

製品サービスシステムの実装がもたらす影響分析手法の提案

東京都立大学 ○入間川廉, 三竹祐久, 筒井優介, ◎下村芳樹

要旨

製品サービスシステム (PSS) の社会実装に際しては、それがもたらす影響を予め把握し、設計解に適切に反映することが必要である。その為に、過去の実装で生じた影響を分析し、再利用可能な形式に整理し、これを用いて対象 PSS の実装がもたらす影響を推定する方法が考えられる。本稿では、過去の PSS の実装において生じた影響の分析し、それらが生じた原因及び施された対策に係る情報の再利用を支援する手法を提案する。

1. 序論

近年、製造業において、製品とサービスの高度な統合により、高付加価値を創出する製品サービスシステム (PSS : Product Service Systems)¹⁾が注目を集めている。一方で、PSS の社会実装が他のシステムやステークホルダーへ予期しない影響を及ぼした結果、事業撤退を余儀なくされる事例が後を絶たない。この一因は、PSS の設計がその基本構想の実現に終始してしまい、実装がもたらす上記影響の考慮を設計解に反映することができていないことにある。すなわち、PSS の実装がもたらし得る影響を設計段階で予め推定し、持続可能な PSS を実現することが必要である。PSS の社会影響に関する既存研究においては、PSS と様々な規模のシステムとの関係性や各システムの対象範囲の違い等が議論されている²⁾が、あくまで他システムとの関係性の考察に留まっており、設計段階で実装による影響を考慮するための実践的研究は殆ど例を見ない。

本研究は、PSS の社会実装が生む他システムとの衝突を設計段階において推定可能とすることを最終目的とする。上記の実現に際しては、PSS の実装がもたらす影響とその解決策における汎化可能な情報を事例分析により分析・抽出し、その結果を類型化することで、設計者が繰り返し参照可能な情報として体系化することが有効と考えられる。本稿では、そのための初期研究として、過去の PSS 実装事例において生じた影響の内容・原因・解決方法を再利用性の高い情報に整理・構造化するための手法を提案する。

2. 本研究のアプローチ

2.1. TRIZ (Theory of solving inventive problems)³⁾

TRIZ は、Altshuller によって創始された発明的問題解決理論である。Altshuller は様々な技術分野の膨大な特許文献を統計的に分析し、発明原理と呼称する 40 の抽象的な解決アイデアの類型を整備した。そして、対象とする問題を 2 つのパラメータ (物体の重量や強度、信頼性等) の衝突として抽象化し、その衝突の解消可能な発明原理と関連する特許事例を提示することで、革新を生むための発明的問題の解決方法を示した。

2.2. 提案手法

本研究では、提案手法の構築に向けて TRIZ の開発アプローチを参照する。TRIZ では過去の特許文献から問題やその原因・解決方法の共通点を分析・抽出・体系化することで、パラメータ衝突の解法提示を可能としている。本研究は、設計段階での PSS 実装による影響の推定とその解決方法の提示を最終目的とするが、TRIZ と同様に過去の PSS 実装失敗事例から生じた影響やその原因、解決方法を分析・抽出・体系化することで、生じ得る影響を類型化する試行をする。本稿ではこれを実現するための初期の取り組みとして、PSS の実装事例の分析を通して、生じた影響の原因、その対策方法を情報として整理・構造化する手法を提案する。

3. PSS の実装影響分析手法

本稿で提案する PSS 実装影響分析手法は、3 ステップで構成される。以下で各ステップの内容を詳述する。

3.1. Step1 : 発生した影響に関する情報の整理

はじめに、対象とする PSS 実装事例に関する情報から、実際に他のシステムやステークホルダーに与えた影響の内容と、その結果として新たに表出化した要求を整理する。

3.2. Step2 : 発生した影響の原因分析

本研究では、PSS の実装が招く影響を、「他のシステムやステークホルダーへ機能障害や不利益を与えること」と定義し、これが発生する原因を、実装した PSS の有する機能構造と、Step1 で整理した表出化した要求の衝突、あるいは同要求の見通であると考えられる。また、影響が生じた原因とその対策方法に対応付けて整理するためには、対策として実際に実施された PSS を構成する物理的

実体の操作と生じた衝突・見通の対応関係を説明する必要がある。そこで本ステップでは、以下の下位手順により、要求と衝突していた機能のみならず、その衝突に関与する機能発現のための物理構造まで特定することで、影響が生じた原因を分析する。

Step2-1 : 表出化した要求の品質要素の分析

まず、Step1 で整理した表出化した要求に対し、品質要素表⁴⁾を用いて、要求の評価尺度を品質要素の観点で分析・整理する。これにより PSS 実装によって表出化した要求の実現に求められるパラメータをより客観的な視点で分析することを可能とする。

Step2-2 : PSS の実現構造の分析

次に、ビューモデル⁵⁾による機能展開を実施し、実装する PSS を実現する機能と属性を分析する。ビューモデルは顧客に提供する品質要素を要求として表し、PSS の構造を要求・機能・実体の要素で表現する手法であり、本ステップでは、展開後、機能と属性に対し要求の実現に関与するパラメータを抽出する。具体的には、要求を説明する品質要素の変化を実現するために人工物に求められる機能の発現度合いの評価変数である機能パラメータと、当該機能を実現する物理的実体 (製品、技術や人材等) において同機能の発現に寄与する属性パラメータを抽出する。これは、本研究では PSS の実装が招く影響は機能の衝突として知覚されるが、機能は物理的実体により発現されるため、この解決には操作すべき対象実体、またその属性の特定が必要であると考えられることによる。

Step2-3 : 影響の原因分析

Step2-1, 2-2 の結果を基に、影響が生じた原因を分析する。ここでは、図 1 に示す影響原因分析マトリクスを用いて、PSS の機能構造と表出化した要求の衝突、または要求の見通を網羅的に分析する。具体的には、まず品質要素と機能パラメータの矛盾関係を判別し、矛盾が存在する関係には衝突箇所として×印を記入する。その後、衝突が生じていた機能を担う実体の属性パラメータのうち、衝突に関与する項目に×印を記入する。PSS 設計時に見通されていた品質要素についても同様に分析する。

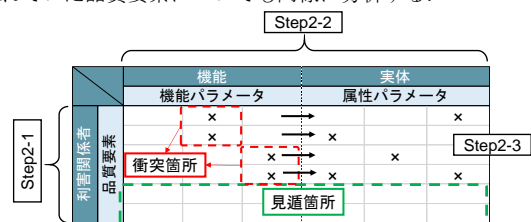


図 1 影響原因分析マトリクスの概要

3.3. Step3 : 影響の解消方法の整理と対応付け

最後に、Step1, 2 を通して分析した PSS 実装により生じた影響の原因と、その解決方法に関する情報を対応付けて整理、構造化する。解決方法については、Step2 で分析されたパラメータの衝突・見通に対して実際に施された対策情報を対応付けて整理する (表 1)。上記により、生じた影響、その原因、そしてそれに対する対策の対応関係が構造化される。以上の情報構造化を複数の事例に対して継続的に実施し、その分析と蓄積を通して、PSS 実装の招く影響とその解法の類型化を可能とする。また、対策後の PSS のビューモデルとステークホルダー間の関係性を記述するフローモデル⁶⁾を作成し、改善箇所の情報を視覚的に参照可能とする。

4. 例題記述

本研究では、中国北京市におけるシェアサイクル事業⁷⁾の実装失敗事例に提案手法を適用し、その効果を検証した。以下にその結果について解説する。

4.1. Step1 : 発生した影響に関する情報の整理

まず、Web 情報を参照し、本事例の中で発生した影響を整理した。その結果、「歩道への放置による通行の不便」「歩道への放置による景観の損失」「故障自転車の投棄」「自転車の損壊による利用の不便」の4つが挙げられた。

そして、上記の影響に対し、地域住民の「通行の妨げにならないでほしい」、自治体の「適切に駐輪してほしい」、「放置自転車を撤去してほしい」、利用顧客の「定期的に自転車の修理・メンテナンスしてほしい」の4つの要求が表出化した。

4.2. Step2 : 発生した影響の原因分析

Step1 で整理した要求の品質要素と、実装されたシェアサイクルの有する機能・属性パラメータを分析し、これらとの間の衝突や、品質要素の見通しを分析した(表 2)。例えば、「歩道への放置による通行の不便」という地域住民への影響は、地域住民の求める品質要素である歩道通行に係る「円滑性」と PSS の機能パラメータ「駐輪の自由度」間に生じた衝突であったことが判明した。

表 2 影響の原因分析の結果 (一部抜粋)

品質要素	手早く支払う 支払の迅速性	利用法を容易に把握する 手続きの単純性	乗車位置を容易に把握する 乗車位置の調整容易性	自由に駐輪する 駐輪の自由度	カード 支払のセキュリティ性	公共スペース	
						公共利用可能領域	他交通機関との接続性
歩道への放置による通行の不便	危険防止性(H3)		X	X		X	
	円滑性		X	X		X	
	公共性		X	X		X	X
景観の損失	環境好ましき(F27)		X	X		X	
	美観性(A24)		X	X		X	
故障自転車の投棄	危険防止性(H3)		X	X		X	X
	実行信頼性(H13)		X	X		X	
自転車の損壊による利用の不便	安全性(A3)					X	

4.3. Step3 : 影響の解消方法の整理と対応付け

最後に Step2 の結果と、生じた影響に対する解決方法を対応付けることで、分析情報を整理した。その結果の一部を表 1 に示す。本事例においては、実装による影響が生じた後に、事業者と自治体の連携による対策が行われた。例えば、影響「歩道への放置による通行の不便」に対する対策として、駐輪位置を指定・限定するため、GPS やビーコン等の位置情報システムによって自転車の位置を特定し、駐輪範囲を限定するラックレス型ポートの設置が施行された。具体的には、実体「公共スペース」を「設置ポート・ビーコン」へと変更し、属性パラメータ「公共利用可能領域」を「指定場所区域」へ改良することで、機能「自由に駐輪する」の発現により生じた通行不便などの影響の対策を図っていた。

他方、影響「自転車の破壊による利用の不便」に対しては、乗物の状態を確認し破損された自転車を修繕するための、メンテナンススタッフが新たに配置された。また提案手法により、この対策は初期実装時に見通されていた品質要素である、自転車の継続的な利用に関する「実行信頼性」・「安全性」を満たすための、機能「自転車の状態を確認する」・「自転車をメンテナンスする」と実体「メンテナンススタッフ」が追加されたものと分析された。

表 1 の分析結果を踏まえ作成した、対策後の PSS の実現構造を示すフローモデルとビューモデルを図 2 および図 3 に示す。これにより、本事例において発生した影響とその原因、解決方法、対策後の情報を参照可能な形式で整理・構造化することができた。

5. 考察と展望

本研究では、PSS 実装がもたらす影響推定の実現に向けた、過去事例の影響分析手法を提案した。そして、本手法を実際に PSS の実装失敗事例に適用することで、生じた影響の内容、その原因と解決方法を再利用性のある情報として整理可能であることを確認した。事例適用により、本手法の一定の効果が確認できたが、本研究の最終目的を達成するためには、複数の PSS 実装事例への継続的な適用を通して、生じる影響の内容、その原因と解決方法

表 1 PSS 実装情報の整理結果 (一部抜粋)

衝突 or 見通	生じた影響	影響の原因	対策方法	改良パラメータ	追加パラメータ
衝突	歩道への放置による通行の不便	品質要素 危険防止性 円滑性 公共性	ラックレス型ポートの設置	1. 乗車位置の自由度・駐輪の自由度 自転車の乗降に関する機能の発現を、指定区域内に制限	-
		機能・属性パラメータ 駐輪の自由度 公共利用可能領域 他交通機関との接続性			
見通	自転車の破壊による利用の不便	品質要素 実行信頼性 安全性	-	-	-
		機能・属性パラメータ			

の類似点の抽出と体系化に取り組む必要がある。本手法により、衝突パラメータと対策方法の組み合わせの観点で、過去の PSS 実装事例に見られる共通点を抽出することで、PSS の実装により生じる影響とその対策を類型化し、その設計における再利用が期待できる。

一方で、本研究で適用した事例は、あくまで Web 上の公開情報に基づいており、その具体性と正確性は乏しい。本手法によって整理される情報は、参照元の情報の信頼性に強く依拠するため、情報が正確でなければ、分析内容の誤りや、影響が生じた本質的な原因の見落とし等が発生する恐れがある。すなわち、具体的かつ正確な影響分析を実施するために、分析対象とする PSS 事例の設計や運用に実際に関わった実務者から正確な情報を収集することが望ましい。本研究の目的達成に向けては、PSS の設計や運用に実際に関わる実務家へのインタビュー等により情報の信頼性と客観性を常に強く意識し、正確な情報を蓄積することが重要である。

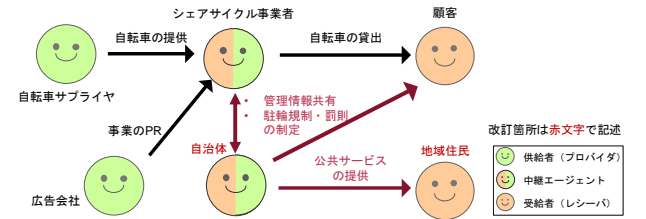


図 2 対策後の PSS のフローモデル

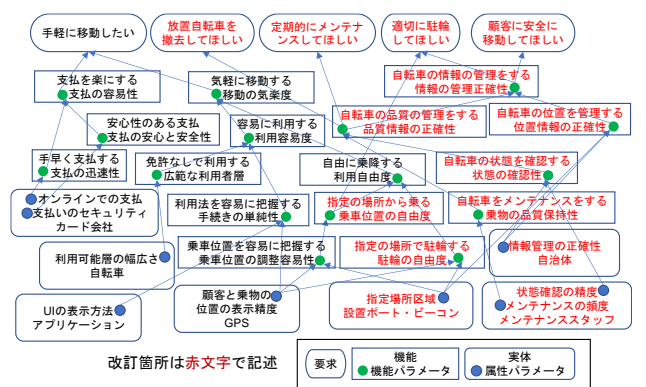


図 3 対策後の PSS のビューモデル

参考文献

- [1] H. Meier, et al. (2010), Industrial Product-Service Systems - IPS2, CIRP Annals - Manufacturing Technology, Vol. 59, No. 2, pp. 607-627.
- [2] P. Joore, H. Brezet. (2015), "A Multilevel Design Model: the mutual relationship between product-service system development and societal change processes" J Clean Prod, pp.92-105.
- [3] 高木芳徳. (2014), "トリーズの発明原理 40", ディスカヴァー・トゥエンティワン.
- [4] 大藤正, 小野道照, 赤尾洋二. (1990), "品質展開法 (1) 品質表の作成と演習", 日科技連出版社.
- [5] 下村芳樹, 原辰徳, 渡辺健太郎, 坂尾知彦, 新井民夫, 富山哲男. (2005), "サービス工学の提案" 日本機械学会論文集 C 編, Vol.71, No.702, pp.669-676.
- [6] シェアサイクルの在り方検討委員会. "シェアサイクルに関する現状と課題". 国土交通省. 2020-6-30. <https://www.mlit.go.jp/road/ir/fir-council/sharecycle/pdf01/03.pdf>. (参照 2021-1-27)