

平成21年 3月31日現在

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2005～2008年度

課題番号：17310029

研究課題名(和文) 耐久消費財リサイクル市場の構造分析と制度設計

研究課題名(英文) Market Mechanism and Institutional Design in Durable Goods Recycling

研究代表者

小田 秀典 (ODA HIDENORI)

京都産業大学・経済学部・教授

研究者番号：40224240

研究成果の概要：

本研究課題は、耐久消費財リサイクル市場を理論的に記述し、被験者実験やシミュレーションを通じて、耐久消費財の生産、循環のための市場の構造分析から、社会的に望ましい市場制度設計の問題について研究を進めた。結果として、消費者と処理業者を仲介するディーラーの存在がリサイクル効率を高くする傾向が示された。さらに、環境配慮行動の意思決定分析や社会制度に関わる実験を実施し、耐久消費財リサイクル問題に対して総合的に研究を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	4,900,000	0	4,900,000
2006年度	4,000,000	0	4,000,000
2007年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2008年度	2,400,000	720,000	3,120,000
総計	15,300,000	1,920,000	17,220,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価・環境政策

キーワード：実験経済学、リサイクル、耐久消費財、マルチエージェント

1. 研究開始当初の背景

近年、循環型社会の実現に向けて様々な技術的・制度的研究が行われている。しかし、そのほとんどが技術自体や、ある特定商品に限定した研究であり、技術と制度を総合したリサイクル市場の体系的な研究はそれほど多くない。例えば、従来研究の中心は投入産出分析やマテリアルフロー分析であるが、これらは企業や自治体などの役割を明示しないので、新しい制度や製品が市場に受け入れられるか否かの判断には向いていない。また、特定家庭用機器再商品化法に見られるよう

に、耐久消費財のリサイクルは重要な課題であるが、厳密な仮定を必要とする耐久消費財の経済理論は、その解析や実証が困難なため、実証分析へのフィードバックは多くない。そこで、耐久消費財リサイクル市場の構造や生産者・消費者の意思決定を考慮した理論とそれらを分析する新しいアプローチの構築が必要になると考え、本研究を提案する。

2. 研究の目的

本研究では、耐久消費財の経済理論をマー

ケットマイクロストラクチャー（市場構造）理論に組み込み、耐久消費財の生産、消費、回収、廃棄・再利用のサイクルを統一的に記述し、経済主体の意思決定が、市場に与える影響を理解することで、耐久消費財リサイクル市場の成立条件から制度設計への指針を明らかにする。市場構造理論とは、一般均衡理論におけるオークショニアを仲介業者としての企業に置き換えて内生化する、企業間取引や規制、消費者行動の記述を可能にする理論である。一方で、耐久消費財の経済理論では、製品の寿命や新旧製品の性能差から生じる技術選択や価格設定を扱う。これらの基礎理論に対して、理論的には確定しない市場を評価する被験者実験（実験経済学）、理論解析の厳密な仮定を緩和し、現実に近い規模で検証する計算機実験（マルチエージェントシミュレーション）を相互に援用することで、耐久消費財の設計、生産、循環のための市場の構造分析から、社会的に望ましい市場制度設計を進める。

3. 研究の方法

(1) 耐久消費財リサイクル市場への理論的アプローチ

市場構造と耐久消費財の理論を統合し、従来の生産、消費の市場モデルに、廃棄、再利用のプロセスを追加することで、耐久消費財の生産から最終廃棄までの過程と各経済主体の意思決定を明示可能な耐久消費財のリサイクル市場のモデルを作成する。均衡分析により、耐久消費財のリサイクルが有する性質や技術選択の影響などを明らかにする。

(2) 被験者実験による購買行動分析と市場メカニズムの解明、制度設計

実験経済学的手法に基づいて、上記で構築した理論モデルの実験を実施し、均衡解との比較を行う。また、現実社会を考えると、実際の間人は理論が想定するような合理性を有しているとは限らず、市場の設計者が意図しない振る舞い（例えば不法投棄など）が市場の機能を阻害しうることもある。そのような視点から、市場の頑健性に関する実験も実施し、耐久消費財リサイクルの有効な制度について議論する。

(3) エージェントシミュレーションを用いた耐久消費財リサイクル市場の分析

実験経済学に基づく被験者実験は、実験室の制約から限られた人数でしか検証できない。生産者は消費者の個人の意思決定の分析に加えて、本研究では多くの消費者が存在するような市場を扱う必要がある。そこで、マルチエージェントシミュレーションにより、実験室実験を補完する形で、規模の大きな実

験を行う。また、プログラム上で設計者が意図するエージェントの戦略を埋め込むことができるため、その意思決定によって市場がどのように影響を受けるかを明らかにすることができる。被験者実験結果とも比較をしながら、効率的な耐久消費財リサイクル市場のダイナミクスや価格形成を評価する。

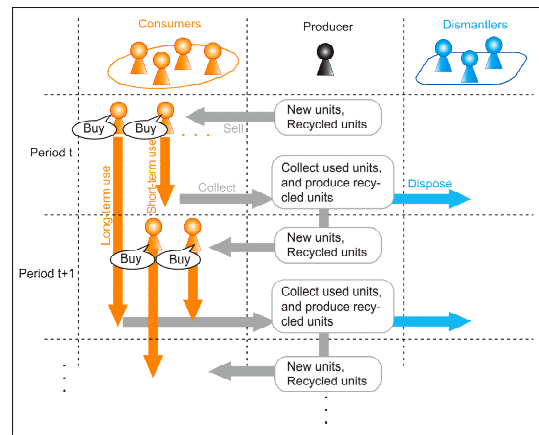
(1)～(3)を統合する形で、リサイクル市場設計の枠組みを提案し、有効な社会制度についての提言を行う。

4. 研究成果

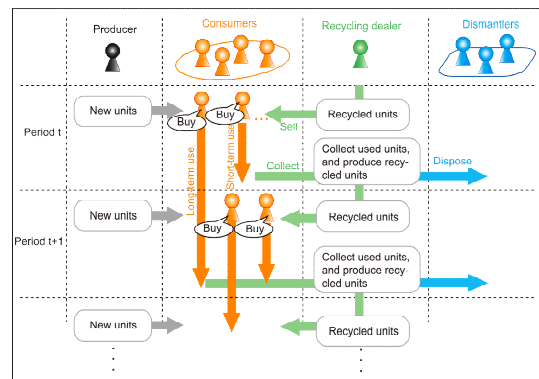
(1) 耐久消費財リサイクルの理論モデル構築

図1に示すような消費者・生産者・処理業者・リサイクルディーラーからなる市場モデルを構築した。マーケットマイクロストラクチャー理論の仲介業者の考え方を基に、廃棄物を回収し処理業者へと渡すリサイクルディーラーの意思決定を導入している。

各パラメータ下での数値解として均衡を求め、生産コストとリサイクルコストの関係と均衡解を関連づけて議論し、製品サイクルを早めリサイクルを進める方が良いか、あるいは、新品製品の耐久性を上げて長期使用の方が良いか、その条件について理論的な観点から明らかにしている。



(a) モデル1：生産者のみ



(b) モデル2：リサイクルディーラーを含む

図1：耐久消費財リサイクル市場モデル

(2) 消費者の耐久消費財選択意思決定の分析
 モデルにおける消費者の耐久消費財選択によって、以下のように State a~g までの状態を定義し、単純な選択の意思決定を被験者実験によって分析した。図中の x は新品を購入しすぐに買い換えている人数、 y は製品購入後を長期間使用している人数、 z はリサイクル製品を使用している人数を表している。

- State a $x > 0, y > 0, z > 0$
- State b $x = z > 0, y > 0$
- State c $x > z, y = 0$
- State d $x = z > 0, y = 0$
- State e $x > 0, y > 0, z = 0$
- State f $x = z = 0, y > 0$
- State g $x = y = z = 0$

図 2：7 種類の消費者の購買状況

実験の結果からは、新品製品を十分な期間利用せずに、再度新しい製品を購入するパターンが多く観察された。その結果、合理的な消費行動から逸脱し、上記の消費者の分類で言えば、最適な行動では State f にも関わらず、 $x > z > 0$ となる状態が現れる事を示唆する。すなわち、新製品が好まれ、長期使用をする消費者も減少し、リサイクル製品は売れない状況を意味する。

(3) 被験者実験による理論モデルの検証

(1)の項目で構築した 2 つのモデルに対し、実験経済学に基づいて被験者実験を実施した。リサイクル市場の価格支配力を持つ生産者とリサイクルディーラーを被験者とし、残りの消費者と処理業者は合理的な行動をとるエージェントとして実験を進めた。実際の人間の相互作用を通して、どのような耐久消費財市場が形成されるかを観察した。表 1 にモデル 1 の結果を、表 2 にモデル 2 の結果を示している。表中の A~F はパラメータの異なるシナリオを表している。

表 1：モデル 1 の被験者実験結果

	Consumers' state							Material efficiency
	a	b	c	d	e	f	g	
A	1	2	2	0	3	2	0	36
B	0	5	2	0	3	3	0	45
C	0	8	0	0	1	3	0	82
D	2	0	2	0	2	6	0	61
E	0	1	4	0	2	3	0	19
F	0	1	3	0	4	3	0	26

表 2：モデル 2 の被験者実験結果

	Consumers' state							Material efficiency
	a	b	c	d	e	f	g	
A	1	1	0	0	0	7	0	71
B	1	2	0	1	0	5	0	100
C	1	6	0	0	0	3	0	92
D	2	3	1	0	0	3	0	68
E	0	3	0	0	0	7	0	100
F	1	3	0	0	2	3	0	60

表では、上記で定義した消費者の状態がどの程度現れたかを表し、右端には材料の利用効率を表し、100%ならば廃棄量が無く完全リサイクルが実現している状況となる。

表からモデル 2 の方が全体的にリサイクルの効率が良いことが分かる。すなわち、消費者と処理業者を仲介するリサイクルディーラーの存在が、効率を上げている可能性が示唆された。

(4) 環境配慮意思決定を創発する制度に関する基礎分析

耐久消費財リサイクルを含め、現在の環境問題の多くに共通する性質としてあげられるのが社会的ジレンマである。制度設計をするにあたり、社会的ジレンマをベースに抽象的なモデルとして、環境配慮型意思決定がどのように創出するかを分析している。消費者の購買意思決定だけではなく、企業の意思決定としても捉えることが可能で、その基礎となる基盤モデルとして構築した。

具体的にはプレイヤーが共有する環境資源を以下に配慮しながら持続的に消費する問題とした。被験者実験によって得られた結果例が図 3 である。図は共有する環境資源の減少量をプロットしている。図中の Treatment 4 のみ、資源を使い尽くすとゲームが終わるという終了条件を付与しており、その場合はある一定のところで、資源の減少が止まるという意思決定結果が現れた。利得構造自体に違いはないが、資源が枯渇するという意識が環境配慮行動を生み出す可能性があることを示している。

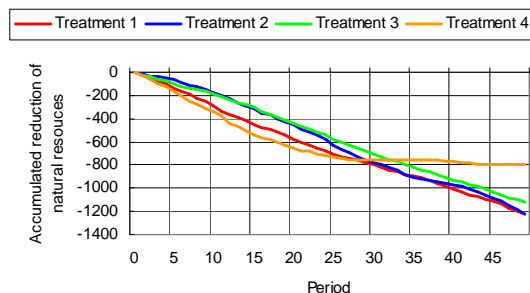


図 3：資源消費意思決定における資源減少の推移（被験者実験）

(5) エコラベルを用いた制度の提案と有効性の検証

エコラベルの1つである、カーボンフットプリントに着目し、持続型社会実現のための制度について分析を進めた。カーボンフットプリントは、材料調達から廃棄・リサイクルまでのライフサイクル全体を通して排出した製品あたりのCO₂を計算しラベルとして商品に添付する。そこで、(4)で構築したモデルを拡張し、製品に添付された状況を含んだ社会システムとして扱う。

被験者実験によって分析した結果、カーボンフットプリントの添付だけでは環境配慮行動が十分に誘発されないことが示された。そこで、環境配慮行動を促進するための制度として、消費者個人に排出上限を与えるルールの有効性などについて分析を進め、ジレンマがある状況で、制度が有効に機能することを示した(表3)。

表3: 環境配慮型製品の平均選択率

	制度なし	制度あり
ジレンマなし	0.33	0.30
ジレンマあり	0.43	0.71
ジレンマ崩れ	0.58	0.58

(6) その他の関連テーマの推進

本研究課題とは直接的には関係しないが、方法論等で共通部分もあり、発展的な内容として下記のテーマについても、連携しながら研究を進めた。

- ① ネットワーク外部性が働く市場での製品普及に関する研究
- ② 環境パフォーマンスを含んだ投資意思決定の分析
- ③ 劇場型産業における座席指定付きオークションメカニズム
- ④ 映画会員制度の経済実験

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

- ① N. Nishino, S. H. Oda, and K. Ueda: "A Study on Decision Making and Institutional Design in Recycling System: An Analysis about the Market for Collecting Used Units", *Systems and Computers in Japan*, vol. 38, no. 8, pp. 20-31, 2007 (査読有り)
- ② N. Nishino, H. Nakayama, S. H. Oda, and K. Ueda: "Recycling of Durable Goods: Modeling and Experiments", *S. H. Oda*

(Ed.), *Developments on Experimental Economics: New Approaches to Solving Real-world Problems (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Vol. 590)*, Springer, pp.197-202, 2007 (査読有り)

- ③ N. Nishino, H. Nakayama, S. H. Oda and K. Ueda: "The Role of An Independent Recycling Dealer in Durable Goods Recycling: An Analysis with Simulation and Economic Experiments", *Proceedings of 6th International Workshop on Emergent Synthesis (IWES' 06)*, pp. 53-61, 2006 (査読有り)
- ④ N. Nishino, Y. Okawa, S. H. Oda and K. Ueda: "Does Self-Interested Behavior Stop Before Exhausting Environmental Resources?: Experiments and Simulation with Long-term Common-pool Resource Game", *Proceedings of IAREP-SABE Conference*, Paper No. P015 (CD-ROM), 2006 (査読有り)
- ⑤ H. Nakayama, N. Nishino, S. H. Oda and K. Ueda: "Decision making of Economic Agents for Durable-Goods Recycling", *Proceedings of EcoDesign 2005: Fourth International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*, Paper No. 1A-1-4F (CD-ROM), 2005 (査読有り)
- ⑥ 西野成昭, 小田宗兵衛, 上田完次: 「リサイクルシステムにおける行動主体の意思決定と制度設計: 使用済み製品の回収市場における分析」, *電子情報通信学会学会誌*, Vol. J88-D-I No. 9, pp. 1312-1320, 2005 (査読有り)
- ⑦ K. Ueda, N. Nishino, H. Nakayama and S. H. Oda: "Decision Making and Institutional Design for Product Lifecycle Management", *Annals of the CIRP*, vol. 54, No. 1, pp. 407-412, 2005 (査読有り)

[学会発表] (計5件)

- ① 山川秀一, 西野成昭, 上田完次: 「カーボンフットプリントを導入した社会システムにおける購買者の意思決定と制度設計に関する研究」, 第4回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, pp. 144-145, 2009年3月5-7日, 北九州国際会議場, 2009
- ② R. Haitani and S. H. Oda: "What Students Learn from Market Experiments and What They Don't", presented at The 15th World Congress of the International Economic Association, Istanbul Convention and Exhibition Center (ICEC), Istanbul, Turkey, 25-29 July, 2008

- ③ 岩崎敦, 小田宗兵衛, 横尾真:「閾値付き公共財供給における強化学習の記述力の検証: 計算機実験と被験者実験の比較」, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム (JAWS2006), 鈴鹿サーキットホテル三重県, 2006
- ④ 西野成昭, 中山広基, 小田宗兵衛, 上田完次:「リサイクルシステムにおける行動主体の意思決定に関する研究: 被験者実験による耐久消費財リサイクル分析」, 第6回SICE システムインテグレーション部門講演会論文集, pp. 463-464, 2005年12月, 熊本電波工業高等専門学校, 2005
- ⑤ 西野成昭, 中山広基, 小田宗兵衛, 上田完次:「耐久消費財のリサイクルシステムにおける行動主体の意思決定: リサイクル製品の普及に関する分析」, 日本機械学会第15回設計工学・システム部門講演会講演論文集, pp. 166-167, 2005年8月, 北海道大学, 2005

[図書] (計1件)

- ① S. H. Oda, Developments on Experimental Economics: New Approaches to Solving Real-world Problems (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Vol. 590), Springer, 262 pages, 2007

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小田 秀典 (ODA HIDENORI)
京都産業大学・経済学部・教授
研究者番号: 40224240

(2) 研究分担者

八杉 満利子 (YASUGI MARIKO)
京都産業大学・理学部・教授
研究者番号: 90022277

上田 完次 (UEDA KANJI)
東京大学・人工物工学研究センター・教授
研究者番号: 50031133

北村 隆一 (KITAMURA RYUICHI)
京都大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 60252467

横尾 真 (YOKOO MAKOTO)
九州大学・大学院システム情報科学研究
院・教授
研究者番号: 20380678

飯田 善郎 (IIDA YOSHIO)
京都産業大学・経済学部・准教授
研究者番号: 50273727

岩崎 敦 (IWASAKI ATSUSHI)
九州大学・大学院システム情報科学研究
院・助教

研究者番号: 30380679
井寄 幸平 (IYORI KOUHEI)
広島修道大学・経済科学部・准教授
研究者番号: 70435048
小川 一仁 (OGAWA KAZUHITO)
大阪産業大学・経済学部・准教授
研究者番号: 50405487

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

西野 成昭 (NISHINO NARIAKI)
東京大学・人工物工学研究センター・助教
研究者番号: 90401299