

2019年度福祉境域教授技法・教材研究開発事業
「調査観察研究を行う大学院生のための福祉分野臨床事例
研究のガイドライン教育プログラム」研究報告

後藤 隆 ・ 竹内 幸子

**Development of the teaching materials for social welfare data analysis:
application of Qualitative Comparative Analysis (QCA) to clinically
serious, but small-N observation cases**

Takashi Goto ・ Sachiko Takeuchi

Abstract: Social welfare graduate students often study small number, but clinically serious observations. Such observations are characterized by the intersection of several medical, economic, psychological, or social factors. Analysis of such observations using traditional frequency-based statistics, including the process of randomly sampling from the same population, is difficult. In this paper, as one of the procedures to visualize the analysis of small-N observation cases, we discuss the qualitative comparative analysis (QCA), and develop teaching materials related to data analysis for graduate students in the field of social welfare. We have examined QCA from four viewpoints: the international empirical research guidelines, Bayesian inference, the logistic analysis, the association analysis and Bayesian network. The result strongly suggests that informative and robust findings can be obtained from a small-N observation cases if a clearly visualized procedure is taken. Tosmana data files and R codes dealt with in this report can be obtained from the Researchmap site of one of the authors.

Key Words: teaching materials for social welfare graduate students, small-N observation cases analysis, QCA: Qualitative Comparative Analysis, Interaction effect of multiple factors, Bayesian network

要旨: 社会福祉学を学ぶ大学院生は、少数の、しかし、臨床的に重要な観察事例を研究対象とすることが多い。そうした観察事例は、いくつもの関連要因の積集合であるという特徴を持っており、同一の母集団から多数の標本を無作為に抽出するプロセスを含む従来の頻度論的統計学を用いた解析が難しい。本研究では、少数例の分析を可視化する手続きのひとつとして、質的比較分析(QCA)の概要と応用について議論し、社会福祉分野の大学院生に向けた調査・データ分析に係る教材開発を行っている。本稿では、4つの視点、すなわち国際的な実証研究ガイドライン、ベイズ推定、ロジスティック分析、連関分析とベイジアンネットワークの視点から、QCAについての検討をまとめた。結果、明確な可視化手続きをとれば、少数の観察事例の範囲で、有用で頑健な知見を得られることが強く示唆された。なお、本報告で扱ったデータ・ファイルやプログラムは、筆者の一人である竹内のResearchmapで公開している。

キーワード: 社会福祉分野大学院生に向けた調査・データ分析に係る教材開発、少数観察事例、質的比較分析、国際的な実証研究ガイドライン、QCAとベイジアンネットワーク

はじめに¹⁾

社会福祉学を学ぶ大学院生の修士／博士／学術誌投稿論文では、しばしば「福祉分野臨床事例研究」がその中核に置かれる。本研究事業では、日本社会事業大学大学院において調査／データ分析関連科目を担当してきた4名の本学教員（有村大士、後藤 隆、竹内幸子、贅川信幸）が、この「福祉分野臨床事例研究」を、国際的な実証研究ガイドラインにおける「調査観察研究」の視点から検討した。これまでの教育及び教材開発経験に基づき、「調査観察研究」として満たすべき諸要件、あるいは「福祉分野臨床事例研究」のままでは実証研究としてなにかが不十分なのかを明らかにすることによって、今後の大学院調査／データ分析関連科目教育内容を、わかりやすく可視化した教授技法・教材に具体化することを目的としている。

標準的な頻度論的アプローチでは、＜母集団：調査台帳／サンプリング／標本集団→母集団推定＞手続き、すなわち、「想定母集団に見合う調査台帳からのサンプリングを経た標本集団の特性値を以て行う母集団推定」が行われる。しかし、大学院生による「福祉分野臨床事例研究」では、そのアプローチを可能とする、当該調査分析テーマに見合う調査台帳が事実上入手／利用できないことが少なくない。これは、大学院生の研究関心が、福祉分野実践活動のなかで出会った現状の支援枠組みや支援方法では対応しきれない個別具体的な事例に由来するためと思われる。そうした事例の多くが、例えば家族要因∧疾病要因∧経済要因のように、複数要因の積集合として構成されるものであり、そういった複数要因積集合事例では、要因が増えるほどそれらを体现する事例は希少となる。彼らの関心対象は、いわば臨床的に見逃せないが、同様のサンプルをランダムに数多く集める頻度論的なアプローチに乗って解析するのは難しいものである。

「福祉分野臨床事例研究」がこうしたものだとすると、その成果論文は多くの場合、次のどちらかに傾いたものとなる。ひとつは、分析者に収集可能な、限られた「少数事例」紹介であり、代表性に難があり一般化できない等の防衛がつきものとなる。もうひとつは、＜母集団：調査台帳／サンプリング／標本集団→母集団推定＞手続きの対象には本来のらない「少数事例」に対しての、例えば「相関」「群間比較」「検定」等、その手続きの体裁をまとめた「分析」である。

だが、どちらに傾くにせよ、「福祉分野臨床事例研究」の等身大の有用性からは乖離している。ここで、「調査観察研究」の国際的な実証研究ガイドラインのひとつとして、「質的研究のための統合基準」「COREQ (Consolidated criteria for reporting qualitative research)」の、次のような指摘を参照しておこう。

「参加者の選択：研究者は、どのような参加者が選ばれたかを報告する必要がある。通常、目的のサンプリングは、共有の特性をもち、研究課題に関して豊富で関連性があり多様なデータを提供する可能性をもつ参加者を選択する際に用いられる。便宜的サンプリングは、連絡をとるのが難しい人々からの重要な視点を捉えられない可能性があるため、最適な方法ではない。参加者を募集する厳格な試みと不参加の理由については、根拠のない声明を作成する可能性を

減らすために記述する必要がある。研究者は、包含された視点の多様性を読者が評価できるよう、研究のサンプルサイズを報告する必要がある²⁾。

COREQ のこの指摘は、事例の有意抽出である「目的的サンプリング」（すなわち質的データ分析の用語で言えば「理論的サンプリング」）の有用性を打ち出すには、それを「便宜的サンプリング」と切り分けて捉えるべきだということである。せっかく「福祉分野実践活動」を通じて「臨床的に見逃せない」重要な事例であればこそ取り上げた、つまり「研究課題に関して豊富で関連性があり多様なデータを提供する可能性をもつ参加者を選択」したとしても、発表論文に於いて「代表性に難があり一般化できない」とする防衛的な位置付けをしてしまえば、それは、最適でない「便宜的サンプリング」で行った研究で終わってしまう。また、〈母集団：調査台帳／サンプリング／標本集団→母集団推定〉手続きの体裁をとることによって、「包含された視点の多様性を読者が評価できるよう、研究のサンプルサイズを報告する」「必要」に反した「根拠のない声明」と受け取られるおそれさえある。

COREQ の指摘を承け、あらためて強調しなければならないのは、「福祉分野臨床事例研究」の等身大の有用性である。

それは確かに頻度論的アプローチには乗らない「少数事例」であるかもしれない。だが、分析者の当該テーマに係る既存の知見や関連研究を「^じ地」とした場合、それに比して「質的」にあるいは「理論的」に異質な「^じ図」、つまり、新たに浮かび上がった^じ図柄として私たちが注目し探究すべき諸特徴を、その「少数事例」は示唆しているかもしれない。また、「少数事例」そのものからの「一般化」が拙速だとしても、そこから得られる知見を、その後、サンプリングを経た標本集団調査が実現したときの、例えば質問解答項目に活かすことも可能になるかもしれない。

こうした「福祉分野臨床事例研究」の等身大の有用性の発揮には、これまでにはないどのようなアイデアや工夫が必要となるだろうか。本報告では、そのために、質的比較分析 (Qualitative Comparative Analysis: QCA) をベースとした「過度に有意性に頼らない」考え方を、「I 質的比較分析 (QCA)」、「II 少数例、あるいは、母集団からのランダムサンプリングが望めない調査について」の順に解説していく。なお、I、IIのそれぞれの数値計算を再現するに必要なデータと計算コード例、および、IIのバイズ更新に関する簡単な説明を、補足資料として別途公開しているので、必要であれば参考にされたい。

I. 質的比較分析 (QCA)

まず、質的比較分析 (QCA : Qualitative Comparative Analysis) について解説する。これは、「調査観察研究」において有意抽出した複数の観察ケースの内容を2値化 (1/0) し、説明 (独立) 変数と目的 (従属) 変数を設定、両変数間の関係 (目的変数が1/0いずれかの場合縮約した説明変数の組み合わせがどうなるか) をブール代数演算によって整理する分析技法である³⁾。

福祉分野では応用例が少ないが⁵⁾、近年の関連研究動向をまとめた論文⁶⁻⁸⁾によれば、いわゆるサンプリングを経て十分な数集められたのではない、「小規模／中規模」Nの有意抽出観察Nケース、つまり標本集団からの母集団推定が可能ではない「小規模／中規模」の有意抽出観察Nケースからそのケースの範囲内でどのような知見が得られるかを扱う分析技法のひとつとして、社会学⁹⁻¹²⁾、政治学¹³⁾を中心に先行研究が蓄積されており、ユーザーインターフェイスのよいフリーソフトも開発されている¹⁴⁾。

今後、「福祉分野臨床事例研究」に、質的比較分析(QCA)が取り入れられていけば、しばしばフェイスシート項目×「小見出し」式アフター・コーディング結果の提示に止まることのある、院生の修士／博士／学術誌投稿論文作成において、「調査観察研究」で有意抽出した複数の観察ケースに係る分析知見可視化のための有力な選択肢のひとつとなる可能性がある。

Iでは、こうした質的比較分析について、1. 質的比較分析の基本的アイデア、2. 福祉分野臨床事例研究での質的比較分析応用例を解説していく。なお、質的比較分析のソフトウェアとして、Tosmana Ver1.6.10を用いた。

1. 質的比較分析の基本的アイデア

質的比較分析が、なににどのように接近するための分析技法であるか、すなわち質的比較分析の基本的アイデアについては、現在その「もっともスタンダードかつ包括的なQCAのテキストブック」¹⁵⁾とされている参考文献¹⁶⁾に詳しい。ここでは、適宜それを参照しながら、主にその邦訳である文献¹⁷⁾に拠って、質的比較分析の基本的アイデアを解説する。

質的比較分析の基本的アイデアのひとつめは、自然科学における実験→要因間関係の一般化プロトコール、すなわち本来、交絡因子統御の下での要因間関係について統計的に有意とみなしうる多数回反復再現するかどうかを鍵とするプロトコールを擬似的に、「事例」を「分析単位」とする人文社会科学に適用することの抑制である。

人文社会科学が「分析単位」とする「事例」とは、「複雑で多面的であり、境界がぼやけていることの多い」「経験的な現象」であり、なおかつ「数の上で」「限られている」のだから、「小規模／中規模」Nケースをデータとする場合、むしろ「実験→要因間関係の一般化プロトコール」の擬似的な適用ではなく、「1つの事例内の複雑性を適切に扱うのと同時に、体系的な事例間の比較を可能にすること」を選択すべきだというのが、質的比較分析の基本的アイデアのひとつめである¹⁸⁾。

質的比較分析の基本的アイデアのふたつめは、「1つの事例内の複雑性を適切に扱うのと同時に、体系的な事例間の比較を可能にする」というひとつめのアイデアを具体化するために、「事例を配置構成(configuration)に変換」することにある。この「配置構成とは、関心ある結果を生み出す要因(中略)の特定の組み合わせ」を指す¹⁹⁾。「関心ある結果を生み出す要因(中略)の特定の組み合わせ」が「関心ある結果」との関係において、「多元結合」的(multiple conjunctural)であることに注意しよう。(1)～(3)はその例示である²⁰⁾。

(1) AB → Y : 要因AとBの組み合わせが関心ある結果Yを生み出す。

- (2) $AB + CD \rightarrow Y$: 要因 A と B の組み合わせあるいは C と D の組み合わせが関心ある結果 Y を生み出す。
- (3) $AB \rightarrow Y$ であり同時に $aC \rightarrow Y$: 要因 A と B の組み合わせが関心ある結果 Y を生み出すと同時に、要因 a すなわち要因 A の不在と C の組み合わせも関心ある結果 Y を生み出す。

例示 (1) ~ (3) が示唆するように、「多元結合」的であるとは、「結果を生じさせるいくつかの原因が同時に存在し（あるいはなんらかのかたちで結合し）「因果組み合わせ」を構成すること」を意味している²¹⁾。したがって、「多元結合」的「組み合わせ」は、例えば「(2) $AB + CD \rightarrow Y$ 」のように「1つの事例内の複雑性」を表すことができ、また「(3) $AB \rightarrow Y$ であり同時に $aC \rightarrow Y$ 」において「 $AB \rightarrow Y$ 」と「 $aC \rightarrow Y$ 」が別事例であるとすれば、「事例間の比較を可能にする」のである。

質的比較分析の基本的アイデアの3つめは、2つめのアイデア「事例を配置構成(configuration)に変換」するにあたって、「ブール代数による表現とブール代数の単純化の技法を応用」²²⁾することである。ここでは、QCAの中でも「もっとも広範に用いられている」²³⁾ csQCAによる分析例を紹介する²⁴⁾。

図表1は、障がい者スポーツ大会への参加希望について、3つの因子（地域／競技スポーツ指向、企画運営主体になるかどうか、行政関与の有無）で説明しようとした調査の集計表を、10件の架空データで模したものである²⁵⁾。いずれの項目についても回答を2値（Yesを1、Noを0）で表してある。

図表 1

caseID	地域スポーツ指向1 競技スポーツ指向0	企画運営主体1 そうでない:0	行政関与あり:1 なし:0	参加希望
1	1	0	1	0
2	1	0	0	0
3	0	1	0	0
4	1	1	0	1
5	1	1	0	1
6	0	1	0	0
7	0	0	1	0
8	0	0	1	0
9	0	1	1	0
10	1	1	0	1

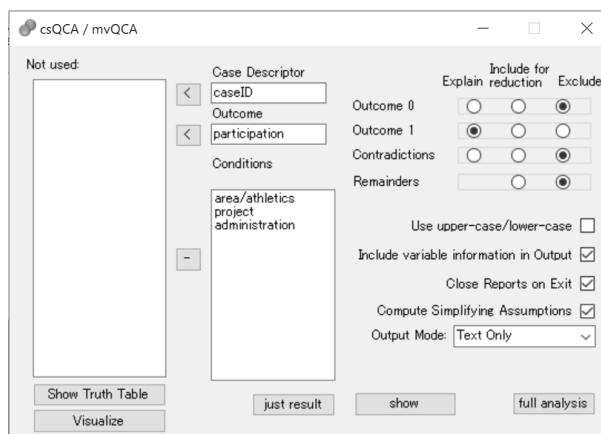
図表1からは、「参加希望」が「1」の場合には「地域／競技スポーツ指向」が「1」かつ「企画運営主体になるかどうか」が「1」かつ「行政関与の有無」が「0」であり、その逆も成り立つことが読み取れよう²⁶⁾。図表1をファイル名「qcasports10.xml」として Tosmana Ver1.6.10¹⁴⁾に読み込ませると、図表2となる（補足資料参照）。

図表 2

	caseID	area/athletics	project	administration	participation
▶	1	1	0	1	0
	2	1	0	0	0
	3	0	1	0	0
	4	1	1	0	1
	5	1	1	0	1
	6	0	1	0	0
	7	0	0	1	0
	8	0	0	1	0
	9	0	1	1	0
	10	1	1	0	1

図表 2 から、Tosmana メニューの「csQCA/mvQCA」を選択し、csQCA 分析のために、outcome、conditions 等をセットしたのが、図表 3 である。

図表 3



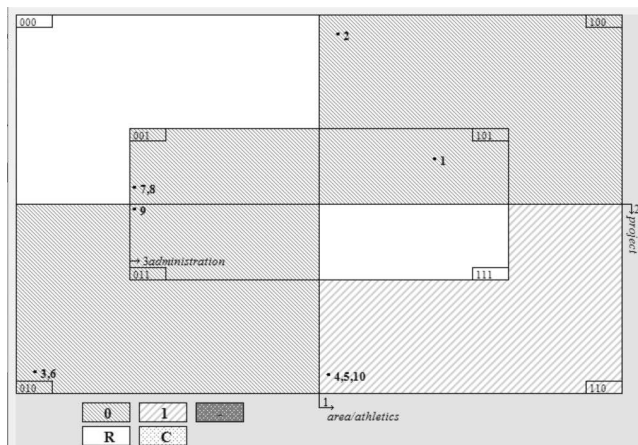
図表 3 で、full analysis を行うと、次の Result(s) が出力される。

Result(s): area/athletics{1} * project{1} * administration{0} (4,5,10)

Result(s) 「area/athletics{1} * project{1} * administration{0}」は、既に図表 1 から読み取った「参加希望」が「1」の場合には「地域/競技スポーツ指向」が「1」かつ「企画運営主体になるかどうか」が「1」かつ「行政関与の有無」が「0」であること、また、「(4,5,10)」は、それが caseID の 4、5、10 にみられることを、示している。

同じことを、Tosmana の Visualize でベン図に表すと、図表 4 となる。

図表 4



図表 4 の右下の斜線部分は、**1** すなわち、「参加希望」が「1」であることを表しており、中央下の「・4,5,10」は caseID を、そして右隅の「110」は、繰り返しになるが、「地域／競技スポーツ指向」が「1」かつ「企画運営主体になるかどうか」が「1」かつ「行政関与の有無」が「0」であることを表している。

2. では、この、Tosmana Ver1.6.10 による qcaspports10.xml 分析例をふまえ、福祉分野臨床事例研究での質的比較分析応用例を扱う。

2. 福祉分野臨床事例研究での質的比較分析応用例

福祉分野臨床事例研究での質的比較分析応用例として、赤沼麻矢「精神障害者退院促進支援事業における対象者個別事例の質的比較」⁵⁾ を取り上げる。

赤沼論文ではまず、2003 年から「30 都道府県で行われた」精神障害者退院促進支援事業の内 10 都道府県の報告書に注目し、「退院に関連する要因」を図表 5 に整理している²⁷⁾。

図表 5

都道府県名	本人の要因	家族の要因	地域の要因	病院の要因
大阪府	・退院意欲 ・現実認識 ・環境変化不安	・サポートなし	・住まい ・人的資源	・救急診療体制
神奈川県	・退院意欲	・サポートなし ・家族がいない	・住居 ・支援者	—
広島県	・不安	・家族がいない ・家族の反対	・住居	—
高知県	・不安 ・退院意欲	・協力なし	・住居	—
茨城県	・退院意欲 ・不安 ・病識 ・現実検討能力	・協力なし	・住まい ・日中活動場所	—
栃木県	・不安 ・現実検討能力	・家族がいない ・家族の反対	・住居 ・日中活動場所	—
香川県	・現実検討能力 ・不安	・サポートなし	・住居	—
北海道	・現実認識 ・病識	・家族がいない ・サポートなし	・住まい ・日常生活を支える制度	—
山口県	・現実認識 ・環境変化不安	・サポートなし	・住まい ・人的資源	—
東京都	・病状 ・治療中断 ・環境認識 ・環境変化不安	・サポートなし	・住まい ・日常生活を支える制度	・救急診療体制

次に、図表 5 に、既存関連研究の知見をくわえ、精神障害者退院促進支援に係って、年齢 (A)、性別 (S)、退院までの訓練期間 (T)、総入院期間 (H) の 4 要因を 2 値化し、それらを以て、16 事例の退院 (D) を説明するモデルとして、図表 6 を作成している²⁸⁾。

図表 6

行	独立変数				従属変数	該当事例数	退院者数	退院率	
	A	S	T	H	D	N	X	X/N	
1	0	0	0	0	—	0	0	—	
2	0	0	0	1	—	0	0	—	
3	0	0	1	0	?	2	1	0.50	
4	0	0	1	1	0	1	0	—	
5	0	1	0	0	?	6	2	0.33	
6	0	1	0	1	—	0	0	—	
7	0	1	1	0	?	3	2	0.66	
8	0	1	1	1	1	2	2	1.00	
9	1	0	0	0	—	0	0	—	
10	1	0	0	1	—	0	0	—	
11	1	0	1	0	1	2	2	1.00	
12	1	0	1	1	0	2	0	—	
13	1	1	0	0	?	2	1	0.50	
14	1	1	0	1	?	6	3	0.50	
15	1	1	1	0	—	0	0	—	
16	1	1	1	1	1	3	3	1.00	
	計						29	16	0.55

— = あてはまる事例のなかった行、? = 矛盾を含む行、退院率=X÷N
A=年齢、S=性別、T=訓練期間、H=総入院期間、D=退院、N=事例数、X=退院者数

図表 6 をブル代数演算にかけ、退院 (D) と年齢 (A)、性別 (S)、退院までの訓練期間 (T)、総入院期間 (H) について次の縮約式を得ている。アルファベット大文字が当該要因「1」、小文字が「0」を表す²⁹⁾。

$$\begin{aligned}
D &= aSTh + aSTH + AsTh + ASTH && \cdots < 1 > \\
&= aST + STH + AsTh && \cdots < 2 > \\
&= T(aS + SH + Ash) && \cdots < 3 > \\
&= T\{S(a + H) + Ash\} && \cdots < 4 >
\end{aligned}$$

赤沼は、上記縮約式 <2> から、知見①～③を得ている。

①「aST」は、「52歳未満の男性で、訓練期間が173日以上」の退院事例を表す。当該4事例にもどってみると、「平均年齢は35歳であり、20歳代が2人と40歳代が2人」「また平均訓練期間は350日であり、長い訓練期間を経て」の「退院」である²⁹⁾。

②「STH」は、「男性で訓練期間が173日以上で、かつ総入院期間が3,405日以上」の退院事例を表す。当該5事例にもどってみると、「平均総入院期間は7,703日（約21年）ときわめて長期」、「平均訓練期間は245日」である²⁹⁾。

③「AsTh」は、「52歳以上の女性で、訓練期間が173日以上で、かつ総入院期間が3,405日未満」の退院者で、当該2事例にもどってみると、「比較的短い入院歴」で「平均約9か月の訓練を経て退院」している²⁹⁾。

図表6について、赤沼論文のとおり、Dについて、事例7、8、11、16を「1」、それ以外を「0」とした akanuma.xml ファイルを Tosmana Ver1.6.10 で分析した結果を、次式 Result(s) に示す。(上記縮約式 <2> と同じ結果である。)

$$\text{Result(s): } A\{0\} * S\{1\} * T\{1\} + S\{1\} * T\{1\} * H\{1\} + A\{1\} * S\{0\} * T\{1\} * H\{0\}$$

以上、I. 質的比較分析 (QCA) 1. 質的比較分析の基本的アイデア、2. 福祉分野臨床事例研究での質的比較分析応用例をふまえ、「II 少数例、あるいは、母集団からのランダムサンプリングが望めない調査について」へとすすむ。

II. 少数例、あるいは、母集団からのランダムサンプリングが望めない調査について

小規模調査の多い、しかもランダムサンプリングの難しい福祉分野の調査研究では、前出のQCAの考え方を基に、有意性に過度に頼らない論文執筆の方法が模索されてもよいと思われる。本稿では、データ数が少ない場合に用いられる解析であるQCAと、定量的ではあるが共通な考え方の基に立つBayes統計、従来の頻度論的統計学において用いられることが多いLogistic回帰分析、更には、連関分析を行い、具体事例に基づいて各解析の特徴を比較する。

データとしては、前述の「巢立ち会」報告書のQCAに用いられたデータ⁵⁾を用いる。東京都精神障害者退院促進支援モデル事業の対象者に、自立生活に向けての訓練を行うことの退院促進への効果を調べたものである。筆者は、「巢立ち会」のデータの背景について、報告書に

書かれている以上の知見は持たず、オリジナルの報告書での解析を批判する意図はない。色々な分析により、例え結果に細かな差異が出たとしても、それは、分析の特徴が現れたものであり、報告書の結論に異を唱えるつもりでは決してないことを述べておく。また、データを公開することによって、このような分析の比較を可能として下さった方々に、心からの謝意と敬意を表したい。

1. QCA 分析の図表化

「巣立ち会」報告書の結論について、簡潔にまとめる。なお、以下では、前項で D , d と書いた Boolean 変数を D , \bar{D} などと表記する。

$$\text{退院に至った事例の解析： } D = T(S(\bar{A}+H) + A\bar{S}\bar{H}) \cdots (1)$$

$$\text{退院に至らなかった事例の解析： } d = \bar{S}T(\bar{A}+H) + S\bar{T}(\bar{H}+A) \cdots (2)$$

(1) 式により、全ての退院に至った事例で、訓練が関わっていることがわかる。その上で、男性 (S) については、年齢が若いか入院期間が長いこと、女性 (\bar{S}) については、年齢が高く入院期間が短いことが退院に至っていることを示す。「巣立ち会」報告書は以上の解析と共に、個別の事例について状況を丁寧に説明しているが、それは、この報告書のスコープの外にあるので、ここでは割愛する。

まず、 T に注目してみる。

図表 7

	D	\bar{D}	事例数	D の割合 (退院率)	退院率 2 値変数
T	10	5	15	0.67	1
\bar{T}	6	8	14	0.43	0
計	16	13	29	0.55	

巣立ち会報告書では、全体の退院率 0.55 を境界線として それより高いものを退院に至った状況「1」、低いものを退院に至らなかった状況「0」として、従属変数である退院率も 2 値 Boolean 変数にして解析を行っている。 T と \bar{T} 別の退院率を計算し、Boolean 変数にしたものも図表 7 に示した。さて、 T と共に S も見てみよう。(退院者数 / 事例数) で表し、同様に Boolean 変数で表すと、図表 8 となる。

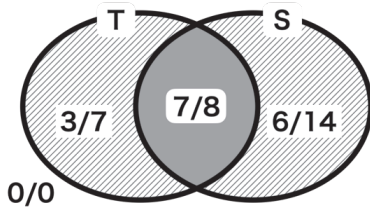
図表 8

	S	\bar{S}	計		S	\bar{S}	計数
T	7/8	3/7	10/15	T	1	0	1
\bar{T}	6/14	0/0	6/14	\bar{T}	0	-	0
計	13/22	3/7	16/29	計	1	0	-

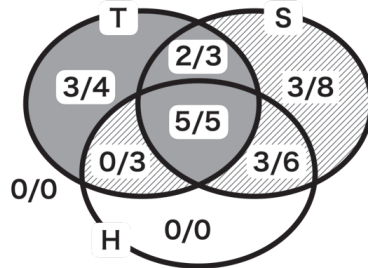
これをベン図で表すと、図表 9(a) となる。

更に H (図表 9(b)) と A (図表 9(c)) についても重ねていった結果、退院率に寄与する場所 (網掛け部分) を表したのが式 (1)、退院に至らない事例に寄与する場所 (斜線部分) を表したものが式 (2) となったのである。

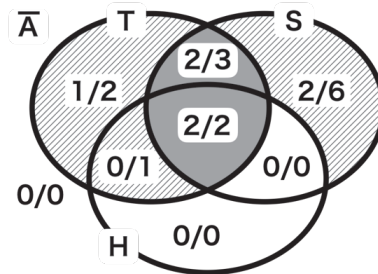
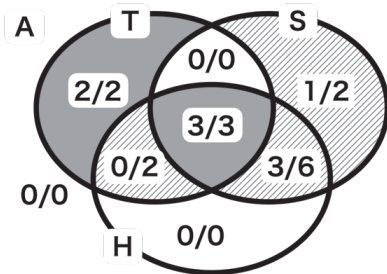
図表 9(a)



図表 9(b)



図表 9(c)



2. Bayes 推定

さて、図表 9(a) を見ると、同じ退院率 $0.43=3/7=6/14$ でも、事例数が 7 の場合も 14 の場合もあった。無作為抽出をしていないので、事例の数が多くなるにつれて「事例から得られた値」が母集団の「母退院率」に近づいていくことが保証されている訳ではない。しかし、それでも、事例数が多いということ、 $「1$ 人違ったら結果が全然違う」わけではないという意味で、より高い信頼性を持つと考えてよい気がする。

いま、 n 人の事例があり、そのうち x 人がある期間中に退院に至ったとする。これについて、

Bayes 推定と従来の頻度論的統計学の手続きを比べてみる。(Bayes 統計に関する教科書は数多くあるが、例えば文献^{30,32)}などを参照。本報告書補足資料も参考にされたい。)

従来の統計の手続きでは、それら n の事例がある母集団の代表と考え、 x/n をその母集団の「母退院率」の点推定値と見なす。つまり、次に同じ条件のケースがあれば、その退院率を x/n と推定する。事例数が 7 で退院者が 3 の場合も、事例数が 14 で退院者が 6 の場合も、点推定値は同じ 0.43 である。また、この退院率の 95% 信頼区間を Clopper と Pearson 法³³⁾を用いて求めると、事例数が 7 の場合は [0.10,0.82] となり、事例数が 14 の場合は [0.18,0.71] と求まる。事例数が多い方が、母退院率の推定がより狭い区間になり、より正確な推定になる。

これに対し、Bayes 推定の考え方は以下の様になる。一般に、ある事柄 A が成立する確率を $P(A)$ と書き、B という条件の下で A が成立する確率を $P(A|B)$ と書き、A と B が共に成立する確率を $P(A \cap B)$ と書くと、

$$P(A \cap B) = P(A|B) \times P(B) = P(B|A) \times P(A)$$

が常に成立する。これを、

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)}{P(B)} P(A) \quad \dots (3)$$

と書き直すと、B が起きていた (特定のデータが得られた) という情報を得て、 $P(A)$ (事前確率) から、より尤もらしい予想 $P(A|B)$ (事後確率) をもたらす式とみることが出来る。これが Bayes 更新である。

まず、何も情報がないときの退院率は、「わからない」から、 $1/2$ と考える。もう少し正確にいうと、「母退院率 θ 」は、 $0 \leq \theta \leq 1$ のどこにあるのも等確率 (一様分布)、即ち θ の確率分布は $P(\theta)=1$ であると考え。この「 θ が 0 から 1 までの何処にあるか分からない」という仮定についてだが、経験から範囲をもっと狭められる、と思われるかも知れない。経験から言って、世の中全く退院できないことも、一定の期間に全員が退院できることもないのに、 θ が 0 の可能性も 1 の可能性も存在するという仮定には納得しがたいかも知れない。しかし、この $P(\theta)=1$ というのは、ある状況では $\theta=0$ であるかも知れないし、別の状況では $\theta=1$ であるかも知れない、今調べている状況ではどの値か分からない、という意味の「何処にあるか分からない」である。その 0 だったり 1 だったり 0.5 だったりする状況を見つけないというのが分析の目的であるのだから、まず一様分布 $P(\theta)=1$ から始めるのが適切に思われる。更に言えば、例えば最初に $P(\theta)$ が $\theta(1-\theta)$ に比例すると仮定すれば、 θ は絶対 0 になることも 1 になることもないという意味を込めた事前確率を設定出来るが、これは実は、1 人は退院し、1 人は退院に至らなかったという 2 データを、事前に調査データに加えたことに対応する。ここでは、 $P(\theta)=1$ として、得られたデータを最大限に活かすという方法を採用することにする。

さて、その一様分布の事前確率に対し「 n 人の事例があり、そのうち x 人がある期間中に退院に至った」という情報を得た訳であるから、その情報を入れ込んだ事後確率 $P(\{n,x\} | \theta)$ は、式 (3) Bayes 更新により $P(\theta)$ から求まる。

$$P(\theta|\{n,x\}) = \frac{P(\{n,x\}|\theta)}{P(\{n,x\})} P(\theta) \cdots (4)$$

ただし、母比率が θ の下で n 人中 x 人が退院する確率(今はもうデータがあるから尤度である)は

$$P(\{n,x\}|\theta) = {}_n C_x \theta^x (1-\theta)^{(n-x)}$$

であるから、これと $P(\theta)=1$ を式(4)に代入、更に θ に対する確率の正規化、つまり、全確率を足すと1になるようにすると、

$$P(\theta|\{n,x\}) = (n+1) {}_n C_x \theta^x (1-\theta)^{(n-x)}$$

となる。7事例中3事例が退院に至ったというデータであれば、これは、

$$P(\theta|\{7,3\}) = 8 {}_7 C_3 \theta^3 (1-\theta)^4$$

となり、14事例中6事例であれば、これは、

$$P(\theta|\{14,6\}) = 15 {}_{14} C_6 \theta^6 (1-\theta)^8$$

となる(図10(a))。

この分布の最大を与える θ 、つまり θ の最頻値は、 x/n となり、従来の統計学の点推定値と一致する。

θ の平均値は θ の期待値、即ち $\langle\theta\rangle$ であり、同じ条件のかたの退院率は $\langle\theta\rangle = \frac{x+1}{n+2}$ と推定されることになる。これを、

$$\langle\theta\rangle = \frac{x+1}{n+2} = \frac{x}{n} \frac{n}{n+2} + \frac{1}{2} \frac{2}{n+2}$$

と書き直そう。まず、事例がない時点、 $n=x=0$ では、事前確率の $1/2$ と一致する。右辺を見ると、事例を重ねていき、 n が大きくなると、事前確率の $1/2$ を引きずりつつ、事例の情報 x/n が主になっていく様子が分かる。 n が十分大きくなったときは、従来の統計の点推定値 x/n に一致する。

中央値は簡単な式では表せないが、この場合は、最頻値と平均値の間に存在する。事例数が7の場合、95%最高密度信頼区間(信用区間とも呼ばれる)は $[0.15, 0.75]$ となり、事例数が14の場合は $[0.21, 0.67]$ と求まる(図表10(b))。従来型の信頼区間は、同様の調査を何回も行ったときに95%の確率で母退院率がこの区間の中に存在しているという意味の区間であって、Bayes推定による「母退院率」の存在分布 $P(\theta|\{n,x\})$ とは考え方が異なることを強調しておく。

3. Logistic 分析 (主効果)

母比率の推定に対して従来型の統計では、Logistic 分析がよく行われる。Bayes 更新の式は、Logistic 分析とも密接な関係がある。QCA と Logistic 分析の比較に関する研究もある³⁴⁾。まず、Logistic 分析の主効果の項を考える。

いま、研修を受けた (T) の退院率 $P(D|T) = \frac{10}{15}$ と受けなかった (\bar{T}) の退院率 $P(D|\bar{T}) = \frac{6}{14}$ について、Logistic 分析をしよう。これを変数変換して、

$$P(D|X) = \frac{\exp[\alpha + \beta X]}{1 + \exp[\alpha + \beta X]}$$

と表し、 α と β を求めると、 $\alpha = -0.2877$ 、 $\beta = 0.9808$ となる。ただし、T のとき $X=1$ 、 \bar{T} のとき $X=0$ とした。これらの α 、 β が Logistic 分析のパラメータ値に対応する。

ここで、以下の様に変形すると

$$\frac{P(D|X)}{1 - P(D|X)} = \frac{P(D|X)}{P(\bar{D}|X)} = \exp[\alpha + \beta X]$$

これは、確率の比に対する Bayes 更新

$$\frac{P(D|X)}{P(\bar{D}|X)} = \frac{P(X|D) P(D)}{P(X|\bar{D}) P(\bar{D})}$$

の左辺となる。 $X=T, \bar{T}$ それぞれについてあらわに書き下すと、

$$\frac{P(D|T)}{P(\bar{D}|T)} = \exp[\alpha + \beta], \quad \frac{P(D|\bar{T})}{P(\bar{D}|\bar{T})} = \exp[\alpha]$$

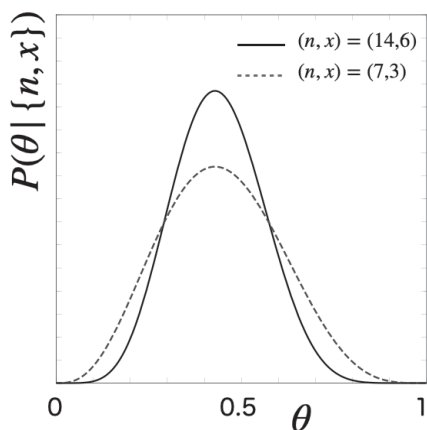


図 10(a) Bayes 統計による比率の推定

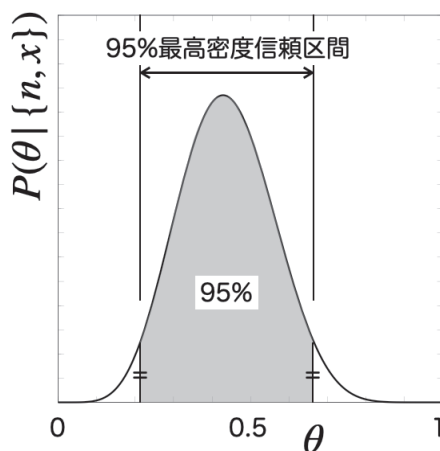


図 10(b) Bayes 統計における信頼区

さらにこの比をとると $\exp[\beta]$ となるが、それは

$$\begin{aligned} \frac{P(D|T)}{P(\bar{D}|T)} \div \frac{P(D|\bar{T})}{P(\bar{D}|\bar{T})} &= \frac{P(D|T) P(T)}{P(\bar{D}|T) P(T)} \div \left(\frac{P(D|\bar{T}) P(\bar{T})}{P(\bar{D}|\bar{T}) P(\bar{T})} \right) \\ &= \frac{P(T|D) P(D)}{P(T|\bar{D}) P(\bar{D})} \div \left(\frac{P(\bar{T}|G) P(D)}{P(\bar{T}|\bar{G}) P(\bar{D})} \right) = \frac{P(T|D)}{P(T|\bar{D})} \div \frac{P(\bar{T}|D)}{P(\bar{T}|\bar{D})} \end{aligned}$$

となり、Bayes 更新の尤度の比となることがわかる。実際、

$$\frac{P(T|D)}{P(T|\bar{D})} \div \frac{P(\bar{T}|D)}{P(\bar{T}|\bar{D})} = 1.625 \div 0.609 = \frac{8}{3} = \exp[0.9808] = \exp[\beta]$$

である。(ちなみに有意水準は 0.20 となり、全く 5% 有意ではない。)

これより、多変量の Logistic 分析を行って主要な主効果項を探すことは、Bayes 更新を行うための主要な情報を探すことでもあることがわかる。

4. 連関分析とベイジアンネットワーク

QCA の分析でも見たように、或いは本報告最初に触れたように、複数要因の積集合について関心がある場合は、しばしば主効果だけでは Outcome を説明できず、交互作用を考える必要がある。Logistic 分析で交互作用を入れた解析を行う場合は、原則として全てのセルに事例があることが必要となる。しかし、少数例のデータでは、それが満たされないこともある。ここでは、Bayes 統計を用いた連関分析とネットワーク分析を行ってみる³⁵⁻³⁸⁾。

いま、退院に至ったか否か(D or \bar{D})について、4つの独立変数、年齢 (A or \bar{A})、性別 (S or \bar{S})、訓練 (T or \bar{T})、入院期間 (H or \bar{H}) がある。独立変数の組み合わせは $3^4 - 1 = 80$ 通りになる。そこから Bayes 更新をして事後確率が事前確率より高くなる組み合わせ、

$$P(D|X) = \frac{P(D|X)}{P(X)} P(D) = \frac{P(D \cap X)}{P(X)P(D)} P(D)$$

つまり、 $P(D \cap X)/(P(D)P(X)) > 1$ となる X を、データから連関分析により探すと 30 通りとなった。このうち、例えば 1.2 倍以上になる組み合わせは 22 通りあり、図表 11 になる。(R と arules Ver.1.6³⁶⁾ による。)

図表 11

X	$P(D \cap X) / (P(D)P(X))$
T	1.21
$\bar{A}H$	1.21
AT	1.29
$T\bar{H}$	1.29
SH	1.32
$\bar{S}\bar{H}$	1.36
$A\bar{H}$	1.36
ST	1.59
$\bar{A}TH$	1.21
ASH	1.21
$ST\bar{H}$	1.21
$\bar{S}TH$	1.36
$\bar{A}ST$	1.45
$A\bar{S}\bar{H}$	1.81
$\bar{A}SH$	1.81
STH	1.81
$A\bar{T}\bar{H}$	1.81
AST	1.81
$\bar{A}ST\bar{H}$	1.21
$\bar{A}STH$	1.81
$\bar{A}S\bar{T}H$	1.81
ASTH	1.81

しかし、例えば、Tで既に1.21倍であるから、 $\bar{A}TH$ や $ST\bar{H}$ の組み合わせで1.21倍になるという「発見」を、改めて行う必要はない。これらの項を落として必要なもののみを抽出するのがベイジアンネットワークの考え方である。

まず3変数だけで説明をする。退院D、性別S、訓練Tのある組み合わせが同時に起こる確率 $P(D \cap S \cap T)$ は、

$$P(D \cap S \cap T) = P(D|S \cap T) \times P(S \cap T) = P(D|S \cap T) \times P(T|S) \times P(S)$$

と書ける（これはいつでも成立する式である）。ここで、Dを左に残し、Sを右に書いたのは、何かでもって退院率を変更したいこと、何かが変更されて性別が変化することがないことから、 $P(S|T)$, $P(S|D)$ や $P(T|D)$ などが式中に現れないようにしたためである。これをグラフにしてみると図表 12(a) である。

ここで、仮に、D に対する情報がない場合に S と T が独立、つまり、

$$P(T|S) \times P(S) = P(T) \times P(S)$$

であるとする。このとき、

$$P(D \cap S \cap T) = P(D|S \cap T) \times P(T) \times P(S)$$

となり、D に T と S がそれぞれ寄与する図表 12(b) となる。これは、訓練 T と性別 S の主効果のみで退院率が定まる場合に対応する。

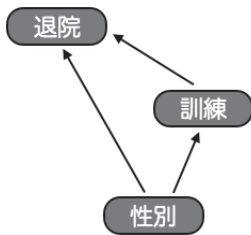
あるいは、仮に、

$$P(D|S \cap T) = P(D|T)$$

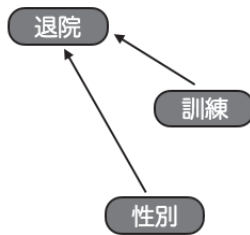
とすると、

$$P(D \cap S \cap T) = P(D|T) \times P(T|S) \times P(S)$$

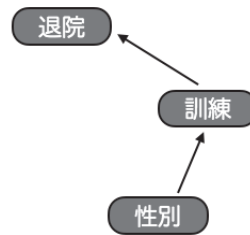
となり、図表 12(c) となる。訓練を通してのみ性別が退院率に影響する場合に対応する。



図表 12 (a)



図表 12 (b)

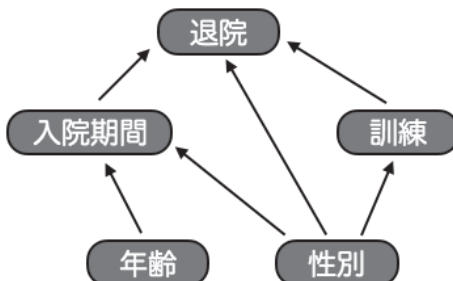


図表 12 (c)

さて、5 変数に戻ろう。「退院から出る矢印がないこと」「年齢に入る矢印がないこと」「性別に入る矢印がないこと」の 3 条件を課すと、5 変数間の可能な 20 本の矢印のうち、10 本が除かれる。最大事後確率推定により、巣立ち会の調査データを出す確率が一番高いネットワークと、各変数に対する条件付き確率の組み合わせを求めると (R と deal Ver.1.2³⁷) による)、6 本の矢印より成るグラフが選ばれた (図表 13.14)。

$$P(D|S \cap H \cap T \cap A) = P(D|S \cap H \cap T) \times P(H|S \cap A) \times P(T|S) \times P(S) \times P(A)$$

ただし、この条件付き確率は、各ネットワークに対する事前確率が等しいという仮定 (Heckerman の方法³⁸) を採ったため、データから直接計算したものより、いわばデータの影
響が薄められたものとなっている。



図表 13

図表 14：条件付き確率表

性別	入院	訓練	退院	入院継続
女	短期	短期	0.500	0.500
女	短期	長期	<u>0.583</u>	0.417
女	長期	短期	0.500	0.500
女	長期	長期	0.364	<u>0.636</u>
男	短期	短期	0.438	<u>0.563</u>
男	短期	長期	<u>0.545</u>	0.455
男	長期	短期	0.500	0.500
男	長期	長期	<u>0.692</u>	0.308

このネットワーク図で示されたように、退院率に直接連関があるのは、性別、入院期間、訓練期間の3つの変数であり、年齢は間接的に寄与するようである。更に、退院率を高める／低める状況を QCA に倣って書いてみると、

$$D = \overline{SHT} + \overline{S}HT + SHT = T(\overline{H}+S)$$

$$\overline{D} = \overline{S}HT + SHT$$

となり、丁度 QCA の結果の式 (1)、(2) から年齢に関する項を消したものとなっている。図表 14 より、性別・入院期間（これらは動かせない変数である）のそれぞれについて、長期に入院している女性以外には、長期の訓練と退院率を高いことに連関があることがわかる。また、長期に入院している女性に対しては長期の訓練と入院継続の確率が高いことと連関がある。

なお、ベイジアンネットワークの手続きからは、これが最尤解として出てきたが、データが増えれば変わりうるものであることに注意されたい。

5. この章のまとめ

こうやって色々な種類の解析を行ってきたが、同じデータから出てくる結論にそれほど違いはないことが判る。即ち、

- ・基本的には訓練は退院率を高めるのに有効ようである
- ・しかし、入院が長期の女性には有効でないようにみえる

従って、この結果を基に、訓練の有効性が見られたとしつつ、訓練の効果を覆すような別の要因があって、あるグループに影響を与えたのかもしれない、あるいは、訓練の内容が、あるグループに対しては有効でないかも知れない、などを考慮に入れながら、実践研究を進めていくという事になるであろう。(これは当初の報告書⁵⁾にも論じられている)。

むすびにかえて

以上、本報告では、「Ⅰ 質的比較分析 (QCA)」、「Ⅱ 少数例、あるいは、母集団からのランダムサンプリングが望めない調査について」と解説してきた。最後に強調しておきたいのは、少数例、あるいは、母集団からのランダムサンプリングが望めない調査でも、明確な手続きを踏めば、ある程度は客観的かつ解析手法によらない頑健な「現段階での結論」が得られたことである。ここから、研究の次の段階に進む有効な情報を得ることが出来るのである。

この「結論」をふまえ、本研究事業の2年目では、上記「明確な手続き」を「福祉分野臨床事例研究」分析方法の学習教材として、教員や大学院生に提示、彼らからの評価フィードバックも受け、今後の大学院のデータ分析関連の講義や演習で使えるものにまとめていきたいと考えている。

参考文献

※なお、引用 URL の閲覧日はいずれも 2021 年 2 月 17 日である。

- 1) この「はじめに」の一部は、web 上で既に報告されている。
<https://www.jcsw.ac.jp/research/kenkyujigyo/gakunai-kyodo02/files/2019goto.pdf>
また、本報告は分担執筆であり、Ⅰの文責は後藤に、Ⅱの文責は竹内にある。
- 2) 中山健夫・津谷喜一郎編著『臨床研究と疫学研究のための国際ルール集 Part2』、ライフサイエンス出版、2016、p.105.
- 3) なお、QCA と類似の考え方のデータ分析技法として「ラフ集合」がある。次の4) 参照。
- 4) 井上編、原田、椎塚、工藤、関口『ラフ集合の感性工学への応用』、海文堂、2009
- 5) 赤沼麻矢「精神障害者退院促進支援事業における対象者個別事例の質的比較—ブール代数アプローチを用いて—」『社会福祉学』第48巻第3号、2007、42-54.
- 6) 石田淳「テーマ別研究動向（質的比較分析研究〔QCA〕）」『社会学評論』61巻1号、2-010、90-99.
- 7) Roig-Tierno, N., González-Cruz, T.F., Llopis-Matinez, J., 'An overview of qualitative comparative analysis: A bibliometric analysis', J of Innovation & Knowledge, 2:15-23(2017).
- 8) Schneider, C.Q. Wagemann, C., Set-Theoretic Methods for the Social Sciences, Cambridge Univ.Pr., 2012.
- 9) 鹿又／野宮／長谷川編著『質的比較分析』、ミネルヴァ書房、2001.
- 10) Byrne, D., Ragin C.C. ed., The SAGE Handbook of Case-Based Methods, Sage Pub., reprinted, 2010.
- 11) 横山麻衣「性暴力サバイバーの語りの比較——質的比較分析法「MDSO-MSDO アプローチの可能性」——」『書評ソシオロギス』no.9、2013、1-17.
- 12) 石田淳『集合論による社会的カテゴリー論の展開——ブール代数と質的比較分析の応用——』勁草書房、2017.
- 13) 森大輔 QCA 関連 HP <http://park18.wakwak.com/~mdai/qca/>
- 14) QCA フリーソフト Tosmana HP <https://www.tosmana.net/>

- 15) 10) p.73.
- 16) Rihoux,B., Ragin,C., Configurational Comparative Methods,Sage,2009
- 17) リウー、レイガン、石田・齋藤監訳、根岸・姫野・横山・脇田訳『質的比較分析（QCA）と関連手法入門』、晃洋書房、2016（文献16）の邦訳）
- 18) 17) pp2-3.
- 19) 17) p3.
- 20) 17) pp18-19.
- 21) 17) p20.
- 22) 10) p74.
- 23) 17) p49.
- 24) csQCA では「事例」の「配置構成」への「変換」に1/0のクリスプ集合が用いられる。このほかに、多値を扱う mvQCA、ファジー・セットを扱う fsQCA がある。
- 25) 天田・後藤・潮谷編『新・社会福祉士養成講座5 社会調査の基礎』2015、中央法規、第3版第3刷 p.41.
- 26) 同 p.40.
- 27) 5) p 43.
- 28) 5) p 47.
- 29) 5) p 48.
- 30) 松原望 著「入門ベイズ統計」東京図書 2008
- 31) 繁樹算男 著「ベイズ統計入門」東京大学出版会 1985
- 32) 奥村晴彦他著「Rで楽しむベイズ統計入門」技術評論社 2018
- 33) Clopper, C.J. and Pearson, E.S., "The Use of Confidence or Fiducial Limits Illustrated in the Case of the Binomial," *Biometrika*, 26:404-413 (1934).
- 34) 与謝野有紀「ブール代数分析と確率モデルとしての質的計量分析－ブール代数分析とロジット分析の比較ノート－」in 鹿又伸夫著「ブール代数アプローチによる質的比較」平成8年度～平成9年度科学研究費補助金研究成果報告書 p.15
- 35) 豊田秀樹 編著「データマイニング入門」東京図書 2008
- 36) Hahsler M, Gruen B, Hornik K, "arules - A Computational Environment for Mining Association Rules and Frequent Item Sets." *J of Statistical Software*, 14(15):1-25 (2005).
- 37) Boettcher, S.G., Dethlefsen, C., "deal: A Package for Learning Bayesian Networks," *J of Statistical Software*, 8:20 (2003).
- 38) Heckerman, D., Geiger, D. and Chickering, D.. Learning Bayesian networks: The combination of knowledge and statistical data. *Machine Learning*, 20:197-243 (1995).

補足資料

Tosmana のファイル、Bayes 統計の簡単な説明、R による Logistic 回帰／最高密度信頼区間／arules パッケージによる連関分析／deal パッケージによるベイジアンネットワークの計算

コード及び説明ファイルについては、補足資料として、

https://researchmap.jp/sachiko_takeuchi/published_works

および、日本社会事業大学レポジトリに「日本社会事業大学研究紀要第 67 集共同研究報告書補足資料」として掲載（予定）。