

意思決定におけるプロスペクト (確率認知) 理論の適用について

A Study on Prospect Theory for Decision Making

須藤 敦史*

Atsushi SUTOH

* 博士(工学) (株) 地崎工業 土木技術部 主席研究員(〒105-8488 東京都港区西新橋2-23-1)

This paper proposes and analyzes an approach to decide the individual and organizational behavior from Cumulative Prospect Theory. Several subjective expected utility theory based on Bay's Stochastic Processing have been applied to the individual and organizational behavioral decision. But, individual and/or social decision-making deals with human impression from several personal attributes. This paper is proposed way to decide the individual and/or social decision-making using from Cumulative Prospect Theory based on human impression.

Key Words: Decision-making, Stochastic Processing, Cumulative Prospect Theory, Expected Utility Theory

1. はじめに

自然災害に対するリスクマネジメント(許容リスクの設定)や構造物の性能照査型設計を行う際に、人々の意思決定プロセスの特徴や特性を把握し、これらを評価することは重要である。

一方、性能照査型設計では構造物の保有性能や意思決定をする際に用いる性能マトリクスをクライアントや社会(住民)に対してわかり易い言語表現で提示することが重要(義務)となっている。

この意思決定に対する合理的な考え方として、確率的な概念を用いた期待効用理論(Expected Utility Theory)¹⁾が挙げられるが、一般的な人々との意思決定に対する感覚と若干のずれが生じていると考えられる。

そこで本研究は人々の意思決定に対して素直な感覚(社会心理的)を取り入れたプロスペクト(確率認知)理論(Prospect Theory)²⁾の適用を提案し、同時にこれらの理論化・定量化に対して人工生命(Artificial Life:AL)技術などの適用・応用を模索中である。

2. 確率的な意思決定 (期待効用の最大化)³⁾

ベイズ統計学では人間の予想や確信度など主観を意思決定に取り入れた損失関数を定義することにより、ばらつく量をより合理的・客観的に扱う(ベイズの決定理論)としている。

ここで、評価関数は式(1)に示すように損失関数と確率密度関数の積分で表されている。

$$\int f(z|\theta) \cdot L(\theta, a(z)) dz \quad (1)$$

θ : 母数, a : パラメータ

$L(\cdot)$: 損失関数, $f(\cdot)$: 確率密度関数

このような考え方を基本として意思決定に適用されているのが期待効用理論であり、ある選択の期待効用(効用関数)は式(2)となる。

$$u(P) = \sum_j p_j u_j \quad (2)$$

p_j : 事象 i の生起確率, u_j : 事象 i の効用

ここでベイズ的(確率)な決定において最適な意思決定は期待効用の最大化(Maximization of Expected Utility)と考えられている。

また、期待効用は当然個々の人間の主観によって異なり、効用と同様に確率に影響するとして修正されたものが主観的期待効用理論である。

3. 意思決定における確率に関する傾向

以下、本節では心理的なイメージによる非確率的な意思決定に関する基礎アンケート調査の被験者となったと思って考えてほしい。

3. 1 リスク・アーバスな認知バイアスによる意思決定 次のA,Bのうちどちらを選択するであろうか？

設問 1-1

A: 確実(100%)に 3,000 円貰える。

B: 確率 80% で 4,000 円貰えるが、確率 20% で貰えない。

著者の基本アンケート調査やこれまでの研究より、A を選択する方が多い(約 80%)結果が得られているが合理的な行動(意思決定)であろうか、ここで効用関数の値を求めてみる。

$$u(P_A) = 3,000 \times 1.0 = 3,000 \quad (3a)$$

$$u(P_B) = 4,000 \times 0.8 + 0 \times 0.2 = 3,200 \quad (3b)$$

となり、期待効用値はBが高い。

これはリスク・アーバスな傾向(Risk Averse Tendency)であり、確実に得られる選択に魅力を感じて意思決定を行う確実性の効果(Certainty Effect)とも呼ばれている。

3. 2 ギャンブル的な認知バイアスによる意思決定

設問 1-2 を考えてみよう。次のA,Bのうちどちらを選択するであろうか？

設問 1-2

C: 確実(100%)に 3,000 円失う。

D: 確率 80% で 4,000 円失うが、確率 20% で失わない。

この設問では D を選択する方が多い(約 80%)結果が得られているが、同様に効用関数の値を求めてみる。

$$u(P_C) = -3,000 \times 1.0 = -3,000 \quad (4a)$$

$$u(P_D) = -4,000 \times 0.8 + 0 \times 0.2 = -3,200 \quad (4b)$$

となり、逆に効用関数の値はCが高い。

これは意思決定におけるギャンブル的な傾向(Risk Seeking Tendency)であり、損失が無くて済む可能性が過大評価されて意思決定が為される現れと言えよう。

3. 3 意思決定におけるゲイン・ロス

の心理的イメージ

上記の2つの認知バイアスは、期待効用値(確率的期待値)によると一見矛盾しているように考えられるが、一般的な人間の感覚としては設問1-1では無難なほうが魅力的に感じられ、設問1-2ではリスクな選択が魅力的に感じている。

つまり、被験者に対してリスク・アーバスな認知バイ

アスは選択の内容が基本的にプラスの場合に為され、逆にギャンブル的認知バイアスは基本的にマイナスの場合に為されている。

このように、選択の損・得によってまったく逆の認知バイアスが生じる1つの原因として、人間は基本的には利得(ゲイン)と損失(ロス)の心理的イメージは対称ではない性質を有していると考えられ、このような利得と損失における選択傾向の逆転現象を反射効果と呼んでいる。

つまり、人間は基本的には欲深い性質を有しているため、得られる(ゲイン)ものに対しては確実性(リスク・アーバス)を求める傾向があり、逆に失う(ロス)ものに対しては失わない確率が少しでもあれば危険追求的(ギャンブル的)傾向を有していると言える。

3. 4 表現形式や記述が意思決定に与える影響について 次に、以下の設問において、どちらを選択するであろうか？

設問 2-1

ある災害で 600 人の死者が予想される、これを防止する2つの対策でどちらを採用するか？

A: 200 人助かる対策

B: 1/3 の確率で全員(600 人)助かるが 2/3 の確率で 1 人も助からない対策

上記のような表現の設問 2-1 では、対策 A を選択する方が多い結果が得られている。

同様な設問 2-2 を以下に示す。

設問 2-2

ある災害で 600 人の死者が予想される、これを防止する2つの対策でどちらを採用するか？

C: 400 人死亡する対策

D: 死者が出ない確率が 1/3 あるが、2/3 の確率で 600 人死亡する対策

このような表現に対する設問 2-2 では、対策 D を選択する方が多い結果が得られている。

このように効用関数の値はすべて同等であるのにもかかわらず、設問の表現が変わっただけで選択の傾向が異なっている。

つまり、最初の設問はポジティブな表現であり、この中でリスク・アーバスな認知バイアスによって対策 A が選択され、2 番目ではネガティブな設問表現の中で、ギャンブル的な認知バイアスが現れて対策 D が選択されたと言

える。

したがって、意思決定に関する設問や説明において言語表現や確率的な記述方法がきわめて重要な位置を占めてくると言え、逆に考えれば記述・表現の仕方で意思決定の操作が行える危険性を示しており、すなわち、第三者の意思決定に影響を与えようとする場合、情報の提示の仕方によっては大きな影響が行使できるとも言える。

3. 5 確率の大小による意思決定への影響

最後に、同様に以下の設問において、どちらを選択するであろうか？

設問 3-1

- A: 確率 0.45 で 100 万円当り、それ以外は貰えない。
B: 確率 0.90 で 50 万円当り、それ以外は貰えない。

この設問 3-1 では B を選択する方が多い結果が得られている。ここで効用関数の値を求めてみる。

$$u(P_A) = 100 \times 0.45 = 45 \text{ 万円} \quad (5a)$$

$$u(P_B) = 50 \times 0.90 = 45 \text{ 万円} \quad (5b)$$

次に設問 3-2 を考えてみよう。

設問 3-2

- C: 確率 0.001 で 100 万円当り、それ以外は貰えない。
D: 確率 0.002 で 50 万円当り、それ以外は貰えない。

この設問では C を選択する方が多い結果が得られているが、同様に効用関数の値を求めてみる。

$$u(P_C) = 100 \times 0.001 = 0.1 \text{ 万円} \quad (6a)$$

$$u(P_D) = 50 \times 0.002 = 0.1 \text{ 万円} \quad (6b)$$

このように、効用関数の値は同じであるにも関わらず、確率の大きい・小さいによって意思決定(選択)の傾向が変化している。

これは確率値の大小で意思決定においてリスク・アープスな認知バイアス傾向またギャンブル的な認知バイアスギャンブル的な傾向が現れる現象であり、非常に小さい確率の差は実際より大きく認知(評価)されて客観的な確率の大小が意思決定に対して影響を与えていない。

4. 意思決定におけるプロスペクト理論の応用

上記のように、実際の意思決定では客観的な確率による

ベイズの主観期待効用理論(Subjective Expected Utility Theory)⁴⁾に従っていない。

したがって、心理的なイメージによる意思決定は、客観的な確率に対する評価よりは、心理的・直感的にとらえ直した上で評価されている。

そこで、このような心理的決定の特性を考慮した意思決定に関する考え方はプロスペクト理論(Prospect Theory)⁵⁾と呼ばれている。

ここでプロスペクト理論では客観的な確率がそのまま意思決定に影響を与えない性質を図-1 に示すウェイト関数 $w(\cdot)$ と定義して意思決定における心理的な評価を表現している。

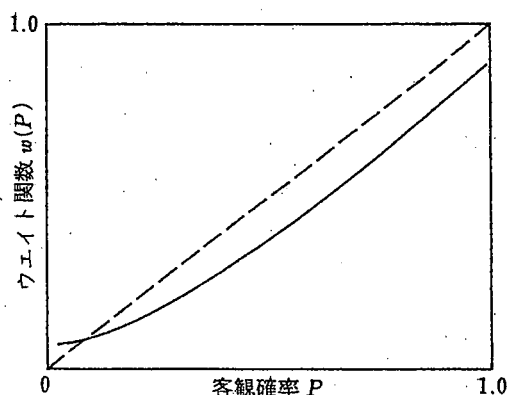


図-1 ウェイト関数による客観確率

すなわち、設問 3 に示すように非常に小さい確率では額面どうりには受け取られず、実際の客観的な確率より大きく評価されている。

また、設問 1~2 に示すように意思決定者の望ましさの評価においては、図-2 に示すようにある基準点(reference point)からの損(gain)・得(loss)に大きく影響を受ける。

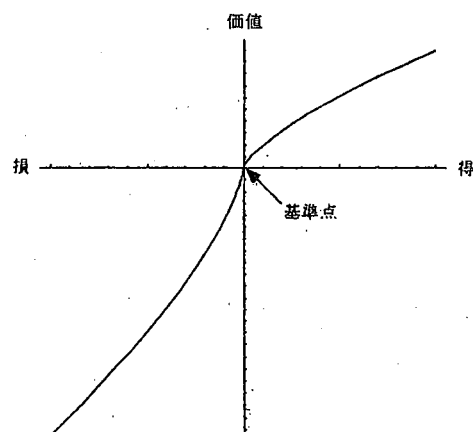


図-2 価値関数による確率評価

これをプロスペクト理論では価値関数 $v(\cdot)$ と定義して期待効用理論の効用関数 $u(\cdot)$ と区別しており、ある種の期待効用理論を構成している。

ここでプロスペクト理論における価値関数は式(7)に示すようになる。

$$v(P) = \sum_j w(p_j) \cdot v_j \quad (7)$$

p_j : 事象 i の生起確率, v_j : 事象 i の効用,

$w(\cdot)$: ウェイト関数

また、事象の不確かさを加法性を満たさない測度によって評価して一般化したものが累積プロスペクト理論(Cumulative Prospect Theory)である。

5. 客観的確率に対する心理的認知の

人工生命(最適化)技法による一般化

以上のように、実際には人間の意思決定およびその行動において確率に基づくベイズの主観期待効用理論には従っておらず、心理的・直感的に評価されて心理的なイメージで為されている。

しかし、今後人々の意思決定プロセスの特性を把握・評価することはリスクマネジメントや性能照査型設計の中において非常に重要な位置を占めて行くものと考えられる。

そこで、このような心理的意意思決定に対して累積プロスペクト理論ではウェイト関数 $w(\cdot)$ や価値関数 $v(\cdot)$ を

導入して、客観的確率と意思決定における心理的傾向に対しての理論化を試みているが、これらを定量的に評価するためには、アンケート調査などによって実際の住民や社会から社会統計的データを得て、その心理状態を実証・検証してゆく必要が生じてくるが、このような社会統計的なデータは定性・定量的量が混在し、加えて相互関係が複雑である。

そこで、これら定性・定量的量が混在した大量なデータを合理的に処理するためには、人工生命(Artificial Life:AL)技術や最適化手法の活用が必須となる。

一方、意思決定に関する事項をわかり易い言語表現で提示する際にも、形容詞的なことばと数値の対応や変換

などにおいて、人工生命技術の活用が今後重要な位置を占めてくると考えられる。

6. 今後の課題と研究の方向

上記したアンケート調査を伴った研究は、著者の素朴な疑問をきっかけに始めたものであり、目指すものは「なっとくする意思決定方法の模索!」である。

このような状況下、本論文では人間の意思決定方法の考察を試み、同時に客観的確率(期待効用理論)と心理的要素を導入した意思決定(プロスペクト)理論の紹介より、以下に示す結論らしきものが得られている。

- 1) 人間は意思決定に際して、その様々な状況によりベイズ的な客観的確率に従わない。
- 2) プロスペクト理論は価値関数と効用関数を定義して、人間の心理的要素を考慮した期待効用理論を構成している。

次に、今後の課題や研究の方向性としては以下の事項が挙げられる。

- 1) 人間の意思決定における心理的傾向の理論・定量化には人工生命技術や最適化手法の活用が必須となると考えられる。
- 2) 個人の意思決定と社会全体としての公共的な意思決定の違いを明確にして、そのプロセスの特徴を定量的に把握・評価しなければならない。

最後に基礎アンケート調査に協力頂いた、北海道大学工学部社会基盤系および香川大学工学部安全システム建設工学科の学生諸氏に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 土木学会構造工学委員会・建設事業における確率・統計的意思決定研究小委員会、建設事業における確率統計的意思決定-脱マニュアルの時代を迎えて-、土木学会論文集, No.612/ I-46, pp.1-10, 1999.
- 2) 岡本浩一, リスク心理学入門-ヒューマン・エラーとリスク・イメージ-, サイエンス社, 1992.
- 3) 例えば, 小林孝雄, リスク分担と意思決定, ビジネスレビュー, pp.2-28, 1980.
- 4) 例えば, Wong, E., Stochastic Processes in Information and Dynamical Systems, McGraw-Hill, New York, 1971.
- 5) 繁樹算男, 意思決定の認知心理学, 朝倉書店, 1995.