

# 平成26 (2014) 年度修士論文発表内容要旨

電子情報システム専攻

氏名	中島 明紀	研究室名	片山研究室
題目	リミットサイクルを持つシステムにおける予測制御の品質に通信路誤りが与える影響		

## 1 背景と目的

機器の制御に無線通信技術を導入することは配線除去、ライン再構成など多くの利点がある。一方、無線制御では、通信路誤りにより、制御品質が劣化してしまうという欠点がある。

この課題に対して既存研究では通信路誤り発生時に制御対象の線形モデルを用いて制御器で制御対象の状態の予測を行うことで制御品質を向上させる方式が提案されている(予測制御と呼ぶ)。しかし、線形モデルでは実機の制御対象で発生するリミットサイクルを予測することができない。実機システムへの適用の際、制御器側の予測器で線形モデルかリミットサイクルを含んだモデル(詳細モデルと呼ぶ)を用いるかで制御品質に違いが出ると考えられる。本研究では制御器側に線形モデルと詳細モデルを用い、通信路誤りが発生した際の予測制御の品質の評価を行う。

## 2 システムモデル

図1のように制御器と制御対象の間に通信路誤りが生じる無線伝送路が存在する無線制御システムを考える。制御対象は無線伝送路を通して時刻  $t = kT_s (k = 0, 1, \dots)$  における状態情報  $x[k]$  を制御対象に送信する。制御器側の予測器は制御情報  $u[k]$  と受信した  $x[k]$  をもとに、詳細モデルか線形モデルを用いて、予測値  $\hat{x}[k+1]$  を計算する。制御器は目標値  $r[k]$  を用い次の時刻の  $u[k+1] = K(r[k+1] - \hat{x}[k+1])$  ( $K$  は LQR ゲイン) を計算し、時刻  $(k+1)T_s$  に  $u[k+1]$  を制御対象へ伝送する。制御対象への入力電圧を  $\hat{u}[k+1]$  とし、フィードフォワード (FF) 側で通信路誤りが発生した場合は、 $\hat{u}[k+1] = 0$  とする。フィードバック (FB) 側で通信路誤りが発生した場合は、 $\hat{x}[k+1]$  は  $\hat{x}[k]$  と  $u[k]$  を用いて予測される。

## 3 線形モデルと詳細モデル

制御対象には例として回転型倒立振り子を用いる。  $x$  はアームと振り子の角度及び角速度である。  $u$  はモータの入力電圧である。線形モデルは  $x[k+1] = Ax[k] + Bu[k]$  と表せる。詳細モデルは図2のように、線形モデルに入力電圧の閾値制限、入力電圧の量子化、エンコーダの量子化、振り子初期位置誤差、速度計算を加える。これにより詳細モデルはリミットサイクルを表現できる。

## 4 数値例

計算機シミュレーションを用いて、2つのモデルを用いた時の予測制御品質の評価を行う。図3のように、振り子が倒立してアームの角度が0付近でリミットサイクルが発生している際に、時刻  $k_p$  から  $k_p + N$  に関して、連続した通信路誤りの発生パターンを4つ考える。

- (A)FB:  $k_p \sim k_p + N$  ロス FF:  $k_p \sim k_p + N$  ロス
- (B)FB:  $k_p \sim k_p + N$  ロス FF:  $k_p \sim k_p + N/2$  ロス

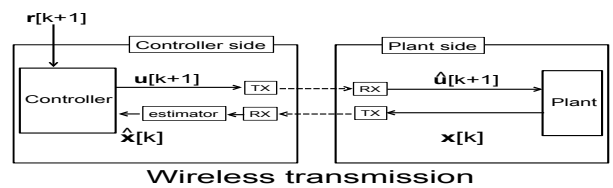


図1: 無線フィードバックシステムモデル

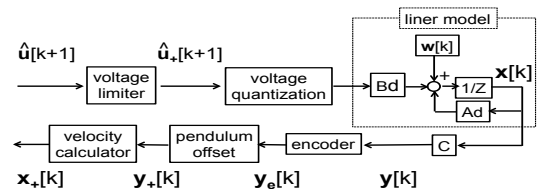


図2: 制御対象の詳細モデル

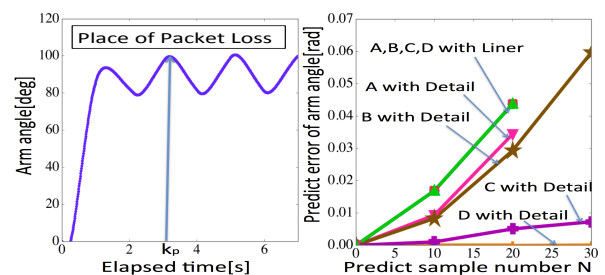


図3: パケットロス発生箇所 図4: アーム角度の  $N$  サンプル予測絶対誤差

- (C)FB:  $k_p \sim k_p + N$  ロス FF:  $k_p + N/2 \sim k_p + N$  ロス
- (D)FB:  $k_p \sim k_p + N$  ロス FF: ロスなし

この時、制御器が  $k_p$  から  $N$  サンプル後の予測を行う。評価指標として、制御器で予測される  $\hat{x}$  と制御対象の  $x$  の誤差  $|\hat{x}[k_p + N] - x[k_p + N]|$  を用いる。図4のシミュレーション結果より詳細モデルは線形モデルと異なり通信路誤りのパターンによって制御品質に違いが生じていることがわかる。

## 5 まとめ

本研究では制御器側で2つのモデルを用いた際に、通信路誤りの発生パターンで予測制御の品質に違いを生じることを明らかにした。これにより、詳細モデルでは線形モデルと異なり、通信路の工夫により予測制御の品質を改善できるものと期待される。発表業績

1. 電子情報通信学会 RCC 研究会 (2014-11)
2. 電子情報通信学会 総合大会 (2015-3) (予定)