

フィルムライン向け AI 学習型厚み制御システム「Repex J-TAC™」

1. はじめに

フィルムシート成形プロセスにおいて、厚み精度の向上に対するニーズは非常に高く、厚み制御装置が担う役割りは重要性を増している。現在の厚み制御装置はヒートボルト(HB)方式自動ダイが主流となっているが、それ以前は現場熟練者が自らの経験と観察による勘を頼りにダイボルトの手動調整によって厚み変動を収束させていた。その経験と勘に代表される技術・ノウハウは、隣り合うボルト同士の干渉や調整ボルトから離れた場所への影響も考慮したものであり、一般的な自動制御ではカバーが難しい領域である。当社は、その熟練者の経験と勘の部分を制御の中に再現することを目標として、人工知能(AI)を用いた制御の開発に取り組み、この度フィルム厚み制御システム J-TAC へ搭載し、製品名を Repex J-TAC として上市するに至った。本紙ではこの Repex J-TAC について紹介する。

2. システム構成

フィルム厚み制御システムの装置構成例として、二軸延伸フィルムの製造ラインを図1に示す。本構成の場合、製造ラインの2か所(原反側、製品側)に設置したセンサから得られたフィルムの厚みデータを入力として、フィルムシート幅方向の厚みが均一になるようにダイのリップ隙間(図2)を調整する。リップ隙間は加熱量の変化により伸縮するHBを用いて自動調整を可能としており、このような構造のダイはHB方式自動ダイとして知られている。このHBヒータ印加電圧を操作量とし、厚みセンサからの情報(厚みプロファイルデータ)をフィードバックして制御を行う。本紙ではAI学習型制御をHB方式自動ダイへ適用とした例について紹介する。

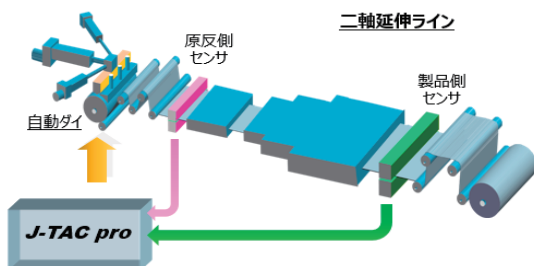


図1 フィルムシート製造ライン構成図
(二軸延伸ライン)

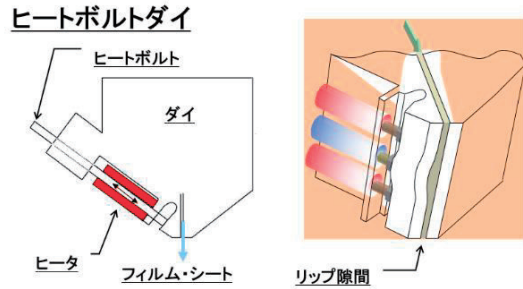


図2 ヒートボルト方式自動ダイの構造

3. 特徴

3.1 AI 学習型制御

今回開発した Repex J-TAC に採用した学習機能の特徴は、制御を行いながら学習データを蓄積し、そのデータを基に最適な制御出力をリアルタイムで算出、更新することである。一般的なPID制御など、従来の制御では生産する品種によって運転条件などが異なるため、品種毎に制御パラメータのゲイン調整等が必要であるが、本システムでは制御を行いながら最適な制御出力を算出し続けるので、これまでのような煩雑な調整作業が不要となる。また制御開始後に厚み精度が許容範囲内(収束状態)に至った後も、運転時間を重ねることで学習を継続していきながら、より最適な出力を求めて解析するため、さらなる精度の向上が期待出来る。

当社フィルムシートテスト装置において実施した Repex J-TAC と従来制御(PID)の比較検証テスト結果を図3に示す。収束時の厚み精度、収束時間共に、AI学習型制御が従来制御を大きく上回る結果が得られた。また、従来制御では収束精度の改善があるレベルで飽和しているが、AI学習型制御では運転時間と共に改善傾向が継続することが確認できている。

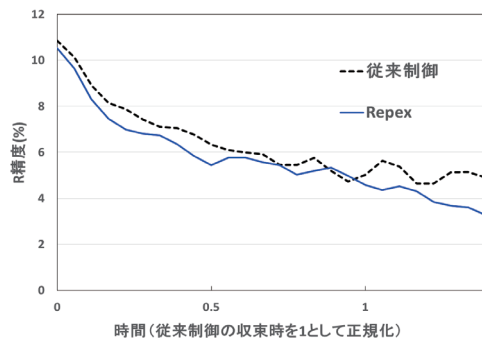


図3 社内検証テスト結果

本システムでは、品種毎に学習データを自動保存し、次の運転の際には前回までの同一品種の学習データを呼び出して制御を開始できるため、使用開始毎に効果を享受でき、使用時間を重ねることによってより安定した品質が得られるシステムが実現できた。

3.2 学習データ共有化機能

厚み制御の“収束を早く”する事をターゲットとして、本システムには学習データ共有化機能を新たに搭載した(図4)。HBヒータの制御は、ダイの横方向に複数設置されたHB各々に対して、各HBに対応したフィルムシート位置の厚みデータを入力としてフィードバック制御を行っている。Repex J-TACでは運転時のデータ蓄積が重要であるが、それぞれのHBが独立したシステムである場合、HBを制御して得られた学習データの適用先はそのHB自身に限定されてしまうため、良好な結果を得るために必要な量のデータの蓄積には多くの時間を要する。そこで本システムでは、各HB毎に構築したデータベースに対して、相互に学習データの受け渡しを行う共有化機能を搭載した。これにより、個々のHBで得られた経験を全HBで共有し、運転データの蓄積及びAI学習の効率を飛躍的に向上させることが可能となった。

例えば、あるHBは目標よりも厚い状態から収束させたデータは豊富に持っているが、薄い状態から収束させた学習データを持っていない場合、HBが独立したシステムの場合には、初期厚みが薄い状態から制御を開始すると、そのHBは経験が無い状態からの学習となるため多大な時間を要する。そこで、薄い状態から収束させたデータを豊富に持っている他のHBのデータを活用して制御することにより、学習時間及び収束するまでの時間を大幅に短縮させることが出来る。これにより、制御開始時の厚み分布が前回制御時と異なる場合においても、各HB

の経験を活かして学習データを相互補完し、素早く収束することが出来る。

また、運転初期の状態においても、過去の経験から良好に収束した時のデータを参考に制御することにより、収束時間の改善が期待出来る。

3.3 干渉対策

厚み制御における課題の一つとして、隣り合ったHBの相互干渉が挙げられる。各HBは対応位置の厚み偏差を参照して制御を行うが、図5に示すように、隣り合うHBで片方は押し方向、もう片方は引き方向という反対方向の動作を行った場合、ダイのリップ隙間は変化せず、厚み偏差は改善しない。

そこで干渉対策を施した本システムでは、それぞれのHBは自身に対応する位置だけではなく、周辺のHBに対応する厚みの変化のデータも参照して学習に取り込むことにより、自身及び周辺のHBを含んだ領域の厚みを考慮した制御を行う。また機械的なリップ変位量に合わせた出力パターンを組み込むことにより、スムーズな制御動作を実現した。

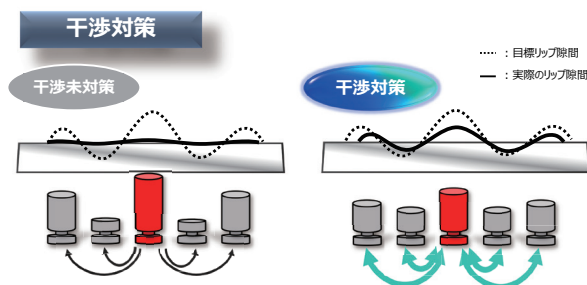


図5 干渉対策

4. おわりに

この度AI学習型制御技術を搭載したRepex J-TACを開発し、お客様に提供できるまでに至った。フィルム厚みは様々な外乱要素により影響を受けるため、現状のレベル以上に精度を向上させるにはパラメータの調整を継続的に行う必要があると考えており、このRepex J-TACはさらなる製品厚みの精度向上に貢献するものとする。

JSWでは、新技術を随時取り入れながらお客様のニーズに応えるべく、今後も引き続き新機能に関する開発を進め、お客様に満足していただける製品を提供し続ける所存である。

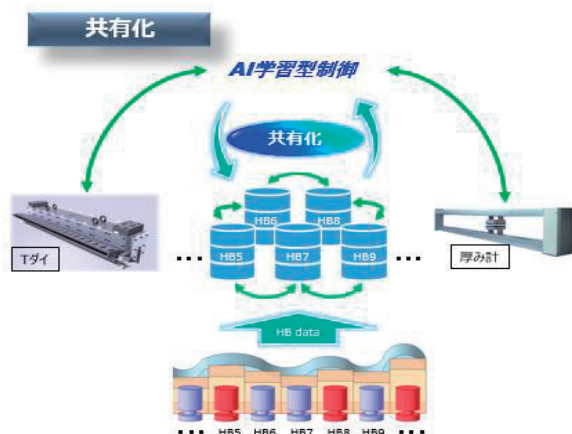


図4 学習データ共有化機能