

ポテンシャルゲームを用いたリスク選択の 認知モデルアレの入りにおける交差的注目 の実証データの再検討

木下大輔

富山県立大学 電子・情報工学科

June 18, 2021

はじめに

交差的注目のネットワーク

ポテンシャルゲーム

プライスの定理

リスク態度シフトと差符号ボタン

合理的な経路選択

予測モデルとその改良

おわりに

はじめに

経済学及びゲーム理論では、リスク下の合理的選択を、確率予想と金銭的満足度の数値指標である気体効用の組合せることによって予測する。しかし現実の人々は必ずしも期待効用理論に従った選択をするとは限らない。近年ではこの伝統的な語り口にとらわれない行動経済学と呼ばれる分野が台頭してきた。

目的

事前調査アンケート96件を分析し、合理的選択の観点から認知的ネットワークモデル年て解釈することによって、リスク態度の変化を説明すること。
リスク態度シフトと意志決定者の認知との関連を明らかにする。

はじめに

交差的注目
のネットワーク

ポテンシャル
ゲーム

プライスの定理

リスク態度シフト
と差符号ボタン

合理的な経路選択

予測モデルとその
改良

おわりに

図 2 の有効枝に対する気になる度をポテンシャルと呼ぶことにする。有効枝は矢印で視覚化され、矢印の向きは視点のポテンシャルが終点のポテンシャルよりも小さい値であることに対応する。

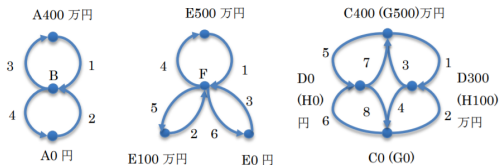


図 2: 交差的注目のネットワーク

図 2 における隣接枝のペアを注目の移動経路 (フロー) の基本的モデル要素とみなし、またポテンシャルの差の符号によってその枝のフローの向きが数値化される。枝 I と枝 J が隣接し、ポテンシャル差 $d(I, J)$ の符号 $s(I, J)$ が正であることは $I \rightarrow J$ の向きのフローを意味し、負であることは逆向きのフローを意味する。また差 0 のときは、当該枝ペア間のフローが左右いずれのネットワークでも抑制されることを意味する。

決定木

図 2a と図 2b に示す決定木はリスク態度シフトを数値化し、ポテンシャル差の符号で回帰した物である。

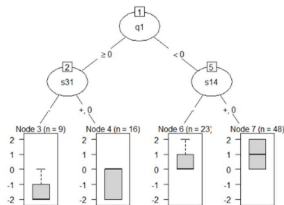


図 3: 選択問題 1 のポテンシャル差の符号で回帰したリスク態度シフトの決定木

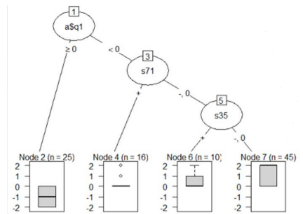


図 4: 選択問題 2 のポテンシャル差を併用したリスク態度シフトの決定木

交差的注目の実証データにおける図 5 の隣接枝のポテンシャル値の差の符号パターンをとると、選択問題 1 と 2（および選択問題 3 と 4）の間でのリスク態度のシフトとの関係がより明確になる（図 7-図 9 参照）．図 7-図 9 の 3 表の各列の変数は一致する．列 n1 はリスク態度が保たれたデータ件数，列 n2 はリスク態度シフトが起きたデータ件数であり，列 n は n1 と n2 の合計である．また $rshiftindex_x$ は非シフト率 $n1 / n$ である．符号パターンと図 5 の枝ペアとの対応関係は， $S1 = 1\ 2$ ， $S2 = 1\ 3$ ， $S3 = 1\ 4$ ， $S4 = 2\ 3$ ， $S5 = 2\ 4$ ， $S6 = 3\ 4$ であり，値は矢線方向に，始点のポテンシャルから終点のポテンシャルを減じた差の符号である．また G 1 3 などとあるのは，非束縛の変数であり，k は符号パターン内の非束縛変数の個数である．

r1	rs	index	n1	n2	k	g1	g2	g3	g4	g5	g6	sd	u	spin
safe	0	2	0	2	0	1	0	1	-1	1	0	0	neutral	
safe	0	2	0	2	0	1	1	1	-1	-1	-1	0	neutral	
safe	0	2	0	2	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	neutral	
safe	0.17	6	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	neutral	
safe	0.25	4	1	3	0	1	0	1	-1	0	1	0	neutral	
safe	0.25	4	1	3	0	1	1	0	0	-1	-1	0	neutral	
safe	0.75	4	3	1	0	1	0	-1	-1	-1	-1	1	down	
safe	1	4	4	0	0	-1	-1	-1	-1	0	1	0	down	
safe	1	2	2	0	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	0	neutral	
safe	1	2	2	0	0	-1	-1	-1	0	-1	-1	1	down	
risk	1	2	2	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	neutral	

図 9: 小人数のグループのポテンシャル差符号パターン. 抽出条件は非束縛変数なし

差符号パターンの観察から、図 6 のネットワークは図 10 に示す向きを持つと解釈できる。

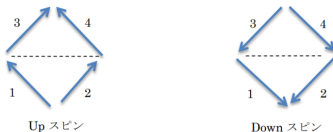


図 10: ネットワークの向きと合理的経路選択

ネットワークモデル視覚化

選択問題間のリスク態度シフトの要因として、問題 1 において S1～S3 が負であると選択問題リスクシフトが抑制された。また図 4 の決定木に現れる選択問題 2 のポテンシャルを用いた 2 経路のうち、 $7 \rightarrow 1$ は D の最低金額（0 円）から最高金額（300 万円）へ通じ、また $3 \rightarrow 5$ は逆に、D の最低金額から最高金額へと注目が移動する。図 11 はその 2 端子ネットワークモデルによる視覚化である。

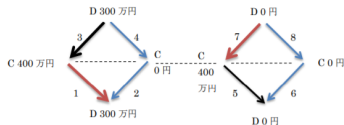


図 11: 選択問題 2 の 2 端子フロー

はじめに

交差的注目のネットワーク

ポテンシャルゲーム

プライスの定理

リスク態度シフトと差符号ボタン

合理的な経路選択

予測モデルとその改良

おわりに

実際のデータでは同じネットワークに Up と Down の成分が混在する．実証データから交差的注目ネットワークの向きを判定すると，全 96 件中，8 件が Up のみ，38 件が Down のみであり，残り 50 件は混合（neutral）である（図 7～11 の右端の 3 列は Down, Up それぞれの得票と推定結果である）．また実証データではリスク態度シフト率が高い方（図 7～図 10 の上側）には表 3 の下 2 行に相当する S1～S3 が正であるパターンが支配的であり，リスク態度シフト率が低い回答（図 7～9 の下側）には表 3 の上 2 行に相当する S1～S3 が負であるパターンがそれにとって代わる．

R1	rate	N	N1	N2	F	F1	F2	S1	S6	U1	U2	U3	U4	U5	U6	D1	D2	D3	D4	D5	D6
risk	0	1	0	1	down	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
risk	0	1	0	1	down	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
risk	0	1	0	1	down	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
risk	0	1	0	1	neutral	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
risk	0	1	0	1	neutral	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
risk	0	1	0	1	up	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
risk	0	2	0	2	neutral	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
risk	0.33	3	1	2	up	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
risk	0.5	2	1	1	down	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
risk	0.5	2	1	1	down	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
risk	0.5	2	1	1	neutral	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
risk	0.5	2	1	1	neutral	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
risk	1	1	1	1	neutral	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
risk	1	1	1	1	neutral	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
risk	1	1	1	1	up	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
risk	1	2	2	2	neutral	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
safe	0	1	0	1	down	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
safe	0	1	0	1	neutral	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
safe	0	1	0	1	up	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
safe	0	1	0	1	up	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
safe	0	1	0	1	up	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
safe	0	2	0	2	neutral	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
safe	0	2	0	2	neutral	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
safe	0.17	6	1	3	neutral	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
safe	0.25	4	1	3	neutral	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
safe	0.25	4	1	3	neutral	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
safe	0.33	3	1	2	down	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
safe	0.33	3	1	2	up	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
safe	0.42	12	5	7	down	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
safe	0.5	2	1	1	down	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
safe	0.5	2	1	1	down	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
safe	0.5	12	6	6	down	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
safe	0.67	3	2	1	neutral	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
safe	1	1	1	1	down	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
safe	1	1	1	1	neutral	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
safe	1	1	1	1	neutral	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
safe	1	1	1	1	up	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
safe	1	1	1	1	up	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
safe	1	2	2	2	neutral	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
safe	1	4	4	4	down	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

図 12: 合理的経路選択のシミュレーション

図 12 の各行は、向きの基準となる S1 と S6 と各回答者の差最大となる枝ペアを U1~U6, D1~D6 から集めて 0-1 パターン化しており、平均非シフト率 $rate = N1 / N$ の昇順で整列されている。R1 は選択問題 1 でのリスク態度、F は推定された向きである。差符号の 6 変数 S1~S6 は、Up 側 (0 以上) と Down 側 (0 以下) に分けて、U 1~U6 と D 1~D6 とし、それぞれ経路選択 1, 非選択 0 とした。B 選択者 (R1=safe) については、いくつかの例外は存在するが、非シフト率の低い側に up, 高い側に down が現れる傾向がある。A 選択 (R1=risk) には異なる傾向が見られる。非シフト率の低い側に down, 高い側に neutral が多い。

はじめに

交差的注目ネット
ワーク

ポテンシャル
ゲーム

ブライスの定理

リスク態度シフト
と差符号ボタン

合理的な経路選択

予測モデルとその
改良

おわりに

交差的注目の実証データから、リスク態度シフトは概ねネットワークの向き（スピン）と連動していることが明らかになった。リスク態度シフトは、概ね、図 2 左の交差的注目ネットワークに沿って移動することによって生じるが、図 5a から分かるようにとくに B 選択の場合、1 2, 1 3, 1 4 が順方向 ($S_1, S_2, S_3 \geq 0$) であるか 2 3, 2 4, 3 4 がブロックされる ($S_4, S_5, S_6 = 0$) 場合、つまりブライス背理と同形の状況ではシフトしやすく、1 2 と 1 3 または 1 4 が逆向きでは抑制される傾向が見られる。本節では交差的注目ネットワークの向きを用いてリスク態度シフトを予測する。

まとめ

- 実証データからアレの背理におけるリスク態度シフトの認知的要因が明かになった。
- リスク態度シフトは交差的注目ネットワークがブライス背理と同型になる状況でより起こりやすくなることが分かった。
- 予測モデルの精度はロジスティック回帰と同程度かそれ以上であり、なおかつプロスペクト理論で予測できない実証データの大部分を説明することができた。

はじめに

交差的注目のネットワーク

ポテンシャルゲーム

ブライスの定理

リスク態度シフトと差符号ボタン

合理的な経路選択

予測モデルとその改良

おわりに