講演

ヨーロッパにおけるファジィ技術の現状 (2)[†]

E.H.マムダニ*

最も強力な深い洞察力を備えた AI システムの研究の一つがアメリカでなされましたが、それはベン・キーファーによる定性推論に関するものです。物理学と定性推論では制御装置の一部として定性モデルとしてのプラントモデルを実際に持っています。この定性モデルは実際に(+1,0,-1)によってプラントを表現します。キーファーの研究にある動的プラントを選んだ場合、定性的に表現されたシステムを採用すれば、そのシステムの安定点も見つけ出せるのです。ですから、このシステムが安定であるか、あるいはそこにいくつの安定点があるか、またそれが定性的に結びついているのかどうかということが見いだせるでしょう。しかし定性推論の全てを取り入れたとしても、多分に文献上には(+1,0,-1)のようになっていると思いますが、この定性推論をもう一歩進めて、定量的エポックを表すのに(+1,0,-1)だけでは

なくて、正に大きく、正で中ぐらい、正に小さい、という両方で表示をするのが極めて当たり前のことのように思えます。と言いますのは、ファジィ値であることを別にしてもこれもまた、定性値であるからなのです。そして定性推論とファジィ論理の合体は、非常に強力な研究分野であると思われる、将来的には深い洞察力を備えた制御システムが出てくることでしょう。

キーファーとヨーロッパの有名な制御技術者であるスウェーデンのオストローム教授が、これら2つの理論を関連づける共同論文を書いています。この考えを大きく前進させたとは思えません。しかし驚いたことは、古典的モデル基準適応システムに非常に熱心であったオストロームのような人が、実際にはファジィ理論に注目していたということです。実際彼はファジィ理論を組み合わせることができるかも知れないと提案していたのです。ですからもし、熱心な古典制御理論家であるオストローム教授のような人が、ファジィ論理理解に歩み寄ってくれるなら、大きな“砦”の最前線基地のような方ですから、何かをうち破ったこ

Fuzzy Supervisory Control with Fuzzy Performance

FUZZY Control

E. H. Mamdani
Queen Mary & Westfield College

[†] この講演は、平成4年6月9日に、国際ファジィ工学研究所において行われたもので、LIFE NEWS Vol.4, No.1(1992年11月発行)のpp.11-22に掲載されたものを研究所の許可を得て転載させて頂いたものである。

* E.H. MAMDANI
Queen Mary & Westfield University

Fuzzy Optimal Control

FUZZY Control

E. H. Mamdani
Queen Mary & Westfield College

とになるでしょう。

私共がシンプルで単純な(フィードバック)のないルールベースのグループ X 制御装置を完成させたすぐ直後に、理論的に大きな時間遅れがあるプロセスに直面しました。これは入力と出力の間に大幅な時間遅れを伴うプロセスでした。さて、ここで問題になるのは時間遅れシステムをいかに制御するかということです。このシステムを制御する規則を見つけ出すことは不可能でした。理由は、これを状態という言葉で表現するのは容易ではないので、というのは、人の取る修正動作が効果として表れてこないからで、これは図に書いた方がわかりやすいかも知れません。

人間が制御できるプロセスのほとんどは、一種の人のウィンドウの中に収まります。処理速度というのは、人間の反応時間と対比してみれば当たり前である、といったようにです。もし通常の人間の反応時間より速いとか遅いプロセスを相手にした場合は、人間が制御するのが非常にむずかしいことに気がきます。実際には、専門家がいることで、非常に遅いプロセスであろうと、非常に速いプロセスであろうと制御範囲を広げることができます。ですから誰かを訓練すれば、遅いプロセスであろうと速いプロセスであろうと、いつもうまく対処できます。この人間は常に普通のオペレータより優れています。ですから訓練を受けたオペレータは対処方法を知っているので、常に素晴らしいのです。彼は私共が気付かない徴候を見つけてます。

もし普通のオペレータが制御できない何かを熟練オペレータが制御できるというような状況になったら、その時は熟練オペレータに頼んでルールベース・システムを書き留める原則を教えてもらう理想的な状況です。その書き下ろしたルールベースをもとに、貴方がルールベース制御装置を製造することができます。しかしながら、あるシステムではあまりに遅く、しかも時間遅れが非常に大きいので、熟練オペレータに制御方法の一端を教えて欲しいと頼んでも、あなたが利用できるようなパラメータをオペレータが使っていないということが起こるのです。ですから例えばセメントキルンのような状況では、オペレータはしばしば炎の色のことを言いますが、それは温度のパラメータではありません。このように測定できるものを取り上げることさえしない場合があります。たとえ色測定器といった物があつたとしても、色測定器を使って、オペレータが炎の色が赤になった時、炉を止めると言ったとします。それが正しいからといって、赤は何を意味するかということになります。徴候だけではうまくいかないのです。あなたがたは理想的には、温度などのように実際に測定できるパラメータによってシステムを制御したいと考えましょう。つまり本当に物理的なパラメータのことです。ですから主に遅い領域で難しいシステムがあります。すなわち動的ではなく、少なくとも人間のオペレータがその動きを感じることはできないものです。こういう場合全くぴったりののですが、ルールベース・システムを使用

Fuzzy Supervisory & Optimal Control

Performance rules:

IF
the overshoot is large and the undershoot is small and
the risetime is medium and the steady state error is small
and ITAE is medium
THEN
the performance needs to be changed slightly

Design Rules:

based on control engineer's knowledge expressed in terms
of poles and zeroes.

Stability

In real systems

(i.e. non-linear, time varying and non-symmetrical)

- The normal mathematical stability criteria will not apply anyway.
- We need to express performance in terms of approval certification.

These are naturally expressed in linguistic terms for which fuzzy logic is ideal

しても制御できません。私共はこうしたシステムに対する規則を生みだすことができませんでした。というのは主に、ファジィ制御のきっかけとなった本来の概念にまで遡ったものを使おうと、私と私の研究員たちで決めたからでした。そして少しばかり違った学習体系、つまり閉ループ制御系を使い、知ったのです。以前使用したベイジアン制御装置を使う代わりに、ファジィ規則に基づいた制御装置を使用し、このフィードバック・ループを通じて規則を学習したのです。この理論体系では、もし規則が見付けられない場合とか、せいぜい見つけても二つに一つだけの規則の場合、それは信頼できないので、規則学習システムを使います。実に多くの研究が私の研究室でなされましたが、その中のいくつかはそこで研究していた日本人の研究生によって行われ、特に自己組織化制御についてはすぐれた業績を残しました。ですから80年代初期に至るまで、自己組織化制御について非常に活発な研究がありました。自己組織化制御では、制御規則が1つもない、あるいは少ししかない状態から学習して規則をつくったりします。制御規則は段階的に学ばれていきます。ここで制御規則が学習されるアルゴリズムをご紹介します。

組織化制御アルゴリズムを働かせる方法は、プラントの出力を観察し、それと望ましい出力とを比較するのです。望ましい出力がどうあるべきかを見つけ出すためにいくつかの方法を取らなければなりません。望ましい出力がどうあるべきか

を教える性能測定の方法を持たなければならないということなのです。実際の出力と望ましい出力とを比較し、納得できない程度、例えば1, 2, 3, 4, を決めます。3や4などの数では行きすぎです。今度は+2とか-2などといった具合に、いかにこの出力がよくないかを決めます。その時皆さんは、これは時間遅れシステムですよ、何がこの出力を生み出したのですかといわれることでしょう。システムの中に時間の遅れがあるのですから、最終修正動作による出力ではなかったわけです。出力を生み出したのが修正動作ではなかったのですが、出力を見れば、例えば5サンプリング時間前ということが解ります。システムの応答時間をおおまかに見当をつけなければなりません。それを決めるのはあまり難しいことでなく、普通は見つけ出すことができます。例えば5サンプリング時間前であったのなら、5サンプリング時間前に取った行動は、程度2でよくないならば、その修正動作を2変え、すなわち+2とします。

それがファジィ集合なら、次のようにするべきなのです。単純にファジィ集合を移動させます。自己組織化制御アルゴリズムですから非常に単純に表現されます。そうしますとある程度の改善が可能です。ここでは問題を非常に基本的な体系で処理する方法について述べましたが、これ以外のあらゆる方法を理解するには、山崎氏と杉山氏の論文を読む必要がありますが、本質的には自己組織化制御であります。

Fuzzy Control & Qualitative reasoning

- Kuiper's and DeKleer's work holds much promise
- Kuiper's qualitative values are naturally related to fuzzy values:
instead of +1, 0 -1
use PB, PM PS etc.
- Qualitative modelling can also be employed in model reference adaptive fuzzy control systems

個人的見解ですが、現在英国で変換速度を取り扱おうとしている人々がいます。変換速度というのは、これを開始してから学習を止めるまでの時間のことで、それ以上規則を変える必要はないというものです。これがさきに述べた方法そのものの変換速度です。私が、非常に高速で正確な変換速度を持っているということを発見しました。そうしますと非常に正確な制御結果が得られますので、他の人々も実験を行っています。英国では自己組織化制御アルゴリズムに取り組んで、それを評価しようとする研究が盛んに行われています。

しかし話がこんなにうまく行くわけがありません。というのは、いつも古典的制御技術者がいて、今回は次のような言い分を持っているのです。つまり、通常のルールベース制御システムに対する安定評価基準が信頼できないというなら、それは危険ですよ。これは自己学習でしょう。ですから学習段階で何か非常に悪いことが起こり、世界を破壊することだってありうるだろう。だからこういった制御装置にいかにして仕事を任せるかについては慎重でなければならないというものです。私はいかなる学習制御装置もこうした特性を持っていると思えるのです。ですから、ファジィ制御装置であろうと、古典的学習制御装置であろうと、学習段階ではおかしいことをするので、任せることはできないことになります。ですから学習制御を行う一番良い方法は、そのシステムのシミュレータを備えることです。

シミュレータを使ってそのシステムを徹底的に試験するのは、できるだけ性能の良いシミュレータを備えなければなりません。シミュレータとシミュレーションの質で制御装置への信頼度が決まります。さらにシミュレーションは、安全性分析の数学的モデルと同様の役割を果たします。今日ではあらゆる複雑なプラント、例えば航空機もしくは原子力発電所のようなぎりぎりの安全性しか持っていないシステムでは、必ずシステムと並んでシミュレータを建設します。ですからシミュレータは信頼性の高い情報などを得るため、設計の段階で実験用のシステム開発サイクルの一部となるべきです。今思い付いたのですが、一種の非常に荒っぽいシミュレータ以外に何が定性モデルといえるでしょう。私が言っている定性モデル化、定性推論、というのはファジィ定性推論ではないですか。こう言うのは、定性推論が定性モデルであるからです。さて、ある点で学習システムの中に定性モデルを使うことは可能に違いありません。これが将来なされる研究のうちの興味を引く議論で、誰かがやってくれると思っています。

今までいろいろな話をしてきましたが、話の方向を変えて少し違った観点に立ってみましょう。今ヨーロッパで起きていること、そしてどのようにしてヨーロッパでは研究費が提供されているか、それからまた戻ってヨーロッパとヨーロッパの研究に対する資金状況を見てみましょう。先ず、今起きていることは何か、そして今私は何をしてい

b, c closes the teacher control loop
a closes the automatic control loop

Closed loop control with training only by performance measure

FUZZY Control

E. H. Mamdani
Queen Mary & Westfield College

FUZZY Control

E. H. Mamdani
Queen Mary & Westfield College

るかについて話します。

今日、非常に多額の研究資金がブリュッセルにある欧州共同体委員会から来ます。ヨーロッパ各国の政府がそれぞれに基金組織を持っています。しかし、欧州共同市場を通じて送られてくる資金もまた非常に多額になりつつあります。フランス、イギリス、ドイツは独自の基金組織があり、かなりの資金が自国の基金団体を通じて国内に来ます。これは日本の SDA のような組織になります。私どもには SERC (科学工学研究審議会) があり、フランスには SNRS がありますが、国内からの資金提供がどんどん少なくなっており、まずブリュッセルを通じて欧州共同市場に行き、それから戻ってくるのです。ブリュッセルでの基準で欧州共同体委員会の組織が多く異なった一般理事会や理事会によって構成されます。そして科学政策は特に一般理事会 13 号に属しています。これは DG 13 と呼ばれますが、DG 13 は、フレームワーク・プログラムと呼ばれる資金提供を行う科学研究プログラムを持っています。フレームワーク・プログラムの総額はよく分かりませんが、約 30~40 億 ECU だと思われます。1 ECU は約 1 ドルですから、総額は 30 億ドルから 40 億ドルの間でしょう。その下に多くのサブ・プログラムがあります。

『エスプリ』はこの中でも大規模なプログラムで、情報工学の研究に約 15 億 ECU の資金を提供しています。『レース』はまた別のサブ・プログラムで、テレコミュニケーションの研究に資金を提供しており、主に先端のコミュニケーション、電話通信だけでなくビデオやそれ以外の全てがミッ

クスした複合サービスを伴う広域的テレコミュニケーションの研究に資金を提供しています。

『AIM』は医学における人工知能のためのプログラムと呼ばれていますし、他にも同様のプログラムがあります。『ドライブ』と呼ばれるプログラムもあり、これ以外にも実に多くのプログラムがあります。中でも特に大規模なプログラムが『エスプリ』で、その妹か娘のような存在なのが、『エスプリ基礎研究活動』と呼ばれています。これら全てのプログラムにおいて、少なくとも異なった 2 カ国からの 2 名のパートナーが必要です。通常それぞれのプログラムにはヨーロッパの異なった国々から約 5 名のパートナーが出ています。『エスプリ』と『レース』は、大学からのパートナーだけで構成されることは全くなく、産業界からのパートナーが常にいなければなりません。

これに対して『エスプリ基礎研究活動』は大学だけを対象にしたものです。大学だけが『エスプリ基礎研究活動』に参加できるのです。『エスプリ基礎研究活動』もまた、ヨーロッパの大学間での共同研究が要請されています。現在、『エスプリ基礎研究活動』は、ファジィ理論研究に幾分近い 2 件のプロジェクトに取り組んでおり、主に理論指向のプロジェクトにおいて基礎研究を行っています。1 件は品質管理に関するワーキング・グループで『ヴァルカン』と称しています。多くの研究者が『ヴァルカン研究』に参加しています。ワーキング・グループとは研究者に対しては無給で、交通費および会議参加費のみが支給される研究グループのことです。『ヴァルカン』はアーコンのハ

The SOC algorithm has the following steps

- step 1 Determine the extent to which the present output is deficient and needs to be changed: (by reference to the performance table)
- step 2 Determine which past action or actions was responsible for the present output
- step 3 Determine the rule or rules (if they exist) responsible for those actions.
- step 4 modify the consequent of those rules (ie shift them) according to the required reinforcements
- OR Create a new rule at the appropriate quantized point of the state space by fuzzifying the space.

This method has proved successful with higher order systems and systems with large time lags

European Commission

Directorate General XIII

FRAMEWORK Programme

ESPRIT

ESPRIT Basic Research Action

RACE

AIM, DELTA etc. etc.

ESPRIT (Basic Research Action):

Research working Group on Fuzzy control called FALCON

Research project on Uncertainty called DRUMS II

ンス・ジンマーマン教授の指導で進められていますが、かなり多くの研究者たち、例えば、スペインのオレロ教授、リーブメッツ教授とそのアシスタントたち、デルフトのフラブローガン教授などが参加しています。ですからファジィ分野におけるファジィ制御を研究中の非常に沢山の研究者たちがこのワーキング・グループにいるのです。『ヴァルカン』は正にスタートしたばかりです。実際に契約に署名をし始めたとか、完了したとか言ったことはまだないと思いますが、一旦このワーキング・グループが始動すれば皆様方の機関にも連絡があることでしょう。これは相互の関係を築くだけの価値があることですから。

また別の研究プロジェクトもあります。こちらは研究者がいるというだけのプロジェクトで、『DRUMS』と呼ばれています。すでに『DRUMS 1』が完了しており、現在『DRUMS 2』に取り組んでいます。『DRUMS』とは「可分推論および不確定性管理システム」の略です。これについては後ほど説明するつもりです。私共は不確定性数学だけでなく、可分推論数学についても研究しているのです。これは主として論理的システム、単調システムなどです。しかし、先ほども申したように、これらは全くの研究プロジェクトであり、私共はファジィ制御に関するプロジェクトへ『エスプリ』からの援助を要請しましたが、うまく行きませんでした。これはこのプロジェクトにファジィ制御に関するものが含まれていたからではなく、おそらく十分な援助が必要であると言う私共の主張が不十分であったためだったと思います。私は

いつも自責の念にかられます。私のせいで資金援助が受けられなかったのです。あのプロジェクトに関心があった企業は主にクルップでした。このプロジェクトは、ドイツ人5名、フランス人1名、イギリス人1名から成り、構成員のバランスが悪かったと思います。このようにバランスが悪いと、皆様お分かりでしょうが、お金を欲しがるのは主にドイツ人となるのです。ドイツの企業はシーメンス、クルップなどでした。

一般にこういったことは、研究資金提供の際に起こっていることです。現在各国政府も研究を援助しています。ここにいらっしゃる皆様も2ヶ所に技術移転研究所がついて最近ドイツでスタートしたばかりであることをご存知のことと思います。この研究所はドイツ政府から直接資金援助を受けていませんし、欧州共同体委員会からも資金を援助されていません。資金を提供してくれるのは、ドイツ政府ではなく、ドイツ連邦政府です。ドイツ政府の1ランク下の組織ということです。この2つの研究所はほぼ同時にスタートし、その性格はとてもよく似ています。1つはアーコンにあるジンマーマン教授によるエリート研究所であり、もう1つはドートマンにあるバートラウシュ教授によるドートマン研究所です。どちらか、あるいは両方の研究所の役員に名前を連ねていらっしゃる方も今日ここにお見えになっています。こうした研究所の目的は、産業界にファジィ制御およびファジィ理論一般をアドバイスすることですから、そこで行われることに注目していきたいと思っています。

一般に工学的な見地からは、ドイツのファジィ制御に対する関心は、日本に次いで2番目に高いと言うことは疑う余地がありません。おそらくある面では米国よりも産業界での関心が高いと思うのです。主にフォルクスワーゲンやダイムラーベンツなどの自動車会社がそうです。シーメンスでも約10~15名程度がチームを組んでファジィ論理、ファジィ制御を研究しています。英国では産業界での応用に関してはあまり動きがありませんが、相当すぐれた研究をしている研究グループが2つあります。

英国では通産省、教育省という2つの異なった政府省庁、通商産業省と教育省から資金が提供されています。伝統的に教育省は科学工学研究審議会を経て、大学での研究に資金を提供し、通産省は応用指向の研究をする産学共同研究に資金を提供しています。今日ではこの2つのグループが共同で研究に取り組み、それぞれのプログラムを同時進行させようとしています。この同時進行化は、両者の意見交換による合同の枠組みを通じて行われています。科学工学研究審議会から資金提供を受けている興味深い応用として、サウザンプトン大学のクリス・ハリス教授の研究が挙げられます。ハリス教授は自動車制御における自己組織化制御装置の研究に関心があります。またシェフィールド大学のリンカーン教授も非常に面白い研究をしており、自己組織化制御を麻酔に応用しようとしています。これは、手術中の患者が眠っている間にガスを吸収させる際、患者の眠りの深さに応じて患者の吸うガス量を必要な値に保つような閉ル

ープ制御系を開発しようというものです。リンカーン教授は自己組織化制御を利用しようとしています。また地元の地方病院で研究を行っています。非常に興味深い応用です。特にご希望がなければ私の研究所で研究中のプロジェクトは割愛します。いつも直接ファジィ制御に関連しているとは限らないからです。私共は広く人工知能の応用について研究しています。簡単に言うと『エスプリ』、『レース』、および主に複雑なシステムの自動診断といったそれ以外のプロジェクトなどに取り組んでいます。また最近ではエキスパートシステムと協力し合うことにも大いに関心があります。もし大規模な工場で、多くのエキスパートシステムがあるなら、こうしたエキスパートシステムが相互に協力し合う枠組み設定することが時として重要です。そうでなければエキスパートシステムが独立してしまい、一つのエキスパートシステムの動きが別のエキスパートシステムに影響を与えてしまうからです。そこで彼らは個々のエキスパートシステムがお互いに強調するような修正動作を発見しようとしているわけです。

最後のまとめに入りたいと思います。私がこれまでお話してきてご理解いただいたように、このファジィ制御研究だけをとってみても、約20年の歴史があります。始めてから20年というのは、歴史においても非常に長い時間で、私も20才年を取ってしまいました。私のまわりの友人たちも同じです。私共が最初の実験を行った時は、PTP-8 F コンピュータを使いましたが、これはわずか8K

20 years is both a long and a short time in history

- Our early 1970s study was carried out on a PDP 8/S with only 8K of memory
- The majority of commercial exploitation of fuzzy control still uses the same techniques we had worked on
- Some things stay the same:
Many mathematicians are again busily trying to rob the method of its useful intuition

Fuzzy Control and European Research

- The European industry is not strong in making and selling electronic products
- It is better at making and selling systems
- Culturally Europe is disposed towards sophistication and complexity
- The main arguments offered against fuzzy control have been issues like *stability analysis*
 - Stability only applies to safety critical systems
 - It is certification which is more important than mathematical stability criteria
- I believe that underneath the objection is against the simplicity of fuzzy control techniques

の記憶容量しかなく、私共のファジィ制御装置も小さいものでした。20年後の今日では誰も8Kのコンピュータなど使おうとはしないでしょう。ポケットサイズのものですら8Kといったものはないでしょう。思い返してみれば、こんなこともありました。20年前はこういう状態だったのです。面白いことに、昔と少しも変わらないこともたくさんあります。ファジィ制御装置の実用例のほとんどを見ても、まだ正に大きい、正に中ぐらい、正に小さいを使っており、これは非常に面白いことです。これは当然のことだと思いますが、ファジィ制御装置がずっと変わらないままというのは、私共にとって興味深いものです。アルゴリズムを変えて、細部をわずかに違って使っていますが、基本的には変わっていないのです。

一方、数学者たちはまた研究に精を出しています。彼らは決して満足しないのです。一貫していることは直観的思考を用いるということです。現在私共のファジィ制御装置や安定性といったことを数学的に解析しようとしている研究者もあり、依然として数学的に据えようとしているのです。私は常々、なぜファジィ制御装置が日本で非常に人気があり、ヨーロッパではたいした人気がないのか、と尋ねられます。色々と考えてみましたので、この質問に対していくらかお答えしたいと思います。これは私の個人的な見解です。一番重要なことは、1960年代から70年代初めにかけて欧米では古典的制御論理がこの上なく幅を利かせていた、ということです。まずこれから話しなくてはなりません。古典的制御論理は、大戦の末期頃よりオートメーション化に多大な貢献をして来ました。産業界におけるオートメーション化推進の際にも古典的制御論理が導入され、成功したことはファジィ論理うんぬんよりももっと重要なことでした。ですからこれが出発点だということを忘れてはなりません。化学産業はすべて、古典的制御論理を導入して完全にオートメーション化されました。3~4人で制御する大規模化学プラントも可能になりました。化学産業は一番オートメーション化が進んだ産業でした。化学産業のオート

メーション化は特に古典的制御技術者に負う所が大きいのです。大学の学部は古典的制御技術者であふれました。化学工学研究審議会も古典的制御技術者でいっぱいでした。こうした技術者たちがあらゆる委員会の議長を務めており、特にヨーロッパで力があります。これはヨーロッパが古典的制御論理が最も進んでいる地域だからで、時には、米国においてより進んでいる場合があります。

こうした人々が権力を握っており、彼らにとってファジィ制御はたいして重要ではありませんでした。確かに資金は提供してくれました。しかし私共への資金援助は1%にも満たないもので、本当に少額でした。それだけの資金で研究に打ち込むことなどできませんでした。次に、産業界への応用ということですが、大抵の産業研究所の顧問という人たちも古典的制御技術者であるということは無視できません。技術移転の一つの方法は大学から産業界になされるものです。ファジィ制御がどのように発展を遂げてきたかを振り返ってみると、お分かりのように学者たちだけで行われてきたということでは全くないのです。学者が研究所で産業界の人々と共同研究を行い、初期の原型を製造して、これが実用化への第一歩となりました。古典技術者に牛耳られてるために、産業研究所へのアクセスがままならないことが、産業界で私共の研究が実用化されなかった最大の理由だと思います。これはパラダイムの移動であり、ファジィ制御やルールベース制御は、新しいパラダイムでした。どんな新しいパラダイムでもそのものを確立するために長い時間がかかるものです。別の問題も考えなくてはなりません。このような観点も役に立つことでしょう。ヨーロッパ産業界は電気製品の製造・販売が得意ではありません。言うまでもありませんが、消費財について言うと、ヨーロッパにはほとんど何も消費財産業がないことに気付いたのです。コンポーネント、電気コンポーネント、ハードウェアといった分野については、ヨーロッパ産業界はあまり得意とは言えません。ソフトウェア製品は通常米国からヨーロッパに輸入され、ハードウェア製品やコンポーネント

は通常日本から輸入されます。ヨーロッパ人が得意とするのは、システム、つまり大規模な複雑なシステムの製造だと考えており、おそらく、それに間違いありません。ヨーロッパ勢はシステム製品販売ではよくやっています。

第二のポイントは、ヨーロッパ産業界はシステムの販売ではうまくいっているということです。文化的にヨーロッパは洗練化と、複雑化の方向に向いています。特にフランスでは、ご承知のように複雑になればなるほど良いと言われ、研究の概念が複雑化に向かう傾向があります。これも私共が、システムを好む理由です。コンポーネントはシンプルで単純になる傾向がありますが、システムは複雑だからです。

ファジィ制御の使用を妨げて来た多くの制御技術者は、安定性解析のような議論を持ち出します。安定性解析は、特に安全限界で運転するシステムに応用されるだけであることを認識もせずです。また制御システム応用のうち10%だけが安全限界システムに使用されているに過ぎません。ですから私共は安全限界システム専用の制御システムだけが研究されなければならないことはありません。安全限界システムにも権限を与えるべきでし

よう。ですから、もし皆様が安全限界システムの研究をしておられるなら、面白い応用と取り組んでいるのだと言うことができると思います。

想像する所、ヨーロッパの大学院生のうち、自分の制御システムに対する進んだ理念を勉強して、それを消費財に応用した学生は今まで一人としておりません。消費財に応用すべく制御論理を研究することはありませんでした。ですから、ファジィ制御を嫌がるのはおそらく、自分たちには多分余りにも単純すぎると言う些細な理由からでしかないと思われます。私が日本にいるからということで、こういうことを言っているのではなく、ヨーロッパにおいてさえこれらの議論はこの上なく優勢なのです。私が今日お見せした非常に多くのスライドは、ドイツ、フランス、英国での聴衆用に準備したものです。私共はこのような議論を行いながら、頻繁にこの種の討論を重ねています。なぜ日本人は私共が使用していないファジィ制御を使用しているのか理由は分かりませんが、私なりにいくつかの答を出してみました。おそらく皆様も色々ご意見がおありでしょう。それでは、私の話を終わらせていただきます。

[問い合わせ先]

E.H.Mamdani
Dept. of Electronic Engineering
Queen Mary & Westfield College
Mile End Road
London E1 4 NS UK

<Biographical Note>

E.H.MAMDANI

Professor E. Mamdani is in the Electronic Engineering Department of Queen Mary & Westfield College of the University of London. He formed and now heads the Knowledge Engineering Applications Group.

He has played an active role on behalf of the European Commission research funding bodies in evaluating research proposals, reviewing the progress of other contracts, and defining parts of the contents of new research calls for proposals in the area of telecommunications network management. He spent two years working at the central British Telecom Research Laboratories within the Network Management Department. Professor Mamdani is well known for his research into fuzzy logic which started in the early 70s. This work has since given rise to separate investigations in reasoning under uncertainty and knowledge based systems for industrial control. He was also actively involved with several UK industrial companies in the research and development of applications of Knowledge Based Systems.