

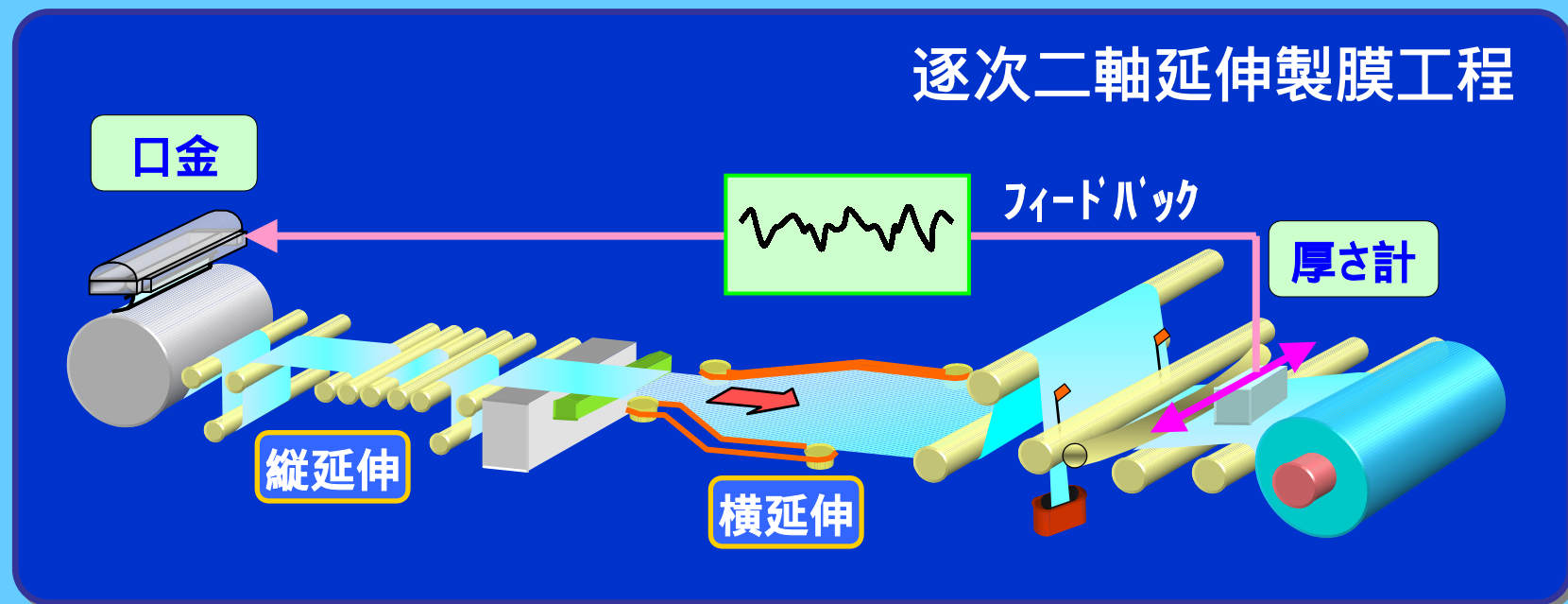


Film Thickness Control Applying MPC

Toray Inc. Masatsugu Uehara

1. フィルム製造プロセスの概要
2. 開発課題
3. 制御系の設計
4. 実機テスト
5. まとめ

フィルム製膜工程の概略

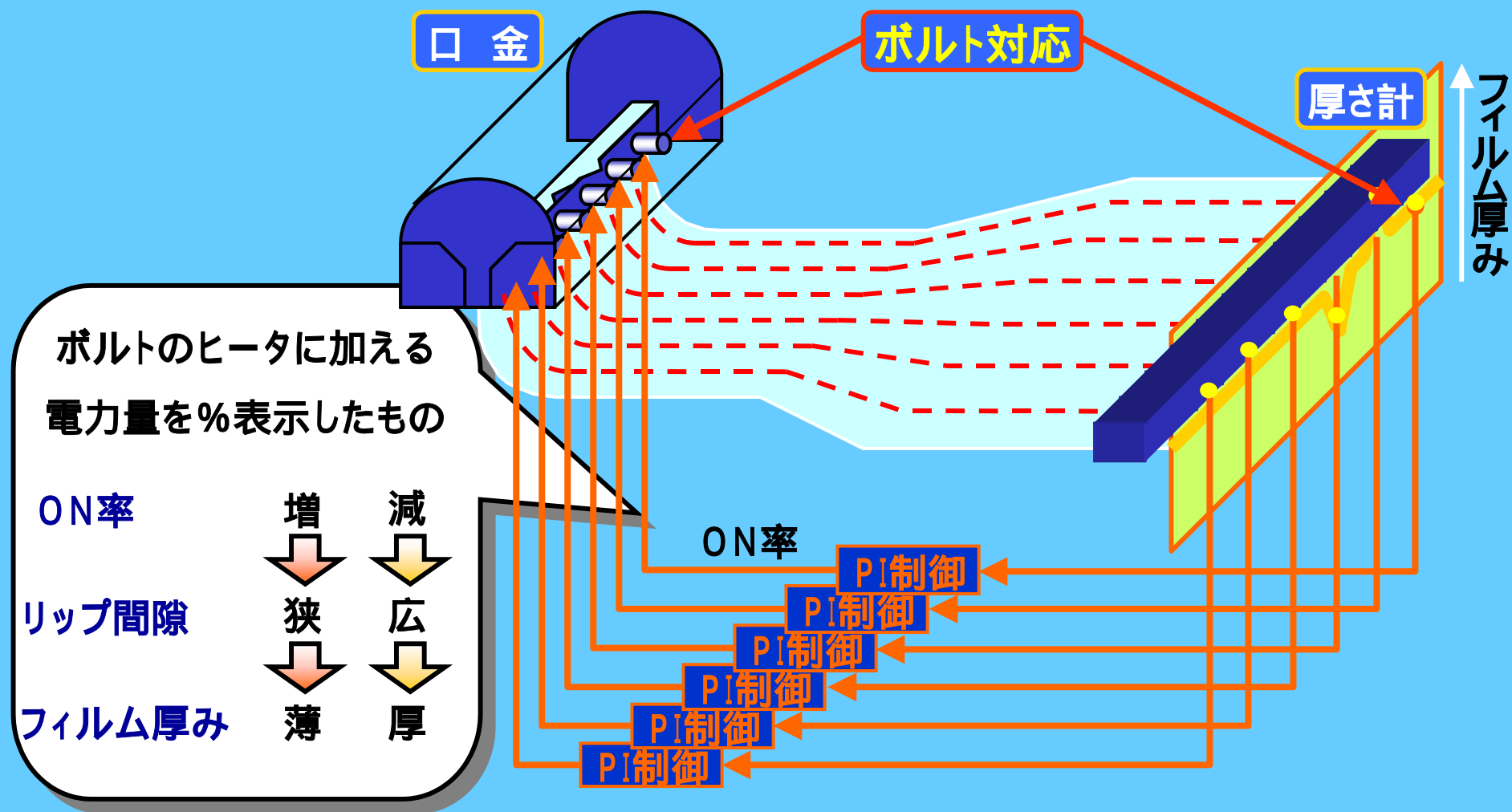


課題

スタートアップ時間、品番切替時間が長く、原料ロスが大きい
コストダウンのネック

固定的な厚みムラを除去しきれない
製品品質に影響

古典制御ベースの制御系



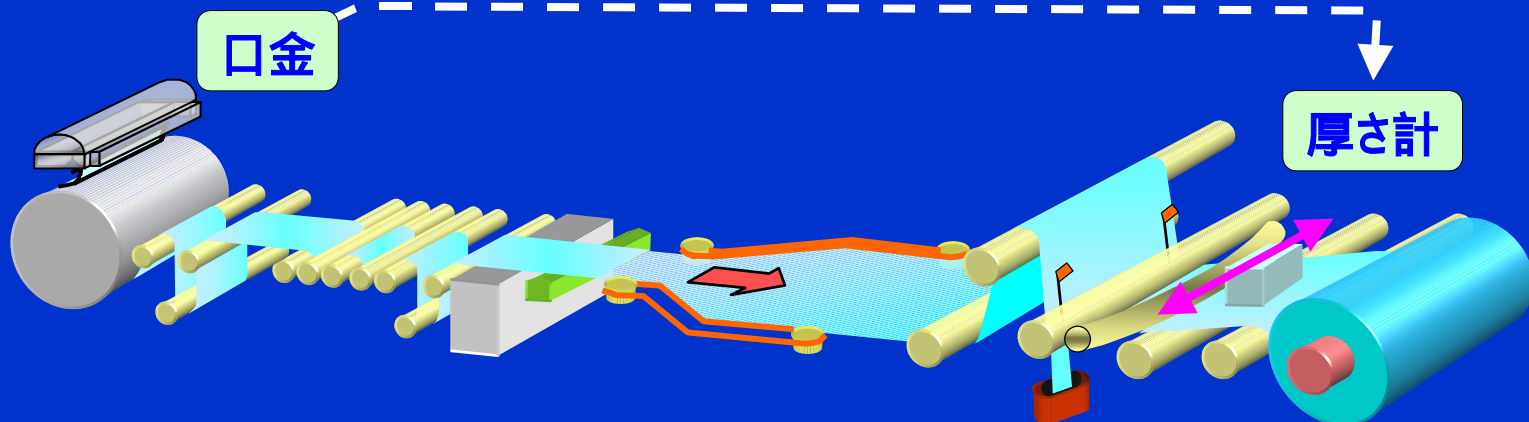
フィルムプロセスの特徴(1)

- ・むだ時間の存在
- ・入出力点数が多い

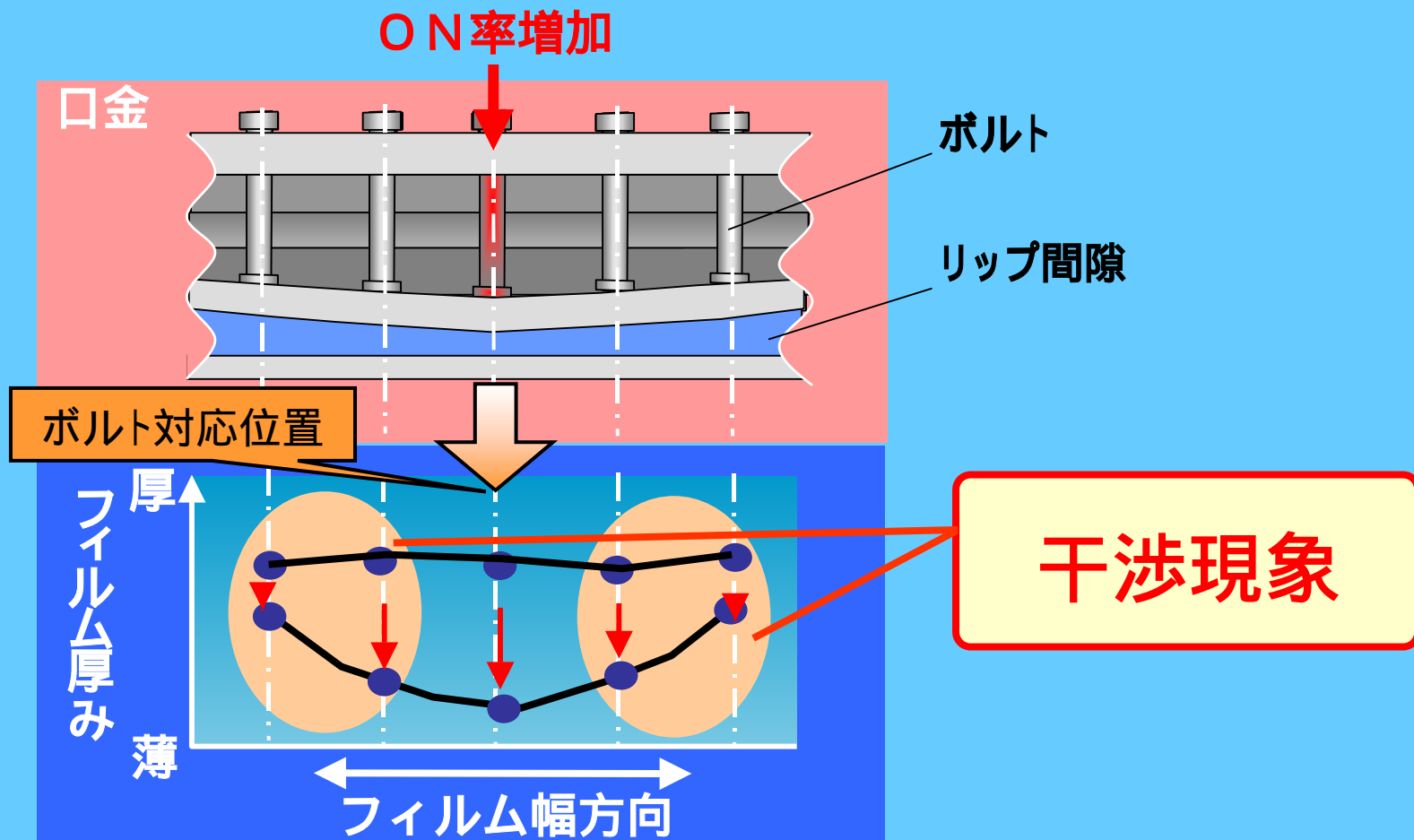
製膜工程

むだ時間

フィルム搬送 + 厚さ計往復スキャン

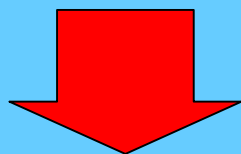


フィルムプロセスの特徴(2)

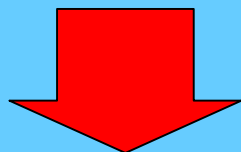


MPC適用検討

「むだ時間」、「干渉現象」を考慮すると、古典制御に基づく制御系では課題克服に限界がある



「むだ時間」、「干渉現象」のモデル化



MPCの適用を検討

MPC・・・入出力点数の多い制御対象に適用可能



厚み制御関連の情報

N. Akasaka

“The Design Method of a Film Profile Control System by the Predictive Control Method,”
Journal of the Society of Instrument and Control Engineering,
31(1), 1995.

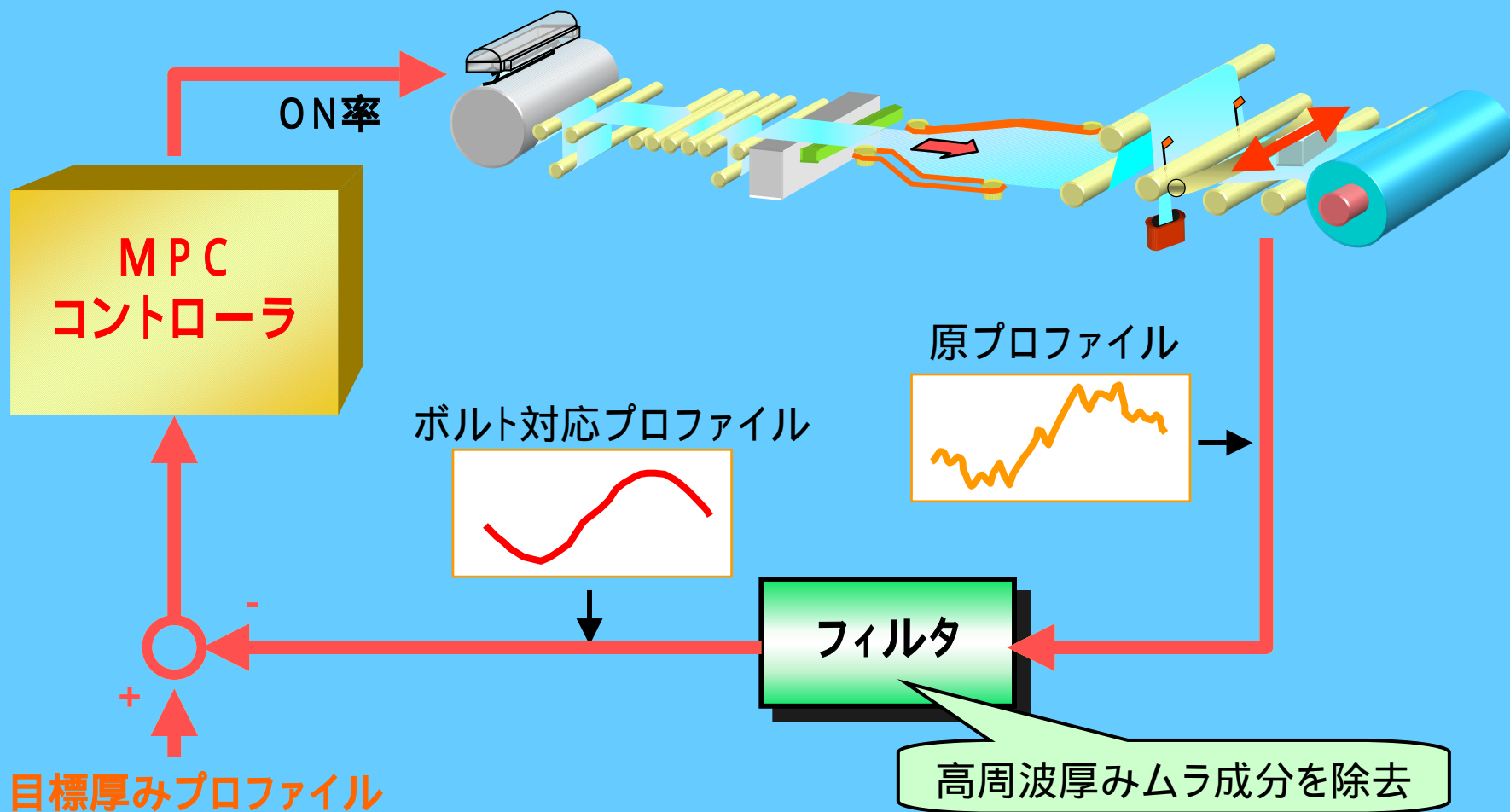
P. Dave, F. J. Doyle et al.

“LP Methods in MPC of Large-Scale Systems: Application to Paper-Machine CD Control,” AIChE J. Vol. 43, No. 4, 1997.

J. G. VanAntwerp and R. D. Braatz

“Fast Model Predictive Control of Sheet and Film Processes,”
IEEE trans. Cont. Sys. Tech. Vol. 8, No. 3, 2000.

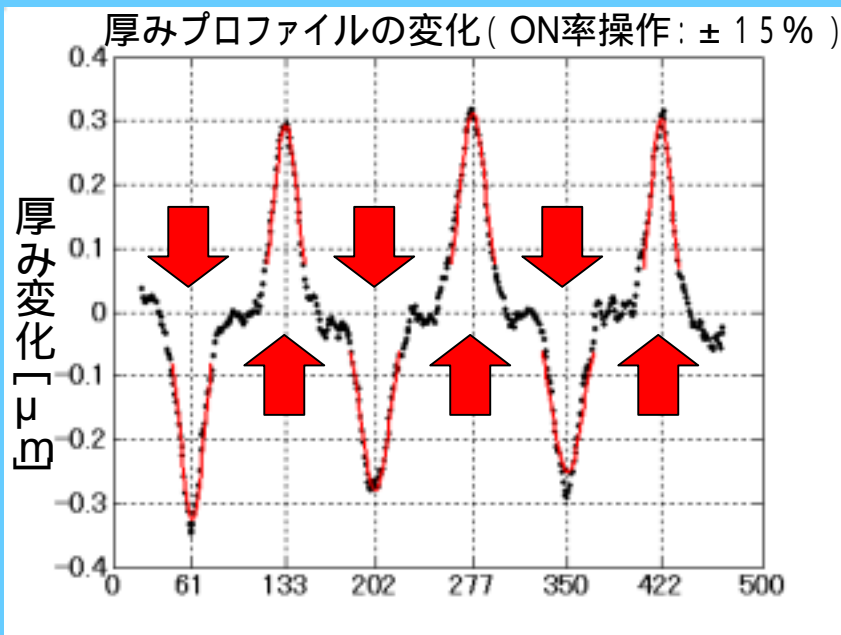
MPC制御系の構成



モデリング

バンプテストによるプロセス同定

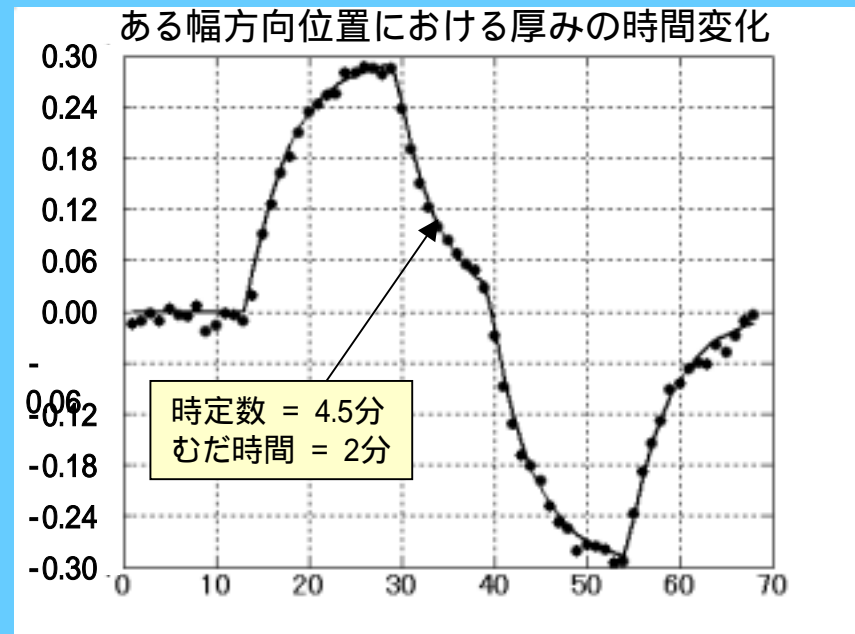
干渉現象の同定



幅方向 [センサ位置]

- 実データ(ノイズ除去)
- フィッティング結果

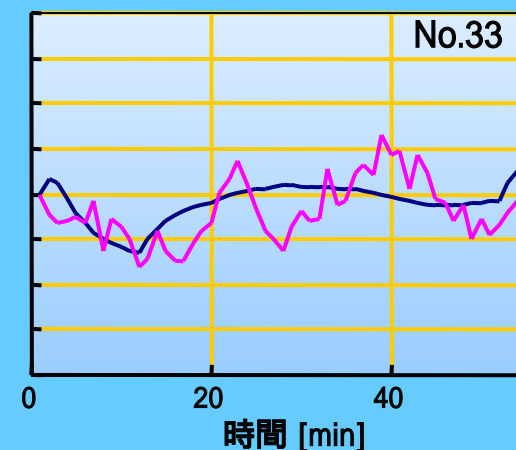
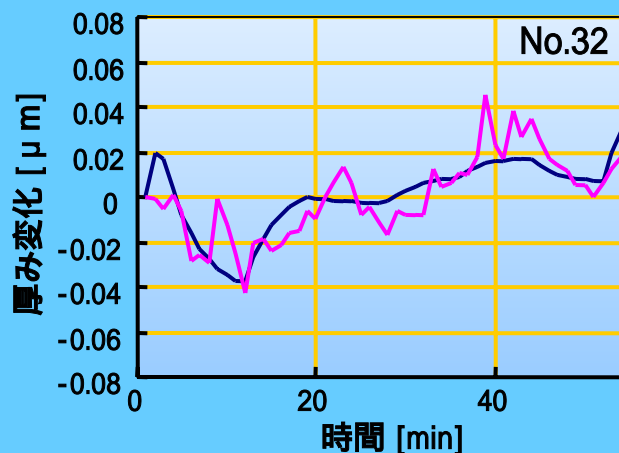
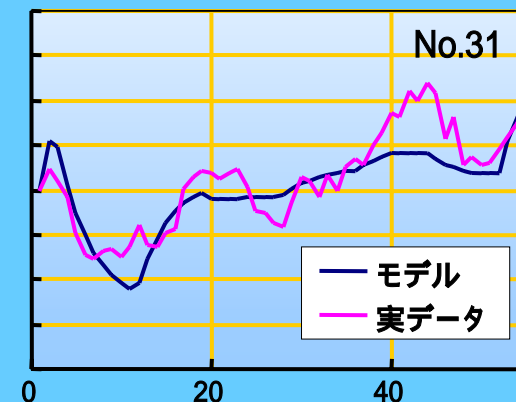
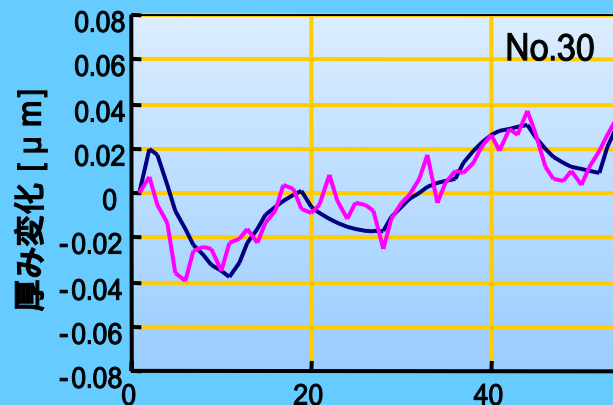
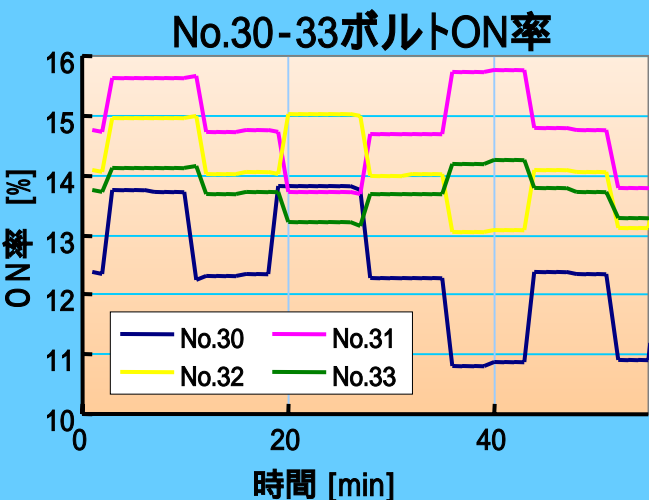
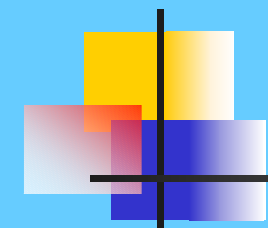
ダイナミクスの同定



時間 [min]

- 実データ(ノイズ除去)
- フィッティング結果

モデルの検証



シンプルモデルの妥当性を確認

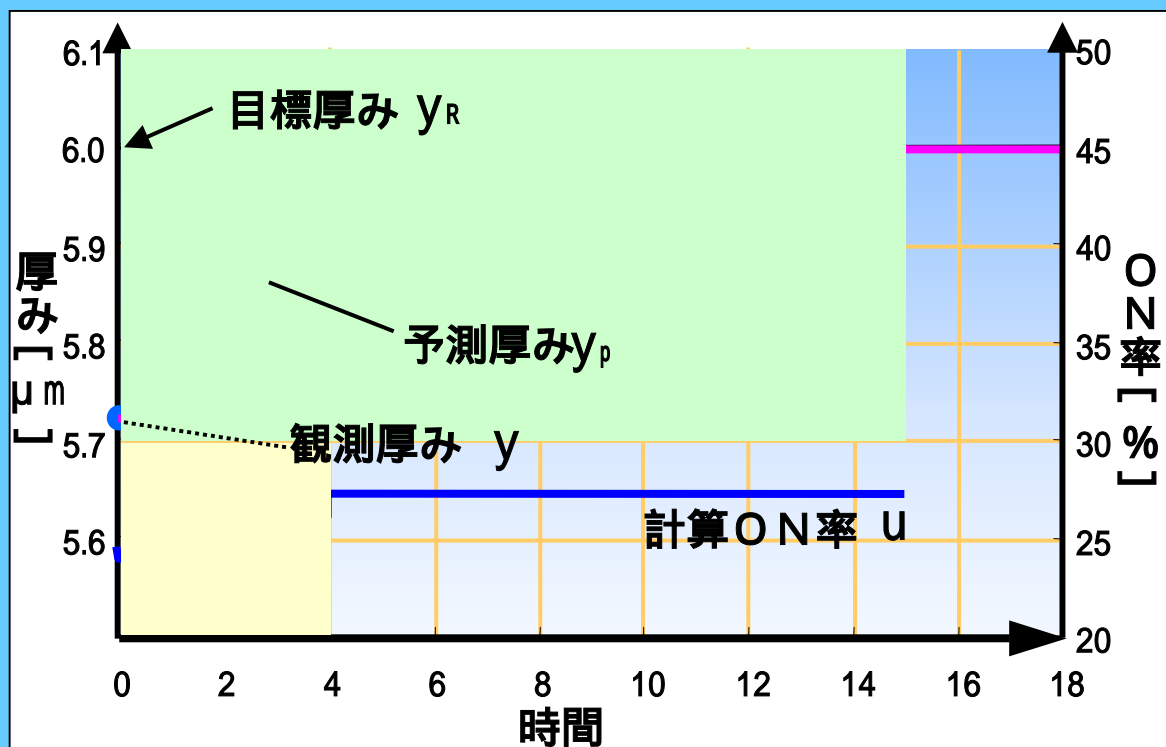
MPC制御系設計

制約なしMPC制御系

評価関数:

$$J = \|\mathbf{y}_R - \mathbf{y}_P\|^2 + \Delta \mathbf{u}_n^T \Psi \Delta \mathbf{u}_n$$

$$\Psi = \begin{bmatrix} \psi_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \psi_m \end{bmatrix}$$

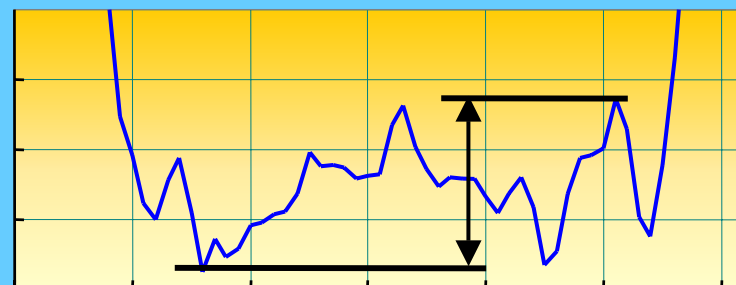
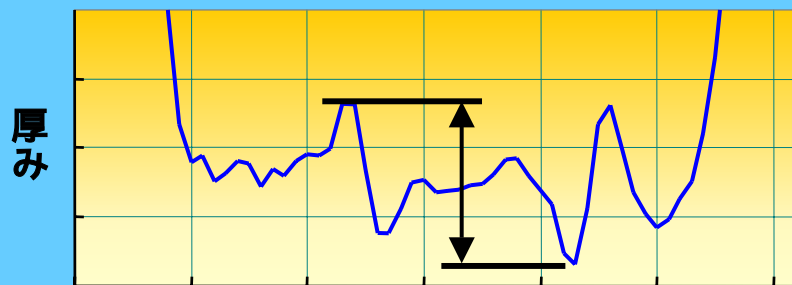


予測ホライズン: $P = 15$
 入力ホライズン: $M = 4$

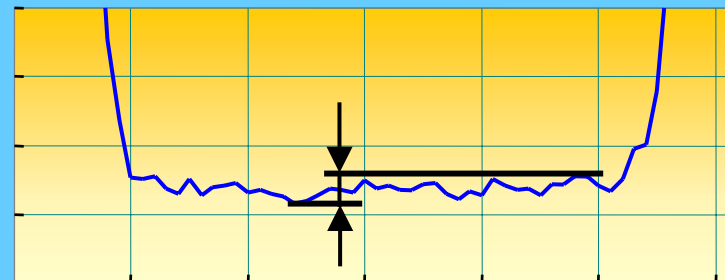
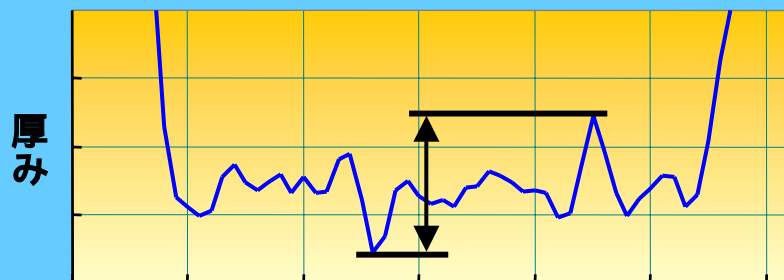
実プロセスへの適用(1)

従来制御方式

MPC利用の制御方式



応答性改善を確認

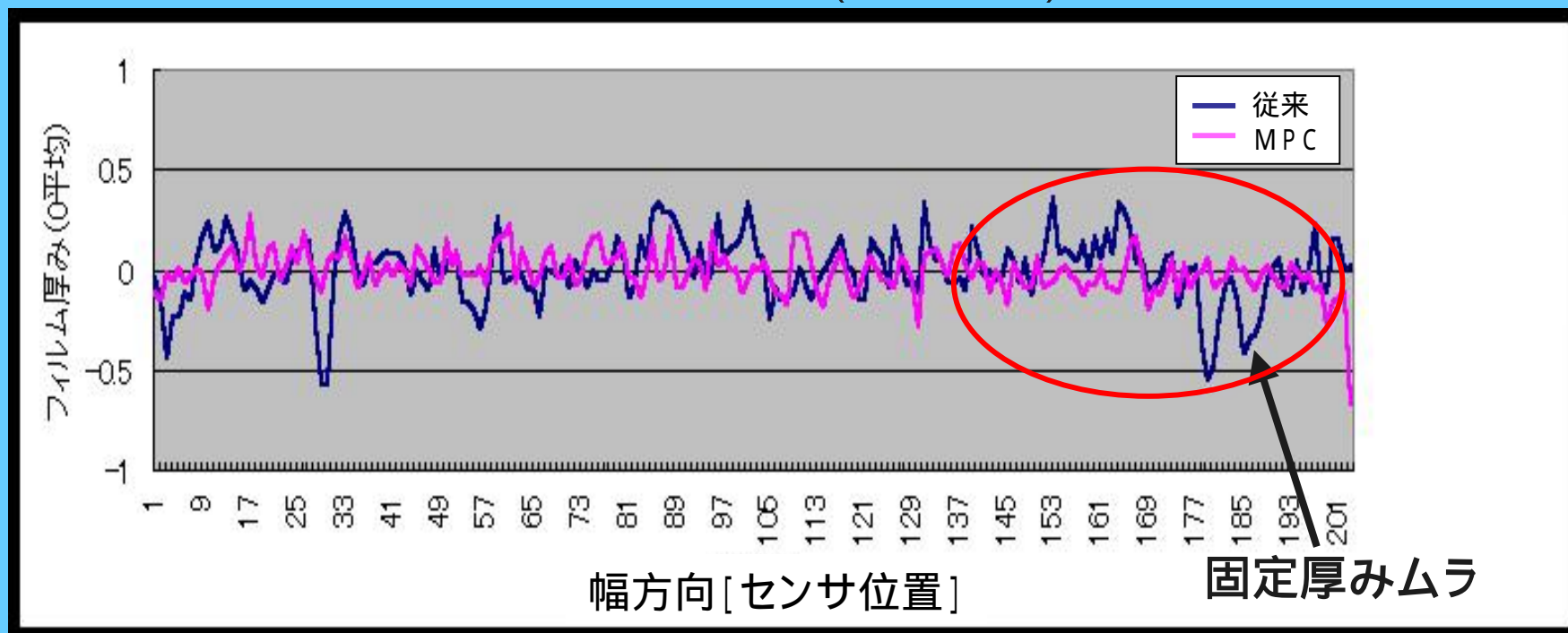


厚みムラを除去しきれず

厚みムラを直ちに除去

実プロセスへの適用(2)

厚みプロフィール(積層平均)

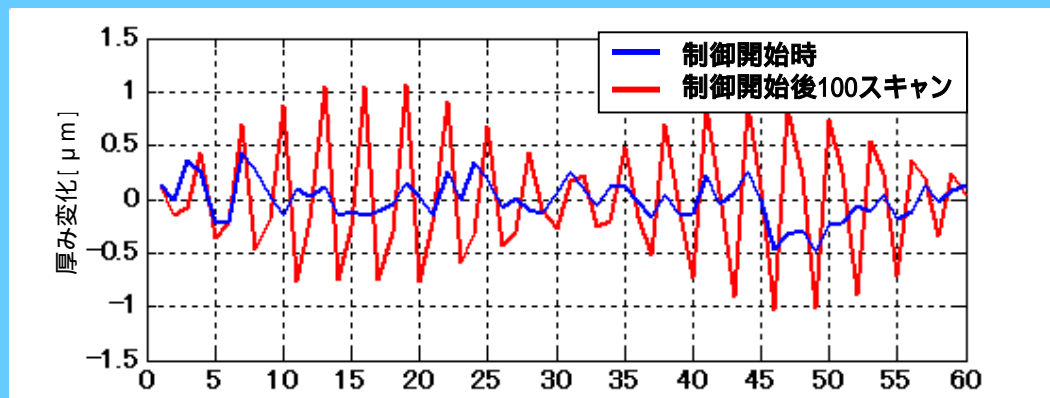
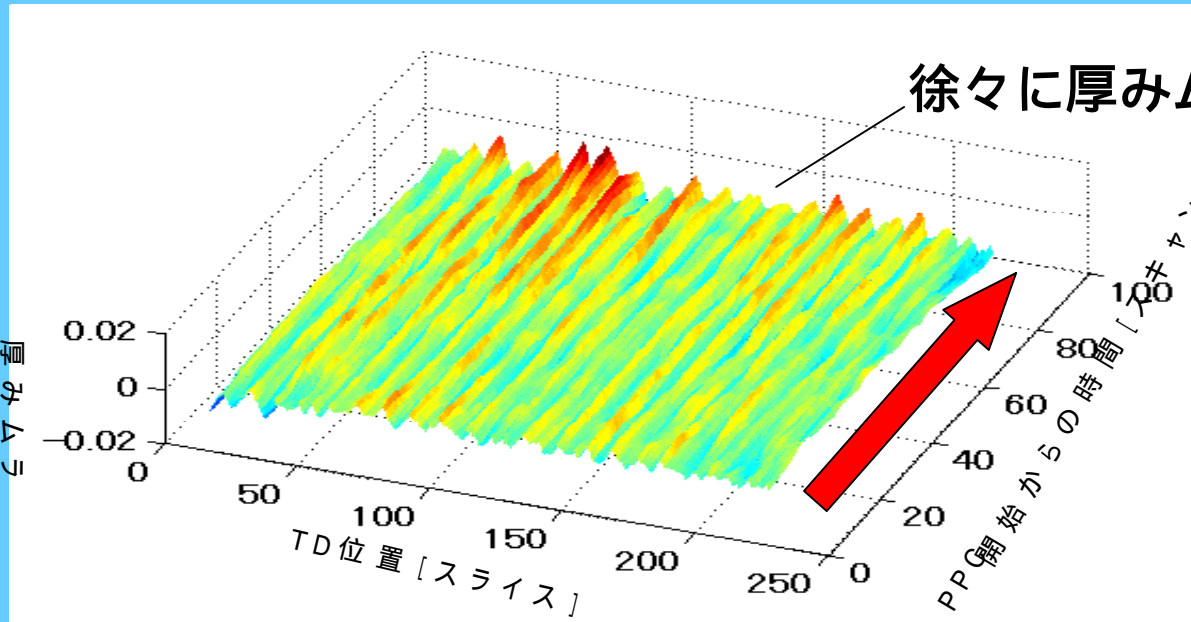


固定的な厚みムラを改善できることを確認

実プロセスへの適用(3)

不安定現象
が発生

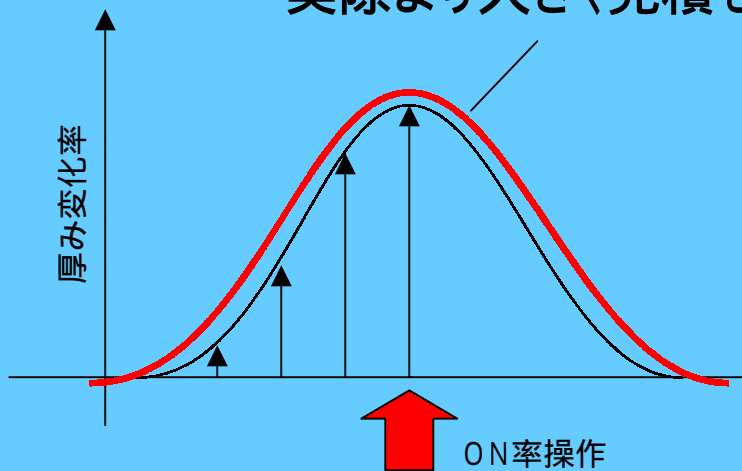
平均厚みに対する比



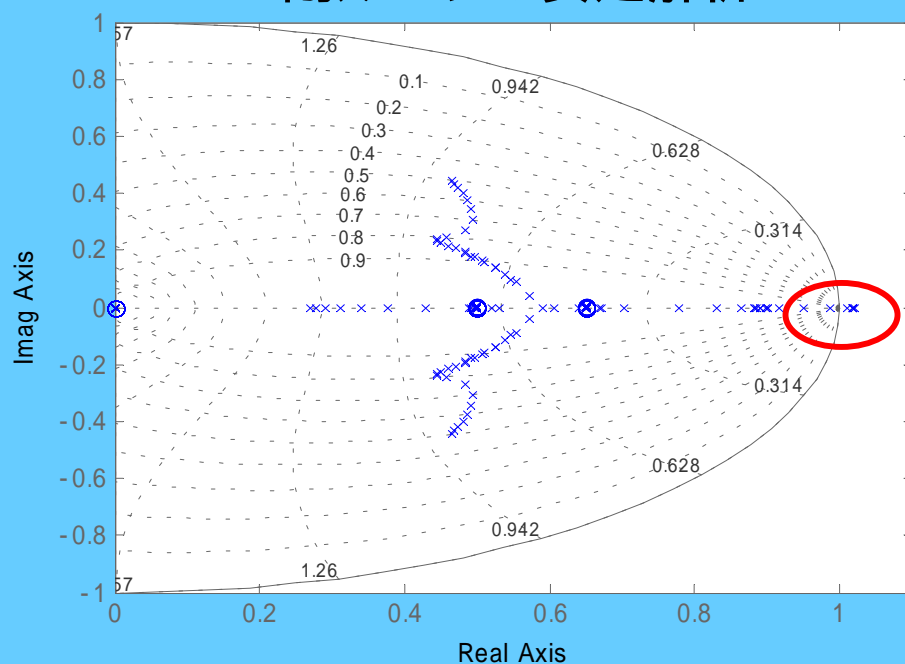
不安定現象発生原因の解明

シミュレーションによる原因究明

実際より大きく見積もった



閉ループの安定解析



設計モデルと実際の差が原因であると特定



まとめ

MPCを適用したフィルム厚み制御系を構成した。
厚み制御性能を向上できることを確認した。

今後の課題

操作量(ON率)バラツキ抑制の検討
ボルト対応ズレ検出技術の開発