

The circulation model of reusable bags on the system dynamics simulation

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2016-12-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 田辺, 直行 メールアドレス: 所属:
URL	https://mu.repo.nii.ac.jp/records/326

リユースバッグ「エコふくろう」のシステム・ ダイナミックスシミュレーションによる流通モデル

The circulation model of reusable bags on the system dynamics simulation

田 辺 直 行*
Nao-Yuki Tanabe

要旨

武蔵野大学で使用されていたリユース・バッグ「エコふくろう」の流通システムをモデル化し、システムの中でのバッグの流れのシミュレーションを行った。実証試験時に計数された袋の枚数のデータを元に流通枚数の解析を行い、袋の枚数の半減期からモデル化のパラメータを決定した。シミュレーションの結果を元に、リユースバッグの質量、価格、耐用回数などの仕様をバックキャストイングしてデザインすることで、資源的にも経済的にも有効なリユースバッグの循環システムを構築できるかの可能性を考察した。

1 はじめに

容器包装リサイクル法が制定されて以来、小売店で配布されているレジ袋を減量するための様々な取り組みが小売店、地方自治体において環境対策としてなされている¹⁾。さまざまなレベルでの取り組みがなされていて、買い物袋、いわゆるエコバッグの持参を推奨する取り組みであったり、レジ袋の素材の改良など袋そのものに注目した取り組みや、レジ袋を有料化したりする経済的な効果による取り組みもある。武蔵野大学でも、さまざまな環境推進の取り組みがなされているが、その中で、学生の阿賀が発案しコンビニエンスストアの協力を得て始め、環境推進団体である「エコの民」が引き継いでレジ袋削減に向けて取り組んでいたリユース・バッグ「エコふくろう」を用いたシステムは、学内外から評価されていた²⁾。しかし、流通するリユース・バッグの枚数が減少し、財源不足などのために現在は活動を休止している。

本研究では、このエコふくろうによるリユース・バッグのシステムの有効性を検証するため、このシステムをモデル化して、システム・ダイナミックス・モデル³⁾によりコンピュータ・シミュレーションを行った。実証試験でのエコふくろうの枚数の計測データを元に、袋の枚数の減少を特徴付けるパラメータである半減期からモデルのパラメータを決定し、システム本来の動的な振る舞いを再現した。このシミュレーション結果を元に、エコふくろうを用いたリユース・バッグ・システムの有効性と、どのような袋をデザインすれば、レジ袋と比較して資源的にも経

*非常勤講師

済的にも有効に機能するシステムを構築できるかを考察し、最後に今後の課題を述べる。

2 シミュレーション・モデル

「エコふくろう」のリユース・システムは、レジ袋の代替袋としてエコふくろうを循環させてリユースすることにより、レジ袋を削減することを目的としていた²⁾。このシステムを大きくモデル化すると、次の二つのサブシステムから成り立っていることが分かる。一方は店頭での客の流れを示すサブシステムであり、もう一方はエコふくろうの袋そのものが循環することを示すサブシステムである。これら2つのサブシステムは、店頭でエコふくろうを選択する客の数がそのまま、エコふくろうが配布される枚数になることによって、つながりを持っている。

2.1 客の流れ

コンビニエンスストア（コンビニ）に来た客は商品を買うと、エコふくろうを利用するか、それともレジ袋を利用するかを店員に尋ねられる。どちらを選ぶかは、客に任されている。そこで、50パーセントの確率で選ぶものと仮定する。このとき、マイバッグ（持参した買い物袋）があればどちらの袋も必要ないとして断れる。また、商品が1－2個であれば袋は使わずに手で持って帰ることも選べる。これらをまとめると、客が商品購入後に、4つのパターンがあると考えられる。

- (1) エコふくろうを利用する
- (2) レジ袋を利用する
- (3) 持参したマイバッグを利用する
- (4) 手で持ち帰る

これをモデル化したのが、図1の左側に示す、客の流れを示すサブシステムである。

2.2 エコふくろうの流れ

次に、客の流れと同時に、エコふくろうがどのように流通しているかを考える。このプロジェクトをマネジメントしていた「エコの民」のメンバーは、エコふくろうの在庫管理をしていた。エコの民は毎日、エコふくろうをコンビニに配給する。コンビニの店頭では、エコふくろうが無くなるまで、客はエコふくろうを選べるようになっている。エコふくろうに商品を入れてもらった客は、エコふくろうが不要になった時点で、回収場所にエコふくろうを返却する（図1のReturn）。返却されたエコふくろうは、その日のうちにエコの民によって回収されて、エコの民のストックに一時的に保管され、再びコンビニに配布される。これをモデル化したのが、図1の右側のループ図である。エコふくろうは返却されないで無くなったり、また、汚れたり壊れたりして使えなくなることも考慮して、ゴミ箱（図1のBin）も用意しておく。つまり返却率Returnは1よりも小さくなる。また、エコふくろうを返却するかどうかについて客を完全にコントロールできない、つまり返却率はコントロールできない。そこで、返却率Returnを変えてシミュレーションを行い、各返却率に対するシステムの振る舞いを調べた。

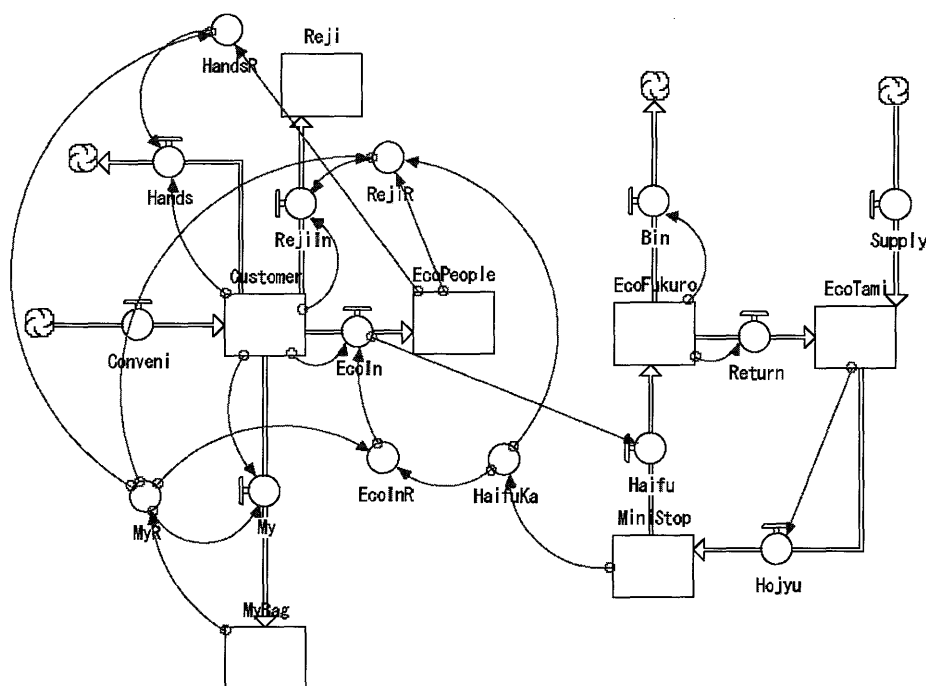


図1 客の流れ（左側）とエコふくろうの流れ（右側）

□はストックを表し、二重矢印に従って人やエコふくろうがシステム内を流れて行くことを示す。また、○と細い矢印では人やエコふくろうは流れず、関係があることを表す。

3 シミュレーションと結果

モデル化したシステムにおいて、エコふくろうの返却率を変えてシミュレーションを行った。各返却率ごとに、ストック（図1のEcoPeople、EcoTami）の時間変化（実際には日数による変化）を調べ、システムの振る舞いを求めた。客の人数は、一日あたり500名とし、シミュレーションする日数は120日とした。すべてのシミュレーションは、システム・ダイナミックスソフトウェアのSTELLA上で行った。

3.1 シミュレーション結果

エコふくろうの流れのサブモデルの中で、ゴミ箱（Bin）として設けている部分が、ループから抜け出る唯一のチャンネルである。ゴミ箱に行かなかったエコふくろうはReturnを通じて、再びループに戻る。このReturnは、エコふくろうをマネジメントするエコの民にとっては、使用したエコふくろうの回収を通じて、間接的に客と接するインターフェイスとなっている。エコの民が投入するエコふくろうの枚数は、一日の客の人数と店頭でエコふくろうを選択する割合から求めた360枚とした [注1]。この枚数は、システムが回るための必要最低枚数である。

返却率が100パーセントであることは望ましい状況ではあるが、現実的でない。耐用回数を超えて使用すれば壊れてしまうであろうし、客が無くしてしまうことも考えられる。実際には、返

却率Return (=R) は1.0より小さな値なので、エコふくろうの枚数は日数の経過に従って減少していく⁴⁾。そこで返却率Rを0.5から1.0まで変化させた場合に、返却されたエコふくろうの枚数と、エコふくろうを利用した客の延べ人数 (EcoPeople) をシミュレーションにより求めた。返却率毎に、返却されたエコふくろうの枚数の時間変化を図2に示す。また、エコふくろうを利用した客の延べ人数は、利用されたエコふくろうの累積枚数に等しいので、エコふくろうの累積枚数の時間変化として図3に示した。

3.2 結果の解析

図4には、図2のグラフから読み取った、返却されたエコふくろうの枚数の半減期Tと、未返却率 ($B = 1 - R$) の逆数の関係を示す。グラフから分かるように、未返却率Bの逆数と半減期Tは比例関係にある。この直線の傾きは1.4であるので、

$$BT = 1.4 \quad (1)$$

の関係があることが分かる。

図5には、図3で120日の時点でのエコふくろうの累積枚数と、未返却率Bの逆数との関係を表す。実際には縦軸に、エコふくろうの累積枚数そのものではなく、投入したエコふくろうの枚数360枚で割った値を表していて、市場に何回出回ったかを表す、回転率Lを示している。図5のグラフから $1/B$ が10以下のとき、つまり未返却率Bが0.1よりも大きいとき、つまり返却率Rが0.9よりも小さいときには、比例関係でほぼ近似できるといえる。直線の傾きは4.2であるので、

$$BL = 4.2 \quad (2)$$

の関係があることが分かる。

エコふくろうシステムの実証実験時のデータから、返却されたエコふくろうの半減期Tを読み取ると16.5日であった [注2]。T = 16.5を(1)式に適用すると、未返却率Bは8.5% (= 0.085)、つまり返却率R ($= 1 - B$) は91.5%であったことが分かる。またこのとき回転率Lは、 $B = 0.085 < 0.1$ であるので厳密には(2)式の適用範囲を超えているが、未返却率0.085が0.1に近いことを考えると、(2)式で見積もられる回転率はそれほど変わらず、上限を与えるものだと解釈できる。すると、(2)式により回転率Lは49.4回と見積もることができる。これは回転率の上限を与えるもので、実際にはこれよりも回転率は小さくなる。

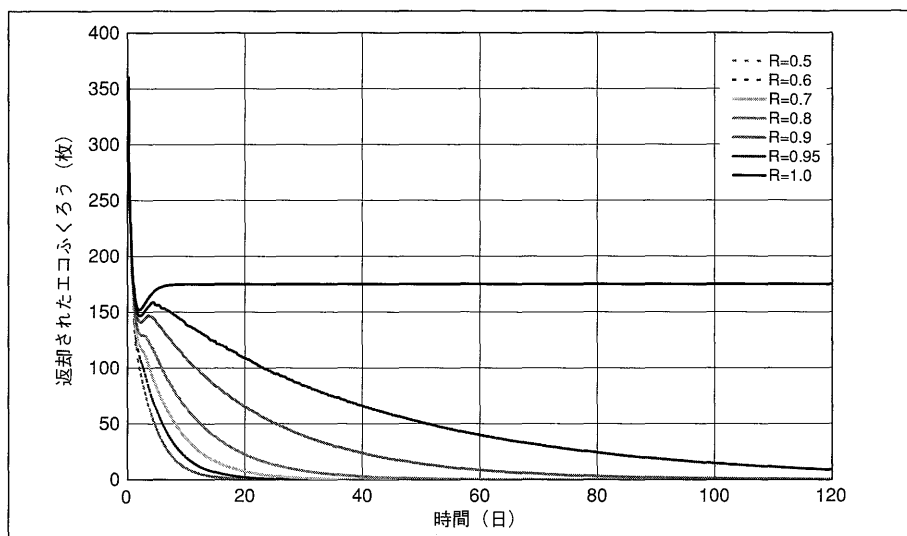


図2 返却されたエコふくろうの枚数の時間変化

返却率 R を0.5から1.0まで変化させたときのエコふくろうの枚数の変化を表す。返却されたエコふくろうの枚数が日数の経過に対して指数関数的に減少することを示している。

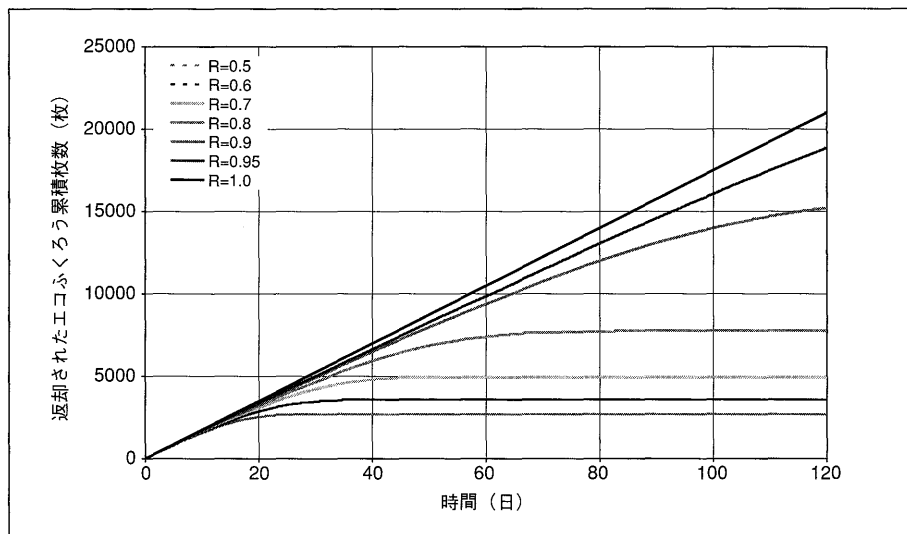


図3 返却されたエコふくろうの累積枚数の時間変化

返却率 R を0.5から1.0まで変化させたときのエコふくろうの累積枚数の変化を表す。返却率 R が1.0の時は日数に比例し、0.8以下の場合には一定時間が経過すると累積枚数が、ある一定値に近づきフラットになることを示している。

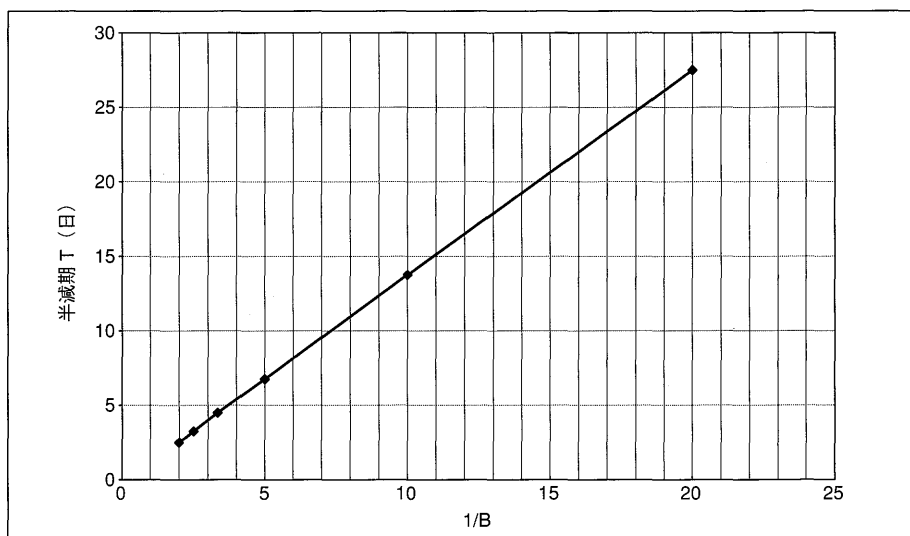


図4 未返却率Bとエコふくろうの半減期Tの関係

図2から読み取ったエコふくろうの枚数の減少の半減期Tと未返却率B ($=1-R$) の逆数の関係を表している。比例関係にあることが分かる。比例係数は1.4である。

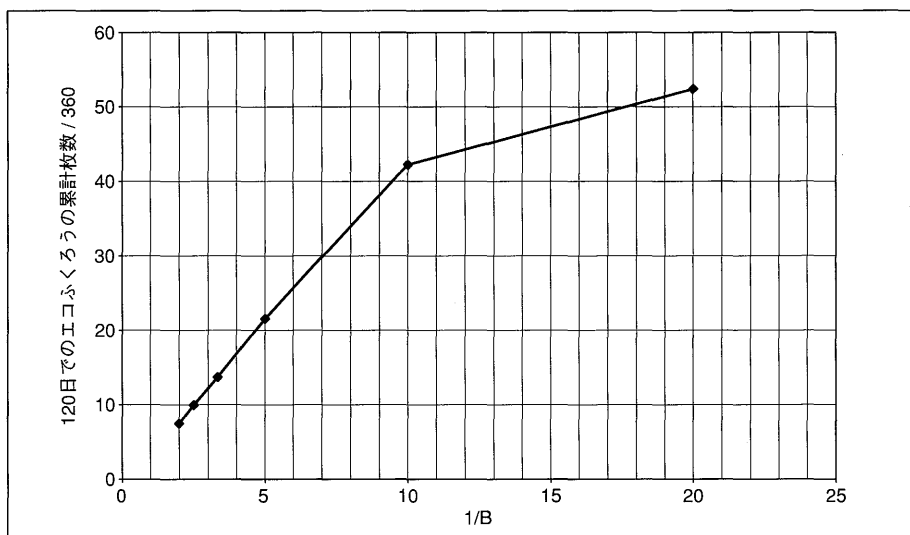


図5 未返却率Bとエコふくろうの累計枚数の関係

図3から120日目のエコふくろうの累積枚数を初期枚数360枚で割った値と、未返却率B ($=1-R$) の逆数の関係。1/Bが10より小さい時には比例関係が成り立つことが分かる。比例係数は4.2である。

4 考察

本研究では、返却率 R に注目して、各返却率でのエコふくろうの枚数の半減期 T と回転率 L をシミュレーションにより求めた。その結果、半減期 T と回転率 L は、未返却率 $B (=1-R)$ を使って、 $T=1.4/B$ 、 $L=4.2/B$ の関係式で表すことができることが分かった。実証試験での袋の枚数のデータの半減期 $T=16.5$ 日から、返却率 R が91.5%、回転率 L は49.4回であると分かった。この返却率91.5%はとても高い値であり、主に学内で実施したリユース・システムであるために実現できるものであったといえる。学外で実施したとすればこれほど高い返却率は見込めず、もっと低い返却率になるはずである。また、回転率は多く見積もって50回であったことから、エコふくろうは50回の使用に耐えられるものであればよいことが分かる。同様に質量に関しては、レジ袋の質量が2g程度であることから、その50倍の100gより軽くなるようにデザインすれば良いことが分かる。実際のエコふくろうは大きいサイズでも42.5gであったので、このままで、十分、資源的な観点からは利用することが有効であるといえる。一方、経済的には、レジ袋が一枚1円程度のコストであるとする、その50倍の50円程度でリユースバッグを作成できるのであれば経済的にも有効なものとして利用することは可能である。阿賀²⁾が考察しているように、実際のエコふくろうはオーバースペックだったとはいえ、1枚150円程度の製作費であったことを考えると、スペックを抑えて3分の1の製造コストでリユースバッグを作成することは難しいことではあろうが、実現可能なレベルであろう。リユースバッグの袋のデザイン時に、使用する材料を考慮して質量や価格の検討を加え、オーバースペックにならないようにバッグの仕様を適切に決定すれば、有効なシステムとして十分運用していけるものであるといえる。このように考えると、エコふくろうのリユース・システムは理論的には、資源的にも経済的にも有効なシステムとして実現可能であるといえる。今後、リユースバッグを用いた代替袋方式のリユース・システムを実施時には、望まれる結果からバックトラックして、そのシステムを運用して行くための必要最低限の仕様を定め、その仕様に近づけるバッグをデザインすれば、リユース・システムの有効性を高めることができ、普及させることにつながると考えられる。

本研究では、エコふくろうの枚数に焦点をあて、その返却率から袋の枚数の半減期や回転率を求め、エコふくろうの袋そのものの仕様についての提案を行った。今後は、コンビニエンスストアへの袋の配布の仕方や、返却率以外のパラメータ、特に客の流れに関わるパラメータに分布を持たせたり、客の満足度や学習効果をモデルに取り入れたシミュレーションを行い、システム全体の構成そのものへの提案をしたいと考えている。

5 謝辞

本研究は、矢内秋生教授のご助言により、科学的な思考を補助するツールとしてシミュレーションが環境学科での教育にどの程度有効かをみるために、試験的に実施したことが始まりでした。その中で、議論する場やコンピュータを用意していただくなどの環境を提供していただいたことに大変感謝しています。門多真理子教授には、本研究の元になる阿賀清恵さんの卒業研究について伺わせていただきました。卒業論文にはない苦勞を聞かせていただき、結果を考察する上

で参考にさせていただきました。環境学科学部学生 坂井由里子さん、林口友香里さんにはシミュレーションのモデル作成や実行などを手伝っていただきました。彼女らには、エコの民のメンバーの様子や、コンビニの店頭でのやりとりなど、モデルの作成において重要となる事実を教えてくださいました。また、専修大学商学部の高橋裕教授には、シミュレーション・ソフトウェアSTELLAについて手解きをしていただき、社会科学におけるシミュレーションの役割を伺ったことで筆者の視野が広がりました。その他、本研究の環境を作っていたいただいた武蔵野大学環境学部の諸先生方に感謝いたします。

6 注釈

[注1] 1日当たりの客が500人と仮定して、その3割はマイバッグを使うか、手で持ち帰るかとした。すると残りの7割の350人のうちの50%がエコふくろうを選択するとすると、1日当たり175名がエコふくろうを使用することになる。シミュレーションの結果、この175名が使用したエコふくろうは次の日には返却されるが、返却されてから店頭で配布されるまでに1日を要する。つまり、市場に出回っているエコふくろうと返却され店頭に並ぶまで保管されているエコふくろうの枚数は同数となるので、最低限必要なエコふくろうの枚数は175枚の2倍の350枚となる。350枚であるとエコふくろうが循環するのにぎりぎりの枚数であるので、10枚を追加し360枚を最低限必要な枚数とした。

[注2] 阿賀の計測データを、エコふくろうの枚数を経過日数に対して片対数グラフにプロットすると、ほぼ直線上的になるので、指数関数的に減少していることが分かる。また、エコふくろうの枚数が初期の半分になるのにかかる時間をグラフより読み取って半減期を16.5日と決定した。

7 参考文献

- 1) 舟木賢徳、『「レジ袋」の環境経済政策』、リサイクル文化社、2006.
- 2) 阿賀清恵、リユースバッグ「エコふくろう」―レジ袋削減の為に新システム―、武蔵野大学人間関係学部環境学科卒業論文（指導教員：門多真理子教授）、2008.
- 3) 森田道也編、『経営システムのモデリング学習』、牧野書店、1997.
- 4) ジョン・D・スターマン、枝広・小田訳、『システム思考』、東洋経済新報社、2009.