

# ファジイ制御適用自動販売機

渋田 博士(しぶた ひろし)

## まえがき

最近の飲料自動販売機の動向は、集客力の強化とオペレーションの容易化を目的として、

- 1) 大形化、大容量化
- 2) 多機能化
- 3) 販売飲料の多様化と味覚向上

が重視される傾向にある。このため、特に衛生維持と飲料の味覚向上が大きな課題となっている。

これまでにもこの問題に対し、いろいろな方策を施してきたが、水道水の水質・温度、自動販売機の動作条件などの環境の変化に対し十分ではなかった。そこで、これらの問題に対し、富士電機が持つファジイ制御技術を適用して対応を図り、飲料水の衛生維持機能を実現したカップ自動販売機を完成させた。

カップ自動販売機における衛生維持方法には、オゾンによる方法と、水道水の残留塩素イオンを電気分解して得られる塩素による方法がある。富士電機は、その効果の持続性や安全性などの点から、塩素による衛生維持装置、すなわち塩素発生器を開発し商品化してきた。しかし、地域や季節による水質や水温の変動により、塩素の発生量はばらつきが多く、塩素濃度が安定しないという問題があった。ところが、十分な衛生維持効果を得て、しかも塩素臭のないおいしい飲料水とするには、塩素濃度を常に0.3~1.5 ppmの範囲で安定して制御する必要がある。この問題を解決するには、塩素濃度を検出しながら発生量を制御すればよいが、塩素センサは非常に高価であるため、民生用の自動販売機には搭載が事実上不可能なのが現状であった。

そこで、ファジイ制御技術を適用して、塩素センサがなくても、塩素発生量を高度に安定して制御できる塩素発生器を開発し、カップ自動販売機に搭載したので、その概要を紹介する。

## 2 カップ自動販売機における衛生維持方法

自動販売機では、食品衛生法で定められたとおり、いつ

たんフィルタで済過した水道水を水リザーバにためる。このとき、フィルタでかびや臭気とともに塩素も済過されてしまい、衛生維持効果が減少し、雑菌が繁殖しやすい状態になる。

そこで、フィルタで済過されなかった残留塩素イオンを利用して水リザーバ内で電気分解し、塩素を発生させるという方法を探っている。

ただし、塩素濃度が高すぎると臭気を帯び、飲料に適さなくなる。逆に、塩素濃度が低すぎると衛生維持効果が減少するという問題が生じてくる。

このため、塩素濃度を適度に保てるよう、塩素発生量を制御する必要がある。

## 3 ファジイ制御式塩素発生器の特長

塩素濃度を一定に保つには、塩素濃度を測定しながら塩素の発生量を制御する方法が一番簡単である。しかし、塩素濃度を直接検出する塩素センサによる装置は非常に高価である。

そこで、ファジイ制御により塩素濃度を制御し、塩素センサが不要になるようにしておらず、安価な装置を実現させている。

それは、水リザーバ中の水道水の電気伝導度の測定値から塩素イオンを推定し、発生塩素量を制御するものである。しかし、この方式だけでは地域、季節などの変化により特性が異なってくるので、塩素濃度の十分な安定性能が得られない。そこで、以下の対応を図り、これに対処している。

### 3.1 水質変動への対応

水道水の水質の違いにより生じる塩素イオン濃度の測定ばらつきを、ファジイ推論で補正するようにして、塩素濃度の安定化を図っている。

塩素イオン濃度の測定を電気伝導度の測定で代用しているが、塩素イオン濃度と電気伝導度の関係が必ずしも一定ではないという問題がある。これは、浄水場の違いにより溶け込んでいるイオンの種類、量が異なるために、塩素イ

渋田 博士

昭和53年入社。マイクロコンピュータ応用製品の開発に従事。現在、三重事業所自販機・特機工場電子制御部課長補佐。



オン濃度との関係が異なるからである。

そこで、全国の水質条件を四つのパターンに分類し、ファジイ推論によって、測定した塩素イオン濃度を補正して所望の塩素量を発生するようにしている。

### 3.2 自動通電による塩素濃度の安定化

飲料の販売が行われることに、水リザーバ内の水が入れ

図1 塩素発生器の概観図

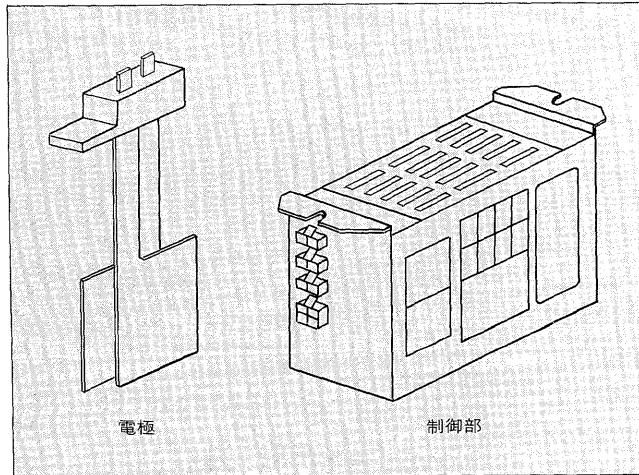


表1 基本仕様

項目	仕様
定格	電源: AC100V±10V 50/60±1Hz 消費電流: 0.2A 以下
動作環境	動作温度: 0~40°C 動作湿度: 30~85%RH 保存温度: -10~60°C 保存湿度: 30~95%RH
寿命	7年
通電	出力電流: 0.4A±16% 出力電圧: DC30V 以下 通電極性: 10回通電ごとに自動切換
制御仕様	制御対象: 水リザーバ中の塩素濃度 制御要因: 水道水の状態変化および販売状態変化 制御方法: ファジイ推論による 制御出力: 電極への通電 制御精度: (1) 水質変動の影響 0.6±0.1 ppm (2) 水温変動の影響 0.6±0.15 ppm (3) 製氷機給水の影響 0.6±0.15 ppm

表2 機能仕様

項目	仕様
設定	通電時間: 1~99秒 (給水160mlあたりの通電時間)
通電開始条件	(1) 水ポンプ動作による通電(販売時) (2) 自動通電(通電後の経過時間、給水弁動作による)
通電時間補正	水質変動、水温変動、給水弁動作回数などによる自動通電間隔、通電時間を自動補正
安全機能	過電流保護機能 過電圧保護機能 過通電保護機能
表示機能	通電中表示 未設定表示 点検表示

替わり、塩素濃度が徐々に低下してゆく。そこで、販売終了ごとに塩素を発生させ、衛生維持を図っている。しかし、販売動作以外にも塩素濃度の低下要因があるので、販売時以外にも適時自動的に塩素を発生させている。

飲料の販売が行われないときは、水リザーバ内の飲料用水は放置され、時間経過とともに、塩素濃度は自然減衰してゆく。しかも、水温により減衰率は異なる。また、水リザーバ内の水は、製氷機へも供給されており、飲料販売時だけ塩素を発生していたのでは、衛生維持効果が薄れてしまう。

そこで、塩素の減衰率の水温変動と製氷機動作による水リザーバ内の水の流出を推論条件として、塩素の自動発生の時期と通電時間を決めている。

### 4 仕様およびシステム構成

#### 4.1 仕様

図1に塩素発生器の制御部と発生電極の外観を示す。

表1には基本仕様を、表2には機能仕様を示す。

塩素濃度の制御目標値は、配管内の減衰を考慮して0.6ppmに設定している。制御方法にファジイ制御技術を適用したため、従来機に比較して塩素濃度の安定度は約2倍に向上している。

図2 システム構成

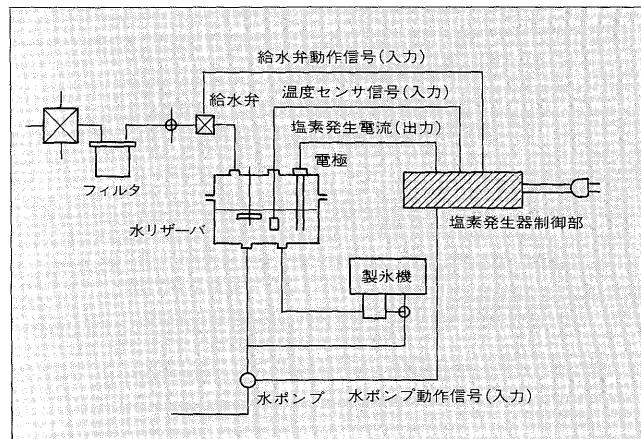
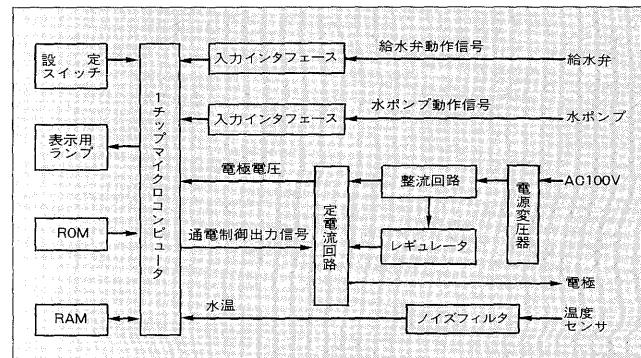


図3 塩素発生器制御部内部ブロックダイヤグラム



#### 4.2 システム構成

図2にシステム構成を示す。

フィルタで済過された水道水は、給水弁を通じて水リザーバに貯えられる。この水は飲料販売に飲料用水として使用されるため、水ポンプで送り出されたり、製氷機に送られ氷になったりする。この水リザーバに電極を挿入し、塩素発生器制御部から通電して塩素を発生させ、衛生維持を行う仕組みになっている。

図3に塩素発生器制御部の内部ブロックダイヤグラムを示す。

- (1) 給水弁・水ポンプ動作信号を入力するインターフェース
- (2) 水温入力インターフェース回路
- (3) 電極用定電流電源
- (4) 電極電圧測定回路（電気伝導度測定用）
- (5) 設定用スイッチと表示用ランプ
- (6) 制御用1チップマイクロコンピュータ、メモリ

図4 ファジイ推論ブロックダイヤグラム

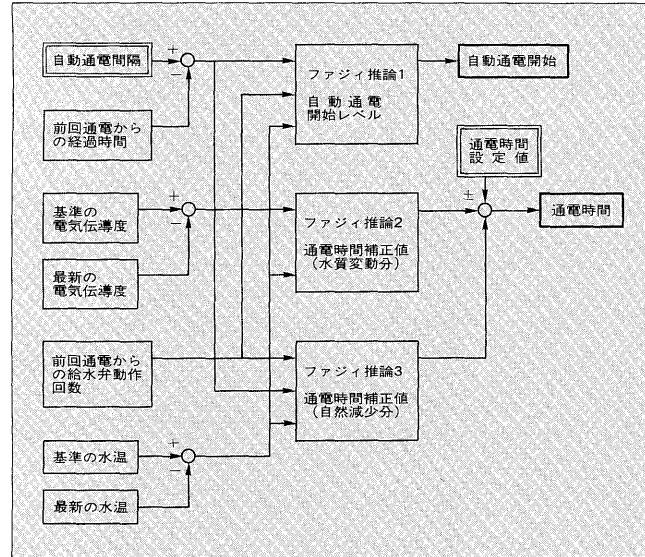


表3 計測項目

項目	計測タイミング
電気伝導度	(1) 初期設定時 (2) 販売による通電時 (3) 自動通電時
水温	(1) 初期設定時 (2) 販売による通電時 (3) 自動通電時

表4 推論項目

項目	推論条件
通電時間補正	(1) 電気伝導度変動 (2) 水温変動 (3) 経過時間 (4) 給水弁動作回数
自動通電開始補正	(1) 水温変動 (2) 経過時間 (3) 給水弁動作回数

などで構成される。

#### 5 制御方式

##### 5.1 通電制御

塩素発生のための電極への通電は、次の二つの条件により起動される。

###### (1) 販売時通電

飲料を販売して水ポンプが動作し、新しく水道水が水リザーバに給水されて、塩素濃度が低下するとき。

図5 前件部のメンバシップ関数の例

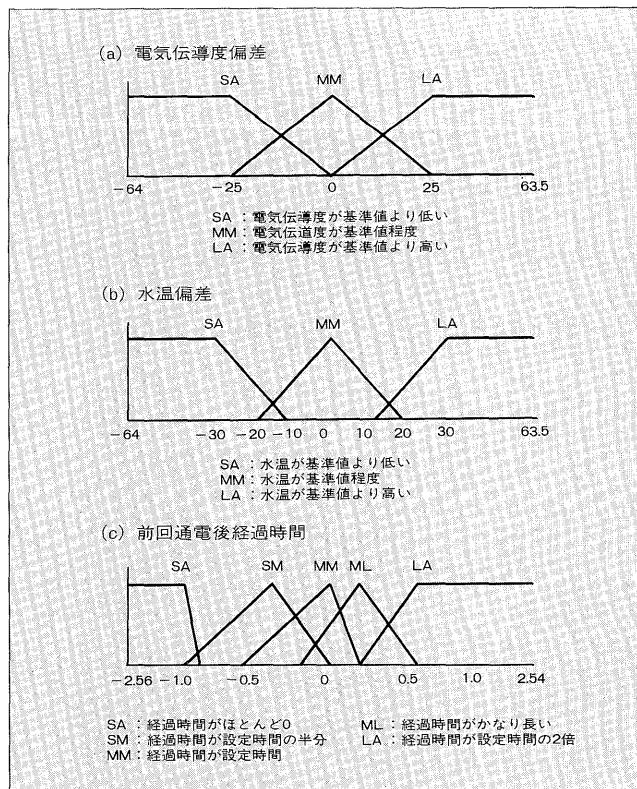


図6 後件部のメンバシップ関数の例

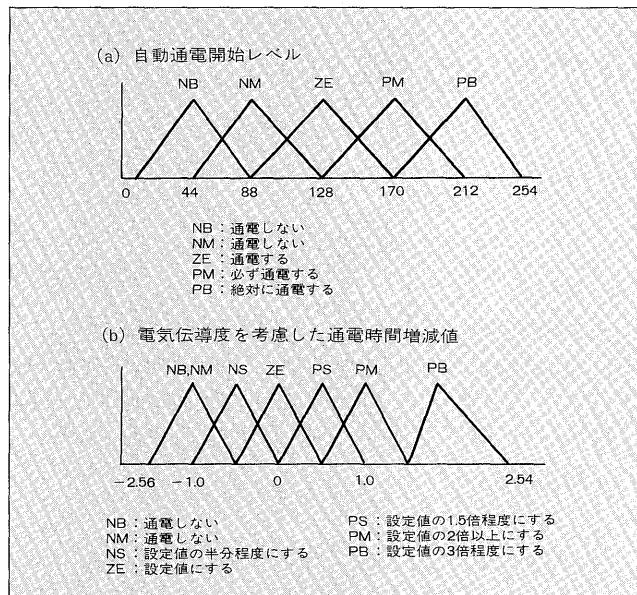


表5 自動通電開始レベルの推論ルールの例

No.	前件部	後件部
1	前回通電後経過時間がほとんど0 前回通電後給水弁動作回数が少ない	通電しない
2	前回通電後経過時間がほとんど0 前回通電後給水弁動作回数が約3回	通電する
3	前回通電後経過時間が設定時間の半分 水温が基準値より低い 前回通電後給水弁動作回数が少ない	通電しない
4	前回通電後経過時間が設定時間の半分 水温が基準値程度 前回通電後給水弁動作回数が少ない	通電しない
5	前回通電後経過時間が設定時間の半分 水温が基準値より高い 前回通電後給水弁動作回数が少ない	通電しない
6	前回通電後経過時間が設定時間と同じ 水温が基準値より低い 前回通電後給水弁動作回数が少ない	通電しない
7	前回通電後経過時間が設定時間と同じ 水温が基準値程度 前回通電後給水弁動作回数が少ない	通電する
8	前回通電後経過時間が設定時間と同じ 水温が基準値程度 前回通電後給水弁動作回数が約8回	必ず通電する

表6 電気伝導度を考慮した通電時間増減値の推論ルールの例

No.	前件部	後件部
1	電気伝導度が基準値より高い 水温が基準値より低い	通電しない
2	電気伝導度が基準値より高い	通電しない
3	電気伝導度が基準値程度 水温が基準値より低い	設定値の半分程度にする
4	電気伝導度が基準値程度 水温が基準値程度	設定値にする

## (2) 自動通電

製氷機などが動作して水リザーバ内の水が入れ替わったり、時間経過により塩素が自然分解して塩素濃度が低下したと推定されるとき。

このときの、通電時間および通電開始のタイミングを、ファジイ推論により条件判断し決定している。この仕組みを図4のファジイ推論プロックダイヤグラムに示す。またファジイ推論するときの計測項目を表3に、推論項目を表4に示す。さらに、メンバシップ関数の例を図5および図6に、制御ルールの例を表5、表6および表7にそれぞれ示す。

## 5.2 計測項目

ファジイ推論の基準となる電気伝導度や水温を計測している。また、内部では時間の計測と給水弁の動作記録も同時に実行して、推論情報としている。

## 5.3 推論項目

### (1) ファジイ推論1

自動通電の開始時期を決定するための推論である。

飲料販売時の塩素発生以外にも、適時自動通電を行い、

表7 前回通電後の経過時間、および給水弁動作回数を考慮した通電時間増減値の推論ルールの例

No.	前件部	後件部
1	前回通電後経過時間がほとんど0 前回通電後給水弁動作回数が少ない	通電しない
2	前回通電後経過時間がほとんど0 前回通電後給水弁動作回数が約3回	設定値の半分以下にする
3	前回通電後経過時間が設定時間の半分 水温が基準値より低い 前回通電後給水弁動作回数が少ない	通電しない
4	前回通電後経過時間が設定時間の半分 水温が基準値程度 前回通電後給水弁動作回数が少ない	通電しない
5	前回通電後経過時間が設定時間の半分 水温が基準値より高い 前回通電後給水弁動作回数が少ない	設定値の半分以下にする
6	前回通電後経過時間が設定時間と同じ 水温が基準値より低い 前回通電後給水弁動作回数が少ない	設定値の半分以下にする
7	前回通電後経過時間が設定時間と同じ 水温が基準値程度 前回通電後給水弁動作回数が少ない	設定値にする
8	前回通電後経過時間が設定時間と同じ 水温が基準値程度 前回通電後給水弁動作回数が約8回	設定値の2.5倍以上にする

自然減少による塩素濃度の低下を防止している。このときの自動通電を開始する条件成立の正否の判定をファジイ推論にて行っている。

推論情報としては、水温変動、通電後の経過時間、給水弁動作回数などをとっている。

### (2) ファジイ推論2

水質変動に対する通電時間補正のための推論である。

塩素発生器の設置時に、その設置場所に応じた通電時間を初期設定する。そのときの設定値を基準とし、その後は水温の変動状況や電気伝導度の変動を基に、通電時間の補正值を決定する。

### (3) ファジイ推論3

自然減少に対する通電時間補正のための推論である。

設置時の設定値を基準とし、その後は水温の変動状況や経過時間を基に、残留塩素の減少具合を推論し、さらに通電時間と塩素の発生量を推論し、通電時間の補正值を決定する。

## 6 あとがき

市場では、特にカップ自動販売機飲料の味覚向上のニーズが高い。富士電機はこの課題に対し、飲料水の衛生維持装置などを開発して対応を図ってきた。

今後も、さらに味覚向上を図るために、カップ自動販売機飲料の味覚向上に大きく影響する特性（飲料水や製氷水の水質、氷の品質や量、原料の混合バランスなど）の品質向上に注力し、使いやすく性能の良い自動販売機をタイミングよく開発、提供してゆく所存である。

最後に、開発にあたり種々のご協力をいたいたいた関係各位に深く感謝の意を表す次第である。



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。