

# リニア共振アクチュエータに関する研究

大阪大学大学院工学研究科 知能・機能創成工学専攻 平田研究室

## 研究背景・目的

### リニア共振アクチュエータ

・利点  
共振を用いているため、高効率化が可能。  
小型化・高速化が可能

・欠点  
負荷が発生すると、振幅が減少

➡ フィードバック制御が必要



### リニア共振アクチュエータのPWMフィードバック制御下での動作解析法の開発

#### 有限要素法によるアクチュエータ設計

計算機の発達により有限要素法を活用することで

- ・磁界方程式
- ・電気回路方程式
- ・運動方程式

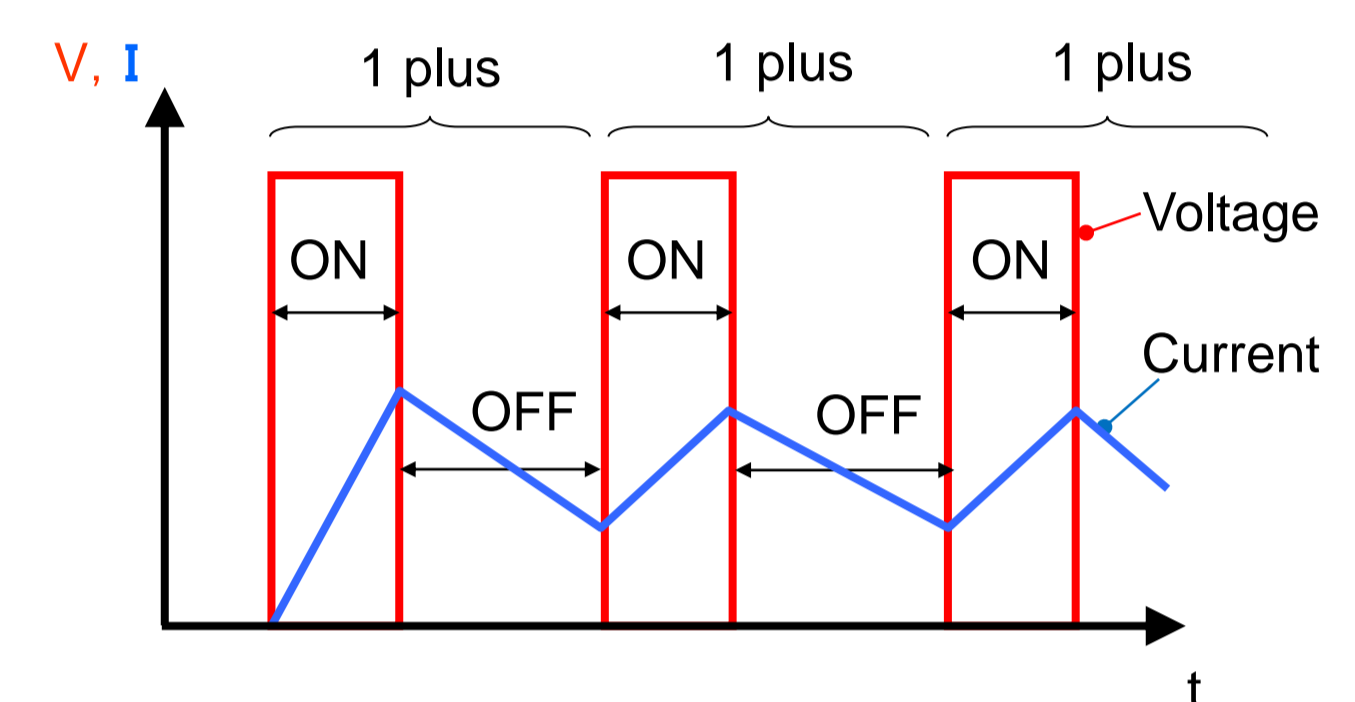
を連成させて、アクチュエータの動作特性解析が可能

## PWM制御概要

### PWM制御

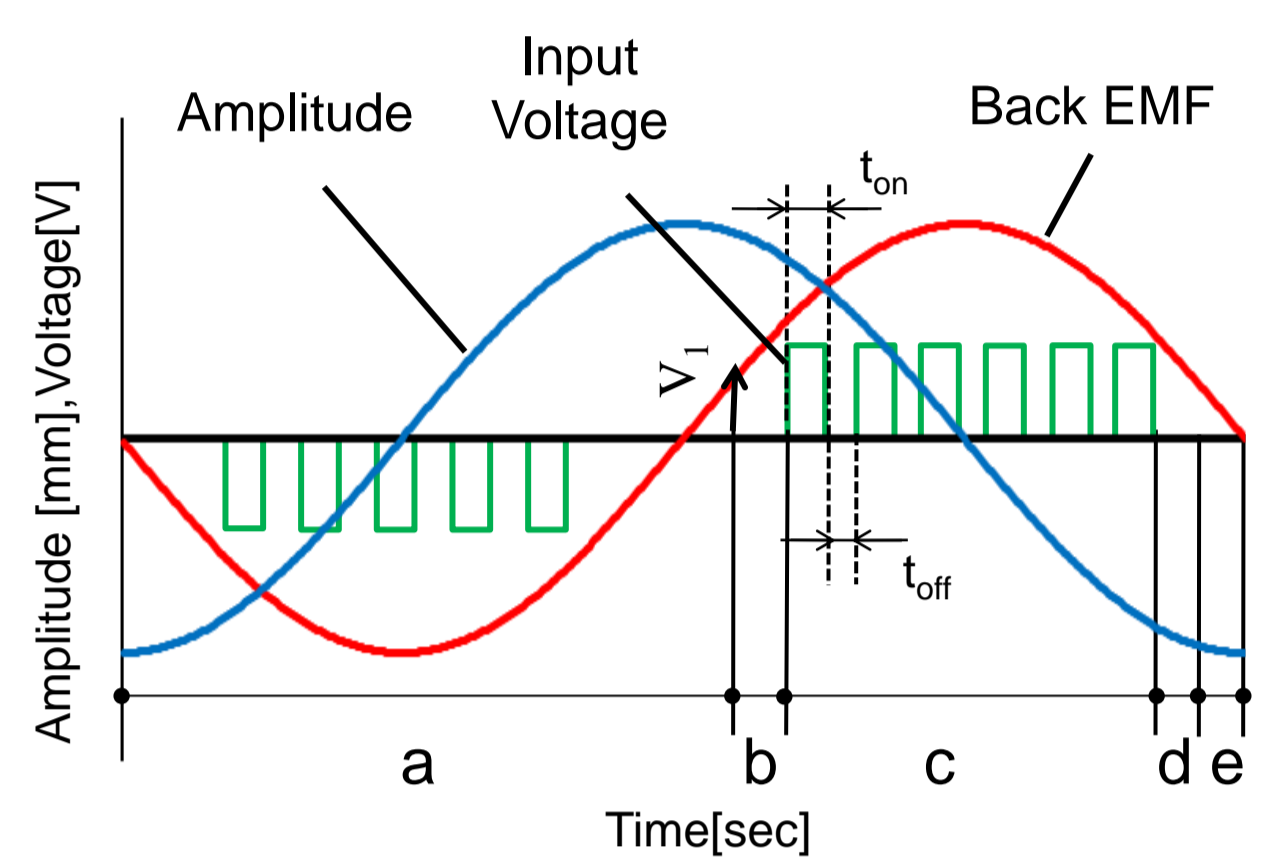
PWM = Pulse Width Modulation

パルス波のONとOFFの比率を変える

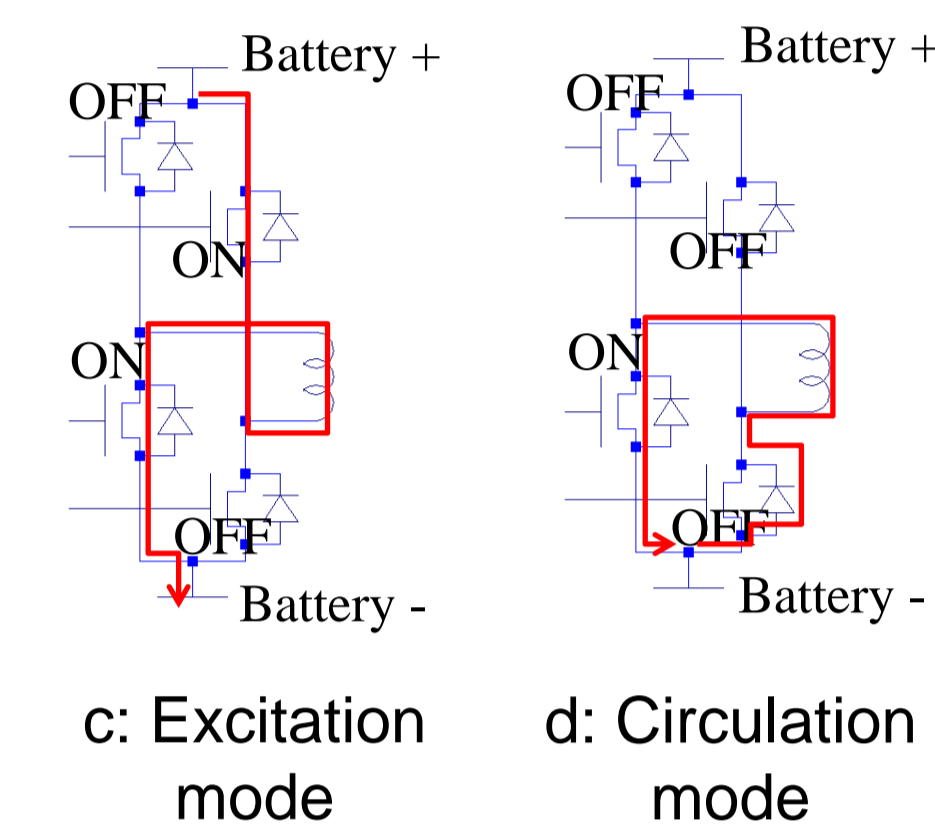


電圧OFFにおいても電流が流れる  
⇒電力0で推力が発生

### PWMフィードバック制御概要

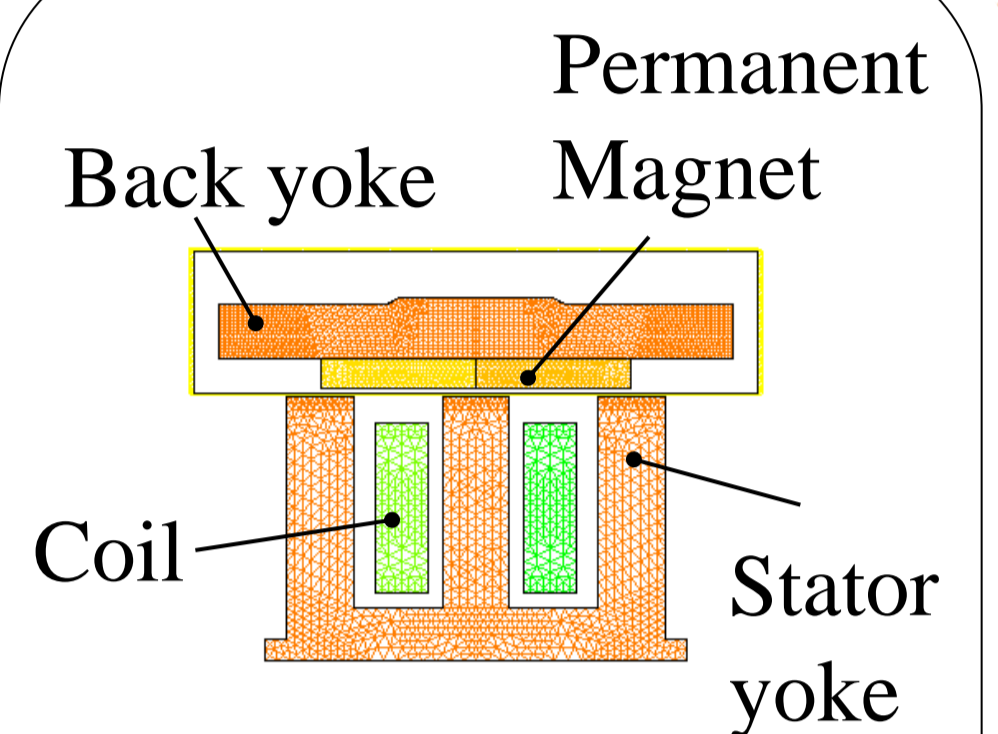


- a: 電圧検知区間  
逆起電圧が0となつてから一定時間後の逆起電圧を検知
- b: 電圧遅延区間  
逆起電圧が0となつてから一定時間後に電圧を印加



- c: 電圧印加区間  
区間aの逆起電圧より決定される時間だけパルス電圧を印加
- d: 回路回生区間  
ダイオードにより回路に電流を流す
- e: 回路開放区間

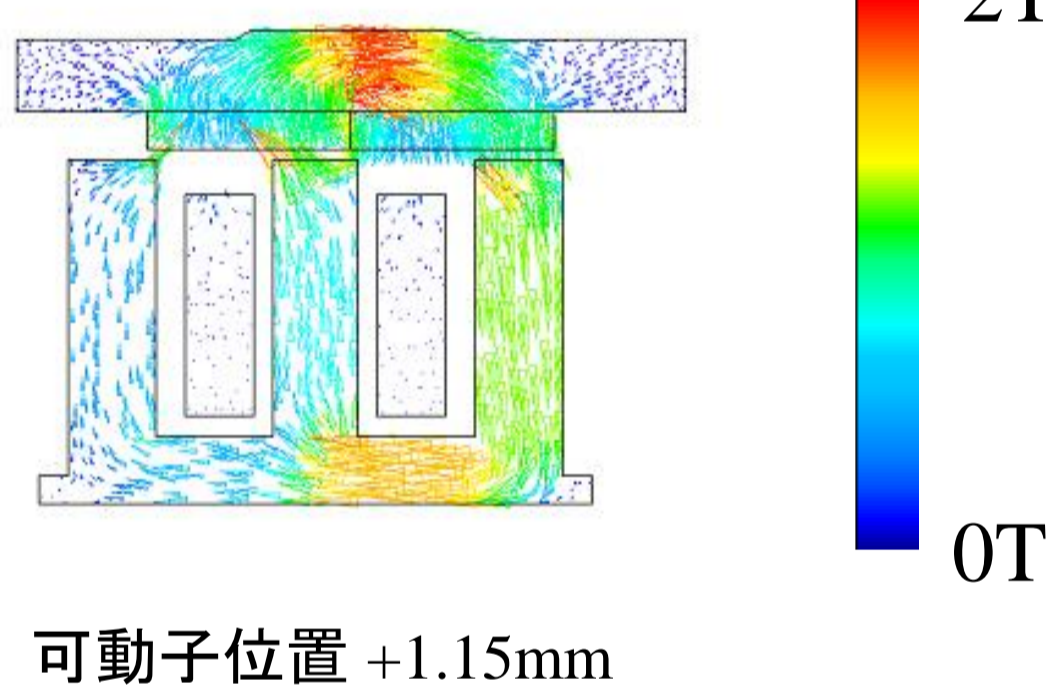
### 2次元分割図



Number of elements	21,512
Number of edges	10,782
Number of steps	9,000
Time division [μsec]	10
CPU time [h]	2

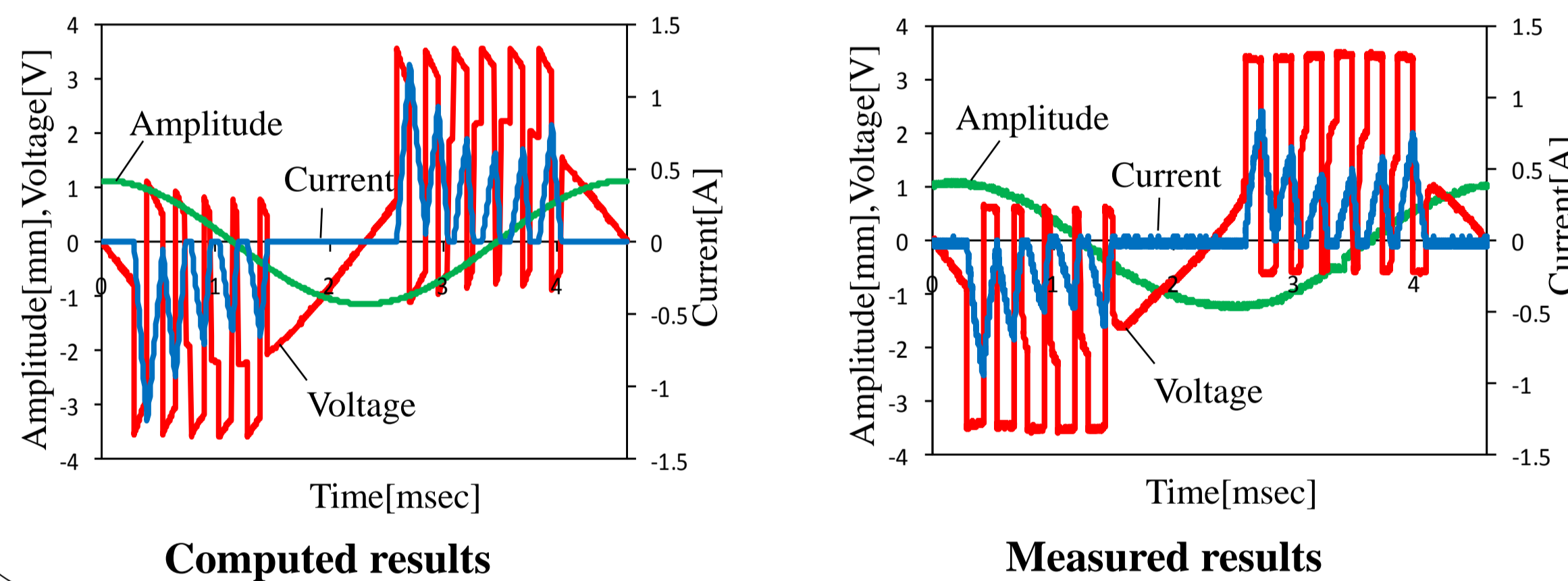
## 解析手法の検討

### 磁束密度ベクトル



可動子位置 +1.15mm

### 解析結果と実験結果の比較



各波形とも良好に一致

➡ 本手法の有効性を確認

## PID制御

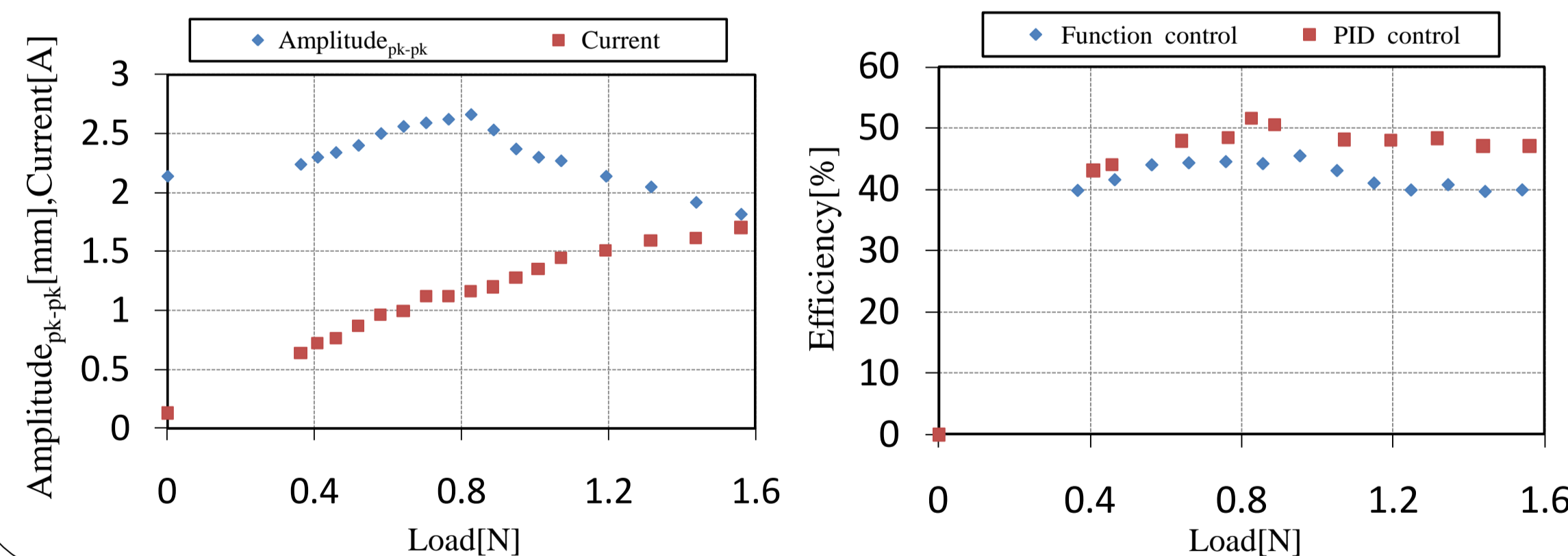
### PID制御式

$$Duty(\%) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

$K_p$  : Proportional gain  
 $K_i$  : Integral gain  
 $K_d$  : Differential gain  
 $e(t)$  : Deviation  
 $V_s$  : Target voltage

3つのゲインに適切な重みをかけて制御系を決定

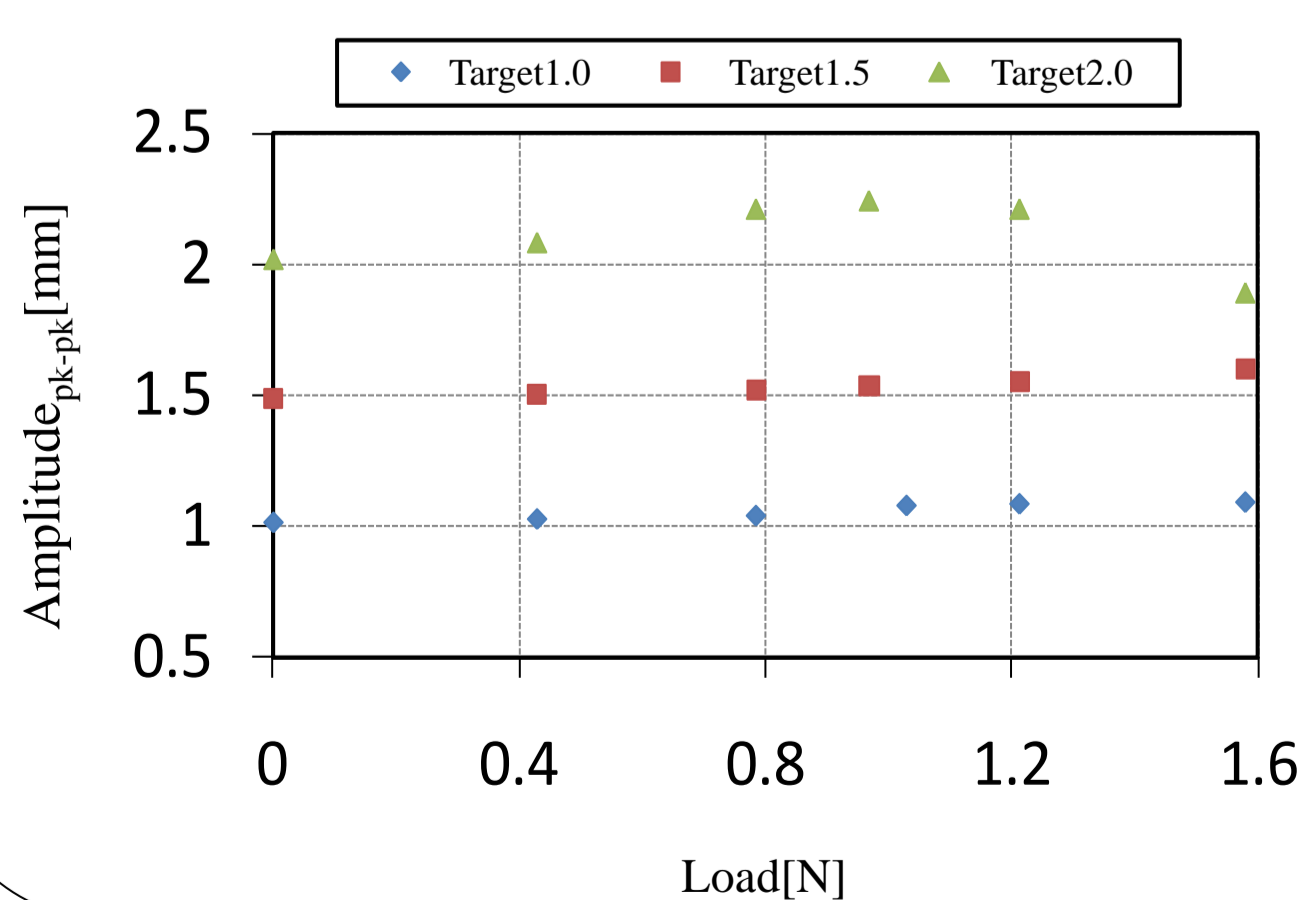
### 従来モデルとの比較



PID制御の導入により、従来モデルよりも高効率化が可能

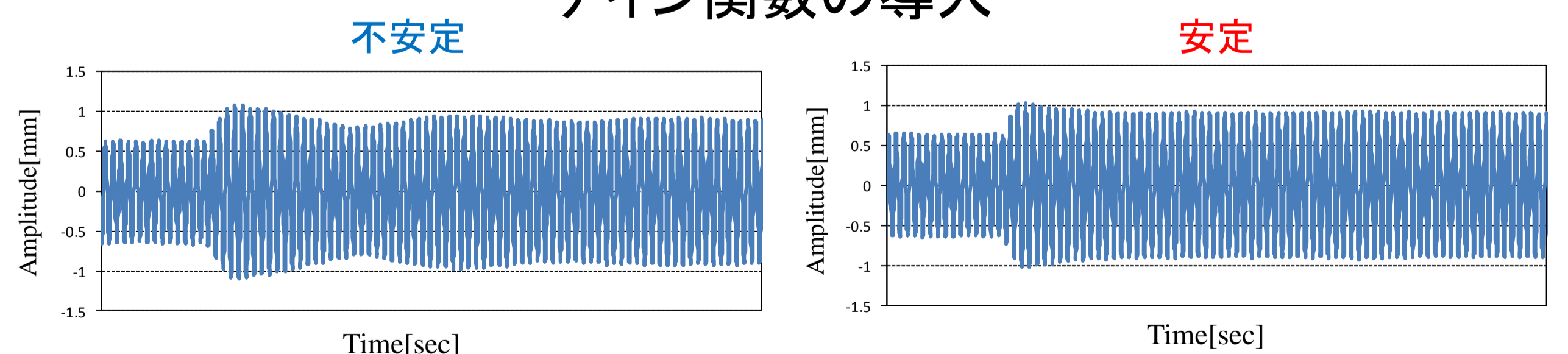
## 振幅モード切り替え

### 振幅モード切り替え



目標値を変更することで、振幅を切り替えることが可能

### ゲイン関数の導入



$K_p = 0.23$   $K_i = 0.03$   $K_d = 1.85$

$K_p = 0.40$   $K_i = 0.03$   $K_d = 1.35$

ゲインによって、過渡応答が変化する。

➡ ゲイン関数を導入し、安定な過渡応答を実現

## 結書

1. リニア共振アクチュエータのフィードバック制御下での動作特性解析法を提案した。
2. 試作機による実験結果との比較により、解析手法の有効性を明らかにした。
3. PID制御を導入し、高効率フィードバック制御モデルを示した。
4. 安定な過渡応答を実現するために、ゲイン関数の導入を提案した。

### 今後の予定

本解析手法を用いて、構造・制御手法の検討を行い、さらなる高性能化を図る。