

平成21年 6月 1日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19530554

研究課題名（和文） 計算モデルによる認知メカニズムの社会関係的基盤の研究

研究課題名（英文） Computer simulation analysis on the social-relational base of the cognition and decision making

研究代表者

高木 英至（TAKAGI EIJI）

埼玉大学・教養学部・教授

研究者番号：20163165

研究成果の概要：

計算上の行為者（エージェント）に意思決定課題を与え、どのような評価関数（効用関数と確率重みづけ関数）が進化するかを計算機上で実験した。結果は生き残り基準の存在や選択肢数の限定が効用関数を危険回避的にさせることを、それに伴って確率重みづけ関数が悲観的になることを示した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	800,000	240,000	1,040,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,700,000	510,000	2,210,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・社会心理学

キーワード：認知、進化的計算、適応、意思決定、効用関数、確率評定

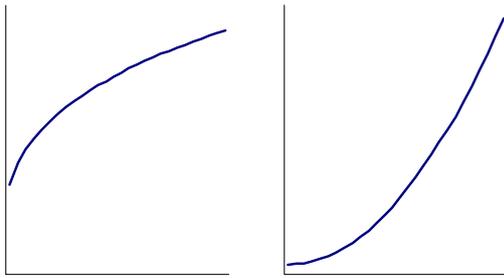
## 1. 研究開始当初の背景

社会的認知の領域は、人間の認知に合理性をもたない歪み（バイアスやエラー）が働くという知見を多くとどめている。他者一般に対して一定の高い信頼（相手は協力するという予期）や optimistic bias, self-serving bias が働くことは、繰り返し確認されている。しかし、なぜそのような歪みが生じるかは自明ではない。問題は、合理的な意思決定場面においても同様の歪みが働き、選択結果に影響を与えることである。こうした歪みが何を根拠に出現するのかを解明することは、その歪みに対する体系的な理解の上で必須な事項となると見込ませる。

## 2. 研究の目的

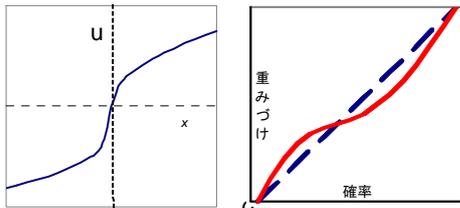
この研究において明らかにすべきことは、一般的に言えば、意思決定に影響するような認知（思考を含む）が社会関係的要因、ないし社会的状況によってどのように変わるか（もしくはどのような歪みが生じるか）、という点である。

研究を開始してから、当初の課題がかなりの程度、行動経済学ないしプロスペクト理論の枠組みでとらえられることに気がついた。プロスペクト理論は経済学／ゲーム理論で仮定する評価関数（効用関数）に一定の変更を求める点に特色がある。すなわち、効用関数はしばしば図1のような、危険回避的（a）ないし危険選好的（b）な形状をとると仮定



(a)危険回避 (b)危険選好

図1:典型的な効用関数の形状



(a)効用関数 (b)確率重みづけ関数

図2:プロスペクト理論の想定

される。しかしプロスペクト理論では図2 (a)のような効用関数、および図2 (b)のような確率重みづけ関数を想定する。図2 (a)の効用関数は、参照点(現状)を境に、正の結果(gain)については危険回避的に、負の結果(loss)については危険選好的になることを仮定する。図2 (b)の確率重みづけ関数は、行為者は低い確率を過大評価し、高い確率を過小評価する、と仮定している。これら2つの関数は何れも現状に関する広い意味での認知(評価)を表すが、特に後者の関数については、正の結果に対する確率評価と負の結果に対する確率評価とを区分するなら、楽観主義(正の結果の過大評価ないし負の結果の過小評価)や悲観主義(その逆)を同じ枠組みで表現できることになる。

このようなプロスペクト理論は、行為者の選択に対する経験的知見を説明する点では、古典的な効用関数に関する仮定(例:図1)より優れている。しかしプロスペクト理論は、意思決定を導く評価関数(効用関数、確率重みづけ関数)が行為者に固有に備わっている点では、古典的な仮定と同一であるといえる。

これに対して、筆者は図3の概念図にある適応モデルを想定する。行為者が状況(選択肢群を含む)に対して適用する認知の中に、選択肢がもたらす結果を評価する関数、確率推定機能、が含まれると考える。プロスペクト理論を含め従来の理論では、この認知の機能が固定的な与件として存在すると考えていた。しかしこの認知は、実は条件依存的と考えることができる。この認知に基づいて行

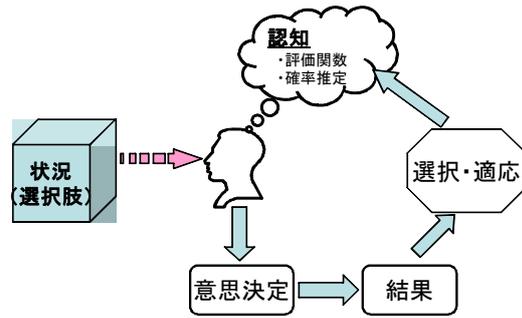


図3:意思決定の適応モデルの概念図

為者が意思決定し、その結果が生じる。その結果に応じた適応が生じ、認知自体が、少なくとも長い目で見れば適応的に選択される、と考える。

この適応モデルを前提にするとき、筆者の研究目的は次のように表現できる。すなわち、行為者を取り巻く社会的状況によってどのような評価関数の変異があり得るかを検討することである。このことは、現状のプロスペクト理論の前提にどのような理論上の根拠があるかを問うことを意味している。

### 3. 研究の方法

上記の研究目的を推し進める方法として、筆者は進化的計算に基づく計算機実験を選択した。計算機上に単純な意思決定事態を再現し、結果が良くなる意思決定様式を進化させることで、行為者の適応に応じてどのような評価関数が出現し得るかを推定するためである。

計算機実験の基本設定では、計算上の行為者(エージェント)に次のような選択肢を複数提示する意思決定事態を想定する。

$$[a, p; -b, 1-p]$$

つまり、この選択肢を選べば利得  $a$  の結果と利得  $-b$  の結果が生じ得る( $a, b \geq 0$ )。それぞれが生じる確率は  $p$  と  $1-p$  である。利得の  $a$  と  $-b$  は行為者の効用関数によって評価される( $u(a), u(-b)$ )。また、 $p$  と  $1-p$  も行為者の重みづけ関数  $w$  によって評価されると考える( $w(p), w(1-p)$ )。ただしプロスペクト理論に従い、 $w(p) + w(1-p) = 1$  という制約はない。

行為者には1回のラウンドで10個の選択肢が提示され、自己の判断基準( $u$ と $w$ )に従って1つを選ぶ。選んだ選択肢の  $p$  の値をそのまま用いて結果が  $a$  か  $-b$  かが決まる。出た結果の値が行為者の、そのラウンドでの利得となる。

$p$  は  $[0, 15/15]$  を一様乱数に従って選ぶ(可能な値は16個)。  $a$  は  $[0, 12.0]$ 、  $b$  は  $[0, 10.0]$  の一様乱数で決める。なお、10個の選択肢のうち1つは  $[3, 14/15; -3, 1/15]$  である。従ってどのような選択肢が並ぼうと、判断基準が適切であれば、1ラウンド当たり期待値 2.6 の利得は確保することができる。

基本設定では、行為者の戦略は88の2進数の次元から成り立つ。効用関数にはプロスペクト理論での参考式をそのまま用いた。計算上の100の行為者を仮定する。1つのラウンドで各行為者は1回の選択を行い、1世代で500ラウンドを繰り返す。500ラウンドの利得の合計が行為者のその世代での利得である。なお、「生き残り基準」(後述)がある条件では、生き残り基準を満たせなかった行為者は「死ぬ」。

世代の終わりで生き残った行為者の中から利得比例確率で「両親」を選び、交差を施して次の世代の行為者を生成する。交差後、新たな行為者の戦略の各次元に突然変異を施す。

以上は計算機実験の基本設定であり、条件に応じて行為者数を増やしたり、選択肢数を変異させる。

#### 4. 研究成果

上記の方法に基づく一連の計算機実験から得られた結果は次のようにまとめられる。

##### (1) 効用関数の変異性

計算機実験で進化(出現)した効用関数は、以下で述べるような条件に応じて変異性があることが確認された。このことは図3の適応モデルの想定通り、周囲の状況に応じて行為者は異なった性格の効用関数を発達させる可能性を示している。

##### (2) 「生き残り基準」の効果

進化計算において「生き残り基準」がある場合とは、一定の利得水準を満たさないと次世代の行為者の親になれない場合である。つまり、生き残り基準の存在は行為者にとっての高いリスクを意味している。

図4に見られるように、生き残り基準が課される場合は効用関数が大域的に危険回避的(上方に凸)になる。逆に生き残り基準がないときは、一連の計算機実験では図4の点線のグラフのように、効用関数は危険選好的になる傾向があった。

なお、確率重みづけ関数はほぼ図5のごと

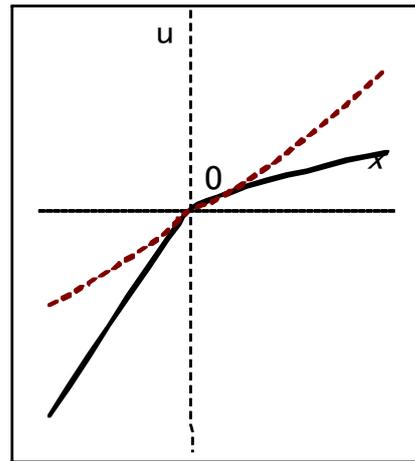


図4: 計算で進化した効用関数  
実線: 生き残り基準あり  
点線: 生き残り基準なし

くであり、プロスペクト理論の想定(図2(b))を再現する傾向にあった。

##### (3) 結果の正負による確率推定の相違

計算機実験では、生じる結果(利得)が正の場合と負の場合とで別々の確率重みづけ関数が進化するような条件を導入した。計算機実験の結果は、両関数の形状が異なることを示した(例えば図6)。概して負の結果に関する確率推定では、確率の低い事象の生起確率を高く評価する傾向があり、この実験の設定ではその意味で悲観主義的な傾向が生じたといえる。

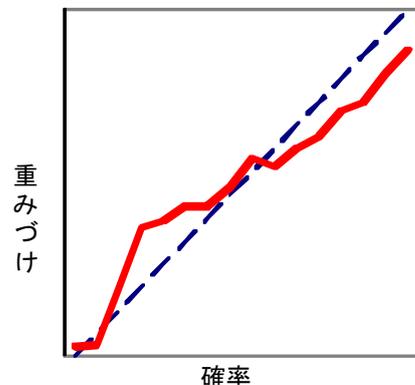
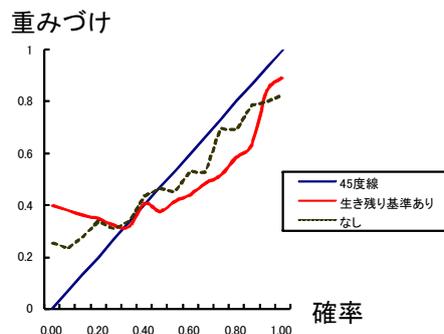
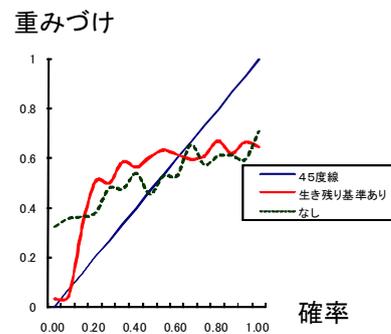


図5: 確率重みづけ(生存基準あり)



(a) 正の結果の確率重みづけ



(b) 負の結果の確率重みづけ

図6: 確率重みづけ関数

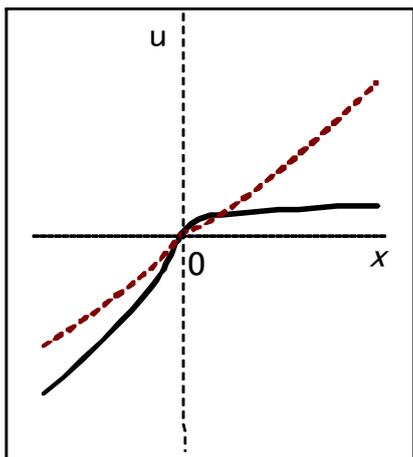


図7: 進化した効用関数  
 実線: 選択肢数 3, 生き残り基準あり  
 点線: 選択肢数15, 生き残り基準なし

#### (4) 選択肢数の効果

行為者に提示される選択肢の数が小さくなるほど効用関数が危険回避的になることが確認された。図7の実線は選択肢数を小さくした場合に得られた効用関数であり、選択肢数が大きく生き残り基準がない点線の効用関数に比べるとかなりの形状の相違が見られる。図7の実線の効用関数に対応する確率重みづけ関数は図8に示される。図8のように、選択肢数が低下して危険回避的になったとき、概して正の結果の出現を、負の結果に比べて控えめに確率推定することがわかる。

#### (5) その他の要因の効果

研究期間には上記の要因以外を操作した計算機実験を行っている。例えば、行為者間の競争性が高い場合を想定して利得上位者に子孫を残す「親」となる機会を限定する、あるいは生き残り基準を引き上げる、といった操作を行った。また意思決定事態の条件（「安全な」選択肢の有無）を操作することも行った。しかしこれらの要因は計算上の行為者の評価関数（効用関数、確率重みづけ関数）に体系的な効果を及ぼすとは判断されなかった。

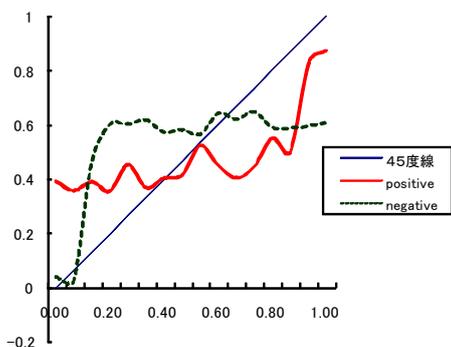


図8: 確率重みづけ関数  
 (選択肢数3、生き残り基準あり)

#### (6) 総括

この研究は、図3の適応モデルの想定通りに、意思決定する行為者の状況に応じて異なった認知=評価（効用関数、確率重みづけ関数）の様式が生成されることをデモンストレートした。操作した要因と結果との対応は意味のあるものであり、これらのモデルの予測が経験的に検証されるか否かは次のステップでの課題になるものと思う。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2件)

- ①高木英至, 意思決定の適応モデル: 進化的計算による視点, 埼玉大学紀要(教養学部), 43巻, 2号, 35-43, 2007, 査読無.
- ②高木英至, 評価関数の進化: 結果の頑健性の検討, 埼玉大学紀要(教養学部), 44巻, 2号, 41-49, 2007, 査読無.

[学会発表] (計 1件)

- ①高木英至, 効用関数の進化的基盤: 進化的計算による分析, 日本シミュレーション&ゲーミング学会, 2007年10月28日, 秋田大学.

[図書] (計 0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

○取得状況 (計 0件)

[その他]

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

高木 英至 (TAKAGI EIJI)

埼玉大学・教養学部・教授

研究者番号: 20163165

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者