

複合センサー(CO 酸化炭素,熱,煙)を用いた インテリジェント火災感知システム

自治省消防庁消防研究所

佐藤晃由, 河関大祐, 田村裕之, 細川直史

松下電工株式会社

草薙繁量, 栗尾 孝, 藤岡 透, 渡部祥文
中西慎治, 桐畑慎司, 下村茂樹

1. はじめに

現状の自動火災報知設備は, 安全な建物環境を維持する上で重要な役割を果たしているが, 火災時以外の種々の要因に対して, 非火災報を発生する問題点が指摘されている。

消防研究所と松下電工株式会社は, 非火災報を大幅に低減させるとともに, 火災の状況を的確に把握できる火災感知システム(火災性状把握システムと呼ぶ)を試作した。このシステムでは, 新型の一酸化炭素(CO)ガスセンサーを含む複合火災感知器と人工知能技術に基づく判断アルゴリズム(ファジー・エキスパートシステム)を導入した。

各種性能評価試験の結果, 試作した火災性状把握システムは火災と非火災を十分識別でき, くん焼火災か発炎火災か, また有毒ガスが多量に発生しているかなど, 火災の性状を容易に把握できることがわかった。ここでは, これらの研究結果と

試作システムの概要について解説する。

2. 火災性状把握システム試作機

2.1 システム構成

ここで試作した火災性状把握システムは, 図1に示すように複合火災センサー, 在室者把握システム(人体赤外線センサー(PIR)と電話自動応答システム), 中継器, 中央受信装置から構成されている。

複合火災センサーから中継器への信号の転送には時分割多重転送方式が用いられ, 配線本数は2線で無極性となっている。

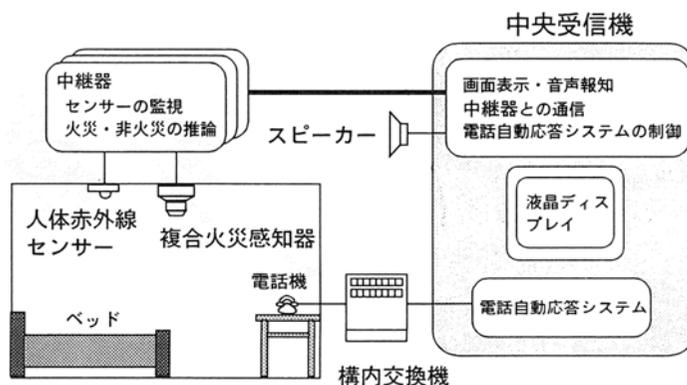


図1 火災性状把握システムの構成

火災か非火災かの推論判断は、複合火災センサーと在室者把握システムの情報を基に、中継器におけるファジー・エキスパートシステムにより行う。この推論判断結果は、中央受信装置において液晶表示され、併せて音声報知を行う。

2.2 複合火災センサー

非火災報の実態調査の結果、煙感知器単独では非火災報を大幅に低減するには限界があり、また火災の状況を早期かつ詳細に把握するには、煙濃度の情報と熱やガス濃度などの情報を総合して判断する必要があるとの結論に至った。このため、本試作システムの火災感知センサーとして、煙、熱、一酸化炭素の3種を感知する3素子複合火災感知センサーを試作した(写真1)。この複合センサーは従来型の煙感知器とほぼ同程度の大きさで、デジタル信号処理のため消費電力も少ない。また、ディップスイッチにより固有アドレスを設定できるため、1回線に設置した複数のセンサーの位置とセンサーの状況から、火災の拡大状況なども詳細に把握できる。

3素子のセンサーのうち、煙センサーは従来型光電式煙センサー、熱センサーはサーミスター熱感知

素子、一酸化炭素センサーは電気化学式のもので本研究において新規に試作されたものである。

一酸化炭素センサーは、図2に示すような10mm×10mmの大きさのシリコン基板上に白金(Pt)の作用電極と対極並びに金(Au)の参照電極を設け、各電極を高分子個体電解質(ナフィオン)膜で覆った構造になっている。

作用電極表面は、COガスとの反応面積を広げるため、シリコン異方性エッチングに

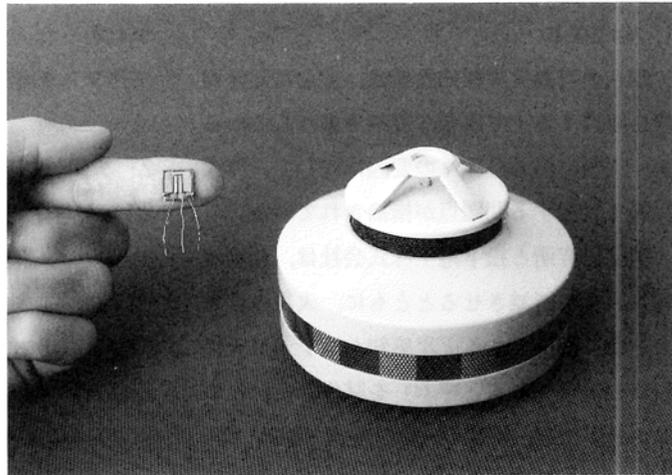


写真1 複合火災センサー(右)とCOセンサー(左)

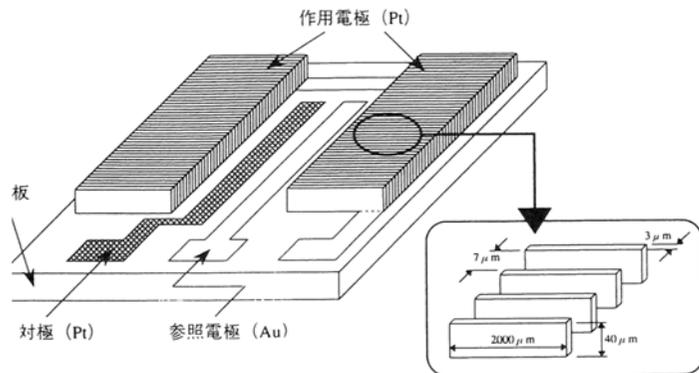
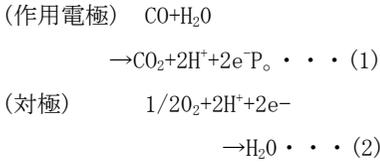


図2 新型電気化学式COセンサーの構造

よる微細な凹凸が形成されている。作用電極及び対極における電気化学的反応を次に示す。



即ち本反応では、水素イオン(H⁺)がナフィオン電解質膜中を拡散する。従って、このセンサーは従来の酸化物半導体センサーのようなセンサー加熱部が不要のため低消費電力で、応答時間が早い。さらに、一酸化炭素濃度3ppm程度までを検知できる高感度の性能を有し、日常生活におけるアルコールガス等には反応しない。また、エージング処理による経時的安定性が考慮されている。

2.3 在室者把握システム

非火災報の多くは、湿気やタバコの煙など人が生活するうえでの各種要因に関係している。従って、当該室における人の存在を把握すれば、非火災報の発生を抑制する上で有効な情報になるため、本システムでは在室者の有無を人体赤外線センサーと電話自動応答システムによって把握し、火災と非火災の推論に用いる。

人体赤外線センサーは焦電型赤外線検知

素子にフレネルレンズを組み合わせたもので、感知エリア内の人体の動きを検知することができる。図3の人体赤外線センサー回路構成に示すように、人体赤外線と火災赤外線との識別が考慮されている。

また、電話自動応答システムは、中継器において火災と推論された場合、システムが自動的に当該室に電話をかけ、受話器に回答があればその信号を検出するものである。火災と推論されても受話器の応答から火災ではないと判断された場合、火災警報は発しない。

2.4 推論

火災か非火災かの推論判断は、中継器におけるファジィ・エキスパートシステムで行う。ファジィ・エキスパートシステムとは、人工知能技術の一つであるエキスパートシステム(専門家の知識判断過程を基に、人間に代わってコンピューターが推論判断を行うシステム)にファジィ(あいまいさ)表現を取り入れたものである。火災と非火災との判断ルールは、メンバーシップ関数とよばれる関数により記述される。図4は本システムで用いたメンバーシップ関数の一部を示す。横軸にセンサーレベルやその継続時間などを取り、縦軸にグレードと呼ばれ

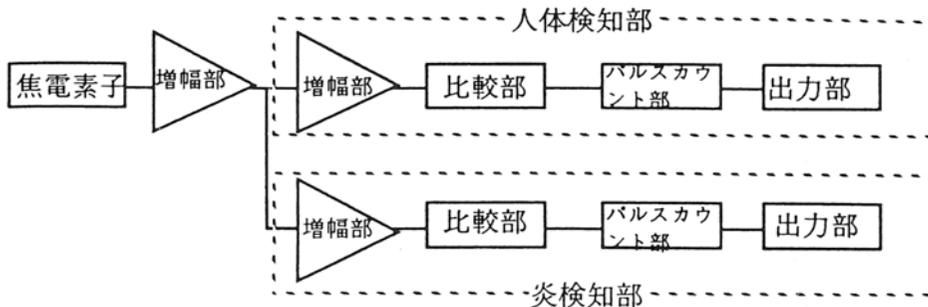
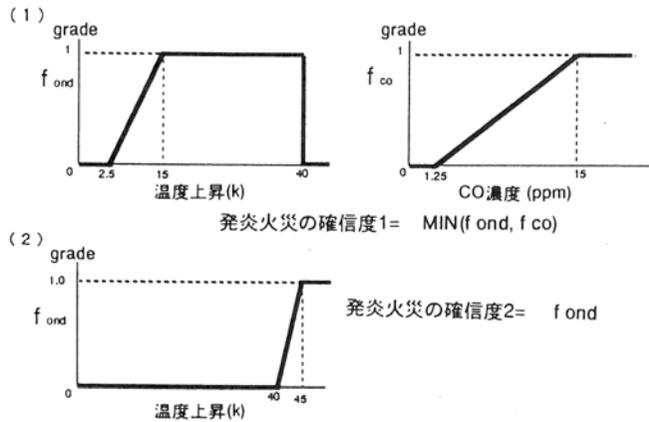


図3 人体赤外線センサーの回路構成



$$\text{発炎火災の確信度1} = \text{MIN}(f_{ond}, f_{co})$$

$$\text{発炎火災の確信度2} = f_{ond}$$

$$\text{発炎火災の確信度} = \text{MAX}(\text{発炎火災の確信度1}, \text{発炎火災の確信度2})$$

図4 ファジー・エキスパートシステムで用いられるメンバーシップ関数の例

る確信度をとる。測定されたセンサー信号とメンバーシップ関数から火災か非火災などの確信度をもとめ、推論結果を得る。

写真2に、試作した火災性状把握システムの中央受信装置における推論結果の表示例を示す。画面上の円グラフには、くん焼火災、発炎火災、タバコや調理の煙、湯気やほこりの場合の4種の確信度の割合が表示される。

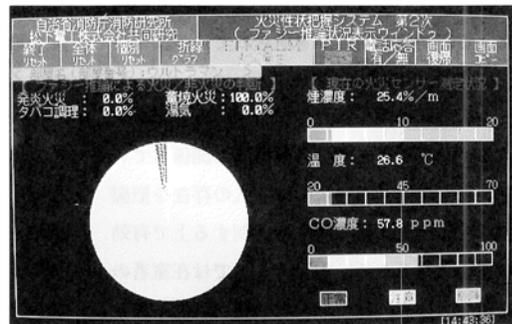


写真2 受信装置における推論結果表示例

3. 性能評価試験

本試作システムの性能評価試験は実験室において各種状況を想定して行ってきたが、本システムが実用的性能を有するか否かを評価するためには、例えばISO規格などのような一定の規格化された火災感知評価基準のもとで試験することが必要である。しかし、現在、わが国はもとより世界的にも火災と非火災を識別するシステムの評価基準はない。従って、ここでは次のようなISO試験火災に準拠した数種の火災と独自に設定した非火災の評価試験方法を設定し、システ

ムの評価を行った。

(火災感知試験)

- (1) 木材クリブの発炎火災 (ISO-TF1 に相当)
- (2) 木材クリブのくん焼火災 (ISO-TF2 に相当)
- (3) 綿灯芯のくん焼火災 (ISO-TF3 に相当)
- (4) ポリウレタンの発炎火災 (ISO-TF4 に相当)
- (5) メタノールの発炎火災 (ISO-TF5 に相当)

(6) シーツのくん焼火災

〈非火災試験〉

- (1) タバコの煙
- (2) 湯気 1 (ホットプレートでの調理)
- (3) 湯気 2 (バスルームからの湯気)
- (4) 調理の湯気及び煙
- (5) ほこり (改装工事のほこり)
- (6) ガスストーブの熱気流

これらの火災感知試験及び非火災試験のいずれの場合も、本試作システムは早期に火災または非火災と推論判断し、くん焼火災と発炎火災を識別し、さらに CO を含まない湯気やほこりによる非火災要因の場合と CO を含むタバコの煙による場合とを識別することもできた。

4. おわりに

ここでは、非火災報の発生を一層低減させかつ火災の性状を的確に把握するために、複合型火災感知器のほか在室者把握システムとファジー・エキスパートシステムによる推論機構を導入した火災性状把握システムについて解説した。

本試作システムは、火災と非火災を明確に識別でき、また火災の場合にくん焼火災か発炎火災か、有毒ガスが多量に発生しているかなどが容易に把握できる。

今後は、試作システムを実際の建物環境に長期間設置し、実用性向上に関する試験を行う予定である。

参 考 文 献

- (1) 火災性状把握システムに関する研究、(火災性状把握システムの試作に関する共同研究報告書)、消防研究所研究資料第 25 号、第 26 号 (1991)
- (2) 火災性状把握システムに関する研究、(実用化をめざしたシステムの改良に関する共同研究報告書)、消防研究所研究資料第 28 号 (1993)

