

1 III. 二値的論理（集合論）の整理と csQCA の試行

2

3 III-1. 本章の内容

4 数値的解析の対象としたデータセットを使って、集合論的に、Lipset の仮説を検証す
5 る。この検証法は、すでに、B. Rihoux and C. Ragin (2009)がその著書の中で述べた内容で
6 あり、解説者のオリジナルではない。ただし、より理解を深めるために、基礎的な説明を
7 加えた。ここで、説明するのは csQCA: crisptive set qualitative comparative analysi であり、
8 その目的は、QCA の基本となる 2 値的なロジックの整理である。

9

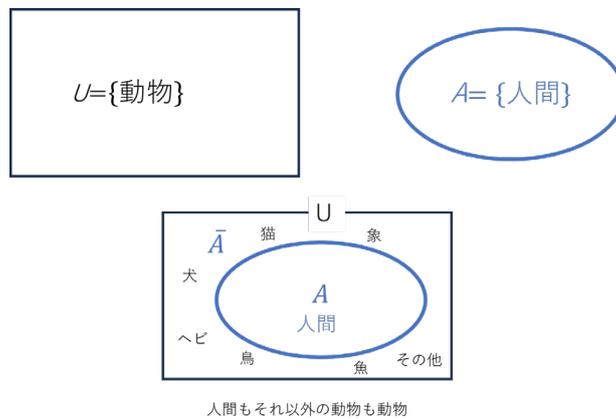
10 (改ページ)

11 III-2. 集合論とブール演算・真理表

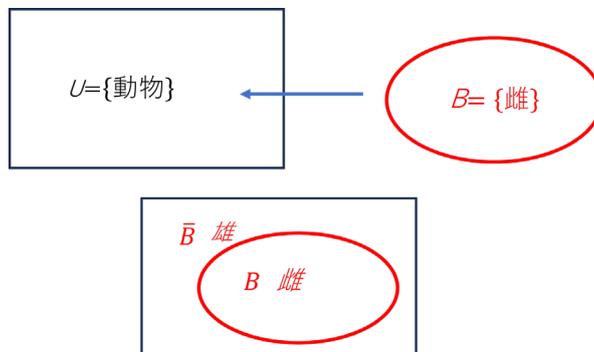
12

13 私たちが、「人間は動物である。」と言った時に、その世界観を集合論的に言えば、「動物という集合の中に人間という集合がある。」ということになる。慣習的に全体を表す集合は U と表すことが多いから、動物全体集合を U (多分、Universe から来ているのだと思う)。人間の集合を A とする。論理学では「人間は動物である。」というような、意見とか見解とか、宣言のような言葉を命題 (proposition) という。この言葉は、人間は動物であるか (真) ないか (偽)、真偽を問うことができるからである。この命題を集合の記号で表すと $A \subseteq U$ となる。人間以外にも動物やいくらでもいるから、 $A \subset U$ と書くべきかもしれない。これは、種という概念で、動物をカテゴリズしているのだが、生殖能力で動物をカテゴリズすることもできる。そうすると、「子供を作ることのできる動物を雌という。」という命題が出来る。雌の集合を B とすると、 $B \subset U$ となる。こういう集合論的な関係を表した図6のような図をヴェン図 (Venn diagram) という。命題は、或る集合 U (この場合は動物) の中に、部分集合 A, B を作りだし、同時に、 A でないもの、 B でないものの集合も作る。つまり、命題に対して偽である集合をつくる。これらを A の補集合 (complement)、 B の補集合という。全体 U の中で、 A でない部分という意味であ

27



28



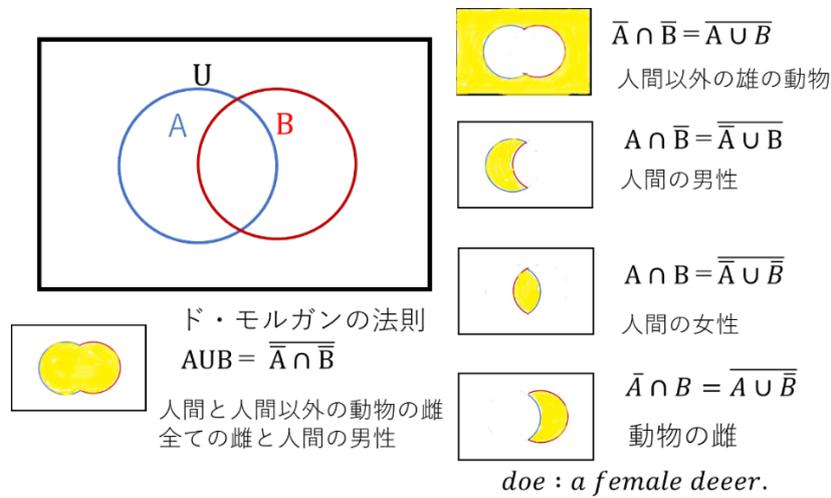
29

30 図6. 命題「人間は動物である。」と命題「子供を産む動物を雌という」のヴェン図
31 る。補集合は集合の記号では \bar{A}, \bar{B} あるいは A^c, B^c のように表す。もっと簡便化して表すと

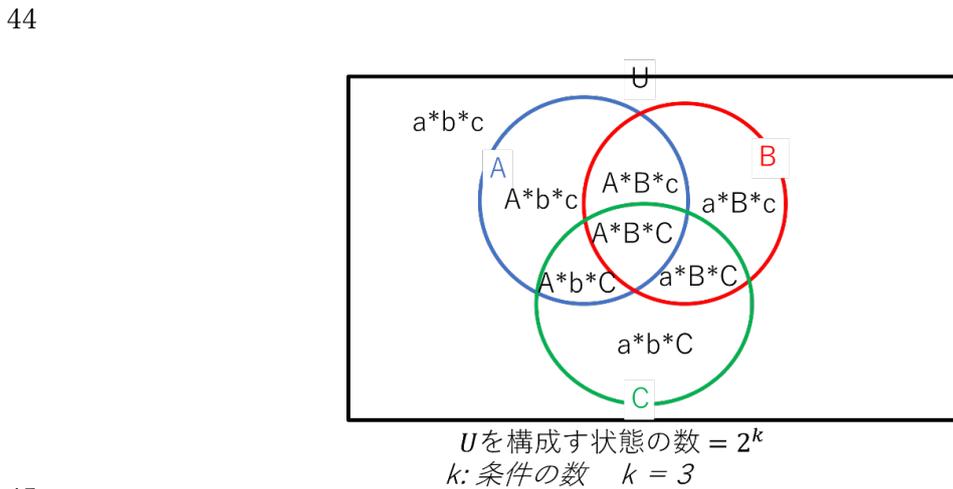
32 きは、a,b の様に小文字で表す。Aと \bar{A} の関係を相補的關係という。
 33 図7に、命題A:「人間は動物である。」とB:「子供を作る動物が雌である。」という命題
 34 を組み合わせた動物界(U)の世界を表した。2つの集合を組み合わせると、2つの集合
 35 に同時に属する集合が出来る。これを積集合という。また、二つの集合のどちらかあるい
 36 はその両方に属するという集合もできる。これを和集合という。集合演算の記述法では、
 37 積集合を $A \cap B$ 、和集合を $A \cup B$ と表す。図7の右側に示したように、全体U(この例で
 38 は、動物のすべて)は、4つの部分集合で過不足なく満たされる。集合の演算式で書けば
 39 次のようになる。

40
$$\bar{A} \cap \bar{B} \cup A \cap \bar{B} \cup A \cap B \cup \bar{A} \cap B = U$$

41



42
 43 図7. 命題AとBを組み合わせた時の全体像(U)



45
 46 図8. 3条件の場合を構成する部分集合

47
 48 つまり、Uの部分集号(sub set)として $\bar{A} \cap \bar{B}$, $A \cap \bar{B}$, $A \cap B$, $\bar{A} \cap B$ の4つの積集合が出来る

49 が、それら4つの積集合の和集合はUになる。種類、性別の様に2つの二値的な特性値で
50 記述された場合、Uは 2^2 個の積集合の部分集合を持つ。、図8に3条件A、B、Cを組み合
51 わせた場合の部分集合をヴェン図の形式で書いた、ここでは、積集合をブール演算の記述
52 法で記述し、補集合を小文字で表した。3個の特性を組み合わせると 2^3 個の積集合の部分
53 集合を持つk個の特性で記述された場合、Uは 2^k 個の積集合の部分集合（異なる状態・条
54 件）で満たされることになる。

55 人間であるとか、雌であるとか集合に属するものを、他から取り分ける基準となる特性
56 を、その動物が満たしている状態・条件と考えると、条件を満たしているときに真（1）、
57 満たしていない時に偽（0）と二値的に表現することができる。2つの条件があるとき、
58 二つの条件を共に満たしているかないかというのを、論理積という、共に満たしていれ
59 ば、論理積は真（1）、それ以外は偽（0）となる。これは、集合の積集合にあたる。2
60 つの条件の少なくともどちらかを満たしているかないかというのを論理和という。どち
61 らか満たしていれば、論理和は真（1）、どちらも満たしていなければ、論理は偽（0）と
62 なる。これは、集合の和集合に相当する。例えば、A人間であるを真（1）として、その
63 否定a「人間でない」を偽（0）とし、B雌を真（1）として、b雌でないを偽（0）と
64 すると、その論理積はA Bが同時に致されたときに真（1）となり、それ以外はこの組み合
65 わせはすべて偽（0）となる。つまり人間の女性は真であり論理積が1と表現される。そ
66 れ以外の男性や動物は偽であり0と表現される。また、論理和は人間であるか、雌である
67 か、どちらかが満たされればよいので、人間を除いた動物の雄の集合は論理和が0になる
68 が、他はすべて論理和が1となる。論理積は $A \wedge B$ 、論理和は $A \vee B$ と表す。論理はその集
69 合を他のものと区別する論理（条件）であり、ヴェン図の境界線である。Aを他と区別す
70 る条件が (α, β) でBを他と区別する条件が (β, γ) ならば、

$$71 \quad A \wedge B \rightarrow (\alpha, \beta, \gamma), \quad A \vee B \rightarrow (\beta, \gamma)$$

72 となる。集合と考えると、集合に含まれる全要素（メンバー）をa,b,cで表すと

$$73 \quad A \in \{a, b\}, \quad B \in \{b, c\}$$

74 ならば、

$$75 \quad A \cap B \rightarrow (b), \quad A \cup B \rightarrow (a, b, c)$$

76 \rightarrow は条件、 \in は集合の要素を表す論理記号

77 混乱するかもしれないが、「条件が増えれば、適合者の数が減る。」と考えれば納得でき
78 る。

79 ブール演算（Boolean operation、Boolean logic）は、集合や論理の演算法だが、集合で
80 も論理でも同じ結果になる。現実問題として論理式は読みにくい。そこで、本解説では、
81 特に論理演算であることを強調する必要がない場合は、集合の記述法を使う。ブール演算
82 のいくつかの法則を下記に整理しておく。

83 記述法

84 和: +, 積: *

85		補集合: \bar{A}, A^c, a	
86		要素(メンバー)	
87		$A = \{\alpha, \beta, \gamma\}$	α, β, γ は A を構成する要素・メンバー
88		$A \ni \alpha, A \not\ni \delta$	α はメンバーに含まれる、 δ 含まれない
89		空集合	
90		\emptyset	メンバーが存在しない集合
91	主要法則		
92		交換	$A+B=B+A$
93			$A*B=B*A$
94		結合	$(A+B)+C=A+(B+C)$
95			$(A*B)*C=A*(B*C)$
96		分配	$A*(B+C)=A*B+A*C$
97		同一性	$A+1=1$ 部分と全体の和集合は全体
98			$A*1=A$ 部分と全体の積集合は部分
99			$A+A=A$
100			$A*A=A$
101		補集合	$A+\bar{A}=1$
102			$A*\bar{A}=0$
103		吸収	$A+(A*B)=A$
104			$A*(A+B)=A$
105	ド・モルガンの法	$\overline{A+B} = \bar{A} * \bar{B}$	和集合の補集合は補集合の積集合 $\overline{A*B}$
106		$= \bar{A} + \bar{B}$	積集合の補集合は補集合の和集合

107
 108 これらを使うと、次式の左辺のように A と B の積集合と A と B の補集合 b の積集合があっ
 109 た場合、

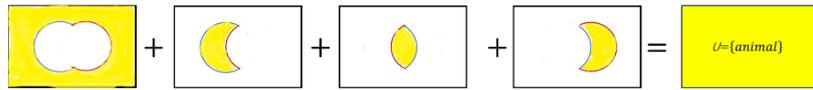
110
$$A * B + A * b = A(B + b) = A * 1 = 1$$

111 となって、式を単純化できる。

112 図9に、A、B の2条件(集合)があった場合に、A、B と補集合のすべての組み合わせ
 113 の和集合で、全体 U が構成されることを、ブール演算で証明できることを示した。図の上
 114 のヴェン図によって、ブール演算の第一式が、動物全体であることが明らかであり、それ
 115 が真、この中に含まれたものはすべて動物で、それ以外の動物は存在しない。

116

ヴェン図



$$\bar{A} \cap \bar{B} \cup A \cap \bar{B} \cup A \cap B \cup \bar{A} \cap B = U$$

(Not A and not B) or (A and not B) or (A and B) or (not A and B) is U

ブール演算

$$\begin{aligned} a * b + A * b + A * B + a * B \\ = (a + A) * b + (a + A) * B \\ = (a + A) * (b + B) = 1 = U \end{aligned}$$

図9.全体が全ての組み合わせ積集合の和集合であることの証明

117
118
119

真理表				積集合・和集合を結果とすると					
	条件			結果					
ID	A	B	C		ID	A	B	論理積	論理和
A*B*C	1	1	1		A-B	1	1	1	1
A*B*c	1	1	0		A-b	1	0	0	1
A*b*C	1	0	1		a-B	0	1	0	1
A*b*c	1	0	0		a-b	0	0	0	0
a*B*C	1	1	1						
a*B*c	1	1	0						
a*b*C	1	0	1						
a*b*c	0	0	0						

図10.真理表の作り方

120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133

次に真理表について説明する。真理表とは、二値化したいくつかの条件に、適合しているか、適合していないかを、0と1で表したものである。一番左の列は、コードのIDである。例えば、本稿が分析対象として、戦間期のヨーロッパの国々のデータでは、各国のIDが記入される。表10では、積集合のIDとそのブール演算の式を入れておいた。その右側にそれぞれのIDに対応する、真理値の値をそれぞれの条件名の列に0、1の二値で記入する。さらにその右側に結果の列があり、その条件で何が起こるのか、起きたのか、戦間期のヨーロッパの例では、その国が民主主義が維持できた(1)、民主主義が崩壊した(0)のように二値化したデータを入れる。例として、条件A、Bが条件の列の値であったときに、結果として論理積、論理和がどのようなになるかを記した。

134 III-3. 真理表の使い方。

135

136 真理表は、使い方を覚えると大変便利で、これを Excel の並べ替えの機能を使って、真
 137 理表を並べ替えると、いろいろなことができる。真理表の使い方を図 11 に示した。図の
 138 左側に示した真理表では、結果 R で真 (1) を招く条件は、 $A \wedge B \wedge C$ の条件の組み合わせだ
 139 けである。 $A \wedge B \wedge C$ ならば R の結果を招く ($A \wedge B \wedge C \rightarrow R$, R は $A \wedge B \wedge C$ の必要条件) と結論出
 140 来る。真ん中の例では、 $A \wedge B \wedge C$ と $A \wedge B \wedge c$ で結果が $R = 1$ が得られているので、その論理
 141 和、をとって $A \wedge B \rightarrow R = 1$ となる。ブール演算で書くと次のようになる

142

$$A \wedge B \wedge C + A \wedge B \wedge c \rightarrow R$$

143

$$A \wedge B \wedge (C \vee \bar{C}) \rightarrow R$$

144

$$A * B \rightarrow R$$

145

となる。一見したときに、C だけが共通しているから、条件 $C = 1$ ならば、 $R = 1$ になる

146

($C \rightarrow R$) と判断できるだろうと言われればそれまでなのだが、一番右の例では、 $A * B * C$

147

C 、 $A * b * C$ 、 $a * B * C$ 、 $a * b * C$ で結果が $R = 1$ になっている。A、B をあると一貫性が

148

ないので、A、B を除いて、 $C = 1$ ならば $R = 1$ だろうと判断している。

149

set	conditions			Result
	A	B	C	
$A * B * C$	1	1	1	1
$A * B * c$	1	1	0	0
$A * b * C$	1	0	1	0
$A * b * c$	1	0	0	0
$a * B * C$	0	1	1	0
$a * B * c$	0	1	0	0
$a * b * C$	0	0	1	0
$a * b * c$	0	0	0	0

set	conditions			Result
	A	B	C	
$A * B * C$	1	1	1	1
$A * B * c$	1	1	0	1
$A * b * C$	1	0	1	0
$A * b * c$	1	0	0	0
$a * B * C$	0	1	1	0
$a * B * c$	0	1	0	0
$a * b * C$	0	0	1	0
$a * b * c$	0	0	0	0

set	conditions			Result
	A	B	C	
$A * B * C$	1	1	1	1
$A * B * c$	1	1	0	0
$A * b * C$	1	0	1	1
$A * b * c$	1	0	0	0
$a * B * C$	0	1	1	1
$a * B * c$	0	1	0	0
$a * b * C$	0	0	1	1
$a * b * c$	0	0	0	0

$$A * B * C \rightarrow R$$

$$\begin{aligned} & A * B * C + A * B * c \\ &= A * B * (C + c) \\ &= A * B \\ &A * B \rightarrow R \end{aligned}$$

矛盾

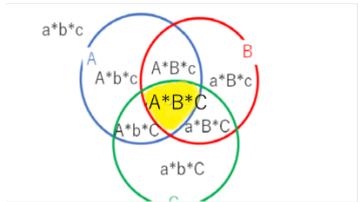
$$\begin{aligned} & A * B * C + A * b * C + a * B * C + a * b * C \\ &= A * C * (B + b) + a * C * (B + b) \\ &= A * C + a * C = C * (A + a) = C \\ &C \rightarrow R \end{aligned}$$

矛盾

150

151

図 11. 真理表の使い方



set	conditions			Result
	A	B	C	
A*B*C	1	1	1	1
A*B*c	1	1	0	0
A*b*C	1	0	1	0
A*b*c	1	0	0	0
a*B*C	0	1	1	0
a*B*c	0	1	0	0
a*b*C	0	0	1	0
a*b*c	0	0	0	0

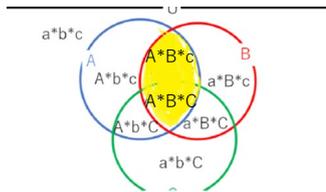
$$A * B * C \rightarrow R$$

ヴェン図

真理表

ブール演算

152



set	conditions			Result
	A	B	C	
A*B*C	1	1	1	1
A*B*c	1	1	0	1
A*b*C	1	0	1	0
A*b*c	1	0	0	0
a*B*C	0	1	1	0
a*B*c	0	1	0	0
a*b*C	0	0	1	0
a*b*c	0	0	0	0

$$\begin{aligned}
 A * B * C + A * B * c &= A * B * (C + c) \\
 &= A * B \\
 A * B &\rightarrow R
 \end{aligned}$$

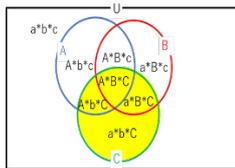
矛盾

ヴェン図

真理表

ブール演算

153



set	conditions			Result
	A	B	C	
A*B*C	1	1	1	1
A*b*C	1	0	1	1
a*B*C	0	1	1	1
a*b*C	0	0	1	1
A*B*c	1	1	0	0
A*b*c	1	0	0	0
a*B*c	0	1	0	0
a*b*c	0	0	0	0

$$\begin{aligned}
 A * B * C + A * b * C + a * B * C + a * b * C &= A * C * (B + b) + a * C * (B + b) \\
 &= A * C + a * C = C * (A + a) = C
 \end{aligned}$$

$$C \rightarrow R$$

Contradiction

ヴェン図

Truth table

Boolean operation

154

155

図 12. ヴェン図、真理表、ブール演算による解析

156

157 図 12 に、図 11 の真理表による解析のそれぞれを、ヴェン図、ブール演算による解析
158 と、並べてみた。書き表し方が違うので違って見えるが、やっていることの内容は同じで
159 ある。どんなやり方でも、分かりやすく、間違えないようにやればよいのだから、ブール
160 演算には、今のところ意味はない。ただ、偉そうに見せるために、付け加えただけだろう
161 と言われれば、当たっていないわけでもないが、全く意味がないわけでもない。そのこと
162 は、後々わかる。この時点で、それより重要なのは、エクセルシートの使い方である。表
163 の例では条件が 3 つしかないので、真理表は 8 行しかない。もっと条件が多くなると、 R
164 $= 1$ になっている行を探すのが大変になる。そういう場合は、Excel の並べ替え (sorting)
165 を使って、 R の列を最優先列にして、並べ替えれば作業が簡単で間違いが少なくなる。 R
166 にも QCR のパッケージがある。ちょっと、覗いてみたが、それぞれの function の意味が
167 きちんとされていない印象だった。多少のテクニックと知識があれば、fsQCR を含めて、
168 QCR はエクセルで実行可能なので、きちんと理解するためには、一度、Excel で QCR を実
169 行してみた方が良い。
170

171 III-4. Lipset の学説の検証を題材とした csQCA の試行

172

173 csQCA は、0-1 で表現された、二値的データの分析で、重回帰分析と同様に、説明変数
 174 の組み合わせで、目的変数を説明しようとする。説明変数も目的変数も二値化されてい
 175 て、結果も、説明できるかできないか二値的である。きっちりと（というかパリパリ
 176 と）、厳格にデータが二値的に書かれていて、結果もそうであるかないか、二値的な
 177 で、パリパリしている。そのため、その名称が、crisp set QCA という。データセットだけ
 178 でなく、その結論も、パリパリしている。csQCR の具体的手順はすでに、真理表の使い方
 179 で説明したとおりである。ここでは、前章で数値解析の対象とした、Lipset の仮説の検証
 180 を行う。csQCA では、データは二値的でなくてはならない。そこで、各データ項目に閾値
 181 を設定し、二値化する。図 13 に、csQCA の最初のステップ:二値化と並べ替えを図持し
 182 た。データは 1 章で文政対象とした戦間期のヨーロッパのデータである。設定した閾値
 183 は、A:豊かさ 600、B:都市化 50.0、C:教育 75.0、D:工業化 30.0、E:政治の安定性 9.9(政府
 184 を入れ替える) R:民主主義の維持 0 である。図の左の表が、二値化したデータセットであ
 185 り、これを Excel

186

二値化

	conditions					result
Case Id	A	B	C	D	E	F
AUT	1	0	1	1	0	0
BEL	1	1	1	1	1	1
CZE	1	1	1	1	1	1
EST	0	0	1	0	1	0
FIN	1	0	1	0	1	1
FRA	1	0	1	1	1	1
GER	1	1	1	1	0	0
GRC	0	0	0	0	0	0
HUN	0	0	1	0	0	0
IRL	1	0	1	0	1	1
ITA	0	0	0	0	1	0
NLD	1	1	1	1	1	1
POL	0	0	1	0	0	0
PRT	0	0	0	0	0	0
ROU	0	0	0	0	1	0
ESP	0	0	0	0	0	0
SWE	1	0	1	1	1	1
UK	1	1	1	1	1	1

並べ替え


	conditions					result
Case Id	A	B	C	D	E	F
BEL	1	1	1	1	1	1
CZE	1	1	1	1	1	1
NLD	1	1	1	1	1	1
UK	1	1	1	1	1	1
GER	1	1	1	1	0	0
FRA	1	0	1	1	1	1
SWE	1	0	1	1	1	1
AUT	1	0	1	1	0	0
FIN	1	0	1	0	1	1
IRL	1	0	1	0	1	1
EST	0	0	1	0	1	0
HUN	0	0	1	0	0	0
POL	0	0	1	0	0	0
ITA	0	0	0	0	1	0
ROU	0	0	0	0	1	0
GRC	0	0	0	0	0	0
PRT	0	0	0	0	0	0
ESP	0	0	0	0	0	0

187

188

図 13. csQCA : 第一ステップ 二値化と並べ替え

189 の機能を使って、Eの列からAの列まで順番に最優先の列として、降順で並べ替えると、
 190 右側の表が得られる。真理表で同じ条件になる国がグループとして並ぶので、これを色分
 191 けした。上から、1 1 1 1 1となる国のグループ、これには、民主主義維持国のベルギ
 192 ー、チェコスロバキア、オランダ、大英帝国が属する。2番目に、1 1 1 1 0となるグル
 193 ープ、これには民主主義崩壊国のドイツが属する。以下、1 0 1 1 1：フランス、スウェー
 194 デン、1 0 1 1 0：オーストリア、1 0 1 0 1：フィンランド、アイルランド、0 0 1 1
 195 0：エストニア、0 0 1 0 0：ハンガリー、ポーランド、0 0 0 0 1：イタリア、ルーマ
 196 ニア、0 0 0 0 0：ギリシャ、ポルトガル、スペインが並ぶ。注目すべきことは、同じグ
 197 ループに、民主主義維持国と民主主義崩壊国が属することがないことである。理論的に
 198 は、
 199 $2^5 = 32$ の条件の組み合わせがあるので、すべての組み合わせの真理表に、それぞれの国名
 200 を入れた表が表8である。表8の一貫性 (consistency) は、異なった結果になった国が含
 201 まれている割合である。結果に一貫性がなければ、その組み合わせには、結果を説明する
 202 情報としては使えないことになる。表中の \emptyset は空集合 (empty set) である。つまりその条
 203 件に属する国はなかったということである。論理的用語としては、空集合には論理残
 204 余 (Logical remainder) という名前が付けられている。理論的考えられる組み合わせの
 205 内、観察された事例は、わずかに9例に過ぎない。もちろん、実際にデータがあるのは、
 206 18カ国に過ぎないのだから、これは仕方がない。しかし、デンマーク、スイス、ノルウェ
 207 ーなどを分析対象に加えるべきだろうという気はする。そのような、データセットでも、
 208 一貫性が保たれるかどうかは興味あるところである。

209
210

表8、すべての条件の組み合わせの真理表とその組み合わせの国

set	条件					結果			
	A	B	C	D	E	国名	数	R/rの数	一貫性
A*B*C*D*E	1	1	1	1	1	BEL,CZE,NLD,UK	4	4	1.00
A*B*C*D*e	1	1	1	1	0	GER	1	1	1.00
A*B*C*d*E	1	1	1	0	1	\emptyset	0		
A*B*C*d*e	1	1	1	0	0	\emptyset	0		
A*B*c*D*E	1	1	0	1	1	\emptyset	0		
A*B*c*D*e	1	1	0	1	0	\emptyset	0		
A*B*c*d*E	1	1	0	0	1	\emptyset	0		
A*B*c*d*e	1	1	0	0	0	\emptyset	0		
A*b*C*D*E	1	0	1	1	1	FRA,SWE	2	2	1.00
A*b*C*D*e	1	0	1	1	0	AUT	1	0	1.00
A*b*C*d*E	1	0	1	0	1	FIN,IRL	2	2	1.00
A*b*C*d*e	1	0	1	0	0	\emptyset	0		
A*b*c*D*E	1	0	0	1	1	\emptyset	0		
A*b*c*D*e	1	0	0	1	0	\emptyset	0		
A*b*c*d*E	1	0	0	0	1	\emptyset	0		
A*b*c*d*e	1	0	0	0	0	\emptyset	0		

a*B*C*D*E	0	1	1	1	1	\emptyset	0		
a*B*C*D*e	0	1	1	1	0	\emptyset	0		
a*B*C*d*E	0	1	1	0	1	\emptyset	0		
a*B*C*d*e	0	1	1	0	0	\emptyset	0		
a*B*c*D*E	0	1	0	1	1	\emptyset	0		
a*B*c*D*e	0	1	0	1	0	\emptyset	0		
a*B*c*d*E	0	1	0	0	1	\emptyset	0		
a*B*c*d*e	0	1	0	0	0	\emptyset	0		
a*b*C*D*E	0	0	1	1	1	\emptyset	0		
a*b*C*D*e	0	0	1	1	0	\emptyset	0		
a*b*C*d*E	0	0	1	0	1	EST	1	0	1.00
a*b*C*d*e	0	0	1	0	0	HUN,POL	2	0	1.00
a*b*c*D*E	0	0	0	1	1	\emptyset	0		
a*b*c*D*e	0	0	0	1	0	\emptyset	0		
a*b*c*d*E	0	0	0	0	1	ITA,ROU	2	0	1.00
a*b*c*d*e	0	0	0	0	0	GRC,PRT,ESP	3	0	1.00

一貫性 $c = \frac{\text{number of R or r}}{\text{number of countries}}$

最小化

set	A	B	C	D	E	F	country	n	c
A*B*C*D*E	1	1	1	1	1	1	BEL,CZE,NLD,UK	4	1.00
A*b*C*D*E	1	0	1	1	1	1	FRA,SWE	2	1.00
A*b*C*d*E	1	0	1	0	1	1	FIN,IRL	2	1.00

$$A * B * C * D * E + A * b * C * D * E + A * b * C * d * E \rightarrow R$$



212

213

214

図 14. 結果の要約と単純化

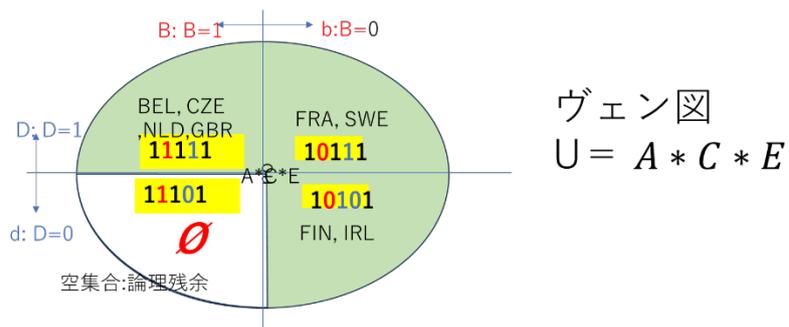


215

$$A * B * C * D * E + A * b * C * D * E + A * b * C * d * E \rightarrow R$$



$$\begin{aligned}
 &A * B * C * D * E + A * b * C * D * E + A * b * C * d * E + A * B * C * d * E \\
 &= A * C * D * E * (B + b) + A * C * d * E * (B + d) \\
 &= A * C * E * (D + d) \\
 &= A * C * E \rightarrow R
 \end{aligned}$$



216

217

218

219

図 15. 論理残余を使った最小化とブール演算

220 それはさておき、分析を進める。表 8 から、民主主義維持国だけを抜き出すと、図 14 に
221 示した図の中の表が出来る。この表の ID を並べて書けば、下式が出来る。

$$222 \quad A * B * C * D * E + A * b * C * D * E + A * b * C * d * E \rightarrow R$$

223 これを言語化すると、「豊かで、都市化していて、教育程度が高く、工業化していて、政
224 治的に安定している国は、民主主義を維持した。都市化していなくても、豊かで、教育程
225 度が高く、工業化していて、政治が安定している国も民主主義を維持した。さらに、都市
226 化していなくて、工業化していなくても、豊かで、教育程度が高く、政治が安定している
227 国は、民主主義を維持した。」という、大変、長たらしい結果が出てくる。読んですぐ
228 に、「豊かで、教育程度が高く、政治が安定している国は、民主主義を維持した。」と要約
229 しろと言いたくなる (図 1 のフローチャート)。これを単純化という。出てくる結論を
230 節約的な解(parsimonious solution)と言う。要は、わかりやすく集約して、必要最小限の言
231 葉で説明しろと言うことである。理論化とはこういうことかもしれない。しかし、この最
232 小化の背景には、図 15. に示した単純化のための論理残余の利用という分析テクニックが
233 隠れている。真理表から直接にえられた、

$$234 \quad A * B * C * D * E + A * b * C * D * E + A * b * C * d * E \rightarrow R$$

235 をブール演算を使って、単純化しようとしても、

$$236 \quad A * B * C * D * E + A * b * C * D * E + A * b * C * d * E \rightarrow R$$

$$237 \quad A * C * D * E * (B + b) + A * b * C * d * E \rightarrow R$$

$$238 \quad A * C * D * E + A * b * C * d * E \rightarrow R$$

$$239 \quad A * C * E * (D + b * d) \rightarrow R$$

240 となって、何だかよくわからなくなる。(D + b * d)を消すためには、

$$241 \quad A * B * C * D * E + A * b * C * D * E + A * b * C * d * E + A * B * C * d * E \rightarrow R$$

242 と空集合である $A * B * C * d * E$ を加える必要がある。

243 図 15 のブール演算の第 1 式と第 2 式の間を \Downarrow でつないだ。 \Leftrightarrow は論理式で等値、全く同じと
244 いう意味である。

$$245 \quad A * B * C * D * E + A * b * C * D * E + A * b * C * d * E \rightarrow R$$

246 ならば

$$247 \quad A * B * C * D * E + A * b * C * D * E \rightarrow R$$

248 であるが

$$249 \quad A * B * C * D * E + A * b * C * D * E \rightarrow R$$

250 であっても

$$251 \quad A * B * C * D * E + A * b * C * D * E + A * b * C * d * E \rightarrow R$$

252 ではない。両式が等値でないことは自明だ。問題は、何故これを等値としなければならな
253 いかだ。このような空集合を QCA の用語では「論理残余」という。これを付け加えると

254

$$255 \quad A * B * C * D * E + A * b * C * D * E + A * b * C * d * E + A * B * C * d * E$$

256
$$= A * C * D * E * (B + b) + A * C * d * E * (B + d)$$

257
$$A * C * E * (D + d)$$

258
$$A * C * E \rightarrow R$$

259 と論理演算して、単純化できる。誰かが、「豊かで、教育程度が高く、政治が安定してい
260 る国は、民主主義を維持した。」と要約しろと叫んだ瞬間に、その人は、 $A * B * C * d * E$
261 など、ないものはどうでも良いから、無視して、どうせ民主主義国維持国に決まっている
262 から、論理式に加えて、単純化してしまえ。」と言ったのである。確かにそうかもしれない
263 だが、論理的に乱暴だ。等値記号の赤い色に解説者の気持ちを込めた。図 15 の下に、ヴ
264 ェン図を書いた。ベン図の丸い集合全体Uは、 $A * C * E$ である。この集合の中には、 $B * D$,
265 $B * d, b * D, b * d$ などの特性を持った要素 (element) がふくまれてる。お互いの間に重複
266 はないから、それらの重なり合い (積集合) はないので、4分割して図示しておく。する
267 と、右下の部分は空集合だから、他と同じ色には塗れないから、白いままにしてある。こ
268 れを、「民主主義維持国として、民主主義国として緑色に塗ってしまえ。」というのが、
269 目を三角にして怒っている人の主張だ。

270 緑に塗って良いかどうかは、微妙な問題だ。何しろデータがないのだし、今更データを
271 加えることもできない。一つ参考になるのは、白い部分の左隣、第III象限にあたるところ
272 ところにある $b * d$ のデータだ。ここが緑なのが一つの参考で、 $b * d$ が緑なので、恐らく $B * d$ も
273 緑だと考えることに、全く根拠がないわけではない。おそらく、かなりの確率で緑だ。こ
274 のように、論理的妥当性は別として、根拠を示して論理余剰を加えることは分析のテクニ
275 ックとしてありそうだ。根拠としては、何か他の事例を持ってきても良い。

276
277 一つ問題がある。この解説を書くにあたって、参考にした、Berg-Schlosser D. and De
278 Meur(1994)には、論理残余は使いやすく便利だから積極的に使えと書いてあるらしい。
279 らしいというのは、石田ら (2016) の日本語の翻訳本「質的比較分析 (QCA) と関連手
280 法」しか読んでいないからだ。理由は別に記す。分析者が、結果を先に見て、自分の主張
281 に都合の良い結論になるからという理由で、都合の良い論理残差を拾い上げて良いわけな
282 いだろう。研究者倫理に反する。それが簡単にできるから、ソフトウェアを使えなど
283 というのはとんでもない主張だ。その論理残余を使うことにどんな必然性と、根拠があるか
284 を考えることが重要だ。もちろん、主張に対する反証責任は、主張に反対する側にあるの
285 だから、「文句があるなら、その論理残余に対応する反証事例を持ってこい。」と開き直る
286 ことはできるのだが、すでに、100年ほど前のことで、その当時のヨーロッパと同じよう
287 な事例なほとんどないだろう。反証可能性があることが科学的命題に必須の条件だが、実
288 質的に反証不可能な根拠を持って、何かを主張することは、褒められた態度ではないし、
289 それ

290

ID	条件					結果		
	A	B	C	D	E	R	国名	国数
A*B*C*D*E	1	1	1	1	1	1	BEL,CZE,NLD,UK	4
A*B*C*d*E	1	1	1	0	1		論理残余	
A*b*C*D*E	1	0	1	1	1	1	FRA,SWE	2
A*b*C*d*E	1	0	1	0	1	1	FIN,IRL	2
A*B*C*D*e	1	1	1	1	0	0	GER	1
A*B*C*d*e	1	1	1	0	0		論理残余	
A*b*C*D*e	1	0	1	1	0	0	AUT	1
A*b*C*d*e	1	0	1	0	0		論理残余	

$$A * C * E + A * C * e$$

$$= A * C * (E + e)$$

$$= A * C$$

一貫性 (A * C → R)

$$c = \frac{4+2+2}{4+2+2+1+1} = \frac{8}{10} = 0.80$$

不採用

291

	条件					結果		
	A	B	C	D	E	R	国名	国数
A*B*C*D*E	1	1	1	1	1	1	BEL,CZE,NLD,UK	4
A*B*C*d*E	1	1	1	0	1	0	論理残余	
A*b*C*D*E	1	0	1	1	1	1	FRA,SWE	2
A*b*C*d*E	1	0	1	0	1	1	FIN,IRL	2
a*B*C*D*E	0	1	1	1	1	0	論理残余	
a*B*C*d*E	0	1	1	0	1	0	論理残余	
a*b*C*D*E	0	0	1	1	1	0	論理残余	
a*b*C*d*E	0	0	1	0	1	0	EST	1

$$A * C * E + a * C * E$$

$$= C * E * (A + a)$$

$$= C * E$$

一貫性 (C * E → R)

$$c = \frac{4+2+2}{4+2+2+1} = \frac{8}{9} = 0.89$$

不採用

292

sets	条件					結果		
	A	B	C	D	E	R	国名	国数
A*B*C*D*E	1	1	1	1	1	1	BEL,CZE,NLD,UK	4
A*B*C*d*E	1	1	1	0	1	0	論理残余	
A*B*c*D*E	1	1	0	1	1	0	論理残余	
A*B*c*d*E	1	1	0	0	1	0	論理残余	
A*b*C*D*E	1	0	1	1	1	1	FRA,SWE	2
A*b*C*d*E	1	0	1	0	1	1	FIN, FIN	2
A*b*c*D*E	1	0	0	1	1	0	論理残余	
A*b*c*d*E	1	0	0	0	1	0	論理残余	

$$A * C * E + A * c * E$$

$$= A * E * (C + c)$$

$$= A * E$$

一貫性 (A * E → R)

$$c = \frac{4+2+2}{4+2+2} = \frac{10}{10} = 1.00$$

採用◎

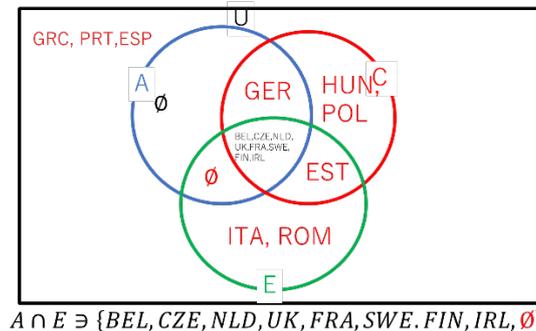
293

「豊かさと、政治の安定が、国を守った」

294

図 16. 論理の一貫性(consistency)による単純化

295



$$A \cap E \ni \{BEL, CZE, NLD, UK, FRA, SWE, FIN, IRL, \emptyset\}$$

A, E: 核となる条件. C: 周辺の条件

296

297

図 17. A ∩ C ∩ E と A ∩ E の関係

298

では、説得力もないだろう。実は、論理残余を表立って使わなくても単純化きる。論理的

299 一貫性を評価する方法である。その方法を、図 16 に示した。図 16 の 3 つの表の内、一番
300 上の表は、 $A \cap C \rightarrow R$ について検討したものである。まず、 $A * C = 1$ つまり、 A と C がと
301 もに 1 であるものを選び出す (Excel シートで、 A 、 C を最優先として A 、 C が大きい者か
302 ら順番に並べかえる。)。その条件に合う国の数を、民主主義維持国と民主主義崩壊国に分
303 けて数える。次式を使って、総国数に対する、民主主義維持国の割合を計算する。

$$304 \quad c = \frac{\text{民主主義維持国の数}}{\text{総国数}}$$

305 この割合は、 $A \cap C \rightarrow R$ 時に、その主張に該当する国の数の割合である。つまり、そのよう
306 に主張したときの、その主張の一貫性 (consistency) を表している。なにしろ、csQCA
307 は、パリパリしているので、1 以外の中間的値を認めないから、一貫性が 1 でない組み合
308 わせは認めない (不採用)。 $A \cap C \rightarrow R$ の一貫性は 0.80 だから不採用となる。同様に、 $C \cap$
309 $E \rightarrow R$ も一貫性が 0.89 で不採用となる。唯一、 $A \cap E \rightarrow R$ は一貫性が 1 だから採用とな
310 る。計算しなくても見ればわかると言われればその通りだが、実は、一貫性を数値化し
311 て、比較するという方法は、fsQCA の核心とになっている考え方である (というか csQCA
312 が fsQCA の特種なケースと考えた方がよい。) 図 17. に A 、 C 、 E の集合の関係をヴェン図で
313 示した。

314 $A \cap C \cap E$ は $A \cap E$ の部分集合だから、 $A * E \rightarrow R$ が成立つ時 $A * C * E \rightarrow R$ も成り立つ。説明
315 としては、一貫性で説明された方が、論理残余を加えた説明よりも納得しやすい。 $A \cap E$ は
316 部分集合として $A \cap \bar{C} \cap E$ 含んでいる。 $A \cap \bar{C} \cap E$ は空集合 (\emptyset) だから、 $A * c * E$ は論理残
317 余である。実は、一貫性の確認による単純化でも、論理残余を恣意的に解釈するというこ
318 とが、暗に行われている。つまり、反証があれば覆る。 $A * C * E \rightarrow R$ はデータ上では反証
319 がないことを確認済みということになる。

320
321 R のパッケージを含めて、QCA を行うソフトウェアがいくつかあるらしい。それらのパッ
322 ケージでは、論理残余を含めて、単純化を行うか、論理残余を含めなくて単純化を行う
323 か、単純化の関数の中で選択できるらしい。この二つに意味は全く違う。論理残余を含め
324 た方が都合の良い結果が出るから、論理残余を含めた単純化を行えなどと、解説書に書い
325 てよいわけがない。

326
327 怒りのあまり、話がそれた。元の話に戻る。集合 C を見ると、多くの民主主義崩壊国を
328 含んでしまう。 C の条件単体には、民主主義崩壊か民主主義維持かを決める力が弱い。 $A * E \rightarrow R$ の方が核心的条件だ考えることもできる。そういう意味で、 $A * E$ を核心的条件とし、 C を周辺的な条件とする結論もあり得る。ここで言えることは、一貫性を基準として、単純化しても、結果として論理残余が含まれることがあるということである。データが少な

$A * C * D * e \rightarrow r$

set	A	B	C	D	E	R	country	n	c
A*B*C*D*e	1	1	1	1	0	0	GER	1	1.00
A*b*C*D*e	1	0	1	1	0	0	AUT	1	1.00
a*b*C*d*E	0	0	1	0	1	0	EST	1	1.00
a*b*c*d*E	0	0	1	0	0	0	HUN,POL	2	1.00
a*b*c*d*E	0	0	0	1	0	0	ITA,ROU	2	1.00
a*b*c*d*e	0	0	0	0	0	0	GRC, PRT,ESP	3	1.00

$a * b * d \rightarrow r$

set	A	B	C	D	E	res	country	n	c
a*b*C*d*E	0	0	1	0	1	0	EST	1	1.00
a*b*c*d*E	0	0	1	0	0	0	HUN,POL	2	1.00
a*b*c*d*E	0	0	0	0	1	0	ITA,ROU	2	1.00
a*b*c*d*e	0	0	0	0	0	0	GRC, PRT,ESP	3	1.00

333
334

$A * C * D * e + a * b * d \rightarrow r$
図 18. 民主主義崩壊国の条件、初期解から中間解への展開

$A \rightarrow r$ $r: R=0$

set	A	B	C	D	E	R	country	n
A*B*C*D*e	1	1	1	1	0	0	GER	1
A*B*C*d*e	1	1	1	0	0	0	Logical Remainder	
A*B*c*D*e	1	1	0	1	0	0	Logical Remainder	
A*B*c*d*e	1	1	0	0	0	0	Logical Remainder	
A*b*C*D*e	1	0	1	1	0	0	AUT	1
A*b*C*d*e	1	0	1	0	0	0	Logical Remainder	
A*b*c*D*e	1	0	0	1	0	0	Logical Remainder	
A*b*c*d*e	1	0	0	0	0	0	Logical Remainder	
A*B*C*D*E	1	1	1	1	1	1	BEL,CZE,NLD,UK	4
A*B*c*D*E	1	1	0	1	1	1	Logical Remainder	
A*b*C*D*E	1	0	1	1	1	1	FRA,SWE	2
A*b*c*D*E	1	0	0	1	1	1	Logical Remainder	
A*b*c*d*E	1	0	0	0	1	1	Logical Remainder	
A*b*c*d*e	1	0	0	0	0	1	Logical Remainder	

$C \rightarrow r$ $r: R=0$

set	A	B	C	D	E	R	country	n
A*B*C*D*e	1	1	1	1	0	0	GER	1
A*B*C*d*e	1	1	1	0	0	0	Logical Remainder	
A*b*C*D*e	1	0	1	1	0	0	AUT	1
A*b*C*d*e	1	0	1	0	0	0	Logical Remainder	
A*B*C*D*E	1	1	1	1	1	1	BEL,CZE,NLD,UK	4
A*B*c*D*E	1	1	0	1	1	1	Logical Remainder	
A*b*C*D*E	1	0	1	1	1	1	FRA,SWE	2
A*b*c*D*E	1	0	0	1	1	1	Logical Remainder	
a*B*C*d*E	0	1	1	0	1	0	Logical Remainder	
a*B*c*d*E	0	1	0	0	1	0	Logical Remainder	
a*b*C*d*E	0	0	1	0	1	0	HUN,POL	2
a*b*c*d*E	0	0	1	0	0	1	Logical Remainder	
a*B*c*D*E	0	1	1	1	1	1	Logical Remainder	
a*b*c*D*E	0	1	0	1	1	1	Logical Remainder	
a*b*c*d*E	0	1	0	0	1	0	EST	1
a*b*c*d*e	0	1	0	0	0	1	Logical Remainder	

$$c = \frac{1 + 1}{1 + 1 + 4 + 2 + 2} = \frac{2}{10} = 0.20$$

$$c = \frac{1 + 1 + 2 + 1}{1 + 1 + 4 + 2 + 2 + 2 + 1} = \frac{5}{13} = 0.38$$

335

$D \rightarrow r$ $r: R=0$

set	A	B	C	D	E	R	country	n
A*B*C*D*e	1	1	1	1	0	0	GER	1
A*b*C*D*e	1	0	1	1	0	0	AUT	1
A*B*C*D*E	1	1	1	1	1	1	BEL,CZE,NLD,UK	4
A*b*C*D*E	1	0	1	1	1	1	FRA,SWE	2
a*B*C*D*E	0	1	1	1	0	0	Logical Remainder	
a*b*C*D*E	0	0	1	1	0	0	Logical Remainder	
a*B*c*D*E	0	1	1	0	0	0	Logical Remainder	
a*b*c*D*E	0	0	1	0	0	0	Logical Remainder	
A*B*c*D*E	1	1	0	1	0	0	Logical Remainder	
A*b*c*D*E	1	0	0	1	0	0	Logical Remainder	
A*b*c*d*E	1	0	0	0	1	0	Logical Remainder	
A*b*c*d*e	1	0	0	0	0	1	Logical Remainder	
a*B*c*d*E	0	1	0	0	1	0	Logical Remainder	
a*b*c*d*E	0	0	0	0	1	0	Logical Remainder	
a*B*c*d*E	0	1	0	0	0	1	Logical Remainder	
a*b*c*d*E	0	0	0	0	0	1	Logical Remainder	
a*B*c*d*E	0	1	1	1	1	1	Logical Remainder	
a*b*c*d*E	0	1	0	0	1	1	Logical Remainder	
a*b*c*d*e	0	0	0	0	0	1	Logical Remainder	

$e \rightarrow r$ $r: R=0$

set	A	B	C	D	E	R	country	n
A*B*C*D*e	1	1	1	1	0	0	GER	1
A*b*C*D*e	1	0	1	1	0	0	AUT	1
a*B*C*d*E	0	1	1	0	1	0	Logical Remainder	
a*b*C*d*E	0	0	1	0	1	0	Logical Remainder	
A*B*c*D*E	1	1	0	1	0	0	Logical Remainder	
A*b*c*D*E	1	0	0	1	0	0	Logical Remainder	
a*B*c*d*E	0	1	0	0	1	0	Logical Remainder	
a*b*c*d*E	0	0	0	0	1	0	Logical Remainder	
A*B*c*d*E	1	1	1	0	0	0	Logical Remainder	
A*b*c*d*E	1	0	0	0	0	0	Logical Remainder	
a*B*c*d*E	0	1	0	0	0	0	Logical Remainder	
a*b*c*d*E	0	0	0	0	0	0	Logical Remainder	
A*B*c*d*E	1	1	0	0	0	0	HUN,POL	2
A*b*c*d*E	1	0	0	0	0	0	Logical Remainder	
a*B*c*d*E	0	1	0	0	0	0	Logical Remainder	
a*b*c*d*E	0	0	0	0	0	0	Logical Remainder	
a*B*c*d*E	0	1	1	1	1	1	GRC, PRT,ESP	2

$$c = \frac{1 + 1}{1 + 1 + 4 + 2} = \frac{2}{8} = 0.25$$

$$c = \frac{1 + 1 + 2 + 2}{1 + 1 + 2 + 2} = \frac{6}{6} = 1.00 \quad \text{採用}$$

336
337

図 19. 中間解 $A * C * D * e \rightarrow r$ から最節約解への展開



$a \rightarrow r$

set	A	B	C	D	E	R	country
a*B*C*D*e	0	1	1	1	0		Logical Remainder
a*b*c*D*e	0	0	1	1	0		Logical Remainder
a*B*c*D*e	0	1	0	1	0		Logical Remainder
a*b*c*D*e	0	0	0	1	0		Logical Remainder
a*B*C*d*e	0	1	1	0	0		Logical Remainder
a*b*c*d*e	0	0	1	0	0		0 HUN,POL 2
a*B*c*d*e	0	1	0	0	0		Logical Remainder
a*b*c*d*e	0	0	0	0	0		0 GRC, PRT,ESP 2
a*B*C*D*E	0	1	1	1	1		Logical Remainder
a*b*c*D*E	0	0	1	1	1		Logical Remainder
a*B*c*D*E	0	1	0	1	1		Logical Remainder
a*b*c*D*E	0	0	0	1	1		Logical Remainder
a*B*C*d*E	0	1	1	0	1		Logical Remainder
a*b*c*d*E	0	0	1	0	1		0 EST 1
a*B*c*d*E	0	1	0	0	1		Logical Remainder
a*b*c*d*E	0	0	0	0	1		0 ITA,ROU 2

$$c = \frac{2 + 2 + 1 + 2}{2 + 2 + 1 + 2} = \frac{7}{7} = 1.00 \text{ 採用}$$



$b \rightarrow r$

set	A	B	C	D	E	R	country	n
a*b*C*D*e	0	0	1	1	0		Logical Remainder	
a*b*c*D*e	0	0	0	1	0		Logical Remainder	
a*B*c*D*e	0	0	1	0	0		0 HUN,POL	2
a*b*c*d*e	0	0	0	0	0		0 GRC, PRT,ESP	3
a*B*C*D*E	0	0	1	1	1		Logical Remainder	
a*b*c*D*E	0	0	0	1	1		Logical Remainder	
a*B*c*D*E	0	0	1	0	1		0 EST	1
a*b*c*d*E	0	0	0	0	1		0 ITA,ROU	2
A*b*C*D*e	1	0	1	1	0		0 AUT	1
A*b*c*D*e	1	0	0	1	0		Logical Remainder	
A*B*c*d*e	1	0	1	0	0		Logical Remainder	
A*b*c*d*e	1	0	0	0	0		Logical Remainder	
A*B*C*d*E	1	0	1	1	1		1 FRA,SWE	2
A*b*c*d*E	1	0	0	1	1		Logical Remainder	
A*B*c*d*E	1	0	1	0	1		1 FIN,IRL	2
A*b*c*d*E	1	0	0	0	1		Logical Remainder	

$$c = \frac{2 + 3 + 1 + 2 + 1}{2 + 3 + 1 + 2 + 1 + 2 + 2} = \frac{9}{13} = 0.69$$

338

$d \rightarrow r$

set	A	B	C	D	E	R	country
a*b*C*d*e	0	0	1	0	0		0 HUN,POL 2
a*b*c*d*e	0	0	0	0	0		0 GRC, PRT,ESP 3
a*B*c*d*E	0	0	1	0	1		0 EST 1
a*b*c*d*E	0	0	0	0	1		0 ITA,ROU 2
A*b*C*d*e	1	0	1	0	0		Logical Remainder
A*b*c*d*e	1	0	0	0	0		Logical Remainder
A*B*c*d*E	1	0	1	0	1		1 FIN,IRL 2
A*b*c*d*E	1	0	0	0	1		Logical Remainder
a*B*C*d*e	0	1	1	0	0		Logical Remainder
a*b*c*d*e	0	1	0	0	0		Logical Remainder
a*B*c*d*E	0	1	1	0	1		Logical Remainder
a*b*c*d*E	0	1	0	0	1		Logical Remainder
A*B*C*d*e	1	1	1	0	0		Logical Remainder
A*b*c*d*e	1	1	0	0	0		Logical Remainder
A*B*c*d*E	1	1	1	0	1		Logical Remainder
A*b*c*d*E	1	1	0	0	1		Logical Remainder

$$c = \frac{2 + 3 + 1 + 2}{2 + 3 + 1 + 2 + 2} = \frac{8}{10} = 0.80$$

339

340

図 20. 中間解 $a * b * d \rightarrow r$ から最節約解への展開

341

342 ければ、当然含まれる。論理残余は結果として出てくるものである。論理残余を含めた単
343 純化と含めない単純化を行って、比較し、論理残余が何であることを確認する必要がある。

344

345 次に、民主主義崩壊を招く条件について検討する。記号としては、 $R = 0$ または r となる
346 条件である。表 7 の条件別の真理表に戻って、民主主義崩壊国のリストを作ると、図 18
347 の左の表のようになる。これが初期解である。これらは、2 つに分けられる。一つは、
348 $A = 1, C = 1, D = 1, E = 0$ の国、 $A * C * D * e$ を条件とする国で、ドイツとオーストリアが
349 それにあたる。もう一つが、 $A = 0, B = 0, D = 0$ の国、 $a * b * d$ を条件とする国である。
350 エストニア、ハンガリー、ポーランド、イタリア、ルーマニア、ギリシャ、ポルトガル、ス
351 ペインがこれにあたる。つまり、中間解は

352

$$A * C * D * e + a * b * d \rightarrow r$$

353

354

355

となる。この中間解の 2 つの項をそれぞれ、単純化して節約解を求める。 $A * C * D * e$ の単
純化について、集計から一貫性の計算までの課程を、図 19 に示した。検討したのは、 $A \rightarrow$
 $r, C \rightarrow r, D \rightarrow r, e \rightarrow r$ 、についてである。分析前に予測可能なことであるが $A \rightarrow r, C \rightarrow r, D \rightarrow$

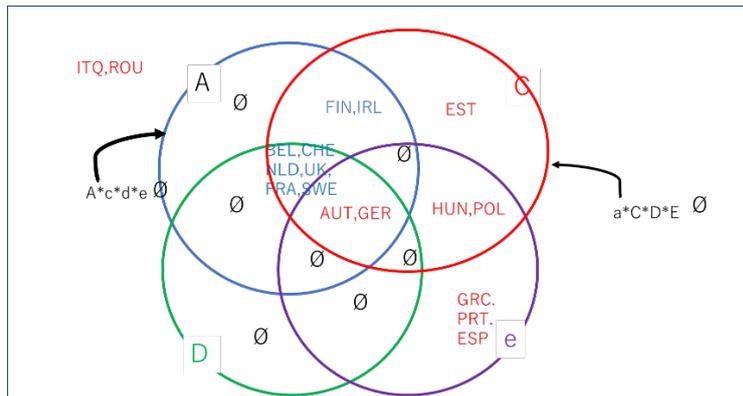
356 r はあり得ない。実際、一貫性も極めて低い。一方、 $e \rightarrow r$ は一貫性が1であり、最も節約
 357 的な解として、採用できる。次に、 $a * b * d \rightarrow r$ について、中間解から最節約解までの課程
 358 を、図 20 に示した。この展開により最節約解

$$a \rightarrow r$$

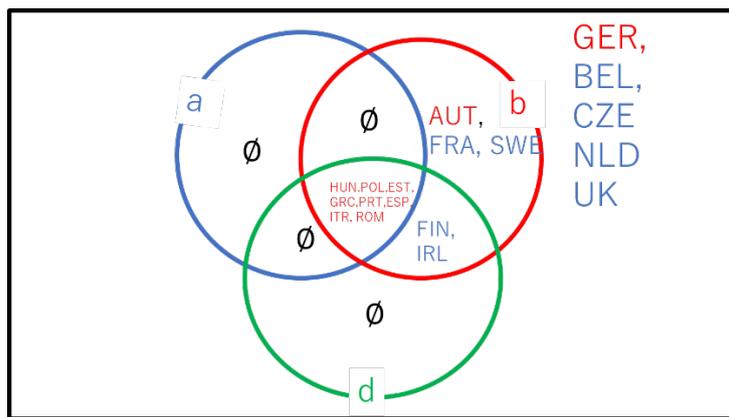
359 が得られた。2つの節約解を論理和は

$$a + e \rightarrow r$$

362 となる。日常言語にすると、「貧困である」または「政治が不安定」であれば、民主主義
 363 が崩壊する。「貧困」「政治の不安定性」どちらか一つあれば、民主主義は崩壊することに
 364 なる。ヴェン図で、この命題の確からしさを確認する。図 21.は、 A, C, D, e のヴェン図、図
 365 22.は、 a, b, d のベン図である。 $A+C+D+e=U$ は $2^4=16$ の部分集合から構成されるが、図
 366 21 では、 $A^*c^*d^*e$ と $a^*C^*D^*E$ は他の集合の背景に隠れて見えない。 $A^*c^*d^*e$ と $a^*C^*D^*E$ は
 367 共に空集合で、 $A^*c^*d^*e$ は e に属する ($A^*c^*d^*e \subset e$)。 e は 8つの部分集合から構成され、
 368 $e \ni HUN, POL, AUT, GER, GRC, PRT, ESP$ の7つの国がこれに属する。すべて、民主主義崩壊



369
 370 図 21. A, C, D, e のヴェン図 (空集合 $A^*c^*d^*e$ と $a^*C^*D^*E$ は、背景に隠れて見えない。)



371
 372 図 22. a, b, d のヴェン図

373
 374 国であり。 $e \rightarrow r$ を最節約解とすることに、つまり、「政治が不安定ならば、民主主義が崩
 375 壊すると結論することに、論理的な問題はないが、8個の部分称号の内、5つは空集合で

376 あることに留意は必要であろう。また、 e には、7つの民主主義崩壊国が含まれる。民主
 377 主義崩壊国は10カ国ある。 $e \rightarrow r$ とした時に、それで説明される国は70%である。これに
 378 対して、 $e * C \rightarrow r$ と結論すると、全体の40%、 $e * D \rightarrow r$ ならば、20%しか説明しないこと
 379 になる。 $e * C * D \rightarrow r$ でも20%である。それが真であれば、結果のどの部分を強調して結
 380 論するかは、分析者の判断に任されるべきかもしれないが、特別な分析目的がない一般的
 381 な場合、より広い範囲に当てはまることを結論とするのは、常識だろう。どのくらいの割
 382 合で、結果を説明で家という割合を、被覆度という。被覆度を比べた結果、最終的な解を
 383 $e \rightarrow r$ と結論する。図22を見ると、 a には、8個の民主主義崩壊国が含まれていて、民主
 384 主義維持国は1つ国も含まれない。一貫性という、観点から見れば、これも、論理的に
 385 問題はない。しかし、論理残余を含めると、 $a * b \rightarrow r$ も、 $a * d \rightarrow r$ も成り立つ。もとも
 386 と、 $a * b * d \rightarrow r$ が成立っていたので、4つの解から最終的な結論を選ぶことになる。この
 387 場合、 $a \rightarrow r$ 、 $a * b \rightarrow r$ 、 $a * d \rightarrow r$ 、 $a * b * d \rightarrow r$ が成立って、被覆度も同じである。出来
 388 るだけ少ない要因で現象を説明するのが、科学の原則の一つかもしれない。そうだとすれ
 389 ば、 a を核心的な条件、 b 、 d を周辺的な条件として $a \rightarrow r$ を最終結論とするというのが、一
 390 般的な考え方だろう。最終的な結論を書くと

$$391 \quad a + e \rightarrow r$$

392 となる。これを、民主主義維持国の結論と並べて書いてみる。

$$393 \quad A * E \rightarrow R, \quad a + e \rightarrow r$$

394 気がつかれたらどうか。ド・モルガンの法則になっているのである。ド・モルガンの法則は

$$395 \quad \widetilde{A * B} = \widetilde{A} + \widetilde{B}$$

396 である、わかりにくいかもしれないので、きちんと集合の記号で書く。

$$397 \quad A \cap E \rightarrow R, \quad \widetilde{A} \cup \widetilde{E} \rightarrow \widetilde{R}$$

398 左の式の否定をとるとR

$$399 \quad \widetilde{A \cap E} = \widetilde{A} \cup \widetilde{E}$$

400 だから、

$$401 \quad A \cap E \rightarrow R, \quad \widetilde{A \cap E} \rightarrow \widetilde{R}$$

402 つまり、 $A * E$ を否定したものは必ずRを否定したものになる。これは、

$$403 \quad A \cap E \Leftrightarrow R$$

404 $A * E$ とRは同値、互いに必要十分条件になっているのだ。論理式で書くと $A \wedge E \Leftrightarrow R$ 、日
 405 常語で書けば、豊かで、政治が安定していれば、必ず民主主義が維持できる。そうでなけ
 406 れば、必ず民主主義が崩壊すると結論しているのだ。必ずここで言おうとしてることは、
 407 csQCAでは必ずそうなるということではない。それを目指して分析しろと言っているのも
 408 ない。こんなことはめったに起こらない。とても不自然な気がする。私が疑っているの
 409 は、元々のデータがこうなるように作られているのかもしれないということだ。何しろ、
 410 民主主義の維持の程度を、どうやって評価したのか何も書かれていない。疑い出すときり
 411 がない。だが、これ以上深入りしない。この解説の目的は、最終的にfsQCA2で、どんな

412 ことが出来て、どうやるのかを解説することだ。次章で、fsQCAの説明をする。
413 私が参考にしてている解説書ではデータを二値化するのではなくて、3つ以上に分けて、
414 csQCAを行うmvQCAの解説がある。これは、元データのいくつかの項目について、大き
415 い小さいの2値ではなくて、大きい、中ぐらい、小さいとわけたり、さらに、もっと細か
416 く分けたりするということだ。そのあとは、真理表の3つに分けたデータのところを、
417 0, 1, 2の様に書けばよいだけのことだ。後は何も変わらない。必要ならば、解説を書
418 くが、今はfsQCAの解説を行う。
419

