

# 遅延価値割引研究の展望

川 嶋 健太郎

遅延価値割引 (delay discounting または temporal discounting) とは報酬が得られるまでの遅延によって、報酬の価値が低下することである。一般的に、すぐに獲得できる報酬のほうが遅延報酬よりも好まれる。例えば、「すぐにもらえる10万円」と「1年後にもらえる10万円」のどちらかを選べといわれれば、たいていの人は「すぐにもらえる10万円」を選ぶ。しかし、「すぐにもらえる1万円」と「1年後にもらえる10万円」ではどうであろうか？多くの人が遅延報酬である「1年後にもらえる10万円」を選択するだろう。

本稿では遅延価値割引を記述する代表的な割引関数、測定方法、分析方法などを紹介する、また主に人間を被験者とした場合に遅延価値割引に影響を与える要因、選好逆転、確率価値割引との関連についての研究を概観する。

## 1. 遅延価値割引とは

人間を対象とした遅延価値割引実験では、遅延報酬に対してすぐに獲得できる即時報酬の量を調整することで遅延により価値がどの程度減少するか測定する。「10年後にもらえる10万円」と「すぐにもらえる  $x$  円」といった選択肢が提示されたとしよう。即時報酬の金額  $x$  円を徐々に上昇または下降させ、被験者がほぼ同じ頻度で2つの選択肢を選ぶ  $x$  の金額が6万円だとすると、この6万円が遅延報酬の主観的等価点 (または主観的価値、無差別点、現在価値などとも呼ばれる) である。

### 1-1. 割引関数

遅延によって報酬の主観的価値がどのように変化するかを表すモデルである、割引関数が複数提案されている。ここでは主な3つを紹介する。

図1の各グラフでは、横軸に遅延時間、縦軸に遅延報酬の主観的価値をとり、遅延が長くなるほど、主観的価値が低下していく割引関数を表している。

#### 指数型 (exponential function)

指数関数型の割引関数は、式(1)であらわされる。ここで  $A$  は報酬額、 $D$  は遅延、 $k$  は割引

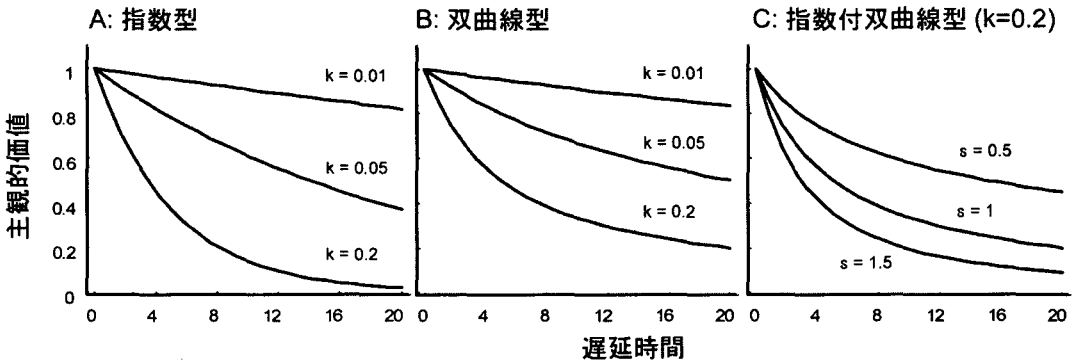


図1 遅延価値割引関数

A: 指数型 ( $V = A e^{-kD}$ )、B: 双曲線型 ( $V = A/(1+kD)$ )、C: 指数付双曲線型 ( $V = A/(1+kD)^s$ )。

率、 $V$ は遅延報酬の主観的価値（現在価値）である。

$$V = A e^{-kD} \quad (1)$$

図1 Aは  $k=0.01$ 、 $0.05$ および $0.2$ の指数型割引関数を表している。指数型割引関数は初期の経済学での規範的な割引関数であり、遅延により価値が常に一定の割合で低下していくと仮定している。銀行に複利で預金することのちょうど逆と考えるとわかりやすい。銀行に年利10%で預けた場合、10,000円は1年後には11,000円になる。次の年にも10%の利子がついて、12,100円となる。逆に見ると、1年後の11,000円、2年後の12,100円の現在価値は10,000円である。

#### 双曲線型 (hyperbolic function)

双曲線型割引関数は、式(2)であらわされる。式中の文字は指数型割引関数と同じである。

$$V = \frac{A}{1+kD} \quad (2)$$

図1 Bは  $k=0.01$ 、 $0.05$ および $0.2$ の双曲線型割引関数を表している。指数関数型割引関数と比較すると、双曲線型割引関数の特徴は短い遅延で急激に主観的価値が低下するものの、遅延が長くなると主観的価値の低下が緩やかになることである。双曲線型割引関数は多くの人間、動物の遅延価値割引実験の結果とよく適合する割引関数であり、報酬の遅延の逆数に比例している。

Mazur (1987) は指数関数型、双曲線型を含む複数の割引関数を提案し、ハトを使った実験で双曲線型割引関数が最もよくデータを説明できることを示している。

#### 指数付双曲線型割引関数 (hyperbola-like function)

指数付双曲線型割引関数は、式(3)で表される。 $s$ は報酬量および遅延時間に対する感度を表すパラメータである。

$$V = \frac{A}{(1+kD)^s} \quad (3)$$

図1Cはkを0.2に固定して、s=0.5、1および1.5の指数付双曲線型割引関数を表している。s=1の場合には、式(2)の双曲線型割引関数と同じである。

指数付双曲線型割引関数は双曲線関数に指數的要素を追加したものである (Green, Fry, & Myerson, 1994; Loewenstein & Prelec, 1992). Green et al. (1994) は、単純な双曲線型よりも指数付双曲線型割引関数のほうが実験結果に対して当てはまりが良いことを示した。また Myerson & Green (1995) は双曲線型割引関数に追加されたsについて、反復選択モデル、期待値モデルによって理論的に意味づけをしている。反復選択モデルにおいては、sは被験者にとって“量”と“時間”の尺度が線形的に対応していないことにより必要になるスケールパラメータであり、個人差をあらわしていると考えられる。このため異なる選択状況においても、同じ個人においてはsは一定とする。一方、期待値モデルでは、遅延報酬の割引は、遅延中に報酬をもらえなくなるリスク(確率)によると仮定している。sが現れる原因は反復選択モデルと同様に、“量”と“確率”の尺度が線形的に対応していないことによる。ここでもsは個人差をあらわしているため、同じ個人においてはsは一定となると考えられる。

以上3種類の割引関数が主に分析に用いられるが、指数型はデータへの当てはまりがよくないため、双曲線型が最も有力な割引関数である。ただしパラメータはひとつ増えるが指数付双曲線型のほうがよりデータへの当てはまりがよいためしばしば用いられている。

### 1-2. 遅延価値割引に影響を与える要因

遅延価値割引に影響を与えるさまざまな要因が報告されている。Green et al. (1994) は老人、青年、子供を対象に遅延価値割引実験を行い、双曲線型割引関数に当てはめたところ、年齢が高いほど遅延報酬の価値が割り引かれづらいたことがわかった。また Green, Myerson, Lichtman, Rosen, & Fry (1996) は所得水準と年齢が価値割引に与える影響を調べた。高収入の青年、高収入の高齢者、低収入の高齢者を対象にし、双曲線型割引関数に当てはめたところ、低収入の高齢者においてk値がその他の群と比較して高かった。所得が高い人ほど遅延報酬の価値が割り引かれにくいことを示している。

また報酬量によって割引率が変化するという実験結果が多く報告されている。例えば遅延された1,000ドルまたは10,000ドルの報酬について主観的等価点を測定し双曲線型割引関数をあてはめた場合に、1,000ドルに対するk値は10,000ドルのk値に比べて大きい。報酬量が大きくなるほど割引率が小さくなり、報酬量効果と呼ばれている (Raineri & Rachlin, 1993; Green et al., 1994; Kirby & Marković, 1996). Green, Myerson, & McFadden (1997) は遅延報酬として100

ドル、2,000ドル、25,000ドル、100,000ドルを使用して、報酬量の割引率に対する影響を調べた。その結果、100ドルから25,000ドルまでは報酬量が増えるにしたがって、双曲線型割引関数の  $k$  値は低下したが、25,000ドルから100,000ドルの間ではほとんど変化がなかった。

Green et al. (1997) は報酬量による割引率低下について期待値モデル、反復選択モデルから説明を試みている。期待値モデルによる説明では、報酬量が多いほど受け取れる可能性が高いため（例えば報酬が得られることを忘れない、たとえ減ったとしてもかなり残っているはずなど）である。一方、反復選択モデルによる説明では、被験者は報酬量が多いほど潜在的な選択の可能性が少ないと見積もり、繰り返し選択をする時間が少なくなるためである。しかし、どちらの説明も実験的に検証されていないため、報酬量効果が起こる原因は確かめられていない。

報酬量効果を取り入れた価値割引関数も提案されている。Kirby (1997) は双曲線型割引関数にあてはめて得られる  $k$  値が報酬量によってどのように変化するかを調べた。この結果、報酬量が増えるにしたがってほぼ直線的に  $k$  値が減少した。また報酬量効果を調べた過去の研究を再分析した結果においても  $k$  値は報酬量が増えるにしたがってほぼ直線的に減少していた。Kirby (1997) は  $k$  値を報酬量によって変化させる、修正版双曲線型割引関数を提案している。

$$V = \frac{A}{1 + bA^m D} \quad (4)$$

ここで  $b$  および  $m$  は報酬量を独立変数、 $k$  値を従属変数として当てはめた回帰直線の切片 ( $b$ ) および傾き ( $m < 0$ ) である。 $k = bA^m$  となっているが、これは対数変換した  $k$  値が報酬量に直線的に対応すると仮定しているためである。

ここまでは報酬や個人差の要因であったが、より社会的な要因である経済環境も遅延価値割引判断に影響を与えるという実験結果がある。Ostaszewski, Green, & Myerson (1998) はポーランドの通貨 (zloty) とアメリカドルで、遅延価値割引および確率価値割引を比較している。実験が行われた時期のポーランドの経済環境の変化およびアメリカの経済環境との違いは大きかった。1989年から1993年までの (旧) zloty の平均インフレ率 (年率) は約100%だった (1年後には物の値段が2倍になる程度)。その後、1995年に新 zloty が導入されインフレ率は安定した。一方でこの1989年から1996年のドルのインフレ率は安定していた (2~3%程度)。ポーランドではドルを利用して買い物ができる店もあったため、ポーランドの人々は zloty とドルの両方を使用し、インフレ率の違いを経験していた。実験1では1994年に報酬が旧 zloty の場合とドルの場合とで、指数付双曲線型割引関数の  $k$  値を比較した。この結果、報酬が旧 zloty の場合の  $k$  値はドルが報酬の  $k$  値よりも高く、強い割引を示した。実験3では1996年に安定したインフレ率の新 zloty を報酬とした場合とドルを報酬とした場合と同様に  $k$  値を比較した。この結果、新 zloty とドルで割引曲線はほぼ同じであった。

このように、通貨への信頼感、インフレ率といった経済環境によっても遅延価値割引は影響を

受けると考えられる。直感的に言っても、インフレーションが起こっている場合には遅延された報酬の購買力は低下するので割引率が高くなると考えられる。しかし、経済環境の影響を実験的に検証することは困難である。経済環境は実験者によってコントロールすることができないため、そのほかの要因が影響している可能性があるからである。例えば、Ostaszewski et al. (1998) の問題点として、金利の影響を考えていない点が上げられる。ポーランドの金利は1994年の28.8%、1996年は20.3%であった。金利はインフレ率と同様に遅延価値割引に強い影響を与えていたと推測される。また実験3が行われた1996年当時も新 zloty のインフレ率はドルのインフレ率と比較して非常に高かった点も問題である。

### 1-3. 主観的等価点測定方法

ここでは遅延価値割引実験で用いられる、主観的等価点の測定方法について列挙する。各方法はそれぞれ長所と短所があり、測定する際にはどの方法を用いるか検討するべきである。

#### 一般的方法

Rachlin, Raineri, & Cross (1991) が用いた方法で、多くの遅延価値割引実験で用いられている。実験材料として遅延報酬と即時報酬の金額が書かれたカードが用いられることが多い。ひとつの遅延について上昇系列・下降系列で選択が変更される金額の平均を主観的等価点とする。例えば100ドルの遅延報酬について、上昇系列の場合には即時報酬を0ドルからスタートし、即時報酬を選択するまで(例えば5ドルきざみで)段階的に即時報酬を増額させる。次に、下降系列の場合には100ドルからスタートし、遅延報酬を選択するまで段階的に即時報酬を減額する。このようにして最も短い遅延から長い遅延について順に主観的等価点を調べる。

一般的方法の長所は、指数型・双曲線型などの割引関数に当てはめやすい主観的等価点を容易に得られることである。他の方法と比べて結果に大きなばらつきが少ない。一方、短所は主観的等価点を測定するための選択回数が多く、測定に時間がかかってしまうことである。また短い遅延から長い遅延へという順序や、上昇・下降系列の順序を被験者が了解するため、以前の選択結果の影響を受けて、後の選択を行ってしまう可能性がある。

#### Adjusting delay 手続き

Mazur (1987) が用いた方法で主に動物を被験体とした場合に用いられる。小さくてすぐの報酬 (Smaller and Sooner: SS) と大きくて後の報酬 (Larger and Later: LL) の2つの選択肢を用意する。SSの報酬量・遅延は固定し、被験体がSS選択肢を選んだ場合には、LL選択肢の遅延を短くする。一方、LL選択肢を選んだ場合にはLL選択肢の遅延を長くする。こうして、SS選択肢とLL選択肢を選ぶ確率がほぼ等しくなるLL選択肢の遅延が得られる。このときのSS選択肢とLL選択肢の報酬・遅延の組が主観的等価点となる。SS選択肢の遅延を変更して、上記の手続きを繰り返すと、一連の主観的等価点を得ることができる。

Adjusting delay 手続きの短所は、人間を被験者とした場合には実験に非常に長い時間がかかること、SS 選択肢にも遅延があるため遅延報酬の現在価値を測定していないことである。

#### Adjusting amount 手続き

Adjusting delay 手続きでは遅延を被験者の反応に応じて調整していたが、adjusting amount 手続きでは報酬量を調整することで主観的等価点を調べる (Richards, Zhang, Mitchell, & DeWit, 1999)。LL 選択肢の報酬量を固定して、調べたい遅延を複数用意しておき (例えば報酬量は1,000ドルで、遅延は3日、1週間、1ヶ月、1年など)、ランダムに提示する。SS 選択肢の遅延は0 (すぐもらえる) とし、報酬量の初期値は0とする。被験者が LL 選択肢を選んだ場合には、SS 選択肢の報酬量を所定の範囲内でランダムに増加させる。一方、SS 選択肢を選んだ場合には、所定の範囲内でランダムに低下させる。SS 選択肢の報酬量に変化しなくなった時点での、SS (即時報酬) の報酬量を LL (遅延報酬) の主観的等価点とする。

Adjusting amount 手続きの長所は、遅延時間・即時報酬の金額がランダムであるため一般的方法と比較して、被験者に実験者の意図を悟られにくいことである。また必要な選択回数も少なく済むため、実験時間を短くできる。Adjusting delay 手続きのように遅延を変更していないため、割引曲線を容易に得ることができる。短所は手続きが複雑であること、一般的手法と比べて得られる主観的等価点にばらつきが多いことである。

#### Second-bid auction

Kirby (1997) で用いられた、ゲーム理論により理論的に正確であると証明された遅延報酬の正確な主観的価値測定方法である。複数の被験者がオークションに参加し、提示された遅延報酬に対して値つけ (bid) をする (例えば、「15日後の10ドル」が提示され、この報酬を得るために今すぐいくら払っても良いと思いますか? と聞かれる。ある人は5ドルと値段をつけ、別の人は7ドルとつける)。2番目に高くつけられた値段で、最も高い値段をつけた人が競り落とすことになる。こうすることで被験者には値段を吊り上げるインセンティブがなくなり、被験者一人ひとりが本当に感じている値つけをすることが最適な方略になる。このため被験者がつけた値段が遅延報酬の主観的等価点となる。

Second-bid auction の長所は、その他の精神物理学的な方法と異なり、ゲーム理論による裏づけがある測定方法であることである。短所はオークション中に自分が本当に感じている値段をつけることが最適な方略であることを被験者に説明する必要があることである。被験者はオークションになれておらず、最適な戦略を理解し、その通り値段をつけているのか疑問が残る。

#### 1-4. 報酬支払方法

ここでは人間を被験者とした場合の報酬の支払い方法について説明する。ほとんどの場合は金銭的な報酬をあたえるが、時にはビデオゲームや写真を見るなどの報酬が与えられることもある。

## 仮想的な報酬

実験中に即時報酬、遅延報酬の選択をするが、実際には報酬は支払われない。人間を被験者としたほとんどの実験で用いられる (Rachlin et al., 1991; Green, et al., 1994)。

報酬が実際には支払われないため、被験者の選択の信頼性に疑問が残る。しかし、Johnson & Bickel (2002) は仮想的な報酬と選択結果の一つをランダムに支払う方法で遅延価値割引を比較した結果、当てはまりのよい割引関数、および割引率に違いがないことを示している。ただし、金銭以外の報酬 (例えば騒音の除去、ビデオゲームなど) の場合の  $k$  値と比べて、仮想的な報酬の  $k$  値は大幅に低い点には注意をするべきである (Navarick, 2004)。

## 選択結果の一つをランダムに支払う方法

実験中に即時報酬、遅延報酬の選択を数十回行うが、そのうちの1つがランダムに選ばれ実際に支払われる (即時の場合には実験後すぐ、遅延報酬で1ヵ月後の場合などは、ちょうど1ヵ月後に郵送で支払う) (Kirby, 1997; Richards, et al., 1999)。被験者には事前にランダムに1つの選択のみの報酬であることを教示しておく。実際に金銭を支払うといっても、数多くの選択のうちの一つという確率的な報酬になっている点が問題である。

## 後でお金と交換できるポイント

実験中の報酬はポイントであり、実験後にポイントをお金と交換できる (Rodriguez & Logue, 1988)。この場合、遅延報酬を選んでも、即時の報酬を選んでも、実際に価値のあるお金がもらえるのはずっと後になる (遅延される)。このため、ポイントをお金に交換するまでの時間が即時報酬・遅延報酬の選択に影響を与えてしまう (Hyten, Madden, & Field, 1994)。

## 1-5. 分析方法の問題点

遅延価値割引実験では、被験者ごとに主観的等価点を測定し、個人データおよびグループデータ (中央値) について、指数型・双曲線型・指数付双曲線型割引関数を当てはめて  $k$  値を推定し、条件ごとに  $k$  値および決定係数 ( $R^2$ ) を比較するものがほとんどである。しかし、この分析方法にはいくつか問題点がある。

まず割引関数モデルを比較する際に、決定係数を使用する点である。一般にパラメータ数が増えるほど決定係数から見たモデルのデータへの当てはまりはよくなる。指数型・双曲線型ではパラメータはひとつ、指数付双曲線型では2つであるので、指数付双曲線型の決定係数は高くなりやすい。AIC など、モデルのパラメータ数を考慮した指標を使用するべきである。

また報酬量などの条件間の比較に、 $k$  値を従属変数として  $t$  検定・分散分析などをする点である。 $k$  値自体が双曲線型割引モデルなどに主観的等価点データを当てはめて推測されたものであること、また  $k$  値の分布が偏っている (正規分布しない) こと、から  $k$  値を割引率の指標として分析することには問題がある。そこで Myerson, Green, & Warusawitharana (2001) はモ

デルに依存せず、分布に大きな偏りがない指標として Area Under the Curve を提唱した。Area Under the Curve は x 軸に遅延時間、y 軸に主観的等価点を取った際に主観的等価点同士を結んだ線と x 軸、y 軸に囲まれた部分の面積である。

## 2. 遅延価値割引に関連した研究トピック

### 2-1. 選好逆転

遅延価値割引曲線はセルフコントロール選択場面での選好逆転の説明に用いられてきた。セルフコントロール選択場面では、遅延が短い報酬量も小さい SS 選択肢と、獲得するまでには長い遅延がある報酬量の大きい LL 選択肢のどちらかを選択させる。SS 選択肢は衝動性選択肢、LL 選択肢はセルフコントロール選択肢とも呼ばれる。SS 選択肢を選ぶことは長い目で見ると不利であり衝動的である。一方、LL 選択肢を選ぶことは結局有利であるが、我慢を必要とするため自己制御（セルフコントロール）的である。このような選択は日常場面でも多くある。例えば、目の前においしいケーキがあるが、今はダイエット中で甘いものをひかえている場合などである。ケーキを食べればおいしいが、太ってしまうので衝動性選択肢である。我慢して食べないことはスタイルがよくなり、長期的に見て高い報酬であるためセルフコントロール選択肢である。

選好逆転現象とは、ある時点での SS・LL 選択肢に対しての選好が、時間の経過によって逆転することである。例えば、「1ヵ月後にもらえる6万円」と「1年後にもらえる10万円」の間の選択で、ある人が「1年後にもらえる10万円」を選んだとしよう。1ヵ月後、「すぐにもらえる6万円」と「11ヵ月後にもらえる10万円」の間の選択を行い、今度は「すぐにもらえる6万円」のほうを選んだならば、選好逆転が起こったといえる。最初の時点と1ヵ月後の時点で、2つの選択肢の支払い時期の違い（遅延）は共に11ヶ月で変わらないのに、選択が変わっているからである。

選好逆転現象の説明として、人間および動物の遅延価値割引関数が双曲線型であるためという説明がされている。もしも割引関数が指数型の場合には、図2Aのように割引曲線が交差することはなく、SSおよびLL選択肢の主観的価値の順位に変化はない。このため指数型割引関数の場合には選好逆転は起らない。一方、割引関数が双曲線型であるならば、遅延の初期で急激に割引かれ、遅延時間が長くなるにつれて割引がゆるくなるという双曲線型割引関数の性質から、図2Bのように割引曲線が交差することがあり得る。X時点ではLL選択肢のほうがSS選択肢よりも主観的価値が高いが、Y時点では逆転している。

このように双曲線型割引関数はセルフコントロール場面での選好逆転を説明できるため、指数型割引関数よりも支持されている。しかし、Green & Myerson (1993) は指数型割引関数であっても、報酬量に比例して割引率が低下するならば、選好逆転が説明できることを示した。図3では指数関数型割引関数において割引率  $k$  が報酬量に応じて変化することで選好逆転が起こるこ



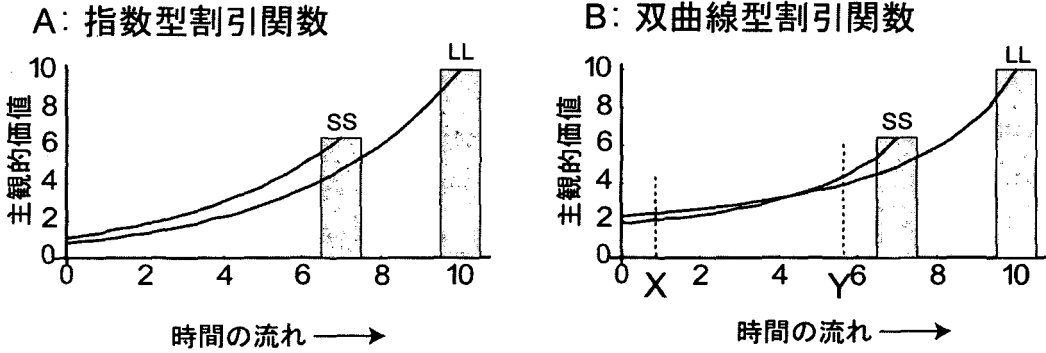


図2 SS選択枝およびLL選択枝の時間経過による主観的価値の変化  
A: 指数型割引関数の場合、B: 双曲線型割引関数の場合

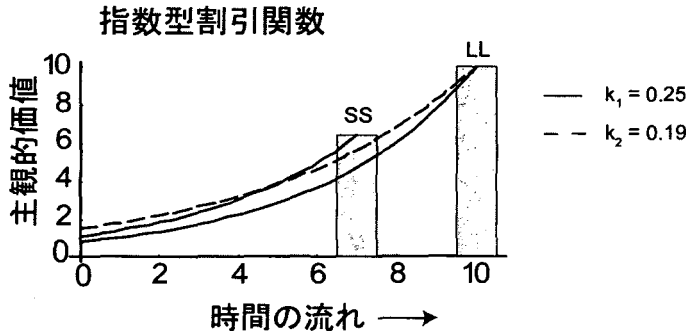


図3 報酬量によって割引率 $k$ の値が変化する場合 ( $k_1=0.25$ ,  $k_2=0.19$ ) に指数型割引関数モデルの割引曲線も交わることもあり、選好の逆転が見られる。

とを説明している。実線の曲線はSSおよびLL選択枝とともに $k$ 値が0.25の場合を示している。実線の曲線は交わらないので選好逆転は起こらない。破線の曲線ではLL選択枝のみ $k$ 値が0.19とした場合で、SS選択枝の実線の曲線と交わり、選好逆転が起こる。このため選好逆転現象を説明できるだけでは、指数型・双曲線型のどちらが人間および動物の割引曲線であるかを判別することはできない。

### 2-2. 確率価値割引との関連

確率価値割引とは、報酬獲得が確率的であることによって、報酬の価値が低下することである。例えば、「確実にもらえる100万円」と「50%でもらえる100万円」を比較すると、「50%でもらえる100万円」のほうが価値が低いと感じるだろう。確率についても遅延と同様の双曲線型割引関数による価値割引モデルが提唱されている (Rachlin, et al., 1991)。

$$V = \frac{A}{1 + h\theta} \quad (5)$$

$$\Theta = \frac{1-p}{p} \quad (6)$$

ここで  $V$  は確率報酬の主観的価値、 $A$  は報酬量、 $h$  は遅延価値割引での割引率  $k$  と同様のパラメータ、 $p$  は報酬を獲得できる確率である。 $\Theta$  は odds against とよばれ、繰り返しくじを引いたときに、「あたり」を引く前に「はずれ」を引く回数の平均値である。例えば、4分の1の確率 ( $p=0.25$ ) であたるくじの場合の odds against は 3 で、あたるまで平均して 3 回はずれを引くことになる ( $\Theta = (1-0.25)/0.25 = 0.75/0.25 = 3$ )。ある確率で当たるくじを繰り返し引くことを考えてみると、確率が高いほどあたりを引くまでに少ない回数で済み、確率が低いと何度もくじを引かなければならなくなる。くじの“確率”は当たるまでの“遅延”と同じと考えられる。

Rachlin, et al. (1991) は人間を被験者として確率報酬の割引についての実験を実施した結果、式(5)の双曲線型割引関数のほうが指数型(式(1)の  $D$  を  $\Theta$  としたもの)よりも当てはまりがよいことを示した。また遅延報酬と確率報酬を対にした選択肢を提示して、遅延価値割引と確率価値割引の対応についても調べた。この結果、遅延(対数)と odds against(対数)の間に直線的な関係があることが示された。

Rachlin, Louge, Gibbon, & Frankel (1986) は選択研究における認知的なアプローチ(プロスペクト理論)と行動的アプローチ(matching 法則など)が類似していることを示している。特に認知的なアプローチにおける“確率”は行動的アプローチでの“遅延”に対応しているとして、確率価値割引と遅延価値割引を以下のように結び付けている。

確率  $p$  であたりを引けるくじを繰り返し引く状況において、 $t$  を試行間隔、 $c$  を試行時間とすると、当たりの出るまでの平均待ち時間  $D$  は

$$D = \frac{t+c}{p} - t \quad (7)$$

である。ここで  $c$  が十分に短いとすると

$$D = \frac{t}{p} - t = t \left( \frac{1}{p} - 1 \right) = t \left( \frac{1-p}{p} \right) = t \Theta \quad (8)$$

となり、 $\Theta$  (odds against) は離散試行で確率的報酬が得られるまでの遅延と考えられるとした。

一方で、遅延と確率では価値割引のプロセスが異なるとする研究もある。Ostaszewski, et al. (1998) ではインフレ時のポーランド通貨 zloty とアメリカドルで遅延報酬の割引と、確率報酬の割引を比較している。この結果、zloty の遅延報酬はドルと比較して高い割引率を示したが、確率報酬の場合にはポーランド通貨とドルとで割引率に違いが見られなかった。Green, Myerson, & Ostaszewski (1999) は遅延報酬と確率報酬で報酬量効果を比較した。この結果、報酬が大きいほど、遅延報酬の場合には割引率が小さくなるが、確率報酬の場合には反対に割引率が高くなった。Green & Myerson (2004) は遅延および確率価値割引とともに指数付双曲線

型割引関数で記述できるものの、同じプロセスにより価値割引が行われているとはいえないと主張している。

### 2-3. 損失の割引

報酬だけではなく、損失についても価値割引が研究されている (Thaler, 1981)。Benzion, Rapoport, & Yagil (1989) は経済学を学んだ学生を対象に、シナリオ (A: 報酬を先延ばし、B: 損失を先延ばし、C: 報酬を早める、D: 損失を早める)、遅延期間 (0.5、1、2、4年) および金額 (40ドル、200ドル、1,000ドル、5,000ドル) という  $4 \times 4 \times 4$  の要因計画で割引率を推定した。例えば、損失先延ばしのシナリオ B では「すぐに支払わなければいけない200ドルの借金があるが、2年後に  $x$ ドル支払ってもよい。今すぐ支払う200ドルに相当する2年後の  $x$ ドルはいくらですか?」といった質問を行った。この結果、報酬を受け取る場合には先延ばししたほうが早めるよりも割引率が高くなるが、損失の場合には反対に早めるほうが先延ばしよりも割引率が高くなった。先延ばし、早めるといったシナリオはプロスペクト理論でのフレームと考えられる。Sherry (1993) は中立フレームを追加して追試したところ、先延ばしフレームでのみ報酬のほうが損失よりも割引率が高いが、中立フレームおよび早めるフレームでは損失のほうが割引率が高かった。Murphy, Vuchinich, & Simpson (2001) は、損失についての経済学者が行った以前の研究での主観的等価点測定方法の問題点を指摘し、フレームの影響を受けない Rachlin, et al. (1991) の一般的な方法で測定を行い、報酬・損失の価値割引曲線を求めた。この結果、損失のほうが報酬よりも割引率 (双曲線型割引関数での  $k$  値) が低いことを示した。

## 3. まとめ

本稿では主に人間を対象とした遅延価値割引研究を概観し、割引関数、測定方法、分析方法を紹介した。これらの研究では主に金銭を報酬として用いるが、実際に報酬を支払うことが困難であるなどの手続き上の問題点もある。また動物に対する餌のような報酬と異なり、金銭は保蔵ができ購買力等も変化するため価値割引に影響を与える経済的要因 (例えば利子率やインフレ率など) も多くなるため注意が必要である。今後は、遅延により価値が割り引かれる原因についての理論的な研究がより必要とされるだろう。特に確率価値割引および損失の価値割引も含めて、認知的アプローチから遅延価値割引を説明する必要があると思われる。

### 引用文献

- Benzion, U., Rapoport, A., & Yagil, J. (1989). Discount rates inferred from decisions: An experimental study. *Management Science*, 35, 270-284.
- Green, L., Fry, A., & Myerson, J. (1994). Discounting of delayed rewards: A life span comparison. *Psychological Science*, 5, 33-36.

- Green, L., & Myerson, J. (1993). Alternative frameworks for the analysis of self-control. *Behavior and Philosophy*, 21, 37-47.
- Green, L., & Myerson, J. (2004). A discounting framework for choice with delayed and probabilistic rewards. *Psychological Bulletin*, 30, 769-792.
- Green, L. & Myerson, J., Lichtman, D., Rosen, S., & Fry, A. (1996). Temporal discounting in choice between delayed rewards: The role of age and income. *Psychology and Aging*, 11, 79-84.
- Green, L., Myerson, J., & McFadden, E. (1997). Rate of temporal discounting decreases with amount of reward. *Memory & Cognition*, 25, 715-723.
- Green, L., Myerson, J., & O'Connell, P. (1999). Amount of reward has opposite effects on the discounting of delayed and probabilistic outcomes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, 418-427.
- Hyten, C., Madden, G. J., & Field D. P. (1994). Exchange delays and impulsive choice in adult humans. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 62, 225-233.
- Johnson, J. W. & Bickel, W. K. (2002). Within-subject comparison of real and hypothetical money rewards in delay discounting. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 77, 129-146.
- Kirby, N. K. (1997). Bidding on the future: evidence against normative discounting of delayed rewards. *Journal of Experimental Psychology: General*, 126, 54-70.
- Kirby, N. K., & Marković, N. N. (1996). Delay-discounting probabilistic rewards: Rates decrease as amounts increase. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3, 100-104.
- Lowenstein, G., & Prelec, D. (1992). Anomalies in intertemporal choice: Evidence and an interpretation. *The Quarterly Journal of Economics*, 107, 573-597.
- Mazur, J. E. (1987). An adjusting procedure for studying delayed reinforcement. In M. L. Gombos, J. E. Mazur, J. A. Nevin, & H. Rachlin (Eds.), *Quantitative analyses of behavior: The effect of delay and of intervening events on reinforcement value* (Vol.5, pp.55-73). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Murphy, J. G., Vuchinich, R. E., & Simpson, C. A. (2001). Delayed reward and cost discounting. *The Psychological Record*, 51, 571-588.
- Myerson, J., & Green, L. (1995). Discounting of delayed rewards: models of individual choice. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 64, 263-276.
- Myerson, J., Green, L., & Warusawitharana, M. (2001). Area under the curve as a measure of discounting. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 76, 235-243.
- Navarick, D. J. (2004). Discounting of delayed reinforcers: measurement by questionnaires versus operant choice procedures. *The Psychological Record*, 54, 85-94.
- Ostaszewski, P., Green, L., & Myerson, J. (1998). Effects of inflation on the subjective value of delayed and probabilistic rewards. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5, 324-333.
- Rachlin, H., Louge, A., Gibbon, J., & Frankel, M. (1986). Cognition and behavior in studies of choice. *Psychological Review*, 93, 33-45.
- Rachlin, H., Raineri, A., & Cross, D. (1991). Subjective probability and delay. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 55, 233-244.
- Raineri, A., & Rachlin, H. (1993). The effect of temporal constraints on the value of money and other commodities. *Journal of Behavioral Decision Making*, 6, 77-94.
- Rodriguez, M. L., & Logue, A. W. (1988). Adjusting delay to reinforcement: comparing choice in pigeons and humans. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 14, 105-117.

- Richards, J. B., Zhang, L., Mitchell, S. H., & De Wit, H. (1999). Delay or probability discounting in a model of impulsive behavior: effect of alcohol. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 71, 121-143.
- Sherry, M. K. (1993). Outcome signs, question frames and discount rates. *Management Science*, 39, 806-815.
- Thaler, R. (1981). Some empirical evidence on dynamic inconsistency. *Economics Letters*, 8, 201-207.