

内燃機関性能試験用デジタル 自動制御装置の試作（第二報）

—— ソフトウェアの開発 ——

伊藤 堅 * 入江 寿弘 *
武藤 實 * 佐々木春雄 *
鏑木 實 **

1. はじめに

近年、自動車用内燃機関の各種特性の計測の自動化において、デジタルコンピュータを用いた計測自動化システムが次々に実用化されつつある。それらのシステムにおいて、データ収集部のデジタル化はすでに一般化しているが、エンジンの回転数、ブースト及

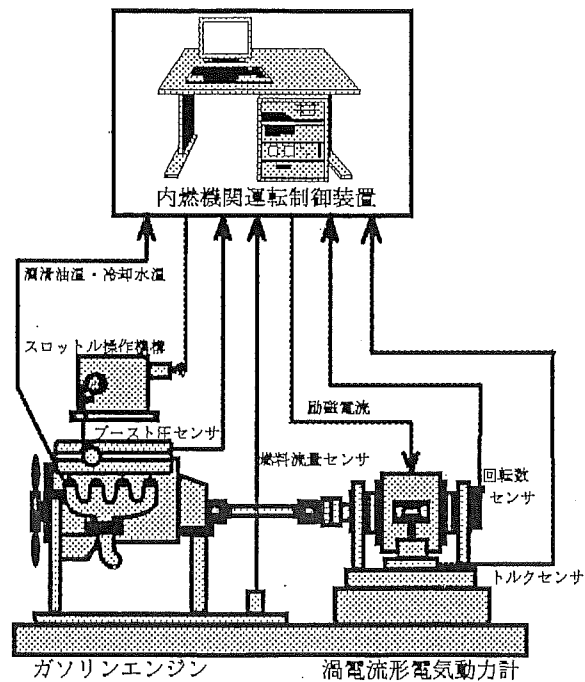


図1. 制御装置の構成

び回転数トルク制御におけるソフトウェアサーボ機構についてはまだ実用化された例が少ない。また従来のアナログ式制御装置においては、内燃機関が変わったり、運転状態の変更があった場合、制御パラメータの微調整が必要であった。そこで本研究ではファジィ制御によるソフトウェアサーボの特性を生かし、内燃機関の違いや運転状態による特性変動に対してもロバスト性を持つ制御系の設計を行うと共に、操作性を考慮した内燃機関性能試験装置の試作研究を行った。また性能試験を容易に行うことが出来るようにユーザーインターフェースの改善、試験結果の演算、作表およびグラフ化等のソフトウェア機能について検討し実用化をはかった。

2. 制御対象

内燃機関と渦電流形電気動力計を組み合わせた系を制御対象とし、操作部はスロットル弁（ディーゼルエンジンでは燃料弁）を開閉するサーボ機構および動力計の励磁電流の調整装置とした。

今回の研究で取り扱う制御対象は内燃機関としてガソリンエンジン、制御量は性能試験

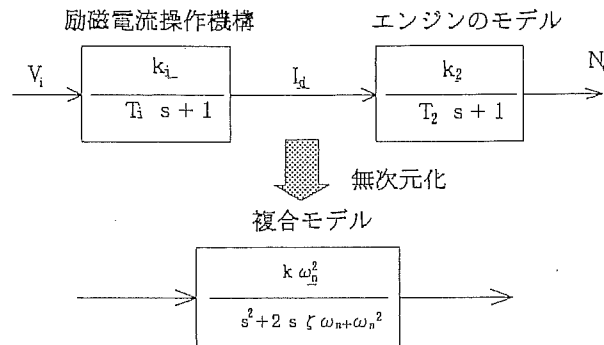


図2. 簡略化したモデル

表1. 励磁電流一回転数特性の領域により定まる定数

	低回転数	中回転数	高回転数
低トルク	$\omega_n=0.4$ $\zeta=1.0$ $k=7.5$	$\omega_n=1.0$ $\zeta=1.8$ $k=7.5$	$\omega_n=0.8$ $\zeta=1.3$ $k=5.5$
中トルク	$\omega_n=2.5$ $\zeta=1.0$ $k=3.2$	$\omega_n=1.2$ $\zeta=2.0$ $k=3.5$	$\omega_n=0.8$ $\zeta=1.9$ $k=4.45$
高トルク	$\omega_n=0.4$ $\zeta=1.0$ $k=0.75$	$\omega_n=0.7$ $\zeta=4.0$ $k=0.75$	$\omega_n=0.5$ $\zeta=1.4$ $k=0.7$

に必要な回転数，ブースト，トルクとし，トルク，パワー，燃料消費率および各部の温度等を計測出来るようにした。

装置の概要を図1に示す。実験に用いた内燃機関は日産製 E15 ガソリンエンジンである。

制御対象(E15-動力計系)の特性は非線形であるため，動作点回りにおいて線形化し，動作点を限定した1入力-1出力系と考え，無次元化したモデルを図2に示す。それぞれの領域における係数は実測値より表1を得た。

3. 制御系のパラメータ設計

このような非線形特性を持つ制御対象には従来のような線形制御系で対処することは困難である。そこでわれわれは非線形な制御対象に有効であると言われているファジィ理論を用いたコントローラによりシステムの制御を行ってきた。

はじめに開発したパラメータ固定のファジィコントローラはエンジンがトランスミッション経由で動力計に接続された状態で設計したが，今回はそれを改め動力計を直結して特性試験を行えるようにした結果，これまでの制御系パラメータのままでは最適状態からはずれることになった。そこでこれらのパラメータを新たに設計し直さなければならない。しかしファジィ制御のパラメータ設計に於いては一般に勘と経験がいるため，いくらかの熟練を必要とする。従来の設計では最終的には試行錯誤を繰り返す必要があった。そこでこのパラメータ設計にあたり最適化設計の理論を適用し求めることにした。ファジィ制御部分には我々の過去の実験の結果より最も制御性，信頼性が良好であった制御則を用いることとした。各制御パラメータの設計基準として評価関数を決め，それを最小にするパラメータを求めることとした。最適化は繰り返し計算により行うこととし，前述の2次系モ

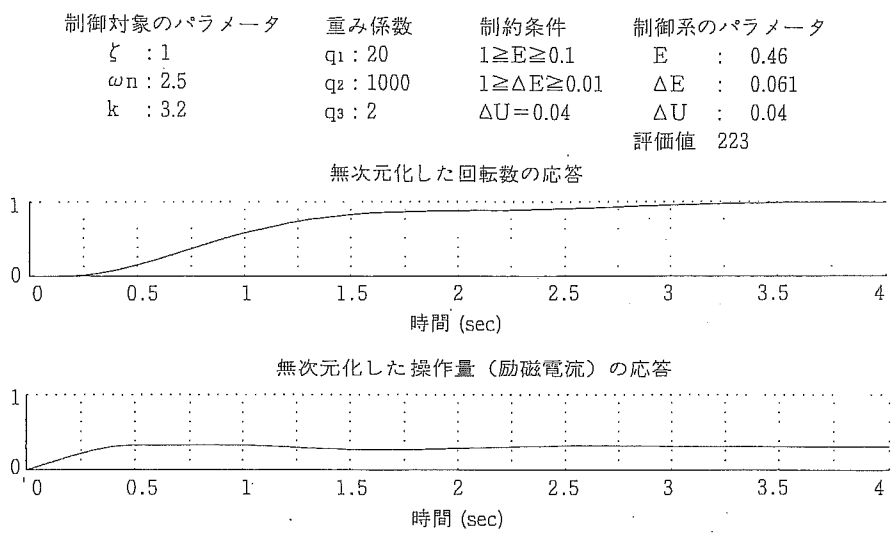
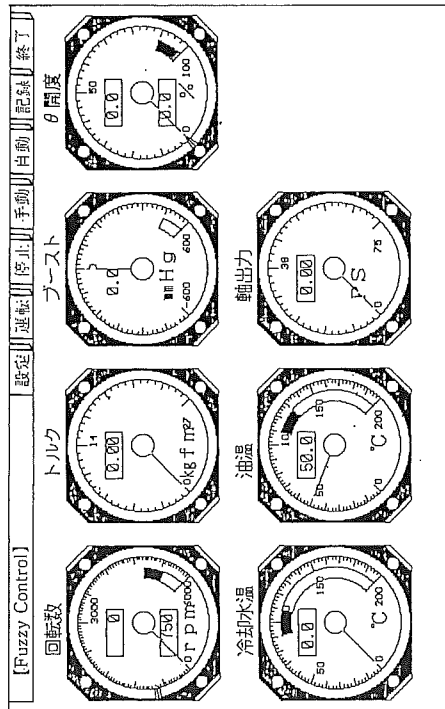
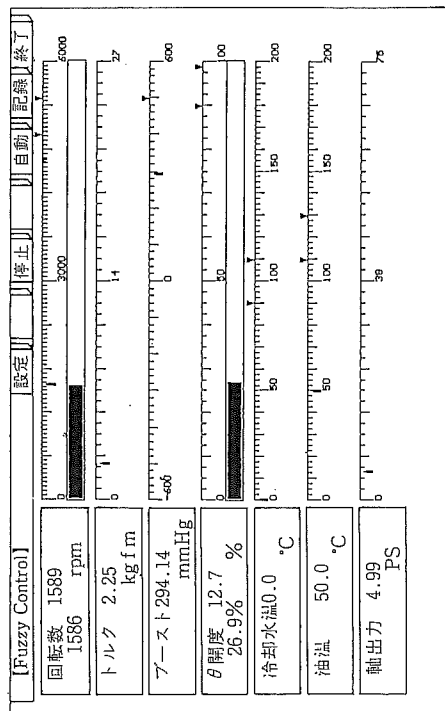


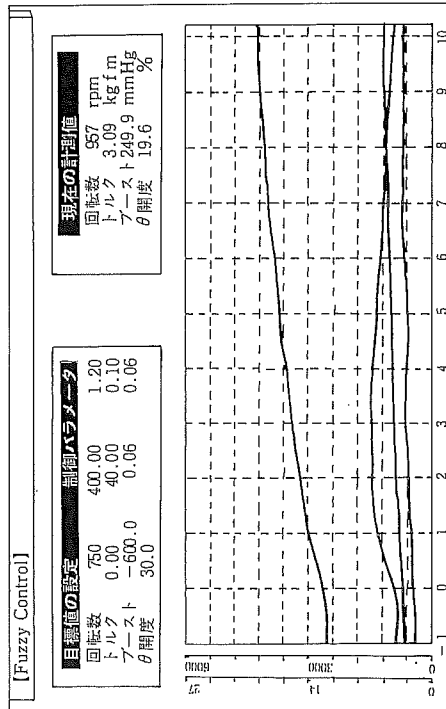
図3. 最適パラメータ設計を取り入れたファジィ制御の低回転—中トルク域におけるシミュレーション結果



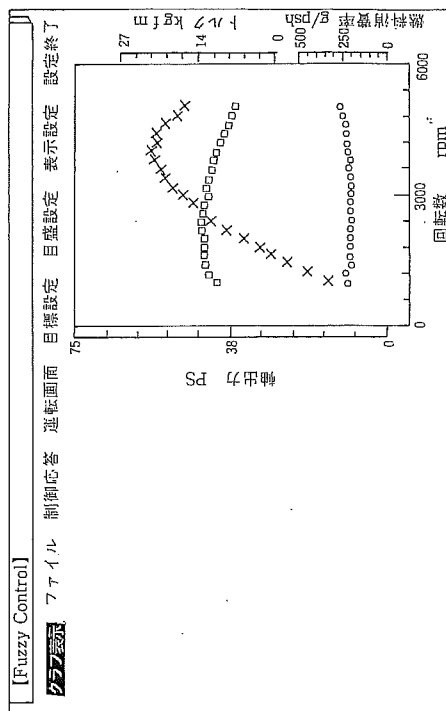
(a) メーター表示画面



(b) バー表示画面



(c) 応答表示画面



(d) 特性グラフ表示画面

図 4. 操作画面

デルの一つを用いて制御系を設計した。求められたパラメータを用いシミュレーションを行った結果を図3に示す。

4. ユーザーインターフェース

内燃機関性能試験装置として見た場合、安定性や速応性などの制御性能が優れているとは言うまでもないが、システムの安全性のための緊急停止機能、計測データの処理機能、得られた特性のグラフ化機能、あるいはホストコンピュータとの通信機能など、ユーザーインターフェースの部分についても開発を行った。操作画面の一例を図4に示す。

(a) はメーター表示画面で回転数、トルクなど運転、計測に必要なデータをアナログメーター表示の形で表示する画面であり、表示されているメーターの位置や目盛りの間隔など自由に変更することが可能である。(b) はバー表示画面で回転数などの手動設定をマウスでバーの部分进行操作することにより自由に変更することができる。(c) の応答表示画面は運転状態での時間的応答を表示する。従来のアナログ制御装置では別に記録計などを必要としていたが、この画面を用いることで過渡特性の確認が容易になった。(d) は特性グラフ表示画面で、計測した特性を瞬時に表示することができるのでこれにより概略の特性を把握しながら計測を行うことができる。ただし厳密な特性グラフの作成やデータシートの印刷等は専用の処理ソフトを用いて行うことを前提としている。

5. まとめ

従来試行錯誤を要したファジィ制御の設計に最適化の設計法を取り入れることにより設計を容易にすることが出来ることがわかった。またユーザーインターフェースについても、いくつか改善を要する部分があるが、ほぼ満足されるものが完成された。

参考文献

伊藤：エンジン制御と駆動制御の複合制御における最適化について、自動車技術、40-2

伊藤：内燃機関性能試験用デジタル自動制御装置の試作、天野工業技術研究所 平成元年度年次報告、P 22

伊藤：内燃機関性能試験用デジタル自動制御装置、第35回自動制御連合講演会（前刷）