

氏 名 (本 籍)	すぎやま ひでゆき (静岡県)
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	博 甲 第 379 号
学 位 授 与 年 月 日	昭和61年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 5 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	工学研究科
学 位 論 文 題 目	「手動制御系における操作者のFuzzy Modelに関する基礎的研究」
主 査	筑波大学教授 工学博士 松 島 皓 三
副 査	筑波大学教授 工学博士 星 野 力
副 査	筑波大学助教授 工学博士 太 田 道 男
副 査	筑波大学助教授 工学博士 青 島 伸 治

論 文 の 要 旨

本論文は、「手動制御系における操作者のFuzzy Modelに関する基礎的研究」と題し、5章よりなっている。

第1章「緒言」では、まず、手動制御系における操作者の制御特性を研究する意義、従来の研究の概要と制御特性のモデル化における問題点について述べている。それらの問題点を踏まえた上で、操作者の新たなモデルとして、人間のもつ「あいまいさ」を考慮したモデル、すなわち「あいまいモデル」の提案を行っている。このあいまいモデルは、人間のcentral nervous systemにおける判断機構を模擬するものである。ついで、あいまいモデルを構成するための準備として、あいまい集合論およびあいまい推論の概要について述べている。

第2章「トルク飽和のあるサーボ系の制御」では、制御対象に非線形要素としてトルク飽和のあるサーボ系を想定している。まず、ステップ状の目標値が与えられた場合の被験者の制御動作を実験によって求め、その結果に見られる操作の特徴を詳述している。ついで、試行波形から被験者の制御動作の定性的傾向を抽出し、それらを自然な言葉を用いた「あいまい規則」で表現することによって、被験者のあいまいモデルを構成している。その際、被験者は制御偏差と制御量の速度に注目して判断を下し、操作量を出力していること、また、判断は離散的に行われており、その時間間隔は制御偏差と制御量の速度に依存することのふたつを仮定している。このあいまいモデルをコントローラとして制御系を構成したものを「あいまい制御モデル」と呼ぶが、あいまい制御モデルに

よって被験者の試行波形の再現が可能であることを明らかにしている。さらに本章においては、あいまいモデルに含まれる数値パラメータに着目することにより、学習過程の考察が可能であること、また、各あいまい規則が作用する回数およびあいまいモデルに含まれる数値パラメータが被験者間の個人差を示す指標となることについても検討を行っている。

第3章「『不感帯+積分器』からなる制御対象の制御」では機械のもつ非線形要素として、ブルドーザ、パワーシャベルなどの操作レバーに見られる不感帯を取上げ、これに積分器を加えたものを制御対象に想定している。まず、実験によって被験者の制御動作を求め、試行波形に見られる特徴について述べている。ついで、試行結果から抽出される制御のための定性的傾向に基づいてあいまいモデルを構成し、あいまい制御モデルを用いて試行波形の再現を行っている。ここで用いるあいまいモデルも、前章で述べているのと同様のふたつの仮定に基づいて構成されている。また、あいまい規則は「制御量を目標値の概ね近傍に持つて行くまでの過程に関するもの」と「その後、微小な偏差をなくす過程に関するもの」との2種類に大別される。さらに、2章で用いるあいまい規則と本章で用いるものとを比較検討し、被験者はふたつの相異なる制御対象の制御に共通した基本的操作特性を有することを明らかにしている。また、被験者間の個人差、学習過程に関する検討も行っている。

第4章「不規則入力に対するサーボ系の制御」では、あいまいモデルによるモデル化が操作者の定常応答についても有効であることを検証し、あわせて、あいまい制御モデルと伝達関数モデルとの比較検討を行うため、2次のサーボ系の出力を定常な不規則入力に追従させる制御動作を取上げている。まず、被験者に対する実験を行い、その結果得られた試行波形に見られる各被験者の制御動作の特徴について述べている。ついで、試行波形から抽出される被験者の制御の定性的傾向と、実験終了後各被験者に対して行っている問診の結果とに基づいて、あいまいモデルを構成している。一方、実験データから被験者の周波数特性を計算によって求め、伝達関数によるモデル化を試みている。さらに、被験者の周波数特性を表わす伝達関数をコントローラとして閉ループを構成した場合のモデルと、あいまい制御モデルとを、試行波形の再現性について比較し、検討を行っている。その結果、あいまい制御モデルは伝達関数モデルと比較して同等以上の試行波形の再現性を有し、かつ、操作者の制御動作をより直接的に説明できることを明らかにしている。また、本章におけるあいまいモデルを構成するのに用いられている規則と、2章および3章で用いられているものとを比較することにより、被験者は互いに異なる三つの制御動作に共通した基本的操作特性を有することを明らかにしている。

第5章「結言」は本論文のまとめであり、本研究によって得られた知見を総括して述べている。

審 査 の 要 旨

本論文は、手動制御系における操作者の制御動作をFuzzy集合論を応用して解析した結果について

報じたものである。

ここでは、人間の制御方策を表現する上で「あいまいさ」を考慮することが、手動制御系における操作者の制御動作を解析する際不可欠であることを指摘し、Fuzzy集合論が、操作者の動作解析に有効な手法となることを述べている。

これを実証する目的で、操作者の過渡応答を検討するために、トルク飽和のあるサーボ系および不感帯と積分器とよりなる系を制御対象としてあげ、ステップ状目標値に対する操作者の制御動作を実験により求めている。

これらの実験データを検討し、操作者は、制御偏差と制御量の速度に注目して判断を下し、操作量を出力していること、またその判断は、離散的に行われ、その時間間隔は、制御偏差、制御量の速度に依存して可変であるという仮定がおけることを述べている。

その仮定のもとで、操作者の制御方策をあいまい命題よりなるLinguistic control ruleで記述する手法を提案し、これらの規則よりなる操作者の制御動作を模擬するモデルを構築している。

ついで、モデルのLinguistic control ruleに含まれるFuzzy言語変数をFuzzy集合の演算規則を用いて数値化するためのアルゴリズムについてのべ、シミュレーションを行い、構築されたモデルによって、操作者の制御過程が良く再現できることを示している。またシミュレーションの過程で得られたFuzzy言語変数が属するFuzzy部分集合の台集合の大きさおよびメンバーシップ関数の数値hedgeが、操作者の個人差および学習過程を評価する指標となることを示している。

つぎに操作者の定常応答を検討するために、定常不規則入力に対する操作者の動作解析を、制御対象にサーボ系を用いて行っている。

この場合も、前述と同様な手法で操作者のFuzzyモデルを構築できることを示している。さらに、従来の伝達関数モデルとの比較を行い、Fuzzyモデルが、伝達関数モデルと同等以上に操作者の制御過程を再現可能であり、かつ操作者の挙動をLinguistic control ruleにより直接的に説明できることを示している。

以上の結果を総括すると、制御対象に非線形性が含まれる場合についても、Fuzzyモデルによって、操作者の過渡特性および定常特性が基本的に共通なLinguistic control ruleにより説明できること、かつ、Fuzzyモデルに含まれる数値パラメータが、いずれの場合においても操作者の動作の相違を評価する上で有用な指標となることを述べている。

以上本論文は、手動制御系における操作者の制御動作解析に新しい手法を提案し、実験的にその妥当性を証明したものであり、この分野における新しい知見を多く含み、かつFuzzy集合論の新しい応用面をひらいたものとして価値あるものと認める。

よって、著者は工学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。