

令和 6 年 6 月 16 日現在

機関番号：32658

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K15611

研究課題名（和文）消費者行動を考慮した食品廃棄低減化システムの検討-ミルクゲームを活用して-

研究課題名（英文）Considering Consumer Behavior and Food Waste Reduction Systems: Utilizing the Milk Game

研究代表者

佐藤 みずほ (Sato, Mizuho)

東京農業大学・国際食料情報学部・教授

研究者番号：80738683

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、牛乳のサプライチェーンゲームを開発し、それを用いた被験者実験とシミュレーション実験を行い、食の商習慣（1/3ルール、1/2ルール）の違いによるプレイヤーの意思決定と廃棄への影響を検討した。被験者実験では、メーカー、小売業、それぞれに期限を設定しても、それらの期限に基づいて販売価格を調整しやすくなるため、廃棄への影響は小さかった。一方、シミュレーション実験では、ゲーム理論に基づく分析によって、1/3ルールを課すことが、廃棄を生みやすい後入れ先出しの均衡を消す場合があることが示された。さらに、1/2ルールではサプライチェーンの利害関係者の利益を損なうことなく廃棄を削減できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本の食品ロス・廃棄の原因の1つとして食の商習慣である1/3ルールが問題視されている。しかし、以前に行われた実証実験では、ルールを緩和することで逆に食品ロス・廃棄が増加する商品も見られていた。本研究の結果からも、それを裏付けるように、必ずしもこの商習慣が廃棄を増大させるとは限らないことが示唆された。したがって、本研究は、今後、食のサプライチェーンの施策などを検討する際の基礎としての意義がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed a milk supply chain game (Milky Chain Game) and conducted both subject experiments and simulation experiments to examine the impact of different food trade practices (1/3 rule, 1/2 rule) on players' decision-making and waste. In the subject experiments, even when deadlines were set for manufacturers and retailers, the impact on waste was minimal because it became easier to adjust the sales price based on these deadlines. On the other hand, in the simulation experiments, game theory-based analysis showed that imposing the 1/3 rule could eliminate the equilibrium of last-in, first-out, which tends to generate waste. Furthermore, under the 1/2 rule, it was possible to reduce waste without compromising the interests of the supply chain stakeholders.

研究分野：農業経済学，フードシステム

キーワード：食品ロス・廃棄 フードサプライチェーン 食の商習慣 持続可能性 シリアスゲーム ゲーミング&シミュレーション ゲーム理論

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

2015年の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」に示された「持続可能な開発目標（SDGs）」において、小売・消費レベルでの食品廃棄を世界全体で半減するという目標が掲げられた。持続可能な社会を形成していく上でも食品ロス・廃棄を削減することは重要である。日本の食品流通業界には1/3ルールという商習慣がある。これは、製造から消費・賞味期限までの期間を3等分し、製造から1/3の時点で小売店への納品期限、2/3の時点で消費者への販売期限をそれぞれ設けるものである。このルールのために、流通過程で食品が過剰に廃棄されているのではないかと言われているが、ルールを緩和したからといって必ずしも全ての商品の食品ロス・廃棄が減少するとは限らない。また、消費者の意識が変われば、食品スーパーや牛乳メーカーにとって有利な戦略も変わる。フードサプライチェーンの挙動は、それを構成する人の挙動が影響し、人の挙動は互いに絡み合っているため、単純に評価することは難しい。したがって、人の挙動の変化も考慮して、ルールの変更（やその他の政策）の影響を評価できるようにする必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、食品廃棄の原因の1つである食の商習慣に焦点をあて、持続可能な食品サプライチェーン構築のための商習慣を検討することを目的とした。具体的には、まず、Step1では、多様化する消費者の牛乳の購買行動（環境への意識、食品廃棄への関心など）を調査し、消費者行動をモデル化する。次にStep2では、牛乳のサプライチェーンをベースにゲームを作成し、商習慣（1/3ルール、1/2ルール）がある場合、ない場合などにおける各役割のプレイヤーの意思決定とその食品廃棄への影響を分析する。最後にStep3では、Step1の結果をStep2のゲームに盛り込み、シミュレーションを通じて、Step1でモデル化した消費行動が食品サプライチェーンにどのような変化を引き起こすか、そして、そのもとでどのようなルールや政策が望ましいかを検討する。

3. 研究の方法

3.1 牛乳サプライチェーンゲーム（Milky Chain Game）の開発と被験者実験

本研究で開発するシリアスゲームのアクターは、生産者（酪農家）、牛乳メーカー、食品スーパー、消費者である。これらのうち、生産者（酪農家）、消費者の役はコンピューターエージェントが担う。特に、消費者エージェントは、より新鮮で安価な牛乳を好むように設定する。具体的には、牛乳の消費者の購買行動についてグループインタビューやアンケート調査を行い、その結果を基に消費者エージェントの選好をモデル化した。一方、牛乳メーカー（3社）、食品スーパー（3社）の役をそれぞれゲームのプレイヤーが担う。牛乳メーカーは、生乳を生産者から仕入れて牛乳を製造し、食品スーパーに販売する。食品スーパーは、牛乳メーカーから牛乳を仕入れて、消費者に販売する。牛乳メーカーと食品スーパーの取引はオークション形式で行う。

このゲームの被験者実験では、食の商習慣（1/3ルール、1/2ルール）がある場合、ない場合でゲームをプレイしてもらい、ルールの違いによるプレイヤー（牛乳メーカーおよび食品スーパー）の意思決定内容とスコア、廃棄量などを観察する。また、事後にゲームや食品ロス・廃棄に関するアンケートを行う。

3.2 牛乳のサプライチェーンゲームのシミュレーション実験

1) 牛乳メーカー1社, 食品スーパー1社の単純化モデルでのシミュレーション

牛乳メーカー (1社), 食品スーパー (1社) に単純化したサプライチェーンモデルでシミュレーション実験を行い, 食の商習慣の有無によってゲームの均衡にどのような変化が生まれるかを分析する. 食品スーパーに訪れる消費者の数は, 正規分布に従うランダム変数とし, 消費者はより新鮮で安価な牛乳を好む設定とした. 牛乳メーカーの戦略は, ①出荷順 (後入れ先出し, 先入れ先出し), ②価格の値引きの有無, ③安全在庫量の多寡, の3つの組み合わせで決まる. また, 食品スーパーの戦略は, ①倉庫から店頭への棚出し順 (後入れ先出し, 先入れ先出し), ②値引きの有無, ③安全在庫量の多寡, の3つの組み合わせである. これらの戦略による牛乳メーカーと食品スーパーの間の相互作用をシミュレーションに基づいて分析し, このゲームの均衡を見つけ出す. この分析を, 商習慣である 1/3 ルールのありとなしで行い, それらの結果を比較する.

2) 牛乳サプライチェーンゲーム (Milky Chain Game) に基づくモデルでのシミュレーション

牛乳サプライチェーンゲーム (Milky Chain Game) のモデルは, 上の単純化モデルよりも複雑であるため, ゲームの均衡を近似的に導出する手法としてレプリケータダイナミクス (RD) を応用する. 具体的には, 遺伝的アルゴリズムと RD を融合した効率的な均衡探索方法を用いて, Milky Chain Game で想定しているサプライチェーンのシミュレーション実験を行う. 1/3 ルール, 1/2 ルールの条件下でそれぞれシミュレーションを 27 日間 (27 回) 行い, 得られた結果を比較する.

4. 研究成果

4.1 牛乳サプライチェーンゲーム (Milky Chain Game) を用いた被験者実験の結果

大学生や社会人などを対象に被験者実験を行った結果, 特に 1/3 ルール下では, 牛乳メーカーの在庫量が減少する傾向にある一方で, 納品期限がないと, 牛乳メーカーの在庫量が多くなり, その結果, 食品スーパーに, 賞味期限が短い商品が販売される傾向があった. 牛乳メーカー, 食品スーパー, それぞれに期限 (納品期限, 販売期限) を設定すると, それらの期限に基づいて販売価格を調整しやすくなるため, 期限を設けることによる廃棄への影響は小さかった. ゲーム実施後のアンケート調査の結果を分析した結果, 1/2 ルールと 1/3 ルールではほとんどの牛乳メーカーが納品期限に基づいて価格調整を行っていたのに対し, 制限なしでは一部の牛乳メーカーが値引きを行わなかったことが確認された. また, 食品スーパーも同様に残日数の短い牛乳パックを値引きする傾向がみられ, ゲームの結果の考察を裏付ける回答が得られた.

4.2 牛乳サプライチェーンゲームのシミュレーション実験の結果

1) 牛乳メーカー1社, 食品スーパー1社の単純化モデルでのシミュレーション結果

廃棄物の量は, 主に牛乳メーカーの出荷順序に依存し, 次に食品スーパーの棚出し順序に依存する. 食品廃棄物を削減するには, 両方とも FIFO (先入れ先出し) であることが好ましい. 興味深いことに, 1/3 ルールを課すことが, 廃棄を生みやすい後入れ先出しの均衡を消す場合があることが示された. この効果は, 1/3 ルール下では, 食品スーパーが非常に古い牛乳の購入を避けるために, 牛乳メーカーの LIFO (後入れ先出し) 方針をとる必要がなくなったからと考えられる.

2) 牛乳サプライチェーンゲーム (Milky Chain Game) に基づくモデルでのシミュレーション結果

牛乳メーカーと食品スーパーのゲームスコアは、1/3 ルールの場合と比較して、1/2 ルールの方がわずかに増加した。このことは、ルールの変更が利益に悪影響を与えないことを示している。また、牛乳メーカーと食品スーパーの廃棄量の減少は、これらのルール間では、均衡となる戦略は大きく変わることがなく、単に販売時間だけが延長されたためであると考えられる。消費者の効用は、1/2 ルール下でわずかに増加した。食品スーパーが牛乳を廃棄せず、残り日数の少ない牛乳を販売し始めたため、1/2 ルールの場合、牛乳が在庫切れになる頻度が低くなり、消費者の効用が増加したと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Natsuki Morita, Hayato Dan, Katsumi Homma, Hitoshi Yanami, Shota Suginochi, Mizuho Sato, Hajime Mizuyama, and Masatoshi Ogawa	4. 巻 309
2. 論文標題 Equilibrium search technique using genetic algorithm and replicator dynamics and its application to food supply chain model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Smart Innovation, Systems and Technologies, Springer	6. 最初と最後の頁 363-374
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-19-3444-5_31	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 佐藤みずほ, 水山元	4. 巻 16(4)
2. 論文標題 消費者セグメンテーションに基づく食品廃棄低減化施策の検討 食のライフスタイルと食品廃棄行動の関連から	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本食育学会誌	6. 最初と最後の頁 157-173
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14986/shokuiiku.16.157	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Mizuho Sato, Hajime Mizuyama	4. 巻 68
2. 論文標題 Global Environmental Issues: Food and Agriculture Education to Address Food Loss and Waste, Aiming at a Sustainable Supply Chain	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Nutritional Science and Vitaminology	6. 最初と最後の頁 95-97
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3177/jnsv.68.S95	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Mizuho Sato, Masaru Nakano, Hajime Mizuyama, and Christoph Roser	4. 巻 12434
2. 論文標題 Proposal of a beer distribution game considering waste management and the bullwhip effect	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Serious Games, Lecture Notes in Computer Science, Springer	6. 最初と最後の頁 78-84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-61814-8_6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hajime Mizuyama, Sota Yamaguchi, Shota Suginochi, Mizuho Sato	4. 巻 664
2. 論文標題 Simulation-Based Game Theoretical Analysis of Japanese Milk Supply Chain for Food Waste Reduction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IFIP Advances in Information and Communication Technology, Springer	6. 最初と最後の頁 107-115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-16411-8_14	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mizuho Sato, Tomoya Manago, Hajime Mizuyama	4. 巻 690
2. 論文標題 Milky Chain Game :A Pedagogical Game for Food Supply Chain Management	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IFIP Advances in Information and Communication Technology, Springer	6. 最初と最後の頁 347-362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-43666-6_24	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 佐藤みずほ
2. 発表標題 フードシステム全体から見た食品ロスの課題
3. 学会等名 日本食品科学工学会, 第69回大会講演集, 17
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 栗田 海, 佐藤 みずほ, 水山 元
2. 発表標題 Milky-Chain Game を用いた食品サプライチェーンの参加型シミュレーション
3. 学会等名 日本シミュレーションゲーミング学会, 全国大会論文報告集2021年秋号, 112-113
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 檀 隼人, 森田菜月, 本間克己, 屋並仁史, 杉之内 将大, 佐藤 みずほ, 水山 元, 小川 雅俊
2. 発表標題 利得表が未知なゲームに対する効率的な均衡探索アルゴリズムの提案
3. 学会等名 計測自動制御学会, 第9回制御部門マルチシンポジウム, 3D1-5
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森田菜月, 檀隼人, 本間克己, 屋並仁史, 杉之内将大, 佐藤みずほ, 水山元, 小川 雅俊
2. 発表標題 遺伝的アルゴリズムとレプリケータードダイナミクスを用いたサプライチェーンの均衡探索
3. 学会等名 日本機械学会生産システム部門研究発表講演集, 208
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hayato Dan, Natsuki Morita, Katsumi Homma, Hitoshi Yanami, Shota Suginochi, Mizuho Sato, Hajime Mizuyama, Masatoshi Ogawa
2. 発表標題 Effect Evaluation of Relaxing Shipping/Selling Deadline in the Food Supply Chain, An Evolutionary Game Theoretical Approach
3. 学会等名 The 29th International Annual EurOMA Conference paper, 1-10 (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	水山 元 (Mizuyama Hajime) (40252473)	青山学院大学・理工学部経営システム工学科・教授	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------