

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3141664号  
(P3141664)

(45) 発行日 平成13年3月5日(2001.3.5)

(24) 登録日 平成12年12月22日(2000.12.22)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

G 0 6 F 9/44

5 5 4

G 0 6 F 9/44

5 5 4 A

5 5 4 K

請求項の数10(全 29 頁)

(21) 出願番号 特願平5-339981

(22) 出願日 平成5年12月7日(1993.12.7)

(65) 公開番号 特開平7-160506

(43) 公開日 平成7年6月23日(1995.6.23)

審査請求日 平成11年7月22日(1999.7.22)

(73) 特許権者 000002945

オムロン株式会社

京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂  
町801番地

(72) 発明者 恵木 守

京都府京都市右京区花園土堂町10番地  
オムロン株式会社内

(72) 発明者 石田 勉

京都府京都市右京区花園土堂町10番地  
オムロン株式会社内

(72) 発明者 長坂 伸夫

京都府京都市右京区花園土堂町10番地  
オムロン株式会社内

(74) 代理人 100080322

弁理士 牛久 健司 (外1名)

審査官 林 毅

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ファジィ推論装置のファジィ知識転送装置および方法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて、上記ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を学習により修正し、最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を生成する知識学習手段、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定する優先順位決定手段、上記優先順位決定手段によって決定された優先順位にしたがって、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブ

2

ロックに分割する知識分割手段、ならびに上記知識分割手段によって分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、そのブロック毎に上記ファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたってすべて転送する知識転送手段、を備えたファジィ推論装置のファジィ知識転送装置。

【請求項2】 入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて、上記ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を学習により修正し、最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を生成し、生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定し、

10

決定された優先順位にしたがって、生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割し、分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、そのブロック毎に上記ファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたってすべて転送する、ファジィ推論装置のファジィ知識転送方法。

【請求項 3】 入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて、上記ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を学習により修正し、最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を生成する知識学習手段、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定する優先順位決定手段、上記優先順位決定手段によって決定された優先順位にしたがって、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数のうち所要のものについて、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割する知識分割手段、ならびに上記知識分割手段によって分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、そのブロック毎に上記ファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたって転送する知識転送手段、を備えたファジィ推論装置のファジィ知識転送装置。

【請求項 4】 入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて、上記ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を学習により修正し、最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を生成し、生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定し、決定された優先順位にしたがって、生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数のうち所要のものについて、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割し、分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、そのブロック毎に上記ファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたって転送する、ファジィ推論装置のファジィ知識転送方法。

【請求項 5】 入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて、上記ファジィ推論装置の推論サイクル毎に、上記ファジィ・ルールおよびメンバー

シップ関数を学習により修正し、最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を生成する知識学習手段、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定する優先順位決定手段、上記優先順位決定手段によって決定された優先順位にしたがって、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割する知識分割手段、ならびに上記知識分割手段によって分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、最も優先順位の高いブロックだけ上記ファジィ推論装置に転送する知識転送手段、を備えたファジィ推論装置のファジィ知識転送装置。

【請求項 6】 入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて、上記ファジィ推論装置の推論サイクル毎に、上記ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を学習により修正し、最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を生成し、生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定し、決定された優先順位にしたがって、生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割し、分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、最も優先順位の高いブロックだけ上記ファジィ推論装置に転送する、ファジィ推論装置のファジィ知識転送方法。

【請求項 7】 入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて、上記ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を学習により修正し、最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を生成する知識学習手段、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定する優先順位決定手段、ファジィ・ルールの相関関係に基づいて、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割する知識分割手段、ならびに上記知識分割手段によって分割されたブロックを、そのブロックに含まれるファジィ・ルールの優先順位にしたがって順次ブロック毎に上記ファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたってすべて転送する知識転送手段、を備えたファジィ推論装置のファジィ知識転送装置。

【請求項 8】 入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて、上記ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を学習により修正し、最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を生成し、生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定し、ファジィ・ルールの相関関係に基づいて、生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割し、分割されたブロックを、そのブロックに含まれるファジィ・ルールの優先順位にしたがって順次ブロック毎に上記ファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたってすべて転送する、ファジィ推論装置のファジィ知識転送方法。

【請求項 9】 入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて学習を行い、ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を新たに生成する知識学習手段、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定する優先順位決定手段、上記優先順位決定手段によって決定された優先順位にしたがって、上記知識学習手段によって新たに生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割する知識分割手段、ならびに上記知識分割手段によって分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、そのブロック毎に上記ファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたってすべて転送する知識転送手段、を備えたファジィ推論装置のファジィ知識転送装置。

【請求項 10】 入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて学習を行い、ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を新たに生成し、生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定し、決定された優先順位にしたがって、新たに生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割し、分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、そのブロック毎に上記ファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたってすべて転送する、ファジィ

ィ推論装置のファジィ知識転送方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】この発明はファジィ推論装置のファジィ知識転送装置および方法に関する。

【0002】

【従来技術とその問題点】制御知識にしたがうファジィ推論の結果に基づいて制御を行う制御装置（ファジィ推論装置）と、制御装置の最適な制御知識の生成または修正を行う知識生成装置とが別個のシステムの場合、知識生成装置によって生成された制御装置の制御知識を変更するとき、制御装置の制御動作を停止させた後に、知識生成装置から制御装置に制御知識を転送していた。

【0003】しかしながら、このような従来のシステムの場合、知識転送装置から制御装置に最適な制御知識を転送するときには制御動作を中断しなければならない。制御装置が制御動作を中断できないときには、その制御装置に最適な制御知識を転送することができない。

【0004】

【発明の開示】この発明は、ファジィ推論装置が動作中においても新たに生成されたファジィ知識をオンラインで転送できるファジィ推論装置のファジィ知識転送装置および方法を提供することを目的としている。

【0005】ファジィ知識は、ファジィ・ルールとメンバーシップ関数とからなる。

【0006】第 1 の発明によるファジィ推論装置のファジィ知識転送装置は、入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて、上記ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を学習により修正し、最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を生成する知識学習手段、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定する優先順位決定手段、上記優先順位決定手段によって決定された優先順位にしたがって、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割する知識分割手段、ならびに上記知識分割手段によって分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、そのブロック毎に上記ファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたってすべて転送する知識転送手段を備えている。

【0007】第 1 の発明によるファジィ推論装置のファジィ知識転送方法は、入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入

力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて、上記ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を学習により修正し、最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を生成し、生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定し、決定された優先順位にしたがって、生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割し、分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、そのブロック毎に上記ファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたってすべて転送するものである。

【0008】第1の発明によると、知識学習手段によって生成された最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数が生成される。知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールについて優先順位決定手段によって優先順位が決定される。優先順位決定手段によって決定された優先順位にしたがって、知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数が、知識分割手段によってファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割される。知識分割手段によって分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数が、そのブロック毎に知識転送手段によってファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたって転送される。ファジィ推論装置にあらかじめ設定されたファジィおよびメンバーシップ関数が、知識転送手段によって転送されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数に変更される。

【0009】したがって、知識学習手段によって生成された最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数が、ファジィ推論装置の動作中にオンラインで転送することができるので、ファジィ推論装置は最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を用いてファジィ推論を行うことができる。また、ファジィ・ルールに優先順位を決定し、その優先順位の高いファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数からファジィ推論装置に転送されるので、ファジィ推論装置はより有効なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を速く得ることができる。

【0010】第2の発明によるファジィ推論装置のファジィ知識転送装置は、入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて、上記ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を学習により修正し、最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を生成する知識学習手段、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定する優先順

位決定手段、上記優先順位決定手段によって決定された優先順位にしたがって、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数のうち所要のものについて、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割する知識分割手段、ならびに上記知識分割手段によって分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、そのブロック毎に上記ファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたって転送する知識転送手段を備えている。

10 【0011】第2の発明によるファジィ推論装置のファジィ知識転送方法は、入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて、上記ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を学習により修正し、最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を生成し、生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定し、決定された優先順位にしたがって、生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数のうち所要のものについて、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割し、分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、そのブロック毎に上記ファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたって転送するものである。

20 【0012】所要のファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数とは、たとえば知識学習手段によって修正されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数、新たに生成されたメンバーシップ関数、優先順位が高いファジィ・ルールである。

30 【0013】第2の発明によると、知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数が生成される。知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールについて優先順位決定手段によって優先順位が決定される。優先順位決定手段によって決定された優先順位にしたがって、知識学習手段によって修正されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数、新たに生成されたメンバーシップ関数、優先順位が高いファジィ・ルールについて、知識分割手段によってファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割される。分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数が、知識転送手段によってファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたって転送される。ファジィ推論装置にあらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数が、知識転送手段によって転送された最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数に変更される。

40 【0014】したがって、知識学習手段によって生成された最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数

が、ファジィ推論装置の動作中にオンラインで転送することができるので、ファジィ推論装置は最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を用いてファジィ推論を行うことができる。また、ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数のうち、知識学習手段によって修正されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数、新たに生成されたメンバーシップ関数、優先順位が高いファジィ・ルールのような重要なものだけが転送されるので、ファジィ知識の転送時間が短くなる。

【0015】第3の発明によるファジィ推論装置のファジィ知識転送装置は、入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて、上記ファジィ推論装置の推論サイクル毎に、上記ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を学習により修正し、最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を生成する知識学習手段、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定する優先順位決定手段、上記優先順位決定手段によって決定された優先順位にしたがって、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割する知識分割手段、ならびに上記知識分割手段によって分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、最も優先順位の高いブロックだけ上記ファジィ推論装置に転送する知識転送手段を備えている。

【0016】第3の発明によるファジィ推論装置のファジィ知識転送方法は、入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて、上記ファジィ推論装置の推論サイクル毎に、上記ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を学習により修正し、最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を生成し、生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定し、決定された優先順位にしたがって、生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割し、分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、最も優先順位の高いブロックだけ上記ファジィ推論装置に転送するものである。

【0017】第3の発明によると、知識学習手段によって生成された最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数がファジィ推論装置の推論サイクル毎に生成される。知識学習手段によって生成されたファジィ・ル

ルについて優先順位決定手段によって優先順位が決定される。優先順位決定手段によって決定された優先順位にしたがって、知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数が、知識分割手段によってファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割される。知識分割手段によって分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数が、最も優先順位の高いブロックだけ知識転送手段によってファジィ推論装置に転送される。ファジィ推論装置にあらかじめ設定されたファジィおよびメンバーシップ関数が、知識転送手段によって転送されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数に変更される。

【0018】したがって、最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数がファジィ推論装置の推論サイクル毎に学習により生成され、そのうちで優先順位が最も高いブロックのみが、ファジィ推論装置の動作中にオンラインで転送することができるので（リアルタイム学習、リアルタイム転送）、ファジィ推論装置は常に最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を用いてファジィ推論を行うことができる。

【0019】第4の発明によるファジィ推論装置のファジィ知識転送装置は、入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて、上記ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を学習により修正し、最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を生成する知識学習手段、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定する優先順位決定手段、ファジィ・ルールの相関関係に基づいて、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割する知識分割手段、ならびに上記知識分割手段によって分割されたブロックを、そのブロックに含まれるファジィ・ルールの優先順位にしたがって順次ブロック毎に上記ファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたってすべて転送する知識転送手段を備えている。

【0020】第4の発明によるファジィ推論装置のファジィ知識転送方法は、入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて、上記ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を学習により修正し、最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を生成し、生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を

決定し、ファジィ・ルールの相関関係に基づいて、生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割し、分割されたブロックを、そのブロックに含まれるファジィ・ルールの優先順位にしたがって順次ブロック毎に上記ファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたってすべて転送するものである。

【0021】第4の発明によると、知識学習手段によって生成された最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数が生成される。知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールについて優先順位決定手段によって優先順位が決定される。ファジィ・ルールの相互関係に基づいて、知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数が、知識分割手段によってファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割される。知識分割手段によって分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数が、そのブロック毎に知識転送手段によってファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたって転送される。ファジィ推論装置にあらかじめ設定されたファジィおよびメンバーシップ関数が、知識転送手段によって転送されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数に変更される。

【0022】したがって、知識学習手段によって生成され、かつ相関関係のあるファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、ファジィ推論装置の動作中にオンラインで転送することができる。ファジィ推論装置では相関のあるファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数が一度に修正されるので、ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数の一部が変更されることによる不安定化を防ぐことができる。

【0023】第5の発明によるファジィ推論装置のファジィ知識転送装置は、入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて学習を行い、ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を新たに生成する知識学習手段、上記知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定する優先順位決定手段、上記優先順位決定手段によって決定された優先順位にしたがって、上記知識学習手段によって新たに生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割する知識分割手段、ならびに上記知識分割手段によって分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、そのブロック毎に上記ファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたってすべて転送する知識転送手段を備えている。

【0024】第5の発明によるファジィ推論装置のファ

ジィ知識転送方法は、入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数にしたがうファジィ推論を行い、出力データを算出するファジィ推論装置において、上記入力データと、その入力データを用いてファジィ推論により得られた出力データと、出力教師データに基づいて学習を行い、ファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を新たに生成し、生成されたファジィ・ルールについて、優先順位を決定し、決定された優先順位にしたがって、新たに生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、上記ファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割し、分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数を、そのブロック毎に上記ファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたってすべて転送するものである。

10

20

30

【0025】第5の発明によると、知識学習手段によって新たに生成された最適なファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数が生成される。知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールについて優先順位決定手段によって優先順位が決定される。優先順位決定手段によって決定された優先順位にしたがって、知識学習手段によって生成されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数が、知識分割手段によってファジィ推論装置における推論サイクル内に転送可能なブロックに分割される。知識分割手段によって分割されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数が、そのブロック毎に知識転送手段によってファジィ推論装置に複数推論サイクルにわたって転送される。ファジィ推論装置にあらかじめ設定されたファジィおよびメンバーシップ関数に、知識転送手段によって転送されたファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数に追加される。

【0026】したがって、ファジィ推論装置は新たなファジィ・ルールおよびメンバーシップ関数が追加されたことによって精密なファジィ推論が行える。

【0027】

【実施例の説明】

[ 概要 ] 図1は、入力データについて、あらかじめ設定されたファジィ知識にしたがってファジィ推論を行い、出力データを出力するファジィ推論装置と、最適なファジィ知識をファジィ推論装置に転送するファジィ知識転送装置とを有するシステムにおいて、ファジィ推論装置に設定されたファジィ知識が不適正である場合、最適なファジィ知識をファジィ知識転送装置からファジィ推論装置にオンラインで転送するとき転送方法を分類した分類表の一例である。

40

【0028】最適なファジィ知識は、ファジィ推論装置の入、出力データ等に基づいて、ファジィ知識転送装置が学習することによって生成される。また、最適なファジィ知識をオペレータが作成し、これをファジィ知識転送装置に入力してもよい。

50

【0029】ファジィ知識の転送方法は、「転送時間」と「推論サイクル」との関係によって大きく異なる。

【0030】「転送時間」は、ファジィ推論装置に転送することが必要なすべての最適なファジィ知識をファジィ知識転送装置からファジィ推論装置に転送するために要する時間である。

【0031】「推論サイクル」は、この明細書では次のように定義される。ファジィ推論装置がファジィ推論処理とファジィ知識の受信処理とを並行して実行できるモードの場合には、「推論サイクル」は、ファジィ推論装置の一推論周期を意味し、より具体的には、ファジィ推論装置が入力データの読み込みを開始する時点から、一組のファジィ知識にしたがう1回のファジィ推論を行って出力データを出力した後、次の入力データの読み込みを開始するまでの時間である。必要ならば、「推論サイクル」は受信したファジィ知識を知識メモリに転送するのに要する時間を一推論時間から差し引いた時間に設定される。ファジィ推論装置がファジィ推論をファジィ知識の受信処理とを並行して実行できず、シーケンシャルに実行するものである場合には、「推論サイクル」はファジィ推論装置の一推論周期から、推論に要する時間を減算した時間となる。

【0032】1.1 転送時間<推論サイクルの場合

【0033】この場合には、ファジィ推論装置に転送することが必要なすべての最適なファジィ知識を一括して転送すればよい。転送時間=推論サイクルの場合には、この方法でもよいし、次に述べる方法のどちらでもよい。

【0034】1.2 推論サイクル<転送時間の場合

【0035】この場合には、ファジィ推論装置に転送することが必要なすべての最適なファジィ知識を推論サイクル内で転送可能なブロックに分割して転送しなければならない。最適なファジィ知識を分割する方法には、以下のようなものがある。

【0036】(1) 最適なファジィ知識を推論サイクル内で転送可能なブロックに単純に分割する方法。

【0037】(2) 最適なファジィ知識のファジィ・ルール毎に優先順位を付け、優先順位の高い順に推論サイクル内で転送可能なブロックに最適なファジィ知識を分割する方法。

【0038】この方法にはさらに、最適なファジィ知識を優先順位の高い順にすべて転送する場合(第1実施例)と、ファジィ知識の中で所要のもの(優先順位が高いファジィ・ルールとそのメンバーシップ関数、修正すべきファジィ・ルールとそのメンバーシップ関数等)のみを転送する場合(第2実施例、第3実施例)とがある。

【0039】ファジィ知識のファジィ・ルール毎の優先順位付けには、たとえば以下のような方法がある。

【0040】(i) 最適なファジィ知識について、入力空間(前件部変数)を複数の領域に分割し、入力データ

が多い領域に関わるファジィ・ルールを優先するように優先順位を付ける方法。

【0041】(ii) 最適なファジィ知識について、メンバーシップ関数の学習による変更量を基準とし、その修正量の多いメンバーシップ関数を用いるファジィ・ルールほど優先するように優先順位を付ける方法。入力データが多いほどそれに関するルールの優先順位は高くなる。

【0042】(iii) 最適なファジィ知識について、学習前のファジィ・ルールの使用頻度に応じて優先順位を付ける方法。

【0043】(3) 最適なファジィ知識のファジィ・ルールの中で相互に因果関係があるファジィ・ルールをセットにして、そのルール・セットを推論サイクル内に転送可能なブロックに最適なファジィ知識を分割する方法。

【0044】この場合にはさらに、入力空間の全体的な動作を制御したり、全体的な観点から記述されたルール・セットを優先して転送する場合(第4実施例)と、局所的な観点から記述されてはいるが精密なファジィ推論を行うためのルール・セットを優先して転送する場合(第5実施例)とがある。

【0045】[第1実施例]第1実施例は、学習によって生成されたファジィ知識について、対応する学習前のファジィ知識のファジィ・ルールの使用頻度に応じて優先順位を付け、学習後のファジィ知識を優先順位が高い順に推論サイクルで転送可能なブロックに分割し、その後、優先順位の高い順に分割されたブロック毎にすべてのファジィ知識を転送するものである。

【0046】図2は、ガラス製品の製造工程の全体的構成を示すブロック図である。このガラス製品の製造工程は第1実施例から第4実施例において共通のものである。

【0047】ガラス溶解炉1においてガラスが溶解される。この溶解されたガラスはガラス流路2を流れてカット3の位置まで導かれ、カット3によって切断される。切断された溶解ガラスは成形器4内に充填され、冷却されることにより成形され、ガラス製品となる。カット3は一定時間間隔で溶解されたガラスを切断する。ガラス溶解炉1内の溶解されたガラス残量が少なくなると、ガラスが追加される。

【0048】成形されたガラス製品の品質を高く保つためにその重量を一定にしなければならない。カット3は一定時間間隔で溶解したガラスを切断しているため、ガラス製品の重量を一定に制御するには、ガラス流路2を流れる溶解したガラスの流量を制御しなければならない。溶解したガラスの温度に応じてガラスの流動性が変化するので、ガラス流路2を流れる溶解したガラスの温度を制御することによって、ガラス流量が一定になるように制御される。

【0049】ガラス流路2はバーナB1、B2およびB

3によって加熱され、加熱量はガス・タンク6からバーナB1、B2およびB3に流入するガス流量に応じて調整される。バーナB1、B2およびB3のそれぞれに流入するガス流量は、バルブV1、V2およびV3によって調整される。

【0050】また、ガラス流路2にはバーナB1、B2およびB3の付近にそれぞれ温度センサTS1、TS2およびTS3が設けられており、これらの温度センサTS1、TS2およびTS3によってガラス流路2を流れる溶解したガラスの温度が計測される。温度センサTS1、TS2およびTS2のそれぞれによって計測された計測温度信号T1、T2およびT3は、温度調節器10に与えられる。

【0051】温度調節器10は、温度センサTS1、TS2およびTS3のそれぞれから与えられる計測温度信号T1、T2およびT3に基づいて、後述する目標値生成装置20から与えられる目標温度TT1、TT2およびTT3に近づくようにバルブV1、V2およびV3のそれぞれに与えるバルブ開度信号VO1、VO2およびVO3を調整する。

【0052】ここで、ガラス溶解炉1内の溶解したガラス残量によってガラス流路2にかかる圧力が変化するので、ガラス溶解炉1内の溶解したガラス残量に応じて溶解したガラス流量が影響を受ける。したがって、ガラス製品の重量に大きな誤差が生じることがある。

【0053】このため、ガラス製品の目標重量TWと、成形器4によって成形されたガラス製品を計量器5によって計量して得られる計測重量MWとに基づいて、溶解したガラス流量を精密に制御するために温度調節器10の目標温度TT1、TT2およびTT3を生成する目標値生成装置20が設けられている。

【0054】目標値生成装置20は、詳細については後述するが、ガラス製品の目標重量TWと計測重量MWとに基づいて、あらかじめ設定された目標値生成知識にしたがって目標温度補正量TT1、TT2およびTT3を算出し、算出した目標温度補正量TT1、TT2およびTT3を基準温度BTに加算することによって温度調節器20に与える目標温度TT1、TT2およびTT3を生成する。

【0055】しかし、ガラス溶解炉1内のガラス残量の変化によって温度調節器10の目標温度の精度が低下する。この精度の低下を防止するために、目標値生成装置20の目標値生成知識を目標値生成知識生成装置30がオンラインで学習し、学習した目標値生成知識を目標値生成知識生成装置30から目標値生成装置20にオンラインで転送する。目標値生成知識生成装置30における学習は、目標重量TWと計測重量MTとの重量誤差E、および目標値生成装置20が算出した温度補正量TT1、TT2およびTT3に基づいて行われる。

【0056】図3は、目標値生成装置20および目標値生

成知識生成装置30の詳細な構成を示す機能ブロック図である。目標値生成装置20および目標値生成知識生成装置30の機能ブロック図は、第1実施例～第3実施例において共通である。

【0057】目標値生成装置20および目標値生成知識生成装置30は、これらの全てをハードウェア・アーキテクチャにより実現できるし、プログラムされたコンピュータ・システムにより実現することもできる。また、目標値生成装置20および目標値生成知識装置30の一部をハードウェアにより、その他をソフトウェアにより実現することもできる。

【0058】以下、3つの目標温度のうち目標温度TT2の生成について説明する。

【0059】目標値生成装置20は、タイミング発生回路21、加算処理22および24、ならびに目標温度補正量推論処理23からなる。加算処理22および24、ならびに目標温度補正量推論処理23はそれぞれプログラム・ルーチンであり、ソフトウェアにしたがうコンピュータの動作によって実現される。

【0060】タイミング発生回路21は、成形器4における1個のガラス製品の成形タイミングと同期した成形タイミング信号を発生する。成形タイミング信号は、タイミング発生回路21から目標温度補正量推論処理23および目標値生成知識生成装置30に与えられる。

【0061】タイミング発生回路21はまた、成形タイミング信号を発生する時間間隔を表す成形周期を表すデータを出力する。成形周期を表すデータは、タイミング発生回路21から目標値生成知識生成装置30に与えられる。

【0062】加算処理22は、計量器5によって計量されたガラス製品の計測重量MWを、ガラス製品の目標重量TWから減算し、重量誤差Eを算出する。重量誤差Eは加算処理22、目標温度推論処理23および目標値生成知識生成装置30に与えられる。

【0063】目標温度補正量推論処理23は、タイミング発生回路21からの成形タイミング信号に反応して、加算処理22から与えられる重量誤差Eを読み込む。目標温度補正量推論処理23は、読み込んだ重量誤差Eについて、あらかじめ設定された目標値生成知識(目標値生成ルールおよびそのメンバーシップ関数からなる)にしたがってファジィ推論を行って目標温度補正量TT2を算出する。目標温度補正量推論処理23は、その目標温度補正量TT2を加算処理24および目標値生成知識生成装置30に出力する。

【0064】図4は、目標温度補正量推論処理23にあらかじめ設定された目標値生成知識の一例である。

【0065】図4(A)は、目標値生成知識の目標値生成ルールの一例である。たとえば、「ルール1」は「IF 重量誤差E = NB THEN 目標温度補正量TT2 = PB」というものである。

【0066】図4(B)は、目標値生成ルールの前件部変

数「重量誤差 E」に関して、言語情報「NB (Negative Big)」、「NS (Negative Small)」、「ZR (Zero)」、「PS (Positive Small)」および「PB (Positive Big)」を表す 5 つのメンバーシップ関数の一例である。

【0067】図 4 (C) は、目標値生成ルールの後件部変数「目標温度補正量 TT2」に関して、言語情報「NB」、「NS」、「ZR」、「PS」および「PB」を表す 5 つのシングルトンの一例である。一般にはシングルトンとメンバーシップ関数とは異なるものであるが、この発明においてはシングルトンはメンバーシップ関数に含まれるものとする。

【0068】加算処理 24 は、目標温度補正量推論処理 23 から与えられた目標温度補正量 TT2 を基準温度 BT に加算し、目標温度 TT2 を算出する。目標温度 TT2 は、加算処理 24 から温度調節器 10 に与えられる。基準温度 BT は、あらかじめ適当な値に設定されている。

【0069】このようにして、目標値生成装置 20 は、計測重量 MW に応じた目標温度 TT2 を生成する。

【0070】図 5 は、ガラス製品の成形回数毎の計測重量 MW および目標温度 TT2 を示すグラフの一例である。このグラフにおいては、成形されたガラス製品の計測重量 MW が成形を開始した後、成形 3 回目で所定の重量誤差許容範囲に収まり、その後は、計測重量 MW は重量誤差許容範囲に収まっている。

【0071】ガラス製品の成形回数が進みガラス溶解炉 1 内の溶解したガラス残量が減ると、ガラス溶解炉 1 にガラスが追加される。このとき、上述のようにガラス製品の重量に大きな誤差が発生することがある。このような場合、温度調節器 10 に与えられる目標温度 TT2 が目標値生成装置 20 によって変更される。

【0072】目標値生成装置 20 にあらかじめ設定されている目標値生成知識が不適正であると、図 6 に示すようにガラス製品の計測重量 MW が目標重量 TW から大きくずれて重量誤差許容範囲に収まらなくなってしまうことがある。

【0073】目標値生成知識生成装置 30 は、計測重量 MW が重量誤差許容範囲内に所定回数収まらなくなると、目標値生成装置 20 にあらかじめ設定された目標値生成知識を学習によって変更し、この変更された最適な目標値生成知識を目標値生成装置 20 に転送して設定する。

【0074】目標値生成知識生成装置 30 は、学習処理 31 および知識更新処理 32 からなり、知識更新処理 32 はさらに、優先順位付け処理 33、知識分割処理 34 および知識転送用メモリ 35 からなる。これらの各処理、すなわち、学習処理 31、優先順位付け処理 33 および知識分割処理 34 はそれぞれプログラム・ルーチンであり、ソフトウェアにしたがうコンピュータによって実現される。

【0075】学習処理 31 は、計測重量 MW が重量誤差許容範囲内に所定回数収まらなくなる、すなわち、重量誤

差 E が重量誤差許容範囲を所定回数超えると学習処理を行う。熟練したオペレータによって設定される目標温度補正量 TT2 を教師データとして、目標値生成装置 20 から与えられた重量誤差 E および目標温度補正量 TT2 に基づいて、目標値生成知識を学習によって生成する。

【0076】学習処理 31 はたとえば最急降下法によって学習を行う。最急降下法を用いた学習は、同一出願人による特開平 5 - 1 8 9 2 3 7 号公報に開示されている。学習によって得られた目標値生成知識は、知識更新処理 32 の優先順位付け処理 33 に与えられる。

【0077】図 7 は、図 4 に示す目標値生成知識に対応する、学習によって生成された目標値生成知識の一例である。

【0078】図 7 (A) は、学習によって生成された目標値生成ルールの一例である。

【0079】図 7 (B) は、学習によって生成された目標値生成ルールの前件部変数「重量誤差 E」に関して、言語情報「NB」、「NS」、「ZR」、「PS」および「PB」を表す 5 つのメンバーシップ関数の一例である。

【0080】図 7 (C) は、学習によって生成された目標値生成ルールの後件部変数「目標温度補正量 TT2」に関して、言語情報「NS」、「NVS (Negative Very Small)」、「ZR」、「PVS (Positive Very Small)」および「PS」を表す 5 つのシングルトンの一例である。

【0081】図 4 に示す学習前の目標値生成知識と、図 7 に示す学習後の目標値生成知識とを比較すると、目標値生成知識の目標値生成ルールにおいては「ルール 3」を除く目標値生成ルールについて後件部変数「目標温度補正量 TT2」の言語情報が変更されている。さらに、後件部変数「目標温度補正量 TT2」の言語情報「NB」および「PB」が削除され、新たに言語情報「NVS」および「PVS」が追加されている。目標値生成ルールの言語情報の追加にともなって、図 7 (C) に示されるそれぞれの言語情報を表すメンバーシップ関数も変更されている。また、前件部変数「重量誤差 E」においては言語情報は変更されていないが、それぞれの言語情報を表すメンバーシップ関数について、図 7 (B) の鎖線で示す学習前のメンバーシップ関数が、実線で示す学習後のメンバーシップ関数に修正されている。

【0082】図 8 および図 9 は、知識変更処理 32 における処理手順を示すフロー・チャートである。

【0083】優先順位付け処理 33 は、各目標値生成ルールのそれぞれの使用頻度に基づいて、学習後の目標値生成知識の各目標値生成ルールに優先順位を付け、優先順位が高い順に目標値生成ルールを並び替える (図 8 ; ステップ 101)。

【0084】この使用頻度は、目標値生成装置 20 が目標値生成知識を用いて目標温度補正量 TT2 を算出する

際に計数する。使用頻度とは過去の一定時間または所定回数のファジィ推論処理における目標値生成ルールの使用頻度を指し、目標値生成装置20が目標温度補正量  $T_1$ 、 $T_2$  を算出する際に、目標値生成知識の目標値生成ルールに関して前件部変数「重量誤差 E」の適合度が「0」より大きいとき、その目標値生成ルールの使用回数をインクリメントすることによって各目標値生成ルールの使用回数を計数し、使用回数の最大値で各目標値生成ルールの使用回数を正規化したものである。使用頻度は、目標温度補正量推論処理23から優先順位付け処理33に与えら

【0085】たとえば、重量誤差 E が「0」であるとき、目標値生成知識の目標値生成ルールのうち、「ルール3」の適合度が「1.0」となり、その他のルールの適合度が「0.0」となる。したがって、この場合には、「ルール3」の使用回数のみがインクリメントされ、その他のルールの使用回数はインクリメントされない。過去の一定時間または所定回数のファジィ推論処理において、このようにして得られた使用回数を、その中で最大の使用回数で正規化して使用頻度を算出する。

【0086】たとえば、目標値生成ルールに優先順位を付けて並び替えると、「ルール1」、「ルール5」、「ルール2」、「ルール4」、「ルール3」という順序になる。

【0087】優先順位付けされた目標値生成知識は、優先順位付け処理33から知識分割処理34に与えられる。

【0088】優先順位付けは、入力空間を複数の領域に分割し、重量誤差 E（入力データ）数が多い領域に関わる目標値生成ルールを優先する方法でもよいし、メンバーシップ関数の変更量に基づく方法でもよい。

【0089】まず、知識分割処理34は、優先順位付け処理33によって優先順位が付けられた目標値生成ルールの中で、優先順位が最も高い目標値生成ルールを取出す（図8；ステップ103）。

【0090】たとえば、知識分割処理34は、「ルール1」を取り出す。

【0091】知識分割処理34は、取り出した目標値生成ルールについて、その目標値生成ルールの後件部変数の言語情報が学習によって新たに生成されたものであるかどうかを判断する（図8；ステップ104）。

【0092】たとえば、「ルール1」の「PS」、「ルール3」の「ZR」および「ルール5」の「NS」は学習前にも存在しているので、ステップ104でYESと判定され、「ルール2」の「PVS」および「ルール4」の「NVS」は学習によって新たに生成されたものであるから、ステップ104でNOと判定される。

【0093】知識分割処理34は、ステップ104でNO、すなわち、目標値生成ルールの後件部変数の言語情報が新たに生成されたものでないと判定すると、取り出した目標値生成ルールを知識転送用メモリ35に設定する（図

8；ステップ105）。

【0094】たとえば、図10において、知識分割処理34は、優先順位が最も高い「ルール1」を知識転送用メモリ35に設定する。この後、次に優先順位の高い「ルール5」が知識転送用メモリ35に設定される。

【0095】知識分割処理34は、ステップ104でYES、すなわち、取り出した目標値生成ルールについて、後件部変数の言語情報が学習によって新たに生成されたものであると判定すると、さらに、その言語情報を表すメンバーシップ関数が知識転送用メモリ34に既に設定されているかどうかを判断する（図8；ステップ106）。

【0096】知識分割処理34は、学習によって新たに生成された後件部変数の言語情報を表すメンバーシップ関数が知識転送用メモリ35に既に設定されていないならば（ステップ106でNO）、そのメンバーシップ関数を知識転送メモリ35に設定する（図8；ステップ107）。

【0097】たとえば、図10において、「ルール2」の後件部変数の言語情報「NVS」は学習によって新たに生成されたものであるため、この言語情報「NVS」を表すメンバーシップ関数が知識転送用メモリ35に設定される。

【0098】その後、取り出した目標値生成ルールを、知識転送用メモリ35に設定する（図8；ステップ108）。

【0099】たとえば、ステップ106において、「ルール2」の後件部の言語情報「NVS」を表すメンバーシップ関数が設定されたのであれば、この「ルール2」が知識転送用メモリ35に設定されることになる（図10参照）。

30 【0100】知識分割処理34は、優先順位付け処理33によって優先順位付けられた目標値生成ルールのすべてが知識転送用メモリ35に設定されるまで、ステップ103～108の処理を繰り返す（図8；ステップ102）。

【0101】このようにして、使用頻度に基づく優先順位にしたがって、学習によって生成された目標値生成知識のすべての目標値生成ルールと、学習によって新たに生成された後件部変数の言語情報を表すメンバーシップ関数とが、知識転送用メモリ35に設定される。図10においては「ルール3」まで設定される。

40 【0102】知識分割処理34は、ステップ102においてNO、すなわち、すべての目標値生成ルールが知識転送用メモリ35に設定したと判定すると、ステップ107で設定されなかった後件部変数の言語情報を表すメンバーシップ関数を、そのメンバーシップ関数を用いる目標値生成ルールの優先順位にしたがって、知識転送メモリ35に設定する（図9；ステップ109）。これは、学習前に既に存在する言語情報であっても、その言語情報を表すメンバーシップ関数の値（形状）が学習によって修正されていることがあるからである。

50 【0103】たとえば、知識分割処理34は、「ルール

1」の後件部変数の言語情報「NS」を表すメンバーシップ関数を知識転送メモリ35に設定する。図10において、後件部メンバーシップ関数「ZR」まで設定される。

【0104】知識分割処理34は、目標値生成ルールの前件部変数の各言語情報を表すメンバーシップ関数を、そのメンバーシップ関数を用いる目標値生成ルールの優先順位にしたがって、知識転送用メモリ35に設定する（図9；ステップ110）。

【0105】たとえば、知識分割処理34は、「NB」、「PB」、「NS」、「PS」、「ZR」の順にこれらの言語情報を表すメンバーシップ関数を設定する。図10において、すべて設定される。

【0106】以上のようにして、知識分割処理34は、目標値生成装置20の目標温度補正量推論処理23に転送すべきすべての目標値生成知識（目標値生成ルールおよびメンバーシップ関数）を知識転送用メモリ35に設定する。

【0107】知識分割処理34は、知識転送メモリ35に設定した学習によって生成された目標値生成ルールおよびメンバーシップ関数を、タイミング発生回路21から与えられる成形周期を表すデータによって規定される推論サイクル内で転送可能なブロックに先頭アドレスから順に分割した後、タイミング発生回路21から与えられる成形タイミング信号に同期して、分割したブロック毎に目標温度補正量推論処理22に転送する（図9；ステップ111）。

【0108】たとえば、知識分割処理34が目標値生成ルールおよびメンバーシップ関数を分割すると、図10に示すように、「ルール1，ルール5」、「後件部変数メンバーシップ関数PVS，ルール2，後件部変数メンバーシップ関数NVS」、「ルール4，ルール3」、「後件部変数メンバーシップ関数PS，後件部変数メンバーシップ関数NS，後件部変数メンバーシップ関数ZR」、「前件部変数メンバーシップ関数NB，前件部変数メンバーシップ関数PB，前件部変数メンバーシップ関数NS」、「前件部変数メンバーシップ関数PS，前件部変数メンバーシップ関数ZR」のように6個のブロックに分割され、これらは6回の推論サイクルにわたって転送されることになる。

【0109】目標温度補正量推論処理23は、あらかじめ設定された目標値生成知識を、知識転送用メモリ35から転送された目標値生成知識に変更し、転送された目標値生成知識にしたがって目標温度補正量TT2のファジィ推論を行うこととなる。

【0110】図11は、学習処理31の学習によって生成された目標値生成知識を、目標温度補正量推論処理23に転送する前後の目標温度TT2および計測重量MWを示すグラフである。学習によって生成された目標値生成知識を転送する前は、計測重量MWが重量誤差許容範囲内に収まっていなかった。その後、学習によって生成された

目標値生成知識を転送すると、計測重量MWが目標重量TWに近づいて重量誤差許容範囲内に収まり、すべての目標値生成知識を転送すると計測重量MWが目標重量TWにほぼ等しくなった。

【0111】以上のようにして、目標値生成知識生成装置30の学習処理31に学習によって生成されたすべての目標値生成知識を目標値生成装置20内の目標温度推論処理22にオンラインで転送することができる。

【0112】[第2実施例]第2実施例は、学習によって生成されたファジィ知識について、対応する学習前のファジィ知識のファジィ・ルールの使用頻度に応じて優先順位を付け、学習によって生成されたファジィ・ルールの中で優先順位の高いものだけを優先順位の高い順に推論サイクルで転送可能なブロックさに分割し、その後、優先順位の高い順に分割されたブロック毎にファジィ知識を転送するものである。

【0113】第2実施例は第1実施例の特殊な場合である。第1実施例においては、学習によって生成された目標値生成知識をすべて転送していたが、第2実施例においては、学習によって生成された目標値生成知識の中で所要のものだけを、目標値生成知識生成装置20から目標値生成装置20に転送するものである。所要の目標値生成知識とは、優先順位の高い目標値生成ルールおよびメンバーシップ関数、学習によって修正された目標値生成ルールおよびメンバーシップ関数がある。この第2実施例では、目標値生成ルールのうち優先順位が高い順に、入力データ数の80%以上をカバーできるものである。

【0114】第2実施例は、第1実施例の知識更新処理32における処理のみが異なるので、この知識更新処理32についてののみ以下説明する。

【0115】図12および図13は、知識更新処理32における処理手順を示すフロー・チャートである。図12および図13において、図8および図9と同一処理には同一符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0116】優先順位付け処理33は、学習処理31によって生成された目標値生成知識の目標値生成ルールに学習前の各目標値生成ルールの使用頻度に基づいて優先順位を付け、所要の目標値生成ルールを優先順位が高い順に並び替える（図12；ステップ121）。優先順位が付けられた目標値生成知識は、優先順位付け処理33から知識分割処理34に与えられる。

【0117】たとえば、優先順位付け処理34は、使用頻度に基づいて目標値生成ルールに優先順位を付けると、「ルール1」、「ルール5」、「ルール2」、「ルール4」、「ルール3」という順序になる。優先順位付け処理33は、これらの目標値生成ルールについて、入力データ数の80%をカバーするために必要な目標値生成ルールを優先順位の高い順位に並び替えると、「ルール1」、「ルール5」、「ルール2」、「ルール4」となる。

【0118】知識分割処理34は、優先順位付け処理33に

よって優先順位付けされた目標値生成ルールの優先順位に基づいて、目標値生成ルールと、その後件部変数で新たに生成された言語情報を表すメンバーシップ関数を知識転送メモリ35に設定する。このとき、知識分割処理34は、目標値生成ルールの後件部変数の言語情報が新たに生成されていれば、その言語情報を表すメンバーシップ関数を先に知識転送用メモリ35に設定する。その次に、そのメンバーシップ関数を用いる目標値生成ルールを知識転送用メモリ35に設定する。また、知識分割処理34は、目標値生成ルールの後件部変数の言語情報が変更されていなければ、その目標値生成ルールのみを知識転送用メモリ35に知識転送用メモリ35に設定する（図12；ステップ103～108）。

【0119】たとえば、優先順位が最も高い「ルール1」については、学習前の後件部変数の言語情報「NB」が学習後に「NS」と変更され、この言語情報「NS」は学習前に既に存在するので、知識分割処理34は、「ルール1」のルールのみを知識転送用メモリ35に設定する（図14参照）。「ルール5」については「ルール1」と同様である（図14参照）。

【0120】また、「ルール2」については、学習前の後件部変数の言語情報「NS」が学習後に「NVS」と変更され、この言語情報「NVS」は学習前に存在しないので、知識分割処理34は、この言語情報「NVS」を表すメンバーシップ関数を知識転送用メモリ35に設定し、その後「ルール2」を知識転送用メモリ35に設定する（図14参照）。「ルール4」については「ルール2」と同様である（図14参照）。

【0121】知識分割処理34は、優先順位付け処理33によって優先順位付けされた所要の目標値生成ルール（入力データの80%をカバーするために必要な目標値生成ルール）のすべてを知識転送用メモリ35に設定されるまで、ステップ103～108の処理を繰り返す（図12；ステップ122）。

【0122】このようにして、所要の目標値生成ルールと、学習によって新たに生成された後件部変数の言語情報を表すメンバーシップ関数を知識転送用メモリ35に設定される。図14において、「ルール4」まで設定される。

【0123】知識分割処理34は、学習によって修正された前件部変数のメンバーシップ関数を、そのメンバーシップ関数を用いる目標値生成ルールの優先順位にしたがって知識転送用メモリ35に設定する（図13；ステップ123）。

【0124】たとえば、前件部変数のメンバーシップ関数はすべて修正されているので、知識分割処理34は、前件部変数のすべてのメンバーシップ関数を、そのメンバーシップ関数を用いる目標値生成ルールの優先順位、すなわち、「NB」、「PB」、「NS」、「PS」、「ZR」の順にこれらを表すメンバーシップ関数を知識

転送用メモリ35に設定する。図14において、すべて設定される。

【0125】以上のようにして、知識分割処理34は学習によって生成された所要の目標値生成知識を知識転送用メモリ35に設定する。

【0126】知識分割処理34は、知識転送メモリ35に設定した学習によって生成された目標値生成ルールおよびメンバーシップ関数を、タイミング発生回路21から与えられる成形周期を表すデータによって規定される推論サイクル内で転送可能なブロックに先頭アドレスから順に分割した後、タイミング発生回路21から与えられる成形タイミング信号に同期して、分割したブロック毎に目標温度補正量推論処理22に転送する（図13；ステップ111）。

【0127】たとえば、知識分割処理34が目標値生成知識を分割すると、図14に示すように、「ルール1、ルール5」、「後件部変数メンバーシップ関数PVS、ルール2、後件部変数メンバーシップ関数NVS」、「ルール4、前件部変数メンバーシップ関数NB、前件部変数メンバーシップ関数PB」、「前件部変数メンバーシップ関数NS、前件部変数メンバーシップ関数PS、前件部変数メンバーシップ関数ZR」のように4個のブロックに分割され、これらは4回の推論サイクルにわたって転送されることになる。

【0128】目標温度補正量推論処理23は、あらかじめ設定された目標値生成知識を、知識転送用メモリ35から転送された目標値生成知識に修正し、修正された目標値生成知識にしたがって目標温度補正量  $TT2$  の推論処理を行うこととなる。

【0129】図15は、学習処理31の学習によって生成された目標値生成知識を、目標温度補正量推論処理23に転送する前後の目標温度  $TT2$  および計測重量  $MW$  を示すグラフである。学習によって生成された目標値生成知識を転送する前は、計測重量  $MW$  が重量誤差許容範囲内に収まっていなかった。その後、学習によって生成された目標値生成知識を転送すると、計測重量  $MW$  が目標重量  $TW$  に近づいて重量誤差許容範囲内に収まり、すべての目標値生成知識を転送すると計測重量  $MW$  が目標重量  $TW$  にほぼ等しくなった。

【0130】以上のようにして、目標値生成知識生成装置30の学習処理31に学習によって生成された目標値生成知識のうち所要のものを目標値生成装置20内の目標温度推論処理22にオンラインで転送することができる。

【0131】[第3実施例] 第3実施例は、ファジィ知識を推論サイクル毎に学習し、学習によって生成されたファジィ知識について、対応する学習前のファジィ・ルール知識のファジィ・ルールの使用頻度に応じて優先順位を付け、学習後のファジィ知識を優先順位が高い順にその推論サイクル内で転送可能なブロックに分割し、そのブロックのみを転送するものである（リアルタイム学

習，リアルタイム転送)。

【0132】第3実施例は，第2実施例の特殊な場合である。第2実施例においては，ガラス製品の計測重量MWが一定の重要誤差許容範囲内に所定回収まらなくなると，目標値生成知識を学習により生成し，学習によって生成された所要の目標値生成知識を目標値生成知識生成装置30から目標値生成装置20に転送した。

【0133】第3実施例においては，目標値生成知識生成装置30が目標値生成装置20の推論サイクル毎に目標値生成知識を学習により生成し，学習によって生成された目標値生成知識のうちその推論サイクル内に転送可能な目標値生成知識だけを，目標値生成知識生成装置20から目標値生成装置20に転送する。

【0134】学習処理31は，目標値生成装置20の推論サイクル毎に，熟練したオペレータが設定した目標温度補正量  $TT_2$  を教師データとして，目標値生成装置20から与えられた重量誤差Eおよび目標温度補正量  $TT_2$  に基づいて，目標値生成知識を学習により生成する。

【0135】優先順位付け処理32は，学習により生成された目標値生成ルールについて，対応する学習前の目標値生成ルールの使用頻度に基づいて優先順位を付ける。

【0136】知識分割処理34は，優先順位付けされた目標値生成知識を優先順位が高い順位知識転送用メモリに設定し，その推論サイクル内に転送可能なものだけを知識転送メモリ35から目標温度推論処理34に転送する。

【0137】目標温度補正量推論処理23には，図4に示す目標値生成知識があらかじめ設定されているものとする。学習処理31が第1回目の学習によって生成した目標値生成知識を知識分割処理34が知識転送用メモリ35に設定すると，図16のようになる。知識転送用メモリ35に設定された目標値知識のなかで，推論サイクル内で転送可能な目標値生成知識，すなわち，「ルール1，ルール5」が目標温度補正量推論処理23に転送される。目標温度補正量推論処理23には，図17に示すような目標値生成ルールが設定されていることとなる。

【0138】学習処理31が第2回目の学習によって生成した目標値生成知識を知識分割処理34が知識転送用メモリ35に設定すると，図18のようになる。知識転送用メモリ35に設定された目標値知識のなかで，推論サイクル内で転送可能な目標値生成知識，すなわち，「後件部メンバーシップ関数NVS，ルール2」が目標温度補正量推論処理23に転送される。目標温度補正量推論処理23には，図19に示すような目標値生成ルールが設定されていることとなる。

【0139】このようにして，目標値生成装置20における推論サイクル毎に目標値生成知識が学習処理31によって生成され，学習によって生成された目標値生成知識のうち，その推論サイクル内に転送可能な目標値生成知識のみが目標値生成知識生成装置30から目標温度補正量推

論処理23に転送される。

【0140】図20は，学習処理31によって生成された目標値生成知識を，目標温度補正量推論処理23に転送する前後の目標温度  $TT_2$  および計測重量MWを示すグラフである。第1回の学習後の目標値生成知識を転送する前は計測重量MWが重量誤差許容範囲内に収まっていなかったが，学習処理31によって生成された目標値生成知識を転送するにつれて，計測重量MWが目標重量TWに近いて重量誤差許容範囲内に収まり，重量誤差Eがほぼなくなっている。

【0141】以上のようにして，目標値生成装置20の推論サイクル毎に目標値生成知識生成装置30の学習処理31によってオンラインで生成し(リアルタイム学習)，生成された目標値生成知識のうちその推論サイクル内に転送可能な目標値生成知識だけを目標値生成知識生成装置30から目標値生成装置20の目標温度推論処理22にオンラインで転送する(リアルタイム転送)。

【0142】[第4実施例]第4実施例は，学習によって生成されたにファジィ知識について，対応するファジィ・ルールの中で相互に因果関係のあるファジィ・ルールをセットにして推論サイクル内で転送可能なブロックに分割し，その後，優先順位が高い順に分割されたブロック毎にすべてのファジィ知識を転送するものである。

【0143】図21は，目標値生成装置20および目標値生成知識生成装置30の詳細な構成を示す機能ブロック図である。図21において，図3に示すものと同一物には同一符号を付し詳細な説明を省略する。

【0144】目標温度補正量推論処理23Aは，タイミング発生回路21からの成形タイミング信号に応答して，加算処理22から与えられる重量誤差Eを読み込む。目標温度補正量推論処理23Aは，読み込んだ重量誤差Eについて，あらかじめ設定された目標値生成知識(目標値生成ルールおよびそのメンバーシップ関数からなる)にしたがってファジィ推論を行って目標温度補正量  $TT_2$  を算出する。目標温度補正量推論処理23Aは，その目標温度補正量  $TT_2$  を加算処理24および目標値生成知識生成装置30に出力する。

【0145】図22は，目標温度補正量推論処理23Aにあらかじめ設定された目標値生成知識の一例である。

【0146】図22(A)は，目標値生成知識の目標値生成ルールの一列である。

【0147】図22(B)は，目標値生成ルールの前件部変数「重量誤差E」に関して，言語情報「NB」，「NS」，「ZR」，「PS」および「PB」を表す5つのメンバーシップ関数で一例である。

【0148】図22(C)は，目標値生成ルールの後件部変数「目標温度補正量  $TT_2$ 」に関して，言語情報「NB」，「NS」，「ZR」，「PS」および「PB」を表す5つのシングルTONの一例である。

【0149】図22(B)に示す前件部変数「重量誤差E」

のメンバーシップ関数のうち、言語情報「NB」および「PB」を表すメンバーシップ関数はそれぞれ、重量誤差Eの負領域および正領域の全体をカバーするメンバーシップ関数である。

【0150】学習処理31Aは、計測重量MWが重量誤差許容範囲内に所定回数収まらなくなる、すなわち、重量誤差Eが重量誤差許容範囲を超えると学習処理を行う。熟練したオペレータが設定した目標温度補正量TT2を教師データとして、目標値生成装置20から与えられた重量誤差Eおよび目標温度補正量TT2に基づいて、目標値生成知識を学習によって生成する。学習処理31はたとえば最小勾配法によって学習を行う。

【0151】図23は、図22に示す目標値生成知識に対応する、学習によって生成された目標値生成知識の一例である。

【0152】図23(A)は、学習によって生成された目標値生成ルールの一例である。

【0153】図23(B)は、学習によって生成された目標値生成ルールの前件部変数「重量誤差E」に関して、言語情報「NB」、「NS」、「ZR」、「PS」および「PB」を表す5つのメンバーシップ関数の一例である。

【0154】図23(C)は、学習によって生成された目標値生成ルールの後件部変数「目標温度補正量TT2」に関して、言語情報「NS」、「NVS (Negative Very Small)」、「ZR」、「PVS (Positive Very Small)」および「PS」を表す5つのシングルtonsの一例である。

【0155】図22に示す学習前の目標値生成知識と、図23に示す学習後の目標値生成知識とを比較すると、目標値生成知識においては、「ルール3」を除く目標値生成ルールについて後件部変数「目標温度補正量TT2」の言語情報を表すシングルtonが修正されている。すなわち、図23(C)において、鎖線で示す学習前のシングルtonが、実線で示す学習後のシングルtonに修正されている。

【0156】学習処理31Aによって生成された目標値生成知識を目標値生成ルールの相互の因果関係に基づかないで目標補正量推論処理23Aに転送すると目標温度生成処理23Aは、適正な目標温度補正量TT2を算出することができない。

【0157】たとえば、「ルール1、後件部変数メンバーシップ関数PB」、「ルール2、後件部変数メンバーシップ関数PS」という順序で目標温度補正量推論処理23A転送すると、目標温度補正量推論処理23Aに設定された目標値生成知識は図24に示すようになる。図24に示すように後件部変数のメンバーシップ関数が非対称になっている。このような目標値生成知識を用いて目標温度補正量推論処理23Aが推論を行うと、図25に示すようにガラス製品の重量誤差Eが学習によって生成された目標

値生成知識を転送する前よりも大きくなることがある。

【0158】目標値生成知識のように相互に因果関係、たとえば対称性がある目標値生成ルールおよびメンバーシップ関数を転送する場合には、相互に因果関係のある目標値生成ルールおよびメンバーシップ関数をセットにして転送しなければ、目標温度補正量推論処理23Aは、適正な目標温度補正量TT2を推論することができない。

【0159】第4実施例では、相互に因果関係のある目標値生成ルールおよびメンバーシップ関数をセットにして、知識更新処理32Aから目標温度推論処理23Aに転送する。

【0160】図26および図27は、知識転送処理32Aにおける処理手順を示すフロー・チャートである。

【0161】知識優先順位付け処理33Aは、あらかじめ設定された目標値生成ルールの相互の因果関係を表すテーブル(因果関係テーブル)にしたがって、学習によって生成された目標値生成知識の目標値生成ルールについて、学習前後のメンバーシップ関数の変更量に基づいて、優先順位付けて並び替える(図26;ステップ131)。

【0162】図28は、因果関係テーブルの一例である。この因果関係テーブルには、相互に因果関係のある目標値生成ルールをセットにして、そのセットにしたグループについて、目標値生成ルールの順にグループ番号が付されている。相互に因果関係(対称性)のある目標値生成ルールは、「ルール1」と「ルール5」(グループA)および「ルール2」と「ルール4」(グループB)である。

【0163】優先順位付け処理33Aは、学習によって生成された目標値生成知識の各目標値生成ルールについて、後件部変数の言語情報を表すメンバーシップ関数について、学習前と学習後と比較し、それぞれのメンバーシップ関数の変更量を算出する。

【0164】たとえば、「ルール1」の後件部変数の言語情報「NB」を表すメンバーシップ関数は、学習前が「-8」であるのに対して、学習後は「-4」となっている。したがって、メンバーシップ関数の変更量は、「4」となる。このようにして、優先順位付け処理33Aは、各目標値生成ルールの後件部変数の言語情報を表すメンバーシップ関数の変更量を算出する。

【0165】優先順位付け処理33Aは、各目標値生成ルールの後件部変数の言語情報を表すメンバーシップ関数の変更量を算出すると、メンバーシップ関数の変更量が大きいほど優先順位を高くするようにして各グループに優先順位を付ける。

【0166】たとえば、変更量が「4」で最大である「ルール1」および「ルール5」の目標値生成ルールが含まれる「グループA」の優先順位が「1」となっている。順に、変更量が「2」の「ルール2」および「ルー

ル4」が含まれる「グループB」の優先順位が「2」となり、最後に変更量が「0」である「ルール3」の目標値生成ルールが含まれる「グループC」の優先順位が「3」となる。

【0167】このようにして、優先順位付け処理33Aによって優先順位付けされた目標値生成ルールが図29に示されている。優先順位付けられた目標値生成知識は、知識分割処理34Aに与えられる。

【0168】知識分割処理34Aは、優先順位付け処理33Aから与えられた優先順位付けされた目標値生成知識を、目標値生成ルールのグループの優先順位にしたがって知識転送用メモリ35に設定する。

【0169】知識分割処理34Aは、優先順位が最も高いグループを取り出す(図26;ステップ133)。たとえば、知識分割処理34Aは「グループA」を取り出す。

【0170】知識分割処理34Aは、優先順位が最も高いグループを取り出すと、そのグループに含まれる目標値生成ルールの後件部変数の言語情報を表すメンバーシップ関数が既に知識転送用メモリ35に設定されているかどうかを判断する(図26;ステップ134)。

【0171】知識分割処理34Aは、目標値生成ルールの後件部変数のメンバーシップ関数が知識転送用メモリ35に既に設定されていないならば(ステップ134でNO)、そのメンバーシップ関数を知識転送用メモリ35に設定する(図26;ステップ135)。

【0172】たとえば、「グループA」に含まれる「ルール1」および「ルール5」の後件部変数の言語情報「NB」および「PB」は、知識転送用メモリ35に設定されていないので、これらの言語情報を表すメンバーシップ関数が知識転送用メモリ35に設定される(図30参照)。

【0173】その後、知識分割処理34Aは、知識転送用メモリ35に設定されたメンバーシップ関数に対応する目標値生成ルールを、知識転送用メモリ35に設定する(図26;ステップ136)。

【0174】たとえば、ステップ124において、「グループA」に含まれる「ルール1」および「ルール5」について後件部変数の言語情報を表すメンバーシップ関数が設定されたのであれば、この「ルール1」および「ルール5」が設定されることになる(図30参照)。

【0175】知識分割処理34は、優先順位付け処理33Aによって優先順位付けされたグループのすべてが知識転送用メモリ35に設定されるまでステップ133~136までの処理を繰り返す(図26;ステップ132)。

【0176】このようにして、各グループの目標値生成ルールと、その後件部変数の言語情報を表すメンバーシップ関数とが、後件部変数のメンバーシップ関数の変更量に基づく優先順位にしたがって、知識転送用メモリ35に設定される。図30において「ルール3」まで設定される。

【0177】知識分割処理34は、ステップ132においてNO、すなわち、全てのグループが知識転送用メモリ35に設定したと判定すると、目標値生成知識の前件部変数の各言語情報のメンバーシップ関数を、そのメンバーシップ関数を用いる目標値生成ルールが含まれるグループの優先順位にしたがって、知識転送用メモリ35に設定する(図27;ステップ137)。

【0178】たとえば、知識分割処理34Aは、言語情報「NB」、「PB」、「NS」、「PS」、「ZR」という順序に前件部メンバーシップ関数を設定する。

【0179】以上のようにして、知識分割処理34Aは全ての目標値生成知識を知識転送用メモリ35に設定する。図30においてすべて設定される。

【0180】知識分割処理34は、知識転送メモリ35に設定した学習によって生成された目標値生成ルールおよびメンバーシップ関数を、タイミング発生回路21から与えられる成形周期を表すデータによって規定される推論サイクル内で転送可能なブロックに先頭アドレスから順にグループ毎に分割した後、タイミング発生回路21から与えられる成形タイミング信号に同期して、分割したブロック毎に目標温度補正量推論処理22に転送する(図27;ステップ138)。

【0181】たとえば、知識分割処理34Aが目標値生成知識を分割すると、図30に示すように、「後件部変数メンバーシップ関数PB、後件部変数メンバーシップ関数NB」、「ルール1、ルール5」、「後件部変数メンバーシップ関数PS、後件部変数メンバーシップ関数NS」、「ルール2、ルール4」、「後件部変数メンバーシップ関数PS、後件部変数メンバーシップ関数NS、後件部変数メンバーシップ関数ZR、ルール3」、「前件部変数メンバーシップ関数NB、前件部変数メンバーシップ関数PB、前件部変数メンバーシップ関数NS、前件部変数メンバーシップ関数PS」、「前件部変数メンバーシップ関数ZR」のように7個のブロックに分割され、これらは7回の推論サイクルにわたって転送されることになる。

【0182】目標温度補正量推論処理23Aは、あらかじめ設定された目標値生成知識を、知識転送用メモリ35から転送された目標値生成知識に変更して、転送された目標値生成知識にしたがって目標温度補正量TT2の推論処理を行うこととなる。

【0183】図31は、「グループA」の後件部変数のルールとメンバーシップ関数を知識転送用メモリ35から目標温度補正量推論処理23Aに転送した後(第1回、第2回の知識転送後)、目標温度補正量推論処理23Aに設定された目標値生成知識を示す。第1回および第2回の知識転送によって、相互に因果関係(対称性)のある後件部変数のメンバーシップ関数「PB」、「NB」と、「ルール1」および「ルール5」が目標温度補正量推論処理23Aに設定される。

【0184】図32は、「グループB」の後件部変数のルールとメンバーシップ関数を知識転送用メモリ35から目標温度補正量推論処理23Aに転送した後（第3回、第4回の転送度）、目標温度補正量推論処理23Aに設定された目標値生成知識を示す。第3回および第4回の知識転送によって、相互に因果関係（対称性）のある後件部変数のメンバーシップ関数「PS」、「NS」と、「ルール2」および「ルール4」が目標温度補正量推論処理23Aに設定される。

【0185】図33は、学習処理31Aによって生成された目標値生成知識を、目標温度補正量推論処理23Aに転送する前後の目標温度 $T_T$ 2および計測重量MWを示すグラフである。学習によって生成された目標値生成知識を転送する前は、計測重量MWが重量誤差許容範囲内に収まっていなかった。その後、学習によって生成された目標値生成知識を相互に因果関係のある目標値生成ルールをセットにして転送すると、計測重量MWが目標重量TWに近づいて重量誤差許容範囲内に収まり、すべての目標値生成知識を転送すると計測重量MWが目標重量TWにほぼ等しくなった。相互に因果関係のある目標温度生成ルールと、そのメンバーシップ関数をセットにすることによって、目標値生成知識の不整合に起因する不安定化がなくなる。

【0186】以上のようにして、目標値生成知識生成装置30の学習処理31に学習によって生成されたすべての目標値生成知識を相互に因果関係のあるグループ毎に目標値生成装置20内の目標温度推論処理23Aにオンラインで転送することができる。

【0187】[第5実施例]第5実施例は、学習によって生成されたファジィ知識について、局所的な観点から記述されているが精密なファジィ推論を行うためのルール・セットから優先して推論サイクル内に転送可能なブロックに分割し、その後、分割されたブロック毎にファジィ知識を転送するものである。

【0188】図34は、給湯器システムの全体的構成を示す図である。

【0189】バルブVは、ガス・タンク（図示略）から熱交換器Cに流入するガス量を、制御装置40から与えられるバルブ開度信号VOに基づいて調整するものである。

【0190】熱交換器Cは、流入する水をバーナBによって加熱して熱湯を排出する。熱交換器Cから排出される熱湯は、ミキサMによって流入する水と一定の割合で混合されて排出される。

【0191】バーナBによる加熱量は、ガス・タンクから流入するガス量によって調節される。バーナBに流入するガス量は、バルブVによって調節される。バルブBには制御装置40からバルブ開度信号VOが与えられる。

【0192】制御装置40は、熱交換器50から排出される湯の温度（出湯温度T）を温度センサ（図示略）によ

て検出し、出湯温度Tが目標温度 $T_T$ に近づくようにバルブBに与えるバルブ開度信号VOを算出し、このバルブ開度信号VOをバルブBに出力する。

【0193】図31は、制御装置40の詳細な構成を示す機能ブロック図である。

【0194】制御装置40は、PID制御とファジィ制御とを組み合わせたハイブリッド制御を行う。制御装置40は、PID制御処理41およびファジィ制御処理51を1つのプログラムされたコンピュータ・システムで実現することもできるし、PID制御41とファジィ制御51とをそれぞれ別個のコンピュータ・システムで実現することもできる。また、制御装置40の一部をハードウェアにより、その他の部分をソフトウェアにより実現することもできる。

【0195】PID制御処理41は、加算処理42および47、比例ゲイン43、P制御処理44、I制御処理45ならびにD制御処理46からなる。これらの各処理、すなわち、加算処理42および47、比例ゲイン43、P制御処理44、I制御処理45ならびにD制御処理46はそれぞれプログラム・ルーチンであり、ソフトウェアにしたがうコンピュータ・システムによって実現できる。

【0196】加算処理42は、目標温度 $T_T$ と、センサによって検出された出湯温度Tとの温度偏差eを算出し、P制御処理44、I制御処理45およびファジィ制御処理51に出力する。

【0197】比例ゲイン43は、目標温度 $T_T$ に定数Kfを乗じて加算処理47に出力する。

【0198】P制御処理44は比例制御であり、加算処理42から与えられる温度偏差eに比例定数Kpを乗じて加算処理47に出力する。

【0199】I制御処理45は積分制御であり、加算処理42から与えられた温度偏差eを時間積分し、その時間積分に積分定数Kiを乗じて加算処理46に出力する。

【0200】D制御処理46は微分制御であり、センサによって検出された出湯温度を時間微分し、その時間微分に微分定数Kdを乗じて加算処理47に出力する。

【0201】ファジィ制御処理51は、微分処理52、ファジィ推論処理53、比例ゲイン54および学習処理55からなる。これらの各処理、すなわち、微分処理52、ファジィ推論処理53、比例ゲイン54および学習処理55はそれぞれプログラム・ルーチンであり、ソフトウェアにしたがうコンピュータ・システムによって実現できる。

【0202】微分処理52は、加算処理42から与えられた温度偏差eを時間微分し、偏差微分 $de/dt$ を算出するものである。偏差微分 $de/dt$ は、微分処理52からファジィ推論処理53に与えられる。

【0203】ファジィ推論処理53は、センサによって検出された出湯温度 $T_T$ と、微分処理52から与えられた偏差微分とについて、あらかじめ設定された温度制御知識にしたがって、ファジィ推論処理を行い、操作量uを算

10

20

30

40

50

出するものである。推論結果は、ファジィ推論処理53から加算処理47、比例ゲイン54および学習処理55に与えられる。

【0204】ファジィ推論処理53は、ファジィ推論を行うタイミングを表すタイミング信号と、推論周期を表すデータとを学習処理55に出力する。

【0205】図36は、ファジィ推論処理53にあらかじめ設定された温度制御知識の温度制御ルールの一例である。

【0206】図37は、ファジィ推論処理53にあらかじめ 10 設定された温度制御知識の温度制御ルールの一例である。

【0207】図37(A) は、温度制御ルールの前件部変数「温度偏差  $e$ 」に関して、言語情報「NB」、「NS」、「ZR」、「PS」および「PB」を表す5つのメンバーシップ関数の一例である。

【0208】図37(B) は、温度制御ルールの前件部変数「偏差微分  $de/dt$ 」に関して、言語情報「NB」、「NS」、「ZR」、「PS」および「PB」を表す5つのメンバーシップ関数で一例である。 20

【0209】図37(C) は、温度制御ルールの後件部変数「操作量  $u$ 」に関して、言語情報「NB」、「NM」、「NS」、「ZR」、「PS」、「PM」および「PB」を表す7つのシングルトンで一例である。

【0210】比例ゲイン54は、ファジィ推論処理53から与えられる操作量  $u$  に定数  $K_i$  を乗じて加算処理47に出力する。

【0211】加算処理47は、比例ゲイン43、P制御処理44、I制御処理45、D制御処理46、ファジィ推論処理53および比例ゲイン54から与えられる出力を加算すること 30 によってバルブ開度信号  $VO$  を算出する。バルブ開度信号  $VO$  は加算処理47からバルブ  $B$  に与えられる。

【0212】ファジィ制御処理51は、給湯器システムに外乱が発生したときにPID制御処理41の応答に対して、PID制御処理41の行過量を減少させるように操作量  $u$  を出力するように構成している。ファジィ制御処理51は、外乱が入力されない整定状態、すなわち、センサによって検出された出湯温度  $T$  が目標温度  $TT$  にほぼ一致している場合、PID制御処理41によるPID制御で十分な制御性能を得ることができる。この場合は、ファ 40 ジィ制御処理51は操作量  $u$  を出力することはなく、ファジィ制御51は外乱が入力されたときのみ操作量  $u$  を出力する。

【0213】以上のようにして、PID制御とファジィ制御とを組み合わせたハイブリッド制御による給湯器システムの温度制御が行われる。

【0214】図38は、PID制御処理41のみ場合の出湯温度  $T$  と、PID制御とファジィ制御処理51とによるハイブリッド制御の場合の出湯温度  $T$  の一例が示されている。ハイブリッド制御の場合、PID制御処理41のみの 50

場合と比較して制御性能が約15 [%] 向上した。

【0215】しかし、給湯器システムに対して、ファジィ推論処理53にあらかじめ設定されている温度制御知識が最適化されていないので、温度偏差  $E$  が最大の時点から目標温度  $TT$  まで復帰する時間が長くなっている。このような場合に、局所的な観点か記述はされているが精密なファジィ推論を行うための温度制御知識を学習処理55が学習により新たに生成する。

【0216】以下、ファジィ制御51の学習処理55について説明する。

【0217】学習処理55は、温度偏差  $e$ 、偏差微分  $de/dt$  および操作量  $u$  に基づいて、局所的な観点か記述はされているが精密なファジィ推論を行うための温度制御知識を学習により生成し、学習によって新たに生成された温度制御知識を学習処理55からファジィ推論処理53にオンラインで転送する。

【0218】学習処理55は、給湯器システムの入出力関係、すなわち、バルブ開度信号  $VO$  および出湯温度  $T$  に基づいて、ファジィ推論処理53の推論誤差が大きい場合、推論誤差が大きくなる入出力空間について、学習によって得られた新たに温度制御知識（温度制御ルールとメンバーシップ関数）を新たに生成する。

【0219】学習処理55は、熟練したオペレータによって設定される操作量  $u$  を教師データとして、加算処理42から与えられた温度偏差  $e$ 、微分器52から与えられた偏差微分  $de/dt$  およびファジィ推論処理53から与えられた操作量  $u$  に基づいて、ファジィ推論処理53の推論結果と、オペレータが設定した教師データとの誤差が大きくなる入力空間領域に新たに温度制御ルールおよび前件部変数メンバーシップ関数を学習により生成する。学習処理55による学習は、たとえばFifth IFSA World Congress(1993), Proceedings pp11-14 に記載されている。

【0220】図39は、学習によって生成された温度制御知識の温度制御ルールの一例である。

【0221】図40は、学習によって生成された温度制御知識の前件部変数および後件部変数のメンバーシップ関数の一例である。

【0222】図40(A) は、学習によって生成された温度制御ルールの前件部変数「温度偏差  $e$ 」に関して、言語情報「NB」、「NS」、「ZR」、「PS」、「PM」および「PB」を表す6つのメンバーシップ関数の一例である。 40

【0223】図40(B) は、学習によって生成された温度制御ルールの前件部変数「偏差微分  $de/dt$ 」に関して、言語情報「NB」、「NM」、「NS」、「ZR」、「PS」および「PB」を表す6つのメンバーシップ関数で一例である。

【0224】図40(C) は、学習によって生成された温度制御ルールの後件部変数「操作量  $u$ 」に関して、言語情報「NB」、「NM」、「NS」、「ZR」、「P 50

S」, 「PM」および「PB」を表す7つのシングル  
トンで一例である。

【0225】学習処理55の学習によって, 温度制御ル  
ールの前件部変数「温度偏差 e」について言語情報「P  
M」が追加され, 前件部変数「偏差微分 de/dt」につい  
て言語情報「NM」が新たに生成されている。前件部変  
数の言語情報の生成にともなって, これらの言語情報を\*

- R 1 : IF e = P S AND de / dt = N M THEN u = N S
- R 2 : IF e = P M AND de / dt = N S THEN u = N S
- R 3 : IF e = P M AND de / dt = N M THEN u = N M
- R 4 : IF e = P M AND de / dt = N B THEN u = N B
- R 5 : IF e = P B AND de / dt = N M THEN u = N M

【0228】これらの温度制御ルールは, 「温度偏差  
e」が正であり, かつ, 「偏差微分 de/dt」が負の場合  
に, すなわち, 温度偏差 e を減少させるためのルール群  
である。

【0229】図37は, 学習処理55における処理手順を示  
すフロー・チャートである。

【0230】学習処理55は, 学習によって生成された温  
度制御知識の温度制御ルールの入力空間において, 学習  
に用いた温度誤差 e および誤差微分 de/dt のデータ数の  
応じて, 優先順位を決定する(図41; ステップ141)。  
たとえば, 優先順位は, R 3, R 2, R 1, R 4, R 5  
の順になる。

【0231】学習処理55は, 優先順位が付けられた温度  
制御ルールを, ファジィ推論処理53から与えられる推論  
周期を表すデータによって規定される推論サイクル内で  
転送可能なブロックに分割する(図41; ステップ142  
 )。

【0232】たとえば, 優先順位が付けられた温度制御  
ルールを分割すると, 「R 3, R 2」, 「R 1, R  
4」, 「R 5」となる。

【0234】学習処理55は, 新たに生成した前件部変数  
のメンバーシップ関数をファジィ推論処理53に転送し,  
その後, ステップ132 で分割した温度制御ルールを優先  
順位の高い順にブロック毎にファジィ推論処理53の推論  
サイクル毎に転送する(図41; ステップ143)。

【0235】たとえば, 前件部変数「温度偏差 e」の言  
語情報「PM」を表すメンバーシップ関数と, 後件部変  
数「偏差微分 de/dt」の言語情報「NM」を表すメン  
バーシップ関数とが学習処理55によって新たに生成されて  
いるので, 学習処理55は, これらの言語情報を表すメン  
バーシップ関数を, ファジィ推論処理53から与えられる  
タイミング信号に同期してファジィ推論処理53に転送す  
る。その後, 学習処理55は, ステップ143 で分割した  
「R 3, R 2」, 「R 1, R 4」および「R 5」を, こ  
の順序でファジィ推論処理53から与えられるタイミング  
信号に同期してファジィ推論処理53に転送する。

【0236】学習処理55は, 必要に応じて学習によって  
生成された温度制御知識のうち, 残りの温度制御知識を

\* 表すメンバーシップ関数もそれぞれ生成されている。温  
度制御ルールの後件部変数「操作量 u」に関して, 言語  
情報およびメンバーシップ関数の追加または修正は行わ  
れていない。

【0226】温度制御ルールに関しては, 学習処理53の  
学習によって以下の追加されている。

【0227】

推論サイクル内で転送できるブロックに分割して転送す  
る(図41; ステップ144)。

【0237】この第5実施例においては, ファジィ推論  
処理53にあらかじめ設定された温度制御知識に学習によ  
って新たに生成された温度制御ルールとメンバーシップ  
関数とが追加されるだけであるので, このステップにおい  
て知識転送は行われぬ。

20 【0238】このようにして, 学習処理55によって新た  
に生成された温度制御ルールおよびメンバーシップ関数  
がファジィ推論処理53に転送される。

【0239】ファジィ推論処理53は, 学習処理55から転  
送された温度制御ルールとメンバーシップ関数を, あら  
かじめ設定された温度制御知識に追加してファジィ推論  
を行う。これによって, ファジィ推論処理53は, 推論誤  
差が大きかった入力空間について, 学習処理55によって  
新たに生成された温度制御ルールおよびメンバーシップ  
関数を用いて推論を行うことができる。したがってファ  
ジィ制御処理51の制御性能を改善することができる。

30 【0240】図38は, ファジィ推論処理53が学習後の知  
識を用いて制御を行った場合, 給湯システムの出湯温度  
Tを示すグラフの一例が示されている。学習による温度  
制御知識が新たに追加されたことによって, 学習前のハ  
イブリッド制御の場合よりも, さらに制御性能が約15

[ % ] 程度改善された。  
【図面の簡単な説明】  
【図1】ファジィ知識をファジィ推論装置にオンライン  
で転送する場合, ファジィ知識の転送方法を分類した分  
類表の一例である。

【図2】第1実施例~第4実施例までに共通のガラス製  
品工程の全体的構成を示すブロック図である。  
【図3】第1実施例から第3実施例までに共通の目標値  
生成装置および目標値生成知識生成装置の詳細な構成を  
示す機能ブロック図である。

40 【図4】目標温度補正量推論処理にあらかじめ設定され  
た目標知識生成知識の一例である。

【図5】成形回数毎の目標温度および計測重量を表すグ  
ラフの一例である。

50 【図6】目標値生成知識が不適正な場合における成形回

数毎の目標温度および計測重量を表すグラフの一例である。

【図7】学習処理によって生成された目標知識生成知識の一例である。

【図8】第1実施例について、知識変更処理における処理手順を示すフロー・チャートである。

【図9】第1実施例について、知識変更処理における処理手順を示すフロー・チャートである。

【図10】第1実施例について、知識分割処理によって知識転送用メモリに設定された目標値生成知識の一例である。

【図11】第1実施例について、学習処理によって生成された目標値生成知識を、目標温度補正量推論処理に転送する前後の目標温度および計測重量を示すグラフである。

【図12】第2実施例について、知識更新処理における処理手順を示すフロー・チャートである。

【図13】第2実施例について、知識更新処理における処理手順を示すフロー・チャートである。

【図14】第2実施例について、知識転送用メモリに設定された目標値生成知識の一例である。

【図15】第2実施例について、学習処理によって生成された目標値生成知識を目標温度補正量推論処理に転送する前後の目標温度および計測重量を示すグラフである。

【図16】第3実施例について、第1回目の学習後に知識転送用メモリに設定された目標値生成知識の一例である。

【図17】第3実施例について、第1回目の学習後の目標生成知識を目標温度補正量推論処理に転送したときの目標温度補正量推論処理に設定された目標値生成知識を示す。

【図18】第3実施例について、第2回目の学習後に知識転送用メモリに設定された目標値生成知識の一例である。

【図19】第3実施例について、第21回目の学習後の目標生成知識を目標温度補正量推論処理に転送したときの目標温度補正量推論処理に設定された目標値生成知識を示す。

【図20】第3実施例について、学習処理によって生成された目標値生成知識を、目標温度補正量推論処理に転送する前後の目標温度および計測重量を示すグラフである。

【図21】第3実施例について、目標値生成装置および目標値生成知識生成装置の詳細な構成を示す機能ブロック図である。

【図22】第3実施例について、目標温度補正量推論処理にあらかじめ設定された目標知識生成知識の一例である。

【図23】学習処理によって生成された目標知識生成知識の一例である。

【図24】目標値生成知識を非対称に転送した場合、目標温度補正量推論処理に設定された目標値生成知識の一例である。

【図25】目標値生成知識を非対称に転送した場合、目標温度補正量推論処理が推論を行ったときの計測重量および目標温度を表すグラフである。

【図26】第4実施例について、知識更新処理における処理手順を示すフロー・チャートである。

【図27】第4実施例について、知識更新処理における処理手順を示すフロー・チャートである。

【図28】優先順位付け処理にあらかじめ設定された因果関係テーブルの一例を示す。

【図29】目標値生成知識の相互に因果関係のある目標値生成ルールのグループについて、優先順位を付けたときの一例である。

【図30】第4実施例において、知識転送用メモリに設定された目標値生成知識の一例である。

【図31】第4実施例において、目標値生成知識のうち「グループA」を知識更新処理から目標温度補正量推論処理に転送したとき、目標温度補正量推論処理に設定された目標温度知識を示す。

【図32】第4実施例において、目標値生成知識のうち「グループB」までを知識更新処理から目標温度補正量推論処理に転送したとき、目標温度補正量推論処理に設定された目標温度知識を示す。

【図33】第4実施例について、学習処理の学習によって生成された目標値生成知識を目標温度補正量推論処理に転送する前後の目標温度および計測重量を示すグラフである。

【図34】給湯器システムの全体的構成を示すブロック図である。

【図35】制御装置の詳細な構成を示す機能ブロック図である。

【図36】ファジィ推論処理にあらかじめ設定された温度制御知識の温度制御ルールの一例である。

【図37】ファジィ推論処理にあらかじめ設定された温度制御知識のメンバーシップ関数の一例である。

【図38】給湯器システムにおける出湯温度について、PID制御と、PID制御およびファジィ制御を組み合わせたハイブリッド制御との外乱に対する応答を示すグラフである。

【図39】学習によって生成された温度制御知識の温度制御ルールの一例である。

【図40】学習によって生成された温度制御知識のメンバーシップ関数の一例である。

【図41】第5実施例において、学習処理における知識転送の処理手順を示すフロー・チャートである。

【図42】第5実施例の給湯器システムにおける出湯温度について、PID制御、学習前のハイブリッド制御、および学習後のハイブリッド制御について、外乱に対する

応答を示すグラフである。

【符号の説明】

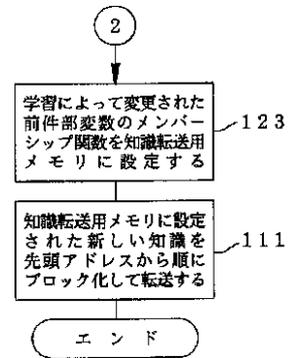
- 10 温度調節器
- 20 目標値生成装置
- 21, 23 加算処理
- 22 目標温度補正量推論処理
- 30 目標値生成知識生成装置
- 31 学習処理
- 32 知識更新処理
- 33 優先順位付け処理
- 34 知識分割処理
- 35 知識転送用メモリ

- \* 40 制御装置
- 41 P I D制御処理
- 42, 47 加算処理
- 43 比例ゲイン
- 44 P制御処理
- 45 I制御処理
- 46 D制御処理
- 51 ファジィ制御処理
- 52 微分処理
- 10 53 ファジィ推論処理
- 54 比例ゲイン
- \* 55 学習処理

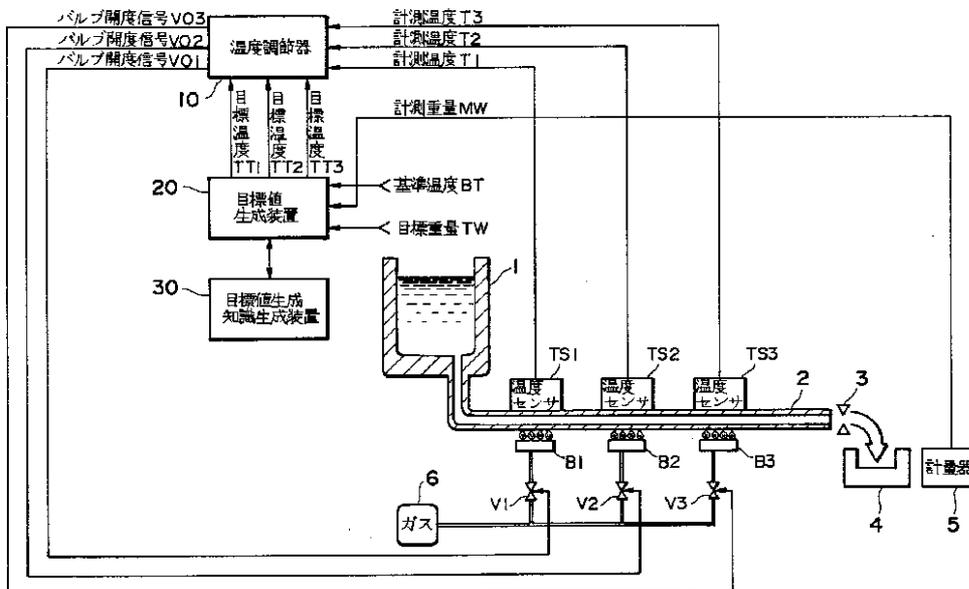
【図 1】

転送時間<推論サイクル	推論サイクル<転送時間						
すべてのファジィ知識を一括して転送する	ファジィ知識を推論サイクル内で転送可能なブロックに単純に分割しですべて転送する	ファジィ知識をファジィ・ルール毎に優先順位を付けて、優先順位の高い順に推論サイクル内で転送可能なブロックに分割する	すべてのファジィ知識を転送する (第 1 実施例)	優先順位の高いもののみを転送する (第 2 実施例) (第 3 実施例)	ファジィ知識の中で相互に因果関係のあるファジィ・ルールをセットにしてそのルール・セットを推論サイクル内で転送可能なブロックにファジィ知識を分割する	全体的な観点から記述されたルール・セットから優先して転送する (第 4 実施例)	局所的な観点から記述されているが精密なファジィ推論を行なうためのルール・セットを優先して転送する (第 5 実施例)

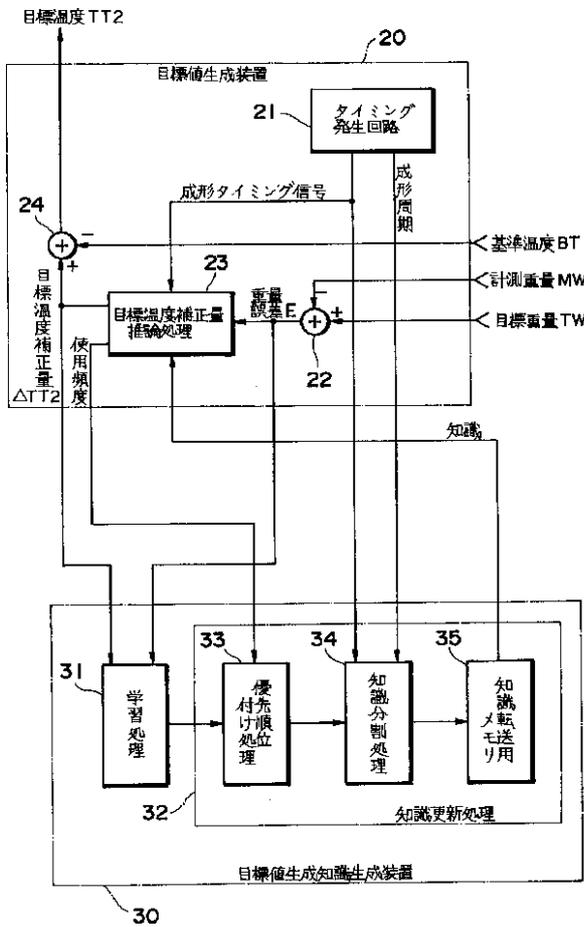
【図 1 3】



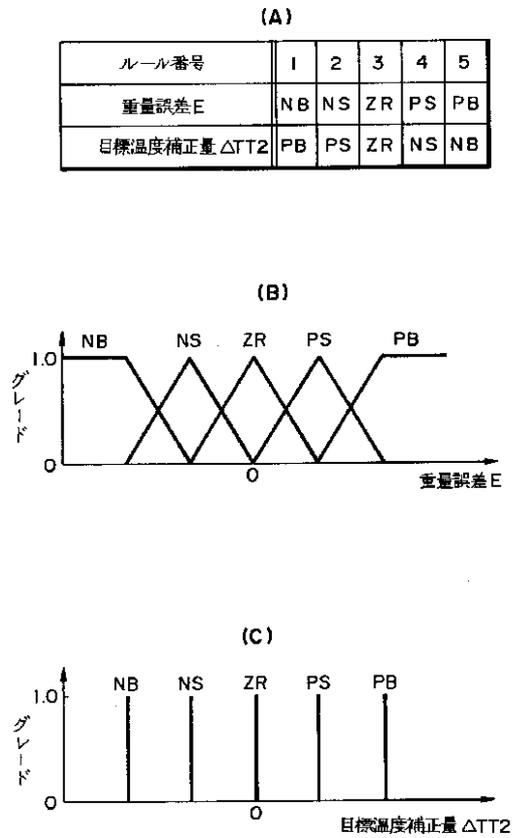
【図 2】



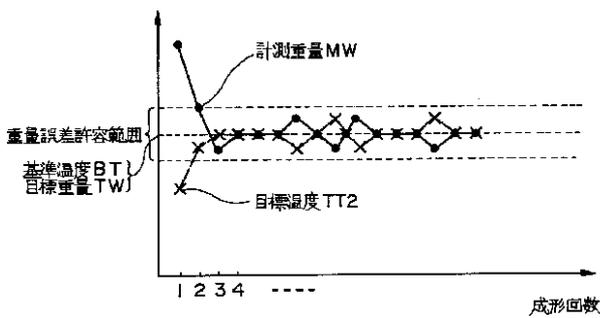
【図 3】



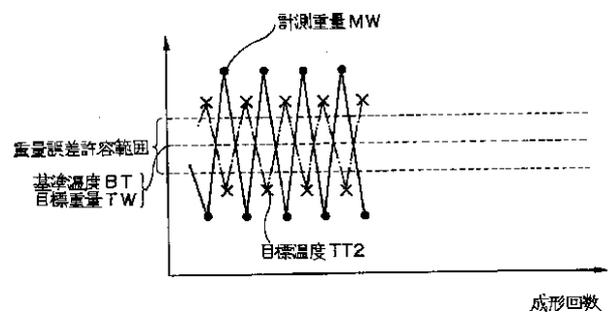
【図 4】



【図 5】



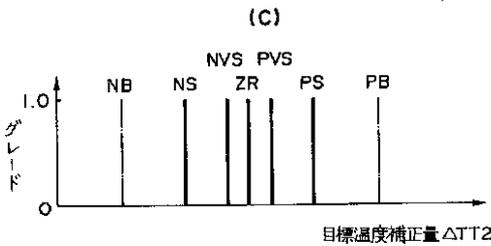
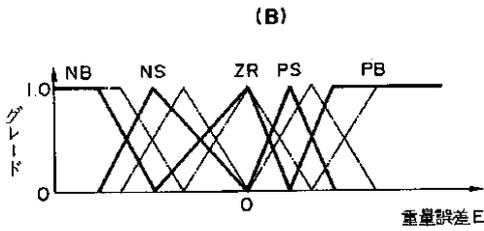
【図 6】



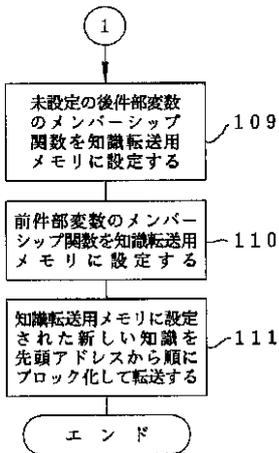
【図7】

(A)

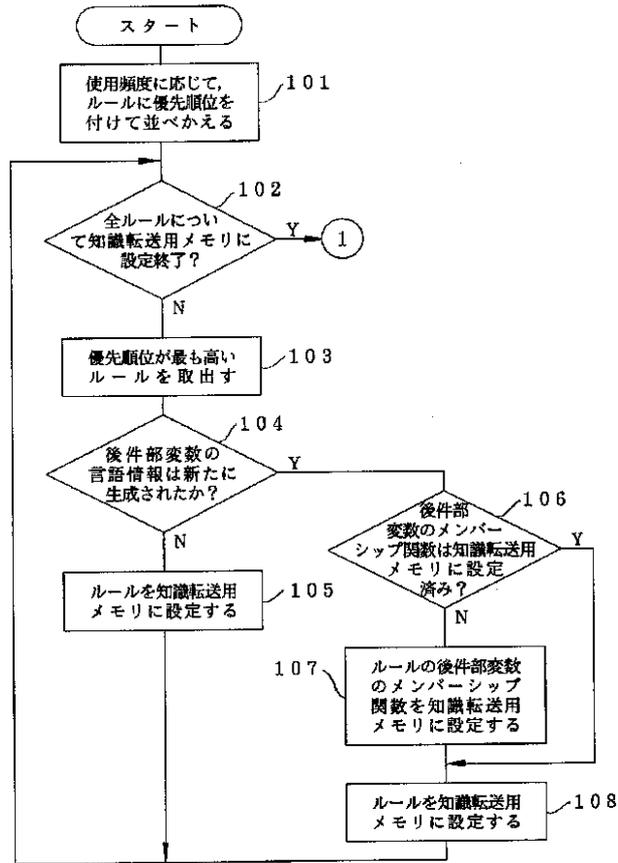
ルール番号	1	2	3	4	5
重量誤差 E	NB	NS	ZR	PS	PB
目標温度補正量 $\Delta TT2$	PS	PVS	ZR	NVS	NS



【図9】



【図8】



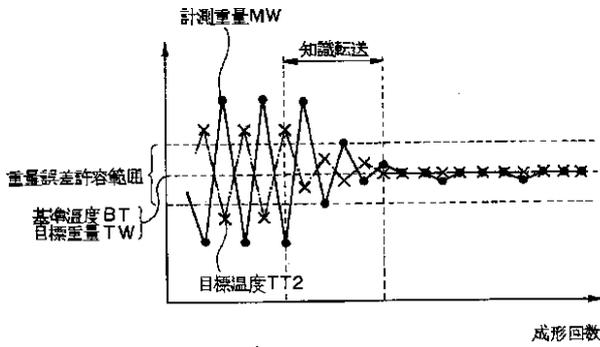
【図10】

ルール 1
ルール 5
後件部変数メンバーシップ関数 PVS
ルール 2
後件部変数メンバーシップ関数 NVS
ルール 4
ルール 3
後件部変数メンバーシップ関数 PS
後件部変数メンバーシップ関数 NS
後件部変数メンバーシップ関数 ZR
前件部変数メンバーシップ関数 NB
前件部変数メンバーシップ関数 PB
前件部変数メンバーシップ関数 NS
前件部変数メンバーシップ関数 PS
前件部変数メンバーシップ関数 ZR

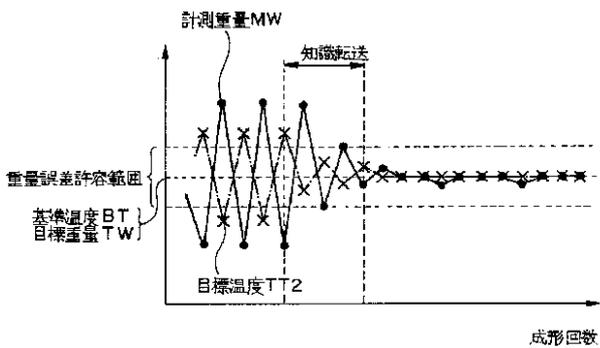
【図14】

第1回	ルール 1	第1回
第1回	ルール 5	第1回
第2回	後件部変数メンバーシップ関数 PVS	第2回
第2回	ルール 2	第2回
第2回	後件部変数メンバーシップ関数 NVS	第2回
第3回	ルール 4	第3回
第3回	前件部変数メンバーシップ関数 NB	第3回
第3回	前件部変数メンバーシップ関数 PB	第3回
第4回	前件部変数メンバーシップ関数 NS	第4回
第4回	前件部変数メンバーシップ関数 PS	第4回
第4回	前件部変数メンバーシップ関数 ZR	第4回
第5回	前件部変数メンバーシップ関数 ZR	第5回

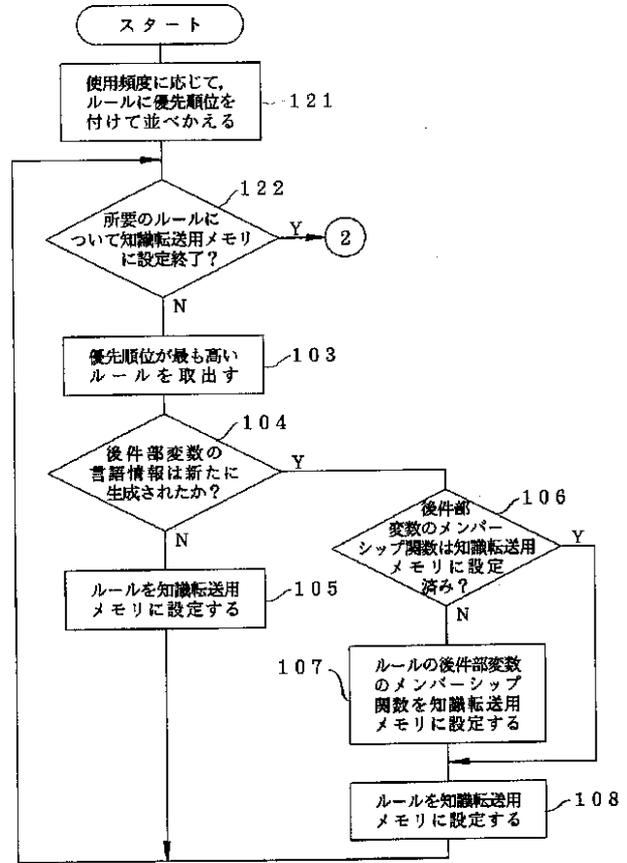
【図 11】



【図 15】



【図 12】



【図 16】

ルール 1	} 転送知識
ルール 5	
後件部変数メンバーシップ関数 PVS	
ルール 2	
後件部変数メンバーシップ関数 NVS	
ルール 4	
前件部変数メンバーシップ関数 NB	
前件部変数メンバーシップ関数 PB	
前件部変数メンバーシップ関数 NS	
前件部変数メンバーシップ関数 PS	
前件部変数メンバーシップ関数 ZR	

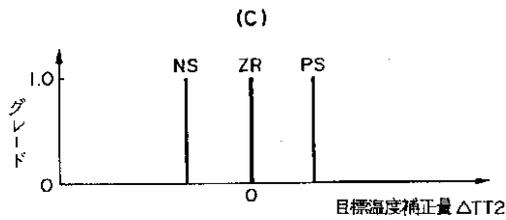
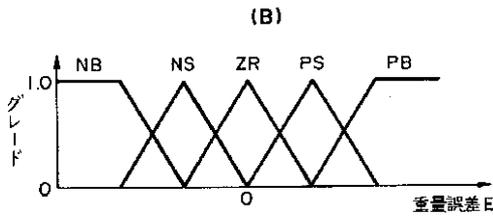
【図 18】

後件部変数メンバーシップ関数 PVS	} 転送知識
ルール 2	
後件部変数メンバーシップ関数 NVS	
ルール 4	
前件部変数メンバーシップ関数 NB	
前件部変数メンバーシップ関数 PB	
前件部変数メンバーシップ関数 NS	
前件部変数メンバーシップ関数 PS	
前件部変数メンバーシップ関数 ZR	

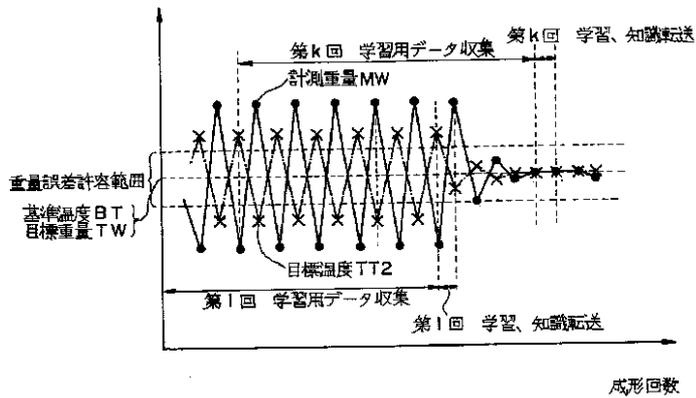
【図17】

(A)

ルール番号	1	2	3	4	5
重量誤差E	NB	NS	ZR	PS	PB
目標温度補正量 $\Delta TT2$	PS	PS	ZR	NS	NS



【図20】



【図28】

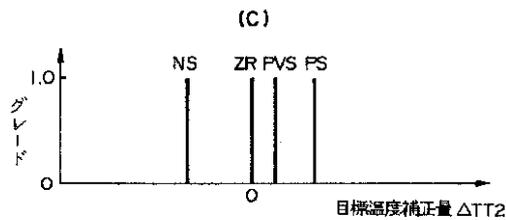
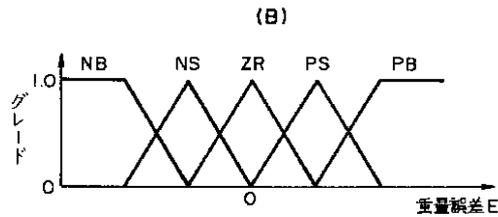
因果関係テーブル

グループ番号	ルール番号
A	1, 5
B	2, 4
C	3

【図19】

(A)

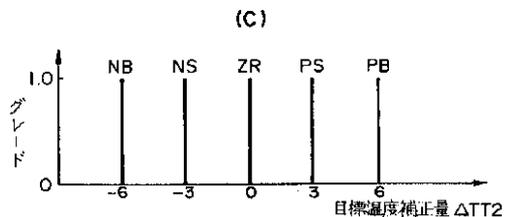
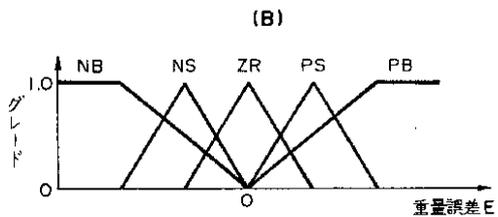
ルール番号	1	2	3	4	5
重量誤差E	NB	NS	ZR	PS	PB
目標温度補正量 $\Delta TT2$	PS	PVS	ZR	NS	NS



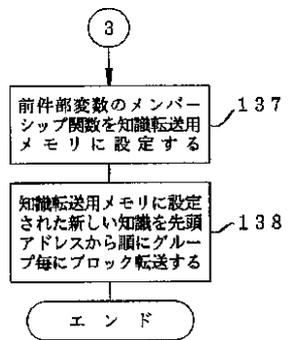
【図22】

(A)

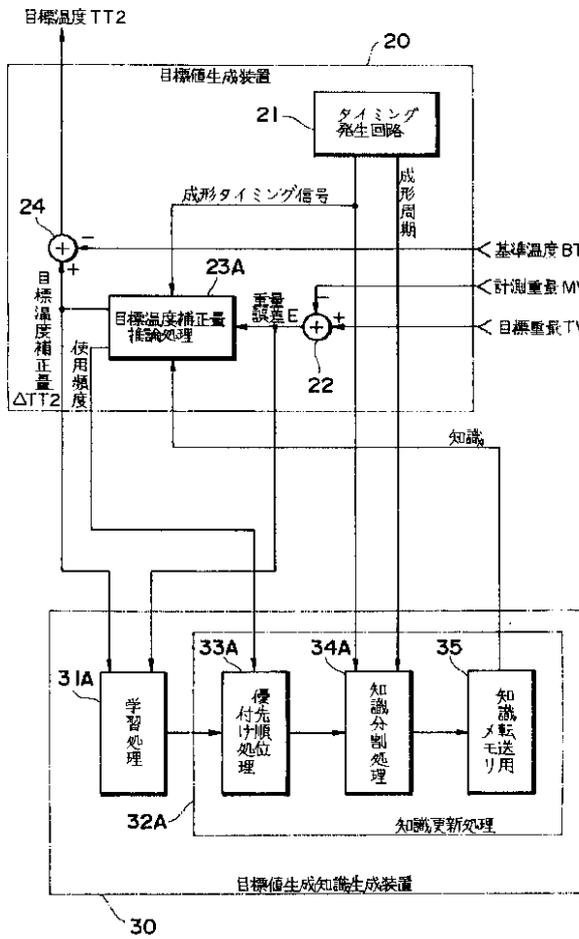
ルール番号	1	2	3	4	5
重量誤差E	NB	NS	ZR	PS	PB
目標温度補正量 $\Delta TT2$	PB	PS	ZR	NS	NB



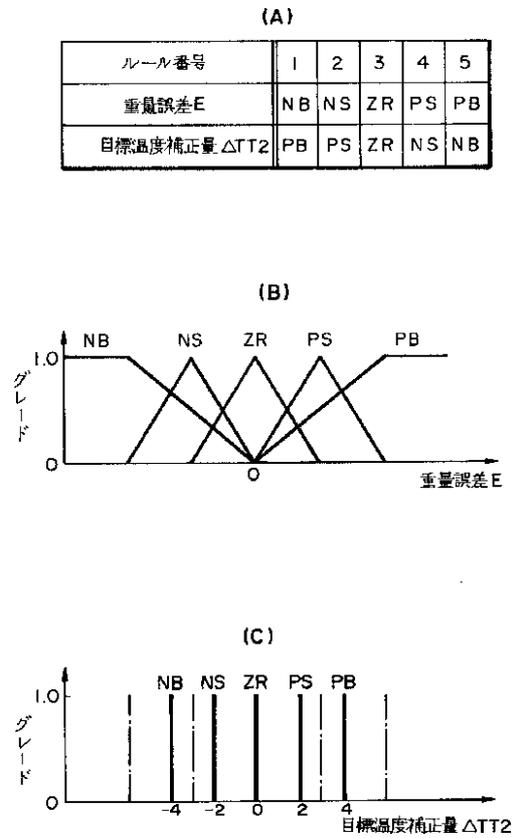
【図27】



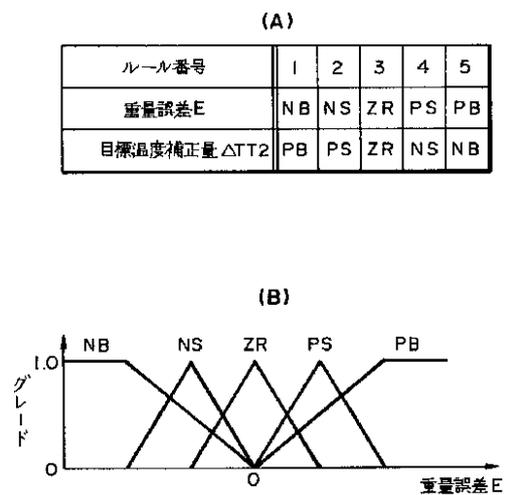
【図 2 1】



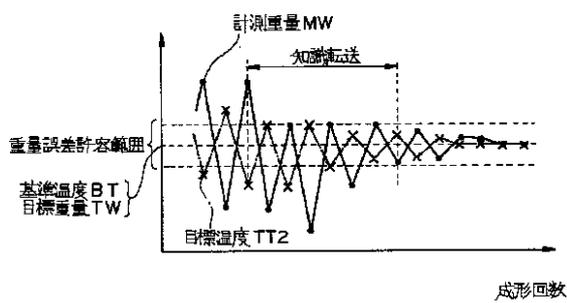
【図 2 3】



【図 2 4】

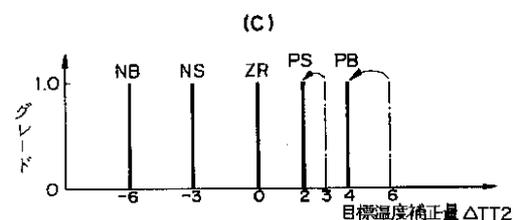


【図 2 5】

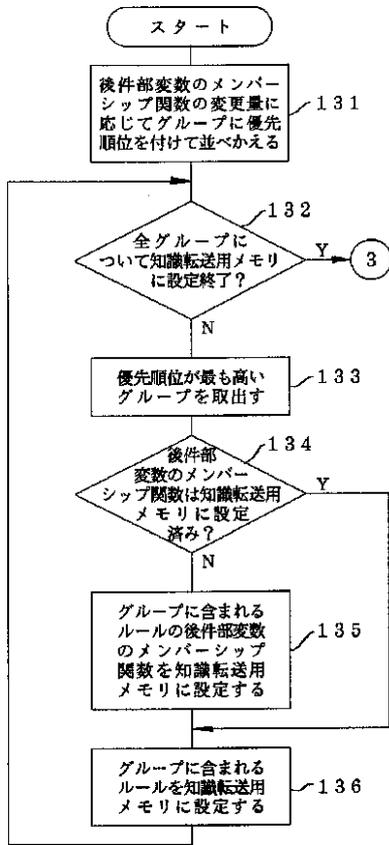


【図 2 9】

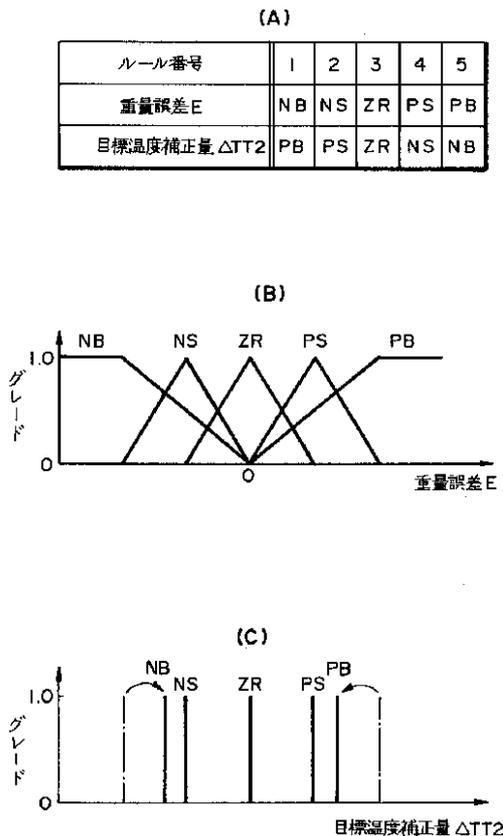
グループ番号	ルール番号	後件部変数メンバーシップ関数変更量	優先順位
A	1, 5	4	1
B	2, 4	2	2
C	3	0	3



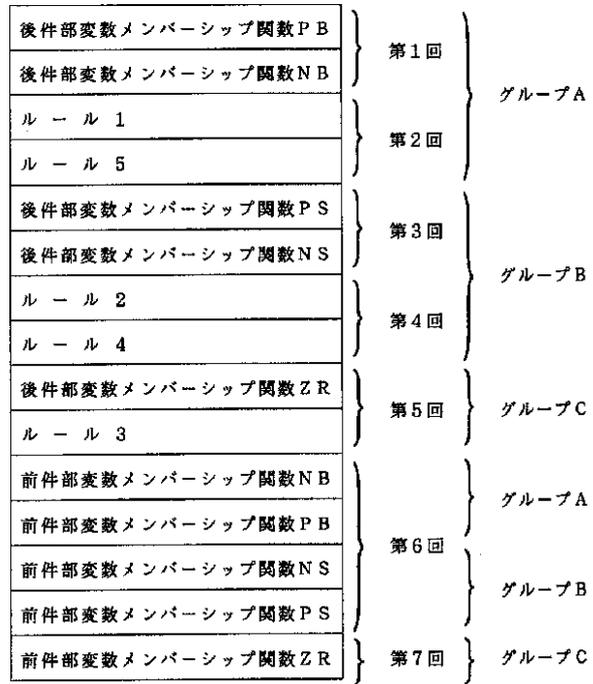
【図 2 6】



【図 3 1】



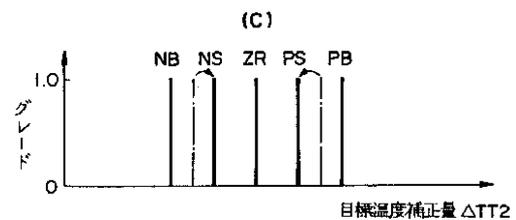
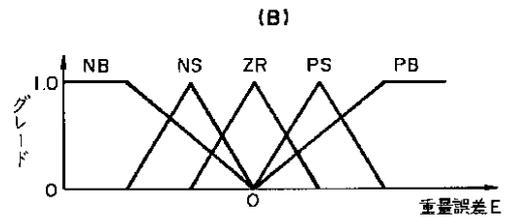
【図 3 0】



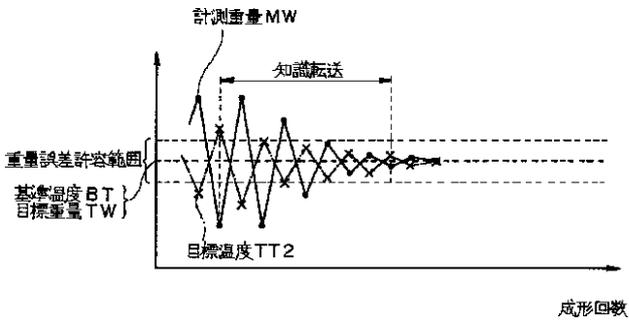
【図 3 2】

(A)

ルール番号	1	2	3	4	5
重量誤差 E	NB	NS	ZR	PS	PB
目標温度補正量 $\Delta TT2$	PB	PS	ZR	NS	NB



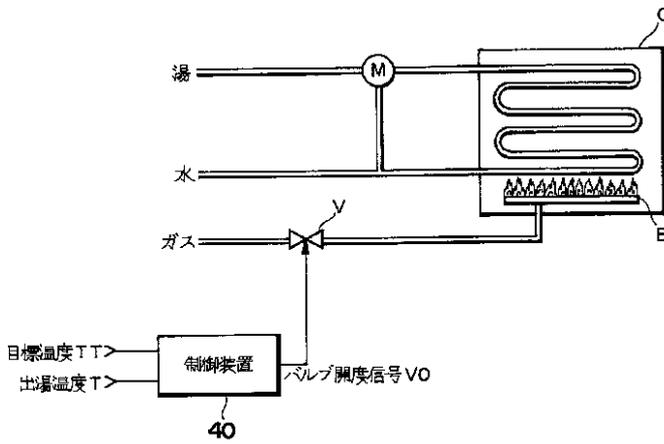
【図33】



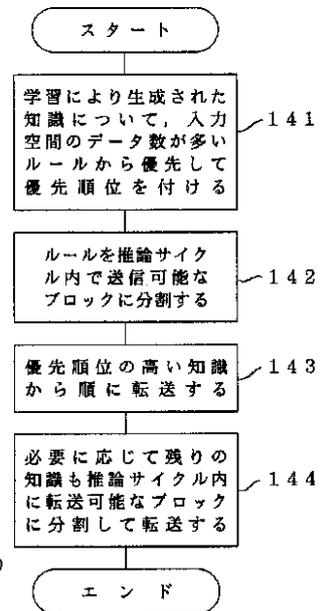
【図36】

	e	NB	NS	ZR	PS	PB
de/dt						
PB	PB	PB	PM	PB	PB	
PS	PS	ZR	ZR	PM	PB	
ZR	NS	ZR	ZR	ZR	PS	
NS	NB	NM	ZR	ZR	NS	
NB	NB	NB	NM	NB	NB	

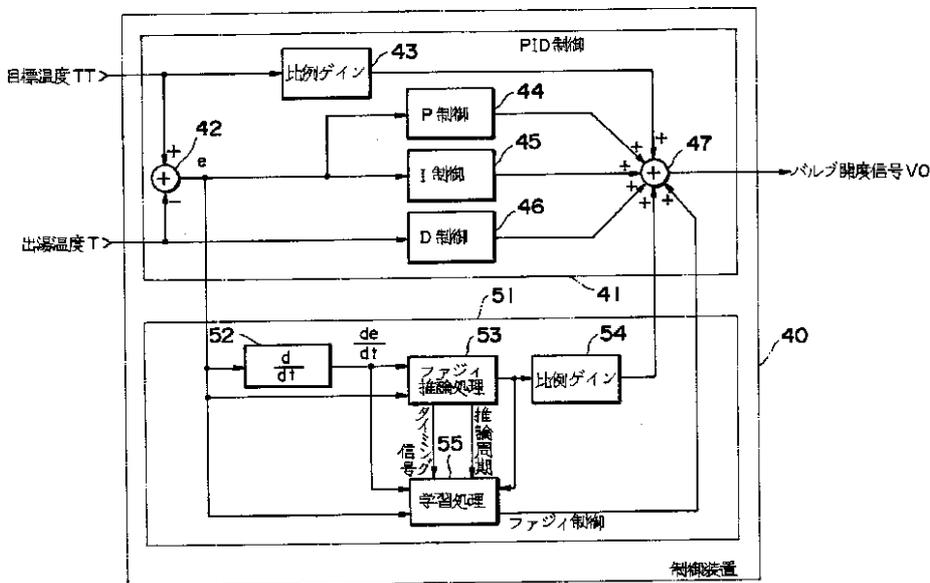
【図34】



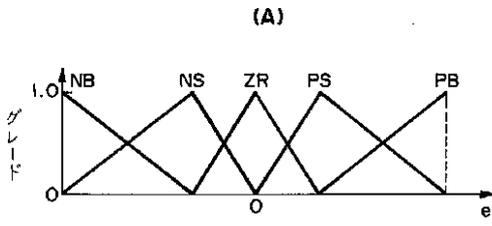
【図41】



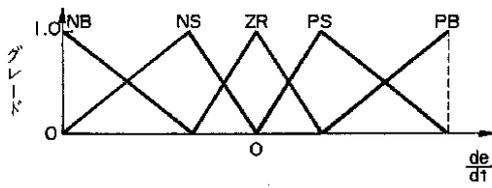
【図35】



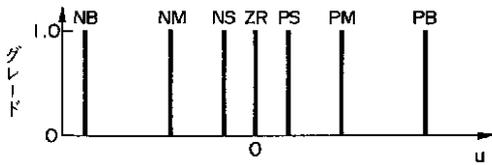
【図 37】



(B)



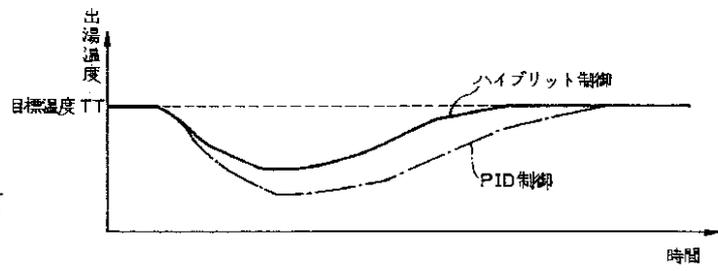
(C)



【図 39】

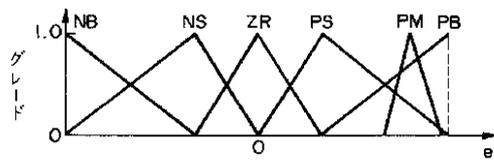
e \ de/dt	e	NB	NS	ZR	PS	PM	PB
PB	PB	PB	PM	PB			PB
PS	PS	ZR	ZR	PM			PB
ZR	NS	ZR	ZR	ZR			PS
NS	NB	NM	ZR	ZR	NS	NS	NS
NM				NS	NM	NM	NM
NB	NB	NB	NM	NB	NB	NB	NB

【図 38】

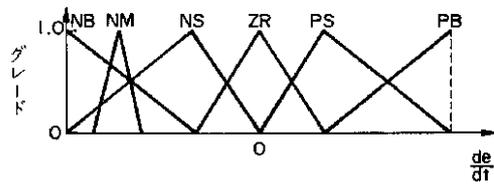


【図 40】

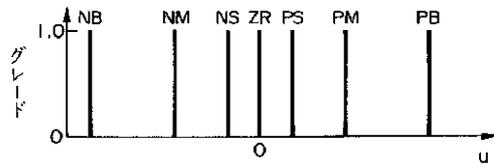
(A)



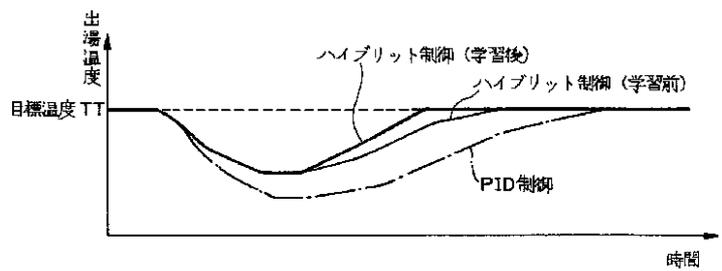
(B)



(C)



【図 42】



## フロントページの続き

(72)発明者 堤 ゆみ  
京都府京都市右京区花園土堂町10番地  
オムロン株式会社内

(72)発明者 田島 年浩  
京都府京都市右京区花園土堂町10番地  
オムロン株式会社内

(72)発明者 堤 康弘  
京都府京都市右京区花園土堂町10番地  
オムロン株式会社内

(72)発明者 相馬 宏司  
京都府京都市右京区花園土堂町10番地  
オムロン株式会社内

(72)発明者 芳 世紅  
京都府京都市右京区花園土堂町10番地  
オムロン株式会社内

(72)発明者 久野 敦司  
京都府京都市右京区花園土堂町10番地  
オムロン株式会社内

(56)参考文献 特開 平 5 - 282150 ( J P , A )  
特開 平 5 - 297913 ( J P , A )  
特開 平 3 - 293524 ( J P , A )  
坂口著、" U N I X 用開発支援システム  
の構築法"、エレクトロニクス、V o  
l . 36 ( 1991年11月 ) , p . 60 - 63

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B 名)

G06F 9/44

G06N 7/02