

## 不確実性下における交通行動のモデル化

期待効用理論を越えて

小林潔司\*

横松宗太\*\*

期待効用理論は不確実性下の交通行動のモデル化において重要な役割を果たしてきた。期待効用理論の経験的妥当性に関して多くの批判があり、これらの問題点を克服するために期待効用理論の一般化・精緻化が試みられてきた。その一方で、期待効用理論が有する規範的な役割の重要性を指摘する考え方も根強い。本稿では不確実性下における行動モデルとしての期待効用理論の有効性と、その限界に関する代表的な議論を取りまとめるとともに、不確実性下における交通主体の行動分析に関する一つの考え方を提示する。

### Traffic Behavior Modeling under Uncertainty Beyond Expected Utility Theory

Kiyoshi KOBAYASHI\*

Muneta YOKOMATSU\*

Expected utility theory has played a decisive role for decision modeling under uncertainty. In order to concur the criticism attacking its empirical relevance, the generalizations of expected utility theory have been extensively made. Yet, many authors still advocate expected utility theory as a normative theory to explain rationality behind decisions under uncertainty. The paper summarizes theoretical issues around the theory in dispute and presents the authors' perspectives on decision modeling under uncertainty.

#### 1. はじめに

交通主体は多かれ少なかれ不確実性の下で意思決定を繰り返している。例えばドライバーが経路選択を行う場合、これから選択しようとする複数の経路

の走行時間や走行費用を事前に確定的に把握しているわけではない。目的地に到着する時刻が指定されている場合、途中の所要時間の不確実性を考慮に入れながら出発時刻を選択するだろう。

近年のITS技術の発展は交通主体が直面するリスクや不確実性を減少させ、さまざまな交通行動の合理化が達成できると期待されている。ITS技術の効果を分析したり、より望ましいITS技術を設計するためには、まず不確実性下における交通主体の行動をモデル化する必要がある。さらに、ITS技術の導入による不確実性の減少に対する交通主体の反応行動をモデル化する必要がある。

従来、不確実性下における意思決定行動に対して期待効用理論に基づくアプローチが採用されてきた。このことは交通行動モデリングにおいても例外では

\* 京都大学大学院工学研究科土木工学専攻教授  
Professor, Graduate School of Civil Engineering,  
Kyoto University

\*\* 京都大学大学院工学研究科土木工学専攻  
Graduate School of Civil Engineering,  
Kyoto University  
原稿受理 2000年5月9日

この論文は(財)国際交通安全学会平成10年度H049プロジェクト「ドライバーの危険回避行動に関する基礎分析」(PL:喜多秀行)および同平成11年度H160プロジェクト「ドライバーの危険回避行動に関するモデル分析」(PL:喜多秀行)の調査研究をもとに執筆された。

ない。一方で、期待効用理論に対しては、その経験的妥当性に関してさまざまな批判が提示されてきた。また、期待効用理論に基づかない意思決定理論も提案されている。その一方で、期待効用理論に基づいたアプローチも相変わらず採用されており、不確実性下における意思決定問題へのアプローチは混迷の度合いを深めている。

本稿では伝統的な期待効用理論の基本的な考え方について述べるとともに、期待効用理論の経験的妥当性に対する代表的な批判的見解を紹介する。さらに、期待効用理論に基づかない代表的な意思決定理論を紹介する。その上で、期待効用理論の意義と不確実性下の交通主体の行動に対する望ましいアプローチの方法に関して考察したいと考える。

## 2. 不確実性下での行動モデルの多様性

### 2-1 心理学的アプローチと経済学的アプローチ

毎日の交通行動の局面で、交通主体は多くの不確実性やリスクに直面している。例えばドライバーが車を運転する場合、目的に到達する時間、交通事故を起こす可能性やスピード違反で検挙される可能性等の結果を考慮しながら、スピードを選択している。しかし、実際に事故を起こすか、スピード違反で検挙されるかは不確実であり、また自分が選択したスピードがどのような結果をもたらすかも不確実である。不確実性下における交通主体の行動を記述する場合、次の二つの要素をどのように取り扱うかが問題となる。一つは、交通主体が自ら選択した行動の結果の価値ないし効用をどのように評価するのか（交通主体の「嗜好」「選好」）という問題である。いま一つは、交通主体の、それぞれの結果がもたらされる可能性に関する「情報」や「信念」である。このような不確実性やリスクの下での交通主体の行動に関しては、交通心理学や経済学をはじめとして多くの分野で研究が蓄積されてきた。

交通心理学において用いられている「リスク・テイキング」という概念は、危険を承知で行動するというドライバーの傾向性が事故を誘発するという仮定に基づいている。これは経済学でいうところのハイリスク・ハイリターンを志向した選択行動であり、また危険愛好型ないし危険回避度が小さいタイプの選好に他ならない。ドライバーがリスクをテイクする効用として、ジョナー<sup>1)</sup>は、ストレスの発散、自立の表現、覚醒レベル上昇の手段、移動効率、大人

の権威への反発、仲間からの賞賛等をあげている。また激しい感覚や経験やスリルを得ること自体を目的とする「センセーション・シーキング」といわれる性向も注目されている。

交通心理学の分野では「ハザード知覚」「リスク知覚」といわれるリスクの認知の心的過程が重視されている。これはのちに述べるサベージによる主観的期待効用理論における「状態」と「結果」の同定、または「信念」の形成の段階に対応する。またリスク回避的な「行為」としては、減速や安全確認、車間距離の保持やシートベルト着用、初心者マークの提示等が代表例であろう。蓮花<sup>2)</sup>によると交通状況のリスクの特徴は多様である、事故の可能性が高い、タイムプレッシャーが高い（意思決定までの時間的余裕が短い）、運転者の個人的関与度が大きいということである。従って、ドライバーにとっては運転しながら毎時毎時、あるときには瞬時にして不連続に意思決定環境が変化する。

一方、経済学の分野では期待効用理論は不確実性下での個人の行動モデリングにおいて中心的な役割を果たしてきた。また、期待効用理論は交通行動のモデル化にも適用されてきた実績がある。しかし、期待効用理論に対して、さまざまな批判がよせられてきたことも事実である。例えば、期待効用理論は非現実的な仮定に基づいた理論的なフィクションであり、現実の行動とはしばしばかけ離れているという批判がある。一方で、期待効用理論を擁護する議論も多い。3章で言及するように、期待効用理論では個人の合理性を一連の公理系<sup>\*1)</sup>を用いて定義する。もちろん、期待効用理論の公理系に関しては多くの批判がなされており、必ずしも確固とした公理体系に基づいていないことが明らかにされている。また期待効用理論の公理体系は、のちに例を示すように現実の交通行動とはかけ離れた結果を導き出す可能性もある。

### 2-2 実証的理論と規範的理論

不確実性やリスクに直面した交通主体の行動を記述するモデルは多様であり、確立した手法が存在し

\* 1 数学的には公理 (axiom) は理論の前提としての仮定を意味する。公理の集まりである公理系を明確にした理論は公理系理論と呼ばれる。実際には数学においてさえ完全な公理系理論は少ないといわれている。しかし、この公理主義は数理経済学においては圧倒的な支持を得ている。社会科学においては、議論の前提として置かれる公理に対して、合理的な主体であれば反論できないような性格を備えていることが要求されるのである。

ないのが実状である。どのようなモデルを用いるかは分析やアプローチの目的に依存している。不確実性下における交通主体の行動理論の役割として、次の二つがあげられる。一つは、現実の交通主体の行動を表現するようなモデルを築くことであり、いま一つはモデルを用いて交通主体の合理的な行動を説明することである。前者は実証的理論であり、後者は規範的理論という性格を持っている<sup>\*2</sup>。

概して心理学は実証的・記述的な視点を重視している。例えばトリンポップ<sup>3)</sup>のリスクモチベーション理論では、「リスク・パーソナリティ要因」や「リスク・状況要因」等の相互作用を明示してリスク知覚を成立させる心的過程を詳細にモデル化し、先述の「リスク・テイキング」を説明している。また心理学における「リスク補償説」、経済学が称する「オフセット仮説」は本来安全性の向上を期待して講じられた対策が、かえってドライバーの過度の安心を生み、結果としてより多くの交通事故を誘発すると主張する。例えばエアバックの設置が、それによる本来の乗員保護性能の向上を相殺するような、ドライバーの安全運転に対する関心の低下を引き起こすことがありうる。このようなモラルハザードは実証的理論を用いて説明されている。

一方、経済学の分野では、期待効用理論が多くの経験的事実と相反する場合があることが指摘されているものの、期待効用理論は「最も合理的な選択」のあり方を示す、という規範的な役割を担っていると主張する。期待効用理論に基づかない行動は非合理的な行動であり、合理的な個人による期待効用最大化行動に基づいて経済政策論を検討することが望ましいという立場を採用する場合が多い。

### 3. 期待効用理論

#### 3-1 期待効用理論の意思決定環境

期待効用理論に基づく不確実性下での交通行動の環境は次の三種類の要素により構成される。一つは交通主体が選択する「行為 (act)」 $a_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) の集合 A である。一方で交通主体は自分で (完全には) 制御できない「状態 (state)」 $s_j$  ( $j = 1, \dots, m$ ) の集合 S に直面している。交通主体により選択される行為  $a_i$  と外生的に与えられる状態  $s_j$  より「結果 (outcome)」 $o_j$  がもたらされる。結果  $o_j$  を配列した  $n$  行  $m$  列の決定行列が得られる。

\* 2 多くの哲学者はヒュームが「What is」と「What should be」の区別を明確にしたと考えている。

Table 1 不確実性下の意思決定環境

行為 (選択ルート)	高速道路の状態	
	渋滞なし 60%	渋滞 40%
高速道路	2 (効用10)	8 (効用1)
一般道路	5 (効用6)	4 (効用8)

最も簡単な例をTable 1に示す。いま、自動車である目的地に向かうのに、高速道路を利用するか、一般道を通行するかの二通りの「行為」が考えられるとする。ただし、出発前にいずれのルートに関しても交通量に関する確定的な情報を得ることができない。生じうる「状態」は高速道路に関して、渋滞しているかそうでないかであり、それぞれ確率が40%、60%で起こり得る。渋滞していなければ2時間で目的地に到着でき、10単位の効用を獲得することができる。これが「行為 - 高速道路」と「状態 - 渋滞なし」の組み合わせによる「結果 - 2時間 (効用10)」である。しかし渋滞していれば8時間を要し、効用は1単位に止まる。一般道路は高速道路が渋滞していれば逆に空いており、4時間で到着することが知られている (効用8)。反対に、多くのドライバーが高速道路の渋滞を予想して、高速道路を避けて一般道路を使用すると、高速道路では円滑に交通が流れる。すなわち高速道路が渋滞していないとき、一般道路で目的地に辿り着くには5時間かかる (効用6)。このような環境下で高速道路、一般道路を選択することで得られる期待効用EU(ルート)は以下のように計算される。ただしここでU(時間)は(基礎的)効用関数を表す。

$$\begin{aligned} EU(\text{高速道路}) &= 0.6U(2) + 0.4U(8) \\ &= 0.6 \times 10 + 0.4 \times 1 = 6.4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EU(\text{一般道路}) &= 0.6U(5) + 0.4U(4) \\ &= 0.6 \times 6 + 0.4 \times 8 = 6.8 \end{aligned}$$

従って期待効用水準の比較により、ここでは一般道路が選択される。以上のように二通りの「行為」の選択肢、二種類の起こり得る「状態」によって、最も簡単な不確実性下の意思決定環境が生起する。

#### 3-2 期待効用理論の公理体系

期待効用理論は、不確実性下における個人の合理的な行動に関するいくつかの条件の下で誘導することができる。これらの条件は、個人が合理的であれば従うであろう一連の公理として定式化される。個人の行動が合理的であれば、その個人の行動パターンを「ある効用関数を最大化するような行動」とし

Table 2 独立性公理

		状態 S	状態 T
状況 1	行為 a	k	x
	行為 b	k	y
状況 2	行為 c	l	x
	行為 d	l	y

て記述することができる。

期待効用理論の公理的アプローチとしては二つの方法が存在する。一つは確率を所与として扱い、効用関数のみを導出するものである。このアプローチはラムゼイ<sup>4)</sup>によって始められ、後にフォン・ノイマン＝モルゲンシュテルン<sup>5)</sup>によってゲーム理論の基礎として展開された。いま一つの、サベージ<sup>6)</sup>の方法においては、個人の合理的な選択行動の観察を通じて、各々の主体の主観的確率と効用関数が同時に導出される。

サベージが提案した主観的期待効用理論は、不確実性下における交通行動を記述する際にも多くの場合適用することが可能である。そこで以下では、サベージの公理体系を簡単に紹介し、交通行動への適用にあたっての問題点について考察しよう。サベージの主観的期待効用理論は、以下の八つの公理によって構成されている。まず「完全性」の公理は、任意の二つの選択肢は必ず選択可能であることを意味する。第二に、「推移性」は選択行為が首尾一貫しており、選択肢間の堂々巡りを許さない条件である。第三の「独立性公理 (sure-thing principle)」は不確実性の世界に特有の概念であり、また期待効用理論に関する最大の論点の一つとなるので、ここに定義を示し、またマトリックスを用いて概説しよう。

[ 独立性公理 ]

二つの代替案（行為）の間の選択は、双方が等しい利得（結果）をもたらす状態の、その利得の価値に影響されてはならない。

独立性公理はTable 2において、もし状況 1 において行為 a を行為 b よりも選好するならば、状況 2 において行為 c を行為 d よりも選好することを要求する。すなわちそれぞれの状況下において等しい利得をもたらす状態 S におけるの利得 k、l は意思決定に影響を及ぼさない。この独立性公理により、第三者的な選択肢との相互連関効果は全く考慮されなくなる。第四に「決定からの独立性」は、主体の事後の選好は体験された結果にのみ依存して、仮に他の行為を行ったときに得られたであろう結果には依存しないことを主張する。第五は「期待利得からの

Table 3 独立性公理の反例

		晴れ	雨
状況 1	プラン a	自転車	中止
	プラン b	バイク	中止
状況 2	プラン c	自転車	レンタカー
	プラン d	バイク	レンタカー

独立性」であり、同じ賞金  $x$ 、 $y$  ( $x > y$ ) が設定されたくじの間では、 $x$ 、 $y$  の額にかかわらず、賞金  $x$  を得る確率の大きい方を選択するというものである。第六の「最小限の強い選好」では、主体にとって必ず少なくとも一つは、他の結果の組み合わせよりも強く選好する組み合わせが存在することをいう。第七の仮定「確率の連続性」においては無視可能事象の存在を仮定する。非常に小さい生起確率の事象に関しては、仮にその利得がどれだけ増加しようとも主体は選択を変化させない。換言すれば、ある大きさ以下の確率は確率ゼロとみなされる。最後に「決定からの部分的な独立性」は、もしもあらゆる状態の下で行為 a によりもたらされる結果が、行為 b による結果よりも選好されるとしたら、行為 a は行為 b よりも選好されると考える。

以上の仮定を満足する選好順序が観察されれば、個人が想定している主観的確率と効用関数（効用関数の 1 次変換を除いて）一意的に決定することができる。これがサベージの主観的効用理論の特徴である。これら八つの公理のうち、独立性公理がもっとも厳しい批判を受けてきた。のちに紹介するようなアレ<sup>7)</sup>の反例やエルスベルグ<sup>8)</sup>のパラドクスにも端的に示されるように、われわれの日常生活において独立性公理が満たされないケースは少なくない。例えばTable 3の事例を考えてみよう。ここでは京都に在住する若いカップルが次の休日のデートについて考えている。状況 1 で彼と彼女が所有する交通手段は自転車とバイクであるとする。よって雨天時にはデートを中止せざるをえない。一方、晴れた場合には、自転車で京都市内をサイクリングするか、あるいはバイクで大阪や神戸の方面に遠出してみるのもよい。この二人にとってプラン a とプラン b は甲乙を付けがたい。さて、突然、レンタカーを経営する知人より、雨天時に限ってレンタカーを安価で借りられることになった。レンタカーを使えば当然、大阪や神戸を周遊することができる。このような状況 2 において、プラン d がプラン c より魅力的になる可能性がないとはいえない。なぜならプラン d は天候にかかわらず大阪・神戸のデートを約束す

るのに対して、プランcは当日までデートの不確定要素が大きいからである。この例は状況1において自転車とバイクの比較により無差別であった二つの代替案の間の選好が、他の状態（雨天時）の第三の結果が変化したことによって（中止 レンタカー）変化するという現象を表している。このような選好パターンは独立性公理を犯しているのである。

### 3-3 主観的確率

不確実性下における意思決定理論のいま一つの問題は、個人の意思決定環境の不確実性をどのように表現するかという点にある。期待効用理論では、個人の認知する不確実性を「確率」により表現する。ここに、「個人がこのような確率をどのように認知するのか」という問題がある。Table 1の事例において、ドライバーはどのようにそれぞれ道路が渋滞する確率を知ることができるのであろうか？

通常、「確率」は「相対的頻度」として定義される場合が多い。「相対的頻度としての確率」は、試行回数を無限大としていったときの、試行回数に対する生起回数の割合の極限值として計算される。Table 1の例では、ドライバーが走行経験を蓄積し、相対頻度を学習すると考えることもできる。しかし相対頻度を学習できない場面も少なくない。例えば、ドライバーが運転をする場合、死亡事故を引き起こす主観的確率をどのように認知できるのだろうか。ドライバーは他人の死亡事故に遭遇する可能性はあるものの、自分自身が死亡事故に遭遇する経験することは生きている限り不可能である。この場合、主観的確率を定義しようとすれば、相対的頻度とは異なる定義を用いる必要がある。

いま一つの考え方は、主観的確率が個人の信念（belief）を表していると考えられる立場である。このような主観的確率の考え方に基づけば、意思決定者は観測が不十分な状況の下でも意思決定を行うことができる。合理的な意思決定者であっても、異なる情報を持っていれば、個々人によって異なる信念を形成している可能性がある。しかし個人がどのような信念を持っているかを外部の人間が観測することは困難である。交通心理学等の発達により、交通主体が自分自身をとりまくリスクに関してどのような認知を有しているかという知見が蓄積されることが期待される。しかし個人の信念は本質的に私的な情報であり、それを外部の人間が観測できないという主張もある。多くの適用事例においては、相対頻度として観測できる主観的確率を第一次近似として用い

ている場合が少なくない。

## 4. 期待効用理論の問題点

### 4-1 最大化行動の任意性

主観的期待効用理論が前提とする期待効用最大化原理に対して多くの批判が提示されてきた。サベージの主観的期待効用理論によれば、サベージの公理系を満足する行動であれば、どのような行動であろうと、事後的に観察者によってある効用関数と主観的確率が割り当てられ、その行動は期待効用最大化原理に基づく行動と自動的に解釈されることになる。この点に関してハーサニー<sup>9)</sup>は以下のように弁護する。すなわち、主観的期待効用理論は、「個人が自身で主観的確率を想定し、自らの期待効用関数を最大化する過程を踏んで、最適行動を選択している」ことを想定しているのではない。個人は単にいくつかの公理を侵害しないことだけを意識すればいい。しかし、彼/彼女は、自分がこれらの公理に従っている限り、自分が全ての可能な結果に基数的な効用水準を割り当てて比較しながら行動していることに他ならない、ということは知っている。主観的期待効用理論においては「個人が一連の公理を満足すること」と「個人が期待効用を最大化すること」は互いに等価である。しかし期待効用理論を支えている一連の公理はそれほど確かなものだろうかという疑問がわいてくる。多くの研究者がサベージの公理が経験的な事実と矛盾する場合があることが指摘されてきた。なかでも、これから紹介するアレのパラドクスやエルスベルグのパラドクスが有名である。

### 4-2 アレのパラドクス

主観的期待効用理論が前提とする公理の中で、とりわけ独立性公理に対しては数多くの批判的検討が1980年代までになされた。その中でも、アレ(1953)のパラドクスが有名である。アレは100%の確率で獲得できる利得は、そうでない利得に比べて過大評価される傾向があると指摘する。ここでは不確実性下の交通手段の選択行動の事例を用いて、アレの主張を紹介しよう。

ある若者が冬のある休日に実家に里帰りしようと考えている。実家は山間地にあるため天気が変わりやすく、若者が都会を出発する際にどのような天候に見舞われるかを確実に知ることはできない。ただし天気予報等を勘案すると、Table 4の状況1に示すように、どうやら10%の確率で晴れに恵まれそうである。そしてそのときのツーリングは気分爽快で

あり、また経済的でもある。最高の満足（5単位の効用で表そう）を獲得できるだろう。しかし晴れていなければ、少なくとも小雪は舞っているだろう。視界も路面も悪いこのようなツーリングは大きな注意力と緊張感を伴う。費用の節約は疲労感によって相殺されてしまうだろう。そして1%ほどの確率でバイクによる通行を断念せざるを得ないような雪が降ることが予想される。山間地へのバスは1日1本であり、朝、バイクで出発した以上、里帰りはあらかじめ引き返さなければならぬ（効用0単位）。他方、都会からバスに乗り込んだ場合には確実に一定のバス代によって実家に到着することができる（効用1単位）。

次に状況2では冬も深まって、山間地では降雪がより厳しい時期を迎えている。Table 4の状況2に示すように、確かに10%の確率で晴れ間がのぞくものの、そうでなければバスが不通になるような大雪によって、山地を前にして里帰りは阻まれる。まれに1%ほどの確率で大雪が弱まってバスの運行が再開する。状況2では、バイクでは晴れている場合にしか通り抜けられない。

アレの洞察を援用すると、多くの若者は状況1においては確実に里帰りを果たせるバスを選択し、いずれにしても実家に辿り着ける可能性が11%以下であるような状況2においては期待効用の大きいバイクを選択する。すなわち、多くの被験者がバイク(1) < バス(1) (括弧内の数字は状況) > かつ、バイク(2) > バス(2) という選好を有しているが、それは独立性公理を犯している。独立性公理に従えば89%で生起する小雪や大雪の列の生起確率と効用にかかわらずバイク(1) > ( < ) バス(1) バイク(2) > ( < ) バス(2) が成立しなければならぬ。アレのパラドクスのように確率100%の効用に対して付与されるウェイトが、そうでない効用に対して付与されるウェイトに比べて不当に高くなる傾向は「確実性重視効果」とも称されている。

#### 4-3 エルスベルグのパラドクス

エルスベルグ(1961)も「アレの反例」と同様に実験事例を用いて経験的に独立性公理あるいは確率加法的公理が体系的に破綻することを主張した。

またしても、若者が冬のある休日に実家に里帰りしようと考えている。今回は前回とは多少事情が異なって、最近の実家の近くに大きなテーマパークが建設された。それに伴って高速道路も整備され、行楽日和だと交通量も多い。Table 5に着目しよう。

Table 4 アレのパラドクス

状況1	晴れ10%	小雪89%	雪1%
バイク	5	1	0
バス	1	1	1
状況2	晴れ10%	大雪89%	雪1%
バイク	5	0	0
バス	1	0	1

Table 5 エルスベルグのパラドクス

状況1	晴れ	雨	大雪
	33%	67%	
バイク	1	0	0
バス	0	1	0
状況2	晴れ	雨	小雪
	33%	67%	
バイク	1	0	1
バス	0	1	1

天気予報によると山間地の降水確率は67%である。状況1では、若者は天気予報のひまわり画像の雲の量を眺みながら、雨か大雪であると判断する。大雪であれば高速道路は閉鎖される。バイクで出発した場合、降水があればいずれにしても途中で里帰りを断念せざるを得ない。バスは雨ならば通行することができる。晴れの場合、高速道路は渋滞する。要する時間的コストの大きさから、効用はほとんど0に等しくなる。一方、バイクであれば渋滞をくぐり抜けていくことはできる。しかし排気ガスや、自動車から投げ捨てられてたゴミに満ちた高速道路のツーリングは決して気持ちが良いものではない。効用は無事到着したことによる1に過ぎない。

次に状況2では、ひまわり画像にはそれほど厚い雲が見られない。降水量が67%といっても強くない雨が小雪であろう、と若者は判断する。小雪であればバイクやバスによる通行が可能である。ただし状況1、2において気温は全く同じであり、よって雨が降るか雪が降るかの若者の予測は状況1と状況2の間で等しい。

さて状況1、2において第三列の大雪時、小雪時の際に得られる効用は等しいので、交通手段の選択は晴れる確率と雨が降る確率に関する主観的信念の比較のみに依存する。(晴れのバイク、雨のバスとも効用は1なので)被験者の選好が独立性公理を満足するならば意思決定に無関係である雪の存在とは無関係に、バイク(1)を選好する主体はバイク(2)を選好し、バス(1)を選好する主体はバス(2)を選好するはずである。すなわち、バイク(1) > ( < ) バス(1) バイク(2) > ( < ) バス(2) が成立するはずである。

ところがエルスベルグのパラドクスに従うと、若者が選択する手段の組み合わせはバイク(1)とバス(2)である。エルスベルグは、多くの意思決定者は生起確率が不確実である選択を回避する傾向があると指摘した。従って、効用1を獲得できる確率が0%から67%の間で不確実なバス(1)や、同様に効用1を獲得できる確率が33%から100%の間で不確実なバイク(2)よりも、正確に33%の確率が予想できるバイク(1)や67%のバス(2)が選択されることになる。すなわち情報の「曖昧性」が意思決定者の選好に影響を及ぼしているのである。この性向は「不確実性回避」と呼ばれる。

## 5. 期待効用理論の批判的検討

### 5-1 期待効用理論の一般化

以上で示したアレのパラドクスやエルスベルグのパラドクスはいずれも期待効用理論の基礎となるサベージの公理が経験的な観察と一致しないことを表している。これら二つの事例以外にも、期待効用理論の公理に対して数多くの批判が提示されている。そこで、1980年代には、主観的期待効用理論が持っている限界を克服することを目的とした一般化期待効用理論に関する研究が盛んになった。しかし、このような研究の蓄積の結果、単一の理論により規範性と実証性の双方の条件を満足するような一般化期待効用理論を見いだすことは不可能であることが分かってきた。分析の目的や規範性、実証性のいずれを重視するかによって、望ましいモデルやアプローチの方法を採用することが必要となる。現在では、対象とする問題に依存して、ある理論が選択的に適用されているのが実状である。紙面の都合上、プロスペクト理論のみを紹介する。

### 5-2 プロスペクト理論

期待効用理論においては、ある結果の価値(効用)の評価は当該結果のみに依存し、他の要因の影響を受けない。カーネマンとトゥベルスキー<sup>10)</sup>は多くの実験結果を提示して、この前提に対して疑問を投げかけた。次のような不確実性下の交通行動に関する意思決定問題を考えよう。

[状況1]

今、財布に帰宅のためのバス代1,000円が入っている。その状態から、

A: バスで帰宅する。

B: 1,000円を原資にパチンコに入り25%の確率でタクシー代4,000円を稼いでタクシーで快適に帰宅

するか、75%の確率でパチンコに失敗する。1,000円の原資を確保したものの最終バスに遅れ、歩いて帰宅する。

AとBのいずれを選択するか。

[状況2]

いま、バーで酒を飲んでいる。自分の計算によると飲み代を支払ったところで、財布にはタクシー代4,000円が残っている。さて帰ろう、と腰を上げると、自分の計算より余分に3,000円高い値段がついていた。この状態から、

C: 速やかに3,000円を支払ってバスで帰宅する。

D: 再計算を要求する。25%の確率で自分の要求が認められタクシーで帰宅できる。75%の確率で要求が受け入れられない。バスに遅れ、歩いて帰宅する。

CとDのいずれを選択するか。

カーネマンとトゥベルスキーの考え方を援用すれば、殆どの被験者が状況1ではAを選択し、状況2ではDを選択する。しかし、期待効用理論に従って評価する限り、この選択行動の組は矛盾していることになる。最終的にはAとCはともに確実にバスで帰宅するという同じポジションを意味し、他方BとDはともに25%の確率でタクシーで帰宅し、75%の確率で歩いて帰宅するという同じ不確実な状態を意味しているからである。このような選択は、決定ルールが最終的な効用の状態のみならず、選択の際に予め見通し(prospect)をもつための準拠点に大きく依存していると考えることにより説明できる。上記の実験においては初期の効用の状態、すなわち状況1ではバス帰宅、状況2ではタクシー帰宅を保証された状態を準拠点と考えるのが自然であろう。カーネマンとトゥベルスキーはプロスペクト理論と称して、代替案を準拠点からの乖離によって評価するという意思決定ルールを提唱した。このような準拠点の概念はサベージやフォン・ノイマン=モルゲンシュテルンの合理性の公理からは演繹されない。しかし意思決定者がそれぞれ過去の経験、歴史、文化、社会通念等に依存した準拠点をもち、それに依存した選択を行うということが「非合理的」である、と論じるための強い根拠もまた見つからない。

### 5-3 期待効用理論の意義と限界

経済学の分野では「期待効用理論は不確実性下における意思決定の合理性を定義している」と考える立場が根強い。このような立場に立てば、期待効用理論の公理体系を別のものに置き換えるということは、合理性の仮定を削除することに他ならない。言

い換えれば、非合理的な行動を表現することを意味する。それらのモデルが非合理的な行動を表現しているのであれば、非期待効用理論を用いた規範的な分析は不可能となるだろう。マキーナ<sup>11)</sup>は期待効用理論に関わる近年の論争を以下のように総括している。彼は最近の非期待効用理論の発展を支持する考え方を表明しつつも、期待効用理論は不確実性下の意思決定に関する規範的な分析にとって望ましい理論体系であると断言する。同時に、期待効用理論だけでは深いレベルにおける人間行動を記述できないことも真摯に受け止めるべきである、と主張している。現実の交通主体の行動を見れば非合理的とも思える側面が見受けられるが、このような非合理的な選択行動を期待効用理論を用いて分析することには限界があると言わざるを得ない。

## 6. おわりに

本稿では一連の一般化期待効用理論の発展を動機付けた、主観的期待効用理論に対する代表的な批判について概説した。しかし現時点では、実証的な有用性を持つような一般化期待効用理論が確立されたとは言いがたいのが実状である。不確実性下における意思決定行動をモデル化するためには、何らかの理論を選択する必要がある。どのような理論が望ましいかを議論するためには、まず意思決定モデルの役割を考えることが必要である。不確実性下における意思決定モデルには、少なくとも二つの重要な役割がある。一つは、不確実性下における合理的行動を理解する手段としての役割である。新しい制度やルールの設計や、それに関わる社会的合意を形成するためには、合理性に基づいた規範的分析が不可欠である。この意味で期待効用理論の有用性を否定できない。一方で、現実の人間行動は必ずしも合理的とは思えない側面があるのも事実である。非期待効用理論はこのような現実の人間行動を記述するものである。この種の理論を用いて、現実の人間行動がどのような結果を引き起こすかを分析することが可能となる。もし、個人行動の蓄積が社会に望ましくない結果をもたらすのであれば、個人行動を望ましい方向に誘導するために施策を検討することが必要となる。この意味で、非期待効用理論は政策分析の一つの参照点を与えうると考える。

最後に、本研究は(財)国際交通安全学会の研究プロジェクトとしてご援助を賜っています。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) Jonah, B. A. : Accident Risk and risk-taking behavior among young drivers, *Accident Analysis and Prevention*, vol. 18, No 4, pp 225-271, 1986
- 2) Renge, K. : Drivers Hazard and Risk Perception, Confidence in Safe Driving, and Choice of Speed, *IATSS Research*, Vol. 22, No 2, pp. 103-110, 1998
- 3) Trimpop, R. M. : *The Psychology of Risk Taking Behavior*, North-Holland, 1994
- 4) Ramsey, F. P. : *The Foundations of Mathematics and Other Logical Essays*, Kegan Paul, London, 1931
- 5) von Neumann, J., and Morgenstern, O. : *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, 1944
- 6) Savage, L. J. : *The Foundations of Statistics*, Dover Press, New York, 1954
- 7) Allais, M. : *Le Comportment de l'homme rationnelle devant le risque, critiques des postulats et axiomes de l'école Américaine*, *Econometrica*, 21, pp 503-546, 1953
- 8) Ellsberg, D. : Risk, Ambiguity and the Savage Axioms, *Quarterly Journal of Economics*, 75, 643-669, 1961
- 9) Harsanyi, J. C. : On the Rationale of the Bayesian approach: Comments on Professor Watkins's Paper, in *Foundation Problems in the Special Sciences*, ed by Butts et al., pp. 381-392, 1997
- 10) Kahneman, D. and Tversky, A. : Prospect Theory, *Econometrica*, 47, 263-291, 1979
- 11) Machina, M. J. : Dynamic Consistency and Non-Expected Utility Models of Choice under Uncertainty, *Journal of Economic Literature*, 27, pp. 1622-1668, 1989