

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16065

研究課題名(和文)ビッグデータを考慮した高速演算型ファジィ推論モデルの構築

研究課題名(英文)Development of fast calculation-type fuzzy inference models considering big data

研究代表者

関 宏理 (Seki, Hirosato)

大阪大学・基礎工学研究科・助教

研究者番号：10583693

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：1入力1出力のルール群から構成される単一入力型ファジィ推論モデルは従来のファジィ推論モデルよりも大幅に規則数を少なくすることが可能であり、ビッグデータ解析に対して有効であると期待されるが、得られる推論結果は単調であるという問題点も存在する。本研究では、単一入力型ファジィ推論モデルの拡張モデルを提案し、理論的性質の解明を行った。また、それらの学習アルゴリズムを提案し、実システムへの応用として医療診断の提案を行った。また、不精密ルールやOR型IF-THENルールの提案も行い、その高速演算手法についても言及した。その結果、ビッグデータ解析への適用可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：The single input type fuzzy inference models that unifies the inference outputs from fuzzy rule modules of one input type IF-THEN form can sharply reduce the number of fuzzy rules compared with conventional fuzzy inference models. However, since the number of rules of the single input type fuzzy inference models were limited as compared to the conventional fuzzy inference models, the inference results were simple in general. Therefore, several extended single input type fuzzy inference models are proposed in this study, and their properties are clarified from theoretical point of view. Moreover, their learning algorithms are proposed, and applied them to a medical diagnosis as a real system. Finally, the fuzzy inference models with imprecise rules and OR-type fuzzy rules are proposed. The inference results by these proposed models can be obtained by the fast calculation method. From the above results, it turns out that the proposed models are useful for big data.

研究分野：ソフトコンピューティング

キーワード：ソフトコンピューティング ファジィ推論 単一入力型ファジィ推論モデル ビッグデータ解析 等価性 単調性 不精密ルール 高速演算

1. 研究開始当初の背景

近年、ハードウェア・ソフトウェア技術の発展により、取り扱える情報が指数的に増加したこともあり、データの蓄積や処理、解析による活用を行う研究としてビッグデータに関する研究が注目を浴びている。

一方、曖昧さを処理するソフトコンピューティングの一手法として、ファジィ推論が存在する。ファジィ推論は制御をはじめ、様々な分野で応用され、成功を収めてきた。ファジィ推論は IF-THEN 形式のファジィルールで与えられるため、直感的にも理解しやすいという長所がある。しかしながら、入力項目が IF-THEN ファジィルールの前件部にすべてセットされるため、入力数が増加すれば、その規則数も指数的に増加するという欠点が存在する。このことから、1 入力 1 出力のルール群からなるファジィルールを用いた単一入力型ファジィ推論モデルが提案されている。代表的な単一入力型ファジィ推論モデルとしては単一入力結合型ファジィ推論モデル(以後、簡単に SIC 推論モデル)と単一入力ルール群結合型ファジィ推論モデル(以後、簡単に SIRM_s 推論モデル)が存在するが、これらのモデルは従来モデルよりも規則数を大幅に削減可能としている。少ない規則数であることから、得られる推論結果も単調になりやすいことが挙げられるが、計算量が膨大となるビッグデータへの応用に対してコンパクトな推論モデルとして使用できることが期待されている。

2. 研究の目的

本研究ではルール数が少ないが、単調な推論結果となりやすい単一入力結合型ファジィ推論モデルの推論空間を、ルール数を増やすことなく拡張し、ビッグデータに適したファジィ推論モデルの提案を行うことを目的とする。また、単一入力型ファジィ推論モデルの推論能力は必ずしも十分であるとはいえないことから、データに適した後件部関数へ拡張した新しいモデルの提案を行い、その性質を明らかにする。データについては単調性を満たすものが多く存在するため、提案モデルについても単調性を満たす条件を明らかにする。また、提案モデルが高速演算を可能とすることを示し、ビッグデータ解析へ応用できることを目的とする。

3. 研究の方法

まず、単一入力型ファジィ推論モデルの一つである SIC 推論モデルの拡張として、適合度関数付き SIC 推論モデルの提案を行った。適合度関数は調和平均、幾何平均など、様々な演算を用いた関数であり、後件部への重み付けとすることで複雑な推論結果が得られる。

また、単一入力型ファジィ推論モデルの別モデルとして SIRM_s 推論モデルが存在するが、本モデルの拡張についても議論する。SIRM_s 推論モデルのファジィルールの後件部は実

数であるが、これを任意の関数に拡張した拡張型 SIRM_s ファジィ推論モデルの提案を行った。

通常、ファジィルールの前件部は AND で結ばれるが、実際に応用する際には必ずしも AND の意味を持つとは限らないデータが存在する。このことから、本研究では AND 結合を OR 結合に置き換えた OR 型ファジィ推論モデルの提案を行った。また、後件部については必ずしも精密である必要はなく、不精密なルールである場合も存在する。このことから、後件部が不精密であるルールに置き換えた不精密ルールを考慮したファジィ推論モデルについても提案した。

4. 研究成果

SIC 推論モデルに複雑である適合度関数を推論結果に重み付けすることにより、少ないルール数にも関わらず複雑な推論結果を得られる適合度関数重み付き SIC 推論モデルを提案した。適合度関数は上述したように幾何平均、調和平均をはじめ、様々な演算により得られた関数であり、これを重み付けすることにより推論空間を拡張することができた。また、理論的性質の解明として単調性が成り立つ条件を明らかにした。複雑な推論空間へ拡張されているものの、単調性を満たすための条件が明らかになったことにより、教育評価、医療診断、制御など、単調性を満たすことが重要なデータに対しても応用することが可能であることを示した。

次に、拡張型 SIRM_s 推論モデルの性質を明らかにし、医療診断へ応用することにより、ルール数が少ないにもかかわらず良好な結果を得ることができていることを示した。任意の後件部関数をデータに合った関数へ置き換えることにより、学習速度が速く、データに対しても精度良く対応することを明らかにした。また、理論的性質の解明の一環として、代表的なファジィ推論モデルの一つである T-S 推論モデルと等価となる条件を明らかにした。等価条件から、提案 SIRM_s 推論モデルの推論空間は従来の SIRM_s 推論モデルの推論空間よりも大幅に拡張されていることが示された。

次に、ファジィルールの前件部が OR で統合された、OR 型ファジィ推論モデルを提案した。OR 型ファジィ推論モデルは AND ではなく OR で結合されているため、非発火なルールが存在したとしてもルールの適合度は 0 になってしまうという状況を回避することが可能である。これは、ラフ集合を適用した縮約ルールを用いることと同様であることを示した。また、OR 演算を加算演算と見なして使用することにより高速演算が可能であることも明らかにした。また、AND と OR の複合型ファジィルールも提案した。ルールの解釈は難しくなるものの、ルールの強調と抑制と解釈したファジィ推論モデルであることを明らかにした。

最後に不精密ルールを考慮したファジィ

推論モデルを提案し、そのルールの解釈を述べた。提案した不精密ルールを考慮したファジィ推論モデルでは後件部実数に重み付けを行って推論結果を求めるが、ファジィ推論モデルの性質である等価性を用いることにより、この重みをファジィ集合の面積と見なすことにより、後件部に複数のファジィ集合を持つ推論モデルであるという解釈が可能であることを示した。また、不精密ルールを用いたファジィ推論モデルの計算は複雑であると考えられていたが、等価性を用いることにより面積法による高速演算が可能であり、ビッグデータに対しても精度良く対応できるであろう適用可能性を示した。

また種々の推論モデルに対する学習アルゴリズムを提案し、医療診断システムを構築することによりその有効性を示した。SIRMs推論モデルの重みは無制約の実数であるが、2段階シンプレックス法により重みを $[0,1]$ とすることにより、その重みの解釈が容易となり、直感的に理解しやすく、かつ計算量の少ないファジィ推論モデルも提案した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

1. Diederik van Krieken, Hirosato Seki, and Masahiro Inuiguchi, "On the learning method, properties of the extended functional-type SIRMs connected fuzzy inference model and their application to a medical diagnosis system," *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, vol.22, no.2, pp.176-183, March 2018.
2. Takeshi Nagata, Hirosato Seki and Hiroaki Ishii, "Optimization of constrained SIRMs connected type fuzzy inference model using two-phase simplex method," *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, vol.22, no.2, pp.172-175, March 2018.

[学会発表](計12件)

1. Ryo Yamashita, Hirosato Seki, Masahiro Inuiguchi, "Application to a medical diagnostic system by a fuzzy inference model with imprecise rules," *Proceedings of the 17th International Conference on Electronics, Information, and Communication*, pp.209-210, January 2018.
2. Diederik van Krieken, Hirosato Seki, and Masahiro Inuiguchi, "Application to a medical diagnosis system by extended functional-type SIRMs

connected fuzzy inference method," *Proc. The 8th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and the 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems*, pp.220-223, Sapporo, Japan, August 2016.

3. Hirosato Seki, "On the property of SIC fuzzy inference model with compatibility functions," *Proc. 2015 Integrated Uncertainty in Knowledge Modelling and Decision Making (IUKM 2015)*, *Lecture Notes in Computer Science*, Nha Trang, Vietnam, vol. 9376, pp.267-278, October 2015.
4. 関 宏理, 山下 亮, 乾口 雅弘, "不精密ルールを考慮したラフ集合による知識獲得及びファジィ判別分析," 第12回コンピュータ・インテリジェンス研究会講演論文集, 2017.
5. 関 宏理, "動的な強調と抑制を持つSIRMs結合型ファジィ推論モデルの等価性に関する一考察," 第27回インテリジェント・システム・シンポジウム講演論文集, 2017.
6. 関 宏理, "動的な強調と抑制を考慮したSIRMs結合型ファジィ推論モデル," 第40回多値論理フォーラム講演論文集, 2017.
7. 関 宏理, "関数重み付きファジィ推論モデル," 第33回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, 2017.
8. 山下 亮, 関 宏理, 乾口 雅弘, "不精密ルールを用いたファジィ推論による医療診断システムの構築," 第61回システム制御情報学会研究発表講演会論文集, 223-3, 2pages, 2017.
9. 関 宏理, "関数型SICファジィ推論モデルの単調性に関する一考察," 第26回インテリジェント・システム・シンポジウム講演論文集, pp.174-177, 2016.
10. 関 宏理, "OR演算型ファジィ推論モデルの性質と医療診断への応用," 第32回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.713-718, 2016.
11. 関 宏理, "論理和によるファジィ推論モデルの提案とその性質," 第8回コンピュータ・インテリジェンス研究会講演論文集, 6pages, 2015.
12. 関 宏理, 水本 雅晴, "ファジィ推論におけるMAX演算の性質とType-2ファジィ推論モデルへの応用," 計測自動制御学会システム・情報部門 学術講演会 2015 講演論文集, 6pages, 2015.

[図書](計1件)

1. 関 宏理, 他, 人工知能学会編, 人工知能学大辞典, 共立出版, July 2017. (pp.553-554)「ファジィ理論, ファジィ

推論」, pp.554-555「Type-2 ファジィ推論」, pp.555-556「Type-2 ファジィ集合」の章を担当)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

関 宏理 (SEKI, Hirosato)

大阪大学・大学院基礎工学研究科・助教

研究者番号: 10583693