

火災判断ファジィエキスパートシステム

兼田 真由美, 野村 淳二, 栗尾 孝, 中西 慎治, 中森 義輝

1. ま え が き

自動火災報知設備は、初期消火・避難誘導を行なう上で必要不可欠なものであり、その機能としては、煙、ガス、温度等のセンサデータから「火災」「非火災」を的確に判断すること、および監視員に対しわかりやすく誤判断・誤操作のない表示を行なうことが必要である。

しかし、各センサデータから「火災」「非火災」を判断することは容易ではない。特に従来の on-off 型センサによる火災報知設備では、「火災」でない時に誤動作して警報を出す「非火災」報が多くシステムの電源スイッチが一部切られるというケースが報告されている。

そこで、多種・多様な「火災」「非火災」情報をいかに迅速かつ正確に監視員に提供するか、そしてその情報の結果として行なう現場確認、初期消火、避難誘導をいかに的確に支援するかといった対話型機能が重要になってきている。

現在このような課題に対し、いろいろな方面からのアプローチがなされており [1]、アナログセンサによる時系列表示機能、情報の集約化、各操作機能の簡易化・自動化等、一部実用化されているものもあるが、まだまだ解決していかなければならない点が多い。

本研究では、将来の火災報知システムの対話型システムとしての高機能化をめざしている。ここでは、複数センサからのデータをもとに「火災」および「非火災」を判断するアルゴリズムの作成にモデリング技術およびファジィ技術を応用し、迅速かつ的確に判定すると同時に現在の状況提示を行なうシステムについて提案する。

かねだ まゆみ, のむら じゅんじ, くりお たかし,
なかにし しんじ 松下電工㈱

〒571 門真市大字門真1048

なかもり よしてる 甲南大学 理学部 応用数学科

2. 火災判断システムの概要

「非火災」報の原因となる主なものとして、調理のさいに発生する水蒸気やタバコの煙があげられる。われわれはこれらの現象を、煙濃度、温度および一酸化炭素濃度のセンサデータにもとづき定性的な解釈によって判定するシステムの開発 [2] を行なってきたが、判定に用いるルールはすべて専門家から知識を獲得し作成したものである。本研究ではモデリング技術を導入し、判定ルールを検証するとともに、「火災」「非火災」データの特徴量を抽出・分析し、経験からだけでは把握しきれなかった部分もルール化することを狙いとしている。さらに、推論による判断部にファジィ推論 [3] を導入し、最終判断がなされる以前のあいまいな情報下で処理・判断し、現在の状況提示を行なえるようにしている。

システムの概要を図 1 に示す。本システムで使用するセンサは、火災の進行過程における物理的・化学的な現象を検知するのに有効と指摘されている煙、温度および一酸化炭素センサである。今回は、光電式アナログ煙感知器、サーミスタ方式アナログ熱感知器、および電気化学式 CO センサを各々使用している。各センサ出力は、たとえば火災の場合、図 2 に示すような時系列情報として得られる。

また、火災・非火災現象を正確に判定するためには、得られた各時系列データに対してノイズやインパル的な変動を取り除くためのデータ前処理が必要である。ここでは、サンプリング間隔 1 秒毎のデータに対して前後 3 秒間にわたって平滑化処理をほどこしている。

さらに、単にセンサ出力値だけでなく、出力値がどのレベル（定性値：アラームレベル、プリアラームレベルなど）にあるか、および定性的にどのような増減状況（定性的微分値：上昇、一定など）にあるかといった特徴を表わす記号表現を用いて、次章で述べる知識ベース内にあるルールにより推論を行なう。

音声報知システムは、推論部より送られてきた時系列

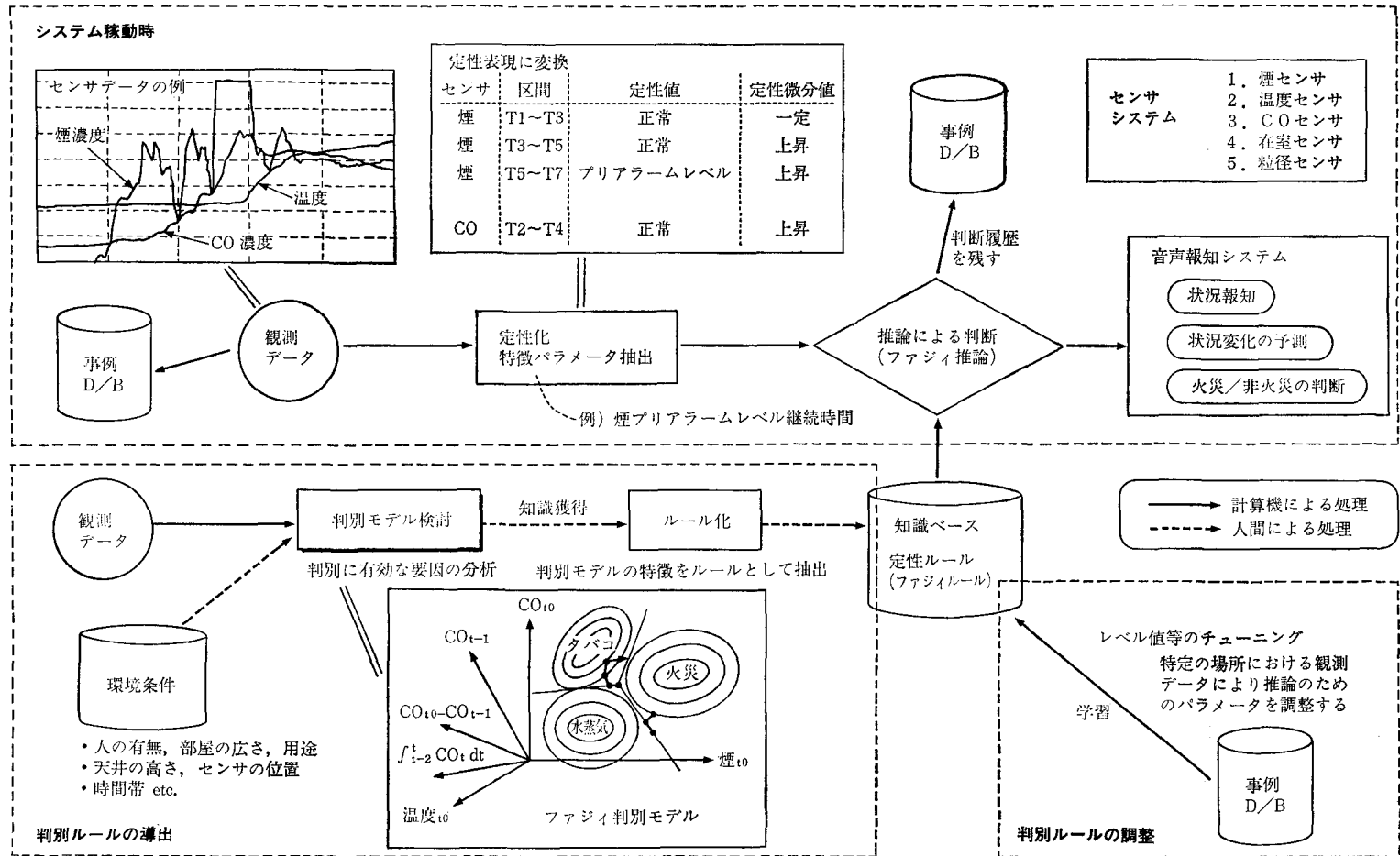


図 1 火災判断ファジィエキスパートシステムの概略

的な状況の推論および判断結果をモニタあるいは音声により出力する機構である。音声出力文は、あらかじめ文節レベルで登録されており、その組合せて音声合成器により音声出力する。

3. 提案システムにおける知識ベースの作成

3.1 専門家による知識獲得

専門家がセンサデータをながめて状況を推定する場合、単にセンサ出力値があるレベルを越えたかどうかだけで判断するわけではない。専門家は、時間帯やセンサの設置状況を背景情報として、各センサ出力値の上昇のしかたの特徴を定性的にとらえて解釈・判断している。そこで、あらかじめ専門家の持っている「火災」「非火災」を判別するための定性的な知識をルール化し、作成された知識ベースをもとに火災判断を行なう。知識ベースには図3に示すようなアラームレベル、プリアラームレベル等を設定するルールおよび、実際に火災・非火災を判断するルールが格納されている。

3.2 ファジィモデリングにもとづく知識の検証

前節で述べた火災判断に用いるルールは、専門家から知識を獲得し作成したものであった。しかし、この獲得作業は、知識間の矛盾や過不足を生じやすく、エキスパートシステム構築のボトルネックになっている。

そこで作成したルールの正当性を検証するためにデータをもとにした分析を行ない、「火災」「非火災」を判別するために特定の現象を過不足なく把握する特徴量を分析・検討する。この分析過程で主観的判断では見出せなかった特徴量が浮かび上がり、新たな判別ルールを抽出することも狙いとしている。特徴量抽出のための分析

```

if 5 ≤ smoke density < 10
then smoke_level = prealarm_level
.
.
if smoke_level == alarm_level
and interval_of_alarm_level > 30
.
then smouldering_fire

```

図3 ルールの適用例

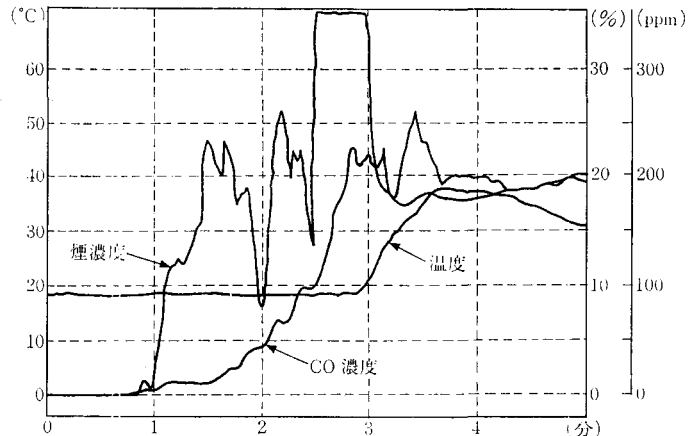


図2 火災のグラフ出力例

は、対話型モデリング支援システム IMSS [4]を用いて専門家と対話的に解析することにより行なう。

次に、専門家により作成されたルールの検証のために行なったデータ分析の具体例について述べる。「非火災」の代表的な例である水蒸気・タバコと「火災」それぞれの現象に対する模擬実験で得られた各センサからのデータを対象にルール検証に用いるためのデータ加工をほどこし、それらのデータをもと分析を行なっていく。検証の対象としたルールは水蒸気を判別するルールで、

```

if 煙濃度がプリアラームレベル以上になった。
& 煙濃度が急激に上昇し、すぐに下降する。
then 水蒸気である。

```

という内容である。

ここで水蒸気の煙濃度とは、煙センサの出力値を指す。水蒸気はその煙濃度変化において急激に上昇し、すぐにまた急激に下降するといった特徴があり、水蒸気を判別するルールの中でも特に煙濃度に注目してデータ分析を行なった。今回は分析の手法として、IMSSに組み込まれたクラスター分析のWard法[5]を用いた。煙濃度の上昇・下降の特徴をとらえるため、あるレベルを越えて下降し始めるまでを上昇中の状態、また下降し始めてあるレベル以下になるまで、あるいは再び上昇し始めるまでを下降中の状態とし、線形近似したモデルの傾きを特徴データとした。さらに上昇・下降時間、極大値等の加工データをもとにクラスタ分析を行なった。その結果図4-Aからわかるように煙濃度の上昇中の傾きによるクラスタリングではほぼ水蒸気の特徴を示すクラスタを分けることができ、さらに図4-Cに示されるように下降中の傾き加わることにより、水蒸気としての特徴が

しろぬき：非火災 (○, ●) … クラスタ 1
くろぬり：火災 (△, ▲) … クラスタ 2

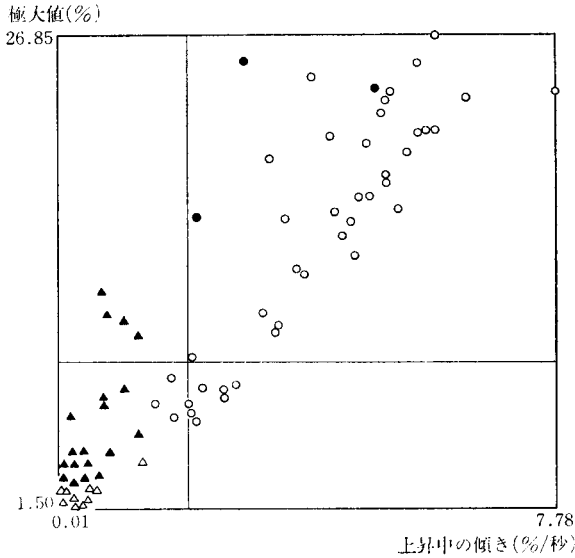


図 4-A 上昇中の傾きによるクラスタリング結果

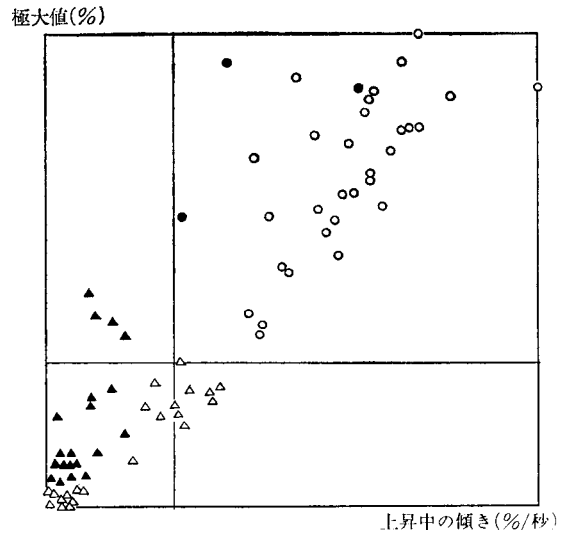


図 4-B 上昇中の傾き, 上昇時間, 極大値によるクラスタリング結果

より明確になることがわかった。

以上のことから、煙濃度の上昇中の傾きが水蒸気を判別するのにかなり有効であり、煙濃度の上昇・下降の傾き、つまり急激に上昇・下降することがルール要素として適当であることが実験結果のデータから検証された。

4. あいまいな情報下での状況提示

4.1 ファジィ推論の適用

従来のルール型推論では、ルールの前件部がすべて成立しない限りそのルールは適用されない。しかし、センサ情報のような連続的に変化する情報を扱う場合、前件部の成立度合いにあいまい性を持たせ、後件部の成り立つ確信度が徐々に変化すると考えた方が適している。そこで、ファジィ推論の適用を試みる。

ファジィルールによる推論も基本的には通常のルールと同様に、

I F 前件部 THEN 後件部

で表現されるルールで構成されるが、前件部や後件部があいまいな命題（ファジィ集合）で表現されるという点が、通常の推論と異なる。

ここでは、前件部にセンサ出力値等のメンバーシップ関数を、後件部に各事象が生起している確信度をとることとした。たとえば、火災のルールの例を図 5 に示す。

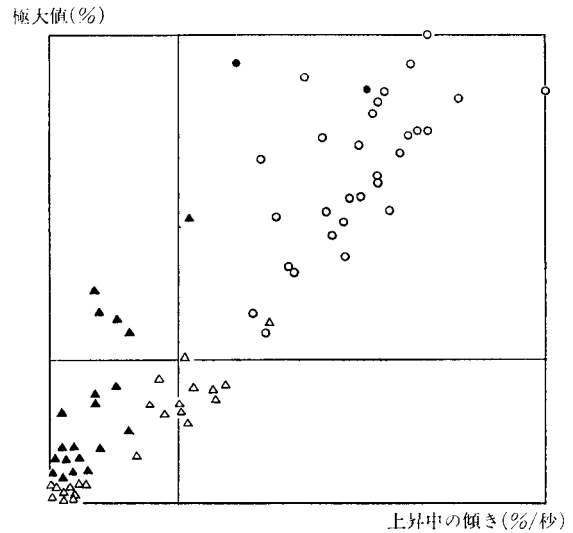


図 4-C 上昇中の傾き, 極大値, 下降中の傾きによるクラスタリング結果

前件部のメンバーシップ関数はセンサの出力値のほか、時間情報などを取り入れたものもある。これらのファジィルールは「火災」「非火災」の各現象に対して複数用意されており、複数のルールが成り立つ場合、ルールの種類により最大値をとる方法あるいは MYCIN の方法を選択して確信度の合成を行なっている。最終的に得られる確信度の値は図 6-A, B に示すようにグラフ表

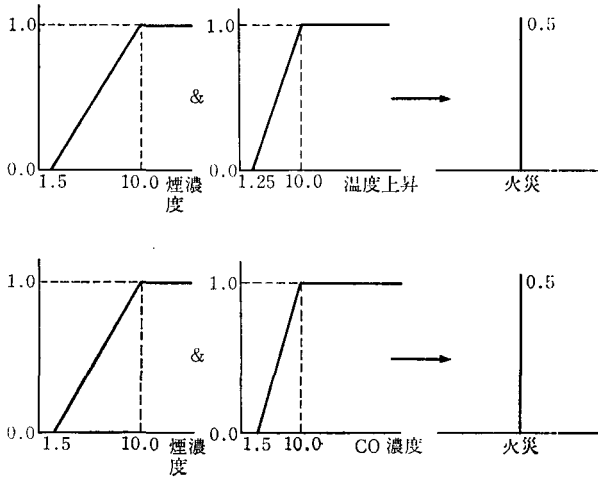


図5 ファジールールの適用例

示され、単位時間ごとにリアルタイムで変化する。

ファジィ推論を導入することにより、火災・非火災の判断が確定する以前の初期の段階からその判断結果が提示できるようになるほか、複数の事象が生じた場合でも、各事象の生起確信度を提示することが可能になる。

4.2 適用結果

実際にモデルルーム内で「非火災」の代表的な例である水蒸気、タバコの煙と「火災」それぞれの現象に対する模擬実験を行ない、前節で述べた推論方法を適用した。ここでは、水蒸気の現象を電熱器で熱した寸胴なべから発生させた例について述べる。模擬実験の結果、図7のようなセンサ出力結果を得た。これに今回開発した推論方法を適用すると、はじめ水蒸気が発生した時点で

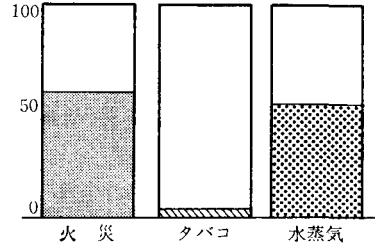


図6-A ファジィ推論結果の表示例(1)

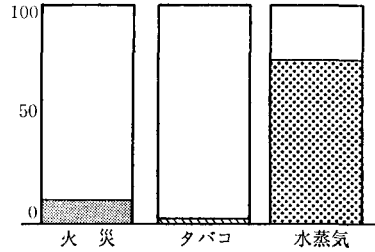


図6-B ファジィ推論結果の表示例(2)

は図6-Aのような確信度となるが、その時間の経過後とともに火災の確信度が下降し、図6-Bのように水蒸気の可能性が高いという判断を得る。このように、これまでのセンサシステムでは明らかに誤報が発生していたような現象であっても、その現象を「非火災」と認識させることが可能になった。

5. あとがき

本研究では、状況を早く報知しかつ誤報の少ない対話型火災判断システムを実現するために、モデリング技術

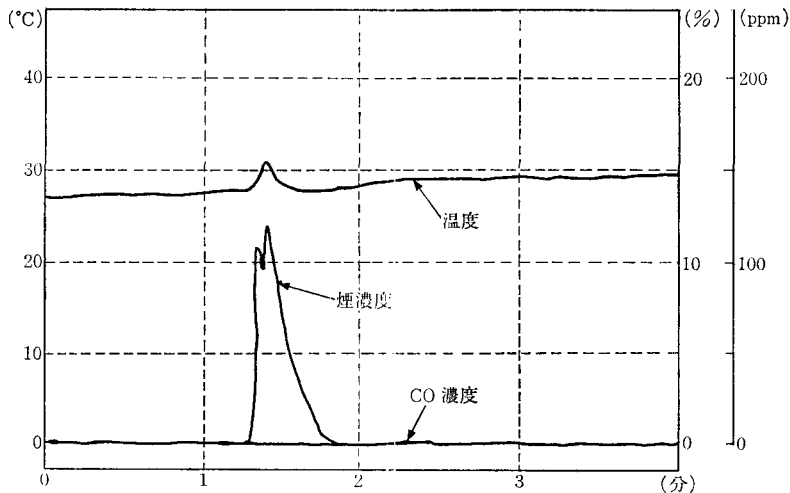


図7 水蒸気のグラフ出力例

およびファジィ技術を導入し、

(1) 実データをもとにしたモデル化による判断ルールの検証および新たな特徴量の抽出

(2) 最終判断がなされる以前のあいまいな情報下での現在の状況の推定

を行なうシステムについて考察を行なった。

開発したプロトタイプシステムにより、「非火災」の代表的な例である水蒸気、タバコと「火災」それぞれの現象に対する模擬実験を行ない判断させた結果、満足できる区別認識精度が得られた。

今後は、センサの設置環境・状況等に対応した判断アルゴリズムの開発、センサデータの意味解釈にもとづく現象同定技術開発等を行ない、火災が発生したときだけに避難誘導、消火を行なうための正確な警報を発するような対話型支援システムの開発を行なう予定である。

最後に、本研究にさいしご助力いただいた消防庁消防研究所佐藤晃由室長はじめ研究員の方々に深謝いたします。

参考文献

- [1] 小野, 石井, 室井: 初期火災の多次元計測計測, 自動制御学会論文集, Vol. 24, No. 8 (1988), 794~801
- [2] 野村, 栗尾, 中西, 西山, 樫木, 片井, 岩井, 佐藤, 竹元, 河関: 複数センサデータの定性的解釈にもとづく火災・非火災現象パターンの同定, 第10回知識工学シンポジウム, (1989), 149~154
- [3] 菅野: ファジィ制御, 日刊工業新聞社 (1988)
- [4] 中森: 対話型モデリング支援システム, オペレーションズ・リサーチ, Vol. 35, No. 8 (1990), 457~460
- [5] Anderberg, M.R.: クラスター分析とその応用, 内田老鶴圃 (1988)

報文集価格表 (会員価格)

T-73-1	ネットワーク構造を有するオペレーションズ・リサーチ問題の電算機処理に関する基礎研究	1200円
T-76-1	オペレーションズ・リサーチのためのデータとプログラムに関する研究	4000円
T-77-1	システムダイナミックス——方法論と適用例	2500円
R-79-1	「ORの実践とその有効活用」視察団報告	1200円
R-82-1	「欧州におけるOR実施状況」視察団報告書	1200円
R-84-1	「米国におけるORの実践」視察団報告	1200円
T-86-1	「南北協力の新しい戦略——マイクロ電子技術を起爆として——」	3500円
R-88-1	「南米諸国とのOR交流視察団」報告書	1200円