

自動販売機のアップグレード戦略に関するコストシミュレーション

クオリティマネジメント研究

601B045-1 高取 智

指導 棟近雅彦 教授

Cost Simulation for Design Upgrading Strategy in Vending Machine Market

by Satoshi Takatori

1. 研究目的

製品メーカーにおける従来の設計戦略の主な目的は、製品の使用者である顧客の要求を満たすことであった。しかし、近年の環境意識の高まりとともに、単に顧客の要求を満たすだけでは不十分であり、材料再利用、部品再使用など製品のライフサイクルを考慮した設計戦略の実現が必要となってきた。

一方、製品のライフサイクルには、製品メーカー以外にも顧客、メンテナンス業者などさまざまな関係者が存在する。その状況下で、新たな設計戦略がビジネスとして成り立つかを確認するには、コスト面からの効果の検証が不可欠である。

本研究では、自動販売機(以下、自販機)を事例に、製品の特性に即したライフサイクル戦略としてアップグレード設計戦略を取りあげる。また、その効果を、故障製品のメンテナンスコスト削減、陳腐化製品の減少に伴う初期投資コストの低減から捉える。そして、その効果の検証として製品、部品の流れを表現するライフサイクルシミュレータを活用したコストシミュレーションを実施し、シミュレーションの有効性について考察する。

2. 自販機のライフサイクル戦略の検討

2.1 現在の自販機ビジネスの概要

代表的な自販機ビジネスモデルを図1に示す。自販機メーカーにとって、代表的なビジネスモデルとなるのが、飲料メーカーを直接の顧客とする

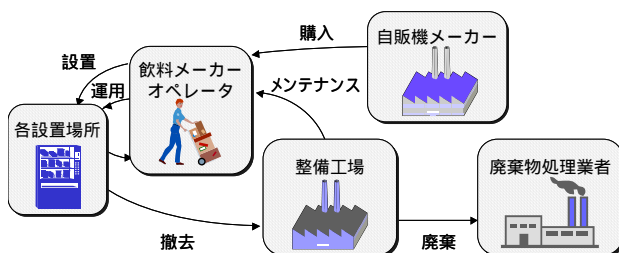


図1 代表的な自販機のビジネスモデル

場合である。飲料メーカーは、自社仕様の自販機をメーカーに発注し、多くの設置場所に展開して運用を行い、販売量の向上を目指している。自販機は3～5年使用した後、故障、陳腐化を理由に飲料メーカーの判断に基づいて設置場所から引きあげられ、メンテナンスして別の設置場所にて再使用されるか、そのまま廃棄される。

2.2 製品特性に即したライフサイクル戦略

上述のビジネスモデルにおいて、自販機に要求される機能は消費者向けとなる利便性のみならず、飲料メーカー向けとなる販売業務の合理化、清掃性などさまざまであり、メーカーは年々新製品設計を行って対処している。一方、劣化損傷など物理的な面では、長期間使用できるように設計されている。そのため、自販機は故障よりも機能の陳腐化を理由に廃棄される特徴を持つ。製品のライフサイクルを考慮する際には、機能の陳腐化を防ぎ、部品の寿命を使いきることが不可欠となってくる。

しかし、自販機は、飲料メーカーごとに採算性を考慮した運用、メンテナンスが行われている。よって、使用済みの製品をメーカーが一括して回収し、材料再利用、部品再使用を行うことはビジネスとして成立しにくい面がある。

そこで、製品を売り切るビジネスの枠組みは変えず、飲料メーカー、メンテナンス側で部品の寿命を使いきれぬ工夫が必要となる。さらに、陳腐化を防ぐために機能を更新するアップグレード設計が、ライフサイクルを考慮する上で有効であるといえる。

2.3 コストシミュレーションの重要性

アップグレード設計による自販機メーカーの効果には以下のものが考えられる。

- ・ 自販機が故障した場合、新型部品と交換できる。旧型部品の修理用在庫を抱えずに済む。
- ・ 自販機の陳腐化による買換えを防ぎ、飲料メーカーの新規購入負担を減らすことができる。

自販機メーカーがアップグレード設計に対する開発投資を行うには、上述の場面での効果の程度が示される必要がある。一方で、自販機の利用期間は長く、将来の価格変動や機能向上度合いなどの条件には、さまざまなものが考えられる。そこで、本研究では、さまざまな条件において、アップグレード設計を施した製品、部品の流れを考慮できるライフサイクルシミュレータの開発を行った。そして、上述の場面を想定したコストシミュレーションを実施した。

3. ライフサイクルシミュレータの開発

3.1 シミュレータの概要

3.1.1 全体構成

“製造”、“使用”などの各プロセスの全体構成を図2に示す。製品、部品の流れは、各プロセスに設定された在庫に蓄積する量により表現する。在庫内の製品、部品量は、使用時間別のヒストグラムで表す。これにより、製品のアップグレードによって“使用”プロセスに使用時間の異なる製品、部品が組み込まれても、プロセスにおける製品、部品の総使用時間を管理することができる。

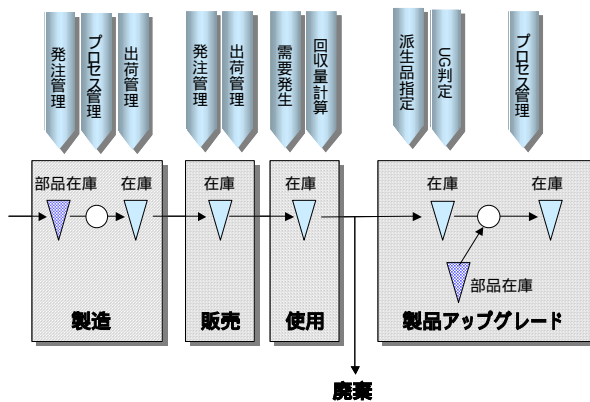


図2 シミュレータの全体構成

3.1.2 プロセス制御

在庫間の製品、部品の移動は、各プロセスでの発注管理、出荷管理により制御を行う。特に、“使用”プロセスでは、顧客の使用行動を反映する制御を以下のように行う。

- 1) 需要発生 市場に存在する自販機数には制限がある。これを考慮し、“使用”プロセスでは、全体数を自動的に管理しながら需要を発生させる。
- 2) 使用停止 使用時間に応じた構成部品の故障率を、ワイブル分布に基づく関数で表す。また、製品の陳腐化率を、ワイブル分布に基づく関数と、設定したイベントに応じた増加分により表す。

3.2 アップグレード機能

シミュレーション上でアップグレードを行い、その情報を保存する機能を以下のように設定した。

1) 派生製品作成機能

製品をアップグレードすることによって構成部品は変化し、“使用”プロセスに存在する製品の種類はアップグレードの組み合わせだけ増加する。シミュレータでは、アップグレード可能な部品を設定した後、アップグレードにより元の製品から新たに派生する製品を可能性のある限り抽出して定義し、その情報を把握できるようにした。

2) アップグレード判定

故障、陳腐化により使用停止した製品は、最新部品でアップグレードを行うか、廃棄して新規購入するか判断が行われる。シミュレータでは、故障製品、陳腐化製品の場合とで判断基準を分けた。判定式に用いる変数を以下に定義する。

c : アップグレードコスト	t_n : 使用経過年数
c_1 : 旧型製品購入コスト	t_1 : 旧型製品保証年数
c_2 : 新型製品購入コスト	t_2 : 新型製品保証年数
v_1 : 旧型製品年間価値	v_{a1} : 旧型部品年間価値
v_2 : 新型製品年間価値	v_{a2} : 新型部品年間価値

a) 故障製品のアップグレード判定

故障製品群より、構成部品ごとに故障部品群を抽出する。故障製品群の各ヒストグラムについて以下の評価値 p, q を計算する。 p が q より小さければ、その部品に対し新型部品とのアップグレードを実施する。これは、より安く使用停止状態を解消し、より長く製品機能を発揮できるかの見極めをモデル化したものである。

$$p = \frac{c}{(t_1 - t_n)} \quad (1)$$

$$q = \frac{c_2}{t_2} \quad (2)$$

b) 陳腐化製品のアップグレード判定

使用時間別のヒストグラムで表されている陳腐化製品群に対し、各ヒストグラムについて評価値 r, s を計算する。 r が s より小さければ、その製品に対し新型部品とのアップグレードを実施する。これは、陳腐化製品のアップグレードを行う際に、製品がより安く、より良い機能を、より長く発揮できるかの見極めをモデル化したものである。

$$r = \frac{c_1 + c}{v_1 \times t_n + (v_{a2} - v_{a1}) \times (t_1 - t_n)} \quad (3)$$

$$s = \frac{c_1 + c_2}{v_1 \times t_n + v_2 \times t_2} \quad (4)$$

【製品定義,スケジュール】

・ 自販機 02～08 年式の 7 種を各年で生産,販売する。

【製品構成】

・ 自販機 年式は,冷媒 年式,発熱 年式,構造 年式の 3 部品で構成する。

・ 冷媒,発熱部品は年式に関わらずアップグレード対応とする。

【製品,部品の初期設定】

・ 製品陳腐化,部品の故障は,年式に関わらず,表 1-1 に従うパラメータのワイブル分布で表す。

・ 製品,部品価格は,年式に関わらず表 1-1 に従うものとする。

・ 製品,部品年間価値は,表 1-2 に従うものとする。

・ 各年式の需要発生は,平均 480,000 でランダムに発生させる。

表 1-1 製品,部品の初期設定

		各パラメータ	価格(円)
自販機	年式	$m=9 \quad \eta=1300$	400,000
冷媒部品	年式	$m=2 \quad \eta=6000$	15,000
発熱部品	年式	$m=5 \quad \eta=2200$	10,000
構造部品	年式	$m=4 \quad \eta=1700$	50,000

(シミュレーションは月単位で実行)

表 1-2 各年式の初期設定

	02年式	03年式	04年式	05年式	06年式	07年式	08年式
製品年間価値	100	110	120	130	140	150	160
UG部品年間価値	40	47	53	60	67	73	80

図 3 シミュレーションの初期設定

4. コストシミュレーションの実施

4.1 故障自販機アップグレード効果の把握

自販機が故障した場合に,故障部品がアップグレード設計により新型部品と修理交換することができれば,旧型部品の修理用在庫を抱えずに済む。これによる在庫コスト削減は,飲料メーカーのメンテナンスコスト低減につながる。この効果を把握するシミュレーションを行った。

初期設定は図 3 のように設定し,また,陳腐化自販機のアップグレード効果と区別するため故障のみ起こる状況を設定した。この設定で,

〔条件 1〕アップグレード未対応(従来の条件)

〔条件 2〕冷媒,発熱部品がアップグレード対応の条件でシミュレーションを行った。2 条件について,ある年式の故障自販機が修理されるか,廃棄されるかを表したものを図 4,5 に示す。

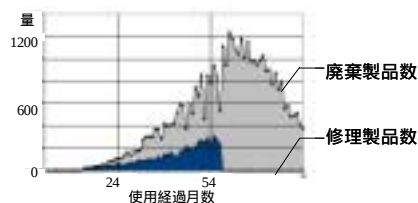


図 4 故障自販機の修理状況(未対応の場合)

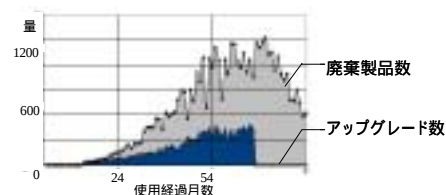


図 5 故障自販機の修理状況(対応の場合)

図 4,5 から,アップグレード設計によって,より長い経過年数の場合でも故障自販機の修理が行われていることがわかる。これは,アップグレード対応の方が,在庫コストの分だけ安いコストで修理することができるので,残存寿命が多少短い場合でも新規購入より修理を実施しているためである。

また,年間メンテナンスコストを算出して比較した結果を表 2 に示す。これより,アップグレード対応により修理量が増加するにもかかわらず,在庫コストの削減により,飲料メーカーの年間メンテナンスコストの低減が図られる結果となった。

表 2 2 条件の年間メンテナンスコストの比較

条件	年間修理数(台数)	年間メンテナンスコスト(円)
1	5,479	310,022,000
2	8,197	204,925,000

4.2 陳腐化自販機アップグレード効果の把握

アップグレード設計によって,製品の機能を向上させることができるので,陳腐化による廃棄を防ぐことができる。そのため,廃棄数の減少により新規購入数は減少し,飲料メーカーの初期投資コスト低減につながる,この効果を把握するシミュレーションを行った。

図 3 の初期設定で,故障自販機のアップグレード効果と区別するため故障のみ起こる状況を設定し,4.1 と同様に,条件 1,2 についてシミュレーションを行った。シミュレーションの結果,全ての陳腐化自販機のうち,約半数についてアップグレードが行われた。このため,年間の陳腐化による廃棄数が減少し,飲料メーカーの年間の初期投資コストが減少する結果となった。

4.3 年間ライフサイクルコストによる評価

4.1,4.2 の結果は,飲料メーカーに対する有益性としてまとめて示すことができる。自販機 1 台当たりの年間ライフサイクルコストは,初期投資,運用,メンテナンス,廃棄にかかわる年間のコストの総和を稼働台数で割ったものにより定義される。これは,飲料メーカーへの有益性を把握する上で重要な指標となる。これを条件 1,2 について算出して比較した結果を表 3 に示す。

表 3 より,アップグレード対応の方が,1 台当たりの年間ライフサイクルコストは低くなる。これは,アップグレードによって市場の自販機全体の長寿命化が図られた結果によるものである。年間の新規購入数が減少し,より少ない自販機数で

これまで同様の規模の役割を果たせるようにビジネスモデルが変化したものと考えることができる。

表3 2条件の年間ライフサイクルコストの比較

条件	1台当たりの年間ライフサイクルコスト(円)
1	253,120
2	226,873

5. 考察

5.1 シミュレーションの意義

環境意識の高まりに伴い、製品メーカーには環境対応設計が求められる。しかし、品質、コストなどを追求する従来の枠組みにおいて、環境対応を重視した設計はビジネスとして成立しにくい面がある。これは、製品メーカーの消極的な態度を生み、環境対応設計の進展を妨げる要因となっている。この解決には、環境対応設計がビジネスとして成立する新たな枠組みについて検討することが不可欠となる。

ライフサイクルシミュレーションの実施は、さまざまな条件のもとで、環境対応設計に期待される効果を把握することができる。そして、それを用いて、ビジネスとして成立する新たな枠組みについて検討することができるので、環境対応設計の進展に役立つといえる。

5.2 アップグレード戦略が成功するための条件

コストシミュレーションで得られた結果より、アップグレード戦略は、飲料メーカーに有益な効果をもたらすので、ビジネスとして成立するといえる。しかし、アップグレード部品の機能向上の度合いが小さい場合、また、その部品の価値が製品の持つ価値と比べてそれほど重要でない場合は、アップグレードはあまり実施されない。そのため、条件によっては、期待する効果が得られないこともある。この戦略の成功には、アップグレード設計を施す部位についての熟慮が必要である。

また、この戦略は、アップグレード自販機が広く普及した場合に特に有効である。自販機を普及させるには、新規購入数の減少に伴う量産効果の低下、開発コストの増加といった環境の中で、競合製品との兼ね合いを考慮しながら、適切な価格設定を行うことも重要となる。

5.3 シミュレーションの課題

(1) 結果の信頼性

結果の信頼性を高めるには、シミュレーションにおけるものの流れ、コストへの換算、の2点を

忠実に反映できるようにすることが重要である。

前者は、各プロセスにおける制御部分のモデル化の問題である。今回の事例のみならず、他の製品や設計戦略への適用を増やししながら、制御モデルを整備していく必要がある。

また、後者は、コストに関するパラメータ部分の精度の問題である。各製品、部品の流れが、それぞれどのようなコストを発生させるのかを列挙し、時系列的な変化をも考慮しながら精度を向上させていく必要がある。そして、現状のライフサイクルについての分析とともに、過去の設計戦略との照らし合わせを行っていくことが、信頼性の向上につながる。

(2) 評価指標

新たな設計戦略の検討には、自販機ビジネスにおいて重要な存在である顧客の立場からその効果を把握できるように、シミュレーションの出力情報を考える必要がある。4章で挙げた年間ライフサイクルコストは、顧客への有益性を検討する指標の一つであり、製品メーカーは、これを指標として新たな設計戦略を検討できる。このような検討を行うための指標は、製品の特性や企業固有の事情によって内容が異なり、それぞれに適切な指標が存在する。シミュレーションを実施する際には、事前に検討の内容に即した指標を明確にし、それを出力情報にできるように行う必要がある。

6. 結論と今後の課題

本研究では、自販機のアップグレード戦略を事例に、自販機メーカーがこの設計戦略を実現する上で課題となるコスト面の検証について、アップグレード機能を盛り込んだライフサイクルシミュレータを開発し、それを活用したコストシミュレーションを行った。

今後は、自動車など他の事例への適用、過去の結果との照らし合わせを行い、制御部分のモデル整備、パラメータ部分の精度向上を目指し、信頼性を高めていく。また、適切な指標の明確化を目指し、検討の体系化を行っていく。

参考文献

- [1] 高橋健一，木村孝，村田裕樹，高田祥三 (2002)：「部品リユースのための部品発注計画と製品分解計画」，日本機械学会生産システム講演会 2002 講演論文集，pp85-86