

タイトル	時間割引と不確実性
著者	鈴木, 修司; Suzuki, Shuji
引用	北海学園大学経営論集, 19(2): 1-21
発行日	2021-09-25

時間割引と不確実性

鈴木 修 司

我々は待たされるのが嫌いだ。だから、同じモノが手に入るならば、早い方を選ぶ。ときには、量が少ないモノだったとしても、品質が劣っているモノだったとしても、すぐに手に入るという理由で敢えて選ぶこともある。そのような意思決定をおこなう理由の1つは、手に入れるまでの時間、すなわち遅延 (delay) の長さによって主観的価値が減少するからである。この現象は時間割引 (temporal discounting) と呼ばれる。時間割引はヒトだけではなくヒト以外の動物でも報告され、それは双曲関数 (hyperbolic function) に従うことが証明されてきた (e.g., Ainsle, 1975; Green & Myerson, 2004; Kirby & Herrnstein, 1995; Mazur, 1987)。そのため、時間割引という現象は普遍的な現象だと考えられる。ところで、なぜ、時間割引は生じるのだろうか？

時間割引の原因として、遅延と関連した不確実性の関与が指摘されている (Frederick, Loewenstein, & O'Donoghue, 2002)。この見方と一致して、時間割引とは、その基礎的過程にはリスク、すなわち、獲得についての不確実性が存在すると主張する研究者たちがおり、彼らの主張は the delay-as-risk hypothesis と呼ばれている (Green & Myerson, 1996; Keren & Roelofsma, 1995; Stephens & Krebs, 1986)。この仮説では、リスクとは遅延の結果として生まれる避けがたいものとされる。例えば、金銭的報酬が手に入るまでの時間が

長ければ長いほど、不測の事態が起き、それが手に入らない可能性は高くなるだろう。また、ヒト以外の動物の場合には、食物の探索に長い時間がかかるほど、その食物を競合者に奪われる可能性が高くなるだろう。このような遅延の長さによって増大する獲得失敗の可能性、言い換えればリスクが主観的価値の低下を引き起こすと考えられる。この仮説に従うと、時間割引の問題は不確実性によって主観的価値が減少する問題と見なすことができるのである (Johnson, Bixter, & Luhman, 2020)。

一方、ある結果の主観的価値がそれを手に入れることができる確率の程度に従って減少することを、確率割引 (probabilistic discounting) と呼ぶ。時間割引が不確実性によって引き起こされるならば、確率割引と時間割引はプロセスを共有していると考えられる。もしプロセスを共有しているならば、2つの割引は同じ挙動を示すはずである。つまり、大きな確率割引を示す人は時間割引率も大きく、その結果、遅延される選択肢を好まない (すなわち、忍耐強くない)。逆に、小さな確率割引を示す人は時間割引率も小さく、その結果、遅延される選択肢を好む (すなわち、忍耐強い) と予測される。ところが、必ずしもそのような結果は報告されていない。そのため、確率割引と時間割引、その間には異なる不確実性が存在する可能性が考えられる。

本論文の構成は以下となっている。まず、時間割引と確率割引に関する研究を紹介し、2つの割引が必ずしも一致しないことを示す。ここでは、主に割引率の相関関係と結果量効果を中心として述べる。続いて、時間割引や確率割引と問題行動の関連性を検討する。一定の時間後に手に入る大きな報酬よりも、すぐに手に入る小さな報酬を選ぶことは、衝動性 (impulsivity) と呼ばれる (Ainslie, 1975; Logue, 1988)。この衝動性には時間割引率の大きさが関連していると考えられている。衝動性は問題行動に繋がる。もし共有プロセス仮説が正しいならば、同様に確率割引と問題行動の間にも関連性が見つかるだろう。ところが、実際には、その予想を肯定する結果と否定する結果の両方が報告されていることを示す。その後、共有プロセス仮説を直接的に検討した研究を紹介する。従来は2つの割引率の相関関係を分析するなど間接的な検証が主流だったが、近年は時間割引の基底にあるプロセスを直接的に検討しようとする試みが始まっている。それらの研究は時間割引には不確実性が関与するという証拠を示しつつある。まだ研究例は少ないが、それらを紹介したい。最後に、今度の研究の方向性を検討する。

1. 価値割引：時間割引と確率割引

様々な要因によって主観的価値が変化すること価値割引 (value discounting) と呼ぶ。意思決定は主観的価値に大きく依存する。そのため、価値割引研究は意思決定領域において重要な課題である。現実世界では、何かを選択したとしてもすぐに手に入ることは少ないし、手に入ることは絶対確実だと言えることも少ない。そのため、時間と確率という変数は多くの意思決定に関わっており、大部分の価値割引研究はそれらに焦点を当ててきた。遅延の長さに従った主観的価値の減少は時間

割引と、そして、確率の程度に従った主観的価値の減少は確率割引と呼ばれる。なお、時間割引研究では、遅延されると主観的価値が増大する事例も報告されている (Lowenstein, 1987)。だが、本稿では、遅延による主観的価値の減少のみを対象とする。

価値割引研究における主要な関心の1つは時間や確率に従って起こる主観的価値の変化を記述することである。時間割引関数は遅延に従った現在価値 (present value) の関数である (Rachlin, Brown, & Cross, 2000)。現在価値とは、遅延された結果と等価だと判断される即時的な結果の大きさである。例えば、実験参加者に対して、1か月後に手に入る\$100と等価である即時的な金額の判断を求める。このとき、1か月後の\$100と等価なのは、即時的な\$90だと判断されると、その時間割引率の大きさは10%だと見なされる。つまり、1か月の遅延によって、主観的価値が10%だけ減少したことを意味する。同様に、確率割引関数は確率の程度に従った確実性等価 (certainty equivalent) の関数である。例えば、実験参加者に対して、95%の確率で手に入る\$100と等価である確実に手に入る金額の判断を求める。このとき、その金額は\$90だと判断されたならば、その確率割引率の大きさは10%だと見なされる。つまり、手に入る確率が100%から95%へと5%だけ減少することによって、主観的価値が10%だけ減少したことを意味する。現在価値や確実性等価はそれに対応する遅延される結果や不確実性をもった結果と主観的価値が等しいという意味から、等価点 (indifference point) と呼ばれる。また、等価点を求めるためには、異時間選択課題やリスク選択課題における選択を分析する方法も用いられている。実際の研究では、遅延の長さや確率の大きさ、そして結果の大きさを広範囲にわたって操作する。そして、それで得られた等価点をもとにして、価値割引を記述する関数を探索することにな

る。

心理学領域における価値割引研究が示した主要な成果の1つは、時間割引と価値割引がともに、双曲割引関数 (hyperbolic discounting function) によって記述可能だと示した点である。Mazur (1987) は時間割引関数として、以下の式を提示した。

$$V = A / (1 + kD) \quad \dots \text{式(1)}$$

この式において、 V は主観的価値、言い換えれば、現在価値を表す。そして、 A は結果の大きさを、 D は結果までの遅延の長さを、そして k は個人ごとに異なる割引の程度を表している。

また、Rachlin, Raineri, and Cross (1991) は確率割引関数として、以下の式を提示した。

$$V = A / (1 + h\theta) \quad \dots \text{式(2)}$$

この式において、 V は主観的価値、言い換えれば、確実性等価を表す。そして、 A は結果の大きさを、 θ は結果を手に入れるオッズの大きさ、すなわち確率の逆数を、そして h は個人ごとに異なる割引の程度を表している。

規範的理論に従うと、時間割引や確率割引は指数関数の形で記述される (Loewenstein & Prelec, 1992)。しかし、数多くの実証的研究は、ヒトおよびヒト以外の動物が実際に示す時間割引 (Green, Fry, & Myerson, 1994; Kirby, 1996; Loewenstein & Prelec, 1992; Mazur, 1987; Myerson & Green, 1995; Thaler, 1981) や確率割引 (Estle, Green, Myerson, & Holt, 2006; Green & Myerson, 2004; Rachlin et al., 1991) はむしろ双曲関数の形の方に適合することを証明してきた。

1-1. 時間割引率と確率割引率の相関

時間割引と確率割引がどちらも双曲関数によって記述可能だという事実は、2つの価値割引が同じプロセスから生じているという仮説を生むことになった。それらの仮説は2つに大きく2つに分類できる。その1つが、the delay-as-risk hypothesis であり、確率割引

をより基礎的過程だと見なしている。他方、時間割引をより基礎的過程だと仮定する the risk-as-delay hypothesis も存在する (Rachlin, Logue, Gibbon, & Frankel, 1986; Rachlin et al., 1991)。この仮説では、不確実性の程度は遅延の長さには反映すると見なす。例えば、確率の低いギャンブルは当たるまでに多くの試行が必要であり、長い時間を要する。また、見つかる可能性が低い食物を探すためには、長い時間が掛かる。このように確率は時間によって記述可能であり、時間の方がより基礎的なものだと主張するのである。もちろん、割引関数の類似性だけでは、どちらがより基礎的過程なのかを判断することは難しい。そのため、時間と確率は意思決定に与える影響は等しいとだけと主張する研究も存在する (Rachlin, et al., 1991; Weber & Chapman, 2005)。

時間と確率、どちらがより基本的だろうと、同じプロセスを共有しているのならば、時間割引率と確率割引率の程度は個人内で相関すると予想できる。この観点から、これまで多くの研究が2つの割引率の相関関係を分析してきたが、その結果が一貫しているとは言い難い。両者の間に正の相関関係があることを報告した研究 (e.g., Myerson, Green, Hanson, Holt, & Estle, 2003; Richards, Zhang, Mitchell, & de Wit, 1999) がある一方で、そのような関係を見いだせなかった研究 (e.g., Green, Myerson, Oliveira, & Chang, 2014; Olson, Hooper, Collins, & Luciana, 2007) も存在する。Johnson et al. (2020) は、26例の研究結果に基づいてメタ分析をおこなった。その結果、2つの価値割引の間にはせいぜい中程度の大きさの相関しか検出できず、2つの価値割引の過程は部分的には共通だが、完全に重複しているとは言えないと結論づけている。

時間割引と確率割引との個人内の相関関係を分析した研究以外でも、共通プロセス仮説と一致しない結果を報告している。時間割引

率の程度は年齢が上がるほど小さくなることが報告されている（Green et al., 1994; Green, Myerson, Lichtman, Rosen, & Fry, 1996; Scheres, Dijkstra, Ainslie, Balkan, Reynolds, Sonuga-Barke, & Castellanos, 2006）。しかし、確率割引では、発達的变化は見られなかったと報告されている（Olson et al., 2007; Scheres et al., 2006）。また、外向性（Externalizing）の高さは時間割引とは関係ないが確率割引と関係があることが示されている（Olson et al., 2007）。

加えて、経済現象や文化の影響が時間割引と確率割引では異なることも報告されている。Ostaszewski, Green, and Myerson (1998) はポーランドで実際に起こったインフレーションが時間割引と確率割引に影響を与えたかを検証した。彼らが注目したのはインフレーションが起きたポーランドの通貨ズロチと、インフレーションが起きていなかったアメリカドルに対する価値割引の違いである。その結果、実際には等価となるようにズロチとアメリカドルの金額を対応させた場合でも、時間割引率はズロチの方が大きく、インフレーション体験が時間割引率に影響を与えたことが示唆された。その一方で、確率割引では通貨の種類による違いは見られなかった。また、Du, Green, and Myerson (2002) は日・米・中の三カ国間で時間割引と確率割引を比較した。そして、時間割引率では日本と比べ米中が大きな割引率を示した一方で、確率割引では米中が最大、中国が最小となることを示した。つまり、同じ文化内でも時間割引率と確率割引が相関するとは限らないのだ。興味深いのは、Ostaszewski et al. (1998) や Du et al. (2002) においても、時間割引と確率割引がともに双曲関数で記述できた点である。つまり、同じ関数で記述可能であるが、そのプロセスまでは同じではないことを意味しているのである。加えて、神経科学分野の研究も共通プロセス仮説に対して否定的な証拠を提示して

いる。fMRI を用いた研究によると、異時間選択とリスク選択では大脳の活性部位が異なるのである（Luhmann, Chun, Yi, Lee, & Wang, 2008; Mobini, Chiang, Ho, Bradshaw, & Szabadi, 2000; Weber, & Huettel, 2008）。

1-2. 時間割引と確率割引における結果量効果

共通プロセス仮説には幾つかの反証があるが、その中で最も強力な発見が価値割引における結果量の効果である（Johnson et al., 2020）。2つの割引が共通のプロセスを介しているのならば、結果量という同一の変数の影響は類似しているはずである。しかし、結果量の効果は時間割引と確率割引では逆方向となることは知られている（e.g., Estle et al., 2006; Green & Myerson, 2004; Johnson et al., 2020）。

時間割引の場合、結果量の小さい場合と比べて、結果量が大きな場合では、割引率は小さい（e.g., Chapman & Weber, 2006; Green, Myerson, & Ostaszewski, 1999; Kirby, 1997）。この現象は Magnitude effect と呼ばれる（Prelec & Lowenstein, 1991）。例えば、手に入るのが本日の\$1と1年後の\$2との選択と、本日の\$1,000と1年後の\$2,000との間の選択を考えてみよう。前者において本日の\$1を選択した人が、後者では1年後の\$2,000を選択するのである。2つの選択肢の結果量は等倍化されているので、式(1)に従えば即時的な選択肢と遅延される選択肢間の相対的な選択は変化しないはずである。しかし、実際には結果量が増大すると、遅延選択肢が選択される可能性は高まる。この選択は結果量の増大に従って、時間割引率は減少することを示している。

時間割引に関する研究では、獲得される結果の題材として、仮想的な金銭を用いることが多い（e.g., Estle et al., 2006; Jones & Oaksford, 2011; Ohmura, Takahasi, & Kitamura,

2005)。しかし、実際に現金が得られる条件下でも同様に Magnitude effect は報告されている (Johnson & Bickel, 2002; Kirby, 1997)。加えて、金銭的な結果以外でも、健康状態 (Chapman, 1996)、レストラン等で支払うチップの金額 (Chapman & Winquist, 1998)、仕事 (Schoenfelder & Hantula, 2003)、人間関係 (Tayler, Arantes, & Grace, 2009) を対象とした場合でも、Magnitude effect が起きたことが報告されている。また、取引上の戦略を採用する誘因の少ない second-bit auction を用いた実験手続きでも、同様の効果が報告されている (Kirby, 1997)。以上から、Magnitude effect は時間割引における代表的な anomaly であり、かつ頑健な現象だと見なされている (Green & Myerson, 2004)。

一方、幾つかの研究は、確率割引では、結果量が大きくなるに従い、割引率が低下することを報告している (Chapman & Weber, 2006; Green et al., 1999; Suzuki, 2015; Weber & Chapman, 2005)。例えば、確実に手に入る \$1 と 50% の確率で手に入る \$2 との間の選択と、確実に手に入る \$1,000 と 50% の確率で手に入る \$2,000 との間の選択を比べてみよう。後者の方が、確実な選択肢を選ぶ人は多いのである。この現象は Peanuts effect と呼ばれる (Prelec & Lowenstein, 1991)。Magnitude effect が頑健な現象であるのに対して、Peanuts effect は観察されなかったという報告 (Holt, Green, & Myerson, 2003) や、たとえ観察されたとしても効果の程度は小さかったという報告 (Weatherly & Derenne, 2013) もある。このような理由の為か、Magnitude effect と比べて、Peanuts effect に関する研究は少ない。Chapman & Weber (2006) によると、Peanuts effect に関する研究が少ない理由は、その効果の生起条件が未解明だったことに原因がある。彼らによると、Peanuts effect が顕著になる条件は、確率の高さと結果量の比率の高さである。つまり、ど

ちらの選択肢を選んでも結果が手に入る確率が高いほど、また、結果をもたらす可能性において 2 つの選択肢の間に大きな差異があるほど、Peanuts effect は生じやすくなるのである。なお、このような結果量の効果を式 (2) は予想しない。

また、遅延割引と確率割引における結果量の効果が異なる要因によって影響を受けることも報告されている。Holt et al. (2003) は賭博者では Magnitude effect と Peanuts effect の両方が観察されたのに対し、非賭博者では Magnitude effect のみが観察されたことを報告した。一方、選択課題ではなく、判断課題を用いた場合には、Peanuts effect は観察されたが、Magnitude effect は観察されなかったという報告もある (Rachlin et al., 2000)。選択課題では比較対象が存在する一方で、判断課題では比較対象は明確ではない。そのため、選択課題では比較が容易な数量的な特徴が重視されるのに対し、判断課題ではその傾向が弱まる (Hsee, 1998; Hsee & Zhang, 2010)。時間割引と確率割引における結果量効果が同じプロセスから派生するならば、その効果は同じ要因から類似の影響を受けるはずである。ところが、課題形式の影響が異なる事実は共通プロセス仮説を支持していない。

ところが興味深いことに、時間割引と確率割引に対する結果量効果には同一の側面もある。結果量の効果は利得領域 (gain domain) では頑健であるが、損失領域 (loss domain) では観察されないことが多いのである。損失でも利得と同様に 2 つの価値割引は双曲関数で記述できる (Estle et al, 2006; Green et al., 2014; Holt, Green, Myerson, & Estle, 2008) が、利得と損失ではその大きさは同じだったとしても、割引率は同じではない。損失に対する割引率は利得に対するよりも小さい (Estle et al., 2006; Mitchell & Wilson, 2010)。これに加えて、多くの研究が損失領域では、どちらの価値割引でも結果量の効果が観察されなかつ

たことを報告している（e.g., Estle et al., 2006; Green et al., 2014; Holt et al., 2008; Mitchell & Wilson, 2010）。つまり、損失の量が変動しても、時間割引率や確率割引率の大きさは一定なのである。このことは利得と損失という結果の種類の違いから影響を受ける部分では、時間割引と確率割引では同じである可能性を示唆している。

利得と損失における割引率の違いを説明する仮説は時間割引研究から提唱されている（e.g., Hardisty & Weber, 2009; Li, Gong, Yin, Qiu, & Hu, 2018; Loewenstein, 1987; Loewenstein & Prelec, 1992）。Loewenstein (1987) は感情の役割を強調することで、この現象を説明した。損失を後回しにすることは、損失の可能性を保持し続けることを意味する。これは負の感情をもたらず。そのため、ヒトは負の感情を解消するために、損失の支払いを早めに完了させようとする。この傾向が即時的な結果の選択、そして時間割引率の低下に繋がるのである。しかし、著者の知る限り、実際に負の感情が影響をしていることを直接的に検証した研究はない。また、Magnitude effect が損失領域でおきない原因として、損失嫌悪の関与が指摘されている（Li et al., 2018; Loewenstein & Prelec, 1992）。損失嫌悪とは、利得よりも損失を重視する傾向のことである（Tversky & Kahneman, 1979）。損失自体が重視されるために、効果量の影響が薄れ、その結果、Magnitude effect が減少すると説明するのである。しかし、これもまた、その仮説を直接的に検証した研究は存在しない。もし共通プロセス仮説が正しいのならば、さきのような説明は確率割引にも当てはまるはずである。ところが、確率割引では、損失領域を分析した研究数が少なく、この点は未解明である。

2. 問題行動と時間割引および確率割引

禁煙や禁酒を実行して健康という喜びを味わうためには、長い時間が掛かる。その一方で、喫煙や飲酒をすると、すぐに快楽を享受できる。そのうえ、禁煙中や禁酒中だったとしても、タバコや酒をすぐに手に入れることはできる。そのため、時間割引率の大きな人は、即時的な誘惑に惹かれた衝動的な選択をしやすいと予想される。もちろん、時間のかかる結果の方が即時的な結果よりも客観的価値は大きいという場合もある（だから、喫煙や飲酒よりも、禁煙や禁酒が推奨されることが多いのだろう）。しかし、意思決定は客観的価値よりもむしろ主観的価値に依存する。そのため、時間割引率が大きくなればなるほど、即時的だが客観的価値の小さい方を選ぶ傾向が強まってしまう。そして、その選択は様々なリスクを含んだ問題に繋がることになる。

この観点に立って、時間割引と多くの問題行動との関連性が検証されてきた。その結果、時間割引率の大きさは次のような多くの問題行動と関連があることが報告された。つまり、喫煙（Bickel, Odum, & Madden, 1999; Mitchell, 1999; García-Rodríguez, Secades-Villa, Weidberg, & Yoon, 2013; Ohmura et al., 2005）、飲酒（MacKillop, Miranda, Monti, Ray, Murphy, Rohsenow, & Gwaltney, 2010; Petry, 2001a; Vuchinich & Simpson, 1998）、薬物中毒（García-Rodríguez et al., 2013; Kirby & Petry, 2004; Petry, 2001b; Reynolds, 2006）、インターネット・ゲーム障害（Tian, Tao, Zheng, Zhang, Yang, Li, & Liu, 2018）。また、肥満の高さ（Amlung et al., 2016; Bickel, Wilson, Franck, Mueller, Jarmolowicz, Koffarnus, & Fede, 2014; Jarmolowicz, Cherry, Reed, Bruce, Crespi, Lusk, & Bruce, 2014; Rasmussen, Lawyer, & Reilly, 2010）やクレジットカードでの借金率や借金

額 (Meier & Sprenger, 2010) も、時間割引率の大きさと相関するのである。加えて、シートベルト着用率や歯医者への受診頻度、日焼け止めの使用など、リスクの可能性を高めるような行動との関連も指摘されている (Daugherty & Brase, 2010; Reimers, Maylor, Stewart, & Chater, 2009)。時間割引と確率割引との関係を考えるときに興味深いのは、不確実性の要素を含む行動、すなわちギャンブルにも時間割引が関係していることを示す証拠が提示されているのである。つまり、常習的にギャンブルをする人々はそうではない人々よりも時間割引率が大きいのである (Dixon, Marley, & Jacobs, 2003; Meier & Sprenger, 2010; Miedl, Peters, & Buchel, 2012; Reynolds, 2006)。

時間割引率は問題行動との相関が報告されているだけではない。縦断的研究は、時間割引率の大きさは喫煙 (Audrain-McGovern, Rodriguez, Epstein, Cuevas, Rodgers, & Wileyto, 2009) や飲酒 (Fernie, Peeters, Gullo, Christiansen, Cole, Sumnall, & Field, 2013; Khurana, Romer, Betancourt, Brodsky, Giannetta, & Hurt, 2013)、薬物使用 (Brody, Yu, Mackillop, Miller, Chen, Obasi, & Beach, 2014)、そして問題的ギャンブル (Nigro, Cosenza, & Ciccarelli, 2017) の予測因子となったことを報告している。このように時間割引は多くの不適応行動との関連が指摘されており、それらの基盤にあるプロセスだとも考えられている (Bickel, Jarmolowicz, Mueller, Koffarnus, & Gatchalian, 2012)。

以上のように時間割引率の大きさは多くの問題行動との関連性が指摘されている。もし共通プロセス仮説が正しければ、確率割引も同様にこれらの問題行動との関連が観察されるはずだと予想される。式(1)と式(2)の類似性から考えると、問題行動をしている時間割引率の大きな人は、確率割引率も大きいと思われるが、ところが、一般的な意味での衝

動性を考えた場合に、式(1)と式(2)の解釈は難しくなる。衝動的な人のイメージは、例えば、商品を眼にしたら即座に購入しようとする人であり、ギャンブルで一攫千金を狙おうとする人だろう。前者はその人の時間割引率が大きいことを意味する一方で、後者は確率割引率が小さいことを意味する。つまり、遅延選択肢を嫌う一方で、不確実性選択肢を好む人である。そこでは、時間割引率と確率割引率は負の相関関係にある。この見方は共通プロセス仮説とは一致しないように思われる。しかし、実際には確率割引率と問題行動との関係はより混沌としている。

確率割引と問題行動との関連を検討した研究は時間割引のそれと比較して少ない。しかし、それらの研究は幾つかの問題行動と確率割引との関連性を指摘している。例えば、問題的または病的なギャンブラーはそうではない人よりも確率割引が小さいことが報告されている (Holt et al., 2003; Madden, Petry, & Johnson, 2009)。このことは、ギャンブラーが確率の変化に敏感ではないことを示しており、ギャンブルを好む行為と整合的である。しかし、その反面、ギャンブルと確率割引との関係を見いだせなかった研究もある (Shead, Callan, & Hodgins, 2008)。また、肥満者 (Rasmussen et al., 2010) や喫煙者 (Reynolds, Richards, Horn, & Karraker, 2004; Olson et al., 2007) は確率割引率が大きいことも報告されている。即時的な誘惑に惹かれた衝動的な選択をしやすい人は時間割引率が大きい。そのため、肥満者や喫煙者が時間割引率も確率割引率も大きいという結果は共通プロセス仮説と一致するように見える。その一方で、喫煙者と非喫煙者で確率割引に違いはなかったという報告もある (Mitchell, 1999)。全体としてみると、時間割引率の大きさと問題行動の関係は単純だったが、確率割引率と問題行動の関係は明確ではないのである。

時間割引と確率割引が1つのプロセスを共

有しているならば、ある問題行動をおこなっている人では、2つの割引はともに同じような傾向を示すはずである。しかし、この点についても、一貫した結果が得られていない。病的ギャンブラーは時間割引率が大きい一方で、確率割引は小さい (Miedl et al., 2012) というように、衝動的な人の一般的イメージと合致する報告はある。ところが、肥満度の高い人 (Rasmussen et al., 2010) や喫煙者 (Reynolds et al., 2004; Olson et al., 2007) はそうでない人と比べ、時間割引と確率割引がともに大きいことを報告した研究も存在する。これらの研究は「衝動的」という言葉で形容される行動は同じプロセスを基礎としているとは限らないことを意味している。

その一方で、問題行動には時間割引と確率割引のどちらか一方のみが関連していたという報告もある。常習的なギャンブラーはそうでない人と比べ、確率割引は小さいが時間割引には違いがない (Holt et al., 2003)。その逆に、時間割引とは関連性があるが、確率割引と関係がないという結果が、喫煙 (Mitchell, 1999)、薬物中毒 (Andrade & Petry, 2021)、インターネット・ゲーム中毒障害 (Tian et al., 2018)、IQ の程度 (Olson et al., 2007) や精神病患者のリスク (Crean, de Wit, & Richards, 2000)、肥満 (Bickel et al., 2014) について報告されている。

以上、時間割引と確率割引に共通のプロセスが存在するかどうかを、2つの現象の相関関係という間接的な証拠から検討してきた。ともに双曲関数で記述可能という点は共通プロセス仮説を支持する。しかし、そこから予測される割引率の相関や結果量効果の類似性、または問題行動との関連性については、支持する研究と支持しない研究が混在しているのが現状だと言えるだろう。

3. 遅延の背後にはリスクあり： The implicit risk hypothesis

近年、時間割引の心理的プロセスを分析することを通じて、共通プロセス仮説を検討しようとする研究が少数ながらも増え始めている。それらの研究が提唱する仮説は、the implicit risk hypothesis と呼ばれる (Jiang & Dai, 2021)。この仮説によると、遅延の中に獲得失敗の可能性、すなわちリスクが知覚されることで、時間割引は起こる。従来の研究では測定対象は割引率の大きさやある変数の操作によって起こる意思決定の変化だった。しかし、the implicit risk hypothesis の検証を目指した研究は、意思決定者が遅延中に知覚する不確実性の有無やその程度を測定しようとしている。

Bialaszek, Marcowski, and Ostaszewski (2018) は、実験参加者に即時的な小さな金額と遅延される大きな金額との選択、すなわち異時間選択課題をおこなってもらった。従来の研究では、その選択結果を分析して時間割引率を算出するだけである。それに加えて、彼らは遅延される金額を選んだ場合に、参加者がその獲得に関して感じる不確実性を測定した。測定に利用されたのは、Subjective probability questionnaire (SPQ) だった。SPQ とは、ある特定の金額が遅延後に獲得できる可能性についての主観的確率を測定するものである (Patak & Reynolds, 2007; Takahashi et al., 2007)。その結果、SPQ の大きさと時間割引率の大きさには、正の相関が観察された。つまり、結果の獲得について大きな不確実性を知覚した参加者ほど、時間割引率が大きくなったのである。また、媒介分析の結果、遅延時間の長さは SPQ を介して、時間割引率に影響したことが明らかとなった。同様の結果は、Patak and Reynolds (2007) も報告している。

Jiang and Dai (2021) は Bialaszek et al.

(2018) を批判的に検討し、発展的な研究をおこなった。彼らによれば、Bialaszek et al. (2018) は時間割引率と SPQ の相関関係を示しただけであり、そのプロセスを直接、検証していない。また、SPQ の測定に際して、遅延中には不確実性が内在する可能性を示した教示を用いたこと、加えて、異時間選択課題と同時にリスク選択課題（すなわち、小さな金額が高い確率で手に入る選択肢と、低い確率だが手に入る金額は大きい選択肢との選択）をおこなったことが課題特性として参加者に影響した可能性を問題視した。

そこで、Jiang and Dai (2021) は知覚される不確実性を直接操作し、時間割引率を分析した。この実験では、実験参加者に対して、実験参加の報酬は実験中の選択課題によって決まると教示した。つまり、即時報酬を選択した場合には、実験直後にその金額が手渡されるが、遅延報酬を選択した場合には、その遅延の日数後（例えば、30 日後）に渡されると教示されたのである。そして、高リスク条件では、支払い受取に対して参加者が知覚するリスクを高めるように、実験者に対して期日通りの支払いを確認する行為をするように促した。一方、低リスク条件では、そのような操作は行わなかった。その結果、時間割引率は高リスク条件の方が高かった。また、この実験では、参加者は異時間選択課題後に、遅延される金額を受け取ることができると思う確率を回答した。その確率の程度は参加者の知覚するリスクの程度だと仮定した。そして、分析の結果、遅延時間の長さは知覚されるリスクを介して時間割引に間接的に影響していることを示した。Jiang and Dai (2021) は the implicit risk hypothesis を直接的に検証し、それを支持した初めての成果だと主張している。

遅延時間の長さ以外の変数が、遅延中に知覚される不確実性を変化させる可能性も示されている。Bialaszek et al. (2018) は、結果量の大きさが不確実性に影響を与えるという報

告をおこなった。彼らの目的は、異時間選択課題における Magnitude effect が遅延において知覚されるリスクと関連性があるかを分析することだった。その結果、知覚されるリスクの程度は利得量の増大に従い減少する一方で、損失量の変化には影響を受けなかったことを示した。Magnitude effect は利得領域では起こるが、損失領域では起きない (e.g., Estle et al., 2006; Green et al., 2014; Holt et al., 2008; Mitchell & Wilson, 2010)。そのため、Magnitude effect は、結果量の大きさが遅延内で知覚されるリスクの程度を変化させることによって起こることが示唆されるのである。

一方、別の観点から、the implicit risk hypothesis を検討した研究もある。Bixter and Luhmann (2015) は以下のように推測した。遅延の中にリスクが知覚されるならば、遅延時間に関する情報を観察した場合にはリスクに関する情報も処理される。そのために、その後にはリスクに関する情報、言い換えれば結果が手に入る確率を観察しても、その影響は小さいだろうと予測したのである。この予測は興味深い問題を提示している。価値割引の基礎研究では、時間と確率のどちらか一方だけを操作することが多い。だが、現実社会では、2つの変数はともに関与する場合が一般的である（例. 胃がんの5年生存率はステージ2で65.0%（全国がんセンター協議会 HP より））。もし Bixter and Luhmann (2015) の予測が正しければ、時間情報と確率情報に対して接する順序によって、意思決定が異なる可能性が浮かび上がってくる。

この予測を検証するために、実験参加者に、2 選択課題をおこなったもらった（例. すぐに手に入る \$16 vs. 21 日後に 80% で手に入る \$30）。最終的にはすべての参加者が同一の 2 選択課題を経験するのだが、時間と確率の情報に接する順序によって 2 群に分けられた。時間情報先行群は、まず時間情報に接する（例. 21 日後に手に入る \$30）。その後、それ

に確率情報を加えられたものに接した（例、21日後に80%で手に入る\$30）。確率情報先行群は最初に確率情報（例、80%で手に入る\$30）に、続いて時間情報を加えられたのである（例、21日後に80%で手に入る\$30）。実験の結果、時間情報先行群の方が割引率は小さく、また選択課題での反応時間が短かったことを示した。この結果を、彼らは次のように解釈した。時間情報に接したときには、そこに内在するリスクの情報処理がおこなわれていた。そのために、その後に確率情報に接したとしても、改めて確率割引をおこなうことも、その処理に時間を費やすことも少なかったというのである。

Bixter and Luhmann (2015) は時間情報や確率情報の一方のみ提示した場合には、価値割引は求めなかった。そのため、実際に時間情報に接したときに、リスクの情報処理を含めた時間割引をおこなったのかは疑問である。しかし、それを補完する結果もある (Bialaszek & Marcowski, 2019; Onculer & Onay, 2008)。Onculer and Onay (2008) の目的は、時間と確率の両方を含む事象に対する価値割引に経路依存性があるかを検証することだった。その実験では3条件を設定した。3つの条件では価値割引の対象は同じだが、時間割引と価値割引の順序が異なると仮定された。同時割引の条件では、1つは遅延と確率の両方を含んだ対象を提示されるので、2つの割引は同時におこなわれると仮定する（質問例、€1000が1か月後に50%の確率で手に入る。それと等価だと思う、今すぐに、そして確実に手に入る金額はいくらか？）。時間割引先行条件では、まず遅延情報のみが提示され、現在価値を回答させる（同、€1000が1か月後に手に入る。それと等価だと思う、今すぐに手に入る金額はいくらか？）。続いて、回答された現在価値に確率情報を付与し、確実性等価を回答させるのである（同、€***が50%の確率で手に入る。それと等

価だと思う、確実に手に入る金額はいくらか？）。確率割引先行条件では、最初に確率情報を提示して確実性等価を、続いて遅延情報を提示して現在価値を回答させた。

もし時間割引と確率割引が独立のメカニズムに基づいているのならば、3つの条件では示される最終的な等価点（すなわち、現在価値かつ確実性等価であるもの）は等しくなるはずである。確かに、同時割引条件と時間割引先行条件では等価点に違いはなかった。ところが、確率割引先行条件では、それらよりも大きな価値割引となったのである。この結果から、彼らは時間と確率の2つの情報を同時に提示された場合には時間割引が、続いて確率割引がおこなわれると主張した。更に重要なことに、彼らの結果は、Bixter and Luhmann (2015) と同様に、先行した時間割引において、リスクに関する情報処理がおこなわれていることを示唆している点である。

the implicit risk hypothesis は遅延割引の基礎に確率割引があると主張する。それならば確率割引の方がより重要と言えるかもしれない。この可能性を示唆する研究結果も報告されている。時間と確率の要素をもつ対象に対する価値割引には、遅延割引よりも確率割引の与える影響の方が大きいのである (Vanderveldet, Green, & Myerson, 2015; Weatherly, Petros, Jonsdottir, Derenne, & Miller, 2015)。Vanderveldet et al. (2015) は5種類の遅延と確率を組み合わせ、確率的に手に入る遅延される選択肢を設定した。そして、その選択肢との等価点を測定した。時間割引と確率割引が同じ影響力を持つならば、時間と確率の変数の影響は加法的または乗法的だろうと予測した。例えば、同じ遅延だったとしても、確率が小さくなれば、より大きな価値割引が観察されるだろうと予測したのである。同様に、確率を同じにしても、遅延の更なる増大はより大きな価値割引に繋がると予測した。この予測通りに、同じ遅延条件（ま

たは確率条件)間で比較すると、確率変数(または遅延変数)の変化に応じて価値割引は変化した。ところが、その変化の程度は確率条件が同じ場合の方が小さかったのである。つまり、確率割引の方が時間割引よりも価値割引全体に与える影響は大きかった。このことは確率という変数は時間という変数よりも、意思決定者にとって重要であることを示唆している。

4. 時間割引の基盤は何か？

前節でみたように、まだ研究例は少ないものの、意思決定者は遅延の中に不確実性を知覚していることを示す証拠が集まりつつある。これらは時間割引と確率割引には共通のプロセスが存在する可能性を支持している。しかし、その一方で、割引率の相関、効果量効果、行動面や心理面との関連性を検証した研究は共通プロセスの存在を支持する証拠ばかりではない。以上から、時間割引と確率割引は部分的に共通のプロセスをもつという結論に至るのは当然だろう。次の焦点は共通な部分は何か、異なるのは何か、この点を明らかにすることである。上述の通り、時間割引は多くの問題行動に関わっている証拠が示されている。そのため、時間割引のメカニズムを理解することは、基礎研究だけでなく応用面でも重要な研究テーマだと言えるだろう。

4-1. 時間割引以外の仮説：時間選好と

固定コスト現在バイアス

衝動的行動は時間割引との関連が指摘されている(Ainslie, 1975; Logue, 1988)が、衝動的行動には、時間割引だけが関与しているのではない。Frederick et al. (2002)は衝動的行動を考える際に、時間割引と時間選好(time preference)を区別する必要性を指摘している。時間選好とは、遅延された効用よりも即時的な効用を好むという傾向のことだ。時間

選好の原因としては、即時的な消費が快楽をもたらす一方で、その先延ばしは不快であることなどが指摘されている(Rae, 1905)。時間選好の存在は当然、即時的な結果を選択することに繋がる。だが、時間選好の観点だけで、衝動的行動をする人を説明しようとする、循環論的説明に陥ってしまう可能性が高い。つまり、ある人が衝動的な行動をする理由を「我慢できない(=先延ばしが嫌いな)人だから」と説明すると同時に、我慢できない理由を「あの人は衝動的な振る舞いをする人だから」と指摘することになってしまいかねない。この欠点を解決するためには、遅延される結果を嫌う、すなわち“我慢できない”理由を説明する必要がある。

もちろん、時間選好というアイデアが時間割引研究の成果と矛盾してはいないという点は留意すべきである。まず、時間選好が時間割引を引き起こすと仮定しても、それは双曲的である。なぜなら、時間選好は時間知覚に依存するからである(Zauberman, Kim, Malokoc, & Bettman, 2009)。知覚される時間の長さは精神物理学の一般原則、つまり、客観的な遅延に対して非線形の凸型の関数(nonlinear convex function)に従っており、これが双曲割引関数の基盤であることが示されている。加えて、時間選好は特性の1つだと見なされている(Frederick et al., 2002)が、それは固定的だとは限らない。時間知覚はブラッキング効果やフレーミング効果を用いることで操作可能であること、そして、その結果、時間割引率が変化することは報告されている(Jiang & Dai, 2021; Rung & Madden, 2018; Zauberman et al., 2009)。割引率が状況要因に依存するということは、個人内でも対象によって時間割引率が異なるという結果と整合的である。例えば、アルコール依存者では酒の方(Petry, 2001a)が、そして健常者では食べ物の方(Estle et al., 2007)が貨幣よりも時間割引率が大きいのである。また、フ

レーミング効果は時間知覚を介して、時間割引率に影響をすることも報告されている (Jiang & Dai, 2021)。ただ、主観的時間、つまり知覚された遅延の長さがどのようなプロセスを経て、時間割引を変化させるのかという疑問は依然として残っている。

時間選好仮説を別の形で表現したものが、固定コスト現在バイアス (fixed-cost present bias) 仮説だと言える。この仮説によると、ヒトは気短であり、結果をすぐに得たいと思っている。即時的な結果を選ばないことは、その欲望 (desire) を抑えることになる。その欲望を犠牲にするためには、一定のコストが必要であり、それが時間割引率となる (Benhabib, Bisin, & Schotter, 2010; Hardisty, Appelet, & Weber, 2013)。Hardisty et al. (2013) は固定コスト現在バイアス仮説によって、Magnitude effect を説明できることを示した。例えば、即時的な結果を望む欲望を抑えるためには \$4 のコストが必要だとしよう。即時的な \$10 と 1 カ月後に得られる \$11 との選択の場合。即時的な結果を得たいという欲望を抑えても手に入る金額は \$1 しか増えない。これは欲望を抑えるために必要な \$4 よりも小さい。そのため、即時的な \$10 が選ばれる。ここで重要なのは、欲望を抑えるために必要なコストは結果量とは無関係だと仮定される点である。そのため、即時的な \$100 と 1 カ月後に得られる \$110 との選択の場合では、後者は選択されることになる。なぜなら、即時的な結果を放棄すると手に入る金額の増加分は \$10 であり、それは欲望を抑えるための \$4 よりも大きいからである。通常の異時間選択課題では、遅延が長いほど大きな結果が提示される。欲望を抑えるためのコストが一定ならば、遅延が増大するに従い次第に遅延される結果を選ぶ可能性は高まるだろう。この傾向は双曲関数とも一致する。

実際に異時間選択課題における選択は多くの要因の影響を受ける (e.g., Jillian, 2018)。

そこで、Hardisty et al. (2013) は選択時に選択理由を言語報告してもらった。そして、選択終了後、その選択理由を参加者自身に幾つかのカテゴリーに分類させた。そのカテゴリーとは、『投資をして利息を稼ぐため (= 機会費用の認識)』、『未来の不確実性 (= 不確実性の知覚)』、『今、お金を得た方が有益』、『早く欲しいから (= 現在バイアスに相当)』、『待つべきだから (= 社会的規範の関与)』などだった。Hardisty et al. (2013) が、このデータを収集した目的は、当然、現在バイアスを支持する更なる証拠を集めることだった。彼らの目論見通りに、現在バイアスに相当すると分類された選択理由は一定数あった (全体の 8.7%)。しかし、同時に、不確実性の知覚 (全体の 16%) も主要な理由であることも示されている。これは機会費用の認識 (全体の 9.2%) よりも多かった。このことは、やはり何らかの不確実性が知覚されることで時間割引が生じていることを示している。

4-2. 時間の中の不確実性と 確率の中の不確実性

the implicit risk hypothesis は遅延の中に不確実性またはリスクを感じる時間が時間割引の原因だとする。しかし、遅延内で知覚される不確実性が、確率割引において主観的価値を減少させる不確実性と同じなのかどうかについては言及されていない。Biataszek et al. (2018) は、SPQ が測定する不確実性は時間割引にのみ関係し、確率割引とは無関係だと主張している。その根拠として、SPQ は不確実性の知覚を測定しているに過ぎないという点を挙げた。しかし、同時に、彼らは SPQ と大きな報酬での確率割引の間には弱い相関関係があったことも報告している。このことから、その2つがまったく無関係だと結論づけるのは難しいだろう。

その違いについては現時点では推測するしかない。敢えて推測するならば、時間と確率、

2つのリスクの違いは非獲得の可能性が明記されているか否かだろう。前者が潜在的リスクならば、後者は顕在的リスク (explicit risk) とも言える。直観的には、通常的时间割引(例. 1か月後に手に入る \$100)と確率割引(例. 50%の確率で手に入る \$100)の間には、2種類の不確実性において異なるように思える。1つは結果量の不確実性、もう1つは結果獲得の不確実性である。結果量の不確実性とは、結果量が変動する可能性のことである。そして、結果獲得の不確実性とは、結果を獲得できる・できないの可能性のことである。不確実性選択肢の場合、手に入る可能性があるのは \$100 または \$0 である。そこには、結果量の不確実性と結果獲得の不確実性がともに明示されている。一方、遅延選択肢の場合には、明示されているのは、手に入る可能性があるのは \$100 だけということだけだ。そこに知覚されるのは結果量の不確実性なのか、結果獲得の不確実性なのか、それともそれ以外の不確実性なのだろうか。その差異が時間割引と確率割引を区別しているのかもしれない。

結果量の不確実性と結果獲得の不確実性は時間割引率の程度に影響することを示唆した研究が報告されている。Blackburn and El-Deredy (2013) は時間割引における等価点を測定するときに、3つの条件を設定した。1つは結果・確実性条件であり、通常通りの遅延選択肢(例. 1か月後に手に入る €100)を提示した。結果・不確実性条件では、通常通りの遅延選択肢に不確実性を付加したものを提示した(例. 1か月後に 50%の確率で手に入る €200)。結果量・不確実性条件では、遅延選択肢の結果は3通りの可能性のあるものだった(例. 1か月後に £50, £100 または £150 のいずれかが等確率で手に入る)。3条件において、遅延選択肢の期待値は等しかったが、時間割引率は異なっていた。そして、彼らは割引率の程度は、結果量・不確実性条件、結

果・確実性条件、結果・不確実性条件の順序で大きかったことを示した。

この研究は2つのことを示唆している。1つは、通常通りの遅延選択肢では、結果獲得の不確実性は知覚されていないという可能性である。これは結果・確実性条件よりも結果・不確実性条件の方が割引率は大きかったという事実から推測される。結果・不確実性条件では、通常通りの不確実性選択肢のように非獲得の可能性を明示した。この点がより大きな割引率をもたらしたのかもしれない。ただし、留意すべき点がある。期待効用理論によると、限界効用は負の加速度的に変化する(e.g., Hastie & Dawes, 2001)。そのため、確実な €100の方が50%で手に入る €200よりも効用の程度は大きかった可能性が考えられる。そのために、結果量効果が働き、結果・確実性条件の割引率が小さくなった可能性も考えられる。今後の検討が必要だろう。

もう1つは、the implicit risk hypothesis が主張するように、遅延の中に不確実性が知覚されているという点である。結果・確実性条件の方が結果量・不確実性条件よりも割引率が大きかった。どちらの条件でも結果の獲得が保証されている点は同じである。また、この2条件は期待値では同じではあるが、結果量・不確実性条件の方が期待効用は低い可能性がある。それらにも関わらず、割引率は結果・確実性条件、つまり、通常通りの遅延選択肢の方が大きかった。一見理解しがたい現象だが、遅延の中に不確実性が知覚されているならば、この結果は曖昧性嫌悪(ambiguity aversion)の反映だと見なすことが可能かもしれない。曖昧性嫌悪とは、期待値が等しくとも、確率分布が明示されているギャンブルを明示されていないギャンブルよりも好むという現象である(Ellsberg, 1962)。先行研究は、通常通りの遅延選択肢でも、その結果獲得は確実ではないと意思決定者は感じていることを証明した(Bialaszek et al., 2018; Patak &

Reynolds, 2007)。もし参加者が遅延選択肢を選んだ場合の結果について何らかの不確実性を知覚したのならば、結果の分布を明示することは、知覚された不確実性の低減に貢献するだろう。これが小さな時間割引率に繋がった可能性が考えられるのである。

もちろん、結果・確実性条件と比べた場合の、結果量・不確実性条件の割引率の小ささはもっと簡単に説明可能かもしれない。1つは、参加者の誤解である。結果量・不確実性条件では、3つの結果（すなわち、£50、£100、または£150）の可能性が等確率であることを教示した。参加者はその教示を誤解し、£150が当たる、または当たる可能性が高いと思ったのかもしれない。または、望ましきバイアス (desirability bias) が影響した可能性もある。このバイアスは、自分の望む結果は実際の可能性以上に起こりやすいと見なす傾向である (e.g., Krizan & Windschitl, 2007)。望ましきバイアスが作用して、参加者たちは最も金額の高い£150を獲得する可能性を実際以上に高く見積もったのかもしれない。このような説明は the implicit risk hypothesis と曖昧性嫌悪による説明よりも、受け入れられやすいだろう。しかし、この説明には問題点がある。結果・不確実性条件が最大の割引率を示したことを理解できない点である。この条件では、£200が50%の確率で獲得可能だった。金額と獲得可能性は結果量・不確実性条件よりも高い。もし望ましきバイアスが作用したならば、その時間割引率は最も小さくなったはずである。この疑問は参加者の誤解を原因とみなす場合でも同様である。今後はこれらの疑問を解消した上で、検証を行うべきだろう。

4-3. 負の感情の関与

確率割引には結果獲得の不確実性は存在するが、時間割引には存在しない。利得の獲得を期待したにも関わらず、獲得に失敗したな

らば負の感情が生じるだろう。結果量効果は2つの割引を区別する現象だが、そのプロセスの違いは負の感情の観点から説明可能かもしれない。Weber and Chapman (2005) は Peanuts effect が起こる理由を以下のように述べている。通常のリスク選択課題では、リスクはあるが大きな金額を獲得可能な選択肢よりも、確実に小さな金額を獲得可能な選択肢の方が選択される傾向がある。この選択は、リスク選択肢の選択が利得獲得の失敗に終わることによって生まれる負の感情を回避するためである。ところが、結果量が小さい場合には、その負の感情は弱くなる。例えば、50%の確率で\$2が当たるクジ（以下ではクジ【50%, \$2】と表記する。他も同様）とクジ【100%, \$1】との選択の場合。前者のリスク選択肢の選択により放棄するのは\$1だけであり、またリスク選択肢の選択が非獲得に終わっても獲得できない金額は\$2に過ぎない。そのため、リスク選択肢の選択が引き起こす可能性のある負の感情は小さい。その結果、リスク選択肢を選ぶ傾向は高くなる。ところが、結果量が等倍化し、クジ【50%, \$2000】とクジ【100%, \$1000】との選択となると、リスク選択肢の選択が引き起こす可能性のある負の感情は大きくなる。外れた場合に手に入らないのは\$2000であり、しかも確実な\$1000を放棄した上の選択だからである。そのため、確実性選択肢を選ぶ傾向が高まる。このような負の感情の変化が Peanuts effect の原因だというのが、彼らの主張である。

Weber and Chapman (2005) は Peanuts effect に関わる負の感情として、失望 (disappointment) を候補に挙げている。負の感情の1つである失望とは、望んだ結果が現実化しなかった場合に生まれる感情と定義される (Bell, 1985) (例えば、卒業に必要な単位を落としたことが明らかになったときに、学生は失望する)。Weber and Chapman (2005) は幾つかの変数を操作した実験の結果、以下のよ

うな場合には、Peanuts effect の程度が大きいことを示した。例えば、選択肢間の確率比率の大きい《クジ【50%, \$2】vs. クジ【100%, \$10】》場合（比率は1:2）の方が、確率比率の小さい《クジ【8%, \$1.25】vs. クジ【10%, \$1】》（比率は1:1.25）よりも、Peanuts effect の程度は強くなる。また、同じ確率比率だったとしても、当たる確率の高い《クジ【50%, \$2】vs. クジ【100%, \$10】》場合の方が、その確率の小さい《クジ【5%, \$2】vs. クジ【10%, \$10】》場合よりも、顕著な Peanuts effect が観察されたのである。期待される失望が大きくなるのは、選択肢間の確率比率が大きい場合や獲得の可能性が高い場合である（Bell, 1985 ; Mellers, Schwartz, Ho, & Ritov, 1997; Mellers, Schwartz, & Ritov, 1999）。そのため、そのリスク選択課題の結果は期待失望仮説とは一致する。しかし、彼らは選択時における失望の有無やその大きさを測定しなかった。そのため、本当に負の感情が関与しているのか、その負の感情は失望であるのかは検証されていない。

負の感情のような否定的な要素の減少が Peanuts effect を生むのならば、確率比率や確率を固定したままでも否定的な要素を強調すれば、Peanuts effect は弱まるはずである。Suzuki (2015) は採択方式 (choice mode) と放棄方式 (rejection mode) の比較を通して、この予測を証明した。Compatibility hypothesis によると、採択方式では肯定的な要素は重視され、放棄方式では否定的な要素が重視される (Shafir, 1993)。それならば、放棄方式では負の感情という否定的な要素が重視され、その結果、Peanuts effect は弱まると予測した。実験の結果、予測通りに、採択方式に比べ、放棄方式では Peanuts effect の程度は小さくなった。また、確率比率の小さな条件では、採択方式と放棄方式に違いは存在しないことを示した。この結果は、Peanuts effect には失望期待が関与しているという Weber and

Chapman (2005) の主張と整合性のある結果を示している。

Peanuts effect の低下とは、2つの割引において結果量効果の違いが減少することを意味する。Peanuts effect の生起は負の感情に依存するならば、時間割引には負の感情は関与していないのだろうか。負の感情とは、期待よりも好ましくない結果が現実化した場合に生まれる。時間割引では1つの選択肢には1つの結果しか明示されていないので、失望が生まれるとは考えにくい。一方、異時間選択課題では、失望と同様に負の感情である後悔 (regret) の生まれる可能性がある。後悔とは、自分の選択した結果が選択しなかった結果よりも好ましくない場合に生まれる感情だからである (Bell, 1982; Looms & Sudgen, 1982)。遅延の中に知覚される不確実性が後悔を期待させるならば、その後悔を回避するために遅延選択肢は選択されないだろう。

時間割引は後悔が関与し、確率割引では失望が関与する。この仮説が正しければ、判断課題を用いた場合には Peanuts effect は起きたが、Magnitude effect は起きなかったという Rachlin et al. (2000) の報告に対して異なる説明が可能だろう。失望とは選択という行為とは無関係 (Bell, 1985; Loomes & Sudgen, 1986) だが、後悔には選択が必要である (Bell, 1982; Looms & Sudgen, 1982)。判断課題では提示されるのは焦点となる選択肢だけであり、比較対象が提示されない。選択という行為を想定することは難しいのである。そのため、後悔という感情は予期されにくいだろう。結果として、評価課題における予期された後悔の低さが Magnitude effect を抑制した可能性が考えられるのである。

以上、2つの割引における負の感情の関与、そして、異なる感情が関与している可能性について考察してきた。個別の割引に負の感情が関与することを示唆した研究はある。今後はその感情の違いが2つの割引に与える影響を

解明する研究が求められる。

4-4. 時間による不確実性とは？

遅延選択肢に直面した場合、意思決定者は不確実性を知覚する（Bialaszek et al., 2018; Jiang & Dai, 2021; Patak & Reynolds, 2007）。しかし、そこでは、例えば「1か月後に手に入る\$100」との情報が見られているだけである。不確実性選択肢のように「50%の確率で手に入る\$100」のように不確実性が明示されているわけではない。Bialaszek et al. (2018)によると、SPQは遅延の中に知覚される不確実性を反映するものであり、不確実性選択肢において明示されている不確実性とは異なる。もしそうであるならば、その知覚される不確実性はどのように生まれるのだろうか？

先述の通り、時間割引率の大きさは様々な問題行動との関連が指摘されている。そのため、時間割引率を減少させるための方策が検討されているが、その1つがepisodic future thinking (EFT)の活用である(e.g., Rung & Madden, 2018)。EFTとは将来や将来の活動に対して自分自身を投影する能力のことである(Atance & O'Neill, 2001)。EFTが時間割引率を減少させることを証明する研究では、以下のようなことがおこなわれる。例えば、Rung & Madden (2019)では、通常の異時間選択課題として、すぐに手に入る\$50と6か月後に手に入る\$100との選択をおこなわせた。そのEFT条件では、選択課題に先だて、6か月後に参加者自身が経験するだろう出来事を、可能な限り詳細に想像してもらった。そして、異時間選択課題をおこなうときに、同時にその出来事に関する情報が眼に入る状況を設定した。その結果、遅延選択肢を選ぶ割合の増加、すなわち、時間割引率の低下が起きたのである。

EFTは将来の出来事の鮮明性(vividness)を増加させることで、時間割引率の低下をも

たらずと考えられている(Benoit, Gilbert, & Burgess, 2011)。意思決定では、表象が大きな役割を果たしている。例えば、Construal Level Theory (CLT)は、対象までの心理的距離に応じて表象が変化し、その結果として意思決定が変化することを示している(Trope & Liberman, 2010)。心理的距離の1つが時間的距離、すなわち、結果までの遅延の長さである。CLTの仮定では、時間的距離が小さい場合には構成される表象は具体的である。一方、時間的距離が大きい場合には、抽象的な表象が形成される。そして、この時間的距離に基づく表象の変化に応じて、異時間選択での典型的な選択肢であるギャンブルを含む様々な対象に対する意思決定が変化することが報告されてきた(Liberman & Trope, 1998; Sagristano, Trope, & Liberman, 2002; Suzuki, 2019; Trope & Liberman, 2003)。

CLTの観点からすると、時間的距離が非常に小さい場合、すなわち、即時的な結果の場合には、その表象は具体的情報や文脈依存の情報などから構成されており、その細部まで詳細に記述されている(Trope & Liberman, 2010)。言い換えれば、鮮明性が非常に高い。逆に、時間的距離が大きい場合に形成される表象を構成するのは、一般的情報であり脱文脈的情報などである。すなわち、遅延が長くなるほど、その鮮明性は低下する。そのような表象の特徴は、意思決定者にとって自分が選択しようとしている対象に対する不確実性または曖昧性を生むだろう。例えば、一定の遅延後に\$100を獲得できる選択肢に直面した場合を考えよう。即時的=遅延ゼロの条件下では、“手に入るのは\$100という金額”というように具体的かつ鮮明な表象が形成されるのに対して、1か月の遅延の場合には、“手に入るのは、それなりの金額”という抽象的であり鮮明性の低い表象なのかもしれない。このような時間的距離にもなる表象の違いが、遅延内で知覚される不確実性を生んでい

る可能性が考えられる。

表象の変化＝知覚される不確実性の差異、と考えると、共通プロセス仮説に対する肯定と否定の両面が浮かび上がってくる。肯定的な面では、心理的距離には時間的距離と並んで、確率的距離も含まれる点である (Trope & Liberman, 2010; Todorov, Goren, & Trope, 2007)。心理的距離が小さいとは、結果までの時間が短い、結果の手に入る確率が高い、ことである。逆に、心理的距離が大きいのとは、結果までの時間が長い、結果の手に入る確率が小さい、ことである。これは式(1)と式(2)と一致し、時間と確率が同じように価値割引に影響することを意味している。その一方で、否定的な面もある。効果量効果である。CLTは時間や確率の変数による表象の変化を主張するが、結果の変数による表象の変化は仮定しない。結果量が大きくなるほど、その生起確率は大きくなると知覚される (Kupor & Laurin, 2020) という報告はある。これは Magnitude effect とは整合的かもしれないが、Peanuts effect とは反する。表象の変化と知覚される不確実性を関連付けるならば、他の要因を考慮することも必要かもしれない。

本稿では、時間割引のプロセスについての研究を概観した。時間割引は確率割引と同様に双曲関数で記述可能であり、2つの割引には共通のプロセスが存在する可能性が指摘されてきた。ところが、数多くの基礎研究および臨床応用の研究は2つの割引の挙動が一致しないことを報告し、その仮説には疑いが強まっている。一方、近年、遅延中に不確実性が知覚されることを明らかにした研究が増え始めており、これらの研究は時間割引に何らかの不確実性が関与していることを示している。注目すべきなのは、その不確実性は従来、確率割引の枠組みで検討されてきた不確実性とは異なる部分をもっていると考えられる点である。本稿では、結果量や結果獲得の不確

実性の違い、負の感情、そして表象の鮮明性が関与する可能性を指摘した。しかし、まだ根拠の少ない不十分な仮説である。時間割引のプロセスを解明することは意思決定研究のみならず、多くの問題行動の改善にも貢献できる。今後の更なる研究が望まれる。

References

- Ainslie, G. (1992). *Picoeconomics: The strategic interaction of successive motivational states within the person*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Amlung, M., Petker, T., Jackson, J., Balodis, I., & MacKillop, J. (2016). Steep discounting of delayed monetary and food rewards in obesity: a meta-analysis. *Psychological Medicine, 46*(11), 2423-2434.
- Atance, C., & O'Neill, D. K. (2001). Episodic future thinking. *Trends in Cognitive Sciences, 5*(12), 533-539.
- Audrain-McGovern, J., Rodriguez, D., Epstein, L. H., Cuevas, J., Rodgers, K., & Wileyto, E. P. (2009). Does delay discounting play an etiological role in smoking or is it a consequence of smoking? *Drug and Alcohol Dependence, 103*(3), 99-106.
- Bell, D. E. (1982). Regret in decision making under uncertainty. *Operations Research, 30*(5), 961-981.
- Bell, D. E. (1985). Disappointment in decision making under uncertainty. *Operations Research, 33*(1), 1-27.
- Benhabib, J., Bisin, A., & Schotter, A. (2010). Present-bias, quasi-hyperbolic discounting, and fixed costs. *Games and Economic Behavior, 69*(2), 205-223.
- Benoit, R. G., Gilbert, S. J., & Burgess, P. W. (2011). A neural mechanism mediating the impact of episodic prospection on farsighted decisions. *Journal of Neuroscience, 31*(18), 6771-6779.
- Bialaszek, W., & Marcowski, P. (2019). Path dependency in the discounting of delayed and probabilistic gains and losses. *Scientific Reports, 9*: 8738.
- Bickel, W. K., Jarmolowicz, D. P., Mueller, E. T., Koffarnus, M. N., & Gatchalian, K. M. (2012). Excessive discounting of delayed reinforcers as a trans-disease process contributing to addiction and other disease-related vulnerabilities: Emerging evidence. *Pharmacology and Therapeutics. Pharmacology & Therapeutics, 134*(3), 287-297.
- Bickel, W. K., Odum, A. L., & Madden, G. J. (1999). Impulsivity and cigarette smoking: delay discounting

- in current, never, and ex-smokers. *Psychopharmacology*, *146*(4), 447-454.
- Bickel, W. K., Wilson, A. G., Franck, C. T., Mueller, E. T., Jarmolowicz, D. P., Koffarnus, M. N., & Fede, S. J. (2014). Using crowdsourcing to compare temporal, social temporal, and probability discounting among obese and non-obese individuals. *Appetite*, *75*(1), 82-89.
- Blackburn, M., & El-Dereby, W. (2013). The future is risky: Discounting of delayed and uncertain outcomes. *Behavioural Processes*, *94*(3), 9-18.
- Brody, G. H., Yu, T., Mackillop, J., Miller, G. E., Chen, E., Obasi, E. M., & Beach, S. R. H. (2014). Catecholamine levels and delay discounting forecast drug use among African American youths. *Addiction*, *109*(7), 1112-1118.
- Chapman, G. B. (2003). Time discounting of health outcome. In Loewenstein, G., Read, D., & Baumeister, R. (Eds.), *Time and Decision* (pp. 395-418) Russell Sage Foundation, New York.
- Crean, J. P., de Wit, H., & Richards, J. B. (2000). Reward discounting as a measure of impulsive behavior in a psychiatric outpatient population. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, *8*(2), 155-162.
- Daugherty, J. R., & Brase, G. L. (2010). Taking time to be healthy: Predicting health behaviors with delay discounting and time perspective. *Personality and Individual Differences*, *48*(2), 202-207.
- Dixon, M. R., Marley, J., & Jacobs, E. A. (2003). Delay discounting by pathological gamblers. *Journal of Applied Behavior Analysis*, *36*(4), 449-458.
- Dom, G., D'haene, P., Hulstijn, W., & Sabbe, B. (2006). Impulsivity in abstinent early- and late-onset alcoholics: differences in self-report measures and a discounting task. *Addiction*, *101*(1), 50-59.
- Du, W., Green, L., & Myerson, J. (2002). Cross-cultural comparisons of discounting delayed and probabilistic rewards. *The Psychological Record*, *52*, 479-492.
- Ellsberg, D. (1961). Risk, ambiguity and savage axioms. *Quarterly Journal of Economics*, *75*, 643-669.
- Estle, S., Green, L., Myerson, J., & Holt, D. D. (2006). Differential effects of amount on temporal and probability discounting of gains and losses. *Memory & Cognition*, *34*(4), 914-928.
- Estle, S. J., Green, L., Myerson, J., & Holt, D. D. (2007). Discounting of monetary and directly consumable rewards. *Psychological Science*, *18*(1), 58-63.
- Fernie, G., Peeters, M., Gullo, M. J., Christiansen, P., Cole, J. C., Sumnall, H., & Field, M. (2013). Multiple behavioural impulsivity tasks predict prospective alcohol involvement in adolescents. *Addiction*, *108*(11), 1916-1923.
- Frederick, S., Loewenstein, G., & O'Donoghue, T. (2002). Time discounting and time preference: A critical review. *Journal of Economic Literature*, *40*(2), 351-401.
- García-Rodríguez, O., Secades-Villa, R., Weidberg, S., & Yoon, J. H. (2013). A systematic assessment of delay discounting in relation to cocaine and nicotine dependence. *Behavioural Processes*, *99*, 100-105.
- Green, L., & Myerson, J. (1996). Exponential versus hyperbolic discounting of delayed outcome: Risk and waiting time. *American Zoologist*, *36*(4), 496-505.
- Green, L., & Myerson, J. A. (2004). Discounting framework for choice with delayed and probabilistic rewards. *Psychological Bulletin*, *130*(5), 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*(1), 79-84.
- Green, L., Myerson, J., Oliveira, L., & Chang, S. E. (2014). Discounting of delayed and probabilistic losses over a wide range of amounts. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, *101*(2), 186-200.
- Green, L., Fry, A. F., & Myerson, J. (1994). Discounting of delayed rewards: A life-span comparison. *Psychological Science*, *5*(1), 33-36.
- Hardisty, D. J., Appelt, K. C., & Weber, E. U. (2013). Good or bad, we want it now: Fixed-cost present bias for gains and losses explains magnitude asymmetries in intertemporal choice. *Journal of Behavioral Decision Making*, *26*(4), 348-361.
- Hardisty, D. J., & Weber, E. U. (2009). Discounting future green: Money versus the environment. *Journal of Experimental Psychology: General*, *138*(3), 329-349.
- Hastie, R., & Dawes, R. M. (2001). *Rational Choice in an Uncertain World: The Psychology of Judgment and Decision Making*. Sage Publications, Thousand Oaks.
- Hsee, C. (1998). Less is better: When low-value options are valued more highly than high-value options. *Journal of Behavioral Decision Making*, *11*(2), 107-121.
- Hsee, C. K., & Zhang, J. (2010). General evaluability theory. *Perspectives on Psychological Science*, *5*(4), 343-355.

- Holt, D. D., Green, L., & Myerson, J. (2003). Is discounting impulsive? : Evidence from temporal and probability discounting in gambling and non-gambling college students. *Behavioural Processes, 64* (3), 355-367.
- Holt, D. D., Green, L., Myerson, J., & Estle, S. (2008). Preference reversals with losses. *Psychonomic Bulletin & Review, 15*, 89-95.
- Jarmolowicz, D. P., Cherry, J. B. C., Reed, D. D., Bruce, J. M., Crespi, J. M., Lusk, J. L., & Bruce, A. S. (2014). Robust relation between temporal discounting rates and body mass. *Appetite, 78*, 63-67.
- Jiang, J., & Dai, J. (2021). Time and risk perceptions mediate the causal impact of objective delay on delay discounting: An experimental examination of the implicit-risk hypothesis. *Psychonomic Bulletin & Review, 28*, 1399-1412.
- Keren, G., & Roelofsma, P. (1995). Immediacy and certainty in intertemporal choice. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 63*(3), 287-297.
- Khurana, A., Romer, D., Betancourt, L. M., Brodsky, N. L., Giannetta, J. M., & Hurt, H. (2013). Working memory ability predicts trajectories of early alcohol use in adolescents: The mediational role of impulsivity. *Addiction, 108*(3), 506-515.
- Kirby, K. N., & Herrnstein, R. J. (1995). Preference reversals due to myopic discounting of delayed reward. *Psychological Science, 6*(2), 83-89.
- Kirby, K. N., Petry, N. M., & Bickel, W. K. (1999). Heroin addicts have higher discount rates for delayed rewards than non-drug-using controls. *Journal of Experimental Psychology: General, 128*(1), 78-87.
- Krizan, Z., & Windschitl, P. D. (2007). The influence of outcome desirability on optimism. *Psychological Bulletin, 133*(1), 95-121.
- Kupor, D., & Laurin, K. (2020). Probable cause: The influence of prior probabilities on forecasts and perceptions of magnitude. *Journal of Consumer Research, 46*(5), 833-852.
- Li, T., Gong, X., Yin, S., Qiu, F., & Hu, X. (2018). Future time perspective impacts gain-related but not loss-related intertemporal choice. *Frontiers in Psychology, 9*, 1-6.
- Liberman, N., & Trope, Y. (1998). The role of feasibility and desirability considerations in near and distant future decisions: A test of temporal construal theory. *Journal of Personality and Social Psychology, 75*(1), 5-18.
- Loewenstein, G. (1987). Anticipation and the valuation of delayed consumption. *The Economic Journal, 97*, 666-684.
- Loewenstein, G., & Prelec, D. (1992). Anomalies in intertemporal choice: evidence and an interpretation. *Quarterly Journal of Economics, 107*(2), 573-597.
- Logue, A. W. (1988). Research on self-control: An integrating framework. *Behavioral and Brain Sciences, 11*, 665-679.
- Loomes, G., & Sudgen, R. (1982). Regret theory: An alternative of rational choice under uncertainty. *The Economic Journal, 92*, 805-824.
- Loomes, G., & Sudgen, R. (1986). Disappointment and dynamic consistency in choice under uncertainty. *The Review of Economic Studies, 53*(2), 271-282.
- MacKillop, J., Miranda, R., Monti, P. M., Ray, L. A., Murphy, J. G., Rohsenow, D. J., & Gwaltney, C. J. (2010). Alcohol demand, delayed reward discounting, and craving in relation to drinking and alcohol use disorders. *Journal of Abnormal Psychology, 119* (1), 106-114.
- Madden, G. J., Petry, N. M., & Johnson, P. S. (2009). Pathological gamblers discount probabilistic rewards less steeply than matched controls. *Experimental and Clinical Psychopharmacology, 17*(5), 283-290.
- Mazur, J. E. (1987). An Adjusting Procedure for Studying Delayed Reinforcement. In Mazur, J. E., Nevin, J. A., Rachlin, H., (Eds.). *Quantitative Analyses of Behavior: V. The Effect of Delay and of Intervening Events on Reinforcement Value* (pp. 55-73). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Meier, S., & Sprenger, C. (2010). Present-biased preferences and credit card borrowing. *American Economic Journal: Applied Economics, 2*(1), 193-210.
- Miedl, S. F., Peters, J., & Buchel, C. (2012). Altered neural reward representations in pathological gamblers revealed delay and probabilistic discounting. *Archives of general psychiatry, 69*(2), 177-186.
- Mitchell, S. H. (1999). Measures of impulsivity in cigarette smokers and non-smokers. *Psychopharmacology, 146*(4), 455-464.
- Mitchell, S. H. (2004). Measuring impulsivity and modeling its association with cigarette smoking. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews, 3*(4), 261-275.
- Mitchell, J. M., Fields, H. L., D'Esposito, M., & Boettiger, C. A. (2005). Impulsive responding in alcoholics. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 29*(12), 2158-2169.

- Mitchell, S. H., & Wilson, V. B. (2010). The subjective value of delayed and probabilistic outcomes: Outcome size matters for gains but not for losses. *Behavioural Processes*, 83(1), 36-40.
- Mobini, S., Chiang, T. J., Ho, M. Y., Bradshaw, C. M., & Szabadi, E. (2000). Effects of central 5-hydroxytryptamine depletions on sensitivity to delayed and probabilistic reinforcement. *Psychopharmacology*, 152, 390-397.
- Myerson, J., Green, L., Hanson, J. S., Holt, D. D., & Estle, S. J. (2003). Discounting delayed and probabilistic rewards: Processes and traits. *Journal of Economic Psychology*, 24(5), 619-635.
- Nigro, G., Cosenza, M., & Ciccirelli, M. (2017). The blurred future of adolescent gamblers: Impulsivity time horizon, and emotional distress. *Frontiers in Psychology*, 8, 1-12.
- Olson, E. A., Hooper, C. J., Collins, P., & Luciana, M. (2007). Adolescents' performance on delay and probability discounting tasks: contributions of age, intelligence, executive functioning, and self-reported externalizing behavior. *Personality and Individual Differences*, 43(7), 1886-1897.
- Ohmura, Y., Takahashi, T., & Kitamura, N. (2005). Discounting delayed and probabilistic monetary gains and losses by smokers of cigarettes. *Psychopharmacology*, 182(4), 508-515.
- Ostaszewski, P., Green, L., & Myerson, J. (1998). Effects of inflation on the subjective value of delayed and probabilistic rewards. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5(2), 324-333.
- Petry, N. M. (2001a). Delay discounting of money and alcohol in actively using alcoholics, currently abstinent alcoholics, and controls. *Psychopharmacology*, 154(3), 243-250.
- Petry, N. M. (2001b). Pathological gamblers, with and without substance abuse disorders, discount delayed rewards at high rates. *Journal of Abnormal Psychology*, 110(3), 482-487.
- Rachlin, H., Brown, J., & Cross, D. (2000). Discounting in judgments of delay and probability. *Journal of Behavioral Decision Making*, 13(2), 145-159.
- Rachlin, H., Logue, A., Gibbon, J., & Frankel, M. (1986). Cognition and behavior in studies of choice. *Psychological Review*, 93(1), 33-45.
- Rachlin, H., Raineri, A., & Cross, D. (1991). Subjective probability and delay. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 55(2), 233-244.
- Rae, J. (1905). *The Sociology Theory of Capital*. London: Macmillan.
- Rasmussen, E. B., Lawyer, S. R., & Reilly, W. (2010). Percent body fat is related to delay and probability discounting for food in humans. *Behavioural Processes*, 83(1), 23-30.
- Reimers, S., Maylor, E. A., Stewart, N., & Chater, N. (2009). Associations between a one-shot delay discounting measure and age, income, education and real-world impulsive behavior. *Personality and Individual Differences*, 47(8): 973-978.
- Reynolds, B. (2006). A review of delay-discounting research with humans: relations to drug use and gambling. *Behavioural Pharmacology*, 17(8), 651-667.
- Reynolds, B., Karraker, K., Horn, K., & Richards, J. B. (2003). Delay and probability discounting as related to different stages of adolescent smoking and non-smoking. *Behavioural Processes*, 64(3), 333-344.
- Reynolds, B., Richards, J. B., Horn, K., & Karraker, K. (2004). Delay discounting and probability discounting as related to cigarette smoking status in adults. *Behavioural Processes*, 65(1), 35-42.
- 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(2), 121-143.
- Rung, J. M., & Madden, G. J. (2018). Experimental reductions of delay discounting and impulsive choice: A critical review and meta-analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 147(9), 1349-1381.
- Rung, J. M., & Madden, G. J. (2019). Demand characteristics in episodic future thinking II: The role of cues and cue content in changing delay discounting. *Experimental Clinical Psychopharmacology*, 27(5), 482-495.
- Sagristano, M. D., Trope, Y., & Liberman, N. (2002). Time-dependent gambling: Odds now, money later. *Journal of Experimental Psychology: General*, 131(3), 364-376.
- Scheres, A., Dijkstra, M., Ainslie, E., Balkan, J., Reynolds, B., Sonuga-Barke, E., & Castellanos, F. X. (2006). Temporal and probabilistic discounting of rewards in children and adolescents: effects of age and ADHD symptoms. *Neuropsychologia*, 44(11), 2092-2103.
- Scheres, A., Dijkstra, M., Ainslie, E., Balkan, J., Reynolds, B., Sonuga-Barke, E., & Olson, E. A., Hooper, C. J., Collins, P., & Luciana, M. (2007).

- Adolescents' performance on delay and probability discounting tasks: contributions of age, intelligence, executive functioning, and self-reported externalizing behavior. *Personality and Individual Differences*, 43(7), 1886-1897.
- Shafir, E. (1993). Choosing versus rejecting: why some options are both better and worse than others. *Memory & Cognition*, 21(4), 546-556.
- Shead, N. W., Callan, M. J., & Hodgins, D. C. (2008). Probability discounting among gamblers: Differences across problem gambling severity and affect-regulation expectancies. *Personality and Individual Differences*, 45(6), 536-541.
- Stephens, D. W., & Krebs, J. R. (1986). *Foraging theory*. Princeton University Press.
- Suzuki, S. (2015). Negative Emotion or Problem Content? Testing Explanations of the Peanuts Effect. *Psychological Reports*, 116(1), 1-12.
- Suzuki, S. (2019). Effects of psychological distance on attraction effect. *The Journal of Social Psychology*, 159(5), 561-574.
- Tian, M., Tao, R., Zheng, Y., Zhang, H., Yang, G., Li, Q., & Liu, X. (2018). Internet gaming disorder in adolescents is linked to delay discounting but not probability discounting. *Computers in Human Behavior*, 80, 59-66.
- Todorov, A., Goren, A., & Trope, Y. (2007). Probability as a psychological distance: Construal and preferences. *Journal of Experimental Social Psychology*, 43(3), 473-482.
- Trope, Y., & Liberman, N. (2003). Temporal construal. *Psychological Review*, 110(3), 403-421.
- Trope, Y., & Liberman, N. (2010). Construal-level theory of psychological distance. *Psychological Review*, 117(2), 440-463.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47(2), 263-291.
- Vanderveldt, A., Green, L., & Myerson, J. (2015). Discounting of monetary rewards that are both delayed and probabilistic: Delay and probability combine multiplicatively, not additively. *Journal of Experimental Psychology: Learning, memory, and cognition*, 41(1), 148-162.
- Vuchinich, R. E., & Simpson, C. A. (1998). Hyperbolic temporal discounting in social drinkers and problem drinkers. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 6(3), 292-305.
- Weatherly, J. N., Petros, T. V., Jonsdottir, H. L., Derenne, A., Miller, J. C. (2015). Probability alters delay discounting, but delay does not alter probability discounting. *The Psychological Record*, 65, 267-275.
- Weber, B. J., & Chapman, G. B. (2005). The combined effects of risk and time on choice: Does uncertainty eliminate the immediacy effect? Does delay eliminate the certainty effect? *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 96(2), 104-108.
- Zauberman, G., Kim, B. K., Malokoc, S. A., & Bettman, J. R. (2009). Discounting time and time discounting: Subjective time perception and intertemporal choice. *Journal of Marketing Research*, 46(4), 543-556.