

## クロスアディクションと時間／危険選好

依 田 高 典  
後 藤 励

### I 序 論

近年発展著しい行動経済学 (behavioral economics) では、限定合理性に注目するので、喫煙、飲酒、ギャンブルなど、分かっているながらも止められない嗜癖行動 (addictive behavior) の解明は、極めて重要なテーマである。先行研究を見ると、嗜癖行動の研究には、合理的嗜癖 (rational addiction) モデルと限定合理的嗜癖 (bounded rational addiction) モデルという 2 つの流れがあった (Messinis [1999])。合理的嗜癖モデルでは、合理的な消費者は、過去、現在の嗜癖性のある財の消費が将来に与える帰結を考慮に入れて行動すると仮定される (Stigler and Becker [1977], Becker and Murphy [1988])。他方で、限定合理的嗜癖モデルでは、実際には、薬物、タバコ、酒の嗜癖者は、依存症を後悔していることに注目し (Winston [1980], Akerlof [1999])、自分が嗜癖になることの誤った期待のため嗜癖になると仮定する (Orphanides and Zervos [1995])。以上のような視点を踏まえて、本論文の第一の問題提起は、次のようにまとめられる。限定合理的嗜癖モデルを視軸にした嗜癖の経済学研究が進んでいるが (Bernheim and Rangel [2005], Kan [2007])、ある嗜癖行動の通時上の嗜癖 (vertical addiction) の研究が中心である。そこで、本論文では、複数の嗜癖行動の相互依存性による嗜癖 (horizontal or cross addiction) に光を当てる。

嗜癖行動には、時間選好、危険選好を含む経済心理学的なパラメータが重要

な役割を果たしている。例えば、喫煙に関する先行研究を見ると、喫煙者は、非喫煙者よりも、近視眼的な時間割引をする。喫煙本数が多いほど、またニコチン摂取量が多いほど、割引率は大きくなる (Mitchell [1999], Bickel et al. [1999], Odumu et al. [2002], Baker et al. [2003], Reynolds et al. [2004], Ohmura et al. [2005])。他方で、危険選好研究では、必ずしも喫煙者が非喫煙者よりも衝動的な確率割引をすることは確認されていない (Mitchell [1999], Reynolds et al. [2003], Ohmura et al. [2005])。喫煙以外の嗜癖行動の先行研究も紹介しよう。重度の飲酒者ほど、割引率は大きくなる (Madden et al. [1997], Madden et al. [1999])。重度のギャンブル依存者ほど、時間割引率は大きくなる (Petry and Casarella [1999], Petry [2001], Alessi and Petry [2003])。さらに、飲酒、薬物、ギャンブルなど、複数の依存症を持つほど、時間割引率は大きくなる (Petry and Casarella [1999], Petry [2001], Alessi and Petry [2003])。以上のような視点を踏まえて、本論文の第二の問題提起は、次のようにまとめられる。先行研究の蓄積により、嗜癖行動と選好、特に時間選好の間の関係の解明は進んできている。本論文では、さらに研究を進め、従来十分な分析が進んでいない嗜癖行動と危険選好の間の関係の解明にも取り組む。あわせて、最近になって研究が始まった複数の嗜癖行動の相互依存性——クロスアディクション——の解明にも取り組む。

ここで、本論文の2つの研究目的をまとめよう。第一に、本論文は、時間／危険選好の同時測定方法の開発を目指す。従来の研究は、時間選好と危険選好を別々に推定してきたため、時間／危険選好の関係が曖昧である (Rachlin and Siegel [1994])。実際に、時間／危険選好の総合的測定の試みは少ない (Rachlin et al. [1991], Keren and Roelofsma [1995], Anderhub et al. [2001], Yi et al. [2006])。そこで、本論文は、離散選択実験 (Discrete Choice Experiment, DCE) とミックスド・ロジット (Mixed Logit, ML) ・モデル分析を用いて、時間選好率と危険回避度を同時に測定する方法を開発する。

第二に、本論文は、時間選好／危険選好と嗜癖行動の相互依存性の解明を目

指す。過去に、時間／危険選好を測定し、喫煙、飲酒、保険、投機などの行動との関連性を検証する先駆的な試みがある (Barsky et al. [1997])。本論文は、喫煙、飲酒、パチンコ、競馬という4つの嗜癖行動の有無に着目し、それら嗜癖行動と時間／危険選好の関係性を解明したい。さらに、本論文は、2段階プロビット法により、行動間の内生性を考慮した上で、4つの嗜癖行動の間の相互依存性を解明する。

最後に、本論文の2つの主要な結論をまとめよう。第一に、時間／危険選好の同時測定では、次のような結論が得られる。喫煙、パチンコ、競馬を「嗜む」者は、時間選好率が高く、危険回避度も低い。つまり、彼らは衝動的である。飲酒を「嗜む」者は、時間選好率が低く、危険回避度も高い。つまり、彼らは忍耐強い。しかし、飲酒の定義を狭めると、飲酒を「嗜む」者は、衝動的になる。第二に、嗜癖行動の相互依存性では、次のような結論が得られる。喫煙と飲酒、パチンコと競馬の間には強い相互依存性が存在する。また、喫煙とパチンコ、飲酒と競馬の間には弱い相互依存性が存在する。

本論文の構成は次の通りである。第Ⅱ節では、サンプル・データについて説明する。第Ⅲ節では、時間／危険選好の同時測定について説明する。そこでは、DCE (コンジョイント分析)、割引・期待効用関数、ML モデル、嗜癖行動別に見る時間選好率、危険回避度の順に取り上げられる。第Ⅳ節では、嗜癖行動の相互依存性について、説明される。そこでは、2段階プロビット推定モデル、嗜癖行動の相互依存性の順に取り上げられる。第Ⅴ節は、結論を与える。

## II サンプル・データ

本節では、サンプル・データの抽出方法とサンプル・データの性質について述べる。まず、サンプル・データの抽出方法から解説する。我々は、モニタ調査会社に登録している成人日本人 (登録総数22万人) を対象に、アンケート調査を行った。サンプルの抽出は、2006年7月、Web 調査により、次のように二段階に分けて行った。第一段階として、男女比、年齢構成のバランスを考慮

表1 記述統計

サンプル数	年齢	性別 (男性)	既婚率	子供数	世帯所得 (千円)
692	40.64	64.6%	67.8%	1.07	6,813
有職率	大卒率	喫煙率	飲酒率	パチンコ率	競馬率
84.5%	52.6%	58.4%	74.1%	18.4%	12.1%

Note: 数字はサンプル平均値。有職率では、パート・アルバイトを含まない。

表2 行動相関パターン

FROM		TO			
		喫煙	飲酒	パチンコ	競馬
	喫煙	100.0%	76.2%	24.5%	13.1%
	飲酒	60.0%	100.0%	18.7%	14.0%
	パチンコ	78.0%	75.6%	100.0%	31.5%
	競馬	63.1%	85.7%	47.6%	100.0%

Note: FROM (喫煙) \* TO (飲酒) = 76.2%とは、喫煙を条件付けた飲酒確率が0.762であることを表す。

しながら、1,022サンプルを抽出し、喫煙行動などライフスタイルのアンケート調査を行った。その際、被験者には、謝礼として、150円相当の商品ポイントが与えられた。第二段階として、1,022サンプルを対象に、時間/危険選好を測定するためのDCEを実施した。最終的に得られたサンプル数は692(回収率67.7%)で、女性の比率は35%、平均年齢は40.2歳である。男性の回答率、喫煙率が高い点に注意が必要である。被験者には、謝礼として、500円相当の商品ポイントが与えられた。サンプル・データの基本統計が、表1にまとめられている。

ここで、もう少し、サンプル・データの特徴を精査してみよう。喫煙、飲酒、パチンコ、競馬という嗜癖行動の相関パターンが、表2にまとめられている。4つの嗜癖行動について、定期的に「嗜む」か、「嗜まない」かで分類し、それぞれ離散変数1, 0を付与した。数字は嗜癖行動の条件付比率を表す。例え

ば、FROM 喫煙×TO 飲酒=76.2%とは、喫煙者の中で、飲酒する者の比率が76.2%であることを表す。条件付比率は、全て表1の比率(例：飲酒率74.1%)よりも高いので、嗜癖行動間には、正の相関パターンが存在すると推測される。特に、パチンコから喫煙と競馬、競馬から飲酒とパチンコという方向に、強い相関パターンが観察される。

### III 時間／危険選好の同時測定

本節では、我々が用いた時間選好、危険選好の同時測定方法について説明する。

#### 1 DCE (コンジョイント分析)

まず、我々は、被験者の時間／危険選好を同時に測定するために、692名に対して、次のようなDCE (コンジョイント分析)を実施した。DCE分析では、財を様々な属性の束(プロファイル)から成り立っているものと見なし、属性ごとの評価が可能である。属性の数や項目は基本的には調査者の判断による。ただし、属性数が多過ぎると回答が困難になるという問題が生じる。他方、属性数が少なすぎると、財の表現として不十分になる。適切なプロファイルを作成するため、数次にわたるプレテストを実施し、個人の選択行動を詳細に検討した結果、本調査で使用する属性および水準を決定した。

本調査で使用する選択肢、属性および水準は、次の通りである。

選択肢1：

賞金10万円、当たりの確率100%、待ち時間なし。

選択肢2：

賞金額、当たりの確率、待ち時間を問題ごとに変化。

賞金額は、15万円、20万円、25万円、30万円。

当たりの確率は、40%、60%、80%、90%。

図 1 コンジョイント分析の設問例

	選択肢 1	選択肢 2
賞金額	10万円	25万円
賞金がもらえる待ち時間	今すぐ	1ヶ月後
当たりの確率	100%	80%

選択する選択肢に○

賞金が貰えるまでの待ち時間は、1ヶ月後、半年後、1年後、5年後。

決定した属性および水準を組合せてプロファイルを作成するわけだが、あらゆる組合せを想定すれば膨大な数になる。また、属性間に相関があると、多重共線性の問題が生じる。このような問題を回避するため、直交計画法により組合せを決定した。代表的な質問例を図1として掲載する。このような質問を一人あたり8問ずつ繰り返した。

## 2 割引・期待効用関数

次に、時間選好、危険選好を同時に測定するために、次のような割引・期待効用関数を仮定しよう。選択肢  $i$  の効用を  $V_i$  (利得  $i$ , 遅滞時間  $i$ , 確率  $i$ ) と置き、指数関数型時間選好を持つ割引効用、確率に関する線形性を持つ期待効用を仮定する<sup>1)2)</sup>。

割引効用： $\exp(\text{TIME} * \text{遅滞時間 } i) * \text{効用}(\text{利得 } i)$

期待効用：確率  $i * \text{効用}(\text{利得 } i)$

以上から、 $V_i$  を書き直せば、

1) よく知られたことではあるが、割引効用モデルの提唱者は Samuelson [1937] であり、その公理的基礎付けは Koopmans [1960] や Fishburn and Rubinstein [1982] 等によって与えられた。言うまでもなく、期待効用モデルは Von Neumann and Morgenstern [1953] の功績である。

2) インデックス  $j$  を自然の状態と考え、 $j=1, \dots, J$  とすれば、期待効用： $\sum_{j=1, \dots, J} \text{確率 } j * \text{効用}(\text{利得 } j)$  と書ける。

$V_i$  (利得  $i$ , 遅滞時間  $i$ , 確率  $i$ )

$$= \exp(\text{TIME} * \text{遅滞時間 } i) * \text{確率 } i * \text{効用 (利得 } i)$$

となる。時間選好率は  $-\text{TIME}$  で与えられる。

ここでは、効用を利得<sup>RISK</sup>とおく。この効用関数を相対的危険回避度一定型と呼び、相対的危険回避度は  $1 - \text{RISK}$  と定義される。

ここで、両辺の対数をとると、

$\ln V_i$  (利得  $i$ , 遅滞時間  $i$ , 確率  $i$ )

$$= \text{TIME} * \text{遅滞時間 } i + \ln \text{確率 } i + \text{RISK} * \ln \text{利得 } i$$

を得る。近視眼的であればあるほど、 $-\text{TIME}$  は大きくなる。また、危険回避的であればあるほど、 $1 - \text{RISK}$  は大きくなる。

さて、行動経済学の重要な関心はアノマリーの解明である。時間選好のアノマリーには双曲線型割引、すなわち時間選好率が遅滞時間の減少関数となる現象がある (Frederick, Lowenstein, and O'Donoghue [2002])。危険選好のアノマリーには、確実性を過度に重視したり、損失を過度に嫌うことが知られている (Kahneman and Tversky [1979])。こうしたアノマリーを説明するために、多数のモデルが提唱されてきた。しかしながら、本論文では、経済学の標準理論である割引効用モデルと期待効用モデルに基づき、時間選好率と相対的危険回避度を推定する。ただし、幾つかのアノマリー・モデルは簡単な変換で標準モデルと互換可能である。例えば、心理的時間を物理的時間の対数関数と見なせば、心理的時間の双曲線型割引モデルは物理的時間の指数関数型割引モデルに変換可能である (Takahashi [2005])。

### 3 ミックスド・ロジット・モデル

ここでは、時間選好率と危険回避度を推定するモデルについて説明する。従属変数が離散的な場合の計量分析の手法としては誤差項が独立かつ同一に分布すること (Independently and Identically Distributed, IID) を仮定した条件付ロジット (Conditional Logit, CL) ・モデルが標準的である。しかし、CL モ

デルでは IID という仮定から無関係な選択肢からの独立性 (Independence of Irrelevant Alternatives, IIA) が派生する。そこで、IIA 仮定を緩和する手法としてミックスド・ロジット (Mixed Logit, ML) ・モデルが近年注目されている<sup>3)</sup>。ML モデルは選好の多様性、制約されない代替パターン、観察不可能な要因の時系列的な相関を扱うことのできる一般的なモデルである (McFadden and Train [2000])。

ML モデルは係数  $\beta$  が分布を持つと仮定し、CL モデルの選択確率を  $\beta$  の分布に関して積分した形で表現される (Train [2003], Louviere et al. [2000])。CL モデルの選択確率  $L_{ni}$  は、各説明変数のパラメータを  $\beta$ 、個人  $n$  が選択肢  $i$  から得る効用のうち観察可能な部分を  $V_{ni}$ 、選択肢の数を  $J$  とすると、

$$L_{ni}(\beta) = \exp(V_{ni}(\beta)) / \sum_{j=1}^J \exp(V_{nj}(\beta))$$

であるから、ML モデルの関数型は  $\beta$  の密度関数を  $f(\beta)$  とおくと、

$$P_{ni} = \int \left[ \exp(V_{ni}(\beta)) / \sum_{j=1}^J \exp(V_{nj}(\beta)) \right] f(\beta) d\beta$$

となる。パラメータに関して線形 (Linear-in-Parameter) である効用関数は、選択肢  $j$  の観察された変数を  $x_{ni}$  と  $z_{ni}$ 、 $\alpha$  を固定された係数、 $\beta$  をランダムに分布する係数、 $\varepsilon_{ni}$  を IID の極値分布を持つ誤差項とすると、

$$U_{ni} = \alpha' x_{ni} + \beta' z_{ni} + \varepsilon_{ni}$$

と書ける。

ML モデルは解析的に解くことができないため、推定にはシミュレーションが用いられる。 $\theta$  を  $\beta$  の分布のパラメータ (平均、標準偏差など) として、 $\beta$  が  $f(\beta|\theta)$  という分布を持つ場合、分布から引き出された  $\beta$  を  $\beta'$  と書くことに

3) ML モデルはパラメータが分布することに焦点を当てた場合には Random Parameter モデルと呼ばれ、代替パターンの柔軟性に焦点を当てた場合は Error Components モデルとも呼ばれる (Revelt and Train [1998], Brownstone and Train [1999])。



し、ドローの回数を  $R$  とする。 $f(\beta|\theta)$  からの  $\beta^r$  ドローを行うことで、その  $\beta^r$  のもとでの選択確率  $L_{ni}(\beta)$  を計算できる。このシミュレートされた確率の平均値は、

$$\hat{P}_{ni} = 1/R \sum_{r=1}^R L_{ni}(\beta^r)$$

となり、この確率は真の確率  $P_{ni}$  の一致推定量である。シミュレートされた対数尤度関数 (Simulated Log Likelihood, SLL) は、 $d_{ni}$  を当該選択肢が選択された場合に 1、選択されていない場合に 0 をとるインジケータ関数を利用することで、

$$\text{SLL} = \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J d_{nj} \ln \hat{P}_{nj}$$

となる。このシミュレートされた対数尤度関数の最大値を与える  $\theta$  がシミュレートされた最尤推定量となる。

ML モデルでは、ベイズの定理 (Bayes' Theorem) に基づいて、実際の選択データをもとに、個人レベル別にパラメータの条件付分布を計算することが可能である (Revelt and Train [2000])。回答者  $n$  の選択プロファイル  $y_n$  を所与とした  $\beta$  の事後確率分布は

$$h(\beta|y_n) = P(y_n|\beta)f(\beta) / \int P(y_n|\beta)f(\beta) d\beta$$

と書ける。

実際の ML モデルの推定では、パラメータが正規分布に従うと仮定した。シミュレートされた最尤 (Maximum Simulated Likelihood) 法で推定を行い、100回のハルトン・ドローを用いた<sup>4)</sup>。また、回答者に8回繰返し質問するため、データを一種のパネルとして、ランダム・イフェクト分析を用い、パラメータ

4) 一般に、モンテカルロ・シミュレーションよりも、ハルトン・シーケンス (Halton sequence) を用いたシミュレーション法が効率的な推定結果をもたらすと言われ、100回の抽出で十分に安定した推定結果が得られることが知られている (Halton [1960], Bhat [2001], Train [2003])。

のドローを8回繰返し利用した。

ML モデルの推定で用いる説明変数は、次の通りである。

TIME (∴時間選好率 $=1 - \text{TIME}$ )

RISK (∴相対的危険回避度 $=1 - \text{RISK}$ )

4つの嗜癖行動に従って、カテゴリー化すると、 $2^4=16$ 分割される。16カテゴリー毎に時間選好率、危険回避度を測定すると、1カテゴリー当たりのサンプル数が非常に小さくなり、推定の効率性が落ちる。そこで、嗜癖行動毎に、嗜む者と嗜まない者に分け、それぞれ、時間選好率、危険回避度を測定する。

#### 4 推定結果

ここでは、ML モデルの推定結果を検討する。表3に推定結果を掲載している。推定結果には、ランダム・パラメータが正規分布することを仮定し、パラメータ毎に平均と標準偏差が出力される。推定結果は喫煙、飲酒、パチンコ、競馬の別に掲載されている。まず、TIME を、見てみよう。平均値は全て  $t$  値が統計的に有意で、標準偏差も  $t$  値が統計的に有意である。次に、RISK を見てみよう。平均値は全て  $t$  値が統計的に有意で、標準偏差はパチンコ、競馬を除いて  $t$  値が統計的に有意である。

#### 5 嗜癖行動別に見る時間選好率、危険回避度

ここでは、推定結果をもとに、嗜癖行動の別に、時間選好率、相対的危険回避度を計測する。計測された数値は表4に掲載されている。表4(a)は、喫煙、飲酒、パチンコ、競馬を「嗜む」者の時間選好率、相対危険回避度を表している。表4(b)は、喫煙、飲酒、パチンコ、競馬を「嗜まない」者の時間選好率、相対危険回避度を表している。そして、表4(c)は、「嗜む」者と「嗜まない」者の選好の差の  $t$  テストの結果を表している。

以上から分かることを、次のように、2つに要約できる。

- 喫煙、パチンコ、競馬に関しては、「嗜む」者の方が、「嗜まない」者より

表3 選好パラメータ ML モデル推定結果

(a) 喫煙		(b) 飲酒	
サンプル No.	404*8	サンプル No.	513*8
対数尤度関数	-1665.2	対数尤度関数	-2148.9
初期尤度関数	-2240.3	初期尤度関数	-2844.7
McFadden R2	0.2567	McFadden R2	0.2446
変数名	推定値	変数名	推定値
TIME	平均値	平均値	0.0505
	標準偏差	標準偏差	0.0263
RISK	平均値	平均値	0.7779
	標準偏差	標準偏差	0.4068
	標準誤差	標準誤差	有意性
	0.0068		***
	0.0061		***
	0.0714		***
	0.1605		**
(c) パチンコ		(d) 競馬	
サンプル No.	222*8	サンプル No.	100*8
対数尤度関数	-518.8	対数尤度関数	-2889.4
初期尤度関数	-704.2	初期尤度関数	-3837.3
McFadden R2	0.2633	McFadden R2	0.2470
変数名	推定値	変数名	推定値
TIME	平均値	平均値	-0.0790
	標準偏差	標準偏差	0.0465
RISK	平均値	平均値	0.8695
	標準偏差	標準偏差	0.0477
	標準誤差	標準誤差	有意性
	0.0116		***
	0.0102		***
	0.1245		***
	0.2965		***

Note1: \*\*\* significant at the 1% level, \*\* significant at the 5% level, \* significant at the 10% level.

Note2: スペースの節約のため、非喫煙、非飲酒、非パチンコ、非競馬の推定結果は省略

表4 時間選好率, 相対危険回避度

(a) 喫煙, 飲酒, パチンコ, 競馬を「嗜む」者の時間選好率, 相対危険回避度

		喫煙	飲酒	パチンコ	競馬
時間選好率 -TIME	推定値	0.066	0.051	0.065	0.079
	標準誤差	0.007	0.005	0.012	0.018
相対危険回避度 1-RISK	推定値	0.086	0.222	0.152	0.131
	標準誤差	0.071	0.061	0.124	0.161

(b) 喫煙, 飲酒, パチンコ, 競馬を「嗜まない」者の時間選好率, 相対危険回避度

		非喫煙	非飲酒	非パチンコ	非競馬
時間選好率 -TIME	推定値	0.045	0.074	0.054	0.053
	標準誤差	0.005	0.011	0.005	0.004
相対危険回避度 1-RISK	推定値	0.300	0.074	0.196	0.192
	標準誤差	0.079	0.105	0.058	0.056

(c) 「嗜む」者と「嗜まない」者の選好の差のtテスト

		喫煙 v. 非喫煙	飲酒 v. 非飲酒	パチンコ v. 非パチンコ	競馬 v. 非競馬
tテスト統計量	時間選好率	47.1***	27.7***	10.4***	13.1***
	相対危険回避度	36.6***	17.8***	3.9***	3.5***

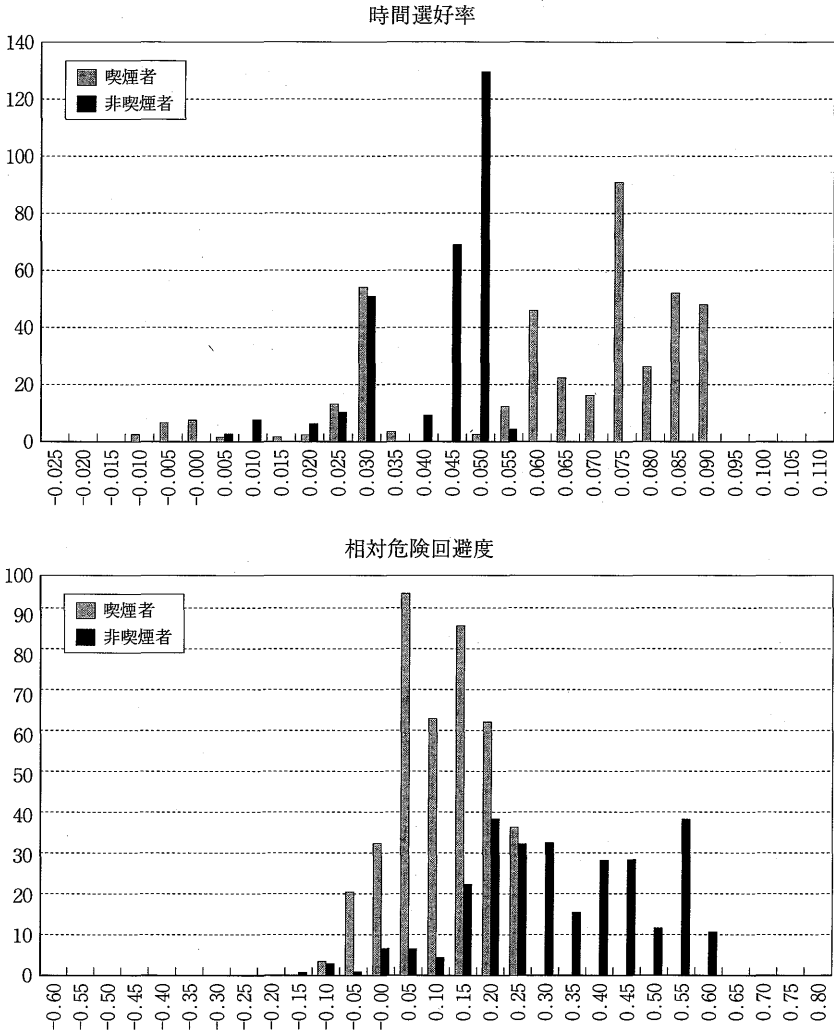
Note: \*\*\*significant at the 1% level, \*\*significant at the 5% level, \*significant at the 10% level.

も, 時間選好率が高く, 相対危険回避度も低い。その差は統計的に有意である。

- ・飲酒に関しては, 「嗜む」の方が, 「嗜まない」者よりも, 時間選好率が低く, 相対危険回避度も高い。その差は統計的に有意である。

本論文では推定に ML モデルを用い, ランダム・パラメータが正規分布すると仮定している。ML モデルでは, ベイズの定理に基づいて, 実際の選択データをもとに, 個人レベル別にパラメータの条件付分布を計算できる (Revelt and Train [2000])。図2は, 喫煙者と非喫煙者の別に, 時間選好率, 相対危険回避度の条件付パラメータ分布を掲載している。選好の条件付分布

図2 選好パラメータの条件付分布



における個人間多様性が大きいことが判る。

喫煙者の方が、非喫煙者よりも、時間割引において衝動的であるという発見は先行研究の結果とも整合的である (Mitchell [1999], Bickel et al. [1999], Odum et al. [2002], Baker et al. [2003], Reynolds et al. [2004], Ohmura et al. [2005])<sup>5)</sup>。他方で、従来、必ずしも、喫煙と危険態度の間には明確な関係が観察されてこなかった (Mitchell [1999], Reynolds et al. [2003], Ohmura et al. [2005])。今回、時間選好率と危険回避度を同時に測定した我々の研究において、喫煙者の方がより危険愛好的であることが判ったことは、興味深い発見と言えよう。しかしながら、我々の分析について留保すべき事項を述べたい。今回の我々の分析は、喫煙習慣と時間選好、危険選好の相関関係を調べただけであり、両者の因果性については何も言えない。つまり、時間割引と確率割引で衝動的な者ほど喫煙をする傾向にあるのか、喫煙すると衝動的になる傾向があるのかは判らない。因果性を決定するにはさらに精緻な分析が必要であり、今回の研究の範囲を超えてしまう。因果性の分析は次の研究課題として、ここではこれ以上深入りしない。

## 6 飲酒の頻度別に見る時間選好率、危険回避度

飲酒のみ、「嗜む」者と「嗜まない」者の時間選好率、危険回避度の大小関係が予想と逆であった。「酒は百薬の長」の諺にある通り、適度な飲酒は衝動性を抑制するのではないか。逆に、飲酒の頻度が上がると、ある閾値を超えれば、「嗜む」者の方が衝動的になるのではないだろうか。

そこで、飲酒の定義を、週一、2日に一度、毎日と変え、時間選好率、危険回避度を測定し直してみた。計測された数値は、表5に掲載されている。表5(a)は、飲酒「嗜む」者の時間選好率、相対危険回避度を表している。表5(b)は、飲酒「嗜まない」者の時間選好率、相対危険回避度を表している。表5(c)は、

5) もっとも喫煙と衝動的遅滞割引の関係が明らかになったのはそれほど昔のことではない。例えば、有名なFuchs [1982] は時間選好率と喫煙の相関は弱いと報告している。

表5 飲酒の頻度と時間選好率, 相対危険回避度

## (a) 飲酒「嗜む」者の時間選好率, 相対危険回避度

		週 一	2日に一度	毎 日
時間選好率 -TIME	推 定 値	0.048	0.052	0.059
	標 準 誤 差	0.006	0.008	0.013
相対危険回避度 1-RISK	推 定 値	0.212	0.185	0.057
	標 準 誤 差	0.081	0.116	0.013

## (b) 飲酒「嗜まない」者の時間選好率, 相対危険回避度

		週 一	2日に一度	毎 日
時間選好率 -TIME	推 定 値	0.061	0.056	0.055
	標 準 誤 差	0.006	0.005	0.005
相対危険回避度 1-RISK	推 定 値	0.179	0.192	0.208
	標 準 誤 差	0.070	0.058	0.055

## (c) 飲酒「嗜む」者と「嗜まない」者の選好の差の t テスト

		週 一	2日に一度	毎 日
t テスト統計量	時間選好率	27.2***	5.8***	3.1***
	相対危険回避度	5.8***	0.7	57.4***

Note : \*\*\*significant at the 1% level, \*\*significant at the 5% level, \*significant at the 10% level.

飲酒「嗜む」者と「嗜まない」者の選好の差の t テストの結果を表している。

以上から分かることを, 次のように, 2つに要約できる。

- 週一飲酒の定義では, 「嗜む」者の方が, 「嗜まない」者よりも, 時間選好率が低く, 危険回避度が高い。
- 他方で, 毎日飲酒の定義では, 「嗜む」者の方が, 「嗜まない」者よりも, 時間選好率が高く, 危険回避度が低い。

従って, 飲酒の定義を狭めれば, 時間選好率は高く, 危険回避度は低くなる事が分かる。

## IV 嗜癮行動の相互依存性

本節では、嗜癮行動の相互依存性の実証分析結果について説明する。

## 1 2段階プロビット推定モデル

ここでは、4つの嗜癮行動（喫煙、飲酒、パチンコ、競馬）の間の相互依存性の方向性と大きさを推定するモデルを解説する。その際、モデルは、4本の同時方程式モデルとなり、嗜癮行動間の内生性を考慮に入れる必要がある。

ここでは、Nelson and Olson [1978] に従い、2段階プロビット推定法を用いる。第一段階で、各嗜癮行動の方程式毎に、誘導型をプロビット推定する。ここで、用いる外生変数は、年齢、性別（女性ダミー）、既婚ダミー、子供数、世帯所得（千円）、有職ダミー、大卒ダミー、そして時間選好率、危険回避度である。第二段階で、各嗜癮行動の予測選択確率を操作変数として、構造型をプロビット推定する。ここで、用いる説明変数は、嗜癮行動の操作変数（予測選択確率）、年齢、性別（女性ダミー）、時間選好率、危険回避度、その他統計的に有意な外生変数とする。

それでは、2段階プロビット推定をより詳しく解説しよう。同時プロビットシステム (Simultaneous Probit System) を次のように置く。

$$Y_{ki}^* = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^K \alpha_{kj} Y_{ji}^* + \beta'_k X_i + \varepsilon_{ki}, \quad k=1, \mathbf{K}, K \quad (1)$$

$$Y_{ki}^* = \pi'_k X_i + \nu_{ki}, \quad k=1, \mathbf{K}, K \quad (2)$$

$$Y_{ki} = \begin{cases} 1 & \text{if } Y_{ki}^* > 0 \\ 0 & \text{if } Y_{ki}^* \leq 0 \end{cases} \quad (3)$$

ここで、 $Y_{ki}^*$  は、意思決定者  $i$  が嗜癮行動  $k$  をとる時の効用を示す潜在的被説明変数とする。 $Y_{ki}$  は、嗜癮行動をとる場合に1、そうでない場合に0となる観察された離散的被説明変数である。 $X_i$  は、外生変数ベクトルである。 $\alpha_{kj}$ 、 $\beta_k$ 、 $\pi_k$  は、未知パラメータである。 $\varepsilon_i = (\varepsilon_{i1}, \mathbf{K}, \varepsilon_{iK})$ 、 $\nu_i = (\nu_{i1}, \mathbf{K}, \nu_{iK})$  は、 $K$



次元多項正規分布  $N(0, \Omega)$  に従う誤差項である。(1)式は、潜在的な説明変数を含む構造型である。他方で、(2)式は、潜在的な説明変数を含まない誘導型である。ここで、2段階プロビット推定は次のように行われる。

1. 誘導型(2)式の  $K$  本の方程式をプロビット法を用いて推定し、 $\pi_k^*$  を求める。そして、 $\hat{Y}_{ki}^* = \pi_k^* X_i$  を操作変数とする。
2. 構造型(1)式の右辺の  $Y_{ki}^*$  を、 $\hat{Y}_{ki}^*$  によって置き換え、別々にプロビット法を用いて推定する。この時、構造型(1)式の推定値は不偏で、漸近的に正規分布に従う<sup>6)</sup>。このような2段階プロビット推定の例としては、Evans et al. [1992], Evans et al. [1995], Brooks et al. [1998] がある。

## 2 推定結果

ここでは、推定結果を検討する。表6に2段階目のプロビット・モデルの推定結果を掲載している。説明変数は、第1段階で推定された嗜癖行動の予測選択確率、時間選好率、危険回避度、その他統計的に有意な外生変数である。

まず、嗜癖行動の選択確率のパラメータから見てみよう。嗜癖行動のパラメータが正である場合、ある行動から別の行動へ正の相互依存性が働いていると結論できる。分かったことを、次のように要約できる。

- 喫煙に有意な正の相互依存性を持つのは、飲酒、パチンコである。
- 飲酒に有意な正の相互依存性を持つのは、喫煙と競馬である。
- パチンコに有意な正の相互依存性を持つのは、喫煙と競馬である。
- 競馬に有意な正の相互依存性を持つのは、飲酒とパチンコである。(喫煙は有意な負の相互依存性を持つ。)

次に、時間選好率、危険回避度のパラメータを見てみよう。嗜癖行動は衝動的な選好の帰結であると見なすならば、時間選好率の期待される効果は正、危険回避度の期待される効果は負である。分かったことを、次のように要約できる。

6) 第2段階推定時において、漸近的な共分散行列の補正が必要である (Murphy, K. M. and R. H. Topel [1985])。

表6 2段階プロビット・

## (a) 喫 煙

サンプル No.	692
対数尤度関数	-633.4
初期尤度関数	-959.3
McFadden R2	0.3398

変 数 名	推定値	標準誤差	有意性	弾力性
定数項	-0.7049	0.2272	***	
飲酒	0.8416	0.1361	***	0.328
パチンコ	0.5794	0.2967	*	0.226
競馬	-0.2301	0.2741		-0.090
時間選好率	45.9375	3.6435	***	1.021
相対危険回避度	-10.0123	0.8206	***	-0.696
年齢	-0.0150	0.0057	***	-0.238
大卒ダミー	0.0166	0.0077	**	0.022

## (c) パチンコ

サンプル No.	692
対数尤度関数	-616.6
初期尤度関数	-959.3
McFadden R2	0.3573

変 数 名	推定値	標準誤差	有意性	弾力性
定数項	-0.4088	0.1768	**	
喫煙	0.2568	0.1045	**	0.107
飲酒	0.1279	0.1446		0.053
競馬	1.3355	0.1944	***	0.558
時間選好率	15.3153	4.3360	***	0.357
相対危険回避度	-3.8184	0.6703	***	-0.296
年齢	-0.0168	0.0072	**	-0.286
結婚ダミー	-0.2853	0.1416	**	-0.200

モデル推定結果

(b) 飲 酒

サンプル No.	692
対数尤度関数	-606.8
初期尤度関数	-959.3
McFadden R2	0.3674

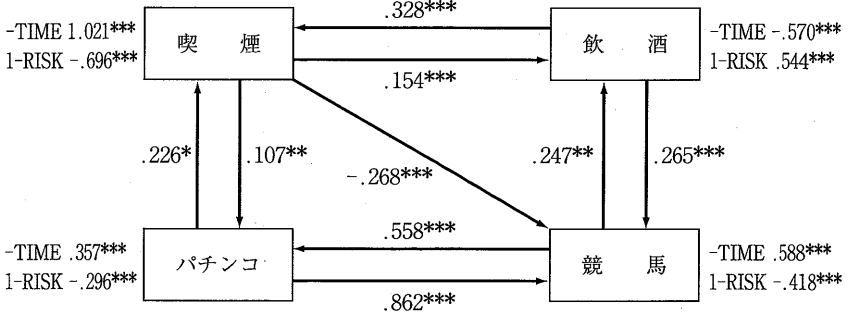
変 数 名	推定値	標準誤差	有意性	弾力性
定数項	-1.3120	0.2602	***	
喫煙	0.4732	0.1129	***	0.154
パチンコ	-0.2249	0.3202		-0.073
競馬	0.7569	0.3230	**	0.247
時間選好率	-30.8143	3.6200	***	-0.570
相対危険回避度	9.1743	0.6854	***	0.544
女性ダミー	0.3774	0.1569	**	0.167
年齢	0.0284	0.0061	***	0.3765
有職ダミー	0.7467	0.1491	***	0.157

(d) 競 馬

サンプル No.	692
対数尤度関数	-431.5
初期尤度関数	-959.3
McFadden R2	0.5502

変 数 名	推定値	標準誤差	有意性	弾力性
定数項	-0.2350	0.2490		
喫煙	-0.5705	0.1284	***	-0.268
飲酒	0.5630	0.1929	***	0.265
パチンコ	1.8336	0.3002	***	0.862
時間選好率	22.2070	4.3187	***	0.588
相対危険回避度	-4.8550	0.5756	***	-0.418
女性ダミー	-1.2039	0.2351	***	-0.766
所得	-0.1634	0.0558	***	-0.243

図3 相互作用分析結果



Note1: \*\*\* significant at the 1% level, \*\* significant at the 5% level, \* significant at the 10% level.

Note2: Figures are elasticities.

- 喫煙、パチンコ、競馬に関しては、予想通りの効果が観察される。他方で、飲酒に関しては、予想と反対の効果が観察される。
- その他、女性ダミー、年齢も嗜癖行動に有意な影響を与えていることが観察される。

### 3 嗜癖行動の相互依存性

ここでは、推定結果を基に、嗜癖行動の相互依存性を検討する。図3は、嗜癖行動の統計的に有意な相互依存性を矢印で表している。数字は、選択確率の弾力性である。例えば、喫煙の選択確率が1%上昇すると、飲酒の選択確率は0.154%上昇する。また、時間選好率が1%上昇すると、喫煙の選択確率は1.021%上昇する。

分かったことを次のように要約できる。

- 喫煙と飲酒の間には、高度に有意な正の相互依存性が存在する。
- パチンコと競馬の間にも、高度に有意な正の相互依存性が存在する。
- 喫煙とパチンコの間には、有意な正の相互依存性が存在する。
- 飲酒と競馬の間にも、有意な正の相互依存性が存在する。
- 喫煙と競馬、飲酒とパチンコの間には相互依存性があるとは言えない。

表7 毎日飲酒者の2段階プロビット・モデル推定結果

サンプル No.	692			
対数尤度関数	-779.4			
初期尤度関数	-959.3			
McFadden R <sup>2</sup>	0.1875			
変数名	推定値	標準誤差	有意性	弾力性
定数項	-0.2098	0.2071		
喫煙	0.2839	0.0985	***	0.112
パチンコ	-1.1261	0.2754	***	-0.446
競馬	0.4394	0.2612	*	0.174
時間選好率	5.5386	2.6309	**	0.122
相対危険回避度	-0.5200	0.2293	**	-0.038
女性ダミー	-0.0423	0.1213		-0.123
年齢	0.0096	0.0044	**	0.154
有職ダミー	0.4372	0.1202	***	0.117

Note: \*\*\*significant at the 1% level, \*\*significant at the 5% level, \*significant at the 10% level.

- 時間選好率、危険回避度は、喫煙、パチンコ、競馬に、予想通りの影響を与える。

以上の発見は、直感的にも、納得できる。喫煙と飲酒は、しばしば、自宅、レストラン、あるいはリゾート先で一緒に行う行為である。従って、両者の間で、高度な相関依存が存在し得る。また、パチンコと競馬はギャンブルであり、一方を好む者は、他方を好むことも大いにあり得る。他方で、競馬場では喫煙規制を設ける所が増え、パチンコでは禁酒とが多く、同じ時間に双方を行うことは難しい。従って、喫煙と競馬、飲酒とパチンコには相関がないとしても不思議ではない。

時間選好率が高いほど、あるいは危険回避度が低いほど、喫煙、パチンコ、競馬の選択確率が高くなるということは過去の選好研究から妥当である。しかし、飲酒だけは、時間選好率が低いほど、あるいは危険回避度が高いほど、選択確率が高くなるという直感と逆の傾向が見られた。

#### 4 飲酒の頻度別に見る嗜癖行動の相互依存性

飲酒に対して、時間選好率、危険回避度の効果が、予想に反していたのは、酒を一滴でも飲むか飲まないかという飲酒の定義が広すぎたからかもしれない。そこで、飲酒の定義を「毎日飲酒すること」として、2段階プロビット・モデルを再推定した。推定結果は表7に掲載されている。

その結果、時間選好率、危険回避度の効果は予想通りに転じた。従って、飲酒の定義を狭く取れば、飲酒と時間／危険選好には予想通りの関係がある。

### V 結 論

時間や危険に関する選好パラメータの測定と、嗜癖行動の関係の分析は行動経済学の重要な課題である。なぜならば、喫煙や飲酒に伴う疾病リスクの増大は国民医療費の増大を招き、ギャンブルに伴う家計の破綻は大きな社会問題となっている。我々は、こうした嗜癖行動の間の水平的な相互依存性——クロスアディクション——と、その背後に存在する時間選好率／危険回避度の多様性を計量的に分析した。

本論文で明らかになったことは、次の通りである。第一に、喫煙、飲酒、パチンコ、競馬のような嗜癖行動の間には相互依存性が存在する。特に、喫煙と飲酒の間、パチンコと競馬の間には強い相互依存性が存在する。従って、嗜癖行動から脱出するには、一つの嗜癖だけを止めるだけでは不十分で、全ての嗜癖を一緒に止めることが望ましく、それだけに嗜癖行動から脱出することは難しい。第二に、喫煙、頻繁な飲酒、パチンコ、競馬は、高い時間選好率、低い危険回避度という選好と結びついている。従って、嗜癖行動へのはまりやすさには個人差があり、時間選好、危険選好を織り込んだ予防対策が必要である。

本論文は幾つかの課題を手つかずに残した。まず、嗜癖行動間の水平的相互依存性は分析したが、それぞれの嗜癖行動の垂直的相互依存性は分析しなかった。水平的相互依存性と垂直的相互依存性の総合が次の研究課題である。さらに、嗜癖行動と時間選好、危険選好の関係を分析したが、それらの因果性分析

については踏み込んでいない。以上を、今後の研究の課題としたい。

#### 参考文献

- Akerlof, G. [1999]. "Procrastination and Obedience," *American Economic Review*, 81: pp. 1-19.
- Alessi, S. M. and N. M. Petry [2003]. "Pathological Gambling Severity Is Associated with Impulsivity in a Delay Discounting Procedure," *Behavioral Processes*, 64: pp. 345-354.
- Anderhub, V., W. Guth, U. Gneezy, and D. Sonsino [2001]. "On the Interaction of Risk and Time Preferences: An Experimental Study," *German Economic Review*, 2: pp. 239-253.
- Baker, F., M. W. Johnson, and W. K. Bickel [2003]. "Delay Discounting in Current and Never-before Cigarette Smokers: Similarities and Differences across Commodity, Sign, and Magnitude," *Journal of Abnormal Psychology*, 112: pp. 382-92.
- Barsky, R. B., F. T. Juster, M. S. Kimball, and M. T. Shapiro [1997]. "Preference Parameters and Behavioral Heterogeneity: An Experimental Approach in the Health and Retirement Study," *Quarterly Journal of Economics*, 112: pp. 537-579.
- Becker, G. S. and K. M. Murphy [1988]. "A Theory of Rational Addiction," *Journal of Political Economy*, 96: pp. 675-700.
- Bernheim, B. D. and A. Rangel [2005]. "Behavioral Public Economics: Welfare and Policy Analysis with Non-standard Decision Makers," NBER Working Paper, #11518.
- Bhat, C. [2001]. "Quasi-random Maximum Simulated Likelihood Estimation of the Mixed Multinomial Logit Model," *Transportation Research B*, 35: pp. 677-693.
- Bickel, W. K., A. L. Odum, and G. J. Madden [1999]. "Impulsivity and Cigarette Smoking: Delay Discounting in Current Never, and Ex-smokers," *Psychopharmacology*, 146: pp. 447-454.
- Brownstone, D. and K. E. Train [1999]. "Forecasting New Product Penetration with Flexible Substitution Patterns," *Journal of Econometrics*, 89: pp. 109-129.
- Brooks, J., A. C. Cameron, and C. A. Carter [1998]. "Political Action Committee Contributions and U. S. Congressional Voting on Sugar Legislation," *American Journal of Agricultural Economics*, 80: pp. 441-454.

- Evans, W. N., W. E. Oates, and R. M. Schwab [1992]. "Measuring Peer Effects: A Study of Teenage Behavior," *Journal of Political Economy*, 100: pp. 966-991.
- Evans, W. N. and R. M. Schwab [1995]. "Finishing High School and Starting College: Do Catholics Make a Difference?," *The Quarterly Journal of Economics*, 110: pp. 941-974.
- Fishburn, P. C. and A. Rubinstein [1982]. "Time Preference," *International Economic Review*, 23: pp. 677-94.
- Frederick, S., G. Lowenstein, and T. O'Donoghue [2002]. "Time Discounting and Time Preference; A Critical Review," *Journal of Economic Literature*, 40: pp. 351-401.
- Fuchs, V. [1982]. "Time Preferences and Health: An Exploratory Study," in V. Fuchs (ed.), *Economics Aspects of Health*, University of Chicago Press.
- Halton, J. [1960]. "On the Efficiency of Evaluating Certain Quasi-random Sequences of Points in Evaluating Multi-dimensional Integrals," *Numerische Mathematik*, 2: pp. 84-90.
- Kahneman, D. and A. Tversky [1979]. "Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk," *Econometrica*, 47: pp. 263-291.
- Kan, K. [2007]. "Cigarette Smoking and Self-control," *Journal of Health Economics*, 26: pp. 61-81.
- Keren, G. and P. Roelofsma [1995]. "Immediacy and Certainty in Intertemporal Choice," *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 63: pp. 287-297.
- Koopmans, T. C. [1960]. "Stationary Ordinal Utility and Impatience," *Econometrica*, 28: pp. 287-309.
- Louviere, J. J., D. A., Hensher and J. D. Swait [2000]. *Stated Choice Methods*, Cambridge University Press.
- Madden, G. J., N. M. Petry, G. J. Bodger, and W. K. Bickel [1997]. "Impulsive and Self-control Choices in Opioid-dependent Patients and Non-drug-using Control Participants: Drug and Monetary Rewards," *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 5: pp. 256-262.
- Madden, G. J., W. K. Bickel, and E. A. Jacobs [1999]. "Discounting of Delayed Rewards in Opioid-dependent out Patients: Exponential or Hyperbolic Discounting Function?," *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 7: pp. 284-293.
- McFadden, D. and K. E. Train [2000]. "Mixed MNL Models of Discrete Choice Models of Discrete Response," *Journal of Applied Econometrics*, 15: pp.



447-470.

- Messinis, G. [1999]. "Habit Formation and the Theory of Addiction," *Journal of Economic Surveys*, 13: pp. 417-442.
- Mitchell, S. H. [1999]. "Measures of Impulsivity in Cigarette Smokers and Non-smokers," *Psychopharmacology*, 146: pp. 455-464.
- Murphy, K. M. and R. H. Topel [1985]. "Estimation and Inference in Two-Step Econometric Models," *Journal of Business and Economic Statistics*, 3: pp. 370-379.
- Nelson, F. and L. Olson [1978]. "Specification and Estimation of a Simultaneous-Equation Model with Limited Dependent Variables," *International Economic Review*, 19: pp. 695-709.
- Odum, A. L., G. J. Madden, and W. K. Bickel [2002]. "Discounting of Delayed Health Gains and Losses by Current, Never- and Ex-smokers of Cigarettes," *Nicotine and Tobacco Research*, 4: pp. 295-303.
- Ohmura, Y., T. Takahashi, and N. Kitamura [2005]. "Discounting Delayed and Probabilistic Monetary Gains and Losses by Smokers of Cigarettes," *Psychopharmacology*, 182: pp. 508-515.
- Orphanides, A. and D. Zervos [1995]. "Rational Addiction with Learning and Regret," *Journal of Political Economy*, 103: pp. 739-758.
- Petry, N. M. [2001]. "Pathological Gamblers, with and without Substance Use Disorders, Discount Delayed Rewards at High Rates," *Journal of Abnormal Psychology*, 110: pp. 482-487.
- Petry, N. M. and T. Casarella [1999]. "Excessive Discounting of Delayed Rewards in Substance Abusers with Gambling Problems," *Drug and Alcohol Dependence*, 56: pp. 25-32.
- Rachlin, H., A. Raineri, and D. Cross [1991]. "Subjective Probability and Delay," *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 55: pp. 233-44.
- Rachlin, H. and E. Siegel [1994]. "Temporal Patterning in Probabilistic Choice," *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 59: pp. 161-176.
- Revelt, D. and K. Train [1998]. "Incentives for Appliance Efficiency in a Competitive Energy Environment: Random Parameters Logit Models of Households' Choices," *Review of Economics and Statistics*, 80: pp. 647-657.
- [2000]. "Specific Taste Parameters and Mixed Logit," Working Paper No. E00-274, Department of Economics, University of California, Berkeley.
- Reynolds, B., K. Karraker, K. Horn, and J. B. Richards [2003]. "Delay and Prob-

- ability Discounting as Related to Different Stages of Adolescent Smoking and Non-smoking," *Behavioural Processes*, 64 : pp. 333-344.
- Reynolds, B., J. B. Richards, K. Horn, and K. Karraker [2004]. "Delay Discounting and Probability Discounting as Related to Cigarette Smoking Status in Adults," *Behavioural Processes*, 65 : pp. 35-42.
- Samuelson, P. [1937]. "A note on Measurement of Utility," *Review of Economic Studies*, 4 : pp. 155-61.
- Stigler, G. J., and G. S. Becker [1977]. "De Gustibus Non Est Disputandum," *American Economic Review*, 67 : pp. 76-90.
- Takahashi, T. [2005]. "Loss of Self-control in Intertemporal Choice May Be Attributable to Logarithmic Time-perception," *Medical Hypotheses*, 65 : pp. 691-693.
- Train, K. E. [2003]. *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge University Press.
- Von Neumann, J. and O. Morgenstern [1953]. *Theory of Games and Economic Behaviour*, Princeton University Press.
- Winston, G. C. [1980]. "Addiction and Backsliding : A Theory of Compulsive Consumption," *Journal of Economic Behavior and Organization*, 1 : pp. 295-324.
- Yi, R., X. de la Piedad, and W. K. Bickel [2006]. "The Combined Effects of Delay and Probability in Discounting," *Behavioral Processes*, 73 : pp. 149-155.