

期待効用仮説による学習者の自己評価計量技法(2)

— 累積プロスペクト理論による一分析 —

養老 真一[†] 田中 規久雄[†] 下倉 雅行[‡] 西本 実苗[‡]

大阪大学[†] 大阪電気通信大学[‡]

1.はじめに

従来、学習者の理解度は客観テストによって測るというアプローチがとられてきた。しかし、学習者自身が「自分がどの程度の確信をもって理解できているか」という、いわば主観的な理解度も教育評価にとって重要な情報であると考えられる。そこで、筆者らはこれを計測するシステムの構築に取り組んでいる。

これまでの研究で、学習者が設問への解答を行う際に、得点の期待値を最大化するように振る舞うとの仮定の下で、その主観的な理解度を計測する方法を提案した[1]。本研究では、この方法に基づいた実験を実施し、そこから得られた学習者の解答行動の結果を累積プロスペクト理論[2]を用いて分析することにより、この方法の有効性についての検討を行った。

2.実験結果

筆者らは、「学習者の主観的な理解度」を「学習者の解答への確信度(主観確率) q 」であると捉えて、以下のような方法でこれを測ることを提案した[1]。○×式の設問に対し、学習者に○×を解答させるだけでなく、その「確信度」 p を0~100%の範囲で記入させる。そして、正解した場合は $f(p) = 1 - (1 - p)^2$ 、不正解の場合は $g(p) = f(1 - p)$ という得点を与えることを通知しておく。この時、得点の主観的な期待値は $qf(p) + (1 - q)g(p)$ となるが、これが最大となるのは、 $p = q$ の時である。したがって、学習者が得点の期待値を最大化するように行動するならば、記入された「確信度」は学習者の解答への確信度と一致する。

この方法の有効性は「学習者が得点の期待値を最大化するように振る舞う」という仮定に拠っている。そこで、この仮定が正しいかどうかを調べるために、次のような実験を行った。まず、学習者には○×式問題への解答、およびその確信度を記入させる。その上で「解答を放棄

できる権利が与えられたと仮定する。放棄した場合には、記入した確信度に応じた点数 $pf(p) + (1 - p)g(p)$ が与えられる。放棄するかどうか、回答しなさい」という質問を行った。この点数は $q = p$ とした場合の得点の期待値と等しいので、先ほどの仮定が正しいならば、学習者は解答を放棄してもしなくてもかまわない筈である。

実験は89名の学習者に対し、それぞれ20問の設問を出す形で行った。記入する確信度は50%以上で5%刻みとした。図1は学習者の記入した確信度ごとの、学習者が解答を放棄すると答えた割合を、その95%信頼区間とともに示したものである。データ数がまだ少ないので断定的な事は言えないが、この図からは確信度の小さい所で放棄する割合が大きく、確信度の大きな所で放棄する割合が小さくなる傾向が見える。

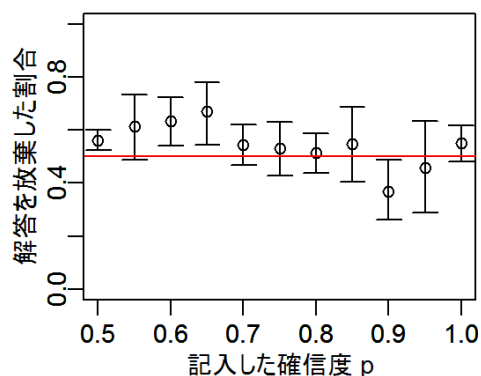


図1

3.累積プロスペクト理論を用いた分析

累積プロスペクト理論[2]は、不確実性がある状況での人間の選択行動を、期待効用理論よりも現実を更に整合的に説明する理論として、期待効用理論を代替するものである。そこで、本節では累積プロスペクト理論を用いて、前節の結果を分析する。

利得が正のケースで、得られる利得を大きい順から x_1, x_2, \dots, x_k とし、その確率を p_1, p_2, \dots, p_k とする。また、利得が負のケースで、被る損失を大きい順から y_1, y_2, \dots, y_l 、その確率を q_1, q_2, \dots, q_l とする。この時、

$$U_+ = v(x_1)w(p_1) + v(x_2)(w(p_2 + p_1) - w(p_1)) + \dots + v(x_k)(w(p_k + \dots + p_1) - w(p_{k-1} + \dots + p_1))$$

Quantitation of Learner's Self-Evaluation by Expected Utility Hypothesis(2)

Shin-ichi YORO[†] Kikuo TANAKA[†]

Masayuki SHIMOKURA[‡] Minae NISHIMOTO[†]

Osaka University[†]

Osaka Electro-Communication University[‡]

$$U_- = v(-y_1)w(q_1) + v(-y_2)(w(q_2 + q_1) - w(q_1)) + \dots + v(-y_k)(w(q_l + \dots + q_1) - w(q_{l-1} + \dots + q_1))$$

$$U = U_+ + U_-$$

として、 U の値の大小により選択を決定する。ここで $v(x)$ は価値関数 $v(x) = x^\alpha (x \geq 0), v(x) = -(-x)^\beta (x < 0)$ 、 $w(p)$ は確率加重関数 $w(p) = p^\gamma / (p^\gamma + (1-p)^\gamma)^{1/\gamma}$ である（ここで $\alpha, \beta, \lambda, \gamma$ は関数の形を決めるパラメータ）。

累積プロスペクト理論を適用するには対象者が利得を0と認識する点（参照点）を決定する必要がある。

最初に、参照点が最少得点である0のケースを考える。この時、 $\alpha < 1$ の場合は常に解答することを選択し、 $\alpha > 1$ の場合は常に解答を放棄することが証明される。 $\alpha < 1$ の場合、直感的には解答を放棄するように思えるが、確信度 p を小さめに記入することで、不正解の場合のリスク $f(p) - g(p)$ を軽減できるので、解答を放棄しない事となる。結局、参照点を0とすると、前節の実験でえられた学習者の傾向を説明できない（参照点が $f(1)$ のケースもほぼ同様）。

次に、正解不正解にかかわらず同じ得点を得られる、 $p = 0.5$ と記入した時の得点 $f(0.5)$ が参照点であるケースを考える。

例えば、 $\alpha = \beta = 0.85, \lambda = 2.9, \gamma = 0.9$ としてみると、前節の結果をおおよそ説明できる。横軸に p をとり、解答をした場合の U の値から、解答を放棄した場合の U の値を差し引いたものを、図2に示した。この値が負なら学習者は解答を放棄することになる。 p が0.5に近いところで解答を放棄し、 p の大きいところで解答を行うという、学習者の傾向をある程度再現できている。

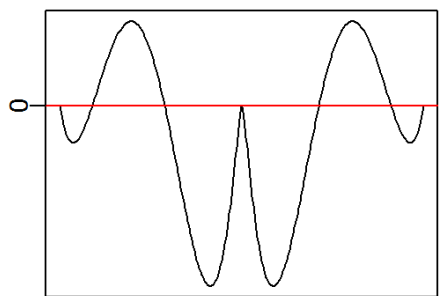


図2 0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0
記入した確信度 p

この時の学習者が記入した確信度 p と、解答への確信度（主観確率） q の関係を図3に示した。これによると q がある程度1に近い場合、 p は q に対し単調増加し、 p は q の指標となりうる。それ以外の場合、学習者は $p = 0.5$ と回答するので、こ

の状況では p は q の指標とはならない。

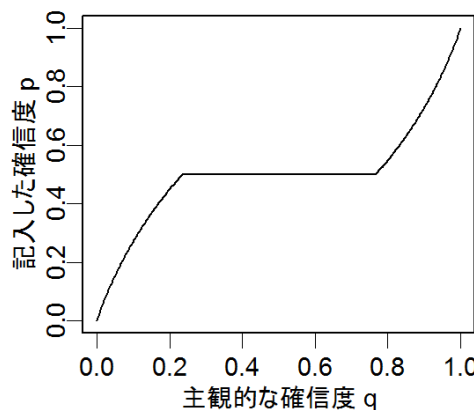


図3

なお、参照点が上記以外のケースにおいて、いくつかのパラメータの値について計算したが、前節の結果を再現するものは見つからなかった。

4. まとめと今後の課題

本研究では、学習者の解答行動が、累積プロスペクト理論で説明しうる事を示した。本実験のデータからは、学習者は参照点を $f(0.5)$ と認識している可能性が高いものと思われる。いわばこの点を損益分岐点として、損失を回避するよう行動しているようである。

同時に、学習者の主観的な理解度を測定するにはいくつかの課題があることも明らかになった。まずは、図1のような傾向が常に見られるのか、データを増やして確認する必要がある。次に、学習者の主観的な確信度が1にそれほど近くない時、 $p = 0.5$ と記入してしまうのをどのように防ぐかである。これは $p = 0.5$ では、正解でも不正解でも得点に差がないという、リスクがない状況になることが原因なので、 $p = 0.5$ でも正解不正解で得点の差が出るようにするなどして、改善できる可能性がある。今後はこれらの課題について、研究を進めていき、最終的にはシステムとして実装する予定である。

参考文献

- [1] 田中規久雄, 養老真一, 下倉雅行, 西本実苗: 期待効用仮説による学習者の自己評価計量技法(1) - 2択問題を例として -, 教育システム情報学会第36回全国大会講演論文集, pp. 388-389 (2011).
- [2] A. Tversky and D. Kahneman, "Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty", Journal of Risk and Uncertainty, vol. 5, pp. 297-323 (1992).