



Fuzzy制御とその実システムへの応用に関する研究

安信, 誠二

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

1987-03-18

(Date of Publication)

2008-03-24

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙1073

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2001073>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・（本籍）	安 信 誠 二 （兵庫県）
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博ろ第11号
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位授与の日付	昭和62年3月18日
学位論文題目	Fuzzy制御とその実システムへの応用に関する研究

審査委員	主査 教授 北村 新三
	教授 松本 治 彌 教授 平井 一 正
	教授 高森 年 教授 丸橋 徹

論文内容の要旨

近年、VLSI、マイクロ・コンピュータを中心とした、計算機ハードウェア技術およびソフトウェア技術の発達に伴い、従来人間が行なってきた制御（運転）をコンピュータを用いて代行させようという試みがさかんに行なわれている。しかし、プラントや交通システムなどで人間が行なっている運転をコンピュータ化しようとした場合、コンピュータによる制御は、各種変動要因を押さえ込んだ常に正確で同じ制御が可能であるが、熟練者の方が変動要因にうまく対応し、対象システムの制御目的を満足するうまい制御、人間にとって好ましい運転を行なっている場合が多くあり、この熟練者並の制御の実現が大きな課題となっている。

本研究ではこの課題を解決するため、人間の主観を定量化する Fuzzy 集合を用いて人間の制御に関する知的活動をコンピュータに組み入れる制御方式を開発し、その方式を列車運転、クレーン運転の実システムへ適用することにより、コンピュータによる熟練者と同様な運転を実現し、本方式の有効性を検証した。具体的には、「Fuzzy 制御による人間の経験則のアルゴリズム化」、「列車運転の自動化」、「コンテナ・クレーン運転の自動化」を取り上げ、これらの運転における運転手の経験をコンピュータ化した自動化アルゴリズムを開発し実システムへの適用を行なった。

本論文は8章から構成されており、以下各章ごとにその要旨を述べる。

第1章緒論では、本研究に対する工学的背景を述べると共に、関連する従来研究の概要、本研究の目的と概要ならびにその特徴について述べた。

第2章では、Fuzzy 制御の基礎となる Fuzzy 理論について簡単に述べると共に、従来制御方式及

び従来より提案されてきた Fuzzy 制御方式についてその問題点を検討し、人間の運転において熟練者が行なっているような、多次元にわたるあいまいな評価指標により経験的に行なっている制御をアルゴリズム化でき、対象システム本来の制御目的を 1 組の制御則の集りで評価し、運用者にとって望ましい状態となるような制御指令を決定する新しい予見 Fuzzy 制御方式を考案した。

第 3 章では、第 2 章にて述べた Fuzzy 制御方式の適用拡大を図るため、人間の運転に関する制御戦略を議論し、人間の制御（運転）において行なっている知的活動を、「推定」、「判断」、「実行」の 3 段階に階層化した制御戦略としてとらえ、この制御戦略に基づく Fuzzy 制御方式を考案した。さらにこの提案した制御方式を伝達関数で表される対象へ適用し、本方式が一般的な対象に対しても適用可能であることを示した。ここで提案した制御方式は人間の制御戦略をそのままアルゴリズム化し、コントローラは、その経験則を Fuzzy 制御則化したものに基づき制御指令を決定する。そのため、コントローラの動作状況を監視する人間は、コントローラの推論状況により、コントローラが現在何を考え、どのような評価のもとにどうしようとしているかを時々刻々表示させチェックすることが可能であり、より人間に近付いた制御を計算機により実現できた。

第 4 章では、第 2 章にて提案した予見 Fuzzy 制御方式を用いて、列車運転の中で最も運転手の熟練度が要求される定位置停止制御に対して、運転手の経験則に基づき、(a)乗り心地、(b)停止精度、(c)走行時分、を評価しながら列車を所定の停止目標に停止させる制御則を作り、列車定位置停止制御を行なった。シミュレーションの結果、提案方式により、従来実用している PID 制御と比較して、制御指令の変化回数を $\frac{1}{2}$ 、停止精度の標準偏差を $\frac{1}{2}$ とした、乗り心地の良い、正確な定位置停止制御を、実現可能であることを明らかにした。

第 5 章では、第 4 章にて提案した、予見 Fuzzy 制御による列車定位置停止制御の考え方を拡大し、駅を出発してから、次駅に停止するまでの列車運転全体の考察を行ない、提案した予見 Fuzzy 制御方式を適用した。ここでは、運転手による運転を、(a)安全性、(b)乗り心地、(c)追従性、(d)消費電力量、(e)走行時間、(f)停止精度、を評価しながら、10 個の駅間制御則、9 個の定位置停止制御則から制御指令を決定するものとして定式化し、アルゴリズム化した列車自動運転システムを考案した。計算機シミュレーションの結果、本方式により、正確で乗り心地良く、環境の変動に強い上に、従来実用化している PID 制御方式と比較して力行時の消費電力量を 10% 以上節約した省エネルギー運転の可能な列車自動運転ができることを確認した。また、提案した列車自動運転システムを、8 ビットのマイクロ・コンピュータに組み込み、実際の地下鉄システムの列車を用いて走行実験を行ない、計算機シミュレーションによる評価と同様に、実システムにおいても、乗り心地良く、正確で、省エネ化を図った運転が行なえ、熟練者と同等な運転をコンピュータにより実現できることを確認した。

第 6 章では、自動化への要求は強いが従来の制御方式では実用化が難しく、現在でも熟練者の運転に頼っているコンテナ・クレーンの運転に対して、熟練オペレータの実荷役作業の調査およびその分析により、その運転を、(a)安全性、(b)停止精度、(c)残留振れ、(d)運搬時間、を評価しながら、トロッコ系の「判断」に 6 個、「実行」に 7 個、ロープ系の「判断」に 4 個の制御則を用いて、トロッコ目標速度、トロッコ加速力、ロープ目標速度を決定するものとして定式化し、第 3 章にて提案した

Fuzzy 制御方式にてアルゴリズム化したクレーン自動運転システムを考案した。計算機シミュレーションの結果、本方式の採用により、非熟練者でも行き先を指定して出発ボタンを押し、自動運転により目標直上に運搬されたコンテナを下ろすだけで、高効率な荷役作業が実現できることを確認した。

第7章では、提案した Fuzzy 制御によるコンテナ・クレーン自動運転方式を、16ビットのマイクロ・コンピュータに組み込み、高さ18mの実験用クレーン用いてその実用性を評価し、本システムにより非熟練者でも熟練者と同様の、安全に、正確に、早くコンテナを運搬できることを確認し、実用化の裏付けを得た。

第8章は、本研究の結論であり、研究結果の要約、評価について述べた。

以上のように本論文では、人間の実システムの制御において行なっている知的活動のコンピュータ化に関して、新方式の提案及びその2つの応用事例の研究成果について述べた。これら研究成果は、人間の制御を計算機化したいと言う実際のシステムのもつ課題を解決するものである。

論文審査の結果の要旨

近年、制御理論の展開とコンピュータ技術の発達に伴い、従来、人間が行ってきた熟練的な制御動作をコンピュータに代行させたいという要求が出てきている。多くの機器あるいはプラントの運転において熟練者が対象システムの変動要因にうまく対応し、制御目的を達成する上手な制御動作を行っており、これをコンピュータにより実現することが重要な課題となりつつある。本論文はこの課題を解決するために、人間のもつ主観的なあいまいさを定量化する手法として、Fuzzy 集合(あいまい集合)を導入し、これにより人間の制御動作に関する知的活動をコンピュータに組み入れる技法を開発し、実システムへの応用を図ると共に、その有効性を確認している。これは新しい制御技術を開発したものと評価される。

本論文は八章より構成されている。第一章は研究の工学的背景と目的および概要を述べたものである。

第二章では Fuzzy 制御の基礎となる Fuzzy 理論を紹介すると共に、従来の制御方式及び従来すでに提案されているところの、対象システムの状態量を Fuzzy 集合として評価し制御指令を決定する状態 Fuzzy 制御方式についてその問題点を検討し、そこより、対象の本来の制御目的の満足度を評価し、運用者にとって望ましい状態となるような制御指令を決定する、新しい予見 Fuzzy 制御方式の概念を導入している。予見とは実現上は、対象の動特性を記述する数学モデルを用いることにより、与えられた制御指令による効果がある程度予測することを意味している。

第三章では人間の行う運転動作について議論し、これに基づく汎用 Fuzzy 制御方式について述べている。ここでは、人間の制御戦略を、推定、判断、実行の三段階に階層化し、それぞれに対して Fuzzy 制御の考え方を適用した方式を提案している。さらに本方式を、むだ時間を含む伝達関数モデルに適用し、それが一般的な対象に対しても有効であることを確認している。

第四章では、第二章で提案した予見 Fuzzy 制御を、列車運転のなかで最も熟練度の要求される定位置停止制御に適用している。すなわち、運転手の経験則に基づき、(1) 乗り心地、(2) 停止精度、(3) 走行時間の三項目を評価しながら列車を所定の停止位置に停止させる方式を提案している。さらに、提案した方式を、従来から実用されている PID 制御による自動運転方式との比較の下で、コンピュータシミュレーションにより、停止精度と乗り心地の項目について評価し、提案した方式の有効性を確認している。

第五章では、第四章での考え方を列車運転全体に拡大し、駅から出発して次駅に停止するまでの列車運転に対する運転手の経験則の考察を行い、この問題に予見 Fuzzy 制御を適用している。ここでは、(1) 安全性、(2) 乗り心地、(3) 目標速度への追従性、(4) 消費電力量、(5) 走行時間、(6) 停止精度の六項目を評価指標とする列車自動運転システムが提案されている。さらに、従来の PID 制御による列車自動運転との比較を、コンピュータシミュレーションにより行い、消費電力量、制御ロバスト性の面での有効性を確認している。また、この方式を実際の列車運転に適用し、実システムにおいても乗り心地よく、正確で、省エネルギー化を図った運転が行え、熟練者と同等な運転をコンピュータにより実現できることを確認している。

第六章では、自動化要求は強いが従来の制御方式では自動化のむずかしいコンテナクレーンの運転に対して熟練オペレータの実荷役作業の分析により、その運転を、(1) 安全性、(2) 停止精度、(3) 残留振れ、(4) 運搬時間の四項目を評価しながら、トロリ系とロープ系の制御に予見 Fuzzy 制御方式を用いたクレーン自動運転システムを提案している。これはコンピュータシミュレーションによりその有効性が確認されている。

第七章では、第六章の方式をマイクロコンピュータに組み込み、高さ18mの実験用クレーンに実装し、実験によりこの方式により非熟練者でも、行き先を指定し出発ボタンを押すだけで、熟練者と同じように安全に、正確に、早くコンテナを運搬できることを確認し、実用化の裏付けを得ている。

第八章は本研究の結論である。

以上、本論文は予見 Fuzzy 制御の提案と定式化を行い、さらにその実システムへの応用について研究したものであり、とくに、その実用性を実証した点において重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。

よって、学位申請者 安信誠二は工学博士の学位を得る資格があると認める。