

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

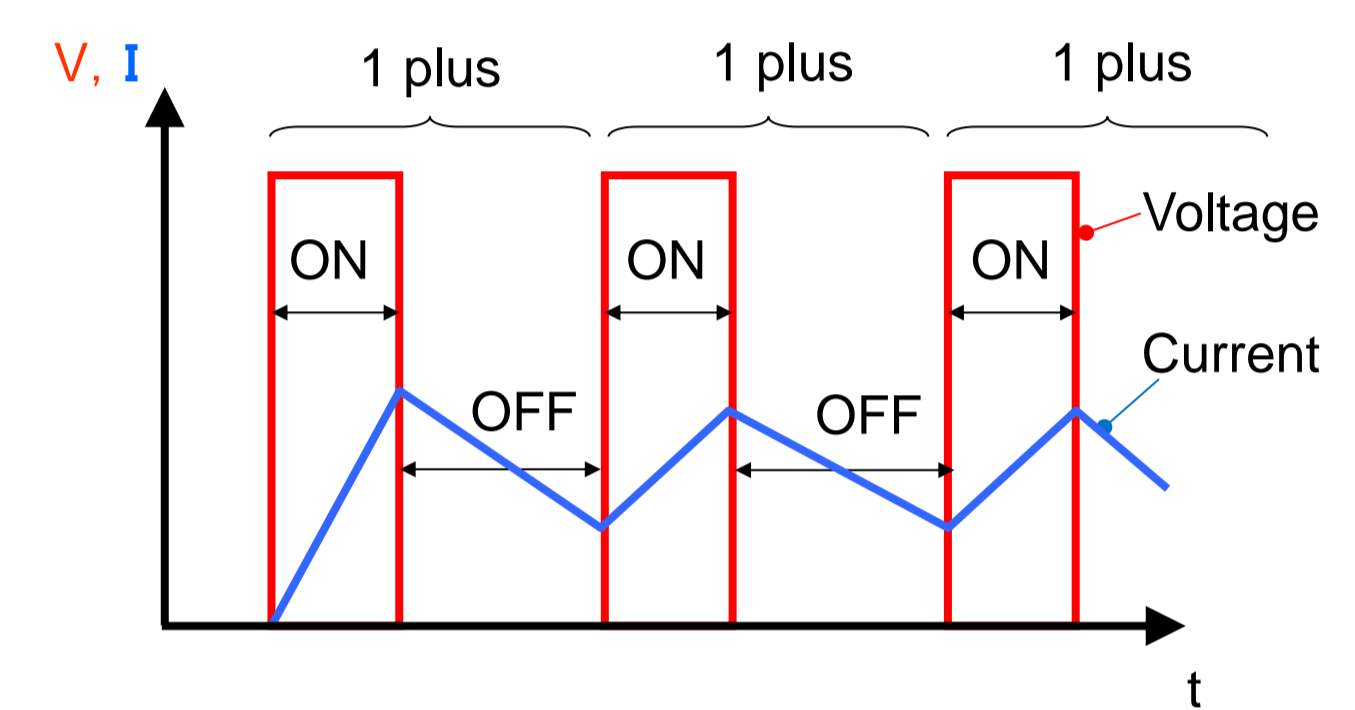
を連成させて、アクチュエータの動作特性解析が可能

PWM制御概要

PWM制御

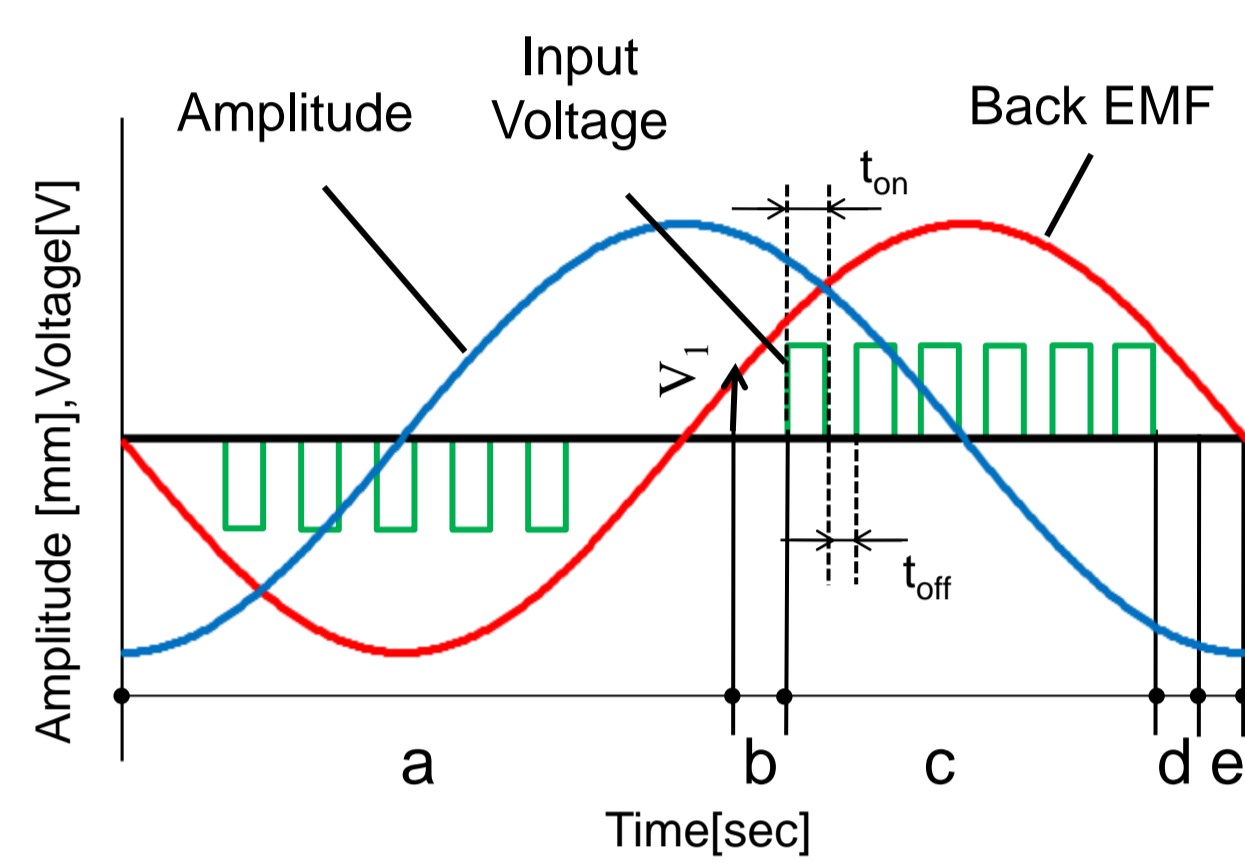
PWM = Pulse Width Modulation

パルス波のONとOFFの比率を変える

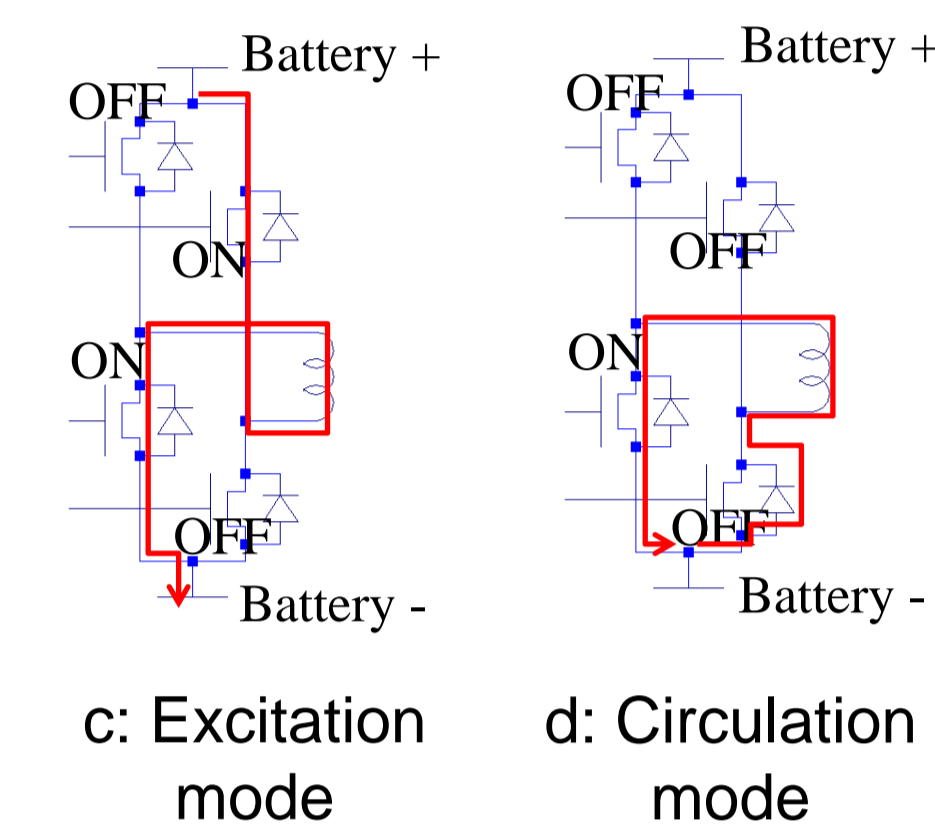


電圧OFFにおいても電流が流れる
⇒電力0で推力が発生

PWMフィードバック制御概要

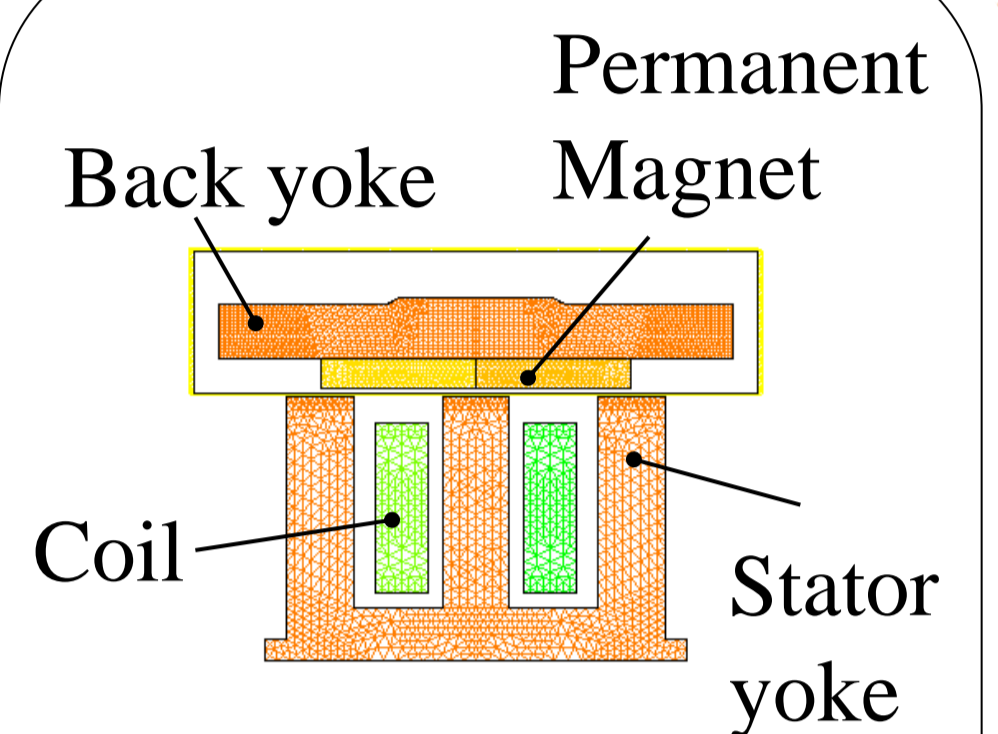


- a: 電圧検知区間
逆起電圧が0となつてから一定時間後の逆起電圧を検知
- b: 電圧遅延区間
逆起電圧が0となつてから一定時間後に電圧を印加



- 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

PID制御

PID制御式

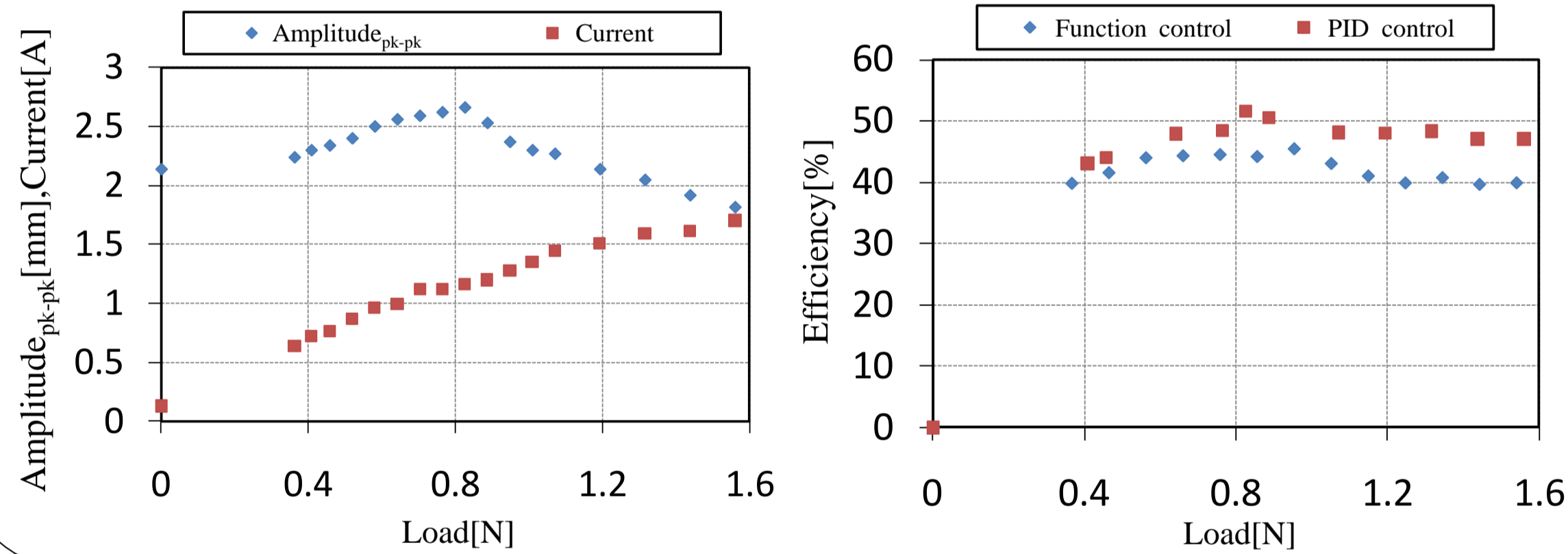
$$Duty(\%) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

$$e(t) = V_s - V_1$$

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

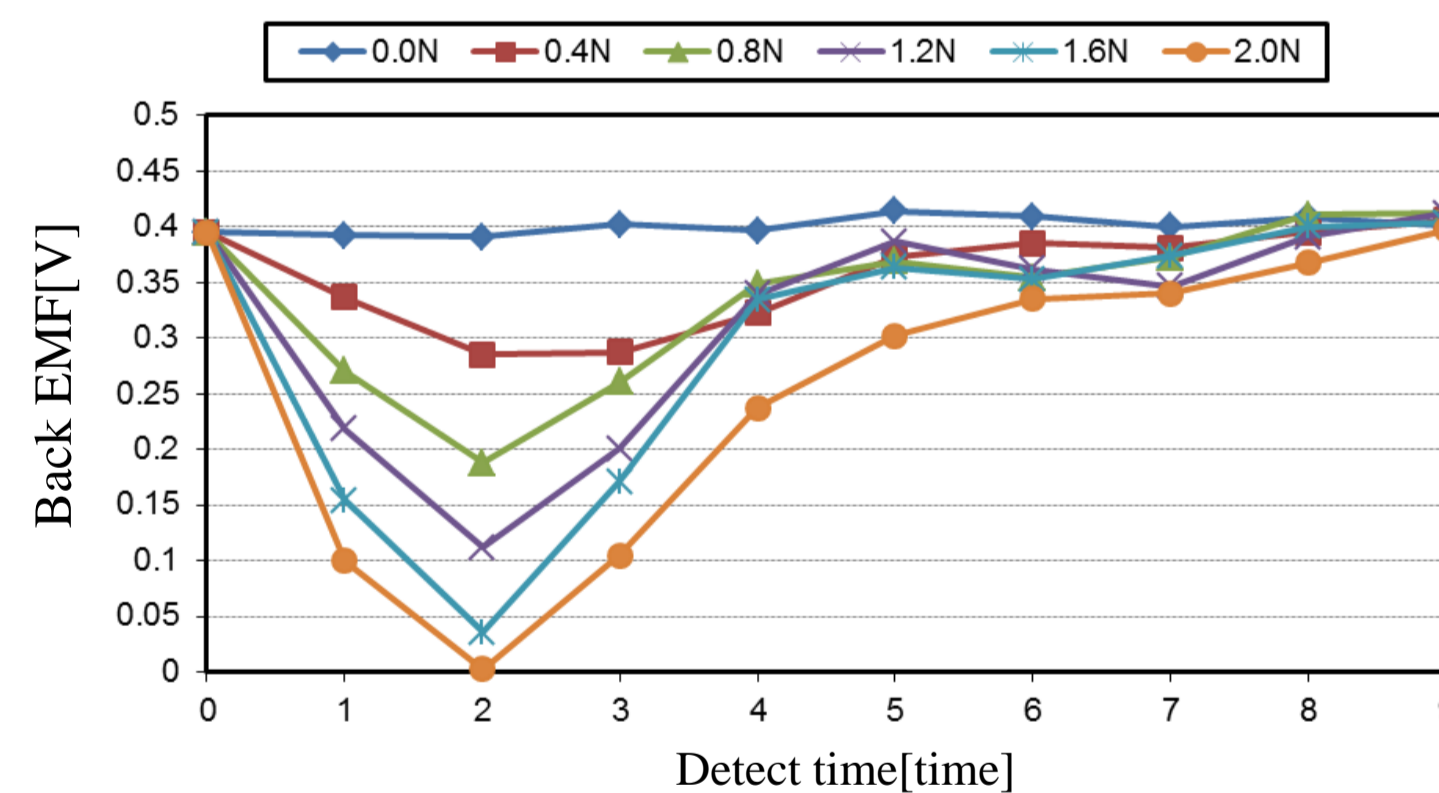
振幅モード切り替え

アクチュエータに発生している負荷に応じて振幅を切り替える
低負荷における振幅を小さくすることで、消費電力の低減化が可能

負荷情報の入手

振幅を切り替えるためには、アクチュエータに発生している負荷変動の推定が必要

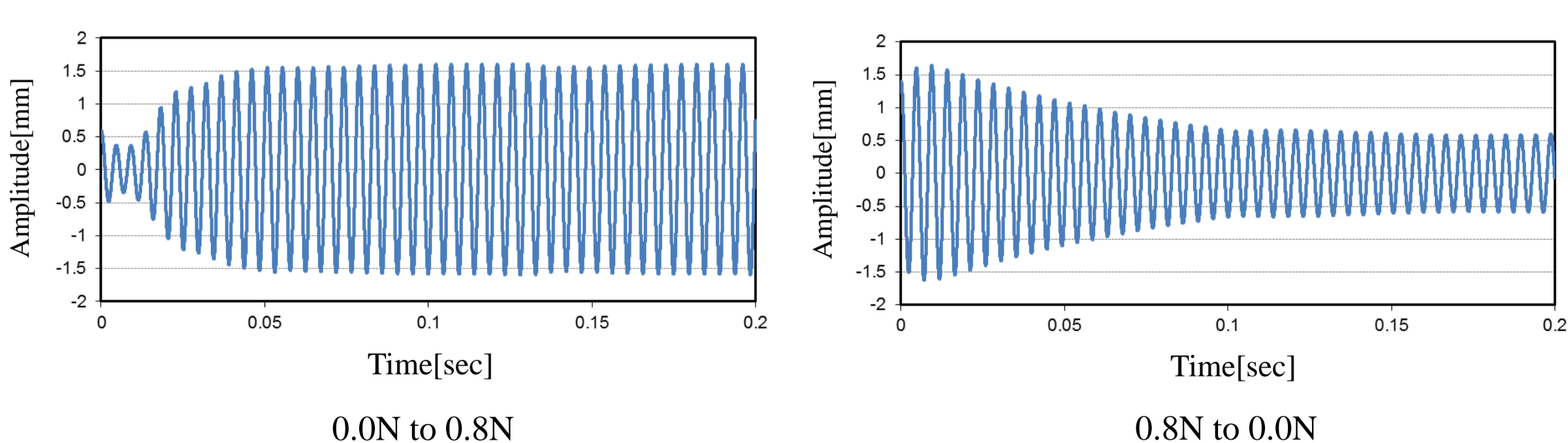
検知電圧からの負荷変動の推定



負荷が増加すると、検知電圧は一時的に減少する
また、負荷の大きさによって、減少の割合は異なる。
この特性を用いて、検知電圧に閾値を設けることで、負荷の変動を推定。

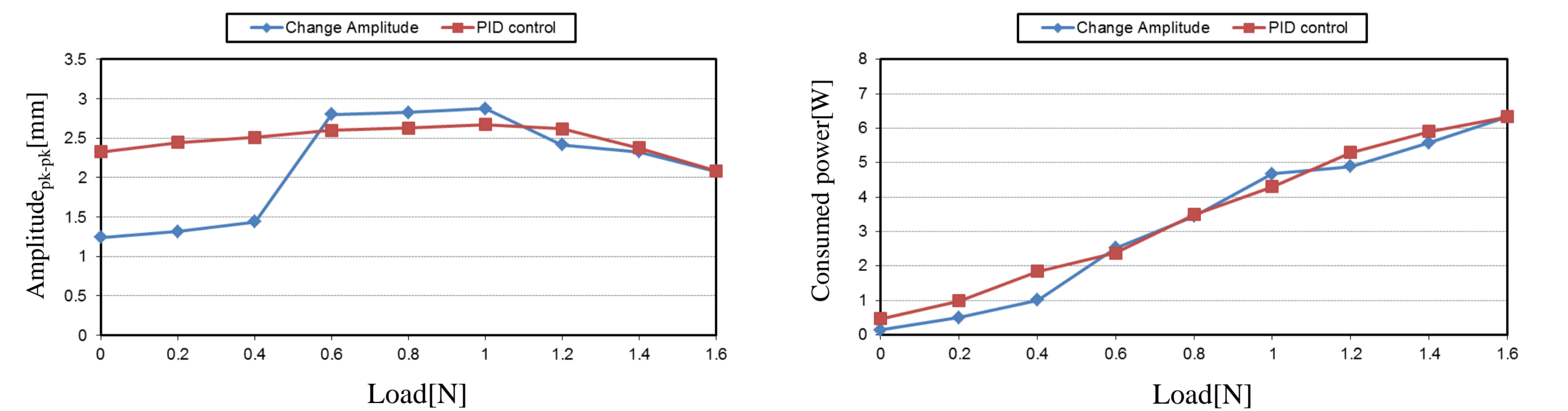
従来制御との比較

過渡応答



負荷に応じて異なる振幅で振動していることを確認

従来制御との比較



従来制御よりも、低負荷における振幅を小さくすることで、消費電力を低減できていることを確認

本制御手法の有効性を確認

結言

1. 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。
2. 本アクチュエータにおいて、負荷が変動した場合の検知電圧の特性を明らかにした。
3. 負荷に応じて、振幅を切り替える制御モデルを示した。
4. 低負荷における振幅を小さくすることで、消費電力の低減が可能であることを示した。

今後の予定

負荷量を推定し、任意の振幅特性をアクチュエータに与えられるような制御手法の検討