

行動経済学に基づくソフトウェア開発者の意思決定分析

Analyzing Decision of Software Developers Based on the Behavioral Theory

喜納 佳那子[†]
Kanao Kina

角田 雅照[†]
Masateru Tsunoda

1. はじめに

近年、ソフトウェア開発プロジェクトの大規模化、短納期化が進んでおり、プロジェクトを成功に導くことは必ずしも容易ではない。このような状況において、プロジェクトの成功を支援するために、これまで様々なツールや手法が数多く提案されてきた。例えば、ソフトウェアのテスト時にバグが含まれているモジュールを予測する方法が多数提案されている。ただし、それらの全てが開発現場に広く普及しているとはいえない。その理由として、ツールや手法の適用が技術的に容易ではない、適用にコストが掛かる、そもそもツールや手法の存在を知られていないなどが考えられる。

本研究では、一部のツールや手法が広く普及しない理由のひとつとして、開発者のツールや手法に対する有用性の評価が影響しているのではないかと仮定する。前出のバグが含まれているモジュールを予測する方法の場合、予測方法は平均的には精度が高い場合でも、バグが含まれるモジュールを見逃してしまうことは避けられない。この例では、開発者はバグの見逃しを非合理的なまでに避ける心理的傾向があり、それが影響して手法の有用性を過小に評価しているのではないかと考える。

本研究ではこのような心理的傾向が存在するかどうかを分析するために、行動経済学の理論に基づき、開発者の意思決定の傾向を分析する。行動経済学では、このような人間の非合理的側面を考慮した理論がいくつか提案されている。本研究ではプロスペクト理論と呼ばれる理論に基づいて実験を行う。プロスペクト理論は、人間は期待値（確率と効果の積）に基づいて行動するとはいえないとするものである。実験では、情報科学を専攻している学生にアンケートをとり、ソフトウェア開発に関する意思決定の場面において、プロスペクト理論で指摘されている行動が観察されるかどうかを分析する。

ソフトウェア開発における開発者の意思決定の傾向を知ることができれば、ソフトウェア開発を支援するツールや手法を広く普及させるためには、どのような特性を重視すべきかが明らかになると期待される。ソフトウェア工学分野において、これまで行動経済学によるアプローチの必要性を指摘した研究がわずかながら存在するが[1][2][3]、これらの研究では、プロスペクト理論に基づく分析は行っていない。

2. 行動経済学

個人の振る舞いを観察すると、従来の経済学では説明できないような非合理的な行動が見られる場合がある。行動経済学では、このような行動に着目し、その行動を理論化することを目的としている。従来の経済学では期待効用理論が提唱されており、これに従い個人の行動の説明を試みている。期待効用理論は、各個人は期待効用

に基づいて行動すると仮定した理論であり、例えばゲーム理論などは期待効用理論に基づいている。期待効用は、以下の式により求められる。

$$\text{期待効用} = \text{ある結果が起きる確率} \times \text{結果の効用}$$

なお、詳細な説明は省略するが、上記の式における「結果の効用」は効用関数によって決まるものであるため、期待効用は期待値（ある結果が起きる確率 × 結果の価値）とは異なる。期待効用理論では、個人は期待効用の大きいものを選ぶとされる。

これに対して、行動経済学ではプロスペクト理論が提唱されており、個人は期待効用理論に必ずしも従わないとされる。プロスペクト理論を説明するためにしばしば用いられる例を述べる。ここでは、宝くじを一度だけ引けるとし、その場合に以下のどちらかを個人に選択せるとする。

- (1) 100%の確率で 10,000 円が当たる宝くじ
- (2) 50%の確率で 30,000 円が当たり、50%の確率で外れる（0円となる）と宝くじ

このとき、(2)の選択肢の期待値が高くなっているため（ $30000 \times 0.5 = 15000$ ）、合理的には(2)を選択すべきである。しかし、実際には多くの人が(1)を選択する。これは、手に入れられそうな利益があった場合、その利益を得られないリスクを回避しようとする傾向を持つ人が多いためであるとされる。プロスペクト理論では、このような期待値に従わない個人の意思決定を、期待効用理論とは異なる関数により理論化している。例えば、プロスペクト理論では、個人は損失に対して、期待効用理論よりも過剰に反応すると想定している。

3. 実験

実験では、以下の3つのリサーチクエスチョンを明らかにするために、質問票を作成してアンケートを実施した。

- RQ1: 開発者は期待値のみに基づいて意思決定を行うか?
- RQ2: 利益を工数、他者からの評価、金銭とした場合、利益の種類が異なると意思決定も異なるのか?
- RQ3: 開発者は学習を避ける傾向があるのか?

RQ1 では、ソフトウェア開発においても、リスク回避の傾向が見られるかどうかを確かめるために設定した。ソフトウェア開発では、金銭だけではなく、開発者自身の工数や、他者からの評価も個人の利益になると考え、利益の種類が異なる場合、意思決定も異なるのかを確かめるために、RQ2 を設定した。RQ3 は、ソフトウェア開発では新たな技術を学習する必要性に迫られる場合がある

[†] 近畿大学, Kindai University, Japan

が、学習に対する開発者の態度を明らかにするために設定した。

情報科学を先行している学部生 28 名に対しアンケートを実施した。全ての被験者は、大学での講義においてプログラムを多数作成した経験がある。アンケート内容を付録に示す。アンケートは問 1 から問 4 まであり、問 1 は利益を工数としたもの、問 2 は利益を工数にし、かつ学習を必要としたものであり、それぞれ回答者自ら開発作業を行うという前提としている。問 3 では回答者は管理者とし、利益は他者からの評価とした。問 4 では利益は金銭とした。

各問では複数の小問があり、それぞれにおいて得られる利益と、その利益が発生する確率を変化させている。小問の枝番が大きいほど、ハイリスクハイリターンとしている。また、各小問では 2 つの選択肢があり、選択肢 (a) は確実に利益を得られるもの、(b) は、リスクはあるがリターンも大きいものとし、期待値を (a) よりも大きく設定した。

4. 結果および考察

アンケートにおいて選択肢 (a)、すなわちリスクを回避した被験者の割合を表 1 に示す。表では、例えば問 1 の小問 1 の結果は、行の問 1 と列の 1 の交わる箇所を示す。以降にそれぞれの設問に対する回答結果を分析した結果について述べる。

4.1 利益が工数の場合

問 1 では、開発において自分が作業をする際に、ツールを使って時間短縮を行うことを選択するかどうかを質問した。小問 1 は選択肢 (b) を選んだ場合、(a) を選んだ場合に比べ 50% の確率で 2 時間工数が増える。同様に小問 2 では 30% の確率で 3 時間、小問 3 では 10% の確率で 6 時間増える。この場合、小問 1 と 2 では、(b) のほうの期待値が高いにもかかわらず、(a) を選択する被験者が多かった。このことから、30% 以上の失敗の確率がある場合、期待値の高低よりも確実性が優先される可能性が高いといえる。逆に小問 3 では (b) を選択する被験者が多かった。よって、90% 程度の成功率であるなら、期待値が優先される可能性があると考えられる。

小問 1 と 2 では (a) を選択している被験者が多かったことから、RQ1 に対する答えは No となる。また実験結果より、ツールや手法の適用時に、90% 程度の成功率は受け入れられるが、70% の成功率はリスクが高いと判断される可能性があるといえる。

4.2 学習が関連する場合

問 1 では、ツールを使って時間短縮を行う場合についての質問であるが、問 2 では、学習を行うことによって時間短縮を行う場合の質問である。小問 1 の選択肢 (b) は確実に工数が増加しない、小問 2 では 50% の確率で 2 時間の増加、問 2-3 では 30% の確率で 6 時間の増加する。問 1 では 30% の失敗率はリスクが高いと判断されており、(a) を選択する被験者が多かったが、問 2 ではどの小問においても (b) を選択する被験者が多かった。

このことから、ソフトウェア開発者は、学習を避ける傾向は弱いといえる。また、問 1 とほぼ同様の期待値であるにもかかわらず、リスクを回避する傾向はなかった。なお、質問では「このソフトにしか使えない設計法」とい

表 1 アンケートの集計結果

	1	2	3
問 1	61%	64%	43%
問 2	18%	32%	50%
問 3-1	71%	86%	61%
問 3-2	18%	57%	68%
問 4	75%	71%	71%

うことを記述しており、他のソフトウェア開発に応用できないという前提にしていたが、この部分を被験者が十分に理解しておらず、投資効果があると判断していた可能性もある。

問 1 と問 2 では、必要な総作業時間はそれぞれ 10 時間、40 時間としている。仮にこの違いが回答に影響しているとしても、問 2 では (b) の利益が相対的に小さくなり、むしろ選ばれなくなることから、やはり学習を避ける傾向は弱いと考えられる。これらの結果から、RQ3 に対する答えは No となる。

4.3 利益が他者からの評価の場合

問 1 では自分で開発を行う場合を想定しているが、問 3-1 では、他者が開発を行い、その開発の成否が自己の評価につながると想定し、同じ内容の質問をしている。その結果、問 1 と比較して、問 3-1 では全体的に (a) を選択する割合が高かった。特に問 1-3 と問 3-1-3 を比較すると、後者では (b) を選択した被験者が多く、リスクを回避する傾向が強かった。このことから、利益が他者からの評価の場合、開発者は工数の場合よりもリスクを回避する傾向が強いといえる。

問 2 と問 3-2 も同様の質問をしている。前者では被験者が学習、開発し、後者では他者が学習、開発すると想定している。学習が関連する場合でも、利益が他者からの評価の場合、リスクを回避する傾向が強かった。これらの結果から、RQ1 に対する答えは Yes となる。

問 3 では他者からの評価が、どのような結果 (利益) をもたらすかを明記していないため、被験者によって想定する利益が異なる可能性がある。ただし、利益は定数であるとする、期待値は選択肢 (b) のほうが高いことから、(a) を選ぶということはリスクを回避する傾向があるといえる。

4.4 利益が金銭の場合

問 4 では自分でツールを購入して開発を行うと想定した設問としている。選択肢 (a) では確実に 2,000 円が得られるが、小問 1 は選択肢 (b) を選んだ場合、(a) を選んだ場合に比べ 50% の確率で得られる金銭が 2,000 円減少する。同様に小問 2 では 50% の確率で 3,000 円、小問 3 では 30% の確率で 5,000 円減少する。

問 1-1 と問 4-1、4-2、問 1-2 と問 4-3 は失敗する確率が同じであるが、問 4 のほうがリスクを避ける傾向が強かった。すなわち、利益が金銭の場合、工数よりもリスクを避ける傾向が強いといえる。問 3 と問 4、すなわち利益が他者からの評価と金銭の場合については、どちらがリスクを避ける傾向が強いとは明確にいえなかった。4.3 節の結果と本節の結果から、RQ2 に対する答えは Yes となる。

5. おわりに

本研究では、開発者の意思決定の傾向を分析するため、情報科学を専攻している学生に対して行動経済学に基づくアンケートを実施した。その結果、以下のような傾向が見られた。

- 開発者は期待値のみに基づいて意思決定を行わず、確実性を優先する場合がある。
- 利益の種類を工数、他者からの評価、金銭とした場合、利益の種類が異なると意思決定も異なる傾向があった。特に他者からの評価と金銭が利益の場合、工数が利益の場合よりもリスクを避ける傾向があった。
- 開発者は学習を避ける傾向が弱い。

これらのことから、ソフトウェア開発を支援するツールや手法を普及させるためには、確実性を改善する必要があるといえる。具体的には、30%程度失敗する可能性がある場合、期待値が高くても利用されない可能性がある。また、利益の種類が異なると、意思決定も異なる傾向があった。このことから、同じツールや手法でも、開発者（工数が主要）、プロジェクトマネージャ（他者からの評価が主要な利益）、経営者（金銭が主要な利益）が異なると、評価が異なる可能性がある。

開発者は過去の開発経験が異なると、リスクを避ける傾向が異なる可能性がある。今後の課題として、開発者の経験の差なども考慮して分析する必要がある。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省科学研究補助費（挑戦的萌芽：課題番号 26540029，基盤 C：課題番号 25330090）による助成を受けた。

関連研究

- [1] R. Hofman: Behavioral economics in software quality engineering, *Empirical Software Engineering*, Vol.16, No.2, pp.278-293 (2011).
- [2] P. Lenberg, R. Feldt, and L. Wallgren: Towards a behavioral software engineering, *In Proc. of International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering (CHASE)*, pp.48-55 (2014).
- [3] 中村美恵子, 宮下芳明: 認知ツール設計に係る認知科学および心理学的知見, *コンピュータ ソフトウェア*, Vol.29, No.1, pp.1_118-1_129 (2012).

付録

問1. ツールなしでコーディングに 10 時間掛かるとき、以下のどのツールを使いますか？自分自身が作業すると考えてください。

1-1

- a) 作業時間を 100%の確率で 2 時間減少させるツール
- b) 作業時間を 50%の確率で 5 時間減少させ、50%の確率で増減しないツール

1-2

- a) 作業時間を 100%の確率で 2 時間減少させるツール

- b) 作業時間を 70%の確率で 4 時間減少させ、30%の確率で 1 時間増加させるツール

1-3

- a) 作業時間を 100%の確率で 2 時間減少させるツール
- b) 作業時間を 90%の確率で 6 時間減少させ、10%の確率で 4 時間増加させるツール

問2. ソフトウェアの設計に 40 時間掛かるとします。このソフトにしか使えない設計法を学習すると、効率が高まります。この時、学習をしますか？自分自身が作業すると考えて教えてください。

2-1

- a) 学習しない(時間が減らない).
- b) 4 時間学習して、50%の確率で 10 時間減少し、50%の確率で 4 時間減少する。

2-2

- a) 学習しない(時間が減らない).
- b) 8 時間学習して、50%の確率で 20 時間減少し、50%の確率で 6 時間減少する。

2-3

- a) 学習しない(時間が減らない).
- b) 16 時間学習して、70%の確率で 30 時間減少し、30%の確率で 10 時間減少する。

問3. 問 1, 2 について、自分は管理者で他人に作業させると考えて教えてください。ただし、問 1 では作業時間が 10 時間、問 2 では作業時間が 40 時間を超えた場合、自分の評価が下がり、逆の場合は上がると考えてください。

3-1-1

- a) 作業時間を 100%の確率で 2 時間減少させるツール
- b) 作業時間を 50%の確率で 5 時間減少させ、50%の確率で増減しないツール

3-1-2

- a) 作業時間を 100%の確率で 2 時間減少させるツール
- b) 作業時間を 70%の確率で 4 時間減少させ、30%の確率で 1 時間増加させるツール

3-1-3

- a) 作業時間を 100%の確率で 2 時間減少させるツール
- b) 作業時間を 90%の確率で 6 時間減少させ、10%の確率で 4 時間増加させるツール

3-2-1

- a) 学習しない(時間が減らない)
- b) 4 時間学習して、50%の確率で 10 時間減少し、50%の確率で 4 時間減少する

3-2-2

- a) 学習しない(時間が減らない)
- b) 8 時間学習して、50%の確率で 20 時間減少し、50%の確率で 6 時間減少する

3-2-3

- a) 学習しない(時間が減らない)
- b) 16 時間学習して、70%の確率で 30 時間減少し、30%の確率で 10 時間減少する

問4. アルバイトで簡単なソフトウェアを作成するとします。自分のお金で開発ツールを買う時、どれを選びますか？

4-1

- a) 販売価格は 1,000 円で、100%の確率で 3,000 円利益が出るツール
- b) 販売価格は 1,000 円で、50%の確率で 6,000 円、50%の確率で 1,000 円利益が出るツール

4-2

- a) 販売価格は 1,000 円で、100%の確率で 3,000 円利益が出るツール
- b) 販売価格は 2,000 円で、50%の確率で 12,000 円、50%の確率で 1,000 円利益が出るツール

4-3

- a) 販売価格は 1,000 円で、100%の確率で 3,000 円利益が出るツール
- b) 販売価格は 5,000 円で、70%の確率で 20,000 円、30%の確率で 2,000 円利益が出るツール