解説

ファジィ質的比較分析の展望†

山下 利之*

1. はじめに

Ragin^[5]によって質的・量的研究方法の統合戦略として考案された質的比較分析 (Qualitative Comparative Analysis) は、主に事例データを対象として、ブール代数演算を適用し、ある社会現象が生起したときに、どのような原因が組み合わさってその結果(社会現象)が生じたかを明らかにしようとする。したがって、少数事例の質的データから因果関係を把握するのに有効であり、多くの社会現象解明に応用されている[2], [3], [8], [9], [10]。

ブール代数による論理関数の記述は、「真/偽」または「存在(あり)/欠如(なし)」を表す2値の論理変数と論理記号でなされる。したがって、社会現象における結果やその原因を1, 0の2値に変換しなければならない。そのため、質的比較分析は主として3つの問題が指摘されてきた。第一は、ある原因組合せを示す事例の多くがある結果を示すが、その結果を示さない事例も混在している場合、真理値表におけるその行(いわゆる矛盾行)を結果ありとみなすかどうかの問題である。質的比較分析では、その原因組合せを示す事例のうち、ある比率(cutoff値)以上の事例がその結果を示した場合を、結果ありとすることを提案しているが、cutoff値をどれくらいに設定するかに関する客観的基準はない。第二の問題として、ある原因組合せを示す事例が数多くあろうと、たった一つであろうと、当該の結果を示せば、まったく同じ重みをもって処理されることである。第三の問題は、問題とする社会現象そのものを、あり/なしに2分することが多くの場合困難なことである。

Ragin^{[6], [7]}はこれらの諸問題に対して、統計的検定とファジィ集合の導入によって対処することを試みている。そこで、本論文で質的比較分析のファジィ理論による拡張であるファジィ質的分析の基本的枠組みを解説する。以下に示すファジィ質的比較分析の説明は、その具体例も含めてほぼ Ragin^[7]の著書に沿ったものである。

である。

2. 必要条件と十分条件

研究者が事例研究で得た経験的知見が一般化できるかどうかに関わる重要な概念として、Ragin^{[6], [7]}によって繰り返し強調されているものに、必要条件(necessary condition)と十分条件(sufficient condition)がある。それらは Ragin によると以下のように、定義され、扱われている。

例えば、ある研究者が事例研究によって、ストライキを起こす可能性のある原因として、次の4つを仮定したとする。

- (1)生産性を上げるために設計された新しい機械の導入に対する労働者の反対(technology; 論理変数 T とする)
- (2)インフレにもかかわらず、賃金が低いままであること(wages: W)
- (3)残業時間が減じられることによる収入の減少(over-time: O)
- (4)アウトソーシングに対する抵抗(sourcing: S)

ストライキ発生(strike: S_i)を示すすべての事例を調べると、その原因として必ず technology 問題が先行(存在)していることを見出すならば、technology はストライキのための必要条件である。

論理数学では、条件文 $p \rightarrow q$ が真であるとき、 q は p であるための必要条件というが、Ragin の定義はこのアナロジーで、「ストライキ発生事例 $\rightarrow$ 必ず technology 問題発見」という矢印の向きから捉えたと理解しやすい。

つまり、質的比較分析における表記

$$S_i = T \cdot W$$

において、 T (technology) は必要条件である。もちろん、 W (wages) も必要条件である。さらに、原因の論理積 and による組合せ $T \cdot W$ も必要条件である。

また、必要条件を集合論的に考えると、ストライキという結果を持つ事例は technology という原因を持つ事例の部分集合である。

逆に、technology 問題を持っている事例を調べると、そのすべての事例がストライキを発生していたとしよ

† Fuzzy Set/Qualitative Comparative Analysis
Toshiyuki YAMASHITA

* 東京都立科学技術大学工学研究科
Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan
Institute of Technology

う。この場合は、technology はストライキのための十分条件である。

論理数学では、条件文 $p \rightarrow q$ が真であるとき、 p は q であるための十分条件というが、このアナロジーで、「technology 問題をもつ事例→必ずストライキ発生」という矢印の向きから考えると分かりやすい。また、十分条件を集合論的に考えると、technology という原因を持つ事例はストライキという結果を持つ事例の部分集合である。

technology が十分条件であるとき、technology という原因があればストライキは必ず発生する。しかし、逆は真ではない。つまり、ストライキは technology 以外の原因 (例えば、wages) でも発生し得る。つまり、

$$S_i = T + W \cdot O$$

において、 T (technology) は十分条件である。この場合、原因組合せ $W \cdot O$ (wages かつ overtime) も十分条件である。ただし、一般に、原因組合せが十分条件であっても、その構成要素である単一の原因 (この場合は、 W と O の各々) は十分条件にはならない。

また、例えば、

$$S_i = T \cdot W + O \cdot S \quad (4)$$

は、「新しい技術が導入される (technology) 一方で賃金が低いままである (wages)」とき、あるいは「生産過程の一部がアウトソーシングされる (sourcing) 一方で残業時間が減らされる (overtime)」ときに、ストライキが発生することを示しているが、この場合は T は (もちろん、他のすべての単一原因も) 必要条件でも十分条件でもない。

3. クリस्प集合のもとでの拡張

先ず、従来の質的比較分析のもとでの十分性、必要性の統計的検定を用いた拡張を示す。

3.1. 必要性和十分性の定性的評価

ある原因 (以下、単一の原因でも原因組合せでもよ

表1 必要性和十分性の評価

結果	原因	
	なし	あり
あり	[cell 1] 必要性の評価に重要 必要条件ならば事例はない	[cell 2] 必要性, 十分性の 両方の評価に関連
なし	[cell 3] 関連なし	[cell 4] 十分性の評価に重要 十分条件ならば事例はない

表2 必要条件と十分条件の分析例

事例	原因		結果	事例数
	U	L	G	
1	1	1	1	6
2	1	0	?	0
3	0	1	0	7
4	0	0	0	5

表3 U (strong unions) の十分性の評価

結果	原因 U	
	なし	あり
あり	[cell 1] 0	[cell 2] 6
なし	[cell 3] 12	[cell 4] 0

表4 $U \cdot L$ (strong unions · strong left parties) の十分性の評価

結果	原因 $U \cdot L$	
	なし	あり
あり	[cell 1] 0	[cell 2] 6
なし	[cell 3] 12	[cell 4] 0

いとする) がある結果のための必要条件であることである必要性 (necessity) や十分条件であることである十分性 (sufficiency) はどのようにテストすればよいだろうか? Ragin によると、それは次のような手順を踏む。

(1)ある結果を示すすべての事例を調べ、それらがすべて、問題とする原因を示すことを確認する。もし、その原因が認められない事例があるならば、その原因は必要条件ではない。

つまり、必要性の検討は、結果ありの事例から出発して、結果に先行する共通の原因を探索する。すなわち、表1において、第1行を調べる (cell 2 に事例が存在し、cell 1 には存在しないことを確認する) ことである。

(2)次に、問題とする原因を示すすべての事例を調べ、それらがすべて、当該の結果が生起していることを確認する。もし、その結果を示さない事例が存在するならば、その原因は十分条件ではない。

つまり、十分性の検討は、原因ありの事例から出発して、それらの事例がすべて当該の結果を示すかどうかを調べる。すなわち、表1において、第2列を調べる (cell 2 に事例が存在し、cell 4 には存在しないことを確認する) ことである。例えば、cell 1 を除き、すべての cell に事例が存在するならば、その原因は十分ではなく、必要条件であり、cell 4 を除き、すべての cell に事例が存在するならば、その原因は必要ではなく、

十分条件である。

3.2. 具体例

例えば、手厚い福祉システム (generous welfare systems ; G) の出現の原因として、強い左翼政党の存在 (strong left parties ; L) と強い組合の存在 (strong centralized unions ; U) を仮定して調査した結果が表 2 のようであったとする。表で ? が記された箇所は、原因組合せ $U \cdot \sim L$ を示す事例が未だ得られていないためであるとする。

このようなデータを十分性のテストから出発したとする。まず、 U の十分性のテストでは表 3 より、2 列目において cell 4 に事例が存在しないことから十分条件のテストをパスする。次に、 $U \cdot L$ の十分性のテストでは表 4 より、2 列目において cell 4 に事例が存在しないことから十分性のテストをパスする。

すなわち、 U も $U \cdot L$ も十分条件であるので、

$$G = U + U \cdot L$$

と表記される。しかし、

$$G = U + U \cdot L = U \cdot (L + \sim L) + U \cdot L = U$$

より、 U が単独で十分条件となる。

また、この式からも、表 3 の 1 行目において cell 1 に事例が存在しないことから、 U は必要条件のテストもパスする。すなわち、 U は単独で必要かつ十分条件と判断される。

一方、必要条件の評価から出発したらどうなるだろうか？必要条件のテストは、結果の存在から逆向きにテストする。表 2 において G 生起は、 $U \cdot L$ のみなので、この論理積 $U \cdot L$ が必要条件かつ十分条件である。すなわち、

$$G = U \cdot L$$

である。

十分条件のテストから出発した場合と必要条件のテストから出発した場合で異なる結論を得たが、どちらがより合理的な結論なのだろうか？前者の十分性のテストから出発した結論は、 $U \cdot \sim L$ も G を生起させるという仮説を含んでいる。しかし、実際にはその原因組合せに関するデータは得られていないので、十分性のテストから出発した結論は合理的とは言えない。すなわち、まず研究者は必要性の分析から出発すべきである。

3.3. 統計的検定の導入

ところで、実際の社会データにおいて、cell 1 と cell

表 5 十分性の程度

言語的限量詞 (linguistic quantifier)	benchmark proportion
"more often than not" sufficient	0.50 <
"usually" sufficient	0.65 <
"almost always" sufficient	0.80 <

4 に事例が全く存在しないことなど、あり得るのだろうか？社会調査ではある社会現象が生起したのかしないのかなどの基本的な判断においても研究者の主観に依存することがある。このような研究のさまざまな段階で生じる誤差によって、実際の社会データでは cell 1 と cell 4 に事例が存在しないことなどはきわめてまれであろう。

そこで、この誤差を考慮するために確率論及び統計的検定の観点を取り入れる。つまり、例えば十分性の場合、第 2 列“原因あり”の全事例のうち、どれだけの比率の事例が“結果あり”に含まれるかにより、十分性に表 5 のような程度を設ける。

例えば、次のような 4 つの原因組合せ

低い失業率 (low unemployment) ・強い組合 (a strong union) ・従業員と経営者間の不十分なコミュニケーション (poor communication between workers and management) ・従業員の反対する新生産技術の導入 (the introduction of new production technology opposed by workers)

が十分条件であるかどうかを検定したいとする。調査の結果、この原因組合せを示した事例は 91 あり、そのうちの 70 の事例がストライキを起こしたとしよう。この原因組合せが、“usually” sufficient (すなわち、benchmark proportion は 0.65) であるかどうかを検定したいとする。観察された比率 $70/91 = 0.769$ は 0.65 よりも大きい、統計的に有意に大きいのだろうか？この場合、調査によって得られた比率が benchmark proportion と同じかより小さいという帰無仮説を用いて、検定しなければならない。

P を標本比率、 p を benchmark proportion (いわゆる、母比率)、 N を事例数、 $q = 1 - p$ とすると、次のような z 値を用いた比率の検定を行う。

$$z = \frac{(P - p) - \frac{1}{2N}}{\sqrt{\frac{pq}{N}}}$$

この z は近似的に正規分布に従うので、これを利用して検定を行う。上述した例では、

$$z = \frac{(0.769 - 0.65) - \frac{1}{2 \times 91}}{\sqrt{\frac{0.65 \times 0.35}{91}}} = 2.27$$

すなわち、この例の場合、1%有意水準で有意であり、この条件組合せは“usually”sufficient であると言ってよい。

ちなみに、標本事例数が30以下である場合には、近似的な正規分布を利用できないので、二項検定 (binomial test) を用いる。二項分布を用いた確率の計算

$$\sum_{k=r}^N \binom{N}{k} p^k q^{N-k}$$

を行う。ここで、 p は benchmark proportion (いわゆる、母比率)、 N は事例数、 $q=1-p$ 、 r は当該の原因 (あるいは原因組合せ) を示す事例数である。例えば、前述した原因組合せを示す事例が13あり、そのうちの10事例がストライキを起こしたことが観察されたとして、この場合、観察比率は $10/13=0.769 (=70/91)$ で前述した例と全く同じである。しかし、13事例中、10あるいはそれ以上の事例が benchmark proportion で発生する確率は、

$$\begin{aligned} & \sum_{k=10}^{13} \binom{13}{k} 0.65^k 0.35^{13-k} = 0.1651 + 0.0836 \\ & + 0.0259 + 0.0037 = 0.2783 \end{aligned}$$

である。すなわち、この条件組合せは“usually”sufficient であると主張はできない。ただし、benchmark proportion を0.50として、“more often than not” sufficient であるかどうかに関しては、有意水準5%で有意になり、主張できることになる。

同じ発生比率であるにもかかわらず、総事例数によって、統計的検定の観点からは結論は異なるのである。すなわち、従来の質的比較分析で問題とされた総事例数が異なる場合でも同じ重みで真理値が扱われるという問題が、統計的検定を用いるとある程度解決されることになる。

十分条件を用いて説明したが、必要条件の検定についても全く同様である。

4. ファジィ集合による拡張

続いて、原因、結果をともにファジィ集合として扱うファジィ質的比較分析への拡張について述べる。

4.1. 必要条件と十分条件

大部分の社会現象は、その有無が二者択一で表され

表6 結果と原因のメンバーシップ度

事例	結果 S_i	原因 T	原因 W	$T \cap W$
1	0.10	0.41	0.83	0.41
2	0.34	0.69	0.42	0.42
3	0.13	0.72	0.71	0.71
4	0.10	0.78	0.34	0.34
5	0.04	0.15	0.47	0.15
6	0.11	0.36	0.15	0.15
7	0.49	0.54	0.69	0.54
8	0.81	0.85	0.95	0.85
9	0.76	0.93	0.98	0.93
10	0.35	0.36	0.65	0.36

るクリस्पなものではない。例えば、ストライキでも非合法ストライキ (a wildcat strike) と一般的なストライキ (a regular strike) 間にクリस्पな境界はない。また、ストライキを起こす採決をしたとしても、その日の内にストライキをする意欲が急激に減退し、ストライキが自然消滅してしまうように、ストライキがあったのかなかったのかあいまいである場合もある。また、原因である従業員と経営者間の不十分なコミュニケーション (poor communication between workers and management) でも、minor miscommunication, partial communication breakdown, …などさまざまな程度がある。そこで、原因も結果もファジィ集合で表したのがファジィ質的比較分析である。

ある原因が必要条件であるということは、当該の結果を示す事例がその原因を示す事例の部分集合であることを前述したが、これはファジィ集合の場合にも成り立つ。すなわち、どの事例の結果に関するメンバーシップ度も、原因に関するメンバーシップ度よりも小さいか、あるいは等しい。ストライキの発生 S_i とその必要条件である原因 T (technology) のメンバーシップ度が表6のように与えられているとする。表より、すべての事例の原因 T のメンバーシップ度は結果 S_i のメンバーシップ度よりも大きいので、結果は原因の部分集合、すなわち、必要条件である。したがって、

$$S_i = T$$

と表記される。この関係は、横軸を原因のメンバーシップ度、縦軸を結果のメンバーシップ度としてすべての事例をプロット (図の○印) したとき、図1に示すように、すべての事例が下三角の領域に含まれることを意味する。

このことは原因が単一原因ばかりでなく、原因組合せの場合も同様である。例えば、表6において原因 T (technology) と原因 W (wages) の組合せが必要条件、すなわち、

図1 原因のメンバーシップ度（横軸）に対する結果のメンバーシップ度（縦軸）

$$S_i = T \cdot W$$

である場合、結果 S_i は原因 T と原因 W の共通集合 $T \cap W$ の部分集合である。したがって、図1 (△印) に示されるように、2つの原因の共通集合のメンバーシップ度は、その結果におけるメンバーシップ度の上限をなす。

ここで注意すべきことは、図1において単一の原因 T に関してのプロット (○印) よりも、原因組合せ $T \cdot W$ に関してのプロット (△印) の方が全体的に横軸の左方向へ移動し、結果として対角線の周りに集まっていることである。すなわち、共通集合を成す要素集合の数が増えるにしたがって、プロットされる点是对角線上あるいはその周辺に集まってくる。このことは、原因組合せの要素原因が増えるにつれ、事例をより詳細に特定できることを表す。

図1は必要条件に関するプロットであるが、十分条件の場合は逆に、原因を示す事例が結果を示す事例の部分集合であるから、原因に関するメンバーシップ度を横軸に、結果に関するメンバーシップ度を縦軸にプロットした場合、すべてのプロットは対角線上あるいはそれより上に布置される。

4.2. 統計的検定

実際の社会調査においては、さまざまなエラー要因の混入により、図1のように、すべての事例が下三角の領域（必要条件）あるいは上三角の領域（十分条件）にプロットされない場合もあり得る。

そこで、クリスプ集合の場合と同様に、必要条件、十分条件である程度を表5と同様の比率で定義し、下三角の領域（あるいは上三角の領域）に含まれる事例の比率が benchmark proportion よりも有意に大きいかどうかの検定を行う。この検定はクリスプ集合の場合とまったく同様である。

4.3. 調整要因について

ファジィ集合を用いる場合、社会現象における原因や結果の程度をメンバーシップ度へ変換しなければならないが、その変換の際にも研究者の主観によるアーチファクトが混入する。したがって、例えば必要条件の場合、わずかの事例が対角線よりも上にプロットされたとしても、統計的検定を行うまでもなく、明らかに何らかのアーチファクトやエラーによるものかもしれない。そこで、統計的検定を行う前に、必要条件の判断基準を少し緩和した方がよいかもしれない。そのひとつの対処法として、結果に関するメンバーシップ度が原因に関するメンバーシップ度を0.1大きくしたものを越えない場合、すなわち、すべての事例 i について、原因に関するメンバーシップ度を X_i 、結果に関するメンバーシップ度を Y_i とすると、

$$Y_i \leq X_i + 0.1, i=1, 2, \dots, n$$

が成り立つならば、原因 X を必要条件とみなすようにする。この0.1を調整要因 (adjustment factor) と呼んでいるが、これは図1の対角線を左へ0.1だけ平行移動したものを考え、その直線上あるいはそれより下にデータがプロットされることを意味する。

十分条件では、この調整による基準の緩和は

$$X_i - 0.1 \leq Y_i, i=1, 2, \dots, n$$

のように行う。

4.4. 手順のまとめ

以上をまとめると、ファジィ質的比較分析は以下のような手順を取る。

- (1) まず、必要条件のテストを行う。すなわち、当該の結果を定義するファジィ集合において、ゼロでないメンバーシップ度を持つすべての事例を選択する。
- (2) 原因（あるいは原因組合せ）のメンバーシップ度に対して、結果のメンバーシップ度をプロットする。
- (3) これらのプロットのうち、対角線上あるいは下にある事例の数を算出する。すなわち、対角線上にプロットされた事例は原因のメンバーシップ度と結果のメンバーシップ度が等しく、下にプロットされた事例は原因のメンバーシップ度が結果のメンバーシップ度より

表7 クリスプ集合とファジィ集合

クリस्प集合	3値ファジィ集合	5値ファジィ集合	7値ファジィ集合	“連続的”ファジィ集合
1=fully in	1=fully in	1=fully in	1=fully in	1=fully in
		0.75=more in than out	0.83=mostly but not fully in 0.67=more or less in	Numerical scores indicating that degree of membership is more “in” than “out” ($0.5 < x_i < 1$)
	0.5=not fully out or fully in	0.50=crossover:neither in nor out	0.50=crossover:neither in nor out	0.5=crossover:neither in nor out
		0.25=more out than in	0.33=more or less out 0.17=mostly but not fully out	Numerical scores indicating that degree of membership is more “out” than “in” ($0 < x_i < 0.5$)
0=fully out	0=fully out	0=fully out	0=fully out	0=fully out

も大きい。判断基準を緩和した方がよいと考えられるときには、対角線を0.1だけ左方向へ並行移動させる。
(4) benchmark proportion に対する対角線上あるいは下にある事例の比率の有意性を検定する。この検定はクリस्प集合の場合と同様である。

(5)同様の手順を十分条件においても行う。

4.4. 留意点

最後にファジィ質的比較分析における留意点を幾つか述べる。

(1)従来のクリस्प集合による質的比較分析では Quine-McClusky 法による簡単化^[1]が基本にあるが、ファジィ質的比較分析においても、ファジィ集合演算における吸収律が基本である。例えば、原因 $\sim A$ と $\sim A \cdot \sim B$ が、結果 C の部分集合であり、

$$C = \sim A + \sim A \cdot \sim B$$

と表されたとする。この場合、ファジィ集合演算における吸収律より

$$\sim A + \sim A \cdot \sim B = \sim A$$

すなわち、 $\sim A \cdot \sim B$ は $\sim A$ の部分集合であるので、

$$C = \sim A$$

のように単純になる。

(2)ファジィ集合の場合、最大値を与えることができない原因も削除することができる。すなわち、 $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots$ が十分性の検定をパスし、

$$C = A_1 + A_2 + \dots A_i + \dots$$

と表されたとする。しかし、 A_i がどの事例においても右辺の最大値を与えないとしたら、原因 A_i は左辺の値に影響を与えないので、消去することができる。

これらの2つの処理のうち、(1)が論理的、算術的な処理だとすると、(2)は実用的、経験的処理だと言える。
(3)ファジィ集合におけるメンバーシップ度は区間 $[0,$

1]の任意の値を取り得るが、ファジィ質的比較分析では、変換のしやすさや扱いやすさから表7に示すような3, 5, 7値をとるファジィ集合を推奨している。

5. おわりに

本論文では、Ragin^{[6],[7]}に基づき、質的比較分析における必要条件、十分条件の統計的検定、及び質的比較分析のファジィ集合による拡張であるファジィ質的比較分析を解説した。なお、Raginらは、ファジィ質的比較分析のためのプログラム fs/QCA を公開している (<http://www.nwu.edu/sociology> からダウンロード可能である)。それらについては、河野・山下^[4]に詳しい。

参 考 文 献

- [1] 鹿又伸夫：ブール代数アプローチにおける簡単化ークワイン・マクラスキー法による論理関数の簡単化一、平成8年度～平成9年度科学研究費補助金（基盤研究(B)(1)）研究成果報告書「ブール代数アプローチによる質的比較」, pp.1-13 (1998)
- [2] 鹿又伸夫（編）：平成8年度～平成9年度科学研究費補助金（基盤研究(B)(1)）研究成果報告書「ブール代数アプローチによる質的比較」(1998)
- [3] 鹿又伸夫・野宮大志郎・長谷川計二：質的比較分析、ミネルヴァ書房 (2001)
- [4] 河野康成・山下利之：fs/QCAにおけるファジィ集合分析、東京都立科学技術大学紀要, 16, 17-24 (2002)
- [5] Ragin, C. C. : *The comparative method: Moving beyond qualitative and quantitative strategies*, Berkeley and Los Angeles: University of California Press. (1987) (C.レイガン 鹿又伸夫監訳：社会科学における比較研究—質的分析と計量的分析の統合にむけて—, ミネルヴァ書房 (1993))
- [6] Ragin, C. C. : Comparative methodology, fuzzy sets, and the study of sufficient causes, *APSA-CP: Newsletter of the Comparative Politics Section of the APSA*, 9(1), 18-22 (1998)
- [7] Ragin, C. C. : *Fuzzy-set social science*, Chicago: University of Chicago Press. (2000)
- [8] Yamashita, T., and Kono, Y. : Qualitative Comparative analysis as a complementary tool for

- fuzzy reasoning, *Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Systems*, 14(4), 412-420 (2002)
- [9] 山下利之・河野康成・葛原茂一郎：大学生の職業未決定をもたらす心理的要因の組み合わせに関する質的比較分析, 日本教育工学会論文誌, 27 (Supple.), 85-88 (2003)
- [10] 山下利之・河野康成・島田陸夫：質的比較分析とファジィ推論による事例データの分析, 日本ファジィ学会誌, 13(3), 334-339 (2001)

(2004年3月12日 受付)

[問い合わせ先]

〒191-0065 東京都日野市旭が丘6-6
東京都立科学技術大学工学研究科
インテリジェントシステム専攻

山下 利之

TEL: 042-585-8616

FAX: 042-583-5119

E-mail: tyamash@cc.tmit.ac.jp

 著 者 紹 介

やました としゆき

山下 利之 [正会員]

東京都立科学技術大学工学研究科

1978年 東京教育大学(現筑波大学)教育学部卒業, 1985年 東京都立大学大学院博士課程修了, 文学博士, 東京都立大学人文学部助手, 桐蔭横浜大学工学部講師, 山形大学工学部助教授を経て, 現在東京都立科学技術大学工学研究科教授。主に認知工学, 人間工学, 心理学などの研究に従事, 日本知能情報ファジィ学会, 日本人間工学会, 日本心理学会, 日本教育工学会などの会員。