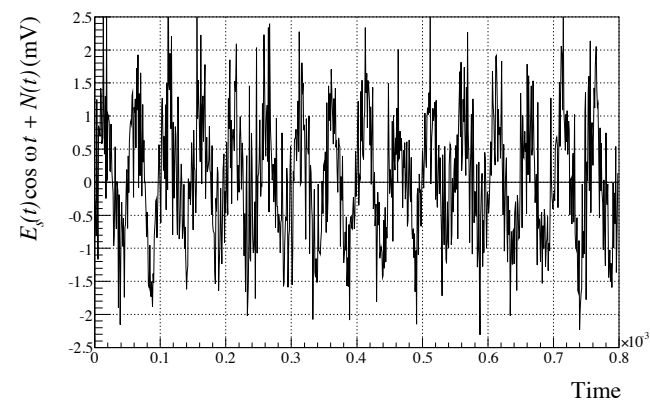
$S/N = \infty$



$S/N = 20$



$S/N = 1.5$



SN比を良くするためには

- * ノイズの原因をなくす。
 - * ノイズハンティング
- * 信号を大きくする。
 - * プリアンプ
- * 信号以外の周波数帯域のものを取り除く。
 - * フィルター回路
 - * 信号の周波数帯域を変えてノイズ成分と分離

ロックインアンプとは

- ✦ 信号を変調することにより信号成分のスペクトルと雑音のスペクトルとの主成分とを分離して、位相敏感検波（PSDと呼ぶ）により、よいSN比で検出する方法をロックイン検出と呼び、これを用いる増幅器をロックインアンプと呼ぶ。

ロックインアンプの原理 I

- ❖ 変調した測定信号を入力
- ❖ 内部発振器により正弦波を生成
- ❖ 測定信号と発振器の正弦波を掛算
- ❖ 上記の結果をローパスフィルターによって積分

ロックインアンプの原理 II

変調された測定信号 $s(t) \cos \omega t + n(t)$

発振器からの正弦波 $K \cos(\omega_r t + \phi)$

(変調された測定信号) \times (発振器からの正弦波)

$$\begin{aligned} & K \cos(\omega_r t + \phi) [s(t) \cos \omega t + n(t)] \\ &= \frac{K s(t)}{2} [\cos(\delta \omega t + \phi) + \cos(2\omega t + \delta \omega t + \phi)] + K n(t) \cos(\omega t + \delta \omega t + \phi) \end{aligned}$$

ローパスフィルター通過後

$$\begin{aligned} & \frac{K}{2T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \cos(\delta \omega t + \phi) dt + \frac{K}{2T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \cos(2\omega t + \delta \omega t + \phi) dt + \frac{K}{T} \int_{-T/2}^{T/2} n(t) \cos(\omega t + \delta \omega t + \phi) dt \\ & \sim \frac{K s(t)}{2} \cos(\delta \omega t + \phi) \end{aligned}$$

2位相ロックインアンプ

-
-
- ❖ ロックインアンプ出力

$$1/2K s(t) \cos(\delta\omega t + \phi)$$

- ❖ 位相差 ϕ が残ってしまう。
- ❖ 発振器の位相を知るために、 90° 位相のずれた正弦波を用いる。この時の出力は以下の通りである。

$$1/2K s(t) \sin(\delta\omega t + \phi)$$

- ❖ 位相が 90° ずれた参照信号を利用したロックインアンプを2位相ロックインアンプと呼ぶ。

2位相ロックインアンプの出力

2つの出力を用いて以下のように位相差と振幅が得られる。

$$X(t) = s(t) \cos(\delta\omega t + \phi)$$

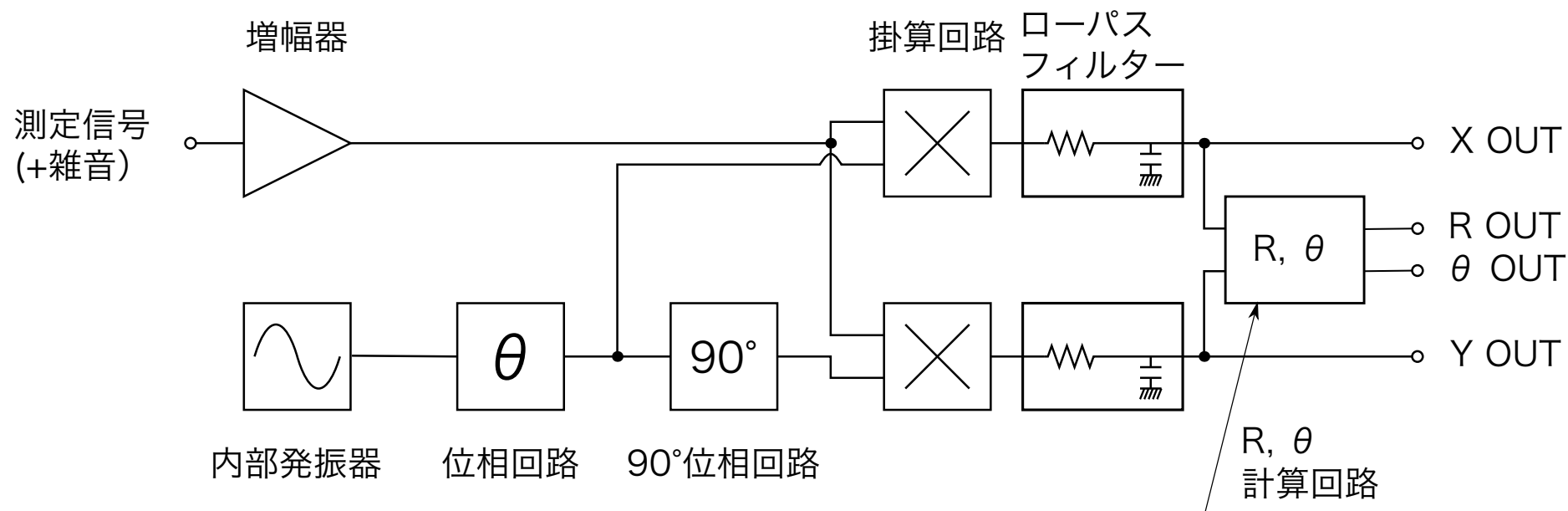
$$Y(t) = s(t) \sin(\delta\omega t + \phi)$$

$$R(t) = s(t) = \sqrt{X(t)^2 + Y(t)^2}$$

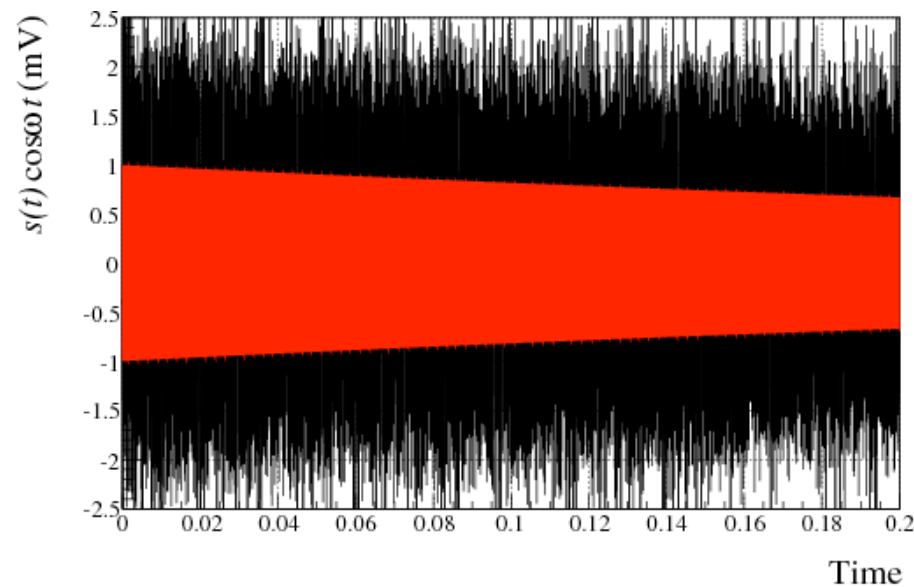
$$\theta(t) = \delta\omega t + \phi = \tan^{-1} \left(\frac{Y(t)}{X(t)} \right)$$

ここで前出のKは2とおいた。

ロックインアンプ回路図

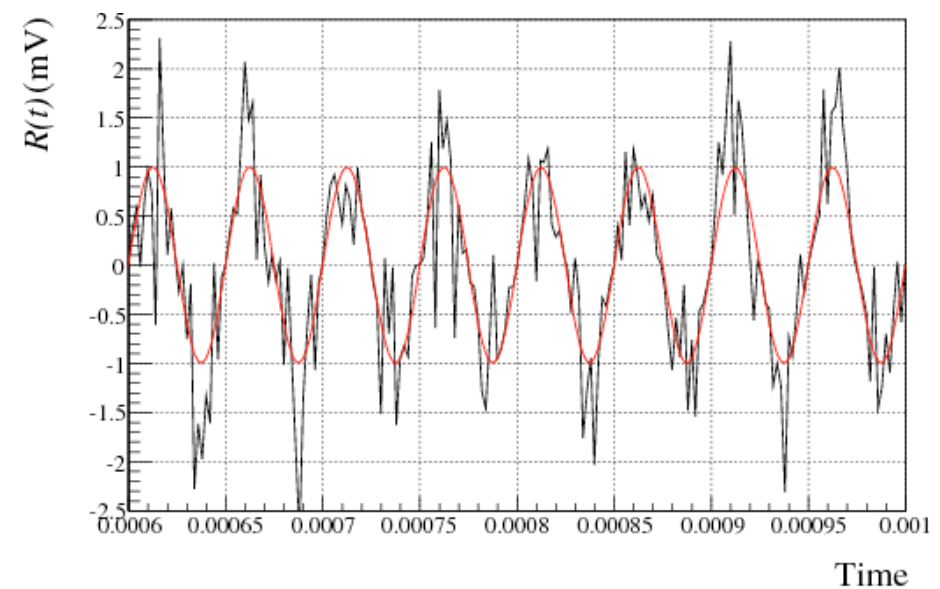


ロックインアンプシミュレーション： 入力信号



測定信号: $s(t) \cos \omega t + n(t)$

赤はノイズの無い時の信号



測定信号 (横軸を拡大)

ロックインアンプシミュレーション： 出力信号

