ファジィ推論により目標値を設定するファジィ補正型PID制御と そのプラント過渡状態制御への適用[†]

谷 哲 次*・歌 代 誠**
馬 野 元 秀***・田 中 一 男****

Fuzzy-PID Controller with Fuzzy Reasoned Adaptable Control Target and Its Application to Petroleum Plant in Transient State

Tetsuji TANI*, Makoto UTASHIRO**,
Motohide UMANO*** and Kazuo TANAKA****

In transient states of feed oil switching and operation mode changing, the nonlinear response with a time delay makes difficult to control a plant automatically. However, a well experienced operator can control it by his experience in such a state. We propose a hybrid control system by replacing the procedure of a well experienced operator. The proposed hybrid control system consists of three component; (1) the base control component which calculates an average from long-term tendency of the plant, (2) the compensating component which compensates the output of the base control component by predicting the status of the plant and (3) the target setting component which sets a suitable target value of controller. We choose PID controller for the base control component, fuzzy controller for the compensating component and fuzzy controller for the target setting component.

This control system is applied to the tower-top temperature control of the naphtha desulfurize plant at Idemitsu Hokkaidou Refinery and we have a good control performance in transient states of feed oil switching and operation mode changing.

Key Words : hybrid control system, fuzzy controller, PID controller, transient state, petroleum plant

1. はじめに

石油精製業は典型的な装置産業であり、品質の向上、操業の安定化、生産性の向上、省力化の実現などを目的として積極的にプラント自動化技術を採用してきた。しかし、現実のプロセスが複雑すぎることやプロセスの重要な変数が現実には測定できないことによることが多く、現在も完全に自動化されているわけではない¹⁾。特に、原料切替えや運転モード変更などの過渡状態においては、ハードウェア上の制約や強い外乱があるうえに、系の特性が極端に変化したり時間遅れが大きくなり、自動化が困難である。

このような自動化されていない部分の運転は、通常、熟練運転員に依存している。熟練運転員はプラントを操作する

際、温度を安定化させるなどの目標を達成するために、その前提となる条件やプラントの状態を認識し、知識、経験を活かして、適切な判断や操作を行っている。したがって、現場の熟練運転員の知識、経験を計算機上でうまく再現できればよいわけである²⁾⁷⁾。

一方、現場で新しい制御システムを導入する際に望まれることは、制御性能の向上だけではなく、その制御ロジックがシンプルで現場に馴染みやすいこと、かつ、制御機器や制御知識を含め現在までに蓄積した資産を活用できることである。

このような方針にしたがって、以前にPID制御の出力をファジィ推論で補正する複合制御を提案し、水素製造装置の原料加熱炉の出口温度制御に適用して、その有効性を検証した⁸⁾。これより、設定した目標値に対してプロセスを安定化させると言う範囲では十分な制御性能が得られた。この方法は、系の平均的な処理を行う基準器としてPID制御を採用し、PID制御だけでは不十分で非線形的な補正量を算出する補正器としてファジィ推論を採用した制御方法である。

しかし、実プラントでは、原料の組成が大きく変化するなどの原因で、制御の目標値を適切に変更する必要がある。そこで、文献9)では、基準器としてPID制御の代わりに操作量の指数平均値を、補正器としてファジィ推論を採用した制御システムを作成し、これに対し、ニューラルネットワーク

† 第11回ファジィシステムシンポジウムで発表(1995・7)

* 出光興産(株)製造部 市原市姉崎海岸2-1

** 出光興産(株)情報システム部 市原市姉崎海岸2-1

*** 大阪府立大学総合科学部 堺市学園町1-1

**** 金沢大学工学部 金沢市小立野2-40-20

* Manufacturing Department, Idemitsu Kosan Co., Ltd., Ichihara

** Information Systems Department, Idemitsu Kosan Co., Ltd., Ichihara

*** College of Integrated Arts and Sciences, Osaka Prefecture University, Sakai

**** Faculty of Engineering, Kanazawa University, Kanazawa

(Received February 14, 1996)

(Revised July 14, 1997)

Fig.1 Process Flow Diagram of Naphtha Hydro-desulfurizing Plant

を使ってプラントの挙動が最もクリティカルになる時点を予測し、直線的に制御目標を変更する目標設定器を設けることを試みた。そして、これを潤滑油精製装置の脱ロウ油受槽の液位制御に適用して、その有効性を検証した。この方法は、プラントの挙動が一定のパターンである場合は有効であった。

しかし、プラントの挙動が前もって特定できない場合は、制御の目標値を直線的に変更するのでは無く、装置の状態に応じて適切に制御目標値を変更する必要がある。

プロセス制御において、PID制御など従来の制御方法に対し、その制御目標値をファジィ推論を用いて適切に変更する制御方法が研究され、その有効性が報告されている^{10) 13)}。一方、PID制御の出力をファジィ推論で補正する複合制御(以下、ファジィ補正型PID制御)が外乱に強い制御方法であることを実証した⁹⁾。そこで、ファジィ補正型PID制御の目標値をファジィ推論を用いて適切に変更するという制御方法を提案する。

そして、この制御方法をナフサ脱硫装置の塔頂温度制御に適用し、原料切換えや製品規格変更などの過渡状態において優れた制御性能を発揮することを実プラントにて実証する。

2. 装置の概要と現状の運転方法

2.1 装置の概要と問題点

ナフサ脱硫装置は原料のナフサと液化石油ガス(LPG: Liquefied Petroleum Gas)から硫黄分やその他の不純物を取り除き、製品ナフサと製品LPGを生産する装置である。装置の概要を図1に示す。

原料ナフサとLPGは水素と混合され、加熱された後、反応塔(Reactor)で脱硫処理(硫黄分や不純物を取り除く処理)が行われ、セパレータ(Separator)において硫化水素とナフサ・LPGの混合物とに分けられ、ストリッパ(Stripper)に送られる。

ストリッパでは、製品LPGと製品ナフサとに分離され、製品LPGは塔頂から取り出され、製品ナフサは塔底から取り出される。製品ナフサには蒸気圧(Vapor Pressure)により2種類の製品規格がある。この製品規格の変更は、月に6回程度の頻度で行われる。さらに、3日に1回程度の頻度で原料切替えが行われる。

この装置では、製品の規格を維持するためにストリッパの塔頂温度(Tower-Top Temperature)を状況に応じて適切な温度に保つ必要がある。塔頂温度を高く設定しすぎると製品LPG中へ不純物であるペンタン(Pentane)が混入する。このペンタンの混入は予測が困難である。また、塔頂温度を低くしすぎると製品ナフサの蒸気圧が高くなり規格から外れる。定常状態でも、上流装置の影響でこの装置の処理量(Charge Rate)は変化する。また、原料切替え時や製品の規格の変更時には、製品の規格を見ながら塔頂温度を大きく変更する必要がある。したがって、装置の運転の状況を常時監視しながら塔頂温度を適切に制御する必要がある。

この塔頂温度を制御する操作量は還流量(Reflux Flow)とリボイラ温度(Reboiler Temperature)を調整する燃料ガス量(Fuel Gas)である。そして、塔頂温度を制御するには、次ような制約や外乱がある。

(1) 操作点の制約

- ・塔頂温度を調整するための運転変数である還流量とリボイラ温度は相反するため、一方の目標値を変更した場合、他方の目標値も変更する必要がある。
- ・リボイラ温度の調整は塔頂温度に大きく影響を与えるが、そのダイナミクスは非線形で大きな時間遅れがある。

(2) リボイラ温度制御への外乱

- ・この装置は1つの加熱炉を中央の隔壁によりリアクタ用とストリッパ用に使い分けているため、原料加熱がリボイラ温度に影響を与える。

Fig.2 Relation of Control Variable and Manipulated Variables

・リボイラの燃料には工場の排ガスを使用しているため、単位体積当たりの燃焼熱量が変化しており、これを予測することは難しい。これらの制約や外乱の関係を図2に示す。

この塔頂温度制御に従来のPID制御を試みたが、以上のような要因が絡み、十分な制御性能が得られず、熟練運転員が手動調整をしていた。

2. 2 熟練運転員の運転方法

熟練運転員は知識、経験を活かして適切に制御する。その時のノウハウをまとめると次のようになる。

- ・塔頂温度を設定してリボイラを操作するノウハウと還流量を極小化するノウハウに分離できる。
- ・塔頂温度の設定は、装置の状態を見ながら現在の温度に対して補正する形で設定して、リボイラ温度を調整する。例えば、製品ナフサの蒸気圧が規格上限を超えそうであれば、現在の塔頂温度を少し上げるように、リボイラ温度を少し上げる。
- ・還流量を操作する際、製品蒸気圧の値から概略値を定め、その後、製品LPG中へペンタンが混入しない範囲で極小化する。
- ・還流量を増す場合は、リボイラ温度調整との干渉が強いので、優先的に還流量を調整し、系が落ち着いた時点でリボイラ温度を調整することにより塔頂温度を所定の温度に保つ。

Fig.4 Control Block Diagram of Tower-Top Temperature

Fig.3 Block Diagram of Control System

3. 制御システムの構築

熟練運転員のヒヤリングに基づいて制御システムを構築した。開発した制御方法は、図3のようにリボイラ温度制御ブロックと還流量制御ブロックからなる。リボイラ温度制御ブロックは、適切な塔頂温度を設定し、リボイラ温度を調整する。還流量制御ブロックは、還流量を省エネルギーの観点から極力小さな値に押える(極小化する)。

この塔頂温度制御ブロックと還流量制御ブロックの操作は相反するものであるが、経験的にある許容範囲で、両方の出力を使って制御する。ただし、還流量を増やす場合は塔頂温度への影響が大きいため、還流量制御ブロックを優先的に処理し、還流量が安定した時点で両ブロックから出力を用いるようにする。詳細は3.2節の還流量制御ブロックで述べる。

3.1 リボイラ温度制御ブロック

リボイラ温度制御ブロックでは、適切な塔頂温度を設定し、その塔頂温度にするためにリボイラ温度を調整する。そして、基準器にはPID制御、補正器にはファジィ推論を使用した^{14), 15)}ファジィ補正型PID制御^{9), 16), 17)}に対し、ファジィ推論を使用して制御の目標値を適切に変更する目標設定器を設けた形である。その概要を図4に示す。

Fig.5 Fuzzy Control Rules of Compensating Component in Reboiler Temperature Control Block

3.1.1 ファジィ補正型 PID 制御

ファジィ補正型 PID 制御で用いられる PID コントローラは一般的なものであり、塔頂温度目標値 $\bar{y}$ とある時刻 t における実際の塔頂温度 $y(t)$ の差を $e(t) = \bar{y} - y(t)$ とすると、出力 $u(t)$ は

$$u(t) = K_c \left[e(t) + T_d \frac{de(t)}{dt} + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt \right] \quad (1)$$

で表される。 K_c , T_d , T_i はそれぞれ比例ゲイン、微分時間、積分時間のパラメータである。

補正器では、PID 出力 $u(t)$ に対する補正量 $c_u(t)$ をファジィ推論を用いて算出する。補正のためのファジィ制御ルールを図 5 に示す。推論方法としては後件部が実数値である簡略化法^{16), 18) ~ 22)}を用いた。

簡略化法のルールは次のように表わされる。

$$R^i : \text{if } x_i \text{ is } A_i^i \text{ and } \dots \text{ and } x_n \text{ is } A_n^i \text{ then } y = b^i \quad (2)$$

ここで、 x_j は j 番目の入力変数であり、 y は出力変数である。 A_j^i は i 番目のルールにおける j 番目の入力変数に対するファジィ集合であり、 b^i は i 番目のルールの出力変数に対する実数値である。ある時刻 t に与えられる入力 $(x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))$ に対して、 i 番目のルールに対する適合度 w^i は

$$w^i = A_i^i(x_1) \times A_2^i(x_2) \times \dots \times A_n^i(x_n) \quad (3)$$

のように算出される。ただし、 $\times$ は $\min$ 演算である。そして、PID 出力 $u(t)$ に対する補正量 $c_u(t)$ は次のような各ルールに対する適合度 w^i による b^i に対する加重平均によって算出される。

Table 1 Control Result of Tower-Top Temperature

	Change of Charge Rate of Feed Oil	Change of Property of Feed Oil (Feed Oil Switching)
PID Control	10 °C (Fig.6(a))	Unstable
Manual Operation	0.7 ~ 11.5 °C (Fig.6(b),(c))	7.5 °C (Fig.7(a))
Fuzzy-PID Hybrid Control	1.5 °C (Fig.6(d))	3 °C (Fig.7(b))

$$c_u(t) = \sum_{i=1}^n (w^i(t) b^i) / \sum_{i=1}^n w^i(t) \quad (4)$$

そして、ファジィ PID 制御出力 $\tilde{u}(t)$ は、

$$\tilde{u}(t) = u(t) + c_u(t) \quad (5)$$

と決定する。この制御システムでは、ファジィ PID 制御の周期を 30 秒ごととした。

制御の目標値は目標設定器が適時変更する。そのような変更制御に耐えることが重要なポイントである。そこで、まず、設定された塔頂温度目標に対しファジィ補正型 PID 制御を単独で稼働させ、その制御性能をテストした²³⁾。制御性能テストの前提条件を

(1) 製品の蒸気圧規格を一定として、そのための塔頂温度は熟練運転員が設定する

(2) 還流量は一定として、適切な還流量を熟練運転員が設定する

として、原料処理量の変化や原料替えのような過渡状態で、設定した塔頂温度に安定化させる制御性能をテストした。

その制御結果を表 1 に示す。原料処理量の変化や原料切替えに対し、PID 制御単独、手動制御、ファジィ補正型 PID 制御の制御性能を示している。

原料処理量の変化に対し、PID 制御単独の場合には振れ幅は 10 °C であった (図 6 (a))。手動制御においては振れ幅 0.7 °C (図 6 (b)) で制御することができたが、時として振れ幅が 11.5 °C (図 6 (c)) にまで達することがあった。一方、ファジィ補正型 PID 制御を用いた場合、塔頂温度の振れ幅を 1.5 °C (図 6 (d)) の範囲で制御することができた。

原料切替えに対し、PID 制御単独では制御不可能であった。手動運転では塔頂温度の振れ幅が 7.5 °C (図 7 (a)) であったのに対し、ファジィ補正型 PID 制御を用いた場合、塔頂温度の振れ幅を 3 °C の範囲で制御することができた (図 7 (b))。

以上のテストから、ファジィ補正型 PID 制御は、PID 制御や手動運転に比べ、原料処理量の変化や原料替えのような過渡状態においても安定した制御性能を発揮できることが判る。

3.1.2 制御の目標設定

目標設定器は、制御の目標を適切に変更する。現在の塔頂温度に対する補正量をファジィ推論を用いて算出して、適切な塔頂温度の目標値を算出する。推論方法は簡略化法を用いた。

(a) PID Control

(b) Manual Operation (case 1)

(c) Manual Operation (case 2)

(d) Fuzzy-PID Hybrid Control

Fig.6 Control Results in Changing Charge Rate of Feed Oil

目標設定器のファジィ制御ルールを図8に示す。入力変数には、製品ナフサの蒸気圧とその変化速度、製品LPG中のペンタンの混入率、塔頂温度を採用した。時刻 t における入力値の推論結果を $c_v(t)$ 、塔頂温度を $y(t)$ とした時、時刻 $t + \Delta t$ にめざす塔頂温度の目標値 $\bar{y}$ は、次のように算出される。

$$\bar{y} = y(t) + c_v(t) \quad (6)$$

この制御システムでは、熟練運転員の目標設定変更を参考に、 Δt を15分とした。

(a) Manual Operation

(b) Fuzzy-PID Hybrid Control

Fig.7 Control Results in Feed Oil Switching

Fig.8 Fuzzy Control Rules of Target Setting Component in Reboiler Temperature Control Block

Fig.9 Control Block Diagram of Reflux Flow

Fig.10 Relation of Reflux Flow Amount and Vapor Pressure of Product

3.2 還流量制御ブロック

還流量制御ブロックでは、製品の蒸気圧を見て還流量を極力小さな値に押える(極小化する)。還流量制御ブロックでは、基準器には統計的手法を、補正器にはファジィ推論を使用した。その概要を図9に示す。

この基準器では、前もって製品ナフサの蒸気圧とその時に熟練運転員が行った還流量操作の関係を重回帰分析により求めておく(図10)。そして、現在の製品ナフサの蒸気圧を観測し、その値から重回帰分析の結果を利用して平均的な還流量を基準値に設定する。

補正器は平均的な還流量に対し、塔頂温度や製品LPG中のペンタン混入量などから、還流量を極小化するための補正値を算出する。その時のファジィ制御ルールを図11に示す。推論方法は簡略化法を用いている。

製品の蒸気圧の規格を高い規格から低い規格へ変更する場合、還流量を大きく増す必要がある。この時は、リボイラ温度調整と還流量調整は強く相反する。そこで、この場合は、リボイラ温度制御に対して還流量制御を優先させる。

3.3 本制御方法の特長

この制御方法には次のような特長がある。

- (1) 平均的な操作量を算出する基準器とそれを補正する補正器を組み合わせるにより、次の利点がある。
 - ・基準器にはPID制御などの既存の制御方法を採用するので従来の資産を活用できる。

Fig.11 Fuzzy Control Rules of Compensating Component in Reflux Flow Amount Control Block

・補正器には熟練運転員のノウハウを活用できるようにファジィ制御を採用しているが、ファジィ制御が不得意とする積分(I)動作や統計的处理を基準器に任せているので、ファジィ制御ルールが簡単になる。

- (2) 目標設定器を設けることにより、状況に応じて目標値を適切に変更できる。
- (3) 各手法が簡単で、全体の構成が運転員の制御方法を踏襲しているため、現場に馴染みやすい。

4. 制御結果

この制御システムを出光興産(株)北海道製油所のナフサ脱硫装置の塔頂温度制御に適用し、原料切替時および製品規格変更時までの広い範囲において良好な制御性能を得ることができた。

過渡状態のうち、製品規格変更時の運転状況を図12および図13に示す。図12は手動運転によるもので、運転モード

Fig.12 Control Result in Changing of Operation Mode by Manual Operation

Fig.13 Control Result in Changing of Operation Mode by the Proposed System

Table 2 Control Result of Vapor Pressure and Reflux Flow

	Operation Mode A	Operation Mode B
< Manual Operation >		
Range of Vapor Pressure	8.5 [unit]	12.5 [unit]
Average of Reflux Flow	Base A	Base B
< Proposed System >		
Range of Vapor Pressure	3.0 [unit]	3.0 [unit]
Average of Reflux Flow	Base A - (0 ~ 400) [kl/day]	Base B - 140 [kl/day]

A (製品ナフサの蒸気圧が低いモード)から運転モードB (製品蒸気圧が高いモード)への切替え操作を示している。6時間に約34回の運転員によるリボイル温度変更操作を必要としていた。一方、図13は本制御方法による運転モードAから運転モードBへの切替え操作を示しており、運転員の介入なしで運転モードをうまく切替えることができた。

次に、運転モード切替え前後で、手動運転と本制御方法との制御状況を比較すると図14のようになった。図中のA点から本制御方法をオンラインにし、B点で再び手動運転にもどした例である。手動運転の場合に、運転モードAにおいて製品蒸気圧の振れ幅は8.5 [unit] であり、運転モードBでは12.5 [unit] であった。これに対し本制御方法では、製品の目標値を変更するだけで塔頂温度や還流量を自動調整し、さらに運転モードA、運転モードBいずれの場合も製品蒸気圧の振れ幅3.0 [unit] で制御することができた。

また、還流量の制御性能を比較すると、運転モードAでは、本制御方法は手動運転に比べて0~400 [kl/day] の低減効果があり、運転モードBでは、本制御方法は手動運転に比べて140 [kl/day] の低減効果があった。これらの制御結果をまとめると

Fig.14 Control Result by Manual Operation the and Proposed System

表2のようになり、自動化による省力化や省エネルギーなどの効果は、年間数千万円のオーダとなった。

5. 結論

本研究では非線形性が強い系や時間遅れの大きい系に対して、系の長期的な動向から平均的な対応を算出する基準器と、系の現状から将来を予測して基準器の出力を適切に修正する補正器と、この基準器と補正器に対し、目標を適切に変更する目標設定器を加えた階層型の制御方法を提案した。基準器にはPID制御、補正器にはファジィ推論、さらに目標設定器にはファジィ推論を採用した。

そして、この制御方法をナフサ脱硫装置の塔頂温度制御に適用し、原料切替えや製品規格変更などの過渡状態においても良好な制御性能を発揮することを実証した。今後は、他装置への適用を試みたい。

参考文献

- 1) 橋本, 大島: バッチプロセスの現状と将来, システム/制御/情報, 35-3, 123/131 (1991)
- 2) W.H.Bare, R.J.Mulholland and S.S.Soffer: Design of a Self-tuning Expert Controller for a Gasoline Refinery Catalytic Reformer, Proc. American Control Conf. (USA), Vol.1 247/253 (1988)
- 3) N.V. Bhat, P.A. Minderman, Jr., T. McAvoy and N.S. Wang: Modeling Chemical Process Systems via Neural Computation, IEEE Control System Magazine, Vol. 10, No. 3, 24/30 (1990)
- 4) K.S. Narendra and K. Parthasarathy: Identification and Control of Dynamical Systems Using Neural Networks, IEEE Transactions on Neural Networks, Vol. 1, No. 1, 4/27 (1990)
- 5) J.Litt: An Expert System to Perform On-Line Controller Tuning, IEEE Control System Magazine, Vol.11, No.3, 18/23 (1991)
- 6) 鎌田憲幸編: 応用事例部門第2編 化学工業, ニューロ・ファジィ・AIハンドブック, 計測自動制御学会編, 935/998, オーム社 (1991)
- 7) 伊藤修: プロセス制御分野におけるファジィ制御の意義と役割, 日本ファジィ学会誌, Vol.7, No.1, 19/34 (1996)
- 8) 谷, 田中: ファジィ制御とPID制御の複合系の構成とその加熱炉温度制御への適用, 計測自動制御学会論文集, Vol. 27, No.11, 1274/1280 (1991)
- 9) 谷, 村越, 馬野, 田中: ニューラルネットワークとファジィ・ルールによるハイブリッド制御方式とその潤滑油精製装置への適用, 計測自動制御学会論文集, Vol.30, No.7, 845/852 (1994)
- 10) 桜井, 小林, 加藤, 荒井, 前川: 糖分抽出塔へのファジィ制御の適用, 計装, Vol.30, No.10, pp38/40 (1987)
- 11) 村瀬, 白井, 伊藤: 下水ポンプ所へのファジィ制御適用第6回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, 219/222 (1990)
- 12) 塩野, 白井, 入山, 鈴木, 中: 下水汚泥溶融炉のファジィ制御, 第8回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, 85/88 (1992)
- 13) 土屋, 末成, 油田, 小泉: 清酒ろみ工程のファジィ制御, 日本ファジィ学会誌, Vol.6, No.1, 5/13 (1994)
- 14) 柳下, 伊藤, 菅野: ファジィ理論の浄水場薬品注入制御への応用, システムと制御, Vol. 28, No. 10, 597/604 (1984)
- 15) A.Rueda and W.Pedrycz: A Design Method for a Class of Fuzzy Hierarchical Controllers, IEEE Int. Conf. on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE '93), California, 196/199 (1993)
- 16) 市橋, 田中: PIDとファジィのハイブリッド型コントローラ, 第4回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, 97/102 (1988)
- 17) 松永, 川路: DCモータのファジィハイブリッド制御, 電気学会論文集D, Vol.111-3, No.3, 195/200 (1991)
- 18) 水本雅晴: ファジィ制御に対する改善法 (5), 第3回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, 153/158 (1987)
- 19) 水本雅晴: ファジィ制御に対する改善法 (6), 第4回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, 91/96 (1988)

- 20) 水本雅晴: ファジィ制御に対する改善法 (7), 第5回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, 499/504 (1989)
- 21) 前田, 村上: 自己調整ファジィコントローラ, 計測自動制御学会論文集, Vol.27, No.2, 191/197 (1988)
- 22) 芹澤貴清: ファジィ制御と最適制御のコンビネーション制御について, オートメーション, Vol. 33, No. 6, 61/66 (1988)
- 23) T.Tani, M.Utashiro, M.Umano and K.Tanaka: Application of Practical Fuzzy-PID Hybrid Control System to Petrochemical Plant, IEEE Int. Conf. on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE '94, Orland, Florida, 1211/1216 (1994)

[著者紹介]

谷 哲 次 (正会員)

1976年, 広島大学大学院修士課程修了(経営工学専攻)。同年出光興産(株)入社。現在製造部システム技術センターに勤務。主任技師。主に、石油精製部門におけるシステム開発に従事(工学博士)。技術士(情報工学部門)。日本ファジィ学会、石油学会、化学工学会などの会員。

歌 代 誠

1992年、電気通信大学機会制御工学科卒業。同年出光興産(株)入社。現在、情報システム部システム総合研究所に勤務。知識処理技術及びコンピュータシステムの開発・運用に関する研究に従事。人工知能学会、日本経営工学会、日本オペレーションリサーチ学会の会員。

馬 野 元 秀 (正会員)

1979年, 大阪大学大学院基礎工学研究科物理系専攻情報工学分野後期課程修了。同年4月岡山理科大学理学部応用数学科講師。85年4月大阪大学大型計算機センター助手, その後同センター講師, 助教授を経て, 91年1月同大学工学部精密工学教室助教授。93年10月同大学基礎工学部システム工学科助教授。96年4月より大阪府立大学総合科学部数理・情報科学科教授で, 現在に至る。ファジィ集合論の応用, 特に, プログラミング言語, データベース, 知識情報処理への応用に関する研究に従事(工学博士)。

田 中 一 男 (正会員)

1990年, 東京工業大学総合理工学研究科システム科学専攻博士後期課程修了。同年金沢大学工学部機械システム工学科助手, 1994年同学科助教授, 1996年人間・機械工学科助教授, 現在に至る。NAFIPS'90, HJSFSA'91にて優秀論文賞, 日本機械学会奨励賞, 日本ファジィ学会奨励賞および著述賞などを受賞。知的制御システムの解析と設計およびその応用に関する研究に従事。現在, IEEE Control Systems Society of the Intelligent Control部門のTechnical Committee, IEEE, システム制御情報学会、電気学会、日本ファジィ学会、日本機械学会などの会員(工学博士)。