

社会システム分析のための統合化プログラム 18

－ ラフ集合分析・不確実性分析 －

福井正康・*石丸敬二・尾崎誠

福山平成大学経営学部経営学科

*福山大学経済学部経済学科

概要

我々は教育分野での利用を目的に社会システム分析に用いられる様々な手法を統合化したプログラム College Analysis を作成してきた。今回は、商品の選好とその特徴との関係を見出すために利用されるラフ集合分析と、不確実な状況下において意思決定を支援するための分析手法であるデシジョンツリーやリスク分析についてプログラムを作成した。

キーワード

College Analysis, 社会システム分析, 意思決定, ラフ集合分析, デシジョンツリー, リスク分析

URL: <http://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/>

1. はじめに

これまで、社会システム分析ソフトウェア **College Analysis** において、統計学、経営科学、意思決定手法などを中心にプログラムを作成してきたが、今回は特に意思決定支援手法の強化に力を入れ、2つのプログラムを作成した。1つは商品の選好とその商品の特徴との関係を見出すことなどに利用されるラフ集合分析¹⁾である。これは、集合の要素の属性値が連続的な範囲になっている場合や集合の要素が複数の属性値で与えられる場合に定義されるラフ集合と呼ばれる集合の概念を用いて、商品の選好がどのような特徴の組み合わせによって決定されるかを求めるもので、商品開発の情報分析に利用することができる。

もう1つは、多段階意思決定問題に利用されるデシジョンツリー²⁾と利得が確率的な要素によって決まる状況下において意思決定を支援するリスク分析である³⁾。リスク分析には **What-If** 分析や、要素の変動により利得がどのような分布になるのかを与えるモンテカルロシミュレーション等が含まれている。これらはグラフィックエディタを構造入力ツールとして利用する代表的な例である。特にデシジョンツリーについて、グラフィック入力は描画のツールとしても有効であり、参考文献2)の中でその利用法を説明している。

リスク分析については今回新しくプログラムを作成したが、その中の **What-If** 分析については、表計算ソフトを用いても容易に実現可能である。ただ、この分析はグループでの議論に用いられることもあり、数式関係をグラフィックで表わした画面は、共通認識を得るのに役に立つ。リスク分析のトルネードチャートやモンテカルロシミュレーションは表計算ソフトでは実現しにくく、専用のプログラムを作ることは意味がある。

2. ラフ集合分析

2.1 ラフ集合分析の理論

ラフ集合は、集合の要素の属性値が連続的な範囲になっている場合や集合の要素が複数の属性値で与えられる場合に定義される。

例えば、集合 U の各要素 $s_i (i = 1, \dots, n)$ が、属性値 $x_i^a (a = 1, \dots, p)$ を持つ場合において、属性値がすべて等しいという関係 R を考え、要素 s_i と属性値がすべて等しい要素の集合を R による s_i の同値類といい、 $[s_i]_R$ と書く。

集合 U のある部分集合 X について、以下の $R_*(X)$ と $R^*(X)$ をそれぞれ、 R による集合 X の下近似及び上近似という。

$$R_*(X) = \{s_i | [s_i]_R \subseteq X\}, \quad R^*(X) = \{s_i | [s_i]_R \cap X \neq \emptyset\}$$

これらの下近似と上近似を合わせて、集合 X のラフ集合という。

集合の要素 s_i とその属性値 x_i^a を表にしたものを情報表という。表 2.1 にその例を示す。

表 2.1 情報表

要素	属性 a	属性 b	属性 c	属性 d
s1	a1	b1	c1	d1
s2	a2	b2	c1	d1
s3	a3	b1	c1	d2
s4	a1	b2	c2	d2
s5	a2	b1	c2	d1
s6	a2	b2	c1	d2
s7	a3	b1	c1	d2

情報表は要素と属性名で属性値を与える表である。情報表の中で要素の集合を U 、属性の集合を AT 、属性値の集合を V 、要素と属性から属性値への写像を ρ とすると、情報表はこれらの 4 対 (U, AT, V, ρ) で表わされる。

表 1 の例では、 $U = \{s1, s2, s3, s4, s5, s6, s7\}$ 、 $AT = \{\text{属性 a, 属性 b, 属性 c, 属性 d}\}$ 、 $V = \{a1, a2, \dots, d2\}$ で、 ρ は行列の行と列から要素を示す写像となる。

属性の集合 AT の属性値がすべて等しいという関係を R_{AT} とすると、 R_{AT} による同値類 $[s_i]_{R_{AT}}$ の集合が求められる。この同値類の集合は属性の部分集合 $A \subseteq AT$ によっても得られる。これらの部分集合のうち、属性数の最小の部分集合 A を AT の縮約という。縮約は一般に複数存在する。

表 1 の例では、同値類の集合は $\{\{s1\}, \{s2\}, \{s3, s7\}, \{s4\}, \{s5\}, \{s6\}\}$ であり、縮約 A は、 $\{\text{属性 a, 属性 b, 属性 d}\}$ 、 $\{\text{属性 a, 属性 c, 属性 d}\}$ 、 $\{\text{属性 b, 属性 c, 属性 d}\}$ の 3 種類である。

次に、情報表に新しい属性の集合 D を加えて表を作りなおす。この新しい属性をこれまでの属性の集合 $C (= AT)$ と異なるものと考え、これまでの属性を条件属性、新しく加えた属性を決定属性と呼ぶ。新しくなった属性全体の集合 AT' は $AT' = C \cup D$ となる。このように条件属性と決定属性からなる情報表は決定表と呼ばれる。以下ではこの決定表について話を進める。表 2.2 に決定表の例を示す。一般に決定属性の数は 1 つとは限らないが、ここでは簡単のため 1 つの場合を考える。

表 2.2 決定表

要素	条件属性 a	条件属性 b	条件属性 c	条件属性 d	決定属性 e
s1	a1	b1	c1	d1	e2
s2	a2	b2	c1	d1	e1
s3	a3	b1	c1	d2	e2
s4	a1	b2	c2	d2	e1
s5	a2	b1	c2	d1	e2
s6	a2	b2	c1	d2	e1
s7	a3	b1	c1	d2	e1

決定属性の集合 D (またはその部分集合) によって、全体集合は $D_i (i = 1, \dots, p)$ に分割できる。 D_i は決定クラスと呼ばれる。条件属性の集合 C が与えられると、識別不能関係 R_C に基づく、各決

定クラス D_i の下近似 $C_*(D_i)$ と上近似 $C^*(D_i)$ が与えられる。これらは、どんな属性なら特定の決定クラスに確実に含まれるか、または、含まれる候補となりうるかといった、分割の識別可能性の情報をすべて与えてくれる。

表 2 の例で、決定属性 e の属性値が e_1 の集合を $D_1=\{s_2, s_4, s_6, s_7\}$ 、 e_2 の集合を $D_2=\{s_1, s_3, s_5\}$ とすると、決定クラス D_1 と D_2 の下近似と上近似は以下ようになる。

$$C_*(D_1) = \{s_2, s_4, s_6\}, C^*(D_1) = \{s_2, s_3, s_4, s_6, s_7\},$$

$$C_*(D_2) = \{s_1, s_5\}, C^*(D_2) = \{s_1, s_3, s_5, s_7\}$$

次に決定表の縮約について考える。情報表の縮約の場合は、属性の値で要素がどのように識別されるかを問題にしたが、決定表の場合は、決定クラスについて要素の識別を考える。即ち、集合 C のどんな部分集合で、元の識別結果と同じ結果を出せるかという問題である。識別の情報は、すべて下近似と上近似に含まれているので、これは元の属性集合のどんな部分集合で、同じ下近似と上近似を与えることができるかという問題になる。その部分集合で最小のものが縮約である。

決定表の縮約を求めるには、いくつかの方法が考えられるが、我々は識別行列を求める方法を利用した。識別行列は、決定クラスの異なる 1 対の要素間を識別するために必要な属性の和集合を成分とする行列で与えられる。表 2 の例では、識別行列は表 2.3 のようになる。

表 2.3 識別行列

	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7
s1	*						
s2	a b	*					
s3	*	a b d	*				
s4	b c d	*	a b c	*			
s5	*	b c	*	a b d	*		
s6	a b d	*	a b	*	b c d	*	
s7	a d	*	nul	*	a c d	*	*

この中で記号「*」は決定クラスが同じもので、「nul」は識別できる属性がないもの、その他 a|b 等は識別できる属性の和集合である。和集合を表わす演算子は「|」と書くことにする。縮約が正確に行われるためには、これらの関係がすべて成り立たなければならないので、これらの積集合が決定表の縮約となる。それを実行すると以下となる。

$$(a|b) \& (a|b|d) \& \cdots \& (a|c|d) = (a \& b) | (a \& c) | (b \& d)$$

ここで、積集合を表わす演算子は「&」と書くことにする。この関係から、縮約は属性 a と属性 b、属性 a と属性 c、属性 b と属性 d の 3 種類であることが分かる。これらの縮約の属性によっても、決定クラス D_1 と D_2 の下近似と上近似は完全に再現される。

決定表は条件属性の値に対して決定属性の値を決める以下の決定ルールを与える。

$$a1 \& b1 \& c1 \& d1 \Rightarrow e2 \quad (s1)$$

- a2&b2&c1&d1 ⇒ e1 (s2)
- a1&b2&c2&d2 ⇒ e1 (s4)
- a2&b1&c2&d1 ⇒ e2 (s5)
- a2&b2&c1&d2 ⇒ e1 (s6)

ここに、属性名は省略している。s3 と s7 については条件属性の値が同じで、決定属性の値が異なっているためルールにならない。

これらのルールから、まず決定クラス D_1 を決めるルールを考える。これらのルールの中で、結果が e1 となる要素を求めると、決定クラス D_1 の下近似がそれである。これらと決定クラス D_2 の要素とを識別する属性を求める。行列の行に決定クラス D_1 の下近似の要素、列に決定クラス D_2 の要素を取り、行列の成分にそれぞれの属性の値が異なるもののうち、 D_1 の下近似の要素の属性を書く。これを決定クラス D_1 の決定行列という。表 2.4 に決定行列の例を示す。

表 2.4 決定クラス D_1 の決定行列

	s1	s3	s5
s2	a2 b2	a2 b2 d1	b2 c1
s4	b2 c2 d2	a1 b2 c2	a1 b2 d2
s6	a2 b2 d2	a2 b2	b2 c1 d2

s2, s4, s6 のどれかのルールがすべて満たされれば、識別が可能であるので、ルールは以下のよう求められる。

$$\{(a2|b2)\&(a2|b2|d1)\&(b2|c1)\} \cdots \{(a2|b2|d2)\&(a2|b2)\&(b2|c1|d2)\}$$

$$= b2|(a2\&c1)|(a1\&c2)|(c2\&d2)|(a1\&d2)|(a2\&d2)$$

これから、決定ルールは、b2, a2&c1, a1&c2, c2&d2, a1&d2, a2&d2 のうちのどれかになる。

決定ルールとそのうちのどのルールが D_1 の識別に用いられたかを示す表を表 2.5 に示す。

表 2.5 決定クラス D_1 の決定ルール

	C.I.	s2	s4	s6	s7
b2	3/4	*	*	*	
a2&c1	2/4	*		*	
a1&c2	1/4		*		
c2&d2	1/4		*		
a1&d2	1/4		*		
a2&d2	1/4			*	

ここに、C.I. (Covering Index) は、左端の決定ルールが、 D_1 の要素の識別のうち、いくつに使われているかを表す指標で、「*」はそれがどの識別で用いられているかを表す。例えばルール a2&c1 は D_1 の 4 つの要素の識別のうち、2 つの要素 s2 と s6 の識別に用いられている。

決定クラス D_2 の決定行列と決定ルールは、表 2.6 と表 2.7 のようになる。

表 2.6 決定クラス D_2 の決定行列

	s2	s4	s6	s7
s1	a1 b1	b1 c1 d1	a1 b1 d1	a1 d1
s5	b1 c2	a2 b1 d1	b1 c2 d1	a2 c2 d1

表 2.7 決定クラス D_2 の決定ルール

	C.I.	s1	s3	s5
b1&d1	2/3	*		*
a1&b1	1/3	*		
a1&c1	1/3	*		
a1&d1	1/3	*		
a2&b1	1/3			*
b1&c2	1/3			*
a2&c2	1/3			*
c2&d1	1/3			*

ここで述べたルールは決定属性の決定者が 1 人の場合である。決定者が複数人の場合はルールの併合という問題が生じる。これについてプログラムでは触れず、C.I.の情報を提示して、ルールの信頼性を提示するに留める。

2.2 プログラムの動作

経営科学の立場で言うと、ラフ集合分析は、どんな属性の組合せが良い選好結果を与えるかを求める分析手法である。ここではプログラムの利用法を表 2.8 の例を用いて説明する。これは前節で用いたサンプルを直感的に分かり易いように具体的な事例に書き換えたものである。

表 2.8 スナック菓子の選好

サンプル	原料	味	形	口当たり	選好
s1	小麦	塩	丸	堅め	それほど
s2	じゃが	しょうゆ	丸	堅め	好き
s3	もろこし	塩	丸	ソフト	それほど
s4	小麦	しょうゆ	四角	ソフト	好き
s5	じゃが	塩	四角	堅め	それほど
s6	じゃが	しょうゆ	丸	ソフト	好き
s7	もろこし	塩	丸	ソフト	好き

表 1 はスナック菓子のサンプル s1 から s7 について、試食した好みの結果を与えたデータである。サンプルはいくつかの属性で分けられている。「原料」から「口当たり」までが条件属性で、「選好」が決定属性である。まず、このデータをメニュー「ファイルー開く」でプログラムに読み込んでおく。

メニュー [分析ー意思決定支援他ーラフ集合分析] を選択すると、図 2.1 に示される分析メニュー

が表示される。

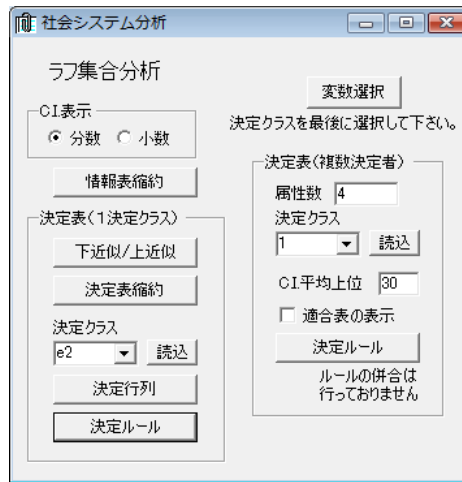


図 2.1 分析メニュー

最初に、「変数選択」ボタンで、変数「原料」から「口当たり」までを選択し、「情報表縮約」ボタンをクリックすると図 2.2 の同値類の集合と縮約結果が表示される。

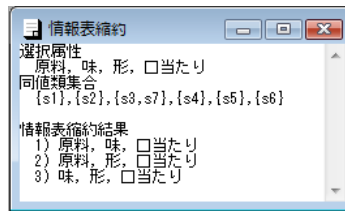


図 2.2 情報表縮約結果

この場合、縮約は3種類で、同じ同値類の集合を与える。

次に「変数選択」ボタンで、すべての変数を選択する。最後の変数は決定属性となる。「下近似/上近似」ボタンをクリックすると図 2.3 のような結果を与える。

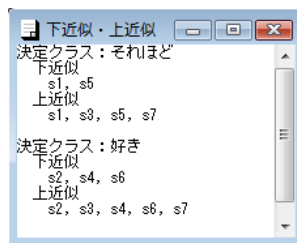


図 2.3 下近似/上近似結果

これと同じ下近似と上近似を与える最小の属性部分集合を与える決定表の縮約を求めるには「決定表縮約」ボタンをクリックする。結果を図 2.4 に示す。

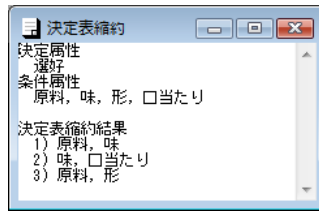


図 2.4 決定表縮約結果

「決定表縮約」ボタンで、決定表縮約結果と同時に、計算過程である識別行列も図 2.5 のように表示される。

	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7
s1		*					
s2		原料 味	*				
s3		*	原料 味 □当たり	*			
s4		味 形 □当たり	*	原料 味 形	*		
s5		*	味 形	*	原料 味 □当たり	*	
s6		原料 味 □当たり	*	原料 味	*	味 形 □当たり	*
s7		原料 □当たり	*	nul	*	原料 形 □当たり	*

図 2.5 識別行列

次に、分析メニュー左側の「読込」ボタンをクリックして、決定クラスを選択する（この場合は「好き」を選んでいる）。その後、「決定行列」ボタンをクリックするとルールを抽出する計算過程である決定行列が図 2.6 のように表示される。

	s1	s3	s5
s2	じゃがししょうゆ	じゃがししょうゆ 堅め	しょうゆ 丸
s4	しょうゆ 四角 ソフト	小麦ししょうゆ 四角	小麦ししょうゆ ソフト
s6	じゃがししょうゆ ソフト	じゃがししょうゆ	しょうゆ 丸 ソフト

図 2.6 決定クラス「好き」の決定行列

決定クラスを選択して、「決定ルール」ボタンをクリックすると、図 2.7 のような決定ルールが表示される。

	CI	s2	s4	s6	s7
しょうゆ	3/4	*	*	*	
じゃが丸	2/4	*		*	
小麦丸四角	1/4		*		
四角ソフト	1/4		*		
小麦ソフト	1/4		*		
じゃがソフト	1/4			*	

図 2.7 決定クラス「好き」の決定ルールと信頼性

C.I.はそのルールがどれだけの要素の選好に利用されたかを表す量である。

これまで述べてきたことは、意思決定者が 1 人の場合である。表 2.9 に意思決定者が 3 人の場合の決定表の例を示す。

表 2.9 スナック菓子の選好（複数回答者）

サンプル	原料	味	形	口当たり	選好 1	選好 2	選好 3
s1	小麦	塩	丸	堅め	それほど	それほど	それほど
s2	じゃが	しょうゆ	丸	堅め	好き	好き	好き
s3	もろこし	塩	丸	ソフト	それほど	それほど	好き
s4	小麦	しょうゆ	四角	ソフト	好き	好き	好き
s5	じゃが	塩	四角	堅め	それほど	好き	それほど
s6	じゃが	しょうゆ	丸	ソフト	好き	好き	好き
s7	もろこし	塩	丸	ソフト	好き	好き	好き

複数人の場合は、各人のルールを集め、その中で、決定クラスの要素の選好に利用された数を決定クラスの全要素数（人数分の合計）で割ったものの大きい順に並べてみる。右側の決定表グループボックスの属性数を入力し、決定クラスを選択し、「決定ルール」ボタンをクリックすると図 2.8 のような決定ルールが表示される。表示されるルール数を変更する場合は C.I.平均上位テキストボックスに記入する（デフォルトは 30）。

	C.I.選好1	C.I.選好2	C.I.選好3	C.I.全体
▶ しょうゆ	3/4	3/5	3/5	9/14
じゃが&丸	2/4	0/5	2/5	4/14
ソフト	0/4	0/5	4/5	4/14
じゃが	0/4	3/5	0/5	3/14
小麦&四角	1/4	0/5	1/5	2/14
小麦&ソフト	1/4	1/5	0/5	2/14
四角	0/4	2/5	0/5	2/14
もろこし	0/4	0/5	2/5	2/14
四角&ソフト	1/4	0/5	0/5	1/14
じゃが&ソフト	1/4	0/5	0/5	1/14

図 2.8 決定クラス「好き」の決定ルール（複数人数）

これらのルールがどの要素の識別に利用されたかを見たい場合は、「適合表の表示」チェックボックスをチェックして、「決定ルール」ボタンをクリックすると、図 2.9 のような決定ルール画面が表示される。

	C.I.選好1	C.I.選好2	C.I.選好3	C.I.全体	s2	s4	s6	s7	s3	s5	s1
▶ 適合率					1	1	1	1	0.333	0.333	0
しょうゆ	3/4	3/5	3/5	9/14	*	*	*				
じゃが&丸	2/4	0/5	2/5	4/14	*		*				
ソフト	0/4	0/5	4/5	4/14			*	*	*		
じゃが	0/4	3/5	0/5	3/14	*		*				*
小麦&四角	1/4	0/5	1/5	2/14		*					
小麦&ソフト	1/4	1/5	0/5	2/14		*					
四角	0/4	2/5	0/5	2/14		*					*
もろこし	0/4	0/5	2/5	2/14				*	*		
四角&ソフト	1/4	0/5	0/5	1/14			*				
じゃが&ソフト	1/4	0/5	0/5	1/14			*				

図 2.9 決定クラス「好き」の決定ルール（複数人数・適合表付き）

一番上の「適合率」は選好回答者数 3 人のうち何人が「好き」と回答したかの割合を表している。この表はルールを完全に確定するためのものではなく、あくまでも意思決定の支援のためのものと考えている。

3. 不確実性分析

不確実性分析は、意思決定や利益予測等、利得が確率的な要素によって決まる状況下において、意思決定を支援するための分析手法の総称である。この中には、意思決定とそれによって引き起こされる確率的な事象が多段階で現れる状況を分かり易く図で表わすデシジョンツリーや、様々な要因から計算される利得が、ある状況下でいくらに見積もられるかを表す What-If 分析、また要因の変動により利得がどのような分布になるか調べるモンテカルロシミュレーション等が含まれる。我々はこれらの分析について、グラフィックエディタを用いて計算を実行する 2 つのプログラムを開発した。この章では、これらのプログラムについて解説する。

3.1 デシジョンツリー

デシジョンツリーは多段階意思決定に利用される分析手法で、1 つの意思決定段階は例えば図 3.1 のように表わされる。

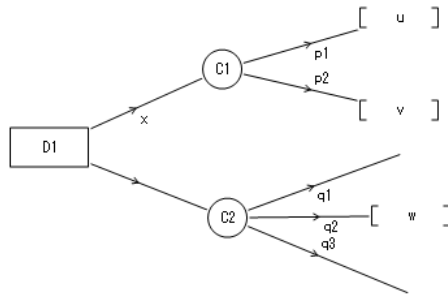


図 3.1 1 段階の意思決定

ここに、四角 D1 は意思決定、丸 C1 と C2 はチャンスイベントと呼ばれる。意思決定 D1 から出る矢印は意思決定の内容を表し、矢印に沿って書かれた値 x は意思決定に付随する利益（負の場合は費用）を表す。利益や費用がない場合は、値を記入する必要はない。チャンスイベントから出る矢印は確率的に生じる事象を表し、矢印に沿って事象の生起確率を書く。矢印の先端には、その事象によって得られる利益（負の場合は損失） u, v, w を書く場合もあるし、次の意思決定が繋がる場合もある。

チャンスイベントは下に繋がる事象等の利益の期待値を値として持つ。例えば C1 では、 $p1 \times u + p2 \times v$ である。同様に、意思決定も下に繋がるチャンスイベントの利益の最大の値を利益として持つ。その際、意思決定に付随する利益を加えておく。チャンスイベントの下に意思決定が繋

がる場合には、事象の利益の代わりに意思決定の利益を利用する。以後プログラムの実行画面を例に説明を行う。

デシジョンツリーの説明のために、以下のような意思決定問題を考える。

1. A社は新製品GをB社に納入したい。
2. 成功した場合の報酬は1000万円、失敗した場合の違約金は300万円である。
3. A社は2つの開発法C1とC2を持っており、最初にどちらか選べる。
4. C1には開発費400万円、C2には開発費550万円がかかる。
5. C1で成功する確率は0.7、失敗する確率は0.3である。
6. C1で失敗した場合、違約金を払うか、もう一度C2で挑戦が可能である。
7. C2で成功する確率は0.9、失敗する確率は0.1である。
8. C2で失敗した場合、違約金を払って開発を打ち切るしかない。

メニュー「分析－意思決定支援他－デシジョンツリー」をクリックすると図3.2のデシジョンツリーの分析メニューが表示される。

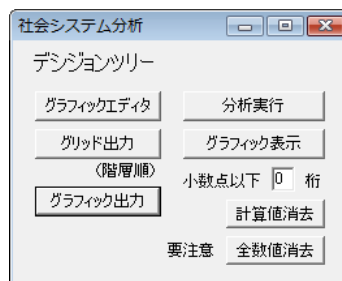


図 3.2 分析メニュー

ここに、左側の3つのボタンはグラフィックエディタを操作するボタンで、グラフィックエディタの立ち上げや、表形式のグリッドエディタとのデータの交換用である。これらは、グラフィックエディタを扱う他の分析メニューにも、グリッドへの出力順序の扱いを除いて、ほぼ同様に含まれている。

「グラフィックエディタ」ボタンで、グラフィックエディタを立ち上げ、上の意思決定問題を図式化して入力すると図3.3のような画面になる。画面左のボタンは、グラフィックエディタの描画ボタンで、意思決定は「□」、利得は「定数[]」、チャンスイベントは「○」である。

分析メニューの「分析実行」ボタンをクリックすると、各意思決定の段階での期待値と、選ぶべき選択肢が図3.4のように表示される。この例においては、意思決定D1においては、期待値396のチャンスイベントC1を選択し、意思決定D2においては、期待値320のチャンスイベントC2を選択することが大きな期待値を得る方法である。言い換えれば、最初の意思決定で、開発法C1を選択し、失敗した場合は、開発法C2で再挑戦することが有利である。

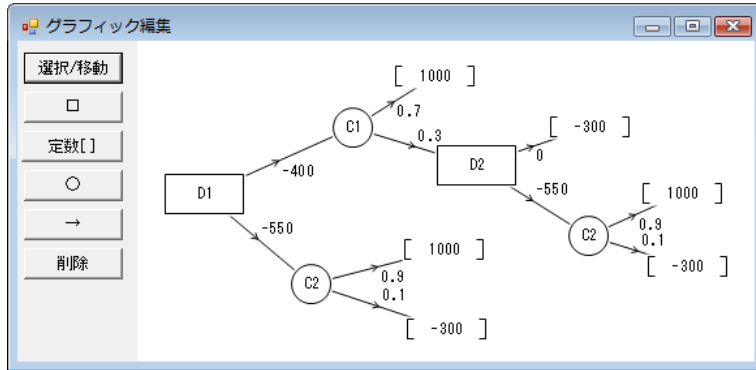


図 3.3 デシジョンツリー

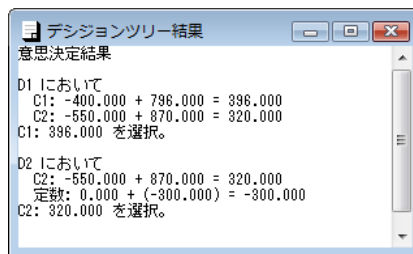


図 3.4 デシジョンツリー

この設定で分析メニュー「グラフィック表示」を選択すると、図 3.5 に示すように、各チャンスイベントの上に期待値、各意思決定の上に、期待値が最も高い選択肢とその期待値が示される。

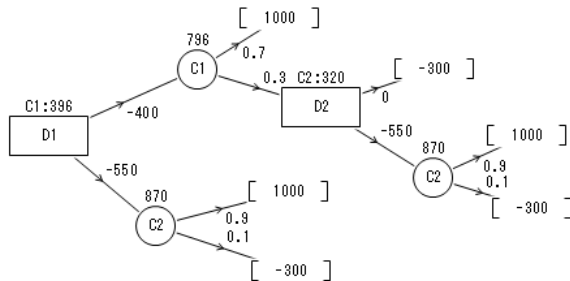


図 3.5 グラフィックによる結果表示

ここでは、グラフィックエディタで描かれた図だけを表示している。

分析メニューの「計算値消去」は、今計算した期待値を消し、「全数値消去」は、すべての整数値とラインに付いた利益（費用）と定数の値を消去するものである。後者のボタンは教員が演習問題等を作るときに利用すると便利である。

この例題は計算だけなら表計算ソフトを用いて簡単に実行できるが、図に表すことによって意思決定の構造が明瞭になり、学習者の興味も向上する。また、図が簡単に描けることで、指導者と学習者

相互に負担なくデシジョンツリーについての教育が可能となる。

3.2 リスク分析

事業体の利益（一般には量的な各種指標）は、意思決定者の決断とそれによる影響及び、意思決定者には操作不能の、事業体を取り巻く環境によって変化する。リスク分析は、事業体の利益に関する数量的構造モデルを作成し、その中で、意思決定者が決定できる事項には1つの数値を設定し、環境には上限と下限の幅を持った数値を設定して、それらの影響により利益がどのように変化するかを調べる手法である。我々のプログラムは、この構造モデルをグラフィックエディタによる図で表現し、What-If 分析を実行したり、設定値を確率的に変化させるモンテカルロシミュレーション等を容易に行えるツールである。

メニュー [分析－意思決定支援他－リスク分析] を選択すると、図 3.6 で与えられる分析メニューが表示される。

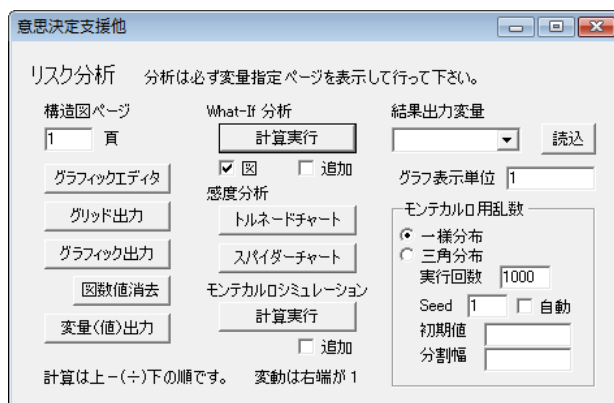


図 3.6 分析メニュー

左側の上3つのボタンは、グラフィックエディタ関連のボタンである。「グラフィックエディタ」ボタンでグラフィックエディタを表示し、例えば図 3.7 のような構造図を描く。左側の「□」ボタンで変量を描き、「+」「-」「×」「÷」ボタンで演算の種類、「→」ボタンで演算関係を結んで行く。但し、「-」ボタンは、図の中で一番上の変量から下に続く変量を引くことを意味する。「÷」ボタンも同様である。この中で例えば、「販売数」は4か所に見られるが、これは図の右下の、販売数が最上位に位置する関係によって定義される。「売上原価」も同様である。そのため、変量名は間違わないよう入力しておかなければならない。特に半角と全角の数字や英字は注意が必要である。

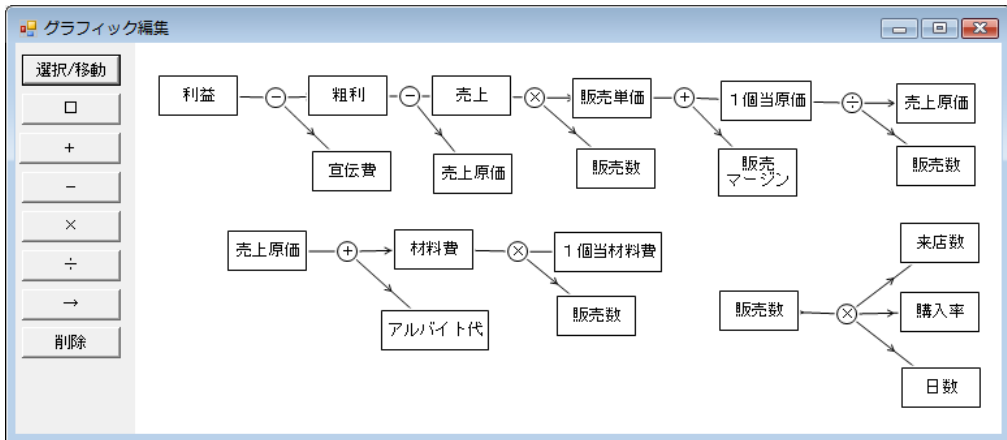


図 3.7 リスク分析構造図

構造図ができたなら、分析メニュー左下の「変量（値）出力」ボタンをクリックする。それによって構造図は、分析メニュー左上の「構造図ページ」テキストボックスで示されるグリッドエディタのページに書き込まれ、ユーザーが値を指定する変量の入力形式が図 3.8a のように出力される。

	変量値	基準値	最小値	最大値	変動[0/1]
▶ アルバイト代					
宣伝費					
日数					
来店数					
販売マージン					
購入率					
1個当材料費					

図 3.8a グリッドエディタ貼付用データ入力画面

この画面をグリッドエディタにコピーして、必要なデータを図 3.8b のように入力する。

	変量値	基準値	最小値	最大値	変動[0/1]
▶ アルバイト代	82000				0
宣伝費	130000	150000	130000	150000	1
日数	30				0
来店数	3500	3500	3200	4300	1
販売マージン	140	140	110	150	1
購入率	0.02	0.02	0.015	0.03	1
1個当材料費	70				0

図 3.8b グリッドエディタでのデータ入力

ここで、変量値は What-If 分析の中で使用するデータ値、最小値と最大値はデータの中で考えられる最小と最大、基準値は尤もらしいと思われる値であり、変量値は特別な設定でない限り、基準値を

用いる。変量の値が1つに決まる場合は、変量値のみ記入する。「変動[0/1]」は、以後のトルネードチャートやスパイダーチャート、またモンテカルロシミュレーションで値を変動させるかどうかを決める変数で、0は固定値、1は変動値である。

グリッドエディタで変量入力画面を表示して、What-If分析の「計算実行」ボタンをクリックすると、変量値を元にして「構造図ページ」で指定した構造図に基づいて計算を実行する。計算結果は、図と表で、図 3.9 と図 3.10a のように示される。

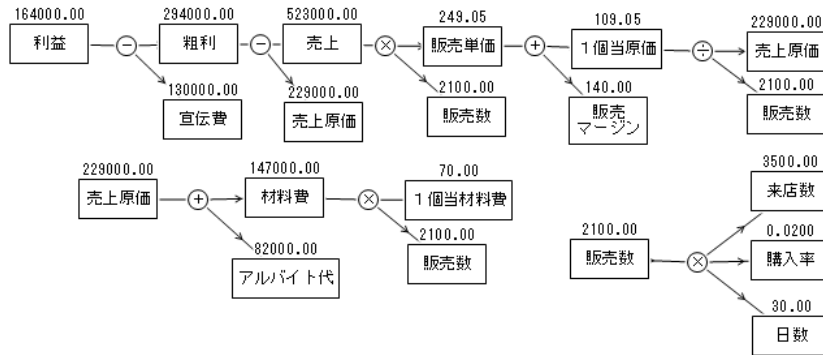


図 3.9 構造図の計算結果

What-If 分析	
▶ 利益	164000
売上原価	229000
販売数	2100
アルバイト代	82000
売上	523000
宣伝費	130000
日数	30
材料費	147000
来店数	3500
粗利	294000
販売マージン	140
販売単価	249.05
購入率	0.02
1個当原価	109.05
1個当材料費	70

図 3.10a 単独結果表示

What-If 分析			
▶ 利益	164000	237500	311000
売上原価	229000	265750	302500
販売数	2100	2625	3150
アルバイト代	82000	82000	82000
売上	523000	633250	743500
宣伝費	130000	130000	130000
日数	30	30	30
材料費	147000	183750	220500
来店数	3500	3500	3500
粗利	294000	367500	441000
販売マージン	140	140	140
販売単価	249.05	241.24	236.03
購入率	0.02	0.025	0.03
1個当原価	109.05	101.24	96.03
1個当材料費	70	70	70

図 3.10b 複数結果表示

追加チェックボックスをチェックして、設定を変えた計算結果を図 3.10b のように追加して行くこともできる。図 3.10b は購入率を 0.02, 0.025, 0.03 と変えて行った場合の結果の変化である。

次に変量の変動が利益（一般に結果を出力する変量）に及ぼす影響を見る。最初に結果出力変量の「読込」ボタンをクリックし、コンボボックスで「利益」を選択する。その後、「トルネードチャート」ボタンをクリックすると、図 3.8b で変動が 1 の変量を最小値から最大値へ動かしてできるトルネードチャートと呼ばれるグラフが表示される。結果を図 3.11 に示す。

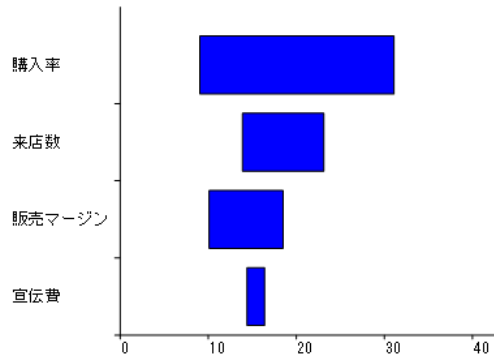


図 3.11 トルネードチャート

ここで横軸の単位は、分析メニューの「グラフ表示単位」のテキストボックスで、10000 に設定しており、1 万円単位になっている。この図によって利益はどの変数の変動の影響を受け易いか知ることができる。

トルネードチャートは最小値と最大値で変動を見たが、その間を細かく分割して見るグラフがスパイダーチャートである。分析メニューの「スパイダーチャート」ボタンをクリックすると図 3.12 のようなスパイダーチャートが表示される。

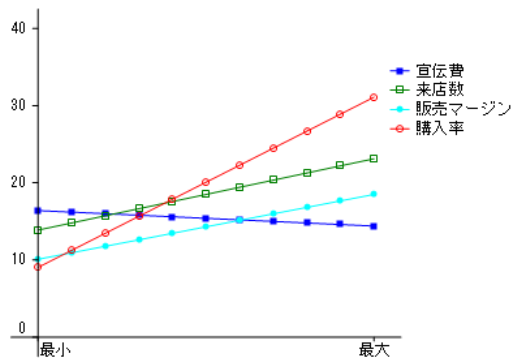


図 3.12 スパイダーチャート

横軸は各変数の最小値から最大値への変化を表す。その変化によって利益が増大することも減少することもある。

これまででは、1 つの変数の変化によって利益がどのように変化するか見てきたが、これらの変数が同時に変化する場合、利益はどのように変動するのであろうか。これを調べるのがモンテカルロシミュレーションである。分析メニューでモンテカルロシミュレーションの「計算実行」ボタンをクリックすると、図 3.8b で変動が 1 の変数について、右下のモンテカルロ用乱数グループボックス内の分

布で変動する場合の利益の分布が、ヒストグラムで表示される。図 3.13a は分布が最小値から最大値の一律分布の場合、図 3.13b は基準値を頂点とする三角分布の場合である。

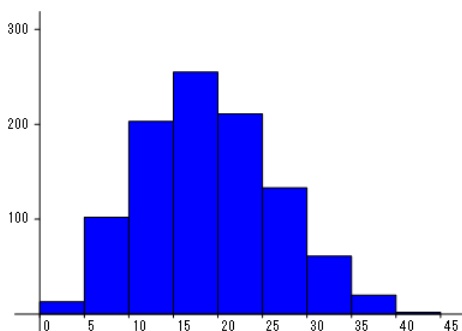


図 3.13a 一律分布に基づく利益の変動

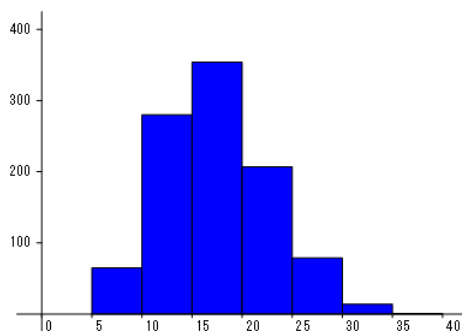


図 3.13b 三角分布に基づく利益の変動

ここでは「追加」チェックボックスをチェックすることにより、条件を変えた場合のシミュレーション結果の比較を行うこともできる。図 3.14 に日数を 30 日と 35 日にした場合の比較の例を示す。

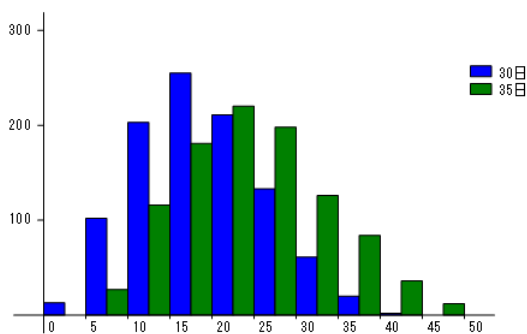


図 3.14 一律分布に基づく利益の変動の比較

4. おわりに

今回は特に、意思決定支援手法の強化に力を入れ、商品の選好とその商品の特徴の組み合わせの関係を求めることに利用されるラフ集合分析と、利得が外界からの影響によって確率的に変化する場合の意思決定支援手法である、デシジョンツリーやリスク分析についてのプログラムを開発した。前者は専用のソフトウェアなしで実行することは不可能であろうが、後者は Excel などの表計算ソフトを利用すれば、比較的容易に実現可能な分析である。我々はこれにグラフィック入力の方法を導入して、見た目に分かり易いように変更している。

ラフ集合分析については、複数の選好に対するルールの併合の考え方を導入していない。これには様々な方法が考えられているが、まだ完全に確定されているものではなく、またデータ自体が選択され

た人に強く依存することから、完全に確定する必要もないように思われる。図 2.9 のように利用者の判断を促すような表示だけで十分なように思う。

デシジョンツリーやリスク分析のプログラムは、すでに授業で利用している。デシジョンツリーとリスク分析の中の **What-If** 分析については、モデルが複雑でない限り、**Excel** 等の表計算ソフトを利用する場合と大差がない。授業では表計算ソフトと併用させることが、理解を深める上で望ましい。教材作りに関しては、我々のプログラムを利用するとかなり楽になる。

参考文献

- 1) ラフ集合と感性, 森典彦, 田中秀夫, 井上勝雄編, 海文堂, 2004.
- 2) 社会システム分析のための統合化プログラム 13 グラフィックエディタとその応用一, 福井正康, 石丸敬二, 尾崎誠, 宋東明, 福山平成大学経営研究, 7号, (2011) 99-109
- 3) 不確実性分析 実践講座, 福澤 英弘, 小川 康, ファーストプレス, 2009.

Multi-purpose Program for Social System Analysis 18

- Rough Set Analysis, Risk Analysis -

Masayasu FUKUI, *Keiji ISHIMARU and Makoto OZAKI

Department of Business Administration, Faculty of Business Administration,
Fukuyama Heisei University

* Department of Economics, Faculty of Economics,
Fukuyama University

Abstract

We have been constructing a unified program on the social system analysis for the purpose of education. This time, we created new programs on rough set analysis, decision tree and risk analysis. Rough set analysis is used for finding a relationship between product preference and its characteristics. Decision tree and risk analysis are analytical techniques to assist decision making under uncertainty circumstances.

Keywords

College Analysis, social system analysis, decision making, rough set analysis, decision tree, risk analysis

URL: <http://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/>