

曖昧さ（ambiguity）の下での意思決定について

堀 江 真 由 美*

1. は じ め に

意思決定理論（decision theory）は、意思決定者が複数の選択肢の中から最善の選択肢を選ぶという行動をどのようにしたら数値で表せるかを定式化（公理化）する研究分野である。特に不確実性下の意思決定では、人々が不確実性やリスクをどのように受け止めて選択しているかが重要なポイントであり、例えば、「リスク回避的行動」は、標準的な個人の行動パターンとして、経済学、ゲーム理論、ファイナンス、マーケティングなど各方面で幅広く受け入れられている。特に近年では、リスクの概念を拡張した「曖昧さ（ambiguity）」の下での意思決定についての研究が大きく発展し、様々な分野に応用されている。

そこで本研究集会では、曖昧さとはどのようなことをいうのか、「曖昧さ回避的行動」とはどのような行動パターンなのかを中心に分かりやすく解説し、経済分析に与える影響など最先端の研究動向についても紹介する。また、行動経済学の分野でよく用いられる参照点や損失回避との関連性についても解説する。

2. 曖昧さ回避行動

意思決定理論では、経済モデルにおける経済主体の選択行動を定式化する。このプロセスは、個人の選好関係（好み）に対して、いくつかの

公理、具体的には「好みの性質」を定めることで、選好関係を表現する効用関数の形状を特定化することである。例えば、単調性の公理（monotonicity）は、同じ確率で当たる宝くじなら少しでも多い賞金が当たるくじの方が好ましい、というような好みの性質のことをいう。

では、不確実性下の意思決定でいう「曖昧さ」とは、どのようなことを指すのだろうか。「確実」を必ず起こること（つまり、確率1で起こる）とすると、確実ではないことを文字通り広く捉えて「不確実性」という。

この不確実性の中には、不確実な結果が明らかで、且つその結果上の確率分布が一意に定まる場合がある。例えば、次のような賭けを考えてみよう。定額のサイコロを振って1の目が出たら賞金10万円、1以外の目が出たら賞金0円という賭け（これを賭け1と呼ぶ）をする場合、賭けの結果は不確実であるが、賞金10万円が当たる確率は1/6、賞金0円となる確率は5/6と、結果上の確率分布が一意に定まっている。この場合の確率分布のことを客観的確率という。サイコロ、ルーレットは客観的確率の典型である。たとえ歪んだサイコロであっても、何百回、何千回と試行を重ねることで、大凡の確率を推定することが可能で、こういう場合も客観的確率と考えてよい。このように、不確実な結果を客観的確率で表せる場合を特に「リスク（risk）」と呼ぶ。

これに対し、見るからに歪んだサイコロがあり、見た目だけでは、どの目が出やすいかよく

* 広島経済大学経済学部准教授

分からない、歪んだサイコロを1回だけ振って、賭け1を行う（これを賭け2と呼ぶ）とすると、かなり話が違ってくる。この場合、歪んだサイコロの1の目がどのくらい出るかの試行ができないので、その確率は全く分からないし、事前に歪んだサイコロを見せてもらえたとしても、もしかしたら重心が偏っているなど外観からは分かりづらい歪みがあるのかも知れない。せいぜい見た目に頼り、主観的に判断するしかない。「曖昧さ (ambiguity)」とは、客観的確率を形成するのに十分な情報が得られないタイプの不確実性のことをいい、意思決定者は独自にもつ主観的な確率評価を判断基準として選択を行う。頻繁に用いられる例として、競馬、為替相場、証券価格、長期金利、地震など災害の発生、癌の再発などがある。賭け事だけでなく、経済的にも重要な選択、命にかかわる深刻な選択といった重大な局面で、主観的な確率評価を頼りに物事を判断して決めていくしかない場合が多いのである。

では、曖昧さ回避行動 (ambiguity aversion) とは、どのような行動のことをいうのだろうか。文字通り、曖昧さを含まない選択肢の方が、曖昧さをより多く含む選択肢よりも好まれるという選択パターンのことをいう。サイコロの例でいうと、賭け1と賭け2では賭け1の方を選ぶパターンである。賭け1では、賞金が当たる確率は $1/6$ だが、賭け2ではよく分からない、もしかしたら1が出やすいかも知れないが、この曖昧さを含む賭け2は選ばれないということの意味する。

この曖昧さ回避行動は、Ellsberg (1961) の実験を契機に広く分析対象として研究され、Savage (1954) の主観的期待効用理論の確率の部分、確率分布の集合 (multiple priors)、非加法的確率測度 (non-additive measure)、高次予想体系などに拡張したモデルが既に数多く提案されている。しかし、近年、この分野のバイ

オニアである Machina の論文 (Machina 2009, 2014) は、それまでの膨大な研究成果に対して一石を投じた。これらの研究は、先にみたような人々の不確実性や曖昧さに対する態度、選択行動パターンは、先行研究の多くがモデリングしてきたものよりも更に複雑で多面的であり、今までの意思決定モデルの多くはそれらを十分に説明できないことを示したのであった。この Machina の研究以降大きく流れが変わり、最近の研究対象は曖昧さ回避行動を説明できるだけではなく、もう少し複雑な選択行動に対応できる効用表現が主流となっている。

3. 研究の概要

現在、研究対象を次の3つの柱として、曖昧さの下での意思決定の研究を進めている。

3.1 曖昧さの下での効用表現の一般化はどこまでが妥当か？

本来、効用表現の一般化には、複雑な選択行動を説明できる一方で、予測精度が落ちるというトレードオフが内在する。どこまでの一般化が適切かは、実証研究、実験研究で明らかにされる意思決定の実際に委ねられる。

前述の Machina の背理に対応できる効用表現を考えた場合、曖昧さの下での効用表現の一般化はどこまでが妥当かを考えるうえで、次の要素がポイントとなる。

- (1) 曖昧さ回避行動：Ellsberg の背理を説明できる
- (2) 分離性 (separability)：効用表現において、確率評価の部分と、結果上の効用評価の部分とが分離している
- (3) 基数性 (cardinality)：ある効用表現 V が特定の選好関係を表現しているとき、任意の実数 $a > 0$ 、 b にかんして $aV + b$ も同じ選好関係を表現する
- (4) 動的性質 (dynamic property)：動学的

意思決定において、事前予想から事後予想を導出する具体的な計算方法が、ベイズ流の更新として特徴付けられる

- (5) 共通比率効果 (Kahnemann & Tversky 79), 共通結果効果 (Allais 53) : Allais の背理, Kahnemann-Tversky の背理を説明できる

Machina の背理への対応策として、期待効用形式ではなく、非期待効用形式をベースに効用関数を構成する方法がある。そこで、Allais の背理 (共通結果効果 ; Allais 1953), Kahnemann-Tversky の背理 (共通比率効果 ; Kahnemann and Tversky 1979) に着目し、これらが Ellsberg の背理 (曖昧さ回避 ; Ellsberg 1961) と絡み合って観察されるような選択行動を定式化する。そこで、行動経済学の代表的なモデルであるプロスペクト理論の加重確率評価と損失回避 (Kahnemann and Tversky 1979) をヒントに、純粹主観的な曖昧さの環境の下で、同じような形式をもつ効用関数を公理化している。

3.2 曖昧さの下で選択行動はどのようにアップデートされるのか？

3.1 で特徴付けられた選好関係を動学的な意思決定に応用し、事前と事後の選好関係を結びつける性質を特定して、確率的予想の更新ルールを定式化することで、事前の予想から事後的な予想を計算する方法を明らかにしている。

動学的な意思決定において、追加的な情報が得られた後で更新される選好関係が、一定のルールで更新された確率評価を用いて表現されるためには、事前と事後の選好関係は、最低でも (2) の確率の評価と結果評価が分離した形であることが前提となる。したがって、3.1 で得られた規範的効用表現の応用として動学的な意思決定を捉え、事前と事後の選好を関連付ける性質 (動学的性質) を記述することで、更新ルールの特定化を行う。

そのためには、観察されなかった事象上の結果を特定の選択肢を使って条件づけることで、事後の選好関係を表す方法がある。この条件づける選択肢の違いが、更新ルールの違いとなる。Horie (2013) では、ショック型期待効用で表現できる選好関係を対象としたが、現在、3種類の更新ルールをベースとした複合型の更新ルールのみがサポートされるという結果を得ており、具体的な定式化を更に進めることにより、曖昧さの下での主観的な予想の更新方法と事後の選好パターンについて幅広い示唆を与える結果となる。この研究により、曖昧な予想の更新を伴う動学的な選択行動、展開形ゲーム等において、重要なツールを提供することができる。

3.3 曖昧さの下での一般化された選択行動はゲームの均衡行動にどのような影響を及ぼすか？

主観的な曖昧さがある場合の戦略形ゲームは、①プレイヤーに共通したゲームの環境に曖昧さがある不完備ゲームと、②プレイヤーが互いの戦略選択に対して主観的な曖昧さをもつ場合の2つに分けられる。先頃、①では Grant et al. (2016) が Savage の独立性の公理を用いた Savage Game として分析し、②では、Riedel and Sass (2014) 等はマックスミン型の期待効用形式をもつプレイヤーによる戦略形ゲームを分析している。

こうしたゲームの均衡分析の流れで、堀江 (2016) では、各プレイヤーが互いの行動選択に対して曖昧さ回避行動を呈する選好、特に Gilboa and Schmeidler (1989) のマックスミン期待効用で表現されている場合の予想集合をパラメータ表示して、 2×2 戦略形ゲームの均衡を分析している。この方法により、主観的にもつ曖昧さの変化が均衡行動にどのように影響を及ぼすかを考察している。具体的には、プレイヤーの選好表現にマックスミン期待効用を仮定

し、その上で、プレイヤーの主観的予想を表す予想集合の曖昧さの度合いを、予想集合の上限と下限を示す2つのパラメータで表現し、簡素かつ直感的に分かりやすい曖昧さの測度として用いることで、より曖昧さが増した場合の均衡行動の変化を分析している。

では、表の男女の争いゲームで考えてみよう。表の利得表は、女性が行を、男性が列を選ぶプレイヤーとして利得が記入されている。

表3 男女の争いゲーム

	バレエ	ボクシング
バレエ	3, 1	0, 0
ボクシング	0, 0	1, 3

このゲームには3つのナッシュ均衡、女性、男性ともにバレエを選ぶ（バレエ、バレエ）、女性、男性ともにボクシングを選ぶ（ボクシング、ボクシング）の純戦略均衡2つと、女性がバレエを3/4、男性がバレエを1/4の確率で選ぶ混合戦略均衡が存在する。女性にとってはバレエを観に行くナッシュ均衡が望ましいが、男性にとってはボクシングを観に行くナッシュ均衡が望ましい、2つの純戦略ナッシュ均衡の間に好みの対立（男女の争い）がある。

このゲームにおいて、両プレイヤーがお互い相手の行動（混合戦略）に対して主観的に曖昧さを感じる場合、均衡行動はどのようなになるだろうか。また、相手の行動に対して抱く、主観的な曖昧さの度合いが高まるときに、均衡行動はどのように変化するだろうか。

具体的には、各プレイヤーがもつ主観的な予想集合が拡大するという意味での曖昧さの増加を、予想の上限が増加する（ δ -回避的）、予想の下限が減少する（ γ -回避的）という2種類の曖昧さの増加として表した場合、均衡戦略には

全く逆の影響を及ぼす。女性が δ -回避的になると男性は女性に譲歩するかのように女性が好む行動を選ぶ確率が高まり、 γ -回避的になると男性は利己的になるかのように男性が好む行動を選ぶ確率が高まるという結果が得られた。

4. お わ り に

曖昧さの下での意思決定の研究は、現在多岐にわたり、多くの応用分野でも取り入れられつつあるが、十分に研究が進んでいるとはいえず未開拓のトピックスも数多く残されている。そのため、今後も3つの柱を引き続き継続して、研究成果へと繋げていきたい。

参 考 文 献

- Allais, M. "Le comportement de l'homme rationnel devant le risque: critique des postulats et axiomes de l'école américaine." *Econometrica* 21.4 (1953): 503–546.
- Ellsberg, E. "Risk, Ambiguity, and the Savage Axioms," *Quarterly Journal of Economics*, 75, 1961, pp. 643–669.
- Gilboa, I. and D. Schmeidler. "Maxmin Expected Utility with Non-Unique Prior," *Journal of Mathematical Economics*, Vol. 18, 1989, pp. 141–153.
- Grant, S., I. Meneghel and R. Tourky. "Savage games." *Theoretical Economics* 11.2 (2016): 641–682.
- Horie, M. "Reexamination on Updating Choquet Beliefs," *Journal of Mathematical Economics* 49 (2013): 467–470.
- Kahneman, D. and A. Tversky. "Prospect theory: An analysis of decision under risk." *Econometrica* (1979): 263–291.
- Machina, Mark J. "Risk, ambiguity, and the rank-dependence axioms." *The American Economic Review* 99.1 (2009): 385–392.
- Machina, Mark J. "Ambiguity aversion with three or more outcomes." *The American Economic Review* 104.12 (2014): 3814–3840.
- Riedel, F. and L. Sass. "Ellsberg games." *Theory and Decision* 76.4 (2014): 469–509.
- Savage, L. J. *The Foundations of Statistics*, New York, Wiley, 1954.
- 堀江真由美 "戦略形ゲームにおける曖昧さ回避行動の分析"『経済研究論集』広島経済大学経済学会 (2016)：第39巻第1・2号27～35頁