

戦略的意思決定における属性による探索行動モデリング

仲里 慎司[†] 下川 哲矢[‡]

東京理科大学 経営学研究科[†] 東京理科大学 経営学部ビジネスエコノミクス学科[‡]

1, 本研究の位置づけ

本研究では戦略的意思決定における相手選択問題を考える。日々の経済活動において、我々人間は様々な場面で他の主体と取引や競争を行っている。元来経済学では「人間は合理的である」という仮定のもと議論が行われてきた。これを他者と関わりのある場面に適応させるならば、相手が誰であろうとその主体の行動は合理的なものであるため、常に均一なものであると考えることができる。そのため、どの主体と取引等をするかという相手選択の行為は、この仮定の下で問題となることはない。しかしながら、これは我々の実体験からも明らかであるが、現実的には相手の属性や印象によって、後の行動選択に大きな変化が生じる。加えて、この相手選択問題の興味深い点は、人々は一般に多数いる相手に関する情報をほとんど持てない、ということである。相手のパーソナリティや行動パターンといった情報は、学習していくことで入手可能となるものであり、一般的な経済活動においては初期の時点での入手が困難なものである。このことは risk 下における意思決定問題ではなく、ambiguity 下における意思決定問題と解釈するのが適切であると考えられる。では人間はどのようにしてこれらの情報を探索、もしくは補完しているのだろうか。

人間の意思決定モデリングに関する研究の中で注目すべきは機械学習の分野で扱われている Multi-armed-bandit 問題を利用したモデリングであり、Wu. et al. [2018]の研究が挙げられる。彼らは広大な選択空間における人間の探索行動モデリング比較で、ドミナントモデルである強化学習モデルよりもガウス過程回帰(GPR)を利用したモデルの方がその精度が良いという、重要な可能性を指摘した。この結果は、人間がほぼ情報がない状況では対象と似たものを参考にして意思決定を行っているという解釈することができる。しかしこの研究には重大な問題点が存在する。それは評価関数のモデリングである。先行研究では各パネルの評価を、Upper Confidence Bound(UCB)

でモデリングしており、標準偏差の係数の値が非負値であると推定されている。しかしこの推定結果は経済学的直観に反する。なぜならば人間はリスクを回避する傾向があるからである。人間の risk aversion な性質は一般的なものとして知られているため、この推定結果は疑わしい。事実、先行研究の分析結果を見てみると、初期のトライアルでは人間の探索行動にフィットしているが、終盤になるにつれて追えなくなっている。

しかし、先行研究のモデルで初期の人間行動を追えているのも事実である。この問題は意思決定のレジームスイッチによるものなのではないかと考えられる。意思決定の分野では、一般に人間の意思決定において、効用関数や意思決定のルールが定常性を持たないことが知られている。これらを踏まえると、同研究でのモデルに対してレジームスイッチの存在を反映させることで、上記の矛盾を解決できるのではないかと考えられる。以上より、広大な空間の戦略的意思決定における相手選択問題では、(1) 相手(選択肢)に関する情報が少ない時は、その対象と似ているものを参考に意思決定を行う、(2) 任意の時点で探索行動に変化が生じ、意思決定の評価基準のスイッチが起こる、の2点が考えられる。しかしながらレジームスイッチの適用は同時に新たな問題を生じさせる。それは意思決定の状態数を仮定することができないということである。本研究ではこの問題を解決したうえで、そのモデリングに取り組む。

2, 実験デザイン

実験の基本的な構成は Wu. et al. [2018]に準拠したものとなっている。ただし、その内容を相手選択の問題に変更した。実験は大きく2つのStepに分けられる。Step1は相手選択のパートであり、被験者に計30人の対戦相手の中から誰とゲームをプレイするかを選択してもらう。その後Step2ではStep1で選択した対戦相手と実際にゲームをプレイしてもらう。実験ではNash[1950]の2人交渉ゲームをプレイしてもらった。図1は実際のゲーム画面である。

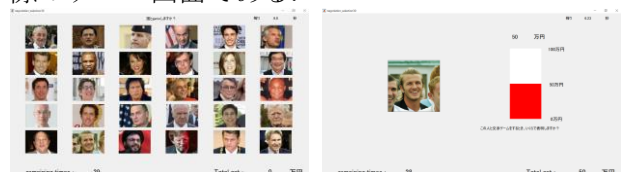


図1: ゲーム画面(左:Step1, 右:Step2)

Modeling human exploration in strategic environments based on opponent's attributes

[†]Shinji Nakazato, Graduates School of Management, Tokyo University of Science

[‡]Tetsuya Shimokawa, School of Management, Tokyo University of Science

実験は東京理科大学経営学部ビジネスエレクトロニクス学科の1年生51人を対象に行った。内12人に関しては、eyetrackerを利用することで実験中の視線情報も採取した。

3, 分析手法

本研究では分析を3つの段階に分けて行う。

初めに意思決定の裏にある状態を推定するために、トライアル内での視線の移動距離によるクラスタリングを行う。前述したように、今回の研究では人間に意思決定のレジームスイッチがあることを仮定している。そこで、まずは意思決定の背後にある状態を視線情報から推測することを試みる。視線の移動距離は時系列データであるため、ベースとなるモデルに隠れマルコフモデル(HMM)を採用する。しかし、HMMには分析を行うにあたり1つの欠点が存在する。それは外生的に状態数を与える必要があることである。そもそも人間の心の状態数がいくつ存在するのかは判断しきれないため、分析では状態数も推定すべきパラメータとして扱う必要がある。そこで本研究ではノンパラメトリックベイズの手法であるディリクレ過程を利用し、HMMを無限隠れマルコフモデル(IHMM)へと拡張することでこの問題を解決する。

次に、実験中の各時点における被験者視点の対戦相手毎の期待値と分散の推定値を算出する。被験者は実験中、各対戦相手の反応を学習し、その経験知をもとに次のトライアルで誰と対戦するかを決定するが、その意思決定プロセスにはなんらかの判断基準が存在するはずである。そこで本研究では先行研究でその基準として利用されていた期待値と分散の推定値を、GPRより算出する。

最後に、ここまでの分析で得られた、状態と期待値・分散のデータを基に、被験者の効用関数の導出を行う。具体的には、UCBのパラメータ部分に推定された状態を利用したダミー変数を導入したものを被験者の効用関数とし、ベイジアンロジスティック回帰によるMAP値の算出を行う。

4, 分析結果

図2はIHMMによるクラスタリング結果である。

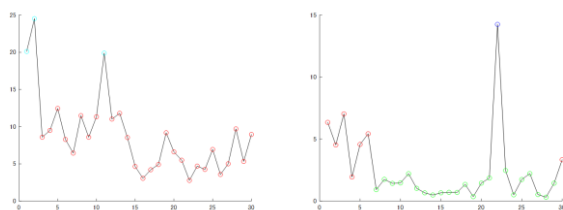


図2: 視線情報によるクラスタリング結果
(左: 状態数2, 右: 状態数3)

視線情報による意思決定の状態推定の結果、状態数は1から3個(状態数1:7人, 状態数2:3人, 状

態数3:2人)であると推定された。

図3はGPRによる期待値と分散の推移である。

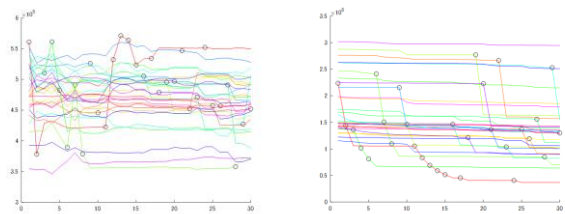


図3: 期待値(左)と分散(右)の推移

期待値に関しては、GPRによる類似性学習が反映されており、任意の対戦相手の学習が進むと同時に、属性が似ている被験者の同時学習も行われていた。したがって、情報が少ない環境での意思決定の際、人間が他の類似している対象を参考に判断をしていると解釈することができる。しかし、分散に関しては他の類似している対戦相手への影響がほとんど見られなかった。

そして最後に効用関数推定を行った。結果、状態数が2以上と推定された被験者は、全員が必ずriskに対して正の反応を示す状態と負の反応を示す状態が存在した。この結果は意思決定のレジームスイッチが存在することを示唆するものである。

本研究での分析結果は、相手選択問題において、人間が類似性学習と意思決定のレジームスイッチの両方を有することを支持するものとなった。このことは、人間が常に合理的ではないという現在の経済学の潮流と一致するものであり、またその要因として相手の印象等が関係しているという、先行研究での結果と同様のものとなった。

[主要参考文献]

- [1] Charley M Wu, Eric Schulz, Maarten Speekenbrink, Jonathan D Nelson, and Bjorn Meder. Generalization guides human exploration in vast decision spaces. *Nature human behaviour*, 2(12):915, 2018.
- [2] Marius Bartcus, Faicel Chamroukhi, and Herve Glotin. Hierarchical dirichlet process hidden markov model for unsupervised bioacoustic analysis. In 2015 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), pages 1-7. IEEE, 2015.
- [3] Y. W. Teh, M. I. Jordan, M. J. Beal, and D. M. Blei. Hierarchical Dirichlet processes. *Journal of the American Statistical Association*, 101(476):1566-1581, 2006.