論文

オープンショーケース除霜制御への
ファジィ状態推定手法の適用[†]伊藤 修^{*1} 中谷 智良^{*2} 須藤 晴彦^{*3} 神崎 克也^{*2} 渋谷 博士^{*2}

オープンショーケースの蒸発器に付着する霜の状態をファジィ推論により推定する方法を開発した。オープンショーケースの蒸発器の除霜制御は真夏時の環境を想定した定時間間隔で行われているのが一般的である。しかし、その着霜量は季節などの外的要因により大きく変化し、従来方法では不必要な除霜操作により庫内温度を上昇させ、商品鮮度の劣化をもたらすなどの問題点を有していた。

そこで、我々は蒸発器への霜の付着特性を実験的に解析し、オープンショーケースのインナダクト内空気温度と蒸発器出口空気温度の差が重要な判断要因となることを解明した。更に、蒸発器への不均一着霜などによる異常時の特性も同時に解明した。それらの実験データを解析し、蒸発器への着霜状態を評価するルールを設計した。そして、フィールドテストにより、本方法は着霜状態の通常、異常を明確に評価でき、かつ霜質の変化へも対応可能なことを確認した。

キーワード：オープンショーケース、蒸発器、ファジィ推論、除霜制御

1. はじめに

オープンショーケースは、スーパーマーケットなどで肉、魚、野菜などの陳列販売に用いる冷凍機器であり、日本では昭和 38 年頃から本格的に使用されるようになった。その形は多段形、セミ多段形、平形などさまざまな形があるが、主に用いられているのは多段型である。

これらのオープンショーケースには庫内商品の鮮度管理と展示性能が求められている。特に、前者の鮮度管理性能は商品ロス発生と直接関係するため、その性能向上が大きな課題となっている。この鮮度管理性能は、次の 2 つの性能に大別される。一つは冷氣のエアカーテンにより、庫内を均

一かつ適正温度に冷却する保冷性能である。もう一つは庫内の温度を上げずに、どれだけ効率的に蒸発器に付着した霜を融かすかという除霜性能である。なかでも、後者の除霜性能の向上は、除霜時の温度上昇による庫内商品の品質劣化の低減を意味し、鮮度管理の最重要項目である。

この除霜プロセスの大きな課題は制御量を直接計測できず、間接的にしか評価できないことである。この間接評価にファジィ推論を利用した実用化事例が報告されている。大野ら⁽¹⁾はゴミ焼却炉のゴミ質やゴミ層の検出にファジィ推論を使用し、ファジィセンサーと呼んでいる。門間ら⁽²⁾は鋼板の冷間ダレ圧延プロセスの板厚、張力制御の干渉度をファジィ推論で求め、干渉の抑制を行っている。堺ら⁽³⁾はアルミニウム冷間圧延プロセスにおいて、修正可能な方向における形状の悪い度合いの変化率を推論し、形状偏差の抑制に利用している。また、構造信頼性評価や医療診断などのエキスパートシステム⁽⁴⁾へのファジィ技術の応用もある。これらの事例は、後述するオープンショーケースの着霜プロセスのように著しい非線形性を有していない。また、その解析過程やその結果得ら

[†] Application of a Fuzzy State Estimation Method to Defrosting Control of Open Showcase

Osamu ITOH, Tomoyoshi NAKATANI, Haruhiko SUDO, Katuya KANZAKI and Hiroshi SHIBUTA

^{*1} ㈱富士電機総合研究所 情報システム研究所
Software and System Laboratory, Fuji Electric Corporate Research and Development, Ltd.

^{*2} 富士電機株式会社 三重自販機・特機製作所
Mie Vending Machines & Specialty Appliances Factory, Fuji Electric Co., Ltd.

^{*3} 富士電機ヴィ・シー・アルテック株式会社 CC 設計部
CC Engineering Dept. Fuji Electric V.C.Altec Co., Ltd.

れたプロセス特性に基づくルールの設計方法を詳細に論じたものは少ない。

一方、除霜制御へのファジィ制御の適用に関しては、オープンショーケースを対象とした報告はなく、鈴木らによる冷蔵庫を対象にした実用化の事例⁽⁵⁾がある。圧縮機の運転時間から蒸発器への着霜量を推論し、冷蔵庫の扉の開閉状態から昼間か夜間かを推論する。そして、それらの推論値を用いたファジィ制御により、除霜を行う方式である。しかし、不均一着霜や外気要因の変動による着霜プロセスの変化は論じられていない。

そこで、我々はオープンショーケースの蒸発器への着霜過程を実験的に解析し、不均一着霜や外気要因の変動による着霜プロセスの変化を明らかにし、通常時や異常時の着霜特性を解明した。その結果、インナーダクト内空気温度と蒸発器出口空気温度の変化が、着霜状態に関係のあることを確認した。しかも、その温度差が大きく拡大したり逆転する現象や、霜質により特性が変化することも確認できた。このような非線形プロセスを、従来の制御理論の枠組で対応することは困難である。すなわち、ファジィ技術によってのみ、対応可能なプロセスである。そこで、それらの温度の変化と周囲温湿度や過去の除霜実績などの情報を用いた、ファジィ推論による着霜状態の評価方法を開発した。そして、オープンショーケースの冷却系に適用し、通常時、異常時、外的要因の変化に対して、それぞれの着霜状態が評価可能なことを、フィールドテストで確認したので述べる。

2. オープンショーケースの概要

2.1 機器構成

多段形のオープンショーケースの構造を図1に示す。蒸発器で冷却された冷却空気は、背後のインナーダクトを通り、インナー吹出口よりエアカーテンとして下方へ吹き出される。そして、冷却空気はケース内温度を陳列商品の保冷に最適な温度に維持しながら、冷氣吸い込み口から下部を通り、ファンにより蒸発器へ戻される。

2.2 プロセス特性

エアカーテンは庫内温度を所定温度に保つために、周囲環境から熱の移動を防ぐ働きをする。一方、蒸発器は庫内空気からファン、冷却コイルを通じて蒸発冷媒へ熱移動を行い、エアカーテンに混入した外部空気の持つ熱量を除去して、オープンショーケースの冷却性能を維持する。

蒸発器内部では、低温の冷媒液が蒸発し、庫内空気から気化熱を奪うことにより、庫内空気の冷却が行われる。このとき庫内空気中の水分は冷却により霜として蒸発器に付着する。この霜の付着の伝熱効果に与える影響は非常に大きい。一般に、物質内の単位面積、単位時間あたりの熱移動はフーリエの法則(1)式により表わされる⁽⁶⁾。

$$q = -\lambda \frac{d\theta}{dn} \quad (1)$$

ここで、 q ：単位面積、単位時間あたりの熱量(W/m²)、 λ ：熱伝導率(W/(m・K))、 θ ：温度(K)、 n ：熱の流れに垂直方向の距離(m)

また、熱伝導率の値を表1に示す。この表から、霜の付着により熱移動が悪くなることが分かる。しかも、蒸発器に付着した霜には空気が含まれているため、霜の質によりその値が変化する。

図1 多段形オープンショーケースの構造

表1 物質の熱伝導率

物質	熱伝導率(W/(m・K))
銅	372
氷	2.21
水(0℃)	0.569
空気(0℃)	0.024

すなわち、霜の付着により熱伝導率が小さくなり、冷却効率が低下し、その結果、庫内の冷却不良を起こすこととなる。そのため、蒸発器に付着した霜を効率よく融かすために、除霜操作が必要になる。

2.3 従来の除霜方式

オープンショーケースの除霜は蒸発器の外部に設置したヒータ(図1の除霜ヒータ)を加熱する方法が多く採用されている。また、更なる性能向上を目的に、二つの蒸発器を搭載し交互に除霜を行う方式や、冷凍機からの気液混合冷媒を蒸発器に流し込み凝縮熱を利用して除霜する方式などが開発されている。

いずれの方式にしても、除霜操作はある定められた冷凍機の運転積算時間毎に行われるタイマ方式が一般的である。その除霜回数は一番厳しい真夏の店内での想定最高侵入熱量(高温多湿時)に基づいて設定され、1日に4回から6回の除霜操作が行われている。しかし、着霜の条件は常に一定でなく、季節、客の出入の多い昼と夜、さらに店内の空調条件などにより大きく変化する。例えば、四季による温湿度の変化を表2に示す。この表からも、空気中の水分量の変動が、東京において冬季と夏期では5倍を超えることが分かる。すなわち、除霜回数がいかに厳しい状況を想定しているかが分かる。また空調などにより、多くの場

合、着霜量は真夏時より少なく、除霜回数は少なくてもよいことも推定される。このことは、タイマ方式では過大な除霜操作を行い、庫内温度を上昇させていることを意味し、従来の除霜制御の大きな問題点である。

3. 蒸発器への着霜特性の解析

3.1 基本特性の実験解析

オープンショーケースの着霜現象の冷却特性への影響について、実験による解析を行った。オープンショーケースでは庫内空気を冷却するために蒸発器で熱交換を行う。従って、蒸発器への着霜量が庫内空気の冷却性能の低下、すなわち冷却空気の温度上昇をもたらすことが推測される。そこで外気温 25℃、湿度 60%の条件(JIS に準拠した標準環境)において、蒸発器への着霜のない状態から連続運転させた場合の着霜状態の変化と冷却空気、庫内温度の変化を実験により調査した。同時に蒸発器への着霜状況を目視で観察した。そのときの計測項目、目視項目を表3に示す。

図2は、除霜後から10時間連続運転をしたときに、各場所における空気温度と風速の変化である。表4には目視結果を示す。これらの結果より、次の特性のあることが分かる。

- (1) 冷却開始直後より蒸発器への着霜が見られるが、数 mm 程度までは、蒸発器出口温度やインナーダクト内空気温度の変化がほとんどなく、

表2 四季による空気中の水分量の変化

	札幌			東京			福岡		
	温度	相対湿度	絶対湿度	温度	相対湿度	絶対湿度	温度	相対湿度	絶対湿度
冬季 (1月)	-1	75	0.0026 (1.0)	7	48	0.0030 (1.0)	7	60	0.0037 (1.0)
春季 (4月)	8	61	0.0041 (1.6)	16	64	0.0073 (2.4)	15	77	0.0082 (2.2)
夏季 (7月)	21	76	0.0117 (4.5)	27	70	0.0156 (5.2)	28	77	0.0118 (3.2)
秋季 (10月)	13	69	0.0064 (2.5)	21	74	0.0089 (2.9)	19	68	0.0064 (1.7)

気象年鑑より
()内は冬季を1にした割合

表3 計測・目視項目

項目	
計測	庫内温度(20点)
	インナーダクト内空気温度
	蒸発器出口空気温度
	蒸発器入口空気温度
目視	インナーダクト内風速
	着霜状態

冷却機能に異常はない。

- (2) 蒸発器への着霜量の増加にほぼ比例して、インナーダクト内風速が減少する。着霜により、空気抵抗が増加したことによる。
- (3) 冷却開始7時間後ころから、着霜量が多くなり目詰状態の発生が見られるとともに、インナーダクト内空気温度の上昇と蒸発器出口空気温度の低下が生じる。その結果、両者の温度差が大きくなる。インナーダクト内空気温度の上昇の理由は、着霜量の増加に伴う蒸発器の熱交換性能の低下および冷却空気風量の減少したことによる。蒸発器出口空気温度の低下の理由は、着霜の増加に伴う循環風量の減少により、蒸発器出口付近の空気が冷やし込まれたこと、および熱交換負荷低下が蒸発圧力低下をもたらし、その結果蒸発温度が低下したことによ

る。

以上の実験結果より、インナーダクト内空気温度と蒸発器出口空気温度の差が、着霜量を評価する上で重要な情報となることが判明した。

3.2 サーモ運転時の着霜特性

上記の実験では、蒸発器は連続運転であり、コンデンシングユニットの容量とオープンショークース負荷をバランスさせた状態にある。しかし、通常、オープンショークースでは、コンデンシングユニットの容量は余裕のあるものを選定し、蒸発器の温度をある範囲に維持するように、冷却冷媒の循環量を制御している。そこで、蒸発器出口空気温度の上下限設定値によるオンオフ制御(以下サーモ運転と呼ぶ)を行った場合の実験結果を図3に示す。

図3と図2を比較することにより、以下の事項が判明した。

- (1) 運転方法が変化しても、定性的には同じ特性を示している。しかし、その変化量は外的要因により変化することを、別の実験結果からも確認している。
- (2) サーモ運転のため、着霜量が少なく温度変化は少ない。このことは、インナーダクト内の風速が10時間後も50%以上維持されていることから確認できる。

また、図4に除霜時のドレイン量の変化を示す。付着した霜の量は除霜後の経過時間が2倍になっ

表4 観測結果

経過時間 (hr)	着霜状態 (目視)	経過時間 (hr)	着霜状態 (目視)
1	表面に薄く付く程度	6	かなりの着霜状態
2	同上	7	部分的に目詰状態
3	1mm程度着霜	8	同上
4	2mm程度着霜	9	かなりの目詰状態
5	3mm程度着霜	10	同上

図2 連続運転時の温度、風速特性の変化(正規化値)

ても、約 1.4 倍と少ないが、除霜時間は約 2 倍になっている。しかも、除霜 6 時間後では融け始めると急激に除霜が進行することが分かる。一方、除霜 12 時間後では緩やかに除霜が進み、その状況は前者と大きく異なる。加熱熱量は一定であるから、時間が長いほど融けにくく、霜質の変化していることが分かる。すなわち、除霜後の経過時間が長くなるにしたがい、霜が更に冷やされ、アイスバーン状に変化しているものと推定される。この実験により、着霜量はそのときの着霜状態の影響を受け、時間の経過により、霜質が変化することが明らかになった。

3.3 着霜異常時の特性

前項までの実験では均一な着霜状況を想定している。しかし、オープンショーケースは横方向に長く、蒸発器への着霜が常に均一とは限らない。そこで、不均一な着霜の影響を実験で調べた。

図 5 は外気温 27°C、湿度 70% の環境で、蒸発器

への不均一着霜で目詰り状態を生じた場合における、インナダクト内(吹き出し出口に近い場所)の 2 点の空気温度の変化である。横軸は除霜開始後の経過時間である。使用したオープンショーケースの横幅は 2440 mm である。

蒸発器出口空気温度とインナダクト左側空気温度は通常時とほぼ同じ特性を示しているが、インナダクト中央空気温度は大きく下降しない状態が継続した後下降する特性を示している。すなわち、除霜後 2 時間程度経過し、安定した後にお

図 5 目詰り発生時の空気温度変化(正規化値)

図 3 蒸発器オンオフ運転時の温度、風速特性の変化(正規化値)

図 4 経過時間による除霜時ドレイン量の変化

いて、左部はインナードクト内空気温度と蒸発器出口空気温度の差が拡大する特性を示しているが、中央部は逆に温度差の値が減少する特性を示している。この結果より、冷却ファンによる空気の流れが外的要因により空間的に一様でない場合、蒸発器の着霜状態にむらが生じ、場所により通常時と逆の特性を示すことが分かる。場合によっては、両者の温度差が負になることもある(図8のIVのグループ参照)。従って、着霜異常が生じた場合、通常と異なる判断方法の必要なことが確認できた。

3.4 着霜状態の評価方法に関する考察

以上の結果より、着霜評価方法のモデル化に関する課題を、次のようにまとめることができる。

- (1) 着霜量を直接計測する実用的手段がなく、間接情報による判断が必要である。
- (2) 着霜量と間接情報の関係には著しい非線形性があり、着霜状態により逆の傾向を示すことがある。
- (3) 着霜量は外的要因で変化し、霜質も異なる。しかも、霜質は時間的に変化する。
- (4) 霜質により、除霜特性が異なる。従って、除霜判断は着霜量だけでなく、霜質も考慮する必要がある。
- (5) 着霜の分布も考慮する必要がある、集中モデルでは不十分である。

これらの特性より、着霜量を記述する数学モデルを作成することは困難である。しかも、除霜判断は着霜量に加えて霜質も無視できないため、従来制御理論の枠組で制御系を構成することは非常に難しい。すなわち、ファジィ技術によってのみ対応可能なプロセスと言える。そこで、多くの間接情報から除霜の要否を判断するファジィ評価方法を開発した。

4. 着霜状態評価ルール設計

実験結果より、判明したオープンショーケースの着霜特性を次にまとめる。

通常時の特性：

- (1) 除霜後約1時間で、蒸発器出口空気温度とインナードクト内空気温度は安定し、その後着霜量の増加とともに上昇し、かつ両者の温度差が拡大する。
- (2) 高温多湿、低温低湿などの外的要因により、霜の質が変化し、前記温度差の大きさおよび除霜時の霜の融け具合に影響を与える。
- (3) 着霜量の増加により、インナードクト内風速が減少する。

着霜異常時の特性：

- (4) (1)の温度差が負または急激な下降の場合は着霜異常が生じている。
- (5) (1)の温度差が急激に上昇している場合は着霜異常(急激な着霜の進行)が生じている。

これらの実験結果と設計技術者のノウハウに基づいて、オープンショーケースの蒸発器への着霜状態を評価し、除霜の開始の判断を行う基準を、次のように決定した。

通常時の評価基準：

- ① 除霜後に安定した後、インナードクト内空気温度と蒸発器出口空気温度の差が大きくなれば除霜を行う。
- ② 霜の質を考慮し、除霜後経過時間が外気温度と湿度より決まる経験的な許容無除霜時間を越えている場合は除霜を行う。

異常時の評価基準：

- ③ 除霜後に安定した後、インナードクト内空気温度と蒸発器出口空気温度の差が負になれば除霜を行う。
- ④ 除霜後に安定した後、インナードクト内空気温度と蒸発器出口空気温度の差が、急激に上昇または下降している場合は除霜を行う。

その他の評価基準：

- ⑤ 除霜後経過時間が過去の除霜間隔の実績値を大きく越えている場合は除霜を行う。

なお、インナードクト内風速は重要な情報であるが、計測上の問題から考慮していない。

以上の評価基準と設計技術者のノウハウに基づいて作成した着霜評価システムのブロック図を図6に示す。また、最終的に調整されたメンバーシ

アップ関数と評価ルールの一部を図7、表5に示す。評価ルール数は全部で33個である。①から⑤はIF-THEN形式の基本ルールそのものを表している。まず、プロセス特性の評価に基づいて、①の前件部情報である空気温度差を5段階(図7参照)、②の除霜後経過時間と許容無除霜時間の差を5段階などのようにファジィ分割する。同様に、後件部の除霜の要否に関する評価も5段階(図7参照)にファジィ分割し、細かい評価を可能にする。そして、それらが組合わされた状況における判断を評価ルールで表現した例を表5に示す。このようにして設計された評価ルールと異常時③④および異常になる可能性に対する評価基準⑤を細分化した評価ルールにより、全体の評価ルールが構成される。なお、ファジィ分割を不等間隔に行い、通常時、異常時などの評価ルールを設計することにより、プロセスの非線形性への対応を行っている。

5. フィールドテストによる試験結果

5.1 フィールドテスト方法

フィールドテストは外的条件を一定に維持可能な恒温槽の中に実際のオープンショーケースを設置して行った。評価ルール及びファジィ推論演算の機能を汎用マイクロプロセッサに搭載し、センサーから得られる情報を用いて30分周期で評価を行う。ファジィ推論は前件部命題の最小値による代数積加算重心法を用いている。ファジィ推論で得られた評価値をオープンショーケースの制御部へ通知する。制御部は図6の「除霜判断」を行い、評価値が正(図7の除霜の有無の0値以上)である場合に除霜開始、除霜状態の監視、終了の操作を実行する。そのときの入力情報と推論結果は別途接続したパーソナルコンピュータで収集し、効果を解析する基礎データとしている。

5.2 試験結果と考察

高温多湿状態における種々の外的条件時の着霜状態の評価状況を図8に示す。いずれも、正常にオープンショーケースが機能した例である。横軸

図6 評価システムのブロック図

図7 評価ルール用メンバーシップ関数の例

表5 評価ルールの例

	インナーダクト内空気温度と 蒸発器出口空気温度の差	除霜後経過時間と許 容無除霜時間との差	除霜の要否
1	負	なし	除霜する
2	なし	なし	除霜しない
3	やや正	なし	除霜しない
4	正	なし	除霜する
5	非常に正		絶対除霜する
・	・	・	・
・	・	・	・

にインナードクト内空気温度と蒸発器出口空気温度の差を、縦軸にその温度変化をとり、ファジィ推論の評価値に基づいて除霜を行った時の状態が示してある。各記号は前回除霜からの経過時間を示している。この図より、評価結果は4つのグループに別れることが分かる。そのグループをⅠ～Ⅳで示す。Ⅰは温度差およびその変化が小さく、半数以上が集中しており、通常の着霜の進行により除霜が必要と評価しているグループである。このことは前回除霜からの経過時間が6～7時間であることをからも確認できる。これに対して、Ⅲは急激な空気温度の上昇による温度差の拡大を検知し、着霜異常と評価したグループである。また、Ⅳは両者の温度逆転を検知し、同様に着霜異常と評価したグループである。一方、Ⅱのグループは温度差の変化が非常に小さく、安定な状態が継続し、前回除霜からの経過時間も長い。このときの収集データを解析した結果、4章⑤の評価基準により作成した「通常の除霜間隔より2～3時間長い場合は除霜する」という評価ルールが有効となり着霜状態が評価されていた。従って、通常の除霜間隔に関する情報の有効なことが確認できた。

以上の実験結果より、4章の評価基準①③④⑤の有効性が示された。そこで、次に評価基準②の有効性に関して考察を行う。評価基準②が適用されるのは、着霜特性の考察より、Ⅱの状態において除霜間隔が少しずつ伸びた場合である。そのため、評価基準②を外し、除霜間隔が少しずつ伸び⑤の評価が適用されない安定な状態が継続する状況で試験を行った。その例を図9に示す。除霜後3時間から10.5時間まで、30分毎の状況を折れ線グラフで表してある。数字は前回除霜からの経過時間である。安定な状態が継続しているため、温度差やその変化は小さく、除霜が必要との評価は行われていない。しかし、12.5時間後に人為的指令による除霜を行って、冷却器の状態を調査したところ、除霜異常が生じ、霜が氷として融け残っていることが観測された。この事実から、上記の温度差やその変化に関する評価基準のみでは霜質の変化を完全に評価できず、霜質の変化に対応

できる評価基準②の必要性が示された。この評価基準に基づく評価ルールを加えたシミュレーションを行ったところ、図9の例では除霜後9.5時間後に除霜が必要となることが確認でき、その有効性が示された。なお、この評価基準は外気の温度、湿度の計測値より、無除霜の許容時間を判断する命題を評価ルールの前件部とすることにより実現している。また、図9の結果より、図8のⅡの領域は1象限だけでなく、破線のように拡大されることが判明した。

以上の結果より、本論文で提案したオープンシヨーケースの蒸発器の着霜状態の評価方法は、着

図8 インナードクト内空気温度と蒸発器出口空気温度の差とその変化に対する着霜状態の評価(正規化値)

図9 外気要因を考慮しない場合の着霜状態の評価例(正規化値)
(グラフ内の数値は経過時間を示す)

霜状態の通常、異常(温度差の急激な拡大と逆転状況の発生)を判断でき、かつ通常時の除霜の要否判断や霜質の変化へも対応可能なことが示された。しかも、温度変化という間接的な情報のみでは明確な判断は難しく(特にⅠとⅡの境界)、判断に幅を持たせ、他の情報を加えた総合判断が必要であることが示された。従って、従来の制御方法の適用は困難であり、ファジィ技術の有効なプロセスと判断される。

本研究により開発されたファジィ推論による着霜状態の評価方法を除霜制御装置に搭載した。そして、精肉・鮮魚用オープンショーケース4台を用いた実店舗によるフィールド試験の結果⁷⁾により、年間除霜回数は従来の40%となり、商品ロスや消費電力の低減に有効なことが示された。その結果、1993年10月より実用化されている。

6. おわりに

オープンショーケースの蒸発器への着霜特性を実験により解析し、そのプロセスを解明した。そして、その着霜状態をファジィ推論により評価する方法を開発した。しかも、単に通常、異常を判断するのみでなく、通常時の除霜の要否判断や異常状態の区別の可能なことも示した。

オープンショーケースの着霜状態の評価は間接的な計測情報により行う必要がある。しかも、種々の異常状態すなわち例外処理を必要とするプロセスである。このようなプロセスを従来制御理論の枠組の中で処理することは困難であり、ファジィ制御の優位性が示された。

プロセス状態を評価する方法には、ファジィ推論以外にもファジィ積分など種々の方法が提案されているが、今後もそれらの実用化の研究開発を行っていく所存である。

参 考 文 献

- (1) H.Ono, T.Ohnishi and Y.Terada: Combustion Control of Refuse Incineration Plant by Fuzzy Logic, Fuzzy Sets and Systems, Vol.32 pp.193-206(1989)
- (2) 門間、広畑、黒田：ファジィ理論による板厚張力干渉防止システムの開発、第1回インテリジェントシステム・シンポジウム講演論文集、pp.7-8(1991)
- (3) 堺、前田、菱川、服部、中島、片山：ファジィ理論による形状制御、日立評論、Vol.71, No.8, pp.803-808(1989)
- (4) 寺野、浅居、菅野共編：応用ファジィシステム入門、オーム社(1989)
- (5) 鈴木、管原、杉本：冷蔵庫の温度・除霜制御電子技術、日刊工業新聞社、Vol.33, No.1, pp.68-73(1991)
- (6) 伝熱工学資料、日本機械学会編(1975)
- (7) 中谷、須藤：オープンショーケースへのファジィ制御の適用、富士時報、Vol.66, No.5, pp.313-316(1993)

(1993年11月19日 受付)

(1994年3月9日 再受付)

(1994年5月18日 再々受付)

(1994年6月20日 再々々受付)

[問い合わせ先]

〒191 東京都日野市富士町1
 (株)富士電機総合研究所
 情報システム研究所
 伊藤 修
 ☎：0425-85-1294
 ☎：0425-86-8016

著者紹介

伊藤 修 (いとう おさむ)

(株)富士電機総合研究所 情報システム研究所

1974年3月 名古屋大学大学院理学研究科修士課程を修了。同年4月 富士電機(株)へ入社。1977年12月に富士ファコム制御(株)へ出向、1991年7月より現在に至る。主として、ファジィ制御の実用化研究を行い、ファジィコントローラやその支援技術の開発に従事。現在、同社研究マネージャー。昭和61年度榎本記念賞論文賞受賞(現システム制御情報学会)。工学博士。日本ファジィ学会、システム制御情報学会の会員。

神崎 克也 (かんざき かつや)

富士電機株式会社 自販機・特機事業本部 三重自販機・特機製作所 電子制御部

1983年3月 長崎大学工学部電気工学科卒業。同年4月 富士電機(株)へ入社。主として、自動販売機などの民生機器のマイクロコンピュータ応用製品の設計・開発に従事。

渋谷 博士 (しぶた ひろし)

富士電機株式会社 自販機・特機事業本部 三重自販機・特機製作所 電子制御部

1978年3月 九州工業大学工学部制御工学科卒業。同年4月 富士電機(株)へ入社。主として、自動販売機などの民生機器のマイクロコンピュータ応用製品の設計・開発に従事。現在、同社課長。

中谷 智良 (なかたに ともよし)

富士電機株式会社 自販機・特機事業本部 三重自販機・特機製作所 電子制御部

1989年3月 愛知工業大学工学部電気工学科卒業。同年4月 富士電機(株)へ入社し、同時に富士ファコム制御(株)へ出向。1991年6月より現在に至る。主として、自動販売機へのファジィ制御技術の開発に従事。

須藤 晴彦 (すどう はるひこ)

富士電機ヴィ・シー・アルテック株式会社 CC 設計部

1988年 3月大阪工業大学機械工学科卒業。同年4月富士電機(株)へ入社。平成6年12月より現在に至る。主として、高鮮度管理オープンショーケースの開発に従事。