

令和元年5月26日現在

機関番号：34415

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06433

研究課題名(和文)感性データを用いた確率システムモデリングに関する研究

研究課題名(英文)On Stochastic System Modeling for Vague Random Data

研究代表者

福田 得夫 (Fukuda, Tokuo)

追手門学院大学・経営学部・教授

研究者番号：60201745

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：人の感性に基づく曖昧不規則データは、個人毎の揺れを生じる。この揺れを確率現象とみなせば、感性の揺れによる不規則性と、観測対象自体のその二重の不規則性を有する曖昧不規則データとなる。本研究では、このような曖昧不規則データをファジィランダム集合として数学モデル化した。まず、揺れと曖昧性を伴って識別されるその対象現象自体は確定的である場合の数学的モデルを2次元の場合に限定して、その期待値の具体的な推定法と漸近的性質を数値的に検討した。その後、より一般的に、レベル集合を凸多角形とした場合の結果を、さらには、観測対象自体が不規則に変動する場合に拡張して、その具体的な推定法と漸近的性質を数値的に検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、「曖昧不規則データ」を観測過程とする確率システムの、未知パラメータやシステム構造を推定する手法を構築するための基礎を確立しようとするものであり、既存のファジィランダム集合、あるいはファジィ確率変数、あるいはファジィシステムに関する研究では全く見られない独創的なものである。また、このような観点からの研究は、観測(曖昧識別)の対象である現象の情報が、「曖昧識別」によりどの程度失われるのか、あるいはそのような「曖昧識別」であっても、どの程度元の情報を復元可能であるかを検討する際の基礎理論として有用であることが期待される。

研究成果の概要(英文)：In this research, the author investigates numerically a class of two-dimensional fuzzy random sets (abbreviated as FRs), which is one case of those proposed by the author as models of vague capricious perceptions of crisp phenomena. First, the basic results concerned with two-dimensional FRs as vague capricious perceptions of crisp phenomena are discussed. Expectations of two-dimensional FRs, their estimators, and distances between expectations and their estimators are also discussed. Finally, extending FRs to vague capricious perceptions of crisp random phenomena, the estimates for expectations and their estimation errors are also numerically examined by simulation studies.

研究分野：制御工学

キーワード：曖昧不規則データ ファジィランダム集合 曖昧性 不規則性

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

経営・経済システム等の社会システムにおいては、多くの要因が複雑に関連しているが、個々の状態量を数値的に表現することが困難であるか、または観測する事自体が困難な場合も多い。このような状況でそのままそのシステムモデルを構築すると、非常に大規模な数学モデルとなり、かつ不確定な要因を多く含む実用性に乏しいものとなることが多い。ところが、例えば経済の専門家たちは種々の経済指標・要因を総合的に判断して、「景気は良い」などと評価している。また、状態量の予測・制御を行うための数学モデルを導出する際にも、センサーから得られるデータのみならず、人の五感を通して得られた「感性データ」を用いることが望ましい場合が多くある。例えば、エアコンの制御は、在室する人々が快適であると感じるようにすることが目的であるから、センサーから得られる湿度・温度と言った純粋な物理量だけではなく、「暑い」、「快適」、「寒い」と言ったような人の非定型な感性に基づくデータも利用することが望ましいことは言うまでもない。

ところで、「暑い」、「快適」、「寒い」と言ったような言葉で表される「感性データ」は、そのときの気温や湿度、風量等の物理的に明確な量を人が感じて、言葉という曖昧性を有する表現を用いて得られるわけであるが、全く同じ気温や湿度、風量であっても、人により「暑い」と感じたり「快適」と感じたりする。さらには、同じ人であっても、体調によっては感じ方が異なることもある。本研究ではこのような、人の五感に伴う「揺れ」を確率的な変動として取り扱う。すなわち、「感性データ」は、確定的な物理量を人が五感により識別する際においても、「曖昧性」のみならず「不規則性」が付加された「曖昧不規則データ」となるということである。

さらには、上述の例でいうと、気温や湿度、風量などは、日々の気象条件などにより、時々刻々と不規則に変動するのが普通であるから、上記物理量自体の不規則性も当然考慮しておく必要がある。すなわち、気まぐれな人の感性を原因とする曖昧性と不規則性のみならず、「気まぐれな曖昧識別」の対象となる物理量自体が不規則であることに起因する不規則性を考慮する必要が生じる。

従って、多くの社会システムを、上述の二重の不規則性を有した「曖昧不規則データ」を観測過程とする確率システムとして定式化できれば、曖昧性はあるが、簡潔にその特徴をした数学モデルとなり得る。本研究は、このような「曖昧不規則データ」を用いて、その背後のシステムの特徴を推定する手法を開発することを目的とする。

2. 研究の目的

人の五感に基づく「感性データ」は、感性特有の曖昧性を有しているが、感性の異なる別の人が同じ現象を観測すると、当然異なる表現となる。つまり個人毎の「揺れ」が生じる。本研究では、この「揺れ」を確率現象とみなすことにするが、そうすると、人の感性に基づいて表現される現象自体が不規則現象である場合は、得られた「感性データ」は、人の感性の揺れによる不規則性と、観測対象自体のその二重の不規則性を有する「曖昧不規則データ」となる。本研究では、この様な「曖昧不規則データ」をどのように数学的に表現することが妥当か、データの背後に潜む確率システムの特徴を、「曖昧不規則データ」からどのように推定することができるか、について研究することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 確定的な物理量を、気まぐれに「揺れ」る「曖昧性」を有する人の五感を通して得られる「曖昧不規則データ」について、理論的・数値的考察をおこなう。その際、著者が長年にわたって推進してきたファジィ集合を通常の集合の集まりによって表現する「集合表現」と多値論理の立場より、「曖昧不規則データ」の数学モデルとしてのファジィランダム集合を定義する。また、その平均値の合理的な定義法及び推定法を考察する。

(2) 「揺れ」と「曖昧性」を伴って識別される対象現象自体も不規則性を伴う場合の「曖昧不規則データ」の数学的モデルを、ある種のファジィランダム集合で定義し、その平均値等の統計学的モーメントの合理的な定義法を考察する。また、その統計学的モーメントの推定法・統計学的性質についても考察する。

4. 研究成果

(1) 概略：「暑い」、「快適」、「寒い」と言ったような言葉で表される人の五感に基づく「感性データ」は、そのときの気温や湿度、風量等の物理的に明確な量を人が五感で感じて、言葉という曖昧性を有する表現を用いて得られるわけであるが、全く同じ気温や湿度、風量であっても、人により「暑い」と感じたり「快適」と感じたりする。さらには、同じ人物であっても、体調によっては感じ方が異なることもある。本研究では、このような人の五感に伴う「揺れ」を確率的な変動として取り扱う。すなわち、確定的な物理量を、人が五感により識別する際においても、「曖昧性」のみならず「不規則性」が付加された「曖昧不規則データ」となるということである。

まずは、上記のような感性の「揺れ」のみを考慮して、「曖昧不規則データ」の数学モデルとしてのファジィランダム集合の定式化を図った。その際には、ファジィ集合の集合表現を全面的に採用し、なおかつ感性の「揺れ」による不規則性は比較的小さく、比較的少数の表現によって表されるであろうから、初等的なファジィランダム集合を用いて定式化した。上述の「感性デー

タ」を例にして、より具体的に述べると、「暑い」、「快適」、「寒い」といった感性データは、「気温」、「湿度」や「風力」などを人の五感によって感じ、言葉を用いて表現されたと考えることができる。したがって、曖昧性を有しない明確なベクトル量(ここでは確定値とする)

$$u_0 = (\text{温度}, \text{湿度}, \text{風量})'$$

を五感で感じて、「暑い」、「快適」、「寒い」と表現したことになる。また、同じベクトル量 u_0 であっても、人が変われば異なる感じ方をする。ただし、この様な感性の「揺れ」は比較的小さいであろうことと、得られる感性データのバラエティは限られていることを考慮すると、感性の揺れを表すファジィランダム集合は、確率論的には初等的なもので十分であると考えられる。そこでファジィランダム集合を以下のように与えることにする。すなわち、 u_0 の「揺れ」のある曖昧識別としてのファジィランダム集合 $\tilde{U}(u_0, \omega)$ は、「暑い」、「快適」、「寒い」等を表す (u_0 に依存する) ファジィ集合 $\tilde{U}_i(u_0)$ ($i = 1, 2, \dots, M$) がある確率 P_i で、実現値として現れるということである。本研究では、上述の揺れのある曖昧識別としてのファジィランダム集合の期待値の合理的な定義法や推定法を考案し、さらにはそれらの統計学的な性質を主に数値的に検討した。さらには、曖昧識別の対象である u_0 自体が不規則に変動する場合についても、それを観測して得られる「曖昧不規則データ」やその期待値の合理的な定義法や推定法を考案し、さらにはそれらの統計学的な性質を主に数値的に検討した。またいずれの場合においても、理論的には2次元以上の多次元の曖昧不規則データも1次元の場合と同じように議論できるが、統計学的モーメントの推定法およびその有効性をシミュレーション実験等で確認しようとする、数値計算上は途端に多くの困難を伴う事が分かった。そこでその困難を回避するための近似計算法を導入し、近似的・簡易的に推定・確認する手法を考案した。

(2) シミュレーション実験: 上述のように先ずは確定現象に対する「曖昧不規則識別」に関する一般的な研究を、2次元ベクトル値に限定して数値的に検討した。特に、ファジィ集合の集合表現が円盤状のレベルセットの組により表される場合と、凸多角形状のレベルセットの組で表される場合について、2次元ファジィランダム集合の期待値の具体的な推定手順を導出し、それを用いてシミュレーション実験を行い、推定値の漸近的な性質を数値的に検討した。また、期待値の推定誤差についても、ファジィ集合間に距離の概念を導入し、その上限値を評価することにより、シミュレーション実験によりその漸近的性質を数値的に検討した。

次に、確率現象に対する「曖昧不規則識別」に関しても、確定現象に対する場合と同様に、ファジィ集合の集合表現が円盤状のレベルセットの組により表される場合と、凸多角形状のレベルセットの組で表される場合に、シミュレーション実験により、期待値の推定値に関する漸近的な性質を数値的に検証した。最後に、期待値の推定誤差についても、凸多角形を最小包含円で近似することにより、推定誤差の上限値を近似的に評価することにより、その漸近的性質を数値的に検討することができた。得られた結果の一部として、確率現象に対する「曖昧不規則識別」に対して、凸多角形状のレベルセットの組で表される場合に、シミュレーション実験により、期待値の推定値に関する漸近的な性質を数値的に検証した。データ数 N が、2, 5, 10, 20, 30, 50, 70, 80, 100 の時の推定した期待値のレベルセットの形状(青線で示す)と、参考のために示した期待値のレベルセット(赤線)とを図1に描いた。また、凸多角形を最小包含円で近似した場合ではあるが、期待値の推定誤差についても、その上限値を評価した結果(44本の見本過程)を図2に示した。

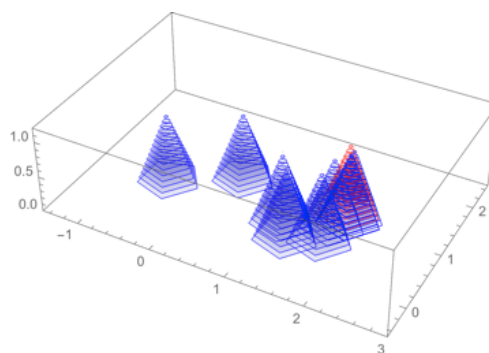


図1. 推定値のレベルセットの形状

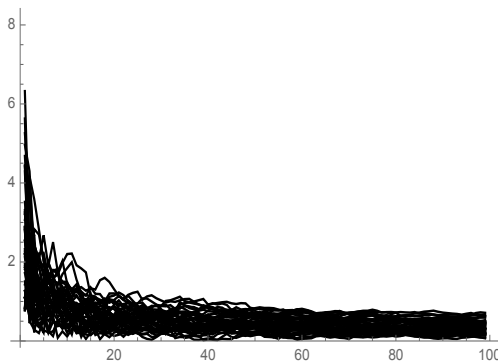


図2. 推定誤差の上限の変化

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① Tokuo Fukuda, On Two-dimensional Fuzzy Random Data with Polygon-form Level Sets as Vague Perception of Crisp Random Phenomena, Proc. of the 50th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, 査読有(採択済).
- ② Tokuo Fukuda, On Two-Dimensional Fuzzy Random Data as Vague Perceptions of Random Phenomena, Proc. of the 49th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, 2018, 査読有, pp.34-39.
DOI:10.5687/sss.2018.34
- ③ Tokuo Fukuda, On Two-Dimensional Fuzzy Random Data as Vague Perceptions of Crisp

Phenomena, Proc. of the 48th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, 2017, 査読有, pp.123-130.

DOI:10.5687/sss.2017.123

- ④ Tokuo Fukuda, Simulation Studies for Vague Random Perceptions of Two Dimensional Crisp Vectors, Otemon Business Management Review, 査読無, Vol.22, No.1,2016, pp.157-181.

[学会発表] (計 3件)

- ① Tokuo Fukuda, On Two-dimensional Fuzzy Random Data with Polygon-form Level Sets as Vague Perception of Crisp Random Phenomena, The 50th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, Hotel Granvia Kyoto, Nov. 1-2, 2018.
- ② Tokuo Fukuda, On Two-Dimensional Fuzzy Random Data as Vague Perceptions of Random Phenomena, The 49th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, Hiroshima Institute of Technology, Nov. 3-4, 2017.
- ③ Tokuo Fukuda, On Two-Dimensional Fuzzy Random Data as Vague Perceptions of Crisp Phenomena, The 48th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, Fukuoka Institute of Technology, Nov. 4-5, 2016.

[図書] (計 0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

○取得状況 (計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

無

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名:

ローマ字氏名:

所属研究機関名:

部局名:

職名:

研究者番号 (8桁):

(2) 研究協力者

研究協力者氏名:

ローマ字氏名:

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。