

損失回避性を考慮した低炭素技術への支払制度設計の検討

東京大学大学院 新領域創成科学研究科環境システム学専攻
47-126715 藤田佳子(2014年3月修了)
指導担当教員:吉田好邦

Keywords: 損失回避性、双曲割引、技術普及、消費者選好

1. 序論

1-A) 背景と目的

東日本大震災以降、低炭素社会実現に向けて低炭素技術の普及が急務となっている。一方、太陽光発電の単価は大幅な下降傾向にあるにも関わらず、既に導入している家庭は未だ10%にも満たない¹⁾。

投資回収可能であるにも関わらず低炭素技術を導入しない、というような消費者の非合理的行動は、行動経済学において「損失回避性」や「双曲割引」によって説明される。損失回避性とは、利益から得られる嬉しさよりも損失から得られる苦痛をより大きく評価してしまう人間心理を指す。双曲割引とは将来の利得や損失を現在価値に引き戻して考える際に暗黙的に想定する主観的割引率が、時間の経過に伴って逓減的であることを指す。

本研究では、損失回避性によって現在の支出が過大評価されたり、双曲割引によって将来の利得が過小評価されたりすることが、家庭部門への低炭素技術普及の障壁となっている可能性に着目した。そこで、損失回避性を回避する支払制度を整備することにより、経済にマイナスの影響を与えることなく低炭素技術を普及させる可能性について検討するべく、時間選好を含む個人属性と支払い方法の選好の関係性を明らかにすることを本研究の目的とする。

1-B) 損失回避性を回避する支払制度

本研究で提案する損失回避性を回避する支払方法、「そのまま払い」の概要を述べる。これはイギリスで実施されている Green Deal 政策²⁾を簡易化したものである。

- 低炭素技術導入時の初期費用は金融機関が肩代わりするため、初期費用は不要
- 消費者は低炭素技術設置後の電気代節約分などから、その費用を返済していく
- 返済期間中は利子が発生する

2. 調査の概要

低炭素社会戦略センター（以下 LCS）の協力のもとアンケートを実施した。

調査期間：2013年3月26日（火）～2013年3月29日（金）

対象者：Transbird株式会社の日本国内モニター会員

調査方法：インターネット調査

サンプル数：

既設置者 400、未設置者 600（計 1,000）。

既設置者、未設置者のスクリーニング条件：

既設置者 | 持家の一戸建てに居住、

かつ太陽光発電を導入済み

未設置者 | 一戸建て（持家・賃貸）に居住、あるいは1年以内に転居予定。低炭素技術を導入したい意向を持っている。

調査内容：設置・未設置の理由に関する調査、仮想商品に対するコンジョイント調査、支払い方法の選好に関する調査、時間選好に関する調査

時間選好に関する調査

現在あるいは半年後に100万円を受け取ることができるとして、6パターンの遅延時間が生じた場合にそれぞれいくらの上乗せ額を希望するかを尋ねた。支払いの場合についても同様に尋ねた。

3. 分析手法と結果

研究の全体像を次図に示す。

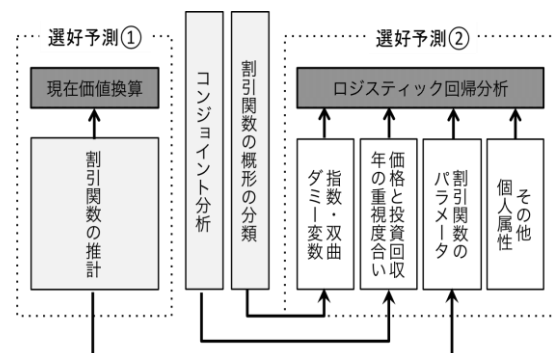


図 1 研究の全体像

3-A) 割引関数の推計

古典的な経済学では人の割引関数は時間に対して一定である（＝指数割引）と考えられてきたが、行動経済学では人の非合理的な行動は双曲割引によって説明される。本研究では指数関数と双曲関数を同時に表現できる数式 1 を仮定し、最尤法によってパラメータを求めた³⁾。

$$\text{数式 1 割引関数 } f = (1 + at)^{-\frac{b}{a}}$$

分析対象者一人ひとりについて、支払いに関する割引関数と受取りに関する割引関数をそれぞれ推計した。

また、支払い方法の選択結果別に 1 つのグループとし、グループ別に割引関数の推計を行った。支払に関する推計結果を図 2 に示す。グループごとに傾向が異なり、そのまま払いを好むグループは他よりも割引率が大きい。支払に関する割引率が大きいということは、将来の支払いを過小評価し、支払を先延ばしにすることによって現在の支出を避けようとする行動と整合する。

図 3 にグループ別の受取りに関する割引関数を示す。支払いに関する割引関数と比べて割引が大きく、グループ間の差は小さい。これは、利益の割引は損失の割引よりも大きいという定型事実と整合的である。

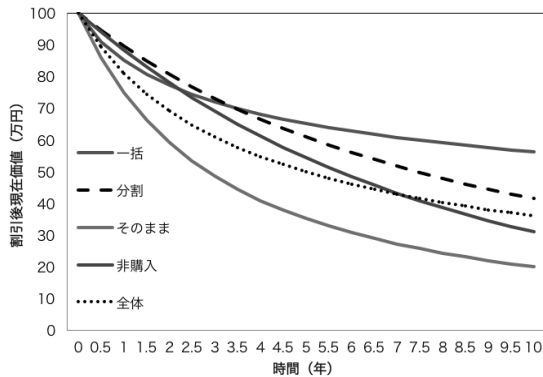


図 2 グループ別割引関数（支払い）

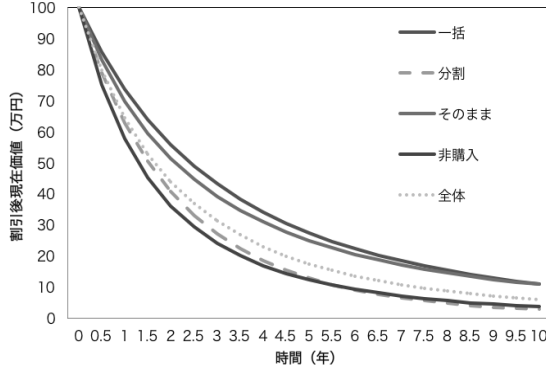


図 3 グループ別割引関数（受取り）

3-B) 割引関数の概形の推定

3-A 節では、指数関数と双曲関数を同時に表現できる関数を仮定し、割引関数を求めた。しかしながら、この方法で推定された個々人の割引関数が指数割引なのか、双曲割引なのかを統計的に判断するのは難しい。そこで、被験者一人ひとりに対して、最も単純な指数型割引関数と双曲型割引関数をそれぞれ仮定し、分散の小ささによって当てはまりの良さを評価した。仮定した双曲型関数、指数型関数を次式に示す。

数式 2 双曲型割引関数

$$f(t) = (1 + at)^{-1}$$

数式 3 指数型割引関数

$$f(t) = (1 + a)^{-t}$$

最尤法によってパラメータと分散を同時に求め、その分散の分布を示したものが図 4 である。2 式の分散を x, y 、分散の分散を S_x, S_y とした。この値の差に統計的な有意性があるか否かを知るために、次式によって t 値を求めた。

数式 4 t 値の導出式

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{S_x^2 + S_y^2}{m + n}}}$$

t 検定の 50% 有意水準値を用いて、指数関数、双曲関数、いずれにも属さない、の 3 つのグループに分類した。その結果、双曲関数が 18 名、指数関数が 43 名、どちらにも属さない者が 326 名であった。

3-C) コンジョイント分析

コンジョイント分析によって、消費者が選択肢に含まれる各属性をどのように評価しているかを知ることができる。

本研究では、消費者が価格と投資回収年数のどちらを重視しているのかを明らかに

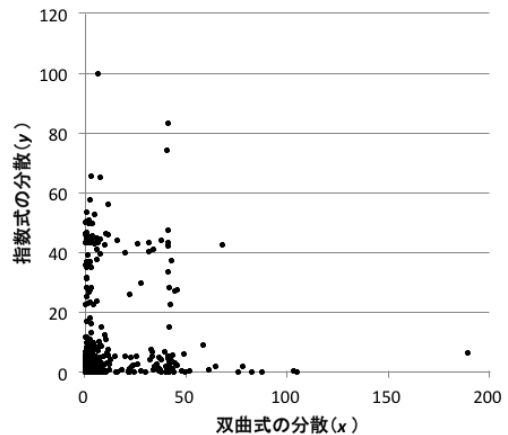


図 4 2 式間の分散の比較

するために2属性4水準でコンジョイント分析を行った。効用関数は次式を仮定した。

$$\text{数式 5 } V_i = a \cdot \text{price} + b \cdot \text{paybacktime}$$

最尤法にてパラメータの推計を行い、a/b (万円/年) を求めた。これは投資回収年数を1年縮めることに対する支払い意思額であり、価格と投資回収年数のどちらを重視しているかを知る指標となる。結果は図5のようになり、a/b が小さく投資回収年数を重視する消費者が多いことが伺える。a<0.001を投資回収年数重視(PBT)、b<0.001を価格重視(PRC)とすると、PBTが101名、PRCが18名であった。

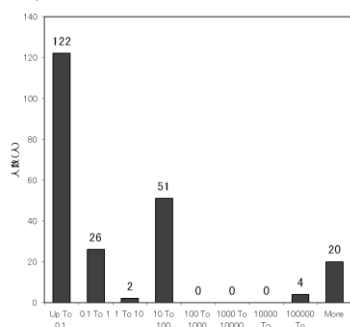


図5 a/bの人数分布

4. 選好予測①割引後現在価値の比較による支払い方法の選好予測

3-A) 節で推計した個々人の割引関数に基づいてどの程度支払い方法の選好を説明できるのか、検証を行った。推計された割引関数に基づいて、将来の月々のキャッシュフローを現在価値に引き戻すことで各支払方法の効用を推測することが出来る。最もメリットの大きい支払い方法を予測結果とし、実際の選択結果の的中率を求めた(表1)。全体の的中率は低く、割引関数からのみでは選好を説明できないことが分かった。

数式 6 的中率

$$r = \frac{\text{予測人数のうち実際にその選択肢を選んだ人数}}{\text{予測人数の合計}} \times 100$$

表1 割引後現在価値の比較による選好予測

| 予測結果 | 1 | 2 | 実際の選択結果 | | | | 的中率 |
|--------|----|----|---------|----|-----|-----|-----|
| | | | 3 | 4 | 総計 | | |
| 1 一括 | 18 | 9 | 22 | 17 | 66 | 27% | |
| 2 分割 | 5 | 2 | 3 | 1 | 11 | 18% | |
| 3 そのまま | 18 | 5 | 13 | 19 | 55 | 24% | |
| 4 非購入 | 23 | 14 | 29 | 27 | 93 | 29% | |
| 総計 | 64 | 30 | 67 | 64 | 225 | 27% | |

5. ロジスティック回帰分析による支払い方法の選好予測

5-A) 多項ロジットモデル

割引関数を含めた個人属性を考慮したロジスティック回帰分析を行うことによって、各選択肢の選択確率を推定することができる²⁾。本研究では、非購入を含めた4つの選択肢に対する発生確率を求めめるため、多項ロジットモデル(ML)を用いた推計を行う。MLでは、ある選択肢を基準として、これに対する各選択肢の確率のオッズ比を推定することとなるが、本研究では非購入を基準とした推定を行った。仮定した効用関数を次に示す。

数式 7 効用関数

$$V_i = a \cdot \text{AGE} + b \cdot \text{SEX} + c \cdot \text{HI} + d \cdot \text{HYP} + e \cdot \text{EXP} + f \cdot a' + g \cdot b' + h \cdot \text{PRC} + i \cdot \text{PBT}$$

SEX : 性別

AGE : 年齢

HI : 世帯年収

HYP : 双曲関数ダミー変数

EXP : 指数関数ダミー変数

PRC : 価格重視ダミー変数

PBT : 投資回収年重視ダミー変数

a' : 割引関数のパラメータ a

b' : 割引関数のパラメータ b

最尤法によりパラメータの推計を行い、説明変数の有意性の検定には尤度比検定法を用いた。結果を次ページ表2に示す。

説明変数として有意性をもつのは年齢、世帯年収、双曲割引、割引関数のパラメータ a, b であった。以下の4つの示唆を得た。
 ①年齢は、いずれの支払方法に対してもマイナスの効果を持つことから、高齢者であるほど太陽光発電の導入確率は低くなる。
 ②世帯所得の高さは一括払い、分割払いでの導入にプラスの影響を持つが、そのまま払いでの導入にはマイナスの効果をもつ。
 ③割引関数は主観的割引率の経時変化を表すものである。パラメータ a, b が有意であることは、主観的割引率と支払方法の選好には関係性があることが分かる。
 ④双曲割引は一括払いでの導入にマイナスの、分割払い・そのまま払いでの導入にはプラスの影響をもつことが分かった。そのまま払いの整備は双曲割引をもつ人に対する導入促進効果が期待される。

なお、全て説明変数の相関係数は0.2以下であり、多重共線性の発生はない。

表 2 多項ロジットモデルによるパラメータの推計結果

| | SEX 性別 | AGE*** 年齢 | HI*** 世帯年収 | HYP** 双曲割引 | EXP 指数割引 | PBT 投資回収 年数 | PRC 価格 | a'*** 割引関数 | b'*** 割引関数 |
|-----------------------|-----------|--------------|---------------|---------------|-------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V ₁ (一括) | -0.16 | -0.01 | 0.06 | -15.35 | -0.16 | 0.10 | 0.25 | 0.03 | -0.12 |
| V ₂ (分割) | 0.01 | -0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 |
| V ₃ (そのまま) | -0.19 | -0.00 | -0.02 | 0.33 | -0.03 | 0.29 | 0.65 | 0.03 | -0.05 |

*** 有意水準 1%で有意

** 有意水準 5%で有意

* 有意水準 10%で有意

表 3 多項ロジットモデルによる選好予測結果

| | | 実際の選択結果 | | | | | 的中率 |
|------|--------|---------|----|----|----|-----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 総計 | |
| 予測結果 | 1 一括 | 41 | 5 | 23 | 28 | 97 | 42% |
| | 2 分割 | 2 | 19 | 3 | 0 | 24 | 79% |
| | 3 そのまま | 11 | 5 | 24 | 18 | 58 | 41% |
| | 4 非購入 | 10 | 1 | 17 | 18 | 46 | 39% |
| | 総計 | 64 | 30 | 67 | 64 | 225 | 45% |

推計されたパラメータから、被験者一人ひとりについて、4つの選択肢に対する選択確率を求めることが出来る。選択確率が最大となる支払方法と実際の選択結果がどの程度一致するか、的中率を求めることによってモデルの適合度を評価することができる。結果を表3に示す。

割引関数からのみ予測を行った場合に比べて、全体の的中率を45%まで向上させることができた。また、分割払いにおける的中率を大幅に改善できている。

5-B) ネスティッド・ロジットモデル

多項ロジスティック回帰分析において高い的中率が得られない原因として、選択肢間に相関関係が存在している可能性がある。この点について考慮すべく、ロジスティック回帰分析の各選択肢は独立であるという仮定(IIA特性)を緩和したネスティッド・ロジットモデルによる相関係数の推計を行った。先行研究⁴⁾を参考に図6のような階層構造で意思決定が行われると仮定した。



図 6 想定した入れ子構造

このモデルにおいて各選択肢の選択確率は数式8~10で表される。

$$\text{数式 8 } P_1 = \frac{\exp(V_1)}{\exp(V_1) + \exp(S)}$$

$$\text{数式 9 } P_2 = \frac{\exp(S)}{\exp(V_1) + \exp(S)} \cdot \frac{\exp(\frac{V_2}{\lambda})}{\exp(\frac{V_2}{\lambda}) + \exp(\frac{V_3}{\lambda})}$$

$$\text{数式 10 } P_3 = \frac{\exp(S)}{\exp(V_1) + \exp(S)} \cdot \frac{\exp(\frac{V_3}{\lambda})}{\exp(\frac{V_2}{\lambda}) + \exp(\frac{V_3}{\lambda})}$$

λ は、 $(1-\lambda)$ が入れ子内の相関を表す係数であり、 λ が0に近いほど選択枝間の相関が強い。最尤法により数式6のパラメータa, b, c, d, e, f, g, h, iと λ を推計した。推計の結果 $\lambda=0.99$ と1に非常に近く、パラメータの値も多項ロジットモデルによる推計結果とほぼ一致した。よって分割払いとそのまま払いの間に相関関係はないことが分かった。

6. 結論

本研究では、被験者一人ひとりの時間選好について詳細な分析をおこない、主観的割引率が低炭素技術導入の意思決定と支払方法の選好に影響を与えることを明らかにした。また、そのまま払いを好むグループは他のグループと比べて支払いに関する割引率が高いこと、双曲割引は分割払いとそのまま払いへの選好にプラスの影響を持つことを明らかにした。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁; 「エネルギーミックスの選択肢の策定に向けた再生可能エネルギー関係の基礎資料」. 2012
- 2) Gov. U. K. Green Deal website ; <https://www.gov.uk/green-deal-energy-saving-measures>
- 3) George Alieslie ; 「Picoeconomics」. 1992
- 4) 高瀬香絵・吉田好邦; 低炭素社会実現のための住宅用太陽光発電導入の経済影響と普及施策に関する研究. 東京大学学位論文. 2012