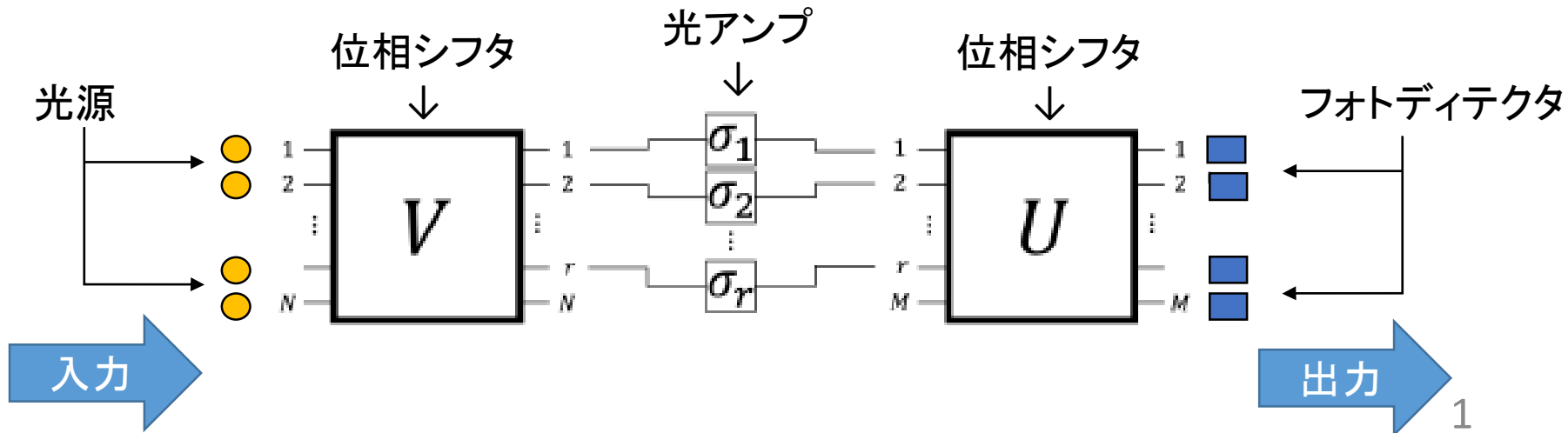


1/20 ゼミ
実験結果報告

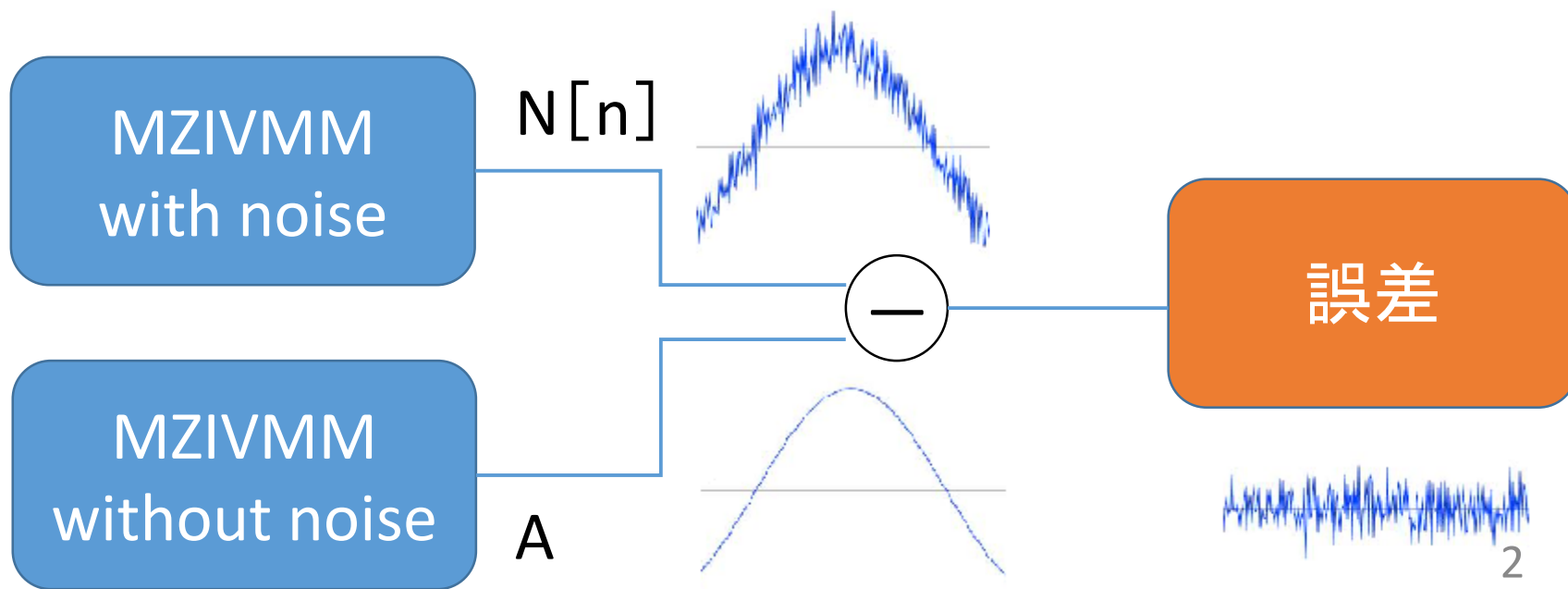
MZIVMM

- 今回は 3×3 のMZIVMMを使用する
- 雑音源
 - 光源
 - 位相シフトの制御信号
 - 光アンプ
 - フォトディテクタ



実験方法

- シミュレータ上で、雑音なしのMZIVMMと雑音ありのMZIVMMで同じ演算を実行
- ある瞬間においての雑音なしのMZIVMMの出力した値をA, 雑音ありのMZIVMMの出力した値を $N[n]$ とし、その誤差を計測.



ERRORの定義

- ERRORの定義はm回誤差の測定を行ったとすると

$$ERROR = \frac{1}{m} \sum_{n=1}^m |N[n] - A|$$

$N[n]$: ノイズありのMZIVMMの出力

A : ノイズなしのMZIVMMの出力

各雑音を導入した場合のERRORを測定する

実験 フォトディテクタ(PD)

- フォトディテクタ(PD)のノイズ

- 共に白色雑音
- ショット雑音電力

- $\sigma_{shot}^2 = 2qI_L\Delta f$

q: 電子1個あたりの電気量

($1.60217662 \times 10^{-19}$ [C])

I_L : 入射光による発生電流[A]

Δf : 雑音帯域幅[Hz]

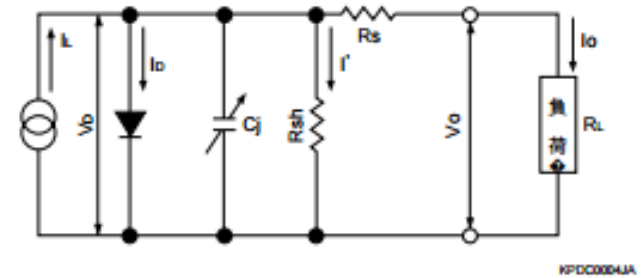
- 熱雑音電力

- $\sigma_{thermal}^2 = \frac{4k_B T \Delta f}{R_{sh}}$

k_B : ボルツマン定数 ($1.38064852 \times 10^{-23}$ [m² kg s⁻² K⁻¹])

T: 絶対温度[K]

R_{sh} : 並列抵抗[Ω]



I_L : 入射光による発生電流 (光量に比例)

I_D : ダイオード電流

C_j : 接合容量

R_{sh} : 並列抵抗

R_s : 直列抵抗

I' : 並列抵抗電流

V_D : ダイオード両端の電圧

I_o : 出力電流

V_o : 出力電圧 ◆

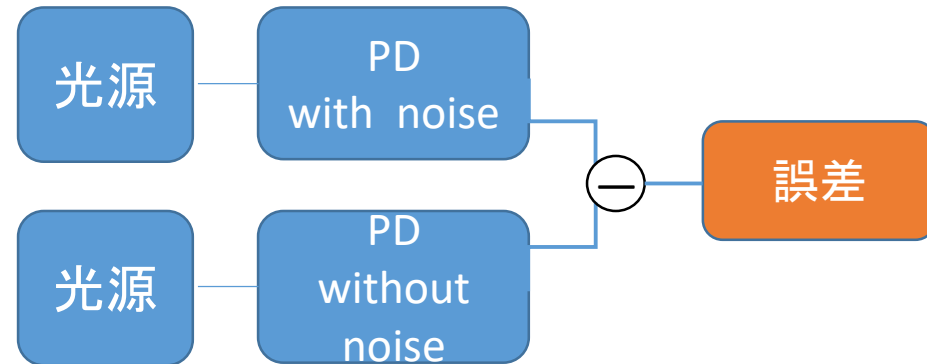
実験 フォトディテクタ(PD)

- 実験方法

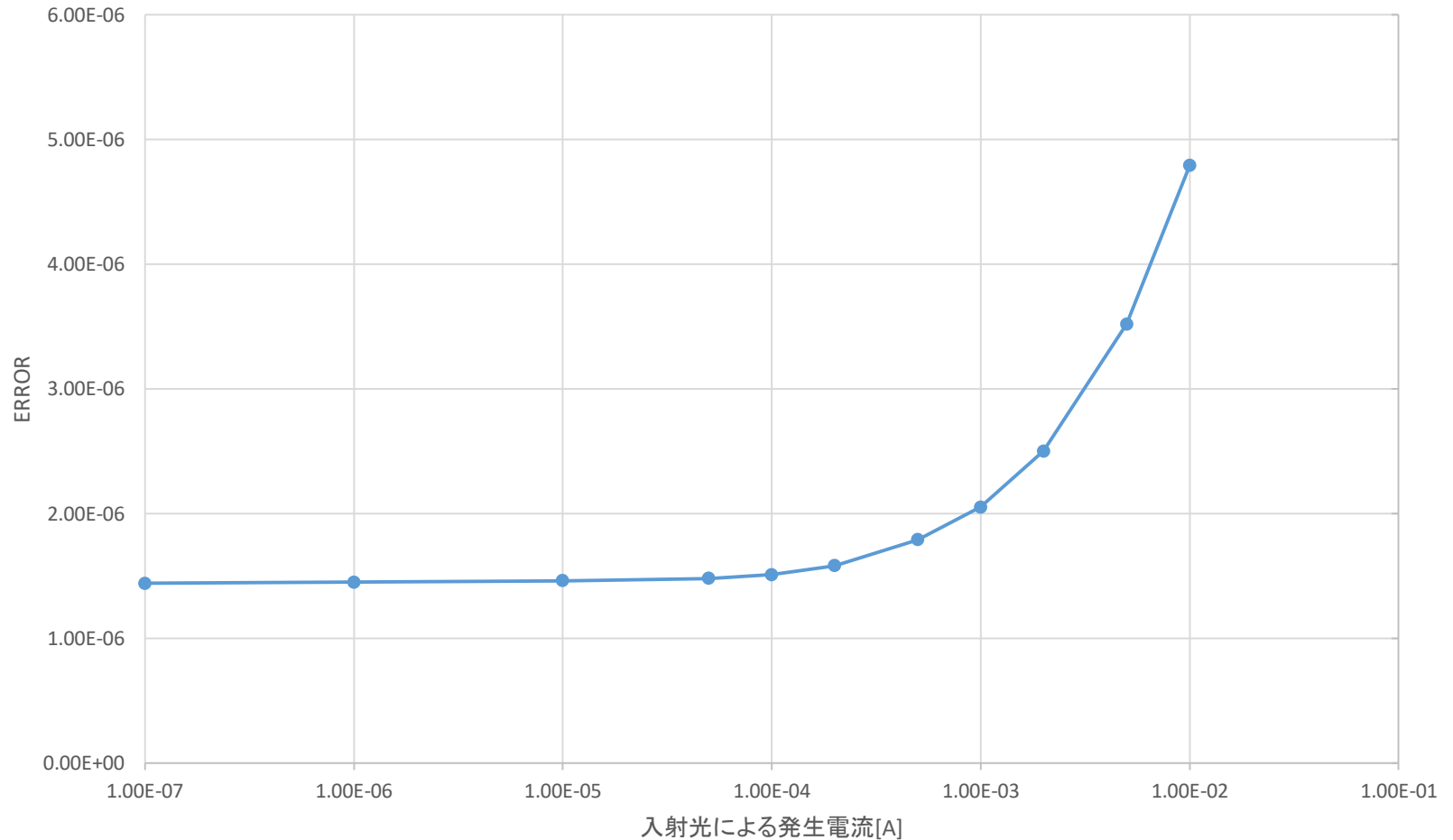
- 光源とPDを直結し、入射光による発生電流の大きさを
変えて誤差の絶対値を測定

- 実験条件

- 雑音帯域幅 Δf 10GHz
- 並列抵抗 R_{sh} 50 Ω
- 絶対温度 300K
- 受光感度 1 [A/W]
 - 光1Wが1Aの電流に変換される



実験結果 フォトディテクタ(PD)



位相シフタ

- 位相シフタの雑音

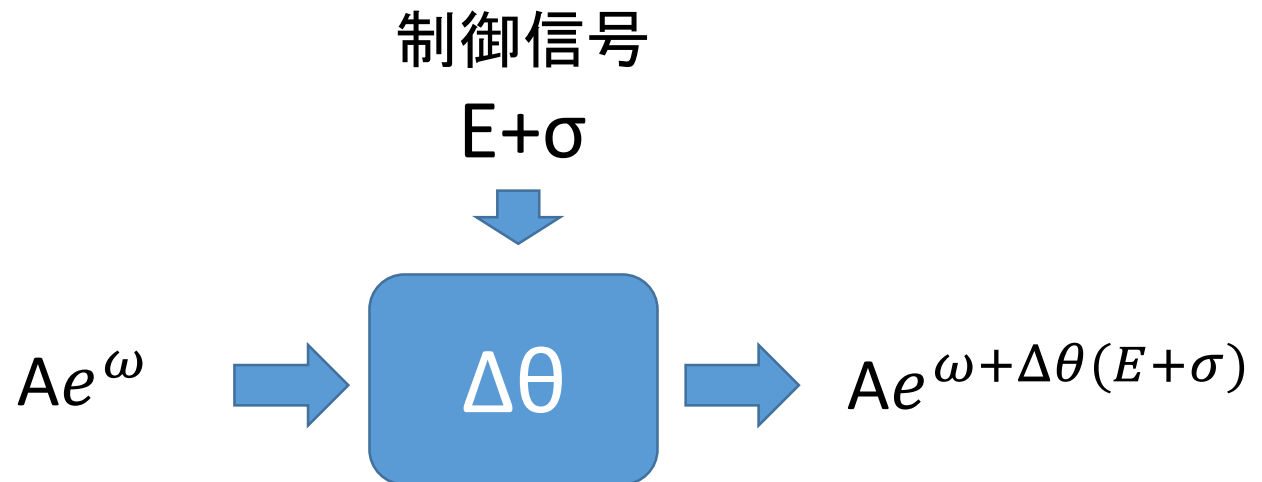
- 位相シフタの位相の変化量 θ

$$\theta = \Delta\theta(E + \sigma)$$

E : 位相シフタの制御信号の電力 [W] ($0 \leq E \leq 1$)

$\Delta\theta$: 制御信号が1の時の位相の変化量 [deg]

σ : 位相シフタの制御信号の雑音電力 [W]

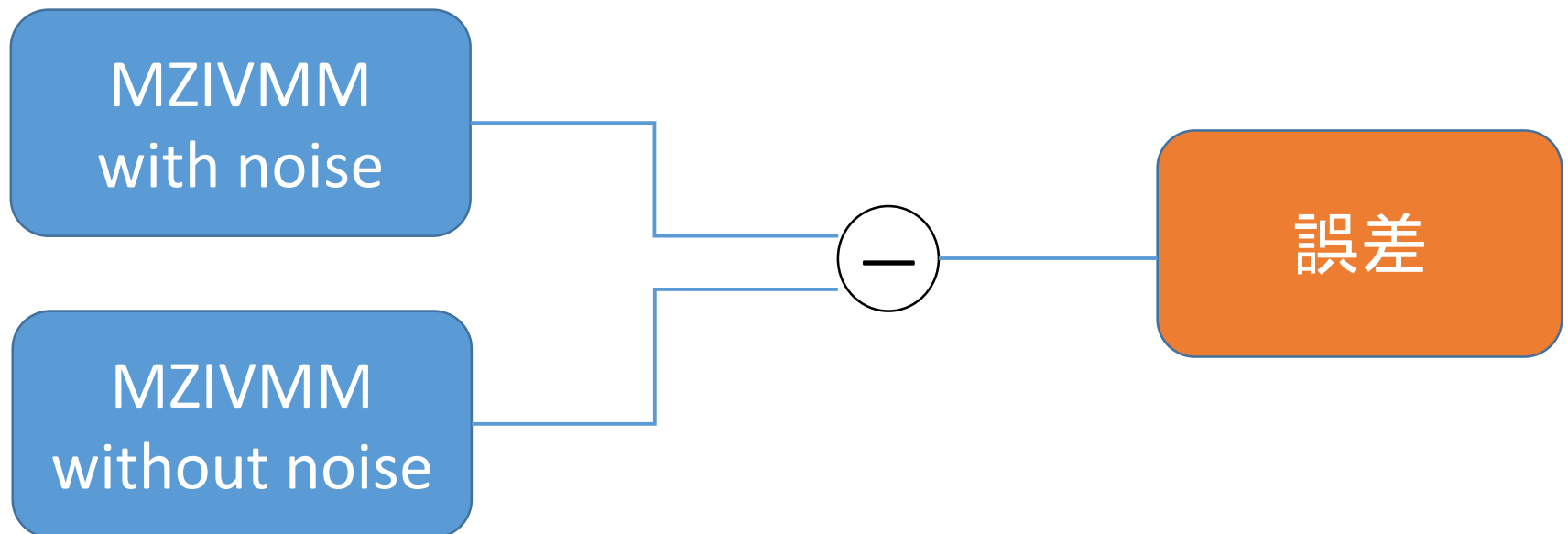


実験 位相シフタ(PS: Phase Shifter)

- 実験方法
 - 雑音なしのMZIVMMと雑音ありのMZIVMMで同じ演算を実行し、ERRORを計測
- 実験(1)
 - MZIVMMの全ての位相シフタの位相の変化量 $\Delta\theta$ を変えて、ERRORを計測
 - ERRORが最も大きくなる位相の変化量 $\Delta\theta$ を推定(ワーストケースの推定)
- 実験(2)
 - 実験(1)で推定したワーストケースの条件下で、位相シフタの制御信号の雑音電力の割合を変えて、ERRORを計測する

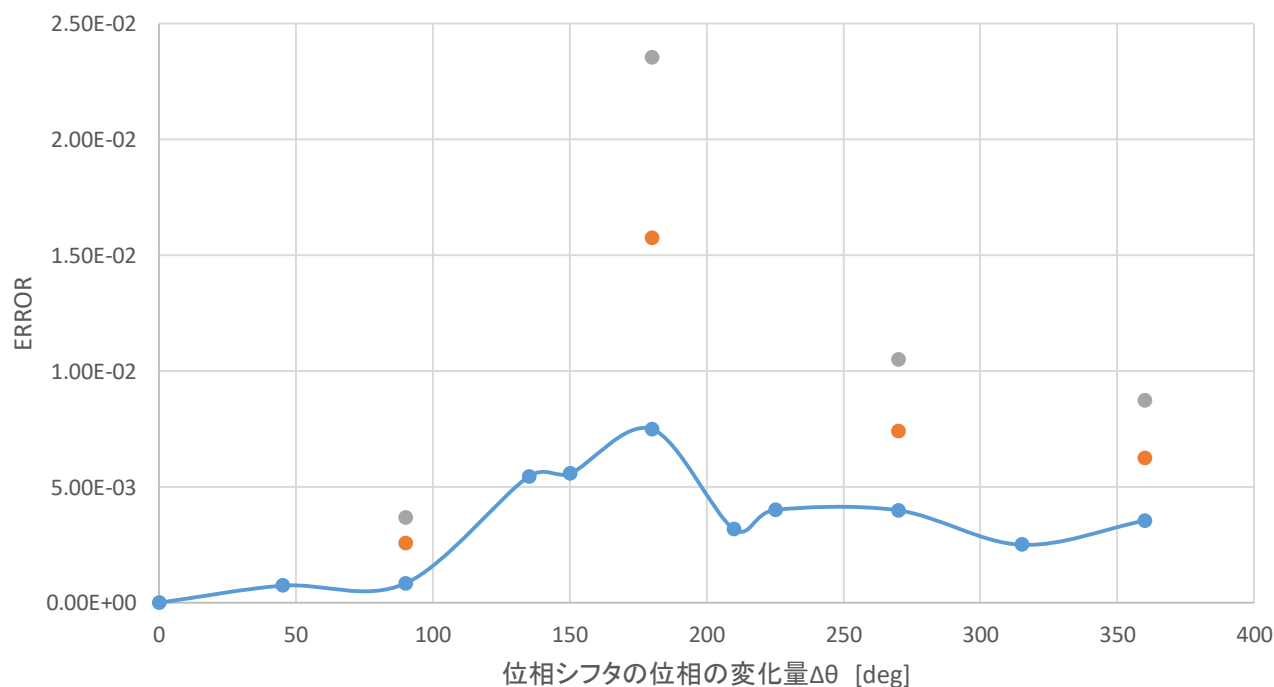
PS 実験(1)

- 実験の条件
 - 光源の電力 100mW
 - アンプのゲイン 0dB
 - 制御信号の電力に対する雑音電力 0.01, 0.5, 0.1[%]
- MZIVMMの全てのMZIの位相の変化量を同じ値にして、その値を変えてERRORを測定



PS 実験(1) 実験結果

制御信号の電力に対する雑音電力 0.01, 0.5, 0.1[%]

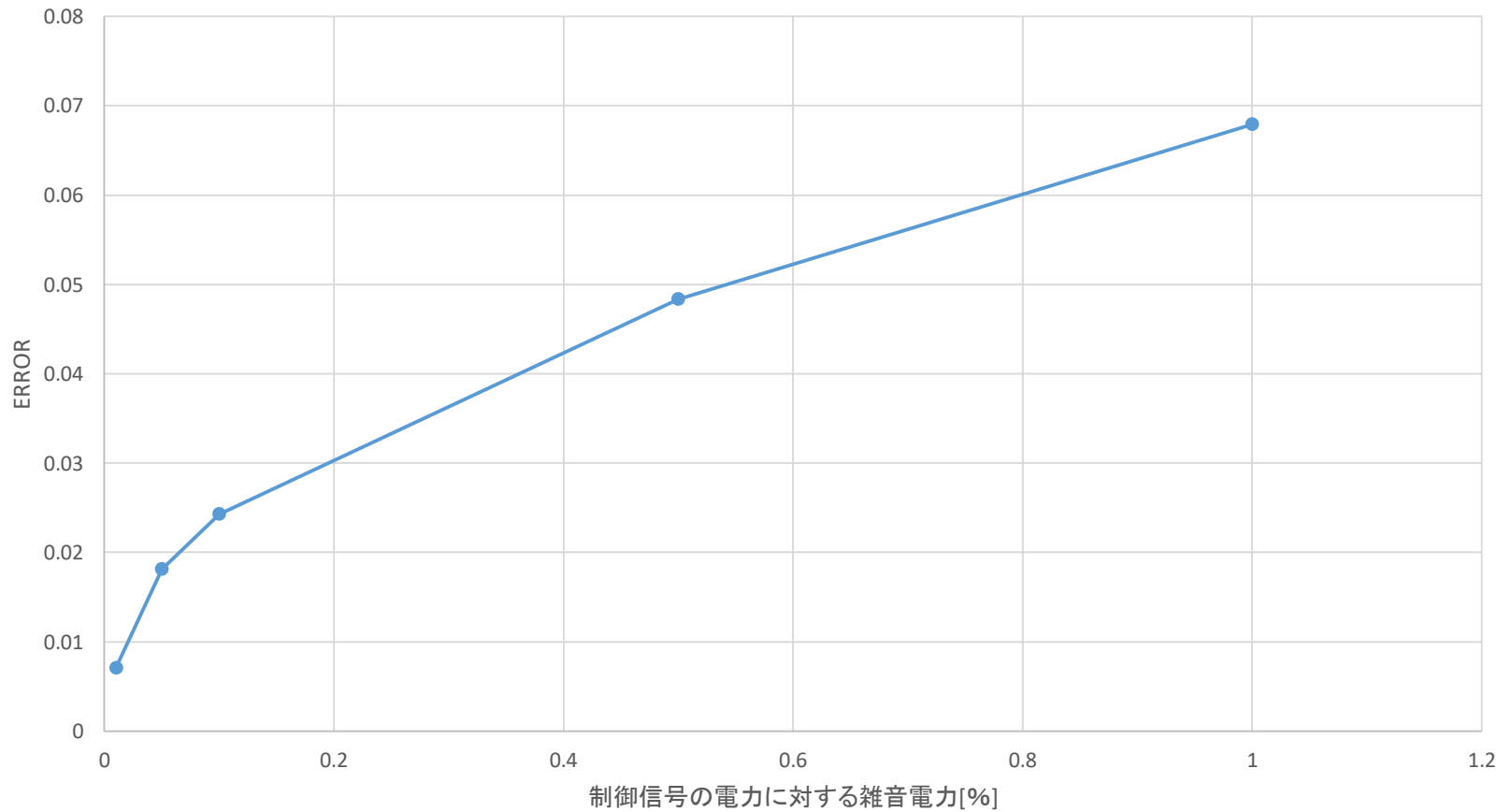


$\Delta\theta = 180$ [deg] のときが最もERRORが大きくなる

PS 実験(2)

- 実験の条件
 - MZIVMMのすべての位相シフタの位相の変化量
180 [deg]
 - 光源のパワー 100mW
 - 光アンプのゲイン 0dB
 - 位相シフタの制御信号の電力に対する雑音電力[%]を変えて、ERRORを測定

PS 実験(2) 実験結果



議論したいこと1

- 位相シフタとフォトディテクタ、ともにノイズを入れたときのグラフの横軸
 - 案1: 位相シフタの制御信号電力に対する雑音電力
 - 案2: フォトディテクタの入射光による発生電流(フォトディテクタの入射光のパワー)

議論したいこと2

- 最終目標までのステップと卒論の位置づけ

最終目標: MZIVMMで何ビット相当の計算までならばある程度の正確さを保って演算できるかを明らかにし、MZIVMMの量子化ビット数と計算の正確さの関係の評価の指標を作る

議論したいこと2

- 最終目標を達成するために必要なステップ

Step1: 各雑音源について、その雑音源1種類がMZIVMMの出力結果を波形としてみたときにどれほどの誤差を生じさせるかを明らかにする

Step2: 雑音源を複数組み合わせ、MZIVMMの出力結果を波形としてみたときに雑音によってどれほどの誤差を生じさせるかを明らかにする

Step3: MZIVMMの出力波形の誤差から、その波形を量子化したときに数値としてどれほどの誤差が生じるかを明らかにする

議論したいこと2

- 卒論の立ち位置としてはStep1の途中

Step1: 各雑音源について、その雑音源1種類がMZIVMMの出力結果を波形としてみたときにどれほどの誤差を生じさせるかを明らかにする

- Step1-1 フォトディテクタの雑音について
- Step1-2 位相シフタの雑音について
- Step1-3 光アンプの雑音について
- Step1-4 光源の雑音について