

製造業のサービス事業展開のための意思決定支援手法の提案

東京都立大学 ○岡田知貴, 中田竹彦, Sholihah Mar'atus, 筒井優介, ◎下村芳樹

要旨

製造業のサービス事業展開に際しては、顧客を含む利害関係者の視点から事業の持続可能性を評価し、その結果に基づいて事業の改善に係る意思決定を行うことが求められる。先行研究はこのための事業評価手法を提案しているが、事業評価の結果だけをを用いて事業改善に係る意思決定を合理的に行うことは困難である。本研究は、本事業評価手法と品質機能展開手法の統合により、事業改善に係る合理的な意思決定を支援する手法を提案する。

1. 序論

近年、我が国の製造業は、市場競争の激化や顧客要求の多様化、製品のコモディティ化などにより国際競争力を失いつつある。この背景のもと、製造業が競争力を高める手段としてサービス事業の展開が注目されており、その代表戦略の1つが、製品とサービスを高度に統合し提供する製品サービスシステム (PSS: Product-Service Systems) である¹⁾。高い持続性を有するPSSの実現にあたっては、経済性・環境性・社会性などの持続可能性の観点からPSSを評価し、その評価結果に基づいて事業の改善に係る意思決定を行うことが求められる。

著者らはこれまでに、PSSを持続可能性の観点から評価するための手法²⁾を提案しているが、PSS評価結果とPSSを構成する要素 (PSS構成要素) との対応関係は複雑であり、評価手法の適用のみにより、事業改善に際して考慮すべきPSS構成要素を合理的に特定することは容易でない。本研究では、この課題に対し、品質機能展開手法 (QFD: Quality Function Deployment) ³⁾ と先行研究成果を統合することにより、PSS評価結果と、PSS構成要素を対応付け、事業を改善するために優先的に考慮すべきPSS構成要素の順位付けを可能とする。これにより、事業改善に際して考慮すべきPSS構成要素の特定、及びその改善策の策定を効率化し、事業改善に係る合理的な意思決定を支援する。

2. 先行研究と本研究のアプローチ

2.1. 先行研究：PSS評価手法

著者らは、高い持続性を有するPSSの開発支援を目的としたPSS評価手法を提案している⁴⁾。本手法は、「評価視点」や「評価規準」などから構成される評価観点 (表1) に基づくPSS評価を提案しており、例えば、提供者視点の場合、経済性、環境性、社会性のいずれかの類型に属する評価規準に基づく評価が推奨している。また、本評価を実践可能とする234の評価指標 (以下、指標) と評価手順を整備しており、各指標を表1に示される評価規準に基づいて分類している。事業評価者は、これらの指標を組み合わせて、評価 (1 (劣等) ~5 (優秀) の5段階) のスコアリングにより、当該PSSに適した評価を実施することが可能である。

表1 PSSを評価する際に考慮すべき観点⁵⁾

評価視点 類型	提供者		
	経済性	環境性	社会性
評価規準	1.コスト効率 2.利益 3.時間効率 4.機能的な強固さ 5.物理的な強固さ	1.資源の消費 2.エネルギーや水の消費 3.環境保護に関する規準 4.有毒ガスや温室効果ガスの排出量	1.健康と安全 2.労働者の権利 3.社会的な責任 4.法令順守
評価視点 類型	顧客		
	受容性	満足度	
評価規準	経済・環境・社会面での顧客の認識	提供されたPSSの価値や利益による顧客の満足度	

2.2. 品質機能展開手法 (QFD: Quality Function Deployment)

QFDは、顧客要求を起点とした、製品の品質管理手法である。具体的には、まず対象製品に対する顧客要求と、重量や寸法などの製品の品質を構成する変数 (品質特性) を、二元表を用いて対応付ける。これにより、顧客要求の重要性に基づき、その要求の充足における各品質特性の寄与の度合いを重要度として提示可能である。重要度は、各要求を重要視する度合い (要求の重要度) と、要求-品質特性間の関係性に基づいて決定される。

2.3. 本研究の位置づけとアプローチ

QFDの展開構造を要約すると、顧客要求を改善するために優先的に考慮すべき品質特性がどれであるかを、その品質特性の重要度を算出することにより順位付けする手法と言える。そして品質特性の重要度は、顧客要求の重要度と顧客要求-品質特性間の関係度合いを基に導出される。

本研究では、QFDが有する上記の展開構造を応用し、対象とす

るPSSの評価規準⁶⁾を充足する程度 (PSS特性) を改善するために、当該PSSを構成する要素の重要度を算出し、この情報を用いて優先的に考慮すべきPSSの構成要素を特定する。また、このために用いるPSS構成要素の重要度の情報は、QFDの展開構造として与えられるPSS特性の重要度とPSS特性-PSS構成要素間の関係度合いを用いて導出する。これにより、PSSの事業改善にあたって優先的に考慮すべきPSS構成要素を論理的に特定する手順を形式化し、事業改善に係る合理的な意思決定を支援する。

3. 提案内容

3.1. 事業改善に係る意思決定支援手法

本提案手法は、PSS特性の重要度の算出 (Step1)、PSS構成要素の設定 (Step2)、PSS特性-PSS構成要素間の関係定義 (Step3)、PSS構成要素の重要度の算出 (Step4) の4つのステップから構成される。

Step1: PSS特性の重要度の算出

本研究では、「PSS特性」を対象PSSの先行研究⁷⁾における評価規準に対する充足の程度であると定義し、各評価規準に分類される評価指標の評価スコアの平均値 (平均評価スコア) をもってその値を定量化する。加えて、「PSS特性の重要度」を、PSS特性を改善する必要性の高さであると定義する。本研究では、PSS特性 (平均評価スコア) が低い程、また、PSS特性への注目度が高い程、当該PSS特性の重要度が大きいと考える。以上の定義を踏まえ、本研究では、(1)PSS特性 (平均評価スコア) と(2)PSS特性への注目度の2つの情報から(3)PSS特性の重要度を算出する。以下に、具体的な算出方法を示す。

(1) PSS特性 (平均評価スコア) の定量化

各評価規準に対応する指標⁸⁾のスコア平均を算出する。

(2) PSS特性への注目度の定量化

AHP (階層分析法: Analytic Hierarchy Process) ⁹⁾を用いて、評価者が、各評価規準を一对比較し、定量化する。

(3) PSS特性の重要度の算出

最後に、(1)、(2)で算出した値を掛け合わせることで、PSS特性の重要度を算出する。なお、PSS特性 (平均評価スコア) については、その値が低い程、PSS特性の重要度が高くなるよう、スコアを反転させようとして掛け合わせる。PSS特性 (平均評価スコア) は (1 (劣等) ~5 (優秀) の間の値を取るため、例えばPSS特性が1の場合は、スコアを5に反転させようとして掛け合わせる。算出されるPSS特性の重要度は、PSS特性、PSS特性への注目度の高低の組み合わせに応じて、表2のように解釈される。

表2 PSS特性の重要度の解釈

PSS特性 平均評価スコア	PSS特性への注目度	PSS特性の重要度
スコアが良い	注目度合いが高い	現状の設計で満たされているが継続して監視すべき特性
スコアが悪い	注目度合いが高い	早急に改善の必要のある特性
スコアが良い	注目度合いが低い	改善対象とならない特性
スコアが悪い	注目度合いが低い	分析対象に与える影響がないのか再確認すべき特性

Step2: PSS構成要素の設定

本ステップでは、PSS特性を改善する際に考慮すべきPSS構成要素を設定する。本提案手法では、あるPSS構成要素の変更や修正などの操作が、他のPSS構成要素に副次的な影響を与えることを極力避けるため、各PSS構成要素が互いに独立となることを念頭にPSS構成要素の設定を行う。まず、PSSを構成する製品、サービス要素うち、PSS特性に影響を与えると想定される要素を、利害関係者へのインタビューや設計情報を基に抽出する。そして、システムを構成する要素間の関係性分析手法であるDSM (Design Structure Matrix) を用いて、抽出した要素間の相互関係を表現し、クラスタリングにより関係性の強い要素をモジュール

ル化する。このモジュール化した要素を、PSSの構成要素とみなすことにより、互いの影響を最小化した独立的な構成要素を設定することを可能とする。

Step3: PSS特性-PSS構成要素間の関係定義

Step1にて扱ったPSS特性とStep2で設定したPSS構成要素間の対応関係をQFDの二元表上に配置する。本手法では、この対応関係を、関係の強さに応じて、{強い関係:5, 普通の関係:3, 弱い関係:1}の観点により設定する。

Step4: PSS構成要素の重要度の算出

Step1で算出したPSS特性の重要度と、Step3で設定した対応関係に基づき、PSS構成要素の重要度を算出する。ここで算出された重要度を降順に再配置することにより、改善の際に考慮すべきPSS構成要素の優先順位を把握することが可能である。

4. 事例検証

4.1. 事例概要

提案手法の有用性を検証するために、大型設備機器メーカーのPSS事例に対して提案手法を試用した。本事例は、従来、複数の事業部が各々展開していた事業を、1つのソリューションとして統合的に提供するPSSである。「工場建屋の建設」、「物流ソリューション」、「生産ソリューション」など、従来個別展開されていた製品とサービスを統合的に提供し、工場建設から製品の生産、管理、物流に至るまでの顧客の課題の解決を志向するコングロマリット型PSSである。これにより、製品間の相乗効果や顧客との関係性強化を図り、高持続性を有するPSSの実現を目指している。

事例検証に先立ち、事業に関わる実務家1名が、先行研究^[4]のPSS評価手法を用いて事業評価を実施した。結果、表1の経済性に属する5つの評価規準に対する充足度が低いことが明らかになった。そこで以降では、これら5つの評価規準に着目し、これらに関するPSS特性の改善を目指した。

4.2. 適用結果

Step1: PSS特性の重要度の算出

経済性に属する5つの評価規準のPSS特性と、PSS特性への注目度をそれぞれ定量化することで、PSS特性の重要度を算出した(表3)。その結果、「コスト効率」のPSS特性が、本事例において最も重要であることが明らかになった。また、この規準に係る平均評価スコアが悪く、PSS特性への注目度合いも高いことを表2に照らし、「早急に改善の必要のある特性」であると判定した。

表3 PSS特性の重要度

評価規準	PSS特性の定量化(反転値)	PSS特性への注目度	PSS特性の重要度
コスト効率	3.84	0.42	1.61
利益	3.00	0.32	0.96
時間効率	1.00	0.15	0.15
機能的な強固さ	1.00	0.05	0.05
物理的な強固さ	2.00	0.06	0.12

Step2: PSS構成要素の設定

経済性に属する評価規準のPSS特性に影響すると想定される、建屋建設コストやメンテナンス回数など16の要素(図1中、縦軸a-p)を抽出した。次に、DSMを用いて要素間の影響関係を記述し、クラスタリングを実行した(図1)。その結果、抽出した要素は、建屋建設、冷却システムなど7つのモジュールに分類された(図1縦軸A-G)。例えば、「h. 協業調達回数」は「g. 輸送費」に影響を与えると想定されるため、g行h列に影響関係の有無を示す「1」を記述した。影響関係を持つこれら2つの要素はクラスタリングにより同一モジュールに分類され、これをPSSの構成要素の一つとし、その名称を「D. 調達・輸送」と設定した。

DSM		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	
A. 建屋建設 (コスト・価格)	a. 建屋建設コスト																	
	b. 建屋販売価格	1																
B. 冷却システム (コスト・価格)	c. 冷却システム生産コスト																	
	d. 冷却システム販売価格		1															
C. 営業 (回数・企業数)	e. 一社当たりの客先営業回数																	
	f. 営業を行った企業数																	
D. 調達・輸送 (輸送費・調達回数)	g. 輸送費																	
	h. 協業調達回数																	
E. オペレーション (時間・価格)	i. オペレーション時間																	
	j. オペレーション価格																	
F. 対応工数 (仕様調整・運用支援)	k. 仕様調整の対応工数																	
	l. 運用支援の対応工数																	
G. メンテナンス (回数・期間・価格・コスト)	m. メンテナンス回数																	
	n. メンテナンス期間																	
	o. メンテナンス価格																	
	p. メンテナンスコスト																	

図1 抽出した要素間の依存関係

Step3: PSS特性-PSS構成要素間の関係定義

Step1で扱ったPSS特性とStep2で設定したPSS構成要素間の対応関係をQFDの二元表上に転記した。

Step4: PSS構成要素の重要度の算出

Step1で算出したPSS特性の重要度と、Step3で記述した対応関係に基づいて、PSS構成要素の重要度を算出した(表4)。その結果、「対応工数」の重要度が12.31と最も高く、優先的に改善すべき要素であることが判明した。

表4 QFDによる品質展開

PSS 評価規準	PSS 構成要素	PSS特性 重要度	建屋建設	冷却システム	営業	調達・輸送	オペレーション	対応工数	メンテナンス
経済性	コスト効率	1.61	3	3	5	3	3	5	3
	利益	0.96	3	3				3	3
	時間効率	0.15			1	1	5	5	3
	機能的な強固さ	0.05	5	3	3		3	5	5
	物理的な強固さ	0.12	5	1			3	3	5
PSS構成要素重要度		8.56	7.99	11.24	4.99	6.10	12.31	9.02	
相対重要度[%]		14.22	13.26	18.68	8.29	10.13	20.44	14.98	

5. 考察

まず、提案手法の有用性について考察する。事例適用では、経済性に属する5つの評価規準のPSS特性を改善するために考慮すべきPSS構成要素の優先順位が、重要度として定量化された。その結果、「対応工数」、「営業」、「メンテナンス」の順に、その重要度が高いことが示され、PSS改善に割くことができる時間や人的リソースに限りがある場合、これらの要素から優先的に改善策を検討すべきであるという意思決定材料が得られた。これを受けて、例えば、「対応工数」に係る具体的な改善策として、「優先度の低い構成要素である調達・輸送に携わっていた人員の一部を、対応工数に係る業務に再配置する」などが提案された。このように、算出された重要度に基づき、事業改善に際して優先的に考慮すべきPSS構成要素を順位付けし、考慮すべきPSS構成要素、及びその具体的な改善策を効率的に検討することが可能であることを確認した。これより、提案手法は、事業改善に係る合理的な意思決定の支援に際して、一定の有用性を有すると評価した。実際に、本手法の試用に協力を仰いだ当該事業に関わる実務家からも、「本手法を用いることで、改善の際、優先的に考慮すべき要素を論理的に特定することが可能となり、有用性を感じた」という肯定的な評価結果が得られた。

次に、本研究の課題について述べる。上述の通り、提案手法を用いることにより、PSS事業の改善にあたって優先的に考慮すべきPSS構成要素をPSS特性の重要度とPSS特性-PSS構成要素間の関係度合いを基に特定することが可能である。一方で、本手法に基づく優先順位が高くとも、当該構成要素の改善に必要なコストが非常に大きく、そのための予算が用意できないなどの理由が施策の実現性を低下させる場合が考えられる。この課題を解決するためには、QFD展開構造を多層化することにより、予算など施策に影響を与える観点を複合化し、より高度で現実に即した意思決定の支援を可能とする必要がある。例えば、QFDの供するコスト展開^[4]の追加導入により、予算を考慮した意思決定の支援が可能である。

6. 結論と展望

本稿では、先行研究^[4]にQFDを追加導入することで、事業改善に係る合理的な意思決定を支援する手法を提案した。また、本手法を事例に適用することで、その有用性を確認した。今後は、事例検証によって判明した課題に取り組み、手法の改善を行う。

参考文献

- [1] Tukker, A., "Eight types of product-service system: Eight ways to sustainability? Experiences from SusProNet", Business Strategy and the Environment, Vol. 13, No. 4 (2004), pp. 246-260.
- [2] Nakada, T., Sholihah, M. A., Mitake, Y., and Shimomura, Y., "Toward the development of a comprehensive product-service system (PSS) evaluation method", Procedia CIRP, Vol. 93 (2020), pp. 802-807.
- [3] Akao, Y., "Quality function development: Integrating customer requirements into product design", Productivity Press (1990), pp. 1-392.
- [4] Saaty, T. L., "A scaling method for priorities in hierarchical structures", Journal of Mathematical Psychology, Vol. 15, No. 3 (1977), pp. 234-281.
- [5] 大藤正, 小野道照, 赤尾洋二, "品質機能展開法(2)-技術・信頼性・コストを含めた総合展開-", 日科技連出版社 (1994), pp. 83-92.