

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3362364号
(P3362364)

(45)発行日 平成15年1月7日(2003.1.7)

(24)登録日 平成14年10月25日(2002.10.25)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I
G 0 6 N 7/02	5 5 4	G 0 6 N 7/02 5 5 4
G 0 8 G 1/16		G 0 8 G 1/16

請求項の数12(全 16 頁)

(21)出願番号	特願平4-212379	(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
(22)出願日	平成4年7月17日(1992.7.17)	(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
(65)公開番号	特開平6-35706	(74)代理人	100080322 弁理士 牛久 健司
(43)公開日	平成6年2月10日(1994.2.10)		
審査請求日	平成11年3月4日(1999.3.4)		
審判番号	不服2001-2921(P2001-2921/J1)		
審判請求日	平成13年2月28日(2001.2.28)		
		合議体	
		審判長	西川 正俊
		審判官	石井 茂和
		審判官	大橋 隆夫

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ファジィ推論システムおよび方法ならびに前件部処理装置

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 スカラ量の入力変数に対しては入力変数コードとメンバーシップ関数を表わすコードとを用いて、パターン情報の入力変数に対しては入力変数コードとパターンのカテゴリを表わすコードとを用いて表現され、かつ入力変数についてスカラ量がパターン情報の区別を表わす区別コードを含んでいる1または複数の前件部サブルールと、後件部サブルールとからそれぞれ構成される複数のファジィ・ルールを記憶するルール記憶手段、
上記ルール記憶手段から読出される処理すべき前件部サブルールによって指定されるメンバーシップ関数に対する、スカラ量センサから入力する入力信号の適合度を求める第1の適合度演算手段、
上記ルール記憶手段から読出される処理すべき前件部サ

2

ブルーールによって指定されるカテゴリに対する、パターン情報センサから入力する入力信号の適合度を求める第2の適合度演算手段、
上記ルール記憶手段から読出される処理すべき前件部サブルールの上記区別コードにしたがって上記第1および第2の適合度演算手段を切替える切替え手段、ならびに上記切替え手段によって選択された第1または第2の適合度演算手段から得られる適合度に所定の演算を施してファジィ推論出力を発生する推論演算手段、
10 を備えたファジィ推論システム。

【請求項2】 複数のセンサから入力する入力信号のうち、上記ルール記憶手段から読出される処理すべき前件部サブルールに含まれる入力変数の種類によって指定されるものを選択して、上記第1または第2の適合度演算手段に与えるセレクト手段、

をさらに備えた請求項 1 に記載のファジィ推論システム。

【請求項 3】 スカラ量の入力変数に対しては入力変数コードとメンバーシップ関数を表わすコードとを用いて、パターン情報の入力変数に対しては入力変数コードとパターンのカテゴリを表わすコードとを用いて表現され、かつ入力変数についてスカラ量がパターン情報かの区別を表わす区別コードを含んでいる 1 または複数の前件部サブルールを含むあらかじめ設定されたファジィ・ルールにしたがって前件部適合度を生成する前件部処理装置であり、前件部サブルールによって指定されるメンバーシップ関数に対する、スカラ量センサから入力する入力信号の適合度を求める第 1 の適合度演算手段、前件部サブルールによって指定されるカテゴリに対する、パターン情報センサから入力する入力信号の適合度を求める第 2 の適合度演算手段、前件部サブルールに含まれる上記区別コードにしたがって上記第 1 および第 2 の適合度演算手段を切替える切替え手段、ならびに上記切替え手段によって選択された第 1 または第 2 の適合度演算手段から得られる適合度に所定の演算を施してファジィ・ルールごとの前件部適合度を発生する演算手段、を備えた前件部処理装置。

【請求項 4】 上記第 2 の適合度演算手段が、複数のカテゴリのそれぞれについて標準パターン情報をあらかじめ格納した標準パターン記憶手段、入力信号によって表わされる入力パターン情報と、上記標準パターン記憶手段の前件部サブルールによって指定されるカテゴリの標準パターン情報との距離を算出する距離算出手段、および距離が零の場合に 1 の値をとり、距離が大きくなるにつれて値が減少するように、上記距離算出手段から得られる距離を適合度に変換する適合度生成手段、を備えている請求項 3 に記載の前件部処理装置。

【請求項 5】 パターン情報を入力する上記パターン情報センサをさらに備え、上記第 2 の適合度演算手段が、上記パターン情報センサによって入力されたパターン情報に関係づけられたカテゴリを、そのカテゴリに関する標準パターン情報に変換する標準パターン情報生成手段、上記パターン情報センサによって入力されたパターン情報と上記標準パターン情報生成手段によって生成された標準パターン情報との距離を算出する距離算出手段、および距離が零の場合に 1 の値をとり、距離が大きくなるにつれて値が減少するように、上記距離算出手段から得られる距離を適合度に変換する適合度生成手段を備えた、請求項 3 に記載の前件部処理装置。

【請求項 6】 上記標準パターン情報生成手段が標準パターン情報の特徴ベクトルを生成するものであり、上記距離算出手段が入力パターン情報の特徴量を抽出し、抽出した特徴量から特徴ベクトルを生成し、標準パターン情報の特徴ベクトルと入力パターン情報の特徴ベクトルとの距離を算出するものである、請求項 5 に記載の前件部処理装置。

【請求項 7】 上記距離算出手段が標準パターン情報と入力パターン情報とのパターン・マッチングを行ない、パターンの不一致度から上記距離を算出するものである、請求項 5 に記載の前件部処理装置。

【請求項 8】 スカラ量の入力変数に対しては入力変数コードとメンバーシップ関数を表わすコードとを用いて、パターン情報の入力変数に対しては入力変数コードとパターンのカテゴリを表わすコードとを用いて表現され、かつ入力変数についてスカラ量がパターン情報かの区別を表わす区別コードを含んでいる 1 または複数の前件部サブルールと、後件部サブルールとからそれぞれ構成される複数のファジィ・ルールをあらかじめルール・メモリに設定しておき、

上記ルール・メモリからファジィ・ルールを読み出し、その前件部サブルールの入力変数がスカラ量に関するものであるときは、読み出された前件部サブルールによって指定されるメンバーシップ関数に対する、スカラ量センサから入力する入力信号の適合度を求め、上記ルール・メモリから読み出された前件部サブルールの入力変数がパターン情報に関するものであるときには、読み出された前件部サブルールによって指定されるカテゴリに対する、パターン情報センサから入力する入力信号の適合度を求め、得られる適合度に所定の演算を施してファジィ推論出力を発生する、ファジィ推論方法。

【請求項 9】 複数のカテゴリのそれぞれについて標準パターン情報をあらかじめ標準パターン・メモリに格納しておき、入力信号によって表わされる入力パターン情報と上記メモリの前件部サブルールによって指定されるカテゴリの標準パターン情報との距離を算出し、距離が零の場合に 1 の値をとり、距離が大きくなるにつれて値が減少するように、算出された距離を、パターン情報を表わす入力信号の適合度に変換する、請求項 8 に記載のファジィ推論方法。

【請求項 10】 与えられるパターン情報を入力し、入力されたパターン情報に関係づけられたカテゴリを、そのカテゴリに関する標準パターン情報に変換し、入力されたパターン情報と上記変換により生成された標準パターン情報との距離を算出し、距離が零の場合に 1 の値をとり、距離が大きくなるにつ

れて値が減少するように、算出された距離を、パターン情報を表わす入力信号の適合度に変換する、請求項 8 に記載のファジィ推論方法。

【請求項 1 1】 標準パターン情報の特徴ベクトルを生成し、
入力パターン情報の特徴量を抽出し、抽出した特徴量から特徴ベクトルを生成し、標準パターン情報の特徴ベクトルと入力パターン情報の特徴ベクトルとの距離を算出する、
請求項 10 に記載のファジィ推論方法。

【請求項 1 2】 標準パターン情報と入力パターン情報とのパターン・マッチングを行ない、パターンの不一致度から上記距離を算出する、
請求項 10 に記載のファジィ推論方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【技術分野】この発明は、パターン情報に現われたファジィ概念を取扱うためのファジィ推論システムおよび方法、ならびにこのシステムおよび方法で用いられるパターン入力型メンバーシップ値生成装置および方法に関する。

【0 0 0 2】

【背景技術】ファジィ技術はあいまい性を取扱う技術である。人間が行なっている情報処理は、あいまいな言語を用いて行なわれている。そして、人間の持つ知識もそのようなあいまいな言語でないと表現できないものが多い。

【0 0 0 3】このようなあいまいな言語で表現された知識（ルール）には次ような様々なレベルのものがある。

【0 0 0 4】(1) IF 取水量が「少なく」、季節が「春」、時刻が「午前」、THEN 注入率を少し多くする。

(2) IF 写っている物が「スポーツカー」で、その色が「赤っぽい」、速度が「高速」、THEN 警報を中程度とする。

(3) IF 写っている物が「角張り」、模様が「渋い」、THEN 購入意欲を減退させる。

(4) IF 会社の経営が「革新的」で、雰囲気が「明るい」、THEN 学生の人気は上昇する。

(5) IF 我々の働きが「良好」、THEN 社会がよりよくなる、
IF 社会が「よりよくなる」、THEN 我々の生活が向上する。

【0 0 0 5】従来のファジィ技術は、スカラ量の入力信号をメンバーシップ関数に適用して得られるメンバーシップ値（適合度）を用いてファジィ推論やファジィ制御を行なうものが殆どであった。

【0 0 0 6】たとえば上記知識の例でいうと、(1) の「少ない」、(2) の「高速」などがスカラ量である。

【0 0 0 7】上記(1) の知識における「春」、

などは年月日時間を用いてスカラ量に変換することができる。従来のファジィ技術では上記(1) のレベルの知識しか取扱えなかった。すなわち、取扱い可能なものは、台集合として 1 つのスカラ型の物理量を設定し、その台集合上にメンバーシップ関数を定義できるものに限られていた。

【0 0 0 8】ところが、上記(2) のような知識において、「スポーツカー」というファジィ概念は、1 つのスカラ型の物理量を台集合としたメンバーシップ関数では到底、表現できるものではない。メンバーシップ関数という枠組みでは表現できないものであるといえる。

【0 0 0 9】上記の「スポーツカー」のようなパターン概念は、少なくともテレビカメラから得た画像を入力する枠組みでないと表現できないものである。一般的に言うところ上記(2) のような知識はパターン情報に対応するファジィ概念を取扱う枠組みを必要とする。

【0 0 1 0】上記(3) の知識も上記(2) の知識と同様にパターン情報に対応するファジィ概念の取扱いの枠組みを必要とするものである。しかし、上記(2) が物理的なパターン情報を直接的に取扱うものであるのに対して、上記(3) は物理的なパターン情報を別の空間に写像して得られるパターンを取扱うものである点において少し異なる。

【0 0 1 1】上記(4) や(5) の知識は、スカラ型の物理量でも、物理的なパターン情報にも対応するものでもない。今のところ対応させるべき情報の種類すら分らないのが現状である。便宜的にはいろいろな経営指標やアンケート調査の結果の数値を上記(4) や(5) の知識に対応させることは可能である。しかしながら、それが上記(4) や(5) の知識の本質をとらえていないこともまた明白である。

【0 0 1 2】このように、従来のファジィ技術ではスカラ型の物理量しか取扱えなかったため、非常に単純な知識しか表現できなかった。そのため、人間の意志決定や予測を支援するための複雑な情報処理が困難であるという問題点があった。

【0 0 1 3】

【発明の開示】この発明は、上記(2) の知識において表現されるようなパターン情報をファジィ推論やファジィ制御において取扱うことができるようにすることを目的とする。

【0 0 1 4】この発明によるファジィ推論システムは、スカラ量の入力変数に対しては入力変数コードとメンバーシップ関数を表わすコードとを用いて、パターン情報の入力変数に対しては入力変数コードとパターンのカテゴリを表わすコードとを用いて表現され、かつ入力変数についてスカラ量がパターン情報かの区別を表わす区別コードを含んでいる 1 または複数の前件部サブルールと、後件部サブルールとからそれぞれ構成される複数のファジィ・ルールを記憶するルール記憶手段、上記ルー

ル記憶手段から読出される処理すべき前件部サブルールによって指定されるメンバーシップ関数に対する、スカラ量センサから入力する入力信号の適合度を求める第 1 の適合度演算手段、上記ルール記憶手段から読出される処理すべき前件部サブルールによって指定されるカテゴリに対する、パターン情報センサから入力する入力信号の適合度を求める第 2 の適合度演算手段、上記ルール記憶手段から読出される処理すべき前件部サブルールの上記区別コードにしたがって上記第 1 および第 2 の適合度演算手段を切替える切替え手段、ならびに上記切替え手段によって選択された第 1 または第 2 の適合度演算手段から得られる適合度に所定の演算を施してファジィ推論出力を発生する推論演算手段を備えている。

【0015】この発明によるファジィ推論方法は、スカラ量の入力変数に対しては入力変数コードとメンバーシップ関数を表わすコードとを用いて、パターン情報の入力変数に対しては入力変数コードとパターンのカテゴリを表わすコードとを用いて表現され、かつ入力変数についてスカラ量がパターン情報かの区別を表わす区別コードを含んでいる 1 または複数の前件部サブルールと、後件部サブルールとからそれぞれ構成される複数のファジィ・ルールをあらかじめルール・メモリに設定しておき、上記ルール・メモリからファジィ・ルールを讀出し、その前件部サブルールの入力変数がスカラ量に関するものであるときは、讀出された前件部サブルールによって指定されるメンバーシップ関数に対する、スカラ量センサから入力する入力信号の適合度を求め、上記ルール・メモリから讀出された前件部サブルールの入力変数がパターン情報に関するものであるときには、讀出された前件部サブルールによって指定されるカテゴリに対する、パターン情報センサから入力する入力信号の適合度を求め、得られる適合度に所定の演算を施してファジィ推論出力を発生するものである。

【0016】この発明によると、入力パターン情報をファジィ・ルールにおいて規定されたカテゴリに対比させてその適合度を得るようにしているので、パターン情報もスカラ量と同じようにファジィ推論において取扱えるようになる。

【0017】特にこの発明によるファジィ推論システムおよび方法によると、スカラ量の入力信号とパターンによって表わされる入力情報との両方を取扱うことができるので、ファジィ技術の応用範囲が非常に広がる。

【0018】この発明は上記ファジィ推論システムおよび方法で用いられる前件部処理装置も提供している。

【0019】この発明による前件部処理装置は、スカラ量の入力変数に対しては入力変数コードとメンバーシップ関数を表わすコードとを用いて、パターン情報の入力変数に対しては入力変数コードとパターンのカテゴリを表わすコードとを用いて表現され、かつ入力変数についてスカラ量がパターン情報かの区別を表わす区別コード

を含んでいる 1 または複数の前件部サブルールを含むあらかじめ設定されたファジィ・ルールにしたがって前件部適合度を生成する前件部処理装置であり、前件部サブルールによって指定されるメンバーシップ関数に対する、スカラ量センサから入力する入力信号の適合度を求める第 1 の適合度演算手段、前件部サブルールによって指定されるカテゴリに対する、パターン情報センサから入力する入力信号の適合度を求める第 2 の適合度演算手段、前件部サブルールに含まれる上記区別コードにしたがって上記第 1 および第 2 の適合度演算手段を切替える切替え手段、ならびに上記切替え手段によって選択された第 1 または第 2 の適合度演算手段から得られる適合度に所定の演算を施してファジィ・ルールごとの前件部適合度を発生する演算手段を備えている。

【0020】上記第 2 の適合度演算手段は、一実施態様では、複数のカテゴリのそれぞれについて標準パターン情報をあらかじめ格納した標準パターン記憶手段、入力信号によって表わされる入力パターン情報と、上記標準パターン記憶手段の前件部サブルールによって指定されるカテゴリの標準パターン情報との距離を算出する距離算出手段、および距離が零の場合に 1 の値をとり、距離が大きくなるにつれて値が減少するように、上記距離算出手段から得られる距離を適合度に変換する適合度生成手段を備えている。

【0021】上記第 2 の適合度演算手段は、他の実施態様では、上記パターン情報センサによって入力されたパターン情報に関係づけられたカテゴリを、そのカテゴリに関する標準パターン情報に変換する標準パターン情報生成手段、上記パターン情報センサによって入力されたパターン情報と上記標準パターン情報生成手段によって生成された標準パターン情報との距離を算出する距離算出手段、および距離が零の場合に 1 の値をとり、距離が大きくなるにつれて値が減少するように、上記距離算出手段から得られる距離を適合度に変換する適合度生成手段を備えている。

【0022】

【0023】上記距離の算出にはいくつかの方法がある。

【0024】その 1 つは、標準パターン情報の特徴ベクトルを生成し、入力パターン情報の特徴量を抽出し、抽出した特徴量から特徴ベクトルを生成し、標準パターン情報の特徴ベクトルと入力パターン情報の特徴ベクトルとの距離を算出するものである。

【0025】他の 1 つは、標準パターン情報と入力パターン情報とのパターン・マッチングを行ない、パターンの不一致度から上記距離を算出するものである。

【0026】この実施態様では、入力パターン情報を、前件部サブルールによってそれに関係づけられたカテゴリの標準パターン情報と対比することにより、そのカテゴリに対する入力パターン情報の適合度を求めているの

で、パターン情報も従来のスカラ量と同じように取扱えるようになり、ファジィ技術の応用が広がる。

【0027】

【実施例の説明】具体的に分かりやすくするために、スカラ量とパターン情報とを取扱うファジィ推論システムまたはファジィ制御システムの応用例についてまず説明する。

【0028】図1は交差点に設置された警報システムを示すものである。

【0029】自動車が走行する第1の道路L1にT字形（または十字形）に他の道路L2が交差しているものとする。この警報システムは道路L2を進んできて道路L1を横断しようとする歩行者に、道路L1を走行する車両の種類、走行速度、交差点までの距離等に応じて、危険度に対応した音量で警報音を発生することにより警報しようとするものである。

【0030】交差点の近傍に支柱13がたてられ、この支柱にセンサ群が取付けられている。センサ群には、道路L1を交差点に向かって走行してくる車両をとらえるTVカメラ1、道路L2を交差点に向かって歩んでくる歩行者をとらえるTVカメラ2、ならびに道路L1を交差点に向かって走行してくる車両の走行速度および車両から交差点までの距離をそれぞれ測定する速度センサ3および距離センサ4が含まれる。この他にも種々のセンサを設けることができるのはいうまでもない。

【0031】TVカメラ1およびTVカメラ2はパターン情報を取込むためのパターン情報センサである。また、速度センサ3および距離センサ4はスカラ量を取込むスカラ量センサである。

【0032】支柱13にはさらに、道路L2を歩行する者に警報音を発生するスピーカ11が取付けられている。

【0033】このような警報システムにおいて、歩行者に迫る危険度に応じた警報音量を発生するために用いられるファジィ・ルールはたとえば次のようなものである。

【0034】（ルール1）

IF CAM1 = 赤いスポーツカー & SPEED = PL, THEN VOL = PM

（もしTVカメラ1が赤いスポーツカーをとらえ、かつその速度が非常に速いならば、警報音を中程度とせよ。）

【0035】（ルール2）

IF LENG = PL & SPEED = PM, THEN VOL = ZR

（もし交差点へ向う車から交差点までの距離が非常に長く、かつその速度が中程度であるならば、警報音を零とせよ。）

【0036】（ルール3）

IF CAM2 = 人間 & CAM1 = ダンプカー & LENG = PS & SPEED = PL, THEN VOL =

PL

（もしTVカメラ2が人間を検出し、かつTVカメラ1がダンプカーをとらえ、かつそのダンプカーまでの距離が短く、かつその速度が非常に速いならば、警報音を大とせよ。）

【0037】（ルール4）

IF CAM1 = ちょっとみてダンプカー & CAM2 = じっくりみて子供, THEN VOL = PM

（もしTVカメラ1がちょっとみてダンプカーをとらえ、TVカメラ2がじっくりみて子供を検出しているならば、警報音を中程度とせよ。）

【0038】CAM1およびCAM2はそれぞれカメラ1およびカメラ2からそれぞれ得られる画像を表わす入力変数、SPEEDおよびLENGは速度センサ3および距離センサ4から得られる速度および距離をそれぞれ表わす入力変数、VOLはスピーカ11から出力されるべき警報音の音量を表わす出力変数である。

【0039】入力変数CAM1およびCAM2には、人間、子供、ダンプカー、赤いスポーツカー等のパターン情報が結合している。これらの人間、子供、ダンプカー、赤いスポーツカー等をパターン情報のカテゴリー名という。また、パターン情報に関するルールには「ちょっとみて」、「じっくりみて」のように、入力パターン情報の厳密さないしは入力情報のファジィ推論における応用の厳しさを表わすファクタが含まれている。

【0040】入力変数SPEED、LENGおよび出力変数VOLにはメンバーシップ関数が結合している。メンバーシップ関数にはNL、NM、NS、ZR、PS、PMおよびPL（これをファジィ・ラベルという）によって表現される。NL、NM、NS、ZR、PS、PMおよびPLはそれぞれ、負に大きい、負に中位、負に小さい、ほぼ零、正に小さい、正に中位および正に大きいという意味である。

【0041】図2は警報システムの概略的な電氣的構成を示している。

【0042】ファジィ推論システム10には先に例示したファジィ・ルールが設定されている。このファジィ推論システム10はそのすべてをハードウェア・アーキテクチャにより実現することもできるし、ファジィ・ルールにしたがう処理を実行するようにプログラムされたコンピュータで実現することも可能であるし、一部をハードウェアにより他の部分をソフトウェアによって実現することもできる。

【0043】ファジィ推論システム10は上述した4種類のセンサの出力信号を取込むためにファジィ・ルールにしたがって入力選択信号S1を出力する。TVカメラ1およびTVカメラ2から出力される映像信号（またはA/D変換後の画像データ）、速度センサ3から出力される検出速度を表わす信号および距離センサ4から出力される検出距離を表わす信号のうちのいずれかが、入力選

択信号 S 1 によって制御されるセクタ12を経てファジィ推論システム10に入力する。セクタ12の出力、すなわちシステム10への選択された入力 P は、画像データ等のパターン情報および速度、距離情報等のスカラ量を含む。

【0044】後に詳述するように、ファジィ推論システム10においてファジィ・ルールにしたがう推論処理が実行されることにより、推論結果を表わす推論出力 u が得られる。この推論出力 u は警報音量を表わしており、この出力 u によってスピーカ11に流れる電流が制御される。

【0045】ファジィ推論システム10は大別すると、図3に示すルール・メモリおよびその周辺部と、図4に示す推論実行部とから構成される。

【0046】まず、ルール・メモリおよびその周辺部、ならびにルール・メモリに格納されるルールを表わすコードについて説明する。

【0047】各ルールは複数のサブルールに分解される。たとえば、上述したルール1は、次のように3つのサブルールに分解される(図6も参照)。

【0048】(サブルール11)

C A M 1 = 赤いスポーツカー

(サブルール12)

S P E E D = P L

(サブルール13)

V O L = P M

【0049】このようなサブルールは図5に示す構造もつルール・コードによって表現される。ここではルール・コードは23ビットで構成されているが、各部分のビット数を任意に増減できるのはいうまでもない。

【0050】先頭の4ビットは入力選択コード S 1 といわれるもので、上述した入力選択信号 S 1 を生じさせるものである(以下の記述ではルール・コード中の各コードとそのコードによって生じる信号に同一符号を付す)。図に示されるようにこの4ビット・コードによってカメラ1、カメラ2、速度センサ3、距離センサ4等が指定される。このコードに基づく入力選択信号 S 1 によってセクタ12が制御されるのは上述した通りである。

【0051】次の7ビットは前件部コード S 2 といわれるものであり、さらに3種類のコード S 20, S 21, S 22 に分けて考えることができる。

【0052】コード S 20 は入力変数がスカラ量を表わすものかパターン情報を表わすものかの区別を示す。C A M 1 および C A M 2 はパターン情報を表わすので、S 20 = 1, S P E E D および L E N G はスカラ量を表わすので S 20 = 0 となる。

【0053】次のコード S 21 は S 20 が 0 の場合と 1 の場合とで異なる。

【0054】S 20 = 0 の場合には、コード S 21 は前件部

ファジィ・ラベル(NL~PL)を表わす。ファジィ・ラベルに対するコード S 21 の割当では後述する後件部コード S 3 と同じである。

【0055】S 20 = 1 の場合には、コード S 21 はカテゴリー名(赤いスポーツカー、ダンプカー、人間、子供等)を指定するのに用いられる。

【0056】最後のコード S 22 は、S 20 = 1, すなわちパターン情報の場合にのみ意味をもち、上述した「ちょっとみて」とか「じっくりみて」のような厳格さ、または適用の強さを表わす。この実施例では厳格さは4段階(n = 1 ~ 4)に分けられている。

【0057】後件部コード S 3 は後件部のファジィ・ラベルを表わす。

【0058】制御コード C 1, C 2, C 3, C 4 はそれぞれ次のようなときに1にセットされ、他の場合は0となる。C 1 = 1 は各ルールにおける最初のサブルールであることを示す。C 2 = 1 は各ルールにおける最後のサブルールであることを示す。C 3 = 1 はルール・メモリに格納された一連のルールの先頭であることを、C 4 = 1 は一連のルールの末尾であることをそれぞれ示す。

【0059】最後の出力変数コード Z は出力変数の種類を示す。上述した応用例においては出力機器としてスピーカしか用いられていないので出力変数は1種類しかない。一般には複数の出力機器ないしはアクチュエータがファジィ推論システムの推論出力によって制御されるので、複数種類の出力変数がありうる。

【0060】図6は上述したルール1のサブルール11, 12および13をそれぞれ表わすルール・コードを示している。

【0061】サブルール11および12は前件部に関するものであるから後件部に関係するコード S 3 および Z としてそれぞれ無関係であることを示すコード 1 1 1 1 が設定されている。また、サブルール12はスカラ量に関するものであるから(S 20 = 0), コード S 22 は意味が無い。ここでは便宜的に S 22 = 0 0 に設定されている。

【0062】サブルール13は後件部に関するサブルールであるから、前件部に関係するコード S 1 および S 2 = S 20 + S 21 + S 22 には無関係であることを示すコードがそれぞれ設定されている。これらの無関係であることを示すコードは、ここでは、S 1 = 1 1 1 1, S 20 = 0, S 21 = 1 1 1 1, S 22 = 0 0 である。これらのコードはファジィ推論システムに含まれる各回路が誤動作しなければ何でもよい。

【0063】サブルール11はルール1の最初のサブルールであるから C 1 = 1 である。

【0064】またサブルール13はルール1の最後のサブルールであるから C 2 = 1 に設定されている。ルール1は一連のルールの先頭にあるから、そのことを示すためにサブルール13において C 3 = 1 と設定されている。

【0065】図3を参照して、ルール・メモリ36には図

10

20

30

40

50

5 に示す構造をもつ一連のサブルールがその順番をアドレスの順序に一致させてあらかじめ格納されている。カウンタ38にはクロック信号C Kが与えられ、カウンタ38はこのクロック信号C Kを計数していくことにより、順次インCREMENTされるアドレス信号を出力する。

【0066】このアドレス信号がルール・メモリ36に与えられることにより、ルール・データ読出しユニット37の働きにより、一連のルール・コードがルール・メモリ36からアドレスの順序で読出される。ルール・コードを構成する各コードS 1, S 2 (= S 21 + S 22 + S 23), S 3, C 1 ~ C 4 およびZが読出され、これらのコードによって生じる各種制御信号がファジィ推論システム10の各回路要素に与えられることになる。

【0067】設定された一連のルールのうち最後のルールの最後のサブルールが読出されたときにC 4 = 1となるので、これによりカウンタ38がリセットされる。またこの制御コードC 4に基づく制御信号はディレイ回路39を経て、ゲート制御信号Gとして後述するゲート回路34に与えられるとともに、ストロブ信号として出力される。ディレイ回路39はデファジファイア33の動作時間を保証するためのものであり、デファジファイア33におけるデファジファイ処理に要する時間、入力信号を遅らせる。

【0068】出力変数コードZに基づく信号は出力変数アドレス信号として外部に出力される。これはファジィ推論により得られた推論出力によって制御すべき出力機器またはアクチュエータを指定するために用いられる。

【0069】図4を参照してファジィ推論システムの動作の概略を説明しておく。

【0070】サブルールのルール・コードが読出される毎に、そのルール・コードに含まれる入力選択コードS 1によってそのサブルールの処理に必要なセンサの出力信号がセレクタ12を介して取込まれる。この選択された入力Pは前件部処理ユニット20に与えられる。

【0071】前件部処理ユニット20の詳細構成については図7から図9を参照して後述するが、このユニット20には前件部コードS 2と制御コードC 1とが与えられる。

【0072】前件部処理ユニット20からは前件部適合度 g_{\min} が出力され、トランケーション・ユニット31に与えられる。各ルールの最後のサブルール(後件部に関するサブルール)において制御コードC 2 = 1に設定されているので、この制御コードC 2に基づくルール単位制御信号がトランケーション・ユニット31に与えられる。この制御信号C 2にตอบสนองしてトランケーション・ユニット31は前件部適合度 g_{\min} を内部に取込み、次に示すトランケーション動作を行なう。

【0073】一方、後件部メンバーシップ関数(MF)メモリ30には後件部で用いられるNL ~ PLのメンバーシップ関数を表わすデータがあらかじめ格納されてい

る。このデータはメンバーシップ関数をその関数値テーブルで表わすものであっても、数式またはそのパラメータで表わすものであっても、いずれでもよい。後件部に関するサブルールに含まれる後件部コードS 3によって指定される後件部メンバーシップ関数がこのメモリ30から読出され、トランケーション・ユニット31に与えられる。

【0074】トランケーション・ユニット31は後件部MFメモリ30から入力する後件部メンバーシップ関数を、取込んだ前件部適合度 g_{\min} のレベルで裁断する。これがトランケーション処理である。

【0075】MAX合成回路32には、ルール群の開始を示す制御コードC 3に基づく制御信号が与えられており、この制御信号C 3が1になったときからこの回路32は動作を開始する。

【0076】トランケーション・ユニット31における演算処理に必要な時間だけ遅延回路35によって遅れた信号C 2がMAX合成回路32に与えられたときに、回路32はトランケーション・ユニット31においてトランケーション処理されたメンバーシップ関数を取込む。トランケーション処理されたメンバーシップ関数の取込みは各ルールごとに行なわれる。MAX合成回路32は各ルールにおけるトランケーション後のメンバーシップ関数のMAX演算を、その取込みごとに行なう。

【0077】遂に一連のすべてのルールについての読出しが終了すると、最後のサブルールの読出しにおいてC 4 = 1となる。この制御コードC 4に基づくルール終了信号はデファジファイア33に与えられるので、デファジファイア33はそのときのMAX合成回路32のMAX合成されたメンバーシップ関数を取込み、重心演算、その他の方法により取込んだメンバーシップ関数をデファジファイする。

【0078】この後、ゲート制御信号Gによってゲート回路34のゲートが開かれるので、デファジファイア33においてデファジファイされた推論出力uはゲート回路34を通して外部に出力されることになる。

【0079】図7を参照して前件部処理ユニット20の構成および動作について説明する。

【0080】前件部に関するサブルールに含まれる前件部コードS 2を構成するコードのうち、コードS 20, S 21はメンバーシップ関数回路(MFC)群21に、全コードS 20, S 21, S 22はメンバーシップ値生成部40に、さらにコードS 20は切替ユニット22にそれぞれ与えられる。

【0081】S 20 = 0のとき、選択された入力信号PはMFC群21に取込まれ、S 20 = 1のとき入力信号Pはメンバーシップ値生成部40に取込まれる。

【0082】MFC群21には上述した前件部ファジィ・ラベルNL ~ PLのメンバーシップ関数信号を出力するメンバーシップ関数回路(MFC)が含まれている。こ

これらのMFCのうち、コードS21によって指定されたものが選択される。スカラ量を表わす入力信号Pは選択されたMFCに入力し、入力信号Pに対応するメンバーシップ関数値を表わす信号が適合度gを表わす信号として出力される。したがって、適合度gは前件部のサブルールごとに出力されることになる。

【0083】メンバーシップ値生成部40の詳細については図8を参照して後に説明するが、この生成部40はパターン情報を表わす入力信号Pを取込んで、サブルールごとに適合度gを表わす信号を出力する。

【0084】S20=0のときはMFC群21の出力適合度gが、S20=1のときにはメンバーシップ値生成部40の出力適合度gがそれぞれ切替ユニット22を通してMIN回路23に与えられる。

【0085】MIN回路23は入力する適合度gとMIN値レジスタ24に格納されている値との小さい方を選択する。この選択された値をMIN値レジスタ24に格納される。各ルールの最初のサブルールの処理において制御コードC1=1となる。この制御コードC1に基づく制御信号によってMIN値レジスタ24に初期値(論理値1)がセットされる。サブルールにしたがう適合度gの演算ごとにMIN値レジスタ24の値が更新されていくので、MIN値レジスタ24の出力適合度 g_{min} は、各ルールにおける適合度の最小値を表わすことになる。この出力適合度 g_{min} は各ルールの最後のサブルール(後件部のルール)におけるC2=1となる制御信号にตอบสนองしてトランケーション・ユニット31に取込まれるのは上述した通りである。

【0086】図8を参照して、パターン情報に関してルールにしたがう適合度gを生成するメンバーシップ値生成部40の構成と動作について説明する。

【0087】選択された入力信号Pによって表わされる入力パターン情報は、制御信号S20が1のときにパターン・メモリ41に格納され、特徴抽出ユニット42における処理の対象となる。パターン・メモリ41はパターン情報が画像データの場合には、画像データを画素ごとに記憶する画像メモリであり、パターンが時系列信号パターンである場合には、時刻に対応するアドレスのエリアに対応時刻における振幅値を格納する時系列信号メモリである。

【0088】一方、特徴抽出プログラム・ライブラリ46には、パターンのカテゴリ名ごとに、1または複数の特徴抽出プログラムがあらかじめ格納されている。

【0089】また、特徴抽出プログラム指定信号生成部45は、図9に示すように、パターンのカテゴリ名を示すコードS21に対応して、そのカテゴリ名に関する特徴抽*

$$d = |v_1 - v_{01}| + |v_2 - v_{02}| + \dots + |v_m - v_{0m}| \quad \text{式1}$$

【0096】特徴ベクトルおよび標準ベクトルの各要素パラメータを正規化した後に、距離算出を行なうことも可能である。すなわち、各パラメータごとにパラメータ

* 出プログラムが格納されているプログラム・ライブラリ46のエリアの先頭アドレスを記憶したアドレス・メモリ48を有している。1つのカテゴリ名に対応する特徴抽出プログラムが複数個ある場合には、各プログラムの先頭アドレスがそのカテゴリ名のコードに対応して記憶されている。

【0090】パターン情報に関する前件部のサブルールが読出されてそのコードS20、S21が指定信号生成部45に与えられると、コード信号S20にตอบสนองして生成部45は起動され、コードS21によって指定される特徴抽出プログラムのすべての先頭アドレス(たとえばS21=000の場合には先頭アドレスa d 1, a d 2およびa d 3)が読出しユニット49を介して読出される。この読出された先頭アドレスを表わす信号はプログラムの先頭アドレスの集合の信号 S_q として特徴抽出プログラム・ライブラリ46に与えられる。

【0091】この信号 S_q が与えられると、プログラム・ライブラリ46から信号 S_q によって指定されるアドレスから特徴抽出プログラムが読出される。読出された1または複数の特徴抽出プログラムは特徴抽出ユニット42に設定される。

【0092】特徴抽出ユニット42において、そこに設定された特徴抽出プログラムにしたがって、パターン・メモリ41内のパターン情報Pの特徴量が抽出される。1個の特徴抽出プログラムで複数種類の特徴量を抽出することも可能であるが、ここでは簡単のために1個の特徴抽出プログラムによって1種類の特徴量が抽出されるものとする。このようにして抽出された複数種類の特徴量を v_1, v_2, \dots, v_m とする。 $V = (v_1, v_2, \dots, v_m)$ をパターンPの特徴ベクトルと呼ぶことができる。この特徴ベクトルVは距離算出部43に与えられる。

【0093】標準パターン・ベクトルのライブラリ47には、カテゴリ名ごとに、そのカテゴリの標準的なパターンから特徴抽出プログラムによって抽出された特徴量 $v_{01}, v_{02}, \dots, v_{0m}$ の集合からなる標準ベクトル $V_0 = (v_{01}, v_{02}, \dots, v_{0m})$ があらかじめ格納されている。コードS20、S21がこのライブラリ47に与えられているので、ライブラリ47からは、コードS21によって指定されるカテゴリ名の標準ベクトル V_0 が読出され、距離算出部43に与えられる。

【0094】距離算出部43は、特徴ベクトルVと、標準ベクトル V_0 との特徴空間における距離dを算出する。たとえば、距離dは次式で表わされる。

【0095】

【数1】

からその平均値を引いて、この減算結果をそのパラメータの標準偏差で割ることによって、パラメータを正規化するのである。

【0097】パターン・マッチングの手法によって距離を算出することもできる。パターン・ライブラリを設け、このパターン・ライブラリに、カテゴリ名ごとに各カテゴリの標準パターンをあらかじめ格納しておく。パターン・マッチング・ユニットを設け、このパターン・マッチング・ユニットにおいて、パターン・メモリ41の入力パターンPとパターン・ライブラリに格納されているコードS21によって指定されるカテゴリ名の標準パターンとを照合し、一致しないパターン要素の個数を算出する。この不一致数が入力パターンと標準パターンの間の距離dとして距離算出部43から出力される。

【0098】適合度生成部44は、距離算出部43の出力する距離dを、入力されたパターンPのルールによって規定されるカテゴリ名に対する適合度gに変換する。この変換は、 $d = 0$ のときには $g = 1$ となり、 $d =$ のときには $g = 0$ となる単調な関数を用いて行なわれる。

【0099】たとえば、次の式で示される関数を用いてこの変換を表現することができる。

$$\text{【数2】 } g = 1 / (1 + d)^n \quad \text{式2}$$

ここで、nは上述のようにコードS22によって指定される値であって、メンバーシップ値算出における入力の適用のきびしさを表現するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】ファジィ推論システムを警報システムに応用した応用例を示す斜視構成図である。

【図2】警報システムの電氣的構成の概要を示すブロック図である。

【図3】ファジィ推論システムの一部を表わし、ルール・メモリとその周辺部を示すブロック図である。

【図4】ファジィ推論システムの他の一部を表わし、ファジィ推論を実行する部分を示すブロック図である。

【図5】ルール・コードの構造を示す。

【図6】ルール・コードの具体例を示す。

【図7】前件部処理ユニットの構成を示すブロック図である。

【図8】メンバーシップ値生成部を示すブロック図であ

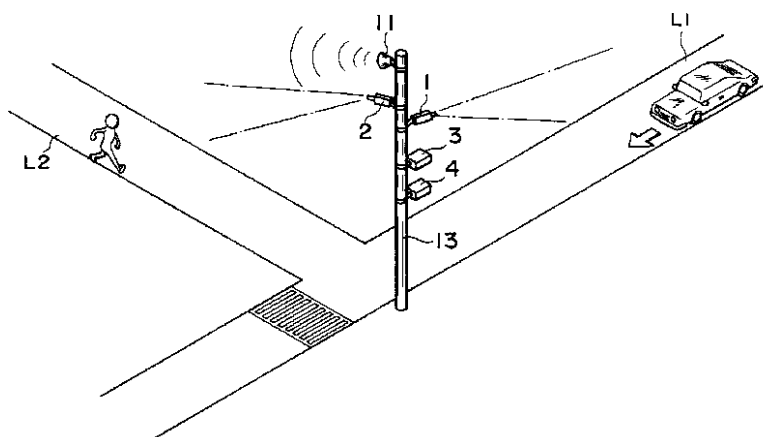
る。

【図9】特徴抽出プログラム指定信号生成部を示すブロック図である。

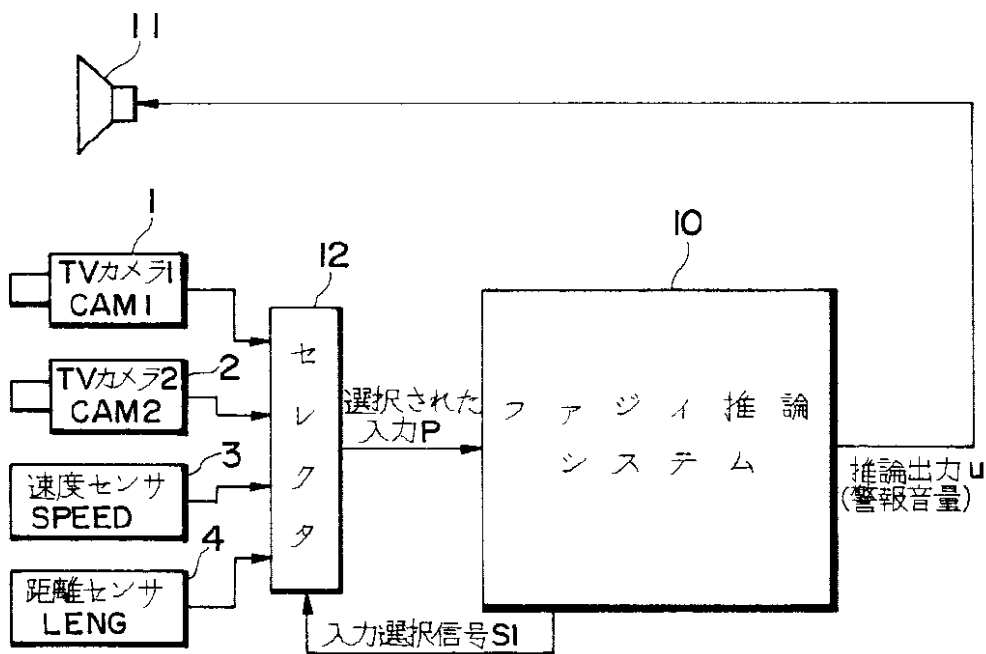
【符号の説明】

- 1 TVカメラ
- 2 TVカメラ
- 3 速度センサ
- 4 距離センサ
- 10 ファジィ推論システム
- 11 スピーカ
- 12 セレクタ
- 20 前件部処理ユニット
- 21 メンバーシップ関数回路(MFC)群
- 22 切替ユニット
- 23 MIN回路
- 24 MINレジスタ
- 30 後件部メンバーシップ関数(MF)メモリ
- 31 トランケーション・ユニット
- 32 MAX合成回路
- 33 デファジファイア
- 34 ゲート回路
- 35, 39 ディレイ回路
- 36 ルール・メモリ
- 37 ルール・データ読出しユニット
- 38 カウンタ
- 40 メンバーシップ値生成部
- 41 パターン・メモリ
- 42 特徴抽出ユニット
- 43 距離算出部
- 44 適合度算出部
- 45 特徴抽出プログラム指定信号生成部
- 46 特徴抽出プログラム・ライブラリ
- 47 カテゴリごとの標準パターン・ベクトルのライブラリ
- 48 アドレス・メモリ
- 49 読出しユニット

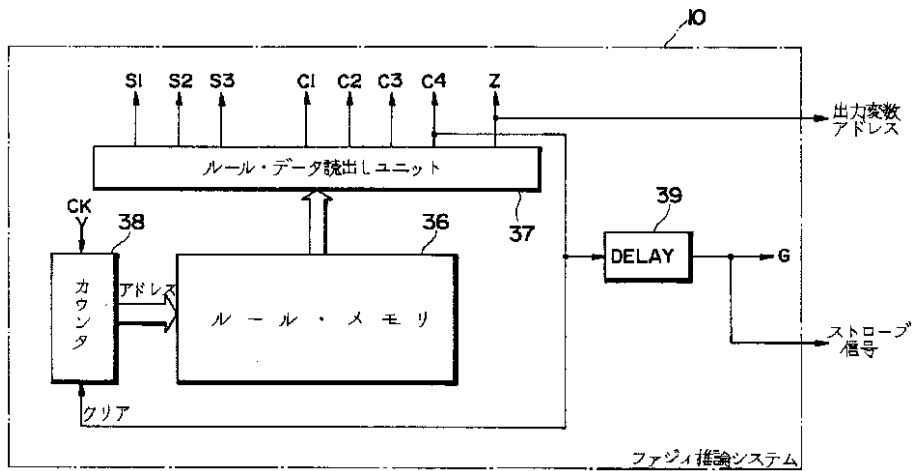
【図1】



【図2】



【図 3】



【図 6】

ルール1

サブルール11 CAM1=赤いスポーツカー

0 0 0 0	1	0 0 0 0	0 0	1 1 1 1	1 0 0 0	1 1 1 1
(S1)	(S20)	(S21)	(S22)	(S3)	(C1C2C3C4)	(Z)
TVカメラ1	パターン	赤いスポーツカー	n=1	-----	最初のサブルール	-----

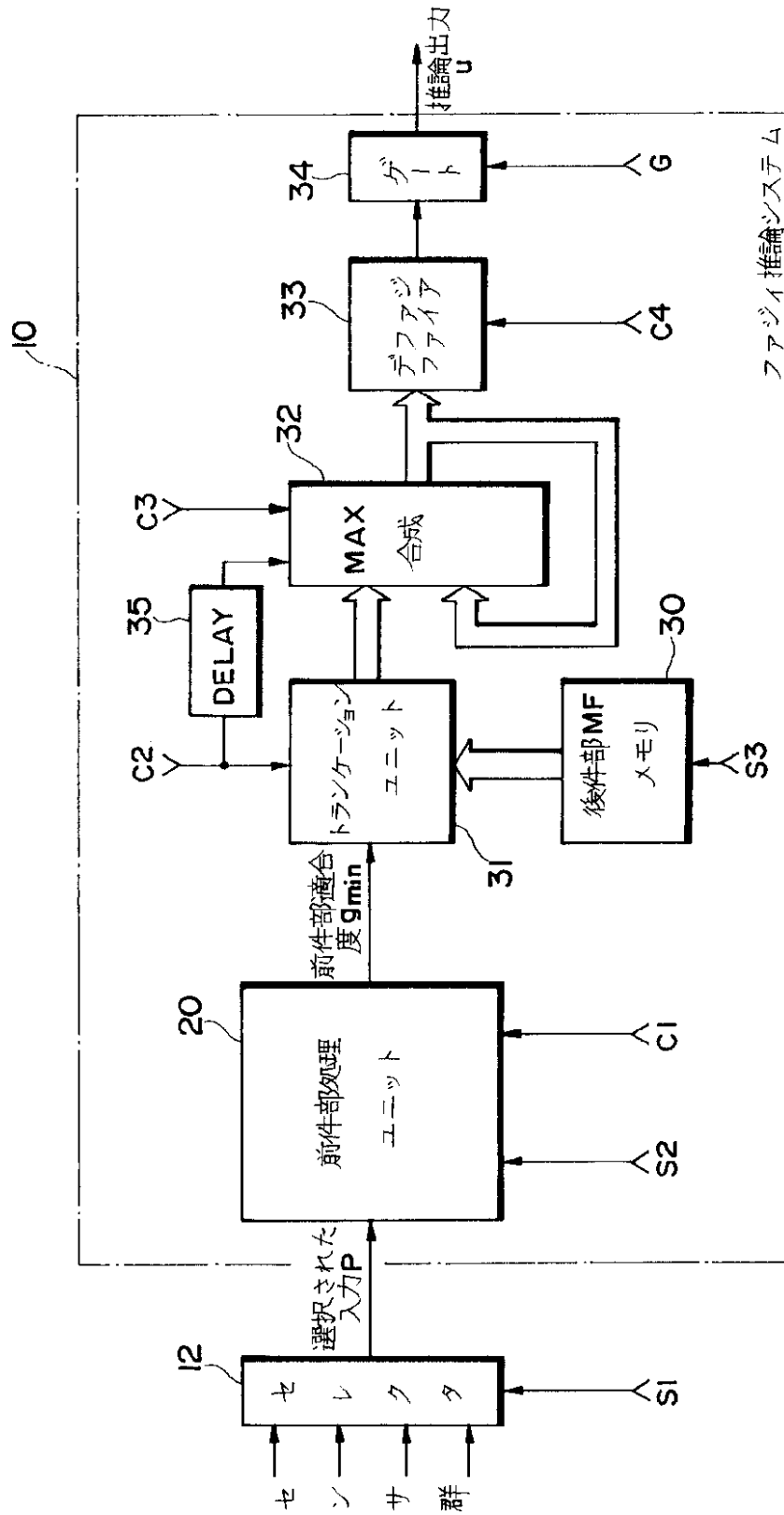
サブルール12 SPEED=PL

0 0 1 0	0	0 1 1 0	0 0	1 1 1 1	0 0 0 0	1 1 1 1
(S1)	(S20)	(S21)	(S22)	(S3)	(C1C2C3C4)	(Z)
速度センサ	スカラー	P L	-----	-----	-----	-----

サブルール13 VOL=PM

1 1 1 1	0	1 1 1 1	0 0	0 1 0 1	0 1 1 0	0 0 0 0
(S1)	(S20)	(S21)	(S22)	(S3)	(C1C2C3C4)	(Z)
-----	-----	-----	-----	PM	最後のサブルール ルール群の開始	スピーカ

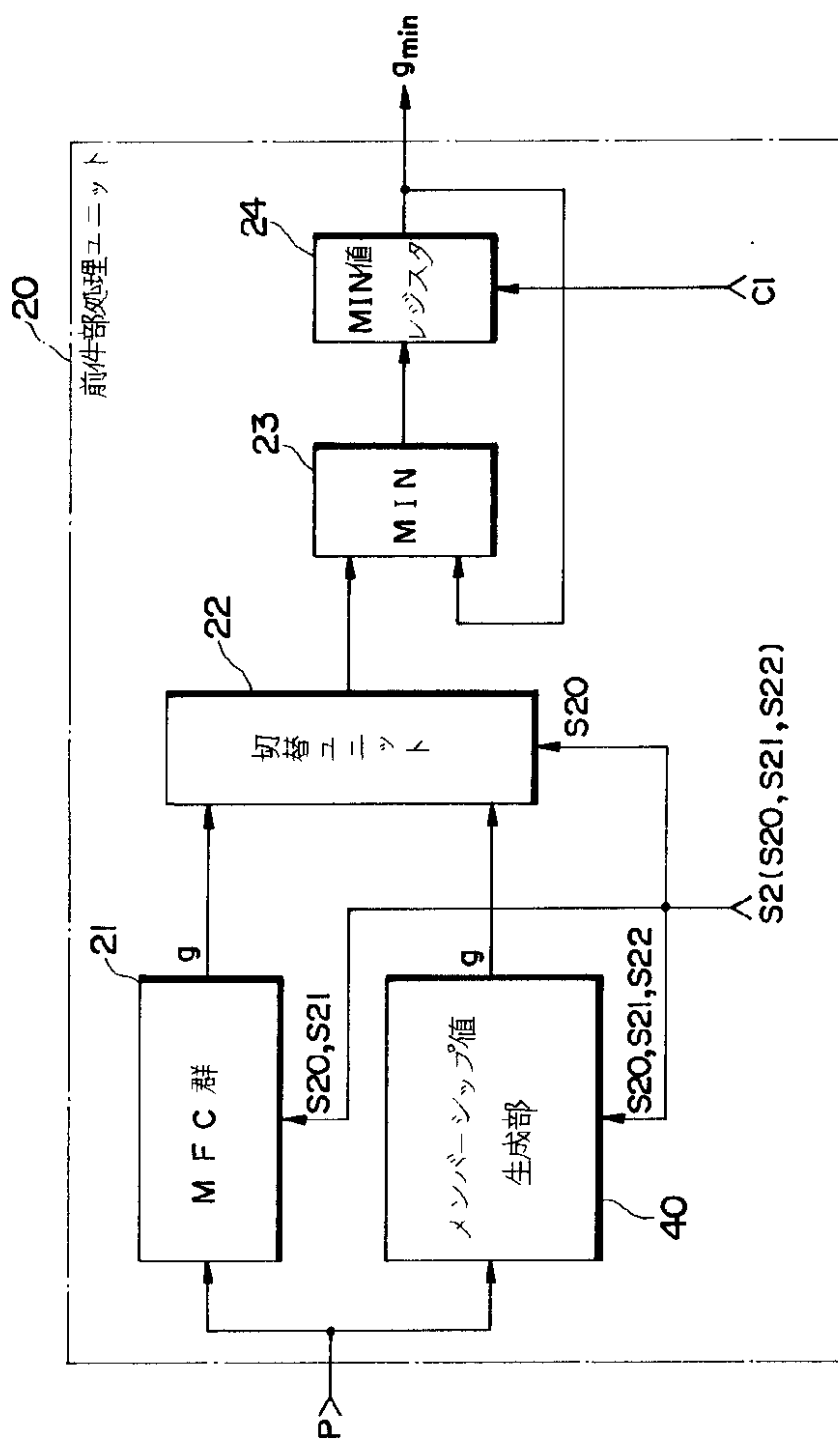
【図4】



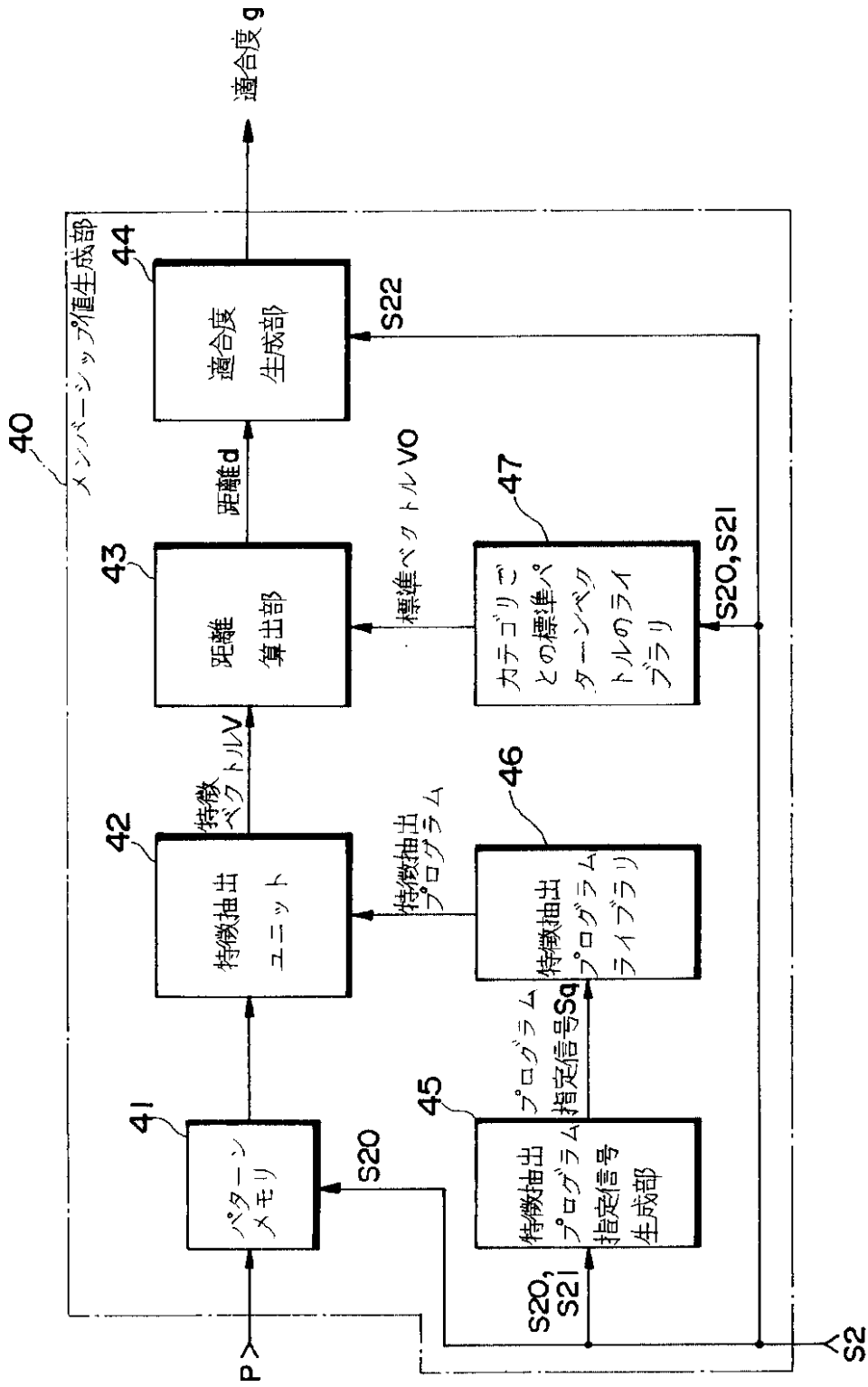
【図5】

入力選択コード S1				前件部コード S2					後件部コード S3					制御コード C1 C2 C3 C4				出力変数コード Z				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0000: TVカメラ1	0001: TVカメラ2	0010: 速度センサ	0011: 距離センサ	S20 S21 S22					後件部ファジィ・ラベル					C1=1				0000: スピーカー			
				S20 { 0: スカラ 1: パターン }					0000: NL 0001: NM 0010: NS 0011: ZR 0100: PS 0101: PM 0110: PL					各ルールの最初のサブルール								
				S21 (S20=0の場合) 前件部ファジィ・ラベル										C2=1				各ルールの最後のサブルール				
				0000: NL 0110: PL										C3=1				ルール群の開始				
				S21 (S20=1の場合) カテゴリ名指定										C4=1				ルール群の最後				
				0000: 赤いスポーツカー 0001: ダンプカー 0100: 人間 0101: 子供 0111: 老人																		

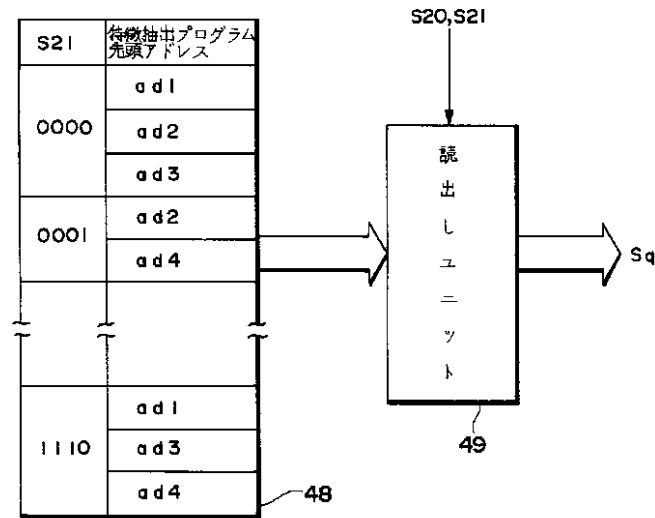
【図7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(56) 参考文献 特開 昭62 - 86990 (J P , A)
 特開 平 4 - 148482 (J P , A)
 特開 平 4 - 31979 (J P , A)
 特開 平 3 - 144701 (J P , A)
 特開 平 2 - 181829 (J P , A)
 実開 平 2 - 119800 (J P , U)
 安信、外 3 名著，“特集ここまでできた
 ファジィ制御 意志決定支援システム債
 券ディーリング支援システムへの導
 入”，OHM，(株)オーム社，1991年
 10月12日，V o l . 78，N o . 10，p .
 66 - 70

今中・若見著，“入出力例からのファ
 ジィ推論ルール自動生成における定性的
 属性の処理”，第 8 回ファジィシステム
 シンポジウム講演論文集，1992年 5 月26
 日，p . 233 - 236

(58) 調査した分野(Int.Cl.⁷，D B 名)
 G06N 7/02
 G06F 9/44
 G08G 1/00