

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 28 日現在

機関番号：34522

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700235

研究課題名(和文) 周期関数型メンバシップ関数の極座標表示と非ファジィ化の提案

研究課題名(英文) Polar Coordinates Transformation of Periodic Membership Function and Its Defuzzification

研究代表者

三石 貴志 (MITSUISHI, Takashi)

流通科学大学・商学部・教授

研究者番号：00336439

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,200,000円、(間接経費) 360,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、非ファジィ化の際に台集合の扱いが煩雑となる周期関数型のメンバシップ関数を極座標(円座標)変換し、座標を固定することにより一意に表す手法を提案した。この直交座標系から円座標系に変換し、閉じた平面図形として表された周期関数型メンバシップ関数からクリスプ値である特徴点(代表点)を抽出する非ファジィ化法について、通常ファジィ推論法で多く用いられている重心法の概念を踏まえた方法を提案した。

研究成果の概要(英文)：This study presents circular polar coordinates transformation of periodic fuzzy membership function. The purpose is identification of domain of periodic membership functions in consequent part of IF-THEN rules.

The transformation to circular polar coordinates simplifies domain of periodic membership function. Moreover defuzzification method is discussed. The proposed methods are applied to the simple color construct system.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学，感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：ファジィ推論 極座標変換 非ファジィ化

1. 研究開始当初の背景

ザデーは、通常の集合の概念を拡張したファジィ集合を提案し、人の言語が持つ曖昧さを定量的に扱うことを可能とするファジィ理論を構築した。このファジィ理論は様々な分野に応用されており、その主なものはマムダニが初めて適用した制御工学分野である。以後、ファジィ制御として1990年代に家電を中心としたファジィブームを経て広く浸透し、人工知能の一つとして応用範囲は多岐にわたっている。これは、ファジィ制御が単なるパターンマッチングの制御と異なりヒューリスティックな制御であるということや、制御規則はエキスパートの経験則が強く反映され易く、設計においても多くの知識を必要とせず平易であることが理由の一つである。現在まで、洗濯機から地下鉄まで様々な制御対象はあるものの、設計方法は開発者に依存しており現代制御や古典制御のように体系立てられた数理的考察や理論構築が不十分な部分も残されている。また近年でもなお“Fuzzy Functional Inference Method”(H. Seki et al., Proc. FUZZ-IEEE, 2010)に見られるように単一入カール群結合型ファジィ推論法などの新たな推論法の提案がされている。

応募者は“Color Construction Using Dual Fuzzy System”(Proc. IEEE CIMS2003)および“Automatic Color Decision Using Fuzzy Control”(Proc. IFAC ACS2004)等において色彩をファジィ推論により決定する研究を行い、人の感性にもとづくシステムを構築した。その際、色を色相、明度、彩度の3属性を個別に推論し色を決定したが、色合いを表す色相は色相環であり、赤→橙→黄→緑→青→藍→紫、そして再び赤のように周期的となっている。つまり、色相「赤」「緑」等を表すファジィ集合のメンバシップ関数を設定する際、ある数値にある色をあてはめる場合、台集合の区間を限定すると、区間の前後にまたがってしまうメンバシップ関数が必ず現れる。また、台集合を十分広い区間で定義するとメンバシップ関数はグラフが繰り返されるような形になり周期関数となる。

一方、ファジィ推論の推論結果はファジィ集合として出力される。ファジィ値から具体的なクリスプ値である操作量などを得るために、ファジィ集合のメンバシップ関数の台集合よりある1点を選ぶ必要がある。この手続きを非ファジィ化と呼ぶ。この方法について、メンバシップ関数の重心をその値とする重心法が一般的に多く用いられているが、周期関数のようにグラフが定義域の前後にまたがるような関数には適用できない。上記の色彩推論の研究ではファジィ集合ごとに個別に定義域を設定して、合成後の定義域は元の区間を広げる方法を使ってこの問題を回避した。しかしながら上述のファジィ制御の最適化問題への適用や他のアプリケーション

ンへの応用のために一般化の必要性が生じてきた。このことから、周期関数であるメンバシップ関数(以下、周期関数型メンバシップ関数)の重心計算手法(非ファジィ化)の研究の着想に至った。

2. 研究の目的

まず一つは、周期関数型メンバシップ関数について極座標表示を行う。実際には円座標変換であるが、メンバシップ関数の変数を偏角、それに対するファジィ値を動径に変換することによって周期関数が同一の座標系(区間)に一意に定義されると想定する。

極座標表示されたメンバシップ関数のグラフより唯一の座標点を算出し、元のメンバシップ関数の台集合、つまりは周期関数の周期的な変域の中から一つの値を決定する非ファジィ化手法を提案する。この手法は通常メンバシップ関数の非ファジィ化の値と等しいものである必要がある。また、直感的・感覚的に納得できるものでなくてはならない。考え得る方法として、極座標変換により生成された平面図形の重心を想定する。通常メンバシップ関数に対する非ファジィ化手法が複数提案されているように、それらを参考に複数提案し比較検討を行う。

次に、提案手法の連続性について明らかにする。ここで、周期関数型メンバシップ関数の非ファジィ化が連続であるとは、メンバシップ関数が少しだけ右へ移動したら、重心の値も右へずれることで、メンバシップ関数を変数とした非ファジィ化の汎関数としての連続性を意味する。さらに、ファジィ推論は数段階の過程を経るが、その推論計算全体を合成汎関数とみなした時の連続性についても証明する。

別に、ファジィ推論への入力値である前件部変数に対する連続性、具体的には入力の変化に伴う推論結果の変化の連続性についても明らかにする。これらの連続性は最適化問題の解法や閉ループ系制御システムの状態方程式の解の存在性に大きく寄与する性質であると考えられる。

以上の理論考察がなされた後、以前行った色彩決定研究へ適用を試み、提案手法と従来手法を比較検討し優位性を明らかにする。さらに、応募者らがこれまで行ってきた最適制御問題に適用し、最適解の収束に関して考察する。メンバシップ関数が周期関数になる可能性がある事例として、「深夜」「晩秋」などの時間に係わる事柄や「南西」「右斜め下」などの角度に係る事柄や、「痛みが治まった頃」のように周期的に変化する病状などが考えられるので、これらを推論し決定するようなアプリケーションの設計を最終目標とする。

3. 研究の方法

主に周期関数型メンバシップ関数を用いたファジィ推論計算手法を創案する。

IF-THEN 型プロダクションルールの前件部のファジィ集合のメンバシップ関数として周期関数を採用しても、推論計算に現れるのはメンバシップ関数値であるので、前件部にかんしては従来通りの扱いとする。考察が必要なのは後件部に採用した場合で、関数のグラフの形状から台集合の1点を決定する際、周期関数の定義域の区間設定を適切に行わないと非ファジィ化されたクリस्प値である推論エンジンの出力値が意味を持たないものになってしまう。これを回避するために、それぞれのメンバシップ関数ごとに区間の幅が一定である台集合を定義すればよいが、ルールごとの推論結果の統合過程において煩雑な定義域の調整が必要となる。個々の応用事例で個別のアルゴリズムの設定は可能だが、一般化は必要である。したがって、複数の IF-THEN 型ルールの後件部のすべてのメンバシップ関数が同一の定義域(台集合)上の関数となることが求められる。

そのために、周期関数は一定の区間で関数値が繰り返されるため極座標表示、具体的には円座標に座標変換を行う。すなわち元のメンバシップ関数の横軸の値(ファジィ集合の要素)を偏角に、それに対する関数値を原点からの距離(動径)にそれぞれ変換する。これによりすべてのメンバシップ関数の定義域は1つの円座標系に統一できる。このように直交座標系から極座標に変換された周期関数型メンバシップ関数について考察する。

4. 研究成果

ファジィ推論における非ファジィ化演算で、メンバシップ関数のグラフの形状から台集合の1点を決定する際、周期関数の定義域の区間設定を適切に行わないと非ファジィ化されたクリस्प値である推論エンジンの出力値が意味を持たないものになってしまう。正確な値を得るためには台集合の平行移動が必要となる。研究計画どおり本研究では、このように非ファジィ化の際に台集合の扱いが煩雑となる周期関数型のメンバシップ関数を極座標(円座標)変換し、座標を固定することにより一意に表す手法を提案した。この直交座標系から円座標系に変換し、閉じた平面図形として表された周期関数型メンバシップ関数からクリस्प値である特徴点(代表点)を抽出する非ファジィ化法について、通常ファジィ推論法で多く用いられている重心法(概念を踏まえた方法)を提案した。この円座標上で求められた特徴点(重心)から直交座標系上の特徴点を定める手法を提案した。そして、得られた値を非ファジィ値として推論結果とみなすこととした。これらの提案手法の妥当性を確認するために、円座標に変換後再び直交座標上で得られた非ファジィ値と、直交座標系上のまま座標軸の水平移動を行って得た非ファジィ値の一致をいくつかの数値例で確認した。

提案手法を色彩決定の推論システムに適

用した。色合いを表す色相は色相環であるのでメンバシップ関数として定式化すると周期関数となり上述のように台集合の扱いが煩雑となる。しかしながら本手法は通常ファジィ推論を適用するより平易な演算で推論できることが確認できた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 10 件)

T. Mitsuishi, K. Saigusa, "Polar Coordinates Transformation of Periodic Fuzzy Membership Function for Color Circle," Proc. of the 2014 International Conference on Artificial Intelligence and Software Engineering (AISE), pp. 376-380, 2014. 査読有

K. Sawada, H. Kawakatsu, T. Mitsuishi, "Optimal Models for Adding Relation to an Organization Structure with Different Numbers of Subordinates at Each Level," Yang, G.-C., Ao, S.-I., Huang, X., Castillo, O. (Eds.): Transactions on Engineering Technologies, Lecture Notes in Electrical Engineering Vol. 275, pp. 435-446, 2014. 査読有

K. Sawada, H. Kawakatsu, T. Mitsuishi, "A Model for Adding an Efficient Relation to an Organization Structure with Different Numbers of Subordinates at Each Level," Proc. of The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, pp. 1057-1060, 2013. 査読有

T. Mitsuishi, T. Terashima, N. Shimada, T. Homma, K. Sawada, Y. Shidama, "SIRMs Fuzzy Approximate Reasoning Using L-R Fuzzy Number as Premise Valuable," Proc. of the 2013 IEEE 8th International Conference on System of Systems Engineering (SoSE), pp. 25-27, 2013. 査読有

T. Mitsuishi, T. Terashima, K. Saigusa, Y. Shidama, "Continuity of Approximate Reasoning with Lukasiewicz Logic for Optimization of Fuzzy Logic Control," Proc. of the IEEE 2nd International Conference on Control and Fault-Tolerant Systems (Systo113), pp.832-836, 2013. 査読有
三石貴志, "ウカシェヴィッツの多値論理演算を用いた SIRMs ファジィ推論法", 流通科学大学論集, 経済・情報・政策編, 第 21 巻, 第 1 号, pp. 23-38, 2012. 査読無

T. Mitsuishi, "Continuity of Approximate Reasoning Using Center of Sums Defuzzification Method", Proc.

of IEEE 35th International Convention of Information Communication Technology, Electronics and Microelectronics MIPRO 2012, pp. 1172-1175, 2012. 査読有

T. Mitsuishi, T. Terashima, Y. Shidama, "Optimization of SIRMs Fuzzy Model Using Lukasiewicz Logic," In: T. Huang et al. (Eds.): The 19th International Conference on Neural Information Processing (ICONIP2012), Part II, LNCS 7664, pp. 108-116, Springer, Heidelberg 2012. 査読有

T. Mitsuishi, T. Terashima, N. Shimada, T. Homma, K. Sawada, Y. Shidama, "Continuity of Defuzzification on L2 Space for Optimization of Fuzzy Control," In: R. Huang et al. (Eds.): International Conference on Active Media Technology (AMT2012), LNCS 7669, pp. 73-81. Springer, Heidelberg 2012. 査読有

K. Sawada, H. Kawakatsu, T. Mitsuishi, "An Optimal Model of Adding Relation Between the Top and a Member of a Linking Pin Organization Structure with K Subordinates," Yang, G.-C.; Ao, S.-I.; Huang, X.; Castillo, O. (Eds.): IAENG Transactions on Engineering Technologies Special Issue of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, Lecture Notes in Electrical Engineering, Vol. 186, Springer-Verlag, pp. 181-188, 2012. 査読有

[学会発表](計 1 件)

三石貴志, 本間利通, 島田奈美, "ファジィ数を用いた SIRMs ファジィ推論法," 信学技報 CS2013-11, pp. 21-24, 2013 年 7 月.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三石貴志 (MITSUISHI, Takashi)

流通科学大学・商学部・教授

研究者番号 : 00336439