

氏 名	さ さ き たか し 佐々木 尚 史
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3531 号
学位授与の日付	平 成 12 年 7 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	抄紙機における坪量プロファイル制御の研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 橋 本 伊 織	教 授 荒 木 光 彦	教 授 谷 垣 昌 敬
--------	----------------------	-------------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

坪量プロファイル制御は抄紙機における最も特徴的な制御であり、また製紙工程の最終段階における制御として、紙品質に決定的な影響を及ぼす。従って、製紙会社における坪量プロファイルに対する品質要求は大変厳しく、また、紙の軽量化、マシンスピードの高速化に伴い、近年益々厳しいものとなっている。しかも、坪量プロファイルは、パルプ原料が高速回転するワイヤー上で濾過され、繊維分散が形成される過程で形作られるため、その物理的モデルを記述することは極めて難しい。

従来、このような坪量プロファイル制御については、プロセス干渉行列から定められる評価関数を最適化する最適制御の手法が用いられてきた。しかし、このような制御手法は、高次行列の逆行列演算を含むために、計算機の負荷が大きくなりすぎたり、操作端に物理的な負荷をかけすぎる操作を行う傾向があった。また、操作端とプロファイル測定点との対応付けを与える位置対応を同定するのが極めて難しく、この位置対応の同定を精度よく行うアルゴリズムの開発が、プロファイル制御実用化のための大きな課題となっていた。

本研究は、このような坪量プロファイル制御について、新しい制御手法とプロセス同定アルゴリズムを提案し、各種の抄紙機においてそれらの有効性を確認した結果をまとめたものである。

本論文は、以下の5章から構成されている。

第1章では、坪量プロファイル制御の定義、プロセスの概要と、既往の研究について述べている。

第2章では、仮想スライスボルト対応プロファイル制御について述べている。ここでは、操作端であるスライスボルトの中間地点でも測定値を平均化しフィードバック演算を行うために、仮想スライスボルト対応プロファイルを考案した。そして、仮想スライスボルト対応プロファイルの二乗和を最適化する、仮想スライスボルト対応最適化制御のアルゴリズムを提案した。この制御アルゴリズムにより、従来問題になっていたスライスボルト間ののこぎり波が改善され、現場の品質要求を十分に満たせることを示した。この制御は、最近では主に濃調方式による坪量プロファイル制御に適用されている。

第3章では、エキスパートファジィ制御について述べている。スライスボルト操作による坪量プロファイル応答の再現性の低いある抄紙機において、第2章で述べた仮想スライスボルト対応最適化制御では安定した制御が行えなかった。そのために、熟練オペレータの手動操作方法を疑似ファジィ理論のメンバーシップ関数を利用してアルゴリズム化したエキスパートファジィ制御を開発し、その有効性を確認した。また、プロセス干渉からメンバーシップ関数を決定するアルゴリズムを開発し、一般の抄紙機にこのエキスパートファジィ制御を容易に適用できるようにした。このエキスパートファジィ制御は、塗工機におけるブレードによる塗工量プロファイル制御や、プラスチックフィルムの二軸延伸機におけるダイボルトによる厚みプロファイル制御にも適用され、良好な制御性を有することが示されている。

第4章では、プロファイル制御の制御性に決定的な影響をもつ位置対応とプロセス干渉を同定するアルゴリズムについて述べている。この同定アルゴリズムは、次の3つの部分から成る。

(1)製品品質を保ち、かつプロセス干渉を避けながら自動的にステップ応答操作を行うアルゴリズム。これには、側抑制を持

つニューラルネットワークのフィードバック演算を応用している。

(2)ステップ応答操作の結果得られたプロファイルの変化から、そのピーク位置である位置対応を自動的に検出し、さらに、操作量の最適化を行うアルゴリズム。これには、ウェーブレット変換を応用している。

(3)上記のステップ応答による位置対応の解析において、有効な解析結果の得られなかった操作端と、解析結果そのもののばらつきを自動的に補間し、制御で用いる位置対応を決定するアルゴリズム。これには、3層ニューラルネットワークのバックプロパゲーションによる学習を応用している。

第5章では、本論文で得られた結果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、抄紙機の坪量プロファイル制御において、新しい制御アルゴリズムとプロセス同定アルゴリズムを提案し、実際のプロセスにおける有効性を確認したものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 操作端であるスライスボルトの中間地点における出力をも制御量として取り込み、逐次的な二乗和最小化手法を使って操作量を定める仮想スライスボルト対応最適化制御を提案した。これにより、従来制御で生じていたプロファイル上のこぎり波を抑制できることを示した。
2. 熟練オペレータの手動操作方法を、疑似ファジィ理論を利用してアルゴリズム化したエキスパートファジィ制御を提案し、これにより、仮想スライスボルト対応最適化制御でも安定した連続制御が行えない抄紙機についても、良好な制御性能が達成出来ることを示した。また、あるプロセス変数からメンバーシップ関数を自動的に決定するアルゴリズムについても提案し、仕様の異なった抄紙機における制御結果を用いてその有効性を示した。
3. プロファイル制御における重要なチューニング項目である位置対応とプロセス干渉を自動的に同定するアルゴリズムを提案し、その有効性を実際のプロセスで確認した。このプロセス同定アルゴリズムには、ウェーブレット変換、側抑制をもつニューラルネットワークのフィードバック演算、および3層ニューラルネットワークのバックプロパゲーションによる学習を応用している。

以上、本論文は、抄紙機における最も重要な品質管理項目である坪量プロファイルについて、その制御手法とプロセス同定アルゴリズムを提案し、いくつかの製紙プラントで実際にその有効性を確認したものであり、その成果は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年5月22日、論文内容とそれに関する試問を行った結果、合格と認めた。