

世界を縮小する最適化と世界を拡大する「あそび」

Optimization to shrink the world and "play" to expand the world

1w130418-9 中本 百合菜

Nakamoto yurina

指導教員 郡司 幸夫 教授

Prof. gunji yukio

概要：人間の意思決定、行動は様々な方法でモデル化が試みられている。本論文では、迷路型ゲーム実験で行われる意思決定は、ベイズ推定、逆ベイズ推定で説明できるのかを検証する。被験者は、コンピュータ内で3次元空間を右または左を選択しながら、進行を妨げる視覚的、力学的障害に抗して、できる限り直進する課題を行った。その結果、ベイズ推定の結果は累積確率の変動をうまく近似し、逆ベイズ推定の結果は移動平均の変動をうまく近似する解析結果が得られた。尤度累積と左右選択の累積の相関では、逆ベイズ推定の方が大きくなった。ベイズ推定の平均二乗誤差の方が逆ベイズ推定の最大値より大きくなった。以上3点より、変化のある場合、逆ベイズ推定の方が良い推定法であることがわかった。

キーワード：ベイズ推定、逆ベイズ推定、意思決定

Keyword: Bayes inference, Inverse Bayes inference, decision-making

1.はじめに

人間の意思決定、行動は様々な方法でモデル化が試みられている。今では、ベイズ推定に基づく、マーケティングにおける需要予測などにも応用が認められる。しかし、ベイズ推定には弱点があり、環境や確率空間の急激な変化に対応しきれない。そこで、経験的確率空間を時間的に変えるべく、逆ベイズ推定が提案された。本論文は、迷路ゲーム型の実験で行われた意思決定が、ベイズ推定、逆ベイズ推定で説明できるのかを検証することによって、人間の意思決定のモデル化に新たな知見を加えるものである。

2.実験方法

コンピュータ内の3次元空間(図1)を右または左を選択しながら、進行を妨害する様々な条件に抗し、できるだけ直進する認知実験を、大学生男女28名に行った。被験者にはコンピュータの前に座ってもらい、初めに、図1のような眺望を見せ、右キー、左キー、を使ってまっすぐ進んでください、と指示をした。右キーを押すと、仮想空間内での位置は右斜め前へ、左キーを押すと左斜め前へ移動する。前方向に進む距離(ピクセル数)は固定されているが、横方向に進む距離は乱数で決まる。視点は常に前方向で、横や後ろを

向くことはできない。前方に柱上のオブジェクトがなくなるまで、50ステップほどの選択を行ってもらった。

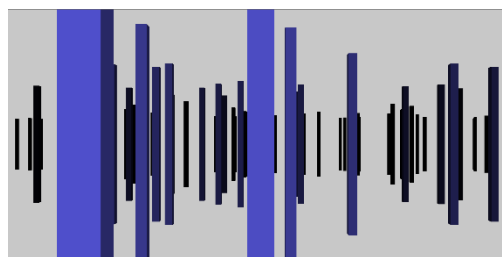


図1 実験画面

実験条件は7つある。タスク1、3、5は左右選択を被験者のみが選択するもので、タスク2、4、6、7は被験者が選択した後、計算機がどちらかを選択するものである。一回の選択ごとの左右方向の移動距離は、タスク1、2が-40~40ピクセル、タスク3、4、7が-80~80ピクセル、タスク5、6は-40~80ピクセルである。タスク5、6は右を選択した場合、左選択時の二倍の距離進む様になっている。

3.分析手法

実験で得られたデータは、左方向に進んだときは0、右方向に進んだときは1として、0,1の数列で表す。この数列にベイズ推定と逆ベイズ推定を行った。逆

ベイズ推定とは、ベイズ推定を行った後、なるべく確率の低い仮説が選ばれやすいよう確率的に調整し、選ばれた仮説の尤度に移動平均を代入し更新することを繰り返す推定方法である。

4.実験結果

タスク 1 のある被験者のデータを例としてあげる。

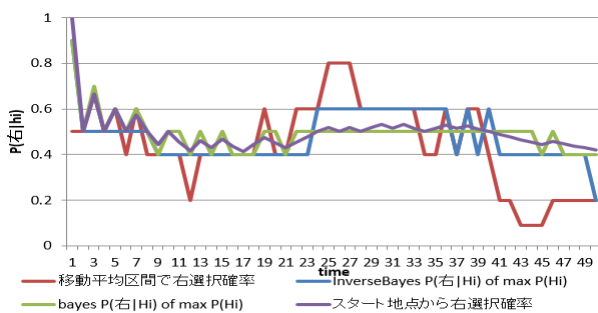


図 2 結果の例

右を選択するベイズ推定から得られる確率はスタート地点から右の累積確率の変動を、逆ベイズ推定で得られる同じ確率は移動平均の変動をよく近似することがわかる。

ベイズ推定、逆ベイズ推定を、すべての実験データに適用した。全結果の逆ベイズ推定は 5 回行い、その平均を結果として用いている。ベイズ推定の累積と左右選択との累積の相関を求めた。各ステップにおいてベイズ推定を行った際の尤度(= $P(\text{右} | h_t)$)に 2 を掛けて 1 を引いたものをスタート地点から累積したものと、被験者が選択した左右の結果の 0 を -1、1 を +1 として換算し、スタート地点から累積したものと相関である。結果、タスク 5 以外では逆ベイズ推定の相関が大きいことが認められた。

また、各ステップにおける二乗誤差の平均を算出し、ベイズ、逆ベイズ推定間で比較した。タスク 4 以外では、ベイズ推定の平均二乗誤差の方が逆ベイズ推定の上端(最大値)より大きくなった。

最終的にベイズの平均二乗誤差と逆ベイズの平均二乗誤差を t 検定した。ベイズ推定の平均二乗誤差の平均よりも、逆ベイズ推定の平均二乗誤差の平均の方が有意に小さくなったタスクは、1、2、3、5、7 であった。

5.考察

右を選択するベイズ推定から得られる確率はスタート地点から右の累積確率の変動を、逆ベイズ推定で得られる同じ確率は移動平均の変動をよく近似した。これによって、逆ベイズ推定のほうがベイズ推定よりも、変化に強い推定法だということがわかる。ベイズ、逆ベイズ推定の累積と左右選択の累積の相関は、右に寄ったことや直進方向に修正したことも数値に反映されるので、相関が大きくなっていると考えられる。

タスク 1 で平均二乗誤差が最大値を取ったものを見ると、急激な左右選択の変化があった。平均二乗誤差がベイズ推定は、37.86、逆ベイズ推定は、6.03 であることから、急激な左右選択の変化があったとき、ベイズ推定は対応できていないが、逆ベイズ推定は対応していることがわかる。

t 検定を見ると、逆ベイズ推定の方が左右選択の累積に近い数値を出しているということがわかる。タスク 1、2、3、4、5 に関しては、 p 値が 0.05 よりも小さくなっている。これは、ベイズ推定と逆ベイズ推定の間に明らかな差があることを示し、推定方法によって結果に差が出ていることを示している。つまり、逆ベイズ推定の方がベイズ推定よりも左右選択の軌跡に近く、優れている推定法だということが言える。

6.結論

変化のある場合、逆ベイズ推定の方が良い推定法であることがわかる。今回は移動平均区間を手探りで探したが、最適な移動平均区間を求める方法が発見されれば、より良い推定方法になると考えられる。実際、平均相互情報量が下げ止まる区間幅を取ると、よい推定が可能である。

参考文献

[1] Yukio-Poegio Gunji, Shuji Shinohara, Taichi Haaruna, Vasileios Basios “Inverse Bayes inference as a key of Consciousness featuring a macroscopic quantum logical structure”, Biosystems, vol.152, February 2017, pp 44-65