不確実性の変化が保険需要に与える影響

―経済実験を通じた理論の妥当性の検証―

尾崎　祐介[1]（早稲田大学）
川村　哲也（帝塚山大学）

概要

本研究は、ある特定の値と比較して、相対的リスク回避度、相対的慎重度の二つの尺度がそれを上回っているのか、下回っているのかについて経済実験によって検証する。これらの値は不確実性の変化に対する保険需要と関連付けることができる。本研究における観察によって、二つの尺度の両方が特定の値を上回っていることが確認された。この結果は不確実性の変化が保険需要を増加させることを意味して、直観と整合的である。また、二つの尺度が富に対して、どのように変化するのかを検証して、それらが両方とも富に対して増加することを観察した。本研究の観察と整合的な効用関数として、指数べき乗型効用関数がある。

[1] 責任著者. Email: osakiy@waseda.jp

1. はじめに

保険需要の分析では、期待効用を用いるのが一般的である。期待効用ではリスクに対する態度は、効用関数の形状で表される。[2] リスク回避は期待値がゼロであるノイズリスクを嫌うことで定義され、それは効用関数の凹性で特徴付けられる。[3] 保険需要も含めて多くの分析では、リスク回避だけで不十分で、その程度を表すリスク回避度が重要な役割を果たす。リスク回避度としては、絶対的リスク回避度、相対的リスク回避度の二つがよく知られている（Arrow, 1965; Pratt, 1964）。

例えば、絶対的リスク回避度の意味でよりリスク回避的になれば、保険需要が増加する（Mossin, 1968）。この結果に基づいて、様々なことが分かる。例えば、絶対的リスク回避度が富に対して減少する場合、保険需要も富に対して増加することになる。あるいは、外生的なリスクであるバックグラウンド・リスクが存在する場合、それがリスク回避的にする場合、バックグラウンド・リスクが保険需要を増加させることが分かる（Eeckhoudt and Kimball, 1992）。

では、相対的リスク回避度は保険需要の分析でどのような役割を果たすのだろうか？補償と対象のなる損失の不確実性が変化した場合、保険需要がどうのように変化するのかで重要な役割を果たすことが知られている。具体的には、不確実性の変化を第一級確率支配とした場合、損失が変化した場合に保険需要を増加させるには相対的リスク回避度が 1 以上となる必要になる。[4] 直観的に、損失が第一級確率支配の意味でシフトするとは、より深刻な損失が起きやすくなることを表している。そのため、そのような不確実性の変化は、保険需要を増加させると考えられる。

不確実性の変化としては、Rothschild and Stiglitz (1970) のリスクの増加がよく知られている。では、損失がリスクの増加の意味でシフトした場合、保険需要はどのように変化するだろうか？直観的には、リスクの増加に対してリスク回避的な個人は保険需要を増加させる。第一級確率支配の場合と同様に追加的な条件が必要なる。それが効用関数の三次の微分である慎重（prudence）の

---

[2] 確率によって測定できる不確実性をリスク、できない不確実性をあいまい性と区別することがある。本研究では、前者のリスクと呼ばれる不確実性だけが対象なので、リスクと不確実性という言葉を区別せずに、同じ意味を表す用語として用いていく。

[3] Rothchild and Stgilitz (1970) のリスクの増加によって、リスク回避が定義される場合もある。期待効用の場合、その定義に対しても効用関数の凹性で特徴付けできるので、その両者の区別は不要である。

[4] 共同保険と呼ばれるタイプの保険に対しての結果である。例えば、Fishburn and Porter (1976) のより一般的な枠組みの分析を適用して、この結果を得ることができる。

程度を表す相対的慎重度が 2 以上という条件である。

不確実性の変化に対して、保険需要がどのように変化するのか？その変化を決めるのに重要な役割を果たすのが、相対的リスク回避度が 1、そして、相対的慎重度が 2 という値である。直観的な結果、つまり、不確実性の変化に対して保険需要を増加させるためには、それぞれの値よりも大きくなる必要がある。では、人々はこの条件を満たすのだろうか？これを経済実験によって検証するのが、本研究の目的となる。

上記に加えて、本研究では相対的リスク回避度、相対的慎重度が富に対してどのように変化するのかを検証する。絶対的リスク回避度が富に対して減少することは広く受けられているが、相対的リスク回避度が富に対してどうなるかについては様々な結果が混在している。本研究は、それに対して経済実験を使って検証する。これらの検証を通じて、効用関数にどのような関数型にするのかを明らかにすることができる。

本研究では、Eeckhoudt et al. (2009) によって提案された相対的リスク回避度、相対的慎重度を特徴付ける理論的な枠組みに基づいて経済実験を行う。Eeckhoudt and Schlesinger (2006) が導入した効用関数の高次微分の符号を特徴付けるくじを導入した。Eeckhoudt et al. (2009) では、乗法的なくじに対して同様の考えを当てはめることで、相対的リスク回避度、相対的慎重度が特徴付けられることを示した。

この方法に関しては、先行研究と比較して、以下の違いがある。最初に、先行研究の多くが実証研究によって相対的リスク回避度の測定を行っていたが、本研究では実験室実験による測定である。また、それらの研究は、基本的に、何らかの効用関数を設定しうえで相対的リスク回避度のパラメータを測定する。実験室実験での測定もあるが、それらも何らかの効用関数を設定したうえでの測定になる。

本研究で得られた結果は、以下のようにまとめることができる。相対的リスク回避度は 1 以上、相対的慎重度は 2 以上である。この結果は、不確実性の変化に対して保険需要を増加させるという直観の成立を支持する結果である。また、相対的リスク回避度、相対的慎重度は富に対して増加する。この結果は、保険経済学の分野で広く使われているべき乗型効用関数では捉えることができない。なぜなら、べき乗型効用関数では、それらは一定の値を取るからである。これらの実験結果を捉える効用関数として、Saha (1993) によって提案された指数べき乗型効用関数がある。

本論文の構成は以下である。次節で関連文献の紹介を行う。3 節で不確実性の変化が保険需要に与える影響に関する結果の紹介をする。4 節で経済実験のデザインを述べる。3 節と 4 節を合わせて、5 節で本研究の仮説を提示する。6 節で実験結果を述べて、7 節でそのインプリケーションを述べる。8 節が結論である。

2. 関連研究のレビュー

本研究に関連する研究として、保険需要の理論分析、相対的リスク回避度の検証、また、本研究の経済実験の背景にある高次リスク回避の特徴付けとその実験について説明する。それぞれについて、網羅的に説明することは避けて、いくつかの関連研究を挙げた後は、サーベイ論文を挙げていくという形にする。

保険需要の理論分析は、Mossin（1968）が最初である。彼の分析では、共同保険（coinsurance）と控除保険（deductible insurance）の両方に対して、リスク回避度などの影響を明らかにしている。本研究で取り上げるのは共同保険の方で、これは線形ペイオフ問題の一つに分類され、ポートフォリオなどと数学的に同じ構造を持つことが知られている（Dionne, et al. 1993）。そのため、第一級確率支配とリスクの増加について、それぞれ Fishburn and Porter (1976), Rothschild and Stiglitz (1971) などの結果を適用できる。控除保険に関しては、Eeckhoudt et al. (1995) の分析がある。その他、外生的なリスクであるバックグラウンド・リスクの影響などの分析もされているが、それらに関しては Schleisnger (2012) のサーベイ論文が参考になる。また、保険需要も含めた保険経済学の大学院生用のテキストとしては、Seog (2010) がある。

相対的リスク回避度の測定については、Meyer and Meyer (2005) の論文に基づいてまとめる。初期の研究としては、Friend and Blume (1975) が知られている。この研究では、米国の家計パネルデータに基づいてべき乗型効用関数を前提にして推定した。その値は富によって異なっているが、概ね 2 を越える値を取っている。また、Barsky et al. (2007) はアンケート調査によって、4～8 を越える値を観察している。一方で、Blake (1996) は英国のデータから 1 より小さい値を観察している。多くの研究で相対的リスク回避度が 1 より大きいと観察しているが、それよりも小さい値も観察されている。また、相対的リスク回避度が富に対してどのように変化するかについては、増加する場合（Guiso and Paiella, 2008）、減少する場合（Ogaki and Zhang, 2001）の両方の結果がある。

最後に、Eeckhoudt and Schlesinger (2006) からはじまる高次リスク回避の特徴付けを紹介する。彼らは確実な損失とノイズリスクという二つを系統的に組み合わせることで、二つのくじに対する選好によって高次リスク回避が特徴付けられることを示した。期待効用の枠組みでは、効用関数の三階微分、四階微分の符号が分析で重要な役割を果たすが、彼らの枠組みを用いれば、それらを経済実験によって検証できる。実際、Deck and Schlesinger (2010), Noussair et al. (2014) などによって、彼らの枠組みを用いた経済実験が行われた。

3. 理論的背景

最初に、Mossin（1968）によって考えられた保険需要のモデルを考える。二時点の静学モデルで、時点を$t = 0$、$t = 1$とする。時点$t = 0$において、個人は初期資産$w > 0$を保有している。また、不確実な損失 $\tilde{L}$に直面している。$\tilde{L}$はコンパクトな台$\left[0, \overline{L}\right]$上で定義される分布関数$F$を持つ確率変数とする。ここで、$\overline{L} < w$を満たすと仮定する。損失は時点$t = 1$で起こる。個人は損失に対して共同保険（coinurance）を時点$t = 0$で購入することができる。共同保険の補償率は$\alpha \in [0,1]$である。例えば、補償率が$\alpha = 0.5$の場合、損失の 50%が補償される。保険プレミアムは$P = (1 + \lambda)E[\tilde{L}]$とする。ここで、$\lambda$は付保率で 0 以上の値を取る。$\lambda = 0$は保険的公平に対応する。

この設定で、個人は以下の期待効用を最大にする最適な補償率αを決める:

$$U(\alpha) = E\left[u\left(w - \tilde{L} + \alpha\left(\tilde{L} - P\right)\right)\right].$$

ここで、$u: R \to R$は狭義増加、かつ、凹関数とする。つまり、効用関数の微分可能性を仮定して、$u' > 0$、$u'' \leq 0$である。ここで、効用関数の凹性に対応する。

一階条件は、

$$U'(\alpha^*) = E\left[\left(\tilde{L} - P\right)u'\left(w - \tilde{L} + \alpha^*\left(\tilde{L} - P\right)\right)\right] = 0$$

で与えられる。効用関数の凹性より、二階条件を満たすので、α^*は最適補償率になる。議論を単純化するために最適補償率は内点解で一意とする、つまり、最適補償率は$\alpha^* \in (0,1)$を満たす。

不確実性の変化が与える影響を考えるために、二つの不確実な損失$\tilde{L}_1$と$\tilde{L}_2$を考える。それぞれの分布関数F_1とF_2として、簡単化のために共通なコンパクトな台$\left[0, \overline{L}\right]$上で定義する。また、それぞれの最適補償率を$\alpha_1$、$\alpha_2$と表記する。分布関数$F_1$が$F_2$を第一級確率支配の意味で支配するとは、$F_1(L) \leq F_2(L)$がすべての$L \in \left[0, \overline{L}\right]$について成立することである。損失$\tilde{L}_1$と$\tilde{L}_2$が分布関数$F_1$が$F_2$を持つとき、損失$\tilde{L}_1$が$\tilde{L}_2$を第一級確率支配の意味で支配するという。第一級確率支配は増加効用関数を持つ期待効用を単調に増加させる確率支配であることが知られている。損失の場合なので、期待効用を減少させることが分かる。実際、

$$\frac{\partial}{\partial L}\left\{u\left(w - L + \alpha(L - P)\right)\right\} = (\alpha - 1)u'\left(w - L + \alpha(L - P)\right) \leq 0$$

となるので、

$$E\left[u\left(w - \tilde{L}_1 + \alpha\left(\tilde{L}_1 - P\right)\right)\right] \leq E\left[u\left(w - \tilde{L}_2 + \alpha\left(\tilde{L}_2 - P\right)\right)\right]$$

を得る。では、第一級確率支配の変化は最適補償率にどのような影響を与える

のだろうか？直観的には、第一級確率支配の変化は期待効用を減少させるので、最適補償率を増加させると予想される。しかし、この直観は一般的に成立しないことが知られている。

$$\frac{\partial}{\partial L}\left\{(L-P)u'\big(w-L+\alpha(L-P)\big)\right\}$$
$$=u'\big(w-L+\alpha(L-P)\big)+\alpha(L-P)u''\big(w-L+\alpha(L-P)\big)\geq 0$$
$$\Leftrightarrow -\frac{\alpha(L-P)u''\big(w-L+\alpha(L-P)\big)}{u'\big(w-L+\alpha(L-P)\big)}\leq 1 \quad (1)$$

となるので、この条件を満たす場合、

$$E\left[\left(\tilde{L}_1-P\right)u'\left(w-\tilde{L}_1+\alpha_1\left(\tilde{L}_1-P\right)\right)\right]=0$$

$$\Rightarrow E\left[\left(\tilde{L}_2-P\right)u'\left(w-\tilde{L}_2+\alpha_1\left(\tilde{L}_2-P\right)\right)\right]\geq 0 \quad (2)$$

となる。目的関数の凹性より、(2)式は$\alpha_1\leq\alpha_2$であることを意味する。(1)式は第一級確率支配が最適補償率を変化させる必要十分条件になっているが、内生変数であるαに依存するという欠点がある。しかし、

$$-\frac{\alpha(L-P)u''\big(w-L+\alpha(L-P)\big)}{u'\big(w-L+\alpha(L-P)\big)}\leq-\frac{\big(w-L+\alpha(L-P)\big)u''\big(w-L+\alpha(L-P)\big)}{u'\big(w-L+\alpha(L-P)\big)}$$

であることに注意すれば、(1)式の条件はよく知られた相対的リスク回避度の係数で書き換えることができる。以上の議論を結果としてまとめる：

結果 1：
不確実な損失が第一級確率支配の意味で変化した場合、その変化は期待効用を減少させる。また、相対的リスク回避度が 1 以下の場合、最適補償率を減少させる。

この結果についての直観を述べる。最適補償率を増加させることには二つの効果がある。一つ目は不確実性を減少させる効果で、それを代替効果と呼ぶ。もう一つは富を減少させる効果で、それを富効果と呼ぶ。最適補償率は二つの効果の間でトレードオフがあり、そのどちらの効果が上回るかで最適補償率を増加させるのかを決定する。つまり、代替効果が富効果を上回る場合、最適補償率は増加する。一方、富効果が代替効果を上回る場合、最適補償率は減少する。代替効果はリスク回避度で決まるため、リスク回避度が一定水準よりも低い場合、代替効果が小さくなり、富効果が上回って、最適補償率を減少させることが分かる。直観的に合う理論的な結果を得るためには、少なくとも、相対的リスク回避度が 1 を上回る必要がある。

次に、不確実性の変化として Rothschild and Stiglitz (1970) によって

導入されたリスクの増加を考える。分布関数F_2がF_1のリスクの増加とは、$F_1(\overline{L}) = F_2(\overline{L})$、そして、

$\int_0^L F_1(t)dt \leq \int_0^L F_2(t)dt$が成立することである。第一級確率支配の場合と同様に、

損失$\tilde{L}_2$は$\tilde{L}_1$のリスクの増加であるという。最初の条件は、期待損失額が等しいことを意味している。期待損失額が等しいことから、Rothschild and Stiglitz (1970) で示されたリスクの増加は平均保存拡散によって特徴付けられることが分かる。リスクの増加は効用関数の凹性、つまり、リスク回避と関連付けられることが知られている。リスクの増加はリスク回避的な個人の期待効用を減少させる確率支配である。

$$\frac{\partial^2}{\partial L^2}\left\{u\big(w - L + \alpha(L - P)\big)\right\} = (\alpha - 1)^2 u''\big(w - L + \alpha(L - P)\big) \leq 0$$

となるので、

$$E\left[u\left(w - \tilde{L}_1 + \alpha(\tilde{L}_1 - P)\right)\right] \geq E\left[u\left(w - \tilde{L}_2 + \alpha(\tilde{L}_2 - P)\right)\right]$$

を得る。これより、リスクの増加が期待効用を減少させることが確かめられた。リスクの変化が最適補償率に与える影響を考えてみる。第一級確率支配の場合と同様に、リスク回避だけでは明確な比較静学の結果を得ることはできない。

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial^2}{\partial L^2}\left\{(L - P)u'\big(w - L + \alpha(L - P)\big)\right\} \\
&= 2\alpha u''\big(w - L + \alpha(L - P)\big) + \alpha^2 (L - P) u'''\big(w - L + \alpha(L - P)\big) \geq 0 \\
&\Leftrightarrow -\frac{\alpha(L - P)u'''\big(w - L + \alpha(L - P)\big)}{u''\big(w - L + \alpha(L - P)\big)} \leq 2 \qquad (3)
\end{aligned}$$

となるので、この条件を満たす場合、

$$E\left[(\tilde{L}_1 - P)u'\left(w - \tilde{L}_1 + \alpha_1(\tilde{L}_1 - P)\right)\right] = 0$$

$$\Rightarrow E\left[(\tilde{L}_2 - P)u'\left(w - \tilde{L}_2 + \alpha_1(\tilde{L}_2 - P)\right)\right] \leq 0 \qquad (4)$$

となる。(4)式は$\alpha_1 \geq \alpha_2$であることを意味する。

(2)式は$\alpha_1 \geq \alpha_2$であることを意味する。(1)式は第一級確率支配が最適補償率を変化させる必要十分条件になっているが、内生変数αに依存するという問題があるが、

$$-\frac{\alpha(L - P)u'''\big(w - L + \alpha(L - P)\big)}{u''\big(w - L + \alpha(L - P)\big)} \leq -\frac{\big(w + \alpha(L - P)\big)u'''\big(w - L + \alpha(L - P)\big)}{u''\big(w - L + \alpha(L - P)\big)}$$

となる。ここで、

$$-\frac{wu'''(w)}{u''(w)}$$

を相対的慎重度と呼ぶと、(3)式の十分条件は相対的慎重度が 2 以下となる。

効用関数の三階微分が正の場合を慎重と呼ぶのが一般的であり、相対的慎重度の名称の由来になっている。以上の議論を結果としてまとめる:

結果 2:
不確実な損失がリスクの増加の意味で変化した場合、その変化は期待効用を減少させる。また、相対的慎重度が 2 以下の場合、最適補償率を減少させる。

結果 1 の場合と同様の直観的な説明ができるので、それについては割愛する。リスクの増加が最適保証率を増加させると考えるので、そのためには相対的リスク回避度は 2 以上である必要がある。

理論的な背景についてまとめておく。損失の確率的な変化が最適保証率に与える影響の直観的な結果は以下である:損失が

- 第一級確率支配の意味で変化した時には、
- リスクの増加の意味で変化した時には、

最適補償率を増加させる。直観的な結果が成立するためには、

- 相対的リスク回避度が 1 以上
- 相対的慎重度が 2 以上

である必要がある。効用関数の条件は、直観的な結果が成立するための必要条件であることに注意する必要がある。

この節の最後に理論的な補足をしておく。この節で考えた保険需要の問題は、線形ペイオフ問題として知られている(Dionne et al., 1993)。このクラスの問題としては、ポートフォリオ問題、企業の最適生産問題、利子率が不確実な場合の最適貯蓄問題が含まれる。そのため、これらの問題についても同様の理論的な分析が可能になる。

4. 実験デザイン

本研究では効用関数の条件が成立しているのかを経済実験によって検証する。その検証のために用いる実験デザインの説明をする。本研究での実験デザインは Eeckhoudt et al. (2009) に基づいて行う。参加者は 2 つのくじが提示されて、そのどちらを好むのかを回答する。その回答によって、効用関数の条件を満たしているのかが分かる。2 つのくじは、比例的な損失とリスクの組み合わせによって定義される。最初に、相対的リスク回避度の数値を確かめるくじについて説明する。その前にくじの記法を導入する。

くじの結果として$\alpha \in \mathbb{R}$、$\beta \in \mathbb{R}$を考える。本研究では、これらの結果の単位は円となる。αとβが確率$1/2$で生じる場合、そのくじを$[\alpha, \beta]$と表記する。

参加者にはx円が与えられている。また、比例的な損失として、$k \in (0,1)$と$r \in (0,1)$を考える。以上の準備のもと、くじA_2とB_2を以下で定義する:

$$A_2 = [x(1-k)(1-r), x]$$
$$B_2 = [x(1-k), x(1-r)]$$
ここで、$[x]$は確実にxとなることを意味する。xは全てのくじに共通しており、それに対して比例的な変化を考えていくので、本論文ではxを基準額と呼ぶことにする。くじA_2の場合、確率$1/2$で$x(1-k)(1-r)$円を受け取り、確率$1/2$でx円を受け取る。Eeckhoudt et al. (2009) から以下の結果を得た。

結果 3: 以下の二条件は同値である:

- くじB_2をA_2より好む（くじA_2をB_2より好む）;
- 相対的リスク回避度が 1 以上である（相対的リスク回避度が 1 以下である）。

結果 3 は不確実性の変化が保険需要に与える影響と結びつけることができる。損失が第一級確率支配の意味で変化した場合、最適補償率を増加させるためには、相対的リスク回避度が少なくとも 1 以上になる必要がある。くじの選好で言えば、くじB_2をA_2より好むはずである。

くじについての解釈を与える。$u' > 0$の場合は$x \succcurlyeq (1-k)x$、$x \succcurlyeq (1-r)x$となる。より丁寧に書けば、$x(1-0) \succcurlyeq (1-k)x$、$x(1-0) \succcurlyeq (1-r)x$となる。このことから、比例的な損失は単調性を満たす場合は好ましくない。ここでは、Eeckhoudt and Schlesinger (2006) にならって、bad と呼ぶ。くじA_2の$(1-k)(1-r)x$は bad と bad の組み合わせになり、$x(= x(1-0)(1-0))$は good と good の組み合わせになる。一方、くじB_2の$(1-k)x(= (1-k)(1-0)x)$は good と bad の組み合わせになり、$(1-r)x(= (1-0)(1-r)x)$は bad と good の組み合わせになる。

くじに対する選好は、組み合わせに対する選好として解釈することができる。つまり、くじB_2をA_2より好むとは、good-bad の組み合わせを good-good の組み合わせよりも好むと解釈できる。ここで、通例に従い、bad-good、bad-bad の部分は省略した。一方。くじA_2をB_2より好むとは、good-good の組み合わせを good-bad の組み合わせよりも好むと考えられる

もう一点、くじの見せ方についての説明を加えておく。説明のため、$x = 100$、$k = 0.5$、$r = 0.5$としておく。ここで、$x(1-k)(1-r)$について考えてみる。設定から、以下のように計算できる:
$$x(1-k)(1-r) = 100 \times (1-0.5) \times (1-0.5) = 100 \times 0.5 \times 0.5 = 25.$$
複数の見せ方があるが、本研究では最終的な結果、上の例では最後の 25 を見せる形にしている。

次に、相対的慎重度の特徴付けを行うくじの特徴付けを行う。二つのくじは、比例的な損失kと期待値がゼロであるノイズリスク$\tilde{\varepsilon}$の組み合わせで構成される。$\tilde{\varepsilon}$は結果が正になるために$[-1, \infty)$上の台で定義される確率変数とする。以上の

準備のもと、くじA_3とB_3を以下で定義する:

$$A_3 = [x(1-k)(1+\tilde{\varepsilon}), x]$$
$$B_3 = [x(1-k), x(1+\tilde{\varepsilon})]$$

ここで、$[x]$は確実にxとなることを意味する。Eeckhoudt et al. (2009) から以下の結果を得た。

結果 4:以下の二条件件は同値である:

- くじB_3をA_3より好む(くじA_3をB_3より好む);
- 相対的慎重度が 2 以上である(相対的慎重度が 2 以下である)。

結果 3 と同様に、結果 4 も不確実性の変化が保険需要に与える影響と結びつけることができる。損失がリスクの増加の意味で変化した場合、最適補償率を増加させるためには、相対的慎重度が少なくとも 2 以上になる必要がある。くじの選好で言えば、くじB_3をA_3より好むはずである。

くじA_3とB_3についても、くじA_2とB_2と同様に good と bad の組み合わせで構成されている。ここで、$u'' \leq 0$に対して$x \geqslant (1+\tilde{\varepsilon})$となるので、ゼロと比較してノイズリスクが bad になることが分かる。くじA_3は good と good の組み合わせ、くじB_3は good と bad の組み合わせになっている。くじA_2とB_2に対してくじB_2を選ぶ、また、くじA_3とB_3に対してくじB_3を選ぶとすれば、これはどちらのくじの組に対しても good と bad の組み合わせを好むと言える。このような場合、good と bad の組み合わせに対して整合性を持っていると言える。

本研究では、くじA_2とB_2を 12 組、くじA_3とB_3を 12 組をそれぞれ作り、参加者はそれぞれの組に対して、どちらのくじを好むのかを答えていく。本節での理論的な結果を踏まえれば、参加者の相対的リスク回避度が 1 以上(以下)の場合、くじA_2とB_2の組からくじ$B_2(A_2)$が選ばれる。参加者の相対的慎重度が 2 以上(以下)の場合、くじA_3とB_3の組からくじ$B_3(A_3)$が選ばれる。

5. 仮説

本研究では相対的リスク回避度と相対慎重度に対して以下の帰無仮説を設定する。

仮説 1. 参加者にとって、くじA_2とB_2は無差別である。

仮説 2. 参加者にとって、くじA_3とB_3は無差別である。

効用関数として対数効用を考えてみる。この場合、相対的リスク回避度は 1、相対的慎重度は 2 となる。この場合、仮説 1 と 2 が両方とも成立していることに

なる。本研究では、無差別を選ぶことで少ない金額を与える選択肢を与えているので、仮説 1 と 2 の両方が同時に成立している場合、参加者は無差別の選択肢を選ぶことになる。対数効用の場合は、両方の不確実性の変化が最適補償率に影響を与えない、つまり、両方の最適補償率が同じになるという結論である。つまり、第一級確率支配、リスクの増加の両方が最適補償率に影響を与えない。

不確実性の変化に対して、最適補償率が変化しないとは考えにくい。直観的には、不確実性の変化に対して、最適補償率が増加すると考えられる。例えば、損失が第一級確率支配の意味で増加した場合、これはより深刻な損失が発生する状況になっている。付保率は一定であるので、そのような損失を補償するために保険需要、ここでは最適補償率が、増加すると考えられる。リスクの増加の場合、より将来の損失についての見込みが立てにくい状況であり、この場合も保険需要は増加すると考えられる。これらが成立するためには、少なくとも、相対的回避度が 1 以上、相対的慎重度が 2 以上である必要がある。くじの選好でこれらの条件を確認するためには、仮説 2 が棄却されて、くじB_2とB_3がそれぞれのくじの組から選ばれると予想される。

本研究ではくじA_2とB_2、そして、くじA_3とB_3は、それぞれで 12 組のくじがある。これらのくじは、基準となる金額を変更した 6 組ずつのくじに分けられる。第 4 節で挙げた数値例では、$x = 100$、$k = 0.5$、$r = 0.5$としておく。kとrは変更せずに、xを 2 倍にする。このようなくじを導入したのは、相対的リスク回避度が富に対して増加するのか、減少するのかを確かめるためである。帰無仮説として以下を設定する。

仮説 3. 基準額の変化はくじA_2とB_2の選択は変化しない。

帰無仮説は相対的リスク回避度一定（CRRA, constant relative risk averison）の効用関数を仮定している。この効用関数は様々な応用で使われている。絶対的リスク回避度は富に対して減少することの妥当性が広く認められている。一方、相対的リスク回避度については、富に対して増加、一定、減少に関しては一致した考えには至っていない。仮説 3 はその検証である。

相対的リスク回避度が富に対して増加する場合、くじの選択がどうなるのかを理解してみる。くじA_2とB_2の組に対して、くじA_2を選ぶ場合は相対的リスクが 1 より小さく、くじA_2とB_2が無差別の場合は相対的リスクが 1、そして、くじA_2を選ぶ場合は相対的リスクが 1 より大きくなる。これを踏まえると、相対的リスク回避度が富に対して増加する場合、基準額の増加に対して、くじA_2の選択から無差別、そして、無差別からくじB_2の選択が増えると考える。つまり、くじA_2の選択が減って、くじB_2の選択が増えることになるはずである。無差別について、くじA_2から無差別になる場合、無差別からくじB_2になる場合があるからどちらか分からない。相対的リスク回避度が富に対して減少する場合は、逆に考えればよいので、

くじA_2の選択が増えて、くじB_2の選択が減ることになる。

以上をまとめてみる。相対的リスク回避度が富に対して一定の場合は帰無仮説が採択される。相対的リスク回避度が富に対して変化する場合、仮説 3 は棄却される。増加する場合は、くじA_2の選択が減って、くじB_2の選択が増える。減少する場合は、くじA_2の選択が増えて、くじB_2の選択が減る。

相対的慎重度が富に対してどのように変化するのかについては、以下の帰無仮説を設定する。

仮説 4. 基準額の変化はくじA_3とB_3の選択は変化しない。

相対的リスク回避度が一定の場合、効用関数は

$$u(x) = \frac{x^{1-\gamma}}{1-\gamma}$$

で与えられる。γが相対的リスク回避度で、$\gamma = 1$の場合は対数効用になる。この関数に基づくと、

$$-\frac{xu'''(x)}{u''(x)} = 1+\gamma$$

となる。つまり、相対的リスク回避度が一定の場合、相対的慎重度も一定になり、仮説 4 が採択される。相対的慎重度が富に対して変化する場合、仮説 4 は棄却され、増加する場合はくじB_3の選択が増え、減少する場合はくじA_3の選択が増える。

6. 実験結果

6.1 概要

実験は合計 8 セッションからなり、2023 年 3 月から 6 月にかけて関西大学ソシオネットワーク戦略研究機構経済実験センターで実施された。実験参加者は、経済実験センターの被験者プールに登録している関西大学の千里山キャンパスの学生から募集された。実験時間は 90 分で、平均謝金は 3226 円だった。

実験は、インストラクション、理解度確認クイズ、実験本番での意思決定、アンケートの順番で行われた。インストラクションはすべて同じ実験者が行った。理解度確認クイズは正当数に応じて報酬を上乗せするもので、回答後に解説を行い、全員の理解を確認した後で実験での意思決定が行われた。実験本番では、くじA_2とB_2の 12 組と、くじA_3とB_3の 12 組について、いずれのくじを選ぶか、あるいは「どちらでもない」のいずれかを参加者が選ぶ。くじA_2とB_2の 12 組とくじA_3とB_3の 12 組はどちらも後半の 6 組は、前半の 6 組のくじの金額を倍にしたくじとなっている。実験プログラムは z-tree で実装された(Fishbacher, 2007)。実験の報酬

は、くじの金額が相対的に低い前半と相対的に高い後半からそれぞれランダムに一つのくじが選ばれ、その結果に応じて報酬が加算された。「どちらでもない」を選んだくじが報酬計算に用いられた場合、報酬に20円が追加された。実験での意思決定後は、性別、年齢、認知能力（Cognitive Reflection Test）、性格特性といった回答者の個人属性を問うアンケートが実施された。

6.2 記述統計

実験における、くじA_2とB_2の間の選択は表 1 のようにまとめられる。

表 1：くじA_2とB_2選択割合

	A_2選択割合	B_2選択割合	どちらでもない選択割合
前半（ケース 1.1~1.6）	0.261 (0.440)	0.516 (0.500)	0.223 (0.416)
後半（ケース 1.7~1.12）	0.242 (0.429)	0.603 (0.490)	0.155 (0.363)
全体	0.252 (0.434)	0.559 (0.497)	0.189 (0.392)

注：括弧内の数値は標準偏差を表す。

くじA_2とB_2の選択について仮説の検証を行う。くじA_2とB_2が無差別であるならば、追加の報酬がもらえる可能性がある「どちらでもない」が選択されるはずである。「どちらでもない」の選択割合は、全体で 0.189, 前半で 0.223, 後半で 0.155 であり、いずれも有意に 1 とは異なる（いずれも $p<0.001$；t-test）。従って、仮説 1 は全体データ、前半データ、後半データいずれについても棄却された。また、くじB_2の選択割合は、くじA_2の選択割合よりも有意に高く（全体、前半、後半の全てについて $p<0.001$；比率検定）、相対的リスク回避度が 1 以上である参加者は 1 未満である参加者よりも有意に多かった。

次に、前半と後半の選択の差について検証を行う。前半と後半について、くじの選択の分布に有意な差は無く（$p=0.118$；Kormogorov-Smirnov test）、相対的リスク回避度に富の効果は確認されなかった。従って、仮説 3 は支持された。くじA_2とB_2の選択について、各ケースにおけるくじの選択行動は図 1 に示される。

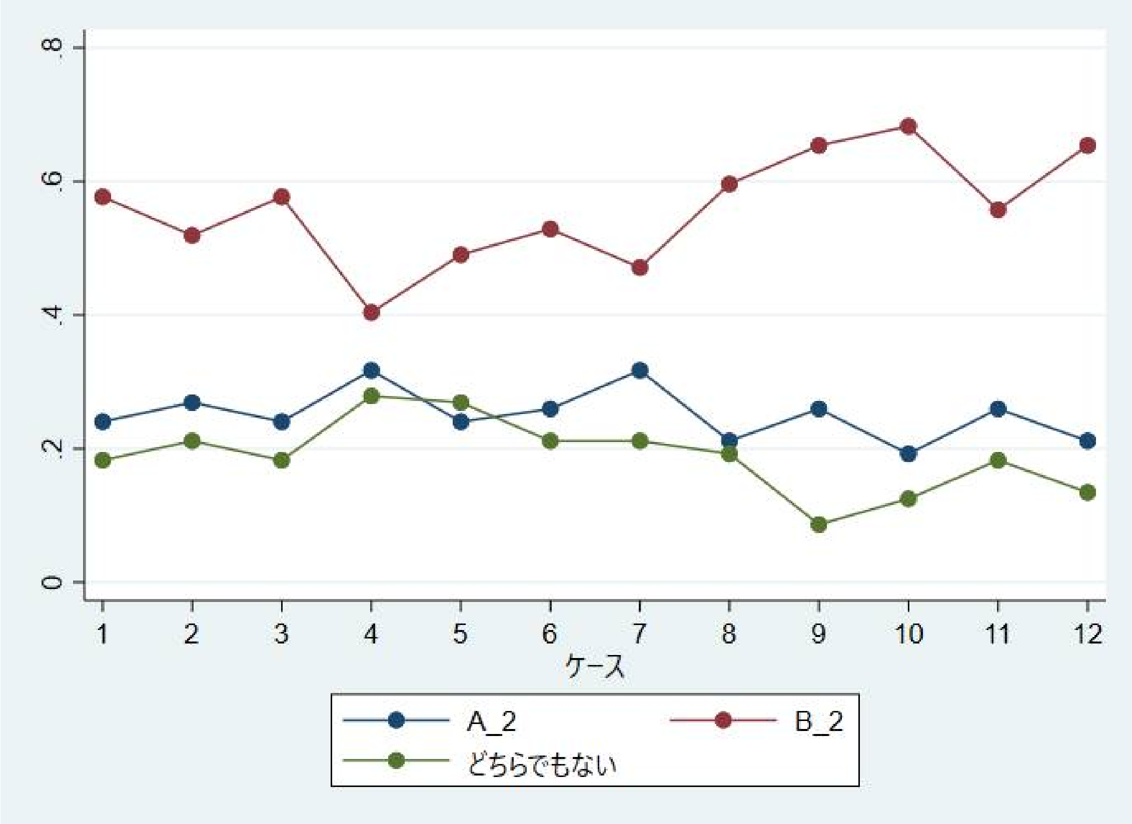

図1：各ケースにおけるくじA_2とB_2選択

くじA_3とB_3の間の選択は表2のようにまとめられる。

表 2：　くじA_3とB_3選択割合

	A_3選択割合	B_3選択割合	どちらでもない選択割合
前半	0.210	0.577	0.213
（ケース2.1~2.6）	(0.408)	(0.494)	(0.410)
後半	0.202	0.675	0.123
（ケース2.7~2.12）	(0.402)	(0.469)	(0.329)
全体	0.206	0.626	0.168
	(0.405)	(0.484)	(0.374)

注：括弧内の数値は標準偏差を表す。

くじA_3とB_3の選択について、仮説の検証を行う。くじA_2とB_2の議論と同様に、二つのくじが無差別ならば、「どちらでもない」が選択されるはずである。「どちら

でもない」の選択割合は、全体で 0.168, 前半で 0.213, 後半で 0.123 であり、いずれも有意に 1 とは異なる(いずれも p<0.001; t-test)。従って、仮説 2 は全体データ、前半データ、後半データいずれについても棄却された。また、くじB_2の選択割合は、くじA_2の選択割合よりも有意に高い(全体、前半、後半の全てについて p<0.001; 比率検定)。従って、相対的慎重度が 2 以上の参加者は 2 未満の参加者よりも有意に多かった。

次に、前半と後半の選択の差について検証を行う。前半と後半について、くじの選択の分布は 5%水準で有意に異なっており(p=0.013; Kormogorov-Smirnov test)、相対的慎重度に対して富は正の効果を持つことが示された。従って、仮説 3 は棄却された。くじA_2とB_2の選択について、各ケースにおけるくじの選択行動は図 2 に示される。図からも読み取れるように、前半に比べて後半の方が、よりくじB_3が選択されやすくなる傾向が確認された。

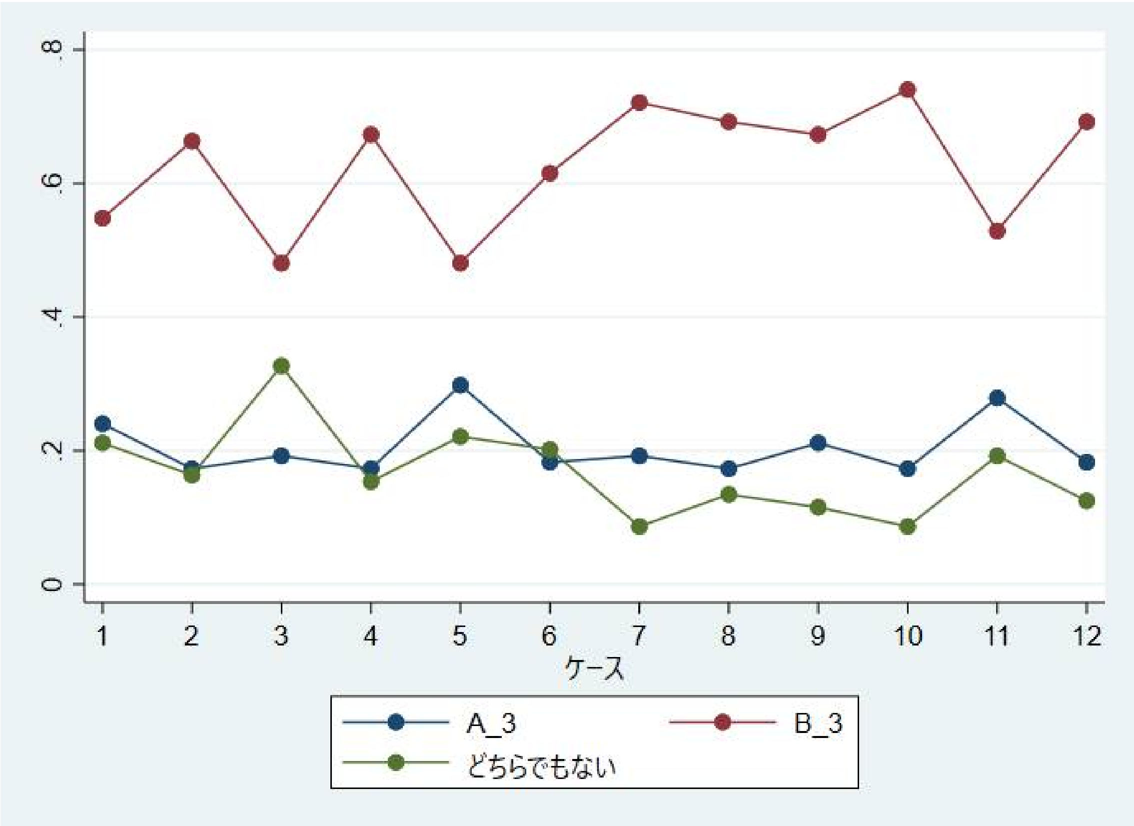

図 2: 各ケースにおけるくじA_3とB_3選択

6.3 回帰分析

回答者の個人属性をコントロールした上で、各仮説の検証を行う。本節では、くじB_2あるいはくじB_3を選択したか否かを被説明変数としたロジスティック回帰を行う。回帰分析で用いる説明変数を表 3 にまとめた。

表 3: 変数リスト

変数	説明
High Incentive	くじA_2とB_2およびくじA_3とB_3の前半の 6 ケースで 0、くじの金額が 2 倍されている後半の 6 ケースで 1 を取るダミー変数。
Female	女性で 1、それ以外で 0 をとるダミー変数。
Age	年齢
Economics	経済学部あるいは商学部で 1、それ以外で 0 を取るダミー変数。
CRT	全 7 問からなる Cognitive Reflection Test のスコア。
Extraversion	性格特性を表す BIG5 における「外交性」の水準。
Agreeableness	性格特性を表す BIG5 における「協調性」の水準。
Conscientiousness	性格特性を表す BIG5 における「誠実性」の水準。
Neuroticism	性格特性を表す BIG5 における「神経症傾向」の水準。
Openness	性格特性を表す BIG5 における「開放性」の水準。

初めに、相対的リスクに対する富の効果の検証を行う。くじB_2の選択についての回帰結果は表 4 に示される。

表 4: B_2の選択を被説明変数とするロジスティック回帰分析

	Model (1)	Model (2)	Model (3)
	B_2選択	B_2選択	B_2選択
High Incentive	0.352***	0.370***	0.384***
	(0.100)	(0.108)	(0.112)
Female		0.681**	0.616**
		(0.318)	(0.283)
Age		-0.123**	-0.143***
		(0.0547)	(0.0506)
Economics		-0.346**	-0.300
		(0.150)	(0.213)
CRT			-0.105
			(0.0681)
Extraversion			-0.00629
			(0.0330)

Agreeableness			-0.0776
			(0.0602)
Conscientiousness			0.0428
			(0.0474)
Neuroticism			-0.00451
			(0.0593)
Openness			-0.0885
			(0.0575)
Constant	0.0641	2.361*	4.668***
	(0.159)	(1.219)	(1.460)
Observations	1,248	1,248	1,248

注:括弧内は被験者ごとのクラスタロバストな標準誤差を表す。

High Incentive の係数は Model (1)(2)(3)の全てで 1%水準で有意に正であり、くじB_2の選択はくじの賞金が大きくなると有意に増えることが明らかになった。従って、回帰分析の結果からは仮説 3 が棄却され、相対的リスク回避度は富の増加によって高まることが明らかになった。

Female の係数は Model (2)(3)共に 5%水準で有意に正であり、女性ほど相対的リスク回避度が高い傾向があることが分かった。Age の係数は、Model (2)で 5%、Model(3)で 1%水準で有意に負であり、年齢が若いほど、相対的リスク回避度が高い傾向が明らかになった。Economics の効果は Model(2)では5%水準で有意に負であるが、Model (3)では有意ではなく、参加者の学部が相対的リスクに与える影響は頑健ではない。

次に、相対的慎重度に対する富の効果の検証を行う。くじB_3の選択についての回帰結果は表 5 に示される。

表 5: B_3の選択を被説明変数とするロジスティック回帰分析

	Model (1)	Model (2)	Model (3)
	B_3選択	B_3選択	B_3選択
high_incentive	0.419***	0.429***	0.444***
	(0.119)	(0.122)	(0.124)
female		0.528*	0.424
		(0.300)	(0.279)
age		-0.0580	-0.0692
		(0.0705)	(0.0674)
economics		-0.297	-0.455*

		(0.281)	(0.233)
CRT			-0.0785
			(0.0632)
Extraversion			0.0570
			(0.0507)
Agreeableness			-0.0303
			(0.0408)
Conscientiousness			-0.102*
			(0.0546)
Neuroticism			-0.0398
			(0.0668)
Openness			-0.0735
			(0.0672)
Constant	0.310**	1.322	3.615*
	(0.135)	(1.600)	(2.026)
Observations	1,248	1,248	1,248

注：括弧内は被験者ごとのクラスタロバストな標準誤差を表す。

High Incentive の係数は Model (1)(2)(3)の全てで 1%水準で有意に正であり、くじB_3の選択はくじの賞金が大きくなると有意に増えることが明らかになった。従って、回帰分析の結果からは仮説 4 が棄却され、相対的慎重度は富の増加によって高まることが明らかになった。

Female の係数は Model (2)で 10%水準で有意であったが、Model (3)では有意ではなく、性別と相対的慎重度の関係は頑健ではなかった。Economics の係数は有意ではなく、Model (3)では 10%水準で有意に負であった。参加者の学部は相対的慎重度に頑健な影響を持たなかった。

7. 理論に対するインプリケーション

経済実験の結果を踏まえたうえで、理論的な結果に対するインプリケーションを述べる。仮説 1 と仮説 2 は両方とも棄却されて、それぞれB_2とB_3が選択されるという結果になった。これは、相対的リスク回避度が 1 以上、相対的慎重度が 2 以上であることを意味している。それらの結果が保険需要に与えるインプリケーションについて述べる。

本研究では、不確実性の変化として、第一級確率支配とリスクの増加を考えた。補償の対象となる損失が、第一級確率支配の意味で変化した場合、期待効用は減少する。つまり、その不確実性の変化は好ましくない変化である。その

ため、保険需要は増加すると直観的に期待する。しかし、そのためには少なくとも相対的リスク回避度が 1 以上になる必要がある。本研究の実験結果は、直観的な結論を得るための条件と整合的になっている。

不確実性の変化がリスクの増加の意味で変化した場合も、先ほどと同様の説明が成立する。つまり、リスクの増加はリスク回避的な個人の期待効用を減少させるので、それは保険需要を減少させると直観的には期待する。その直観が成立するための必要条件は相対的慎重度が 2 以上であり、経済実験の結果はこの条件と整合的になっている。つまり、保険需要に関して直観的な結果と整合的な効用関数の性質を持つことが確かめられた。

次に、効用関数の形状に対するインプリケーションを述べる。経済学の広い分野で使われる効用関数は、HARA (Hyperbolic Absolute Risk Aversion)型と呼ばれるクラスに属する。HARA 型とは、絶対的リスク回避度の逆数であるリスク許容度が線形関数になる効用関数である、つまり、

$$T(x)=\frac{1}{A(x)}=-\frac{u'(x)}{u''(x)}=\eta+\frac{z}{\gamma}$$

となる関数である。それぞれのパラメータによって、効用関数は以下の三種類に分類される:

$$\text{二次効用関数}:u(x)=(\eta-x)^2, x\leq\eta$$

$$\text{指数型効用関数}:u(x)=-\frac{\exp(-Ax)}{A}$$

$$\text{べき乗型効用関数}:u(x)=\frac{x^{1-\gamma}}{1-\gamma}$$

絶対的リスク回避度が減少というのが妥当な性質とされるが、二次効用関数は増加、指数形効用関数は一定となるので、この性質は満たされない。べき乗型効用関数のみが、この性質を満たす。

べき乗効用関数は、相対的リスク回避度、そして、相対的慎重度が一定となる。それに基づいて、仮説 3 と仮説 4 は設定された。つまり、べき乗効用関数が記述的に妥当であれば、本研究の仮説 3 と仮説 4 は採択されるはずである。しかし、仮説 3 と仮説 4 は棄却されたので、べき乗型効用関数も妥当な効用関数とは言えない。では、どのような効用関数が実験結果と整合的なのだろうか？

経済実験の結果を踏まえると、以下の性質を持つ必要がある:

- 相対的リスク回避度が 1 以上
- 相対的慎重度が 2 以上
- DARA (Decreasing Absolute Risk Aversion)
- IRRA (Increasing Relative Risk Aversion)

の四つである。この中で DARA 以外が本研究の経済実験で確かめられた。DARA に関しては、先行研究からすでに妥当な性質とされているので、この性質に加えた。では、この四つの条件を満たす効用関数は何があるのだろうか？

これらを満たす効用関数として、Saha (1993) で提案された指数べき乗効用関数が知られている。指数べき乗効用関数は、その名の通り指数効用関数とべき乗効用関数を合わせた以下の関数として定義される:

$$u(x) = \left(1 - \exp(-Ax^{1-\gamma})\right)A^{-1}$$

で与えられる。例えば、Holt and Laury (2002) の経済実験では、彼らの観察を推定するために二種類のパラメータで推定しているが、その中で高いパラメータを取る($A = 0.089, \gamma = 0.652$)が本研究の観察と整合的になることが分かる。

8. 結論

本研究では、Eeckhoudt et al. (2009) が提案した理論に基づき、相対的リスク回避度が 1、相対的慎重度が 2 を上回っているのか、下回っているのかについて経済実験によって検証した。検証の結果、両方の尺度が基準となる値を上回っていることが確認された。この結果は不確実性の変化が保険需要を増加させる理論的な条件と整合的である。つまり、直観的に成立する結果と整合的な効用関数の条件が得られた。また、二つの尺度が基準額に対して、どのように変化するのかを検証した。その結果、それらが両方とも富に対して増加することを観察した。本研究の観察と整合的な効用関数として、指数べき乗型効用関数がある。

参考文献

- Arrow, K. (1971). Essays in the Theory of Risk Bearing. Chicago: Markham Publishing Co.
- Barsky, R. B., Juster, F. T., Kimball, M. S., & Shapiro, M. D. (1997). Preference parameters and behavioral heterogeneity: An experimental approach in the health and retirement study. The Quarterly Journal of Economics, 112(2), 537-579.
- Blake, D. (1996). Efficiency, risk aversion and portfolio insurance: an analysis of financial asset portfolios held by investors in the United Kingdom. The Economic Journal, 106(438), 1175-1192.
- Deck, C., & Schlesinger, H. (2010). Exploring higher order risk effects. The Review of Economic Studies, 77(4), 1403-1420.
- Dionne, G., Eeckhoudt, L., & Gollier, C. (1993). Increases in risk and linear payoffs. International Economic Review, 34(2), 309-319.
- Eeckhoudt, L., Etner, J., & Schroyen, F. (2009). The values of relative risk aversion and prudence: A context-free interpretation. Mathematical Social Sciences, 58(1), 1-7.
- Eeckhoudt, L., & Kimball, M. (1992). Background risk, prudence, and the demand for insurance. Contributions to insurance economics, 239-254.
- Eeckhoudt, L., & Schlesinger, H. (2006). Putting risk in its proper place. American Economic Review, 96(1), 280-289.
- Fischbacher, U. (2007). z-Tree: Zurich toolbox for ready-made economic experiments. Experimental economics, 10(2), 171-178.
- Fishburn, P. C., & Porter, R. (1976). Optimal portfolios with one safe and one risky asset: Effects of changes in rate of return and risk. Management science, 22(10), 1064-1073.
- Friend, I., & Blume, M. E. (1975). The demand for risky assets. The American Economic Review, 65(5), 900-922.
- Guiso, L., & Paiella, M. (2008). Risk aversion, wealth, and background risk. Journal of the European Economic association, 6(6), 1109-1150.
- Holt, C. A., & Laury, S. K. (2002). Risk aversion and incentive effects. American Economic Review, 92(5), 1644-1655.
- Meyer, D. J., & Meyer, J. (2005). Relative risk aversion: What do we know?. Journal of Risk and Uncertainty, 31, 243-262.
- Mossin, J. (1968). Aspects of rational insurance purchasing.

Journal of Political Economy, 76(4), 553-568.
- Noussair, C. N., Trautmann, S. T., & Van de Kuilen, G. (2014). Higher order risk attitudes, demographics, and financial decisions. Review of Economic Studies, 81(1), 325-355.
- Pratt, J. W. (1964). Risk aversion in the small and in the large. Econometrica, 32(1-2), 122-136.
- Ogaki, M., & Zhang, Q. (2001). Decreasing relative risk aversion and tests of risk sharing. Econometrica, 69(2), 515-526.
- Rothschild, M. & Stiglitz, J. E. (1970) Increasing risk: I. A definition. Journal of Economic Theory 2, 225-243.
- Rothschild, M., & Stiglitz, J. E. (1971). Increasing risk II: Its economic consequences. Journal of Economic theory, 3(1), 66-84.
- Schlesinger, H. (2013). The theory of insurance demand. In Handbook of insurance (pp. 167-184). New York, NY: Springer New York.
- Seog, H. S. (2010). The Economics of Risk and Insurance. Chichester: John Wiley & Sons.
- Saha, A. (1993). Expo-power utility: a ‘flexible’ form for absolute and relative risk aversion. American Journal of Agricultural Economics, 75(4), 905-913.