

博士学位論文審査要旨

論文題目：ニューラルネットワーク制御のオンライン・オフライン融合型学習法を用いた
サーボシステムの位置決め制御

Position Control of Servo System Using Online-Offline Integrated Learning
Method of Neural Network Control

学位申請者：森田 昌一

電気電子工学専攻

主査：森下 明平

副査：福岡 豊

副査：斎藤 秀俊

副査：濱根 洋人

副査：黄 慶九

千葉大学工学部電気電子工学科

副査：劉 康志

申請者は産業用ロボット等に用いられるモータによる位置決めサーボシステムの研究に従事してきた。中でも、従来型のフィードバック制御にニューラルネットワークで構成されるフィードフォワード制御を組み合わせたサーボシステムに着目し、目標軌道や負荷の変動に対して誤差および遅れを補償できる制御器に軸足を置いた研究を行ってきた。学位申請論文はその成果を全8章にまとめたものである。以下に審査概要を記す。

第1章 序論

本章では、サーボモータの位置決め制御に対して、負荷の変動と外乱の対応および実時間制御が可能であるニューラルネットワーク制御の新しい学習法を提案したその背景と目的を述べ、その提案方法を実現するにあたって浮上した課題点とその解決法について言及している。

第2章 サーボシステムの基礎知識

本章では、制御対象とニューラルネットワークとの間にはどのような関係があるか明らかにする前段階として、2種類の永久磁石同期電動機を例とするサーボモータの構造とそれらの制御法を説明し、本論文で取り扱う制御対象の数学モデルに一般性のあることを示している。また、フィードバック制御器を用いた全体のサーボシステムの構成についても説明している。

第3章 ニューラルネットワーク制御の基礎知識

本章では、ニューラルネットワークの構造およびニューラルネットワークの学習アルゴリズムが説明され、ニューラルネットワーク制御の種類および先行研究の内容が紹介されている。これらによって、制御対象とニューラルネットワークとの関係を明らかにして

いる。

第 4 章 動的モデルを用いた解析環境

本章では、制御対象であるサーボモータの位置決め制御の構成を説明し、その制御系の動的モデルが示されている。加えて、サーボモータの位置決め制御のシミュレーションを行うための制御系解析モデルを提示し、その解析モデルを用いたシミュレーションの具体的な解析方法について説明している。

第 5 章 オンライン・オフライン融合型学習法

本章では、従来のオンライン学習法およびオフライン学習法のアルゴリズムとそれらの学習法の利点と欠点を説明している。また、それらの学習法の利点を融合させたオンライン・オフライン融合型学習法のアルゴリズムと利点が説明されている。さらに、PID 制御とオンライン学習法をそれぞれ用いた場合のシミュレーションの結果、オンライン学習法、オフライン学習法、提案したオンライン・オフライン融合型学習法をそれぞれ用いた場合のシミュレーションの結果と得られた考察を述べている。

第 6 章 学習率と回数閾値の更新則

本章では、第 5 章で提案したオンライン・オフライン融合型学習法での学習率と回数閾値の更新則を提案し、従来は試行錯誤で決められていたこれらの値が効率的に導出できることを明らかにしている。そして、シミュレーションの結果から提案した更新則の有効性が検証されている。

第 7 章 カスケードニューラルネットワーク制御

本章では、第 5 章で提案したニューラルネットワーク制御のオンライン・オフライン融合型学習法にもう 1 つのニューラルネットワーク制御を接続した新たな制御法を提案している。その制御法をカスケードニューラルネットワーク制御と定義し、その構成と理論を説明している。また、第 4 章で説明したサーボモータの位置決め制御のシミュレーションに提案したカスケードニューラルネットワーク制御を適用して、単体のニューラルネットワーク制御を用いた場合と提案したカスケードニューラルネットワーク制御を用いた場合で学習効果の比較を行い、その効果を明らかにしている。

第 8 章 結論

申請論文では以下の点が明らかとなったと結論付けられている。第一に、提案されたニューラルネットワーク制御のオンライン・オフライン融合型学習法の妥当性と有用性が示された。第二に、提案したオンライン・オフライン融合型学習法での学習率、サンプリングタイム内での繰り返しループ回数の閾値（回数閾値）の更新則を提案し、その有用性が示された。第三に、提案されたカスケード型ニューラルネットワーク制御法の妥当性と有用性が示された。

以上のように、本研究はニューラルネットワークを用いたサーボ位置決め制御システムにおいて二律背反の課題であった、「負荷変動および外乱に対するロバスト性の向上」と「実時間制御の実現」の両方を同時に解決しており、申請論文が博士（工学）に値すると評価できる。