

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2504139号

(45)発行日 平成8年(1996)6月5日

(24)登録日 平成8年(1996)4月2日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 9/44	5 5 4	7737-5B	G 0 6 F 9/44	5 5 4 K

請求項の数6 (全 8 頁)

(21)出願番号	特願昭63-248666	(73)特許権者	999999999 オムロン株式会社 京都府京都市右京区花園土堂町10番地
(22)出願日	昭和63年(1988)9月30日	(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 立石電機株式会社内
(65)公開番号	特開平2-96240	(74)代理人	弁理士 松井 伸一
(43)公開日	平成2年(1990)4月9日	審査官	林 毅

(54)【発明の名称】 ファジィルール評価方法及び装置並びにファジィ推論装置

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】複数のファジィルールを用いて推論して得られた推論出力の評価値を求めるとともに、その推論出力を決定するに際して前記複数のファジィルールの中で最も大きな影響を与えたドミナントファジィルールを検出し、前記推論出力の評価値が高い時に検出されたドミナントファジィルールのルール評価値を高く、推論出力の評価値が低い時に検出されたドミナントファジィルールのルール評価値を低く評価し、かつ、異なる入力に対して上記処理を繰り返し行い、各ファジィルールに対するルール評価値を総合的に求めるようにしたファジィルール評価方法。

【請求項2】複数のファジィルールを用いて推論して得られた推論出力の評価値を生成する推論出力評価手段

2

と、前記複数のファジィルールの中で前記推論出力を決定するに際して最も大きな影響を与えたドミナントファジィルールを検出するドミナントルール検出手段と、前記推論出力評価手段から出力される前記推論出力の評価値と、前記ドミナントルール検出手段から出力される前記ドミナントファジィルールとにもとづいて、前記複数のファジィルールの評価値を求めるルール評価値算出手段とを備えたファジィルール評価装置。

10 【請求項3】制御対象の状態信号が入力され、予め設定された所定のファジィルールに従って推論を行う複数のルール処理部を備え、このルール処理部からの推論結果を合成し、この合成出力から上記制御対象を制御するための確定出力値を得るようにしたファジィ推論装置に設けられ、前記所定のファジィルールの評価を行うファジィ

ィルル評価装置において、上記各ルール処理部の出力と上記確定出力値とにもとづいて、上記確定出力値に最も大きな影響を与えたルール処理部を検出するドミナントルール検出手段と、上記制御対象からの状態信号にもとづいて、制御対象の制御結果を評価する制御結果評価手段と、上記ドミナントルール検出手段と制御結果評価手段の各出力にもとづいて、各ファジィルルの評価値を演算し、この評価値をルールごとに出力するルール評価値算出部とからなるファジィルル評価装置。

【請求項 4】前記推論出力評価手段または前記制御結果評価手段が、前記推論結果に対して所定のしきい値でもって良評価または不良評価のいずれかの評価値を決定するようにし、

前記ルール評価値算出部が、前記推論出力評価手段の評価結果が良評価のときのドミナントファジィルルの評価値を 1 単位加算し、不良評価のときのドミナントファジィルルの評価値を 1 単位減算する積算処理を行うものであることを特徴とする特許請求の範囲第 2 項または第 3 項に記載のファジィルル評価装置。

【請求項 5】前記推論出力評価手段または前記制御結果評価手段が、前記推論結果に対して多値の評価値を与えるようにし、

前記ルール評価値算出部が、前記評価値の種類に応じてそのときのドミナントファジィルルの評価値に対して所定数だけ増減する積算処理を行うものであることを特徴とする特許請求の範囲第 2 項または第 3 項に記載のファジィルル評価装置。

【請求項 6】少なくとも所定の入力に対して予め設定された所定のファジィルルに従って推論を行う複数のルール処理部と、このルール処理部からの推論結果を合成して確定出力値を得るようにしたファジィ推論装置であって、

前記ファジィ推論装置の少なくとも推論結果、確定出力値、各ルール処理部からの出力のなかの所定のデータに基づいてファジィルルの評価処理をする特許請求の範囲第 2 項～第 5 項のいずれか 1 項に示すファジィルル評価装置を備えたファジィ推論装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 産業上の利用分野

この発明は、ファジィコンピュータやファジィコントローラ等におけるファジィルルの適正度を評価するためのファジィルル評価方法及び評価装置並びにファジィ推論装置に関する。

##### 従来の技術

ファジィ推論を用いて各種制御を実行させるものとしてはすでに多くのものが提案されている。

ところで、このようなファジィ推論においては、前件部（IF～）と後件部（THEN～）とからなる所定のルールが経験則等にもとづいて設定される。しかし、このよう

にして選定されたルールに従って実際に推論を行なってみると、不要なルールや冗長なルールが重要なルールの中に混在している場合がある。こうした重要でないルルの存在は、ファジィ推論をハードウエアで実行する場合には余分な回路を必要とし、ソフトウエアで実行する場合にはプログラムが複雑となって処理時間が長くなるという問題点を生じさせる。そこで、ルルの適正度を評価し、適正を欠くルルについてはこれを修正する、いわゆるデバック処理が必要となる。

10 このため、ファジィルルの評価をするための装置が提案されているが、従来のものは、ファジィルルの前件部出力（適合度）をルルの評価値として用い、たとえばこの前件部出力を基準値と比較して、一定値以下の場合にはこれを推論演算の対象から除外するというものであった。（特開昭62-226304号公報参照。）

##### 発明が解決しようとする課題

20 しかしながら、上記のようにルルの前件部出力を評価値とするものでは、推論結果によって制御された制御対象の状態（たとえば、位置制御では、目標値に対する行き過ぎ量など）が全くルルの評価に反映されていない。つまり、従来のものでは、前件部の出力メンバーシップ関数の適合度が大きいルルを「良」、適合度が小さいルルを「不良」と評価しているにすぎない。

このため、適合度は小さいけれども実際には制御に有効に寄与しているルルが「不良」と評価され、適合度が大きいけれども実際には制御へ悪影響を及ぼしているルルが「良」と判定されてしまうという不具合が生じる。

30 この発明は上記不具合を解決し、真に制御に有効に寄与しているルルに対しては良い評価結果を与える一方、制御に悪影響を及ぼしているルルに対しては評価値を下げるようにして、信頼性の高い評価結果が得られるようなファジィルル評価方法及び装置並びにファジィ推論装置を提供することを課題としている。

##### 課題を解決するための手段

40 この発明は上記課題を解決するために、本発明に係るファジィルル評価方法では、複数のファジィルルを用いて推論して得られた推論出力の評価値を求めるとともに、その推論出力を決定するに際して前記複数のファジィルルの中で最も大きな影響を与えたドミナントファジィルルを検出し、前記推論出力の評価値が高い時に検出されたドミナントファジィルルのルール評価値を高く、推論出力の評価値が低い時に検出されたドミナントファジィルルのルール評価値を低く評価し、かつ異なる入力に対して上記処理を繰り返し行い、各ファジィルルに対するルール評価値を総合的に求めるようにした。

50 また、本発明のファジィルル評価装置では、複数のファジィルルを用いて推論して得られた推論出力の評価値を生成する推論出力評価手段と、前記複数のファジィルルの中で前記推論出力を決定するに際して最も大

きな影響を与えたドミナントファジィルールを検出するドミナントルール検出手段と、前記推論出力評価手段から出力される前記推論出力の評価値と、前記ドミナントルール検出手段から出力される前記ドミナントファジィルールとにもとづいて、前記複数のファジィルールの評価値を求めるルール評価値算出手段とを備えた。

また、制御対象の状態信号が入力され、予め設定された所定のファジィルールに従って推論を行う複数のルール処理部を備え、このルール処理部からの推論結果を合成し、この合成出力から上記制御対象を制御するための確定出力値を得るようにしたファジィ推論装置に設けられ、前記所定のファジィルールの評価を行うファジィルール評価装置において、上記各ルール処理部の出力と上記確定出力値とにもとづいて、上記確定出力値に最も大きな影響を与えたルール処理部を検出するドミナントルール検出手段と、上記制御対象からの状態信号にもとづいて、制御対象の制御結果を評価する制御結果評価手段と、上記ドミナントルール検出手段と制御結果評価手段の各出力にもとづいて、各ファジィルールの評価値を演算し、この評価値をルールごとに出力するルール評価値算出部とから構成しても良い。

そして、好ましくは、前記推論出力評価手段または前記制御結果評価手段が、前記推論結果に対して所定のしきい値をもって良評価 / 不良評価の 2 値を決定するようにし、前記ルール評価値算出部が、良評価のときのドミナントファジィルールの評価値を 1 加算し、不良評価のときのドミナントファジィルールの評価値を 1 減算する積算処理を行うようにすることである。

また、前記推論出力評価手段または前記制御結果評価手段が、前記推論結果に対して多値の評価値を与えるようにしてもよく、係る場合には、前記ルール評価値算出部が、前記評価値の種類に応じてそのときのドミナントファジィルールの評価値に対して所定数増減する積算処理を行うようにするのが好ましい。

さらに、本発明に係るファジィ推論装置では、少なくとも所定の入力に対して予め設定された所定のファジィルールに従って推論を行う複数のルール処理部と、このルール処理部からの推論結果を合成し、この合成出力から上記制御対象を制御するための確定出力値を得るようにしたファジィ推論装置を基本とし、そのファジィ推論装置の推論結果、各ルール処理部からの出力に基づいてファジィルールの評価処理をする上記した各種のファジィルール評価装置を備えることである。

#### 作用

複数のファジィルールを用いて推論して得られた推論出力の評価値を求めるとともに、その推論出力を決定するに際して前記複数のファジィルールの中で最も大きな影響を与えたドミナントファジィルールを検出する。すると、仮に推論結果が良好（制御目的に近付いている等）の場合には、その推論結果を得るためのドミナント

ファジィルールが良いルールであるとみなせる。換言すれば、推論結果が不良野時のドミナントファジィルールは、正しくファジィ論を行うために悪影響を与えるものとみなせる。従って、入力を変えて上記ドミナントファジィルールに対する各々の評価を行い、各評価を累積することにより各ファジィルールの評価値が求まる。

この発明のファジィルール評価装置における具体的な作用の一例としては、各ルール処理部から出力される推論結果、すなわち所定の適合度をもったメンバーシップ関数がドミナントルール検出部に入力される。

また、上記推論結果の合成出力から求めた制御のための確定出力値も上記ドミナントルール検出部に入力される。ドミナントルール検出部は、上記 2 種の入力にもとづいて、確定出力値に最も大きな影響を与えているルールがどれであるかを判別し、そのルールに対応するルール処理部を検出する。

一方、制御結果評価部は、上記確定出力値によって制御された制御対象の結果（たとえば偏差値）をみて、制御が良好に行なわれたか否かを評価し、その結果を出力する。そして、上記検出されたルール処理部を表わす出力と、制御結果評価出力とにもとづき、ルール評価値算出部は各ルールごとにそのルールの評価値を演算し出力する。

そして、その評価値の算出としては、たとえば前記推論結果に対する評価が良評価と不良評価の 2 値とした場合には、良評価のときのドミナントファジィルールの評価値を 1 加算し、不良評価のときのドミナントファジィルールの評価値を 1 減算するように積算処理すればよい。

また、前記推論結果に対して多値の評価値が与えられるような場合には、より評価値の高い（良評価の度合いが高い）ドミナントファジィルールに対しては上記加算値を大きくし、より評価値の低い（不良評価の度合いが高い）ドミナントファジィルールに対しては上記減算値を大きくすることにより、より精密なルール評価が行われる。

#### 実施例

以下、この発明の実施例を図面にもとづいて詳述する。第 1 図は、この発明によるファジィルール評価装置の一実施例を示すブロック図である。図において、1 はファジィ推論装置で、この実施例では 3 つのルール処理部 21, 22, 23 を備えている。各ルール処理部 21, 22, 23 には制御対象（図示せず）からの状態信号 V が入力される。この状態信号は、具体的には制御対象の状態（位置、角度、速度等）を監視するセンサの出力である。

各ルール処理部 21, 22, 23 は、それぞれ所定のファジィルールが予め設定されており、入力された上記状態信号にもとづいて、ファジィ推論を行なう。この推論結果は、所定の適合度をもったメンバーシップ関数の形で出力される。たとえば、三角形で表わされるメンバーシップ関数に対して入力の状態信号の適合度が 0.5 ならば、

上半分が削除された台形のメンバーシップ関数の形で出力される。この出力を第1図では、B1, B2, B3で表している。

これらの出力は、CMAX ( コレスポンディングマックス ) 回路3に入力される。CMAX回路3は3つの出力メンバーシップ関数B1, B2, B3の合成を行なう公知の回路であって、その出力値Cはデファジファイヤ4に与えられる。デファジファイヤ4は、合成されたメンバーシップ関数から確定出力値  $e^*$  を求める回路である。これを求める方法としては、たとえば、合成されたものの重心を算出し、これをもって確定出力値とする方法等がある。こうして算出された確定出力値  $e^*$  は制御対象へ与えられ、所定の制御が行なわれる。

5はドミナントルール検出部で、上記各ルール処理部21, 22, 23の出力B1, B2, B3と、デファジファイヤ4の出力  $e^*$  とが入力される。ドミナントルール検出部5は、確定出力値  $e^*$  に最も大きな影響を与えたルールがどれであることを検出する回路で、その具体的な一例を第2図に示す。

第2図において、ドミナントルール検出部5に入力されるデファジファイヤ4からの確定出力値  $e^*$  は、A/D変換器11によってデジタル量に変換される。この値はラッチ回路12によってラッチされる。ラッチ回路12の出力  $eA$  は、各アナログマルチプレクサ13, 14, 15の入力となるメンバーシップ関数B1, B2, B3を構成する信号ラインの中から、それぞれ1本の信号ラインを指定する。各アナログマルチプレクサ13, 14, 15は、 $eA$ によって指定された番号の信号ラインを、メンバーシップ関数B1, B2, B3を構成する信号ラインの中から選択して、それぞれ  $b1, b2, b3$  として出力する。 $b1, b2, b3$  上には、メンバーシップ関数B1, B2, B3の値  $e^*$  におけるメンバーシップ値を表わす電圧信号が乗っている。メンバーシップ値を表わすアナログ信号  $b1, b2, b3$  は、それぞれA/D変換器16, 17, 18に入力されて、デジタル信号  $d1, d2, d3$  に変換されて、最大位置検出部19に入力される。最大位置検出部19では、次の演算によってドミナントルール番号  $n$  を生成して出力する。

$$1: d1 \max ( d2, d3 )$$

$$n = 2: d2 > \max ( d1, d3 )$$

$$3: d3 > \max ( d1, d2 )$$

さて、第1図において、6は制御結果評価部で、積分回路7, 2値化回路8, 及び基準値設定回路9とからなる。この制御結果評価部6には、制御対象の状態信号と目標値との差の絶対値が偏差信号として入力される。入力された偏差信号は、積分回路7で積分された後2値化回路8へ与えられる。2値化回路8は、この積分値を基準値設定回路9によって設定された基準値と比較して2値化信号  $q$  を出力する。 $q$  が「L」レベルのときは制御結果が「良」、 $q$  が「H」レベルのときは制御結果が「不良」であるものとする

10はルール評価値算出部であって、上述したドミナントルール番号  $n$  と2値信号  $q$  とが入力される。このルール評価値算出部10は、これら  $n, q$  に基づいて各ファジィルールの評価値を演算し、出力するもので、その具体的な一例を第3図に示す。

第3図において、20はドミナントルール番号  $n$  が入力されるデコーダで、 $n = 1$  のとき出力  $en1$  が「H」、 $en2$  および  $en3$  が「L」となる。また、 $n = 2$  のとき  $en2$  が「H」、 $en1$  および  $en3$  が「L」となる。また、 $n = 3$  のときは  $en3$  が「H」、 $en1$  および  $en2$  が「L」となる。 $en1, en2, en3$  は、それぞれUP/DOWNカウンタ31, 32, 33のカウント動作を可能にするイネーブル信号となる。

各UP/DOWNカウンタ31, 32, 33は、それぞれルール番号1, 2, 3のルールの評価値を生成するカウンタである。各カウンタ31, 32, 33には、2値化回路8からの制御結果評価値  $q$  が入力される。この  $q$  は、各カウンタ31, 32, 33に対して、カウンタ種類を指定する。すなわち、 $q$  が「L」(制御結果が「良」) ならカウンタはUPカウンタとして働き、 $q$  が「H」(制御結果が「不良」) ならカウンタはDOWEカウンタとして働く。

また、各カウンタには、クロックジェネレータ24からクロックパルスCKおよびリセットパルスRSが供給される。リセットパルスRSは一定周期で各カウンタ31, 32, 33に与えられ、カウンタの桁あふれを防止するものである。

今、ある時点でファジィ推論を実行した結果、例えば  $q$  が「L」で、 $n$  が「1」の場合を考えると各カウンタ31, 32, 33はUPカウンタとして働く。しかし、 $n = 1$  であるからイネーブル信号  $en1$  のみが「H」となってカウンタ31のみが動作し、クロックジェネレータ24からのクロックパルスCKが入力されるたびにカウンタ31はルール1の評価値をカウントアップする。他のカウンタ32, 33は前回のルール評価値を保持したままである。そして、次の時点での推論の結果、例えば  $q$  が「H」で、 $n$  が「2」になったとすると、各カウンタはDOWNカウンタとして働き、カウンタ32のみが動作して、クロックパルスCKの入力ごとにカウンタ32はルール2の評価値をカウントダウンする。このとき他のカウンタ31, 33の値は変化しない。さらにその次の時点での推論の結果、例えば  $q$  が「H」で  $n$  が「1」になったとすると、カウンタ31は今度はDOWNカウンタとなって、ルール1の評価値をカウントダウンする。

このようにして、各カウンタ31, 32, 33は、制御結果の評価値  $q$  とドミナントルール番号  $n$  とに基づいて、各ルール(1~3)の評価値を演算し、これを各ルールごとに  $Q1, Q2, Q3$  として出力する。こき出力  $Q1, Q2, Q3$  は、第1図の表示部25へ供給され、この表示部25において、各ルールに対応させて評価値が例えば数値でデジタル表示される。したがって、この数値を見ることによって、各ルールの適性を容易に知る事ができる。

以上の実施例においては、制御結果評価部 6 の入力信号として偏差信号を用いたが、これ以外の例えば整定時間等を用いることもできる。

また、制御結果の評価値は必ずしも 2 値である必要はなく、例えば「良好」、「やや良好」、「普通」、「やや不良」、「不良」のように多段階に設定することもできる。この場合、例えば q の値によってクロックジェネレータ 24 の発生パルス数を可変にするように制御を行えばよい。

また、ルール評価値算出部の出力 Q1, Q2, Q3 のうち最大値あるいは最小値のみを表示部 25 に表示させたり、あるいは、Q1, Q2, Q3 の値を大きい順に表示させたりすることも勿論可能である。さらに、これらの出力 Q1, Q2, Q3 をプリンタに与えることにより、印字出力を得ることもできる。

#### 発明の効果

以上のようにして、この発明によれば、ファジィ推論の推論結果（確定出力値により制御した結果等）をルー

ル評価に反映させているので、推論（制御）に有効に寄与したルールは、たとえ出力メンバーシップ関数の適合度が小さくても良い評価値が与えられる。

逆に、推論（制御）に悪影響を与えたルールは、たとえ出力メンバーシップ関数の適合度が大きくても悪い評価が与えられる。

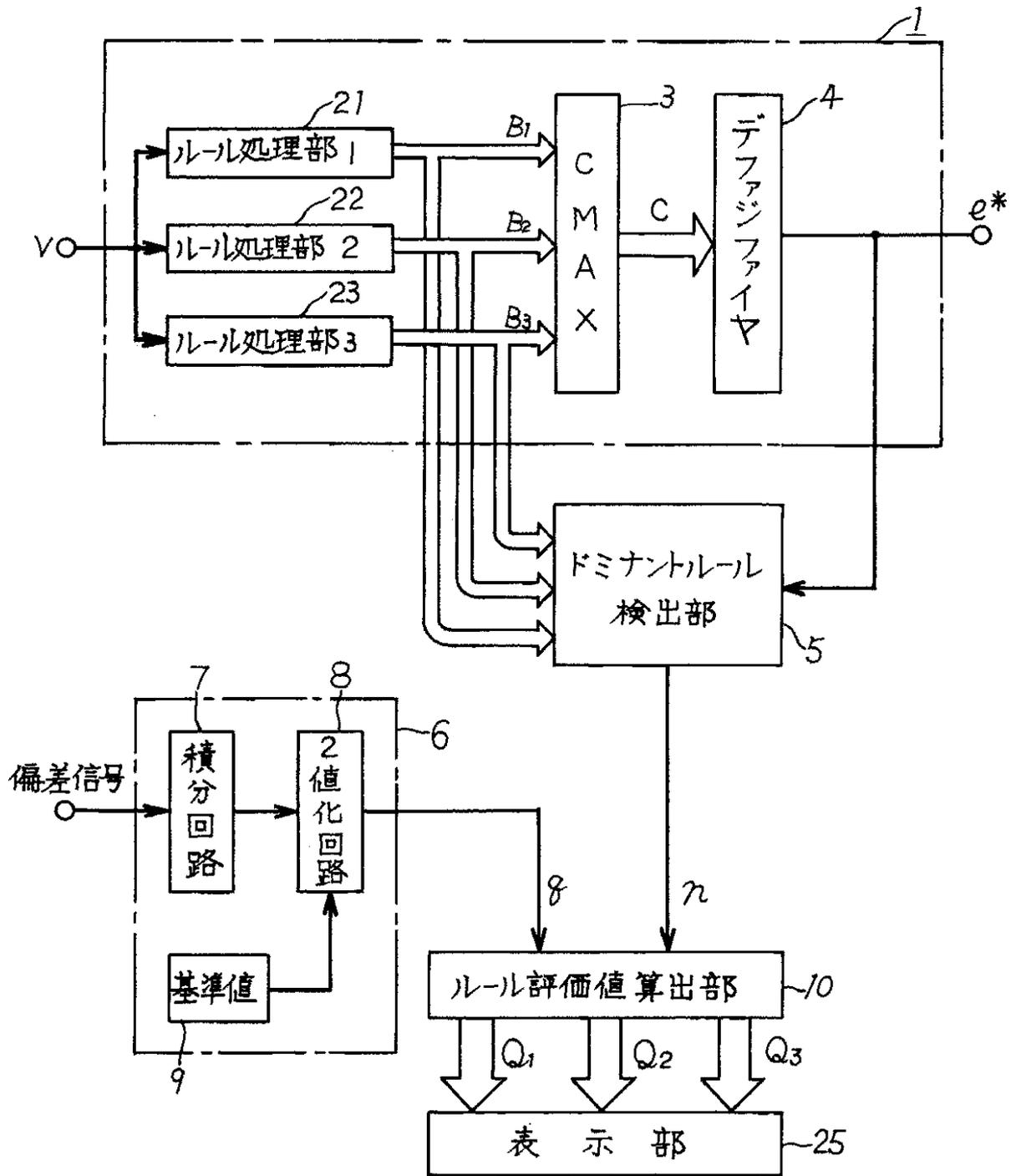
したがって、各ルールは適正に評価されることとなり、信頼性の高い評価出力を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

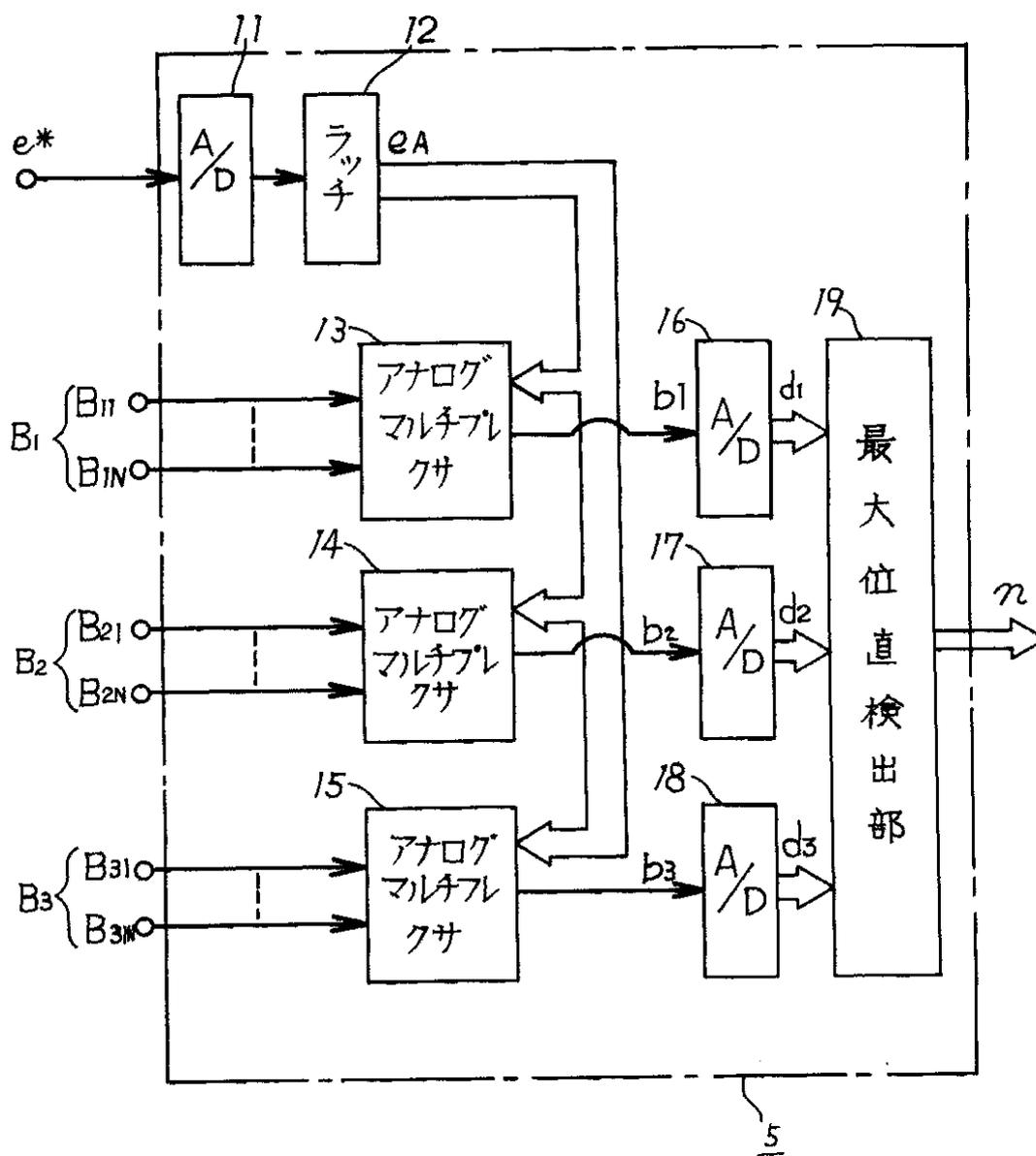
10 第 1 図は、この発明のファジィルール評価装置の一実施例を示すブロック図、第 2 図はドミナントルール検出部の具体例を示すブロック図、第 3 図はルール評価値算出部の具体例を示すブロック図である。

- 1 ..... ファジィ推論装置
- 21, 22, 23 ..... ルール処理部
- 5 ..... ドミナントルール検出部
- 6 ..... 制御結果評価部
- 10 ..... ルール評価値算出部

【第1図】



【第2図】



【第3図】

