

製品サービスシステムの最適設計のためのライフサイクルコストモデル

首都大学東京 ○湯浅健人, 叶兵, 武藤恵太, ◎下村芳樹

要 旨

多様な顧客要求をモノとコトの組み合わせにより充足し、企業に新たなビジネス機会をもたらす手段として、製品サービスシステム (PSS) が注目されている。しかし多くの PSS では、構造化が十分でない設計が属人的に行われており、例えばそのコスト面に関しては多くの改善余地が存在している。本稿では、水質浄化装置を事例に、その PSS ライフサイクルコストを把握するモデルを構成し、これに基づく PSS の改善設計の方法を検討する。

1 序論

近年、製造業において、今後の製造業の競争力あるいは持続性を向上するための1つの手段として、製品とサービスを統合的に提供する製品サービスシステム (PSS: Product-Service Systems) ^[1] が注目されている。PSS では製品とサービスを統合的に提供することで、製品ライフサイクルにおける複数のフェーズに渡って顧客との継続的な関係を保ち、収益を得ることが可能である^[2]。すなわち、従来の製造業のビジネスモデルと比べ、PSS 型ビジネスモデルでは、価値提供の機会のみならず、コスト負担が生じるフェーズが増加する。そのため、PSS の設計に際しては、その上流段階よりコア製品のライフサイクルコスト (LCC: Life Cycle Cost) を算出し、詳細設計で生じうる設計変更に伴うシステム全体へのコスト影響を把握することが必須である。しかしながら、現状の PSS 開発の現場では、LCC を十分に考慮した PSS 設計は行われておらず、安価ではあるが頻繁なメンテナンスが必要である部品を選択した結果としてトータルの LCC が上昇するなど、提供者と受給者の双方に過剰なコスト負担を生じさせている。

本研究は、LCC モデルを用いた PSS の改善設計手法を確立することをその大目的とする。その初期研究として、本稿では PSS のコスト構造とコスト構造に紐づく詳細なコスト項目を把握可能とする PSS の LCC モデルを提案する。本稿では、コスト構造が複雑な PSS の一例として、流動増幅型水質浄化装置を事例として用いる。

2 既存研究

2.1 流動増幅型水質浄化装置の概要

流動増幅型水質浄化装置とは、主に湖沼やダム等の閉鎖性水域に設置される強力な水流発生機構を備える装置であり、設置水域内の水を発生させる水流により攪拌し、底層の貧酸素・無酸素状態を改善する。本装置の主な設置目的は、閉鎖水域のアオコ対策、水質改善、富栄養化抑制、臭気抑制などである。このように、本装置の導入水域および導入目的が多岐に渡る他、設置を求める顧客も産官のバラエティに富むため、装置提供者は導入水域に対し仮導入を行うことで、顧客による製品の効果の事前確認を実施し、顧客要求の詳細と提供する PSS 形態の適正、およびその選択による LCC の概算を行っている。しかしこの結果、提供者は本導入に加え仮導入用の装置の開発コストや保守コストを管理する必要が生じている他、最適な PSS 形態が提供されない結果、提供者と受給者の双方に過剰なコスト負担を生じさせている。

2.2 PSS の LCC に関する既存研究

Lindahl らは、Life Cycle Assessment (LCA) と LCC の観点による分析から従来型のビジネスモデルと比べ、PSS のビジネスモデルに基づくビジネス形態がそれ以外のビジネスモデルに比して経済的・環境的に優れ得ることを定量的に示している^[3]。また、その LCA, LCC の分析を行う際に最も計算結果に影響を与えた要因を特定している。Sakao らは、LCC 分析に基づく PSS の改善設計手法を提案し、フォークリフトの事例にこれを適用している^[4]。本手法では、まず PSS を LCC の観点から分析することで LCC へ与える影響の高い要素を抽出し、さらにその要素に変更を加えることで改善設計を行っている。また、LCC 分析を行うためにフォークリフトの LCC モデルに基づく Microsoft Excel を用いたツールを提案している。

これらの既存研究の LCC 分析に用いられる LCC モデルは汎用性の高い一般的なライフサイクルの観点で構築されているが、これらの提案モデルをそれぞれ固有のライフサイクルを有する他の事例にそのまま適用しても LCC の詳細を正しく把握することは

困難である。そのため、本研究では LCC モデルの構築手順を再整理し、流動増幅型水質浄化装置の LCC モデル構築を行うことを通じて、PSS の LCC モデルの汎用部分と事例依存性の強い部分を明らかにし、PSS 用 LCC モデルの一定の汎用性を担保しつつ、固有 PSS 事例の LCC の把握を可能とする LCC モデルのカスタマイズ手法を提案する。

3 流動増幅型水質浄化装置の LCC モデル

本提案モデルは5つのステップにより構築される。以下に、具体的な事例記述を通じて LCC モデルの構築手順を説明する。

Step0: 流動増幅型水質浄化装置の導入目的と要求仕様の明確化

LCC モデルを構築するためには、まず対象事例の導入目的と要求仕様を明確化する必要がある。しかしながら、本装置の導入目的と要求仕様は多岐に渡る。本稿では、導入場所を「河川」、導入目的を「大量発生した藻の対策」、導入目的に対する要求仕様を「効率よく藻を減少させる」に限定した。

Step1: 流動増幅型水質浄化装置のコスト項目の抽出

LCC モデルを構築するためには、対象とする PSS で発生するすべてのコストを抽出する必要がある。そのため、本ステップでは、Step0 で明らかにした導入目的と要求仕様から本装置を提供する際に発生するコスト項目の抽出を行った。具体的には、製品の部品コストや組立コスト、移送・設置コストや、保守に係るコストなど、当該装置の PSS を提供する上で必要となるコストを網羅的に抽出した。

Step2: コスト項目の整理

Step1 で抽出した項目には、その変数間に包含関係や重複が存在するため、それらを整理する必要がある。そのため、本ステップでは変数の包含関係や重複に注意しながらコスト項目の整理を行った。例えば、製品の部品コストには、材料コストや補助材料コストが含まれるが、これらは異なる複数の部品間で共用されるためその重複を排除した。

Step3: LCC カテゴリーの設定

LCC モデルを構築するためには、モデルの出力を設定する必要がある。そのため、本ステップでは LCC モデルの出力項目 (以下 LCC カテゴリー) を設定した。本研究では Sakao らのモデル^[5]をベースにしつつ、水質浄化装置の固有の提供プロセスを考慮した LCC カテゴリーを設定し、PSS の LCC モデルとして汎用的に利用可能な部分と事例依存性の強い部分を明らかにすることを同時に行った。装置を一般的なライフサイクルに強引に当てはめた場合のライフサイクルを図 1(a)に、実際に即したライフサイクルを図 1(b)に示す。本装置の実際に即したライフサイクルである図 1(b)では、仮導入と本導入それぞれに導入する装置のライフサイクルが連続した構造となっている。また、固有の提供プロセスとして廃棄を撤去に変更した。



図 1(a) 水質浄化装置を一般的なライフサイクルに当てはめた場合のライフサイクル

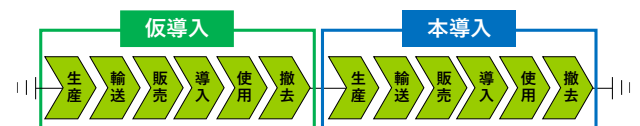


図 1(b) 水質浄化装置の実際に即したライフサイクル

Step4 : コスト項目のLCCカテゴリーへの分類

本ステップでは、Step2で整理したコスト項目とStep3で設定したLCCカテゴリーを対応付ける。その際に、一つのコスト項目が複数のLCCカテゴリーに分類されることがある。例えば、部品コストは、生産フェーズのみならず使用フェーズにおいても発生する。本研究では、LCCカテゴリーに付随するコスト項目をLCCサブカテゴリー（以下サブカテゴリー）、サブカテゴリーをより詳細化したコスト項目をLCCサブサブカテゴリー（以下サブサブカテゴリー）と設定した。

Step5 : LCCモデルとLCC算出ツールの構築

本ステップでは、Step2で整理したコスト項目を入力項目、Step3で設定したLCCカテゴリーを出力項目とし、それらをStep4の分類に基づき対応付けることによりLCCモデルを構築した。構築したモデルを図2に示す。この構築したモデルに基づき、全体のLCCに占めるLCCカテゴリーの比率や、LCCカテゴリーに含まれるコスト項目の詳細を確認可能なLCC算出ツールをMicrosoft Excelを用いて構築した。

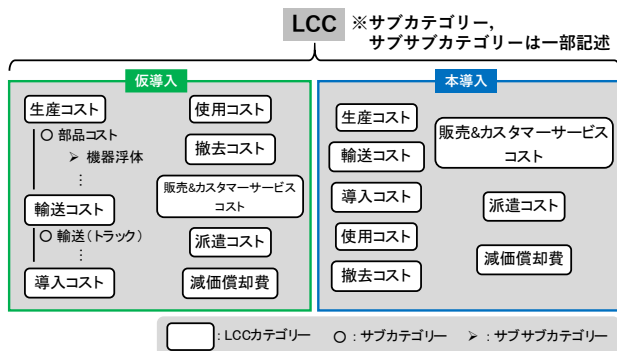


図2 河川に導入する水質浄化装置のLCCモデル

4 例題適用

4.1 例題の設定

例題として、ある河川に導入された流動増幅型水質浄化装置のLCCを算出する。本事例において発生したコストを構築したLCCモデル上のコスト定義に基づいて分類し、これを入力値とした。ただし、この本事例で実際に実施されたフェーズは、図1(b)における本導入の導入フェーズまでであったため、導入以後のフェーズである使用および撤去フェーズで発生するコストは入力の対象外とした。

4.2 適用結果

当該事例のLCCを算出した結果を図3に示す。全体のLCCに対し、本導入にかかるコストが59%を占め、仮導入にかかるコストが41%であった。また、仮導入にかかるコスト、本導入にかかるコストのどちらにおいても生産コストが最も高い比率を占めた。次点で占める比率が高いコストは、仮導入においては販売&カスタマーサービスコストであり、本導入においては輸送コストであった。

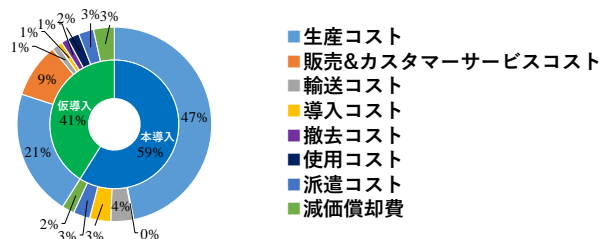


図3 LCC算出結果

5 考察

まず、LCC算出結果について考察する。仮導入に比べ、本導入が全体に対し占める割合が高い結果となった。これは仮導入時の生産コストに対し、本導入時の生産コストが2倍以上であったためである。この理由としては仮導入が装置1台の導入であったのに対し、本導入では装置2台を導入するとともに、装置の仕様変更が行われたためである。そして、装置の台数と仕様異なるこ

とにより、輸送コストも生産コストと同様に本導入の方が仮導入の2倍以上のコストとなった。

続いて、提案モデルとその活用方法について考察する。PSSのシステム全体のコスト削減を考えた改善設計を行う場合、全体に占める割合が高いコスト項目から順にコストの削減可能性を検討することが望ましい。図1の本適用結果からは、本導入、生産コスト、部品コスト、機器浮体とコストカテゴリーを詳細に検討することで、削減可能性の高いコスト項目を特定可能である。このように提案モデルを用いることで、コスト削減のための指針を検討することの支援が期待できる。

また、LCCカテゴリーを変更したモデルを構築し、コスト削減のための優先度付けの妥当性を検討する。コスト項目を図1(a)のライフサイクルに基づいて構築したモデルを図4に、そのモデルのLCC計算結果を図5に示す。図2と比べ図4は、LCCを仮導入と本導入で分けることが出来ず、図2における仮導入で発生するすべてのコストは、図4に示す研究開発コストに包含する構造となっている。その結果、図5に示すLCC算出結果では、仮導入で発生したコストが研究開発コストに包含されることでコスト構造が明確となっていないため、適切なコスト削減の優先度付けの支援を行うことが困難である。

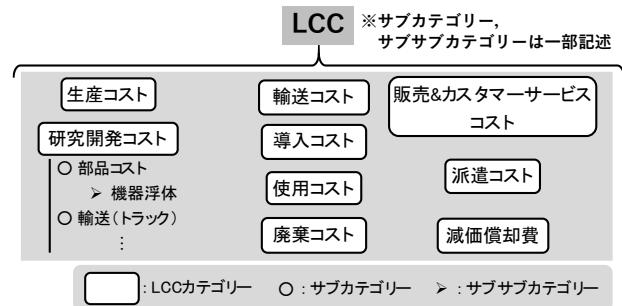


図4 図1(a)に基づくLCCモデル

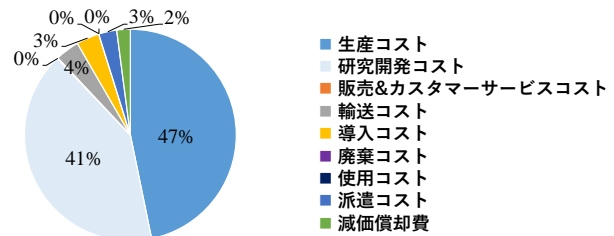


図5 図4のLCCモデルに基づくLCC算出結果

6 結論・展望

本研究では、PSS用LCCモデルの一定の汎用性を担保しつつ、固有PSS事例のLCCの把握を可能とするLCCモデルのカスタマイズ手法を提案した。今後は提案したモデルにより把握されるコスト要因内の関係やコスト要因と顧客要求の関係を用いて、PSSの改善設計を支援する手法を提案する。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 26280114 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Shimomura, Y. et al., A unified representation scheme for effective PSS development, CIRP Annals -Manufacturing Technology, 5(1): 379-382, 2009.
- [2] Tan, A.R., Service-oriented product development strategies. Ph.D. Thesis, Technical University of Denmark, Denmark, 2010.
- [3] Lindahl, M., Sundin, E. and Sakao, T.: Environmental and economic benefits of Integrated Product Service Offerings quantified with real business cases, Journal of Cleaner Production 64, p288-296, 2014.
- [4] Sakao, T. and Lindahl, M.: A method to improve integrated product service offerings based on life cycle costing, CIRP Annals - Manufacturing Technology 64, p33-36, 2015.