

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

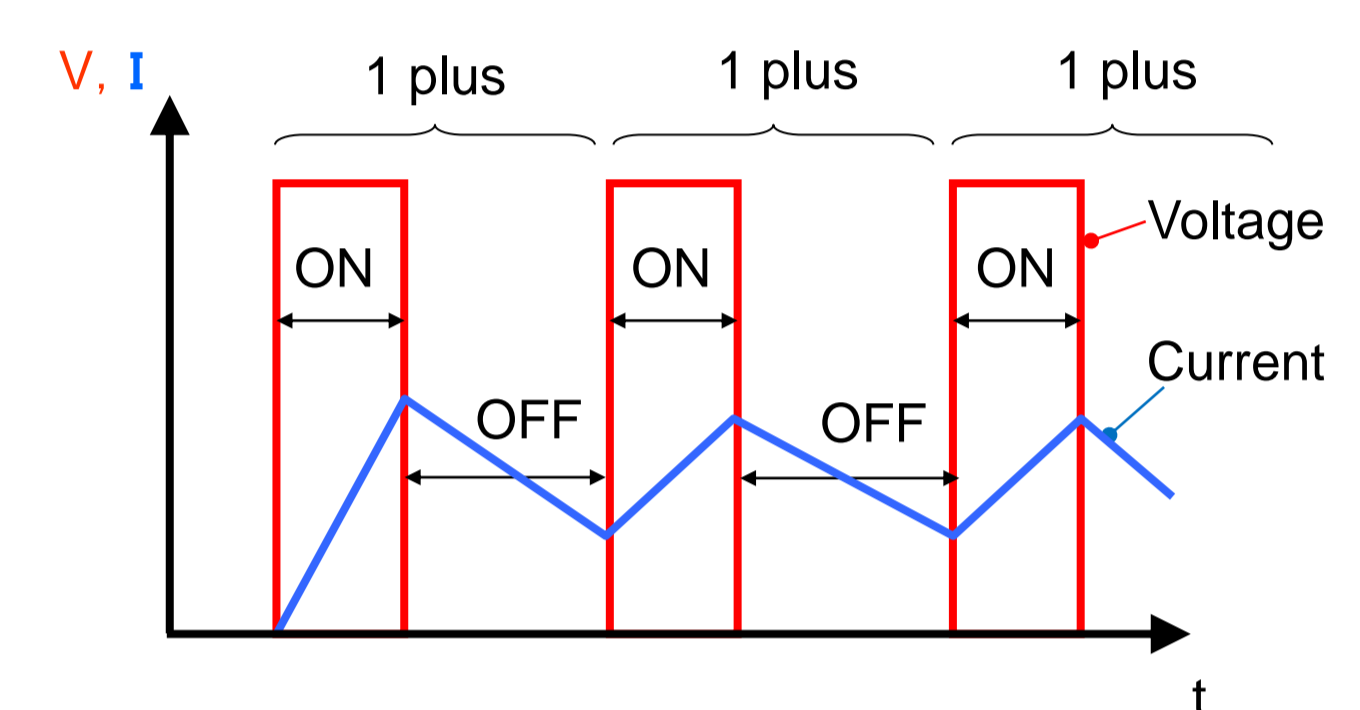
を連成させて、アクチュエータの動作特性解析が可能

PWM制御概要

PWM制御

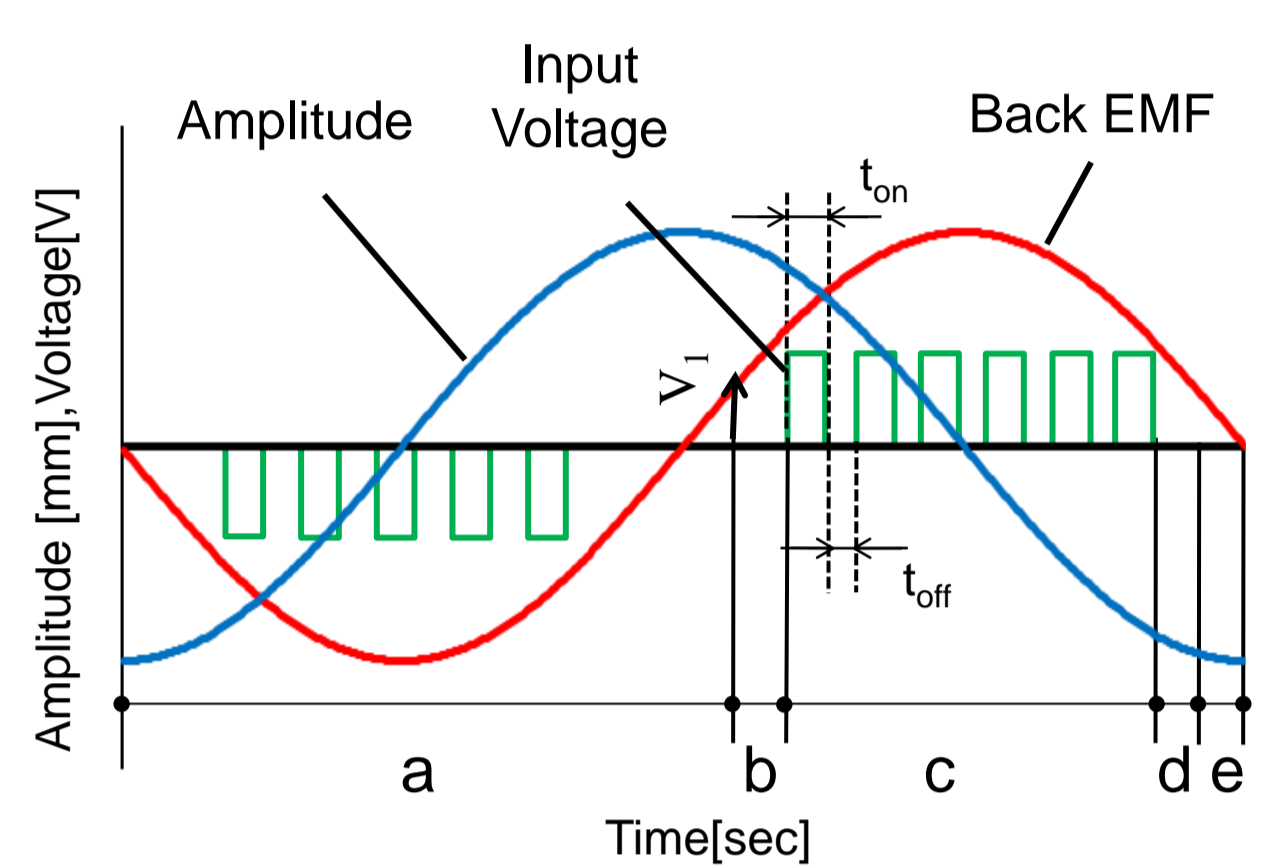
PWM = Pulse Width Modulation

パルス波のONとOFFの比率を変える

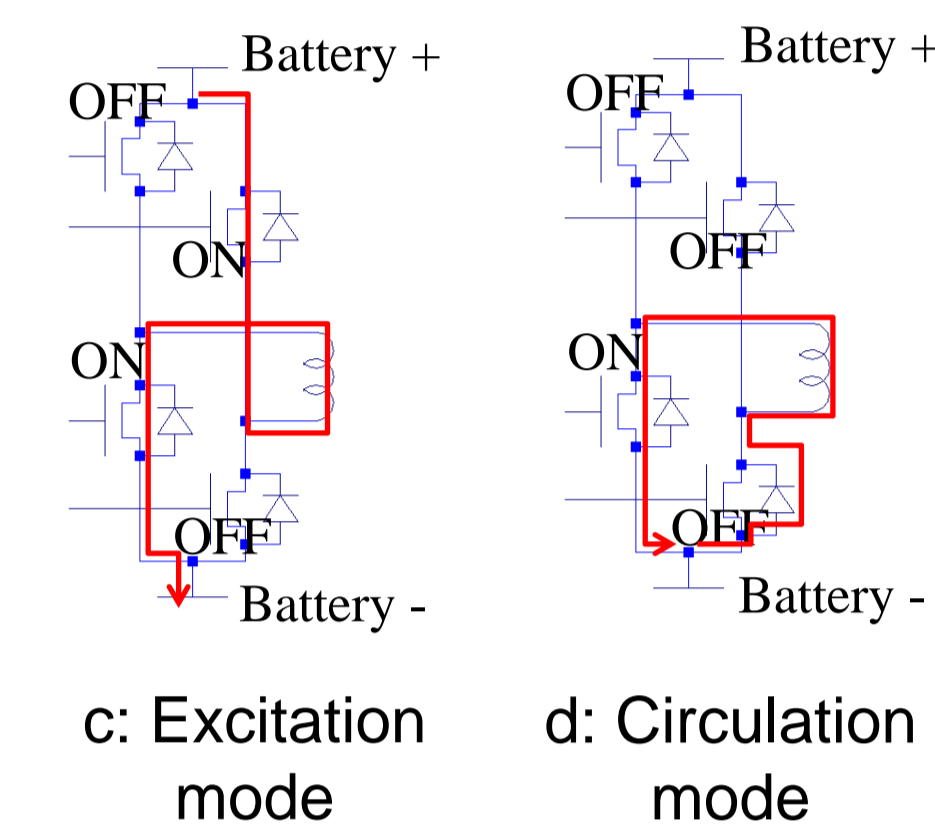


電圧OFFにおいても電流が流れる
⇒電力0で推力が発生

PWMフィードバック制御概要

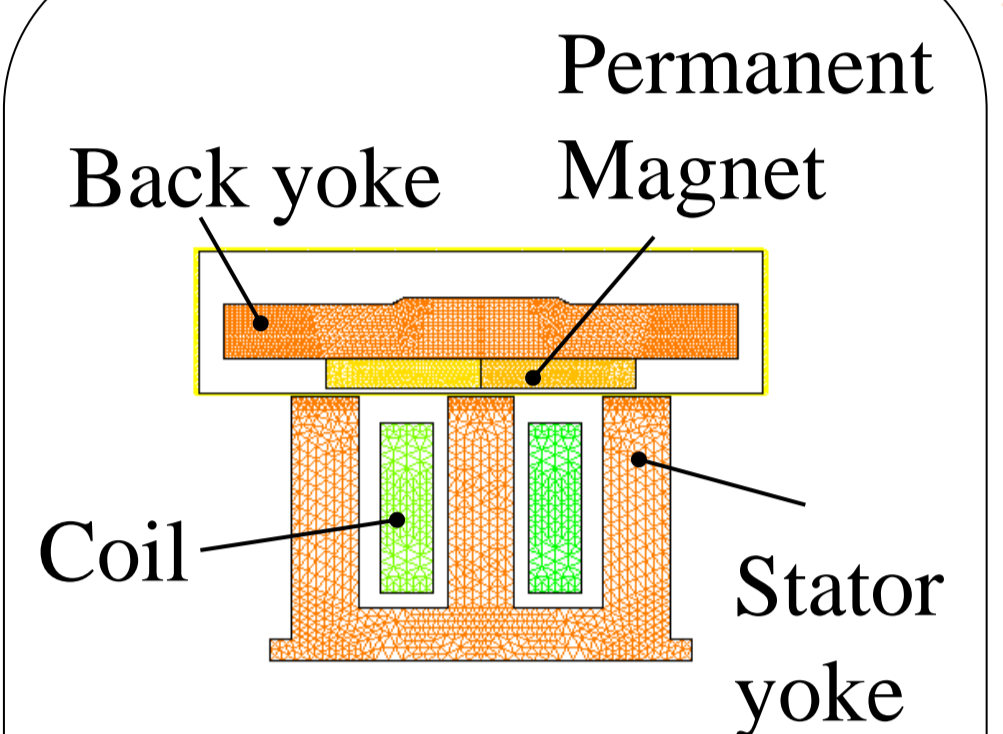


- a: 電圧検知区間
逆起電圧が0となってから一定時間後の逆起電圧を検知
- b: 電圧遅延区間
逆起電圧が0となってから一定時間後に電圧を印加



- 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: 回路再生区間
ダイオードにより回路に電流を流す
- e: 回路開放区間

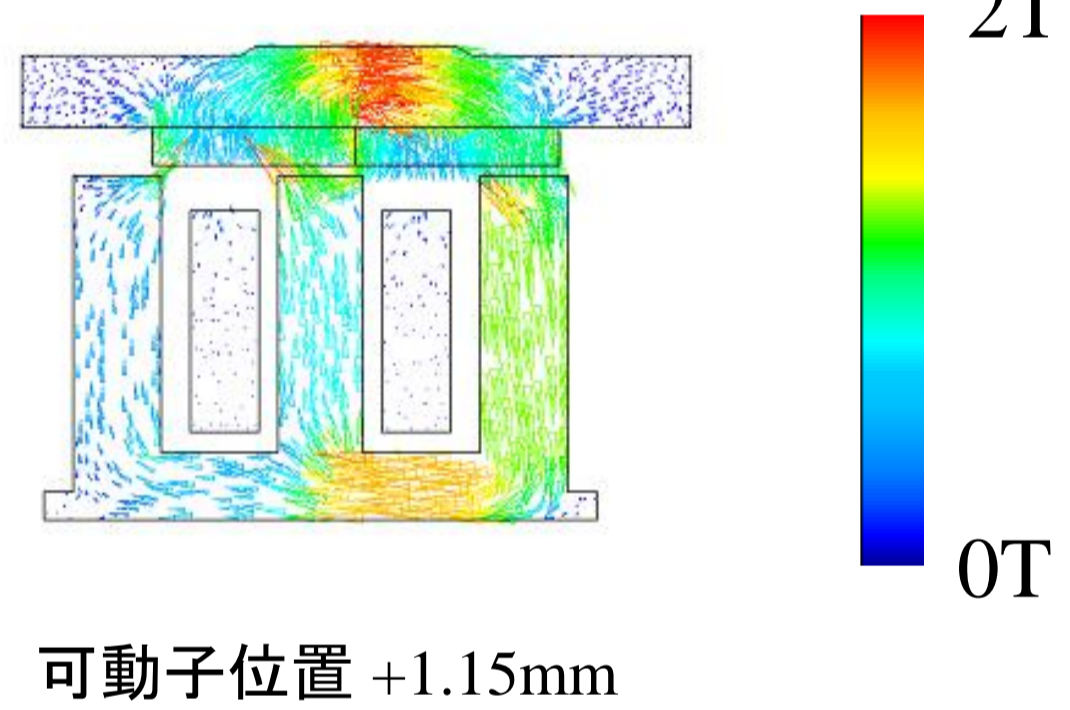
2次元分割図



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

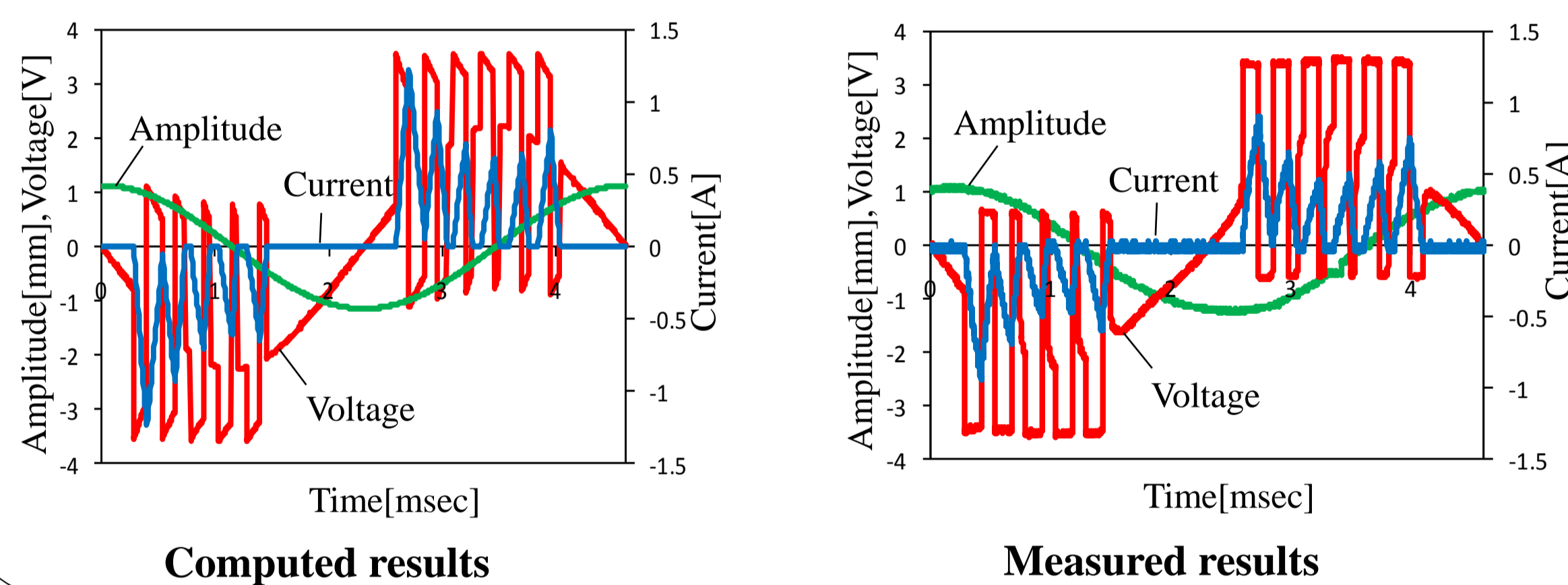
解析手法の検討

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

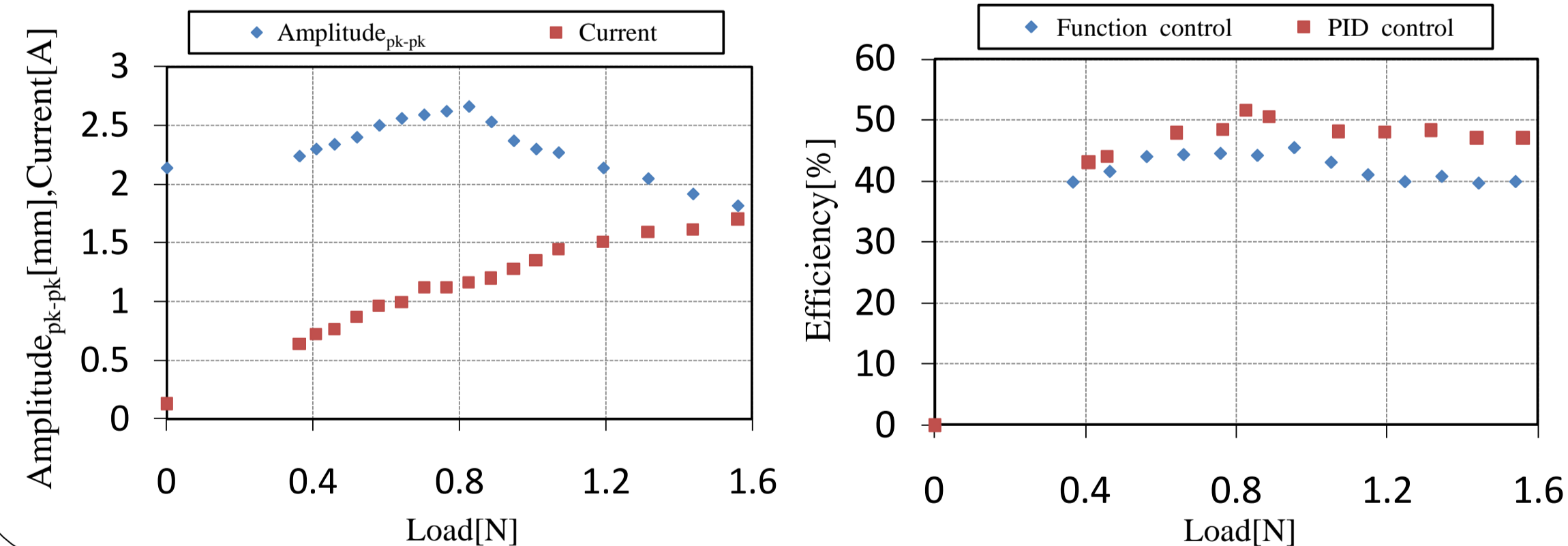
PID制御式

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

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

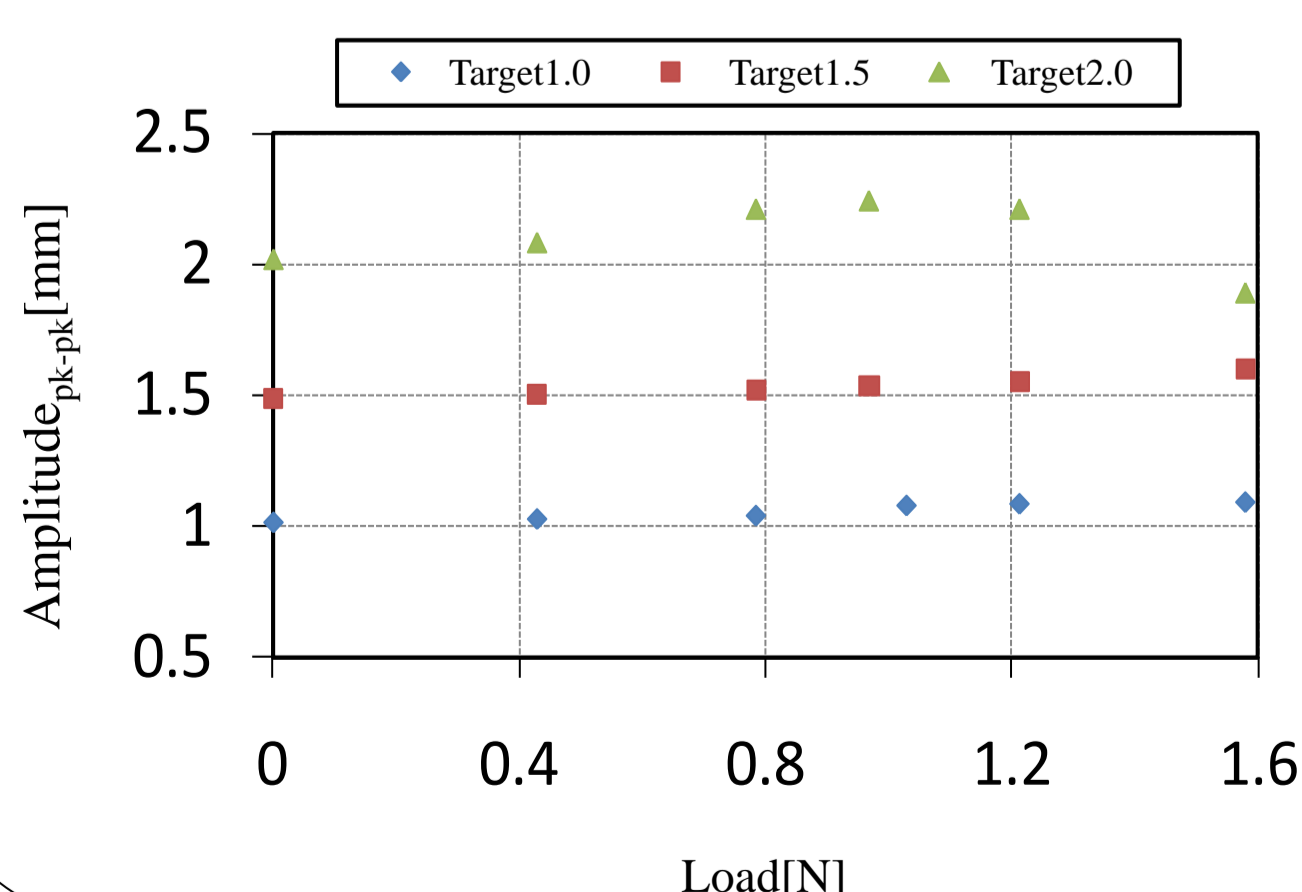
従来モデルとの比較



PID制御の導入により、従来モデルよりも高効率化が可能

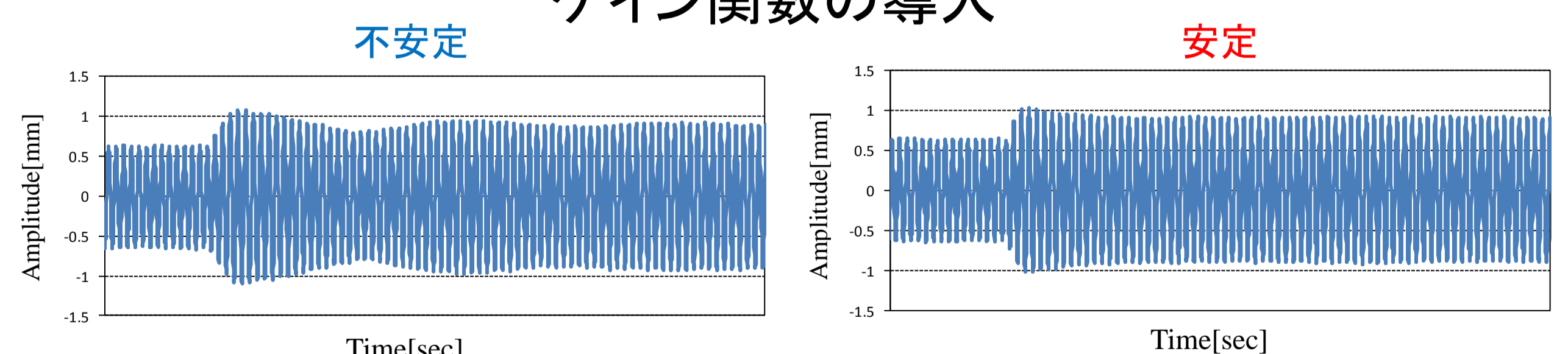
振幅モード切り替え

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



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

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

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. 実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、更なる高性能化を図る。