製造業のサービス事業化の課題と設計支援技術*

Service Design and Evaluation Methodology for Product Service Systems

内平直志** 小林英樹*** 中根林太郎****
Naoshi UCHIHIRA, Hideki KOBAYASHI and Rintaro NAKANE

Key words

PSS (Product Service System), services science, service design method, service evaluation, life cycle simulation

1. はじめに

工業社会から知識社会へのシフトに伴い、製造業においてもサービス事業の重要性が叫ばれている。工業社会における製造業の製品は目に見えるモノが主体であったが、知識社会における製造業の製品は、モノとサービスの複合体（以下では、PSS: Product Service System と呼ぶ）が主体となってきた。現代社会における PSS の必要性は以下の3つの視点がある。

(1) 顧客のニーズ（価値共創）

モノがある程度いきわたっている社会において、顧客が求めているのはモノ自体ではなく、顧客がモノを使って価値を創造するプロセスを支援するサービス（モノを媒介とした製造業と顧客の価値共創）である。

(2) 製造業のニーズ（差別化・囲い込み）

モノ自体の差別化が難しい場合、モノに加えて優れたサービスを提供することによって、競合他社との差別化を図ることができる。また、継続的なサービスで顧客を囲い込むことにより、安定した収益を確保できる。

(3) 社会のニーズ（地球環境・資源問題）

地球環境・資源問題の観点からも、PSS の必要性が指摘

されている。すなわち、モノ自体の提供からモノの機能を提供するサービス（レンタルやリース）により、リユースやリサイクル率が向上し、少ないモノや資源で顧客のニーズに応えることが可能となる（循環型社会の実現）。

本稿では、製造業のサービス（特に、企業間=B2B）の課題を整理し、課題を解決する設計支援技術を紹介する。

2. 製造業のサービス事業化の課題

製造業のサービス（PSS）の事業化の課題を、筆者らが社内外の事例のヒアリングから特性要因図にまとめたものを図1に示す。課題はビジネスモデル問題と製造業のサービスに固有の組織問題とに大別できる。

・ビジネスモデル問題：新しいサービスは新しいビジネスモデルを伴う。その実現には本質的にさまざまな困難があるが、特に意思決定を困難にしているのがサービスの価値の評価がモノのように単純でない点である。すなわち、サービスの評価には、前述のサービスへの3つのニーズ（顧客、製造業、社会）に対応した3つの視点の評価が必要であり、それぞれ必ずしも成熟していない。

*原稿受付 平成 21 年 2 月 12 日

** (株) 東芝 研究開発センター (川崎市幸区小向東芝町 1)

*** 正 会 員 (株) 東芝 研究開発センター (川崎市幸区小向東芝町 1)

**** 東芝テック株式会社 (静岡県三島市南町 6-78)

内平直志

1982 年東京工業大学情報科学科卒、同年東芝入社、博士 (工学)、ソフトウェア工学、リスク工学、知識科学、サービス科学の研究開発に従事。現在、東芝研究開発センター次長 (システム・基盤担当)。

小林英樹

1996 年東京大学大学院工学系研究科修了、工学博士、東芝研究開発センターエコテクノロジー推進室室長、設計工学、ライフサイクルエンジニアリング、環境エネルギー技術の研究開発に従事。精密工学会論文賞 ('03) など受賞。

中根林太郎

1987 年東海大学大学院応用理学専攻修士課程修了、同年東芝入社、電子写真装置の評価、制御、遠隔監視、診断の研究開発に従事。現在、東芝テック (株) ドキュメントシステム事業本部技術研究所専門主幹。

※逆 NIH (Not Invented Here): 身内の技術を信用しない

図1 製造業のサービス事業化の課題

・組織問題：製造業の組織や意思決定の方法はモノのビジネスに最適化されており、ビジネスモデルやドミナントロジック（固定概念）の異なるサービスの事業化には大きな困難が生じる。その困難の克服には、人間・組織・プロセスの変革（グッツ・ドミナントロジックからサービス・ドミナントロジックへの変革）が必要である。

以下では、これらの課題を解決するためのサービス設計手法および設計手法の中で重要な役割を果たすサービス評価手法を紹介する。他の設計手法と同様にサービス設計手法は魔法の杖ではない。しかし、製造業のサービス事業化の困難の多くは、ステークホルダー間の認識のギャップに起因するものが多い。サービス設計手法や評価手法によりサービス事業化の機会と困難の見える化と共有化が促進できれば、課題解決に向けて大きく前進できると考える。

3. 製造業のサービス設計手法

一般的なサービス設計手法に関しては、サービスマネジメントの分野でさまざまな先行研究¹⁾²⁾があり、基本的な枠組みが整理されている。具体的なサービススキームの古典的記述手法としては、サービスの構造を記述する分子モデル（molecular model）およびサービスのプロセスをフローチャートのような形式で記述するサービスブループリント（service blueprint）が知られている³⁾。Ramaswamyは、より具体的な8ステージから構成されるサービス設計・管理手法を提案している⁴⁾。ここで、前半の4つのステージでは、QFD（Quality Function Deployment）、FAST（Functional Analysis System Technique）、サービスブループリントなどのツールを活用して設計を行う。また、後半の4つのステージでは、運用時のサービス性能評価、顧客満足度評価、経済性評価を行い、改善サイクルを回す。ただし、これらの手法は一般的なサービス設計が対象であり、PSSに特化したものではない。

東京大学や首都大学東京を中心とした「サービス工学」の研究開発では、モノを意識した具体的な記述手法や設計支援ツールを提供している⁵⁾。具体的には、①既存サービスの調査、分類、体系化と、②体系化された知識の計算機上での表現とそれを活用したサービス設計支援システム（サービスCAD）の研究開発を行っている。この中で、サービスの価値を受給者の満足度と捉え、満足度関数によるサービス価値の定量化手法を提案している。

筆者らは、製造業においてモノ（対象製品）を起点としてPSSを設計するためのサービス設計手法DFACE-SI⁶⁾を開発している。DFACE-SIでは、①サービスコンセプト生成、②サービススキーム設計・評価および移行・実現シナリオ設計、③故障モード・リスク分析、から構成され、サービス事業企画書が成果物となる（図2）。DFACE-SIは、体系的に整理された成功・失敗パターンを参照しながら、陥りがちな企画・設計の落とし穴やリスクを見える化し、ステークホルダー間で共有する点が特徴

図2 DFACE-SIの手順

である。特に、Step2のサービススキームの設計だけでなく、Step3で現状の製造業に最適化された組織（As-IS）からサービス事業に適した組織（To-Be）への移行・実現シナリオを設計し、Step4でサービススキームと移行・実現シナリオの両方のProject FMEAによる故障モード・リスク分析を行い、ステークホルダー間でビジネスモデル問題と組織問題の見える化と共有化を行う。次章で議論するサービス評価はDFACE-SIではStep2のサービススキームの評価に位置づけられる。

4. サービス評価手法

新サービス導入時の効果を事前に評価することは、製造業のドミナントロジックを変革し、困難を乗り越えてPSSの事業化を推進するために極めて重要である。サービスの価値には、顧客にとっての価値、製造業にとっての価値、社会にとっての価値があり、それぞれ評価のアプローチが異なる。最終的にはそれらの体系化が必要であり、サービスサイエンスの大きな課題であるが、その取り組みは始まったばかりである。ここでは、比較的先行して検討が進んでいるB2BのPSSに関するサービス評価技術を紹介する。

4.1 プロバイダ評価

サービスプロバイダである製造業にとってPSSの事業性を判断するための経済性（収益性）評価は必須である。ここでは、B2BのPSSの典型である保守サービスにおける経済性評価シミュレーションとレンタル/リースサービスにおけるライフサイクルシミュレーションを紹介する。

機器の保守サービスには、事後保全、予防保全、予測保全がある。事後保全は故障が発生してから対応し、予防保全は故障分布などに基づいて計画的な保守を行うことで故障の発生を予防する。予測保全は、個々の対象機器の状態をモニタリングし分析することで故障の発生と場所を予測（prognostics）し、故障発生前に対策を行うことにより故障を予防する。近年各企業は、対象機器（プラント、昇降機、オフィス機器など）のモニタリング情報を利用して保守計画を最適化する状態基準保全（condition-based maintenance）による予測保全サービスを開拓・強化している

図3 ビジネスモデル移行・実現期間中の損益曲線

が、予測保全が事後保全や予防保全と比べ投資に対するコスト削減効果がどの程度あるのかをシミュレーションで評価することが必要となる⁷⁾。ここでは、モニタリング情報から機器の故障リスクを推定するモデルと故障リスクに基づき最適な保守計画を算出する手法が必要になる⁸⁾⁹⁾。

ライフサイクルシミュレーション(LCS)は、製品の生産計画および回収予測に基づいて、キャッシュフローとCO₂排出量などの環境負荷指標を同時に算出する離散事象シミュレーションである。特に、オフィス機器などで回収製品から部品を取り出して新製品に組み込むようなリユース事業、あるいは循環型生産を構築しようとする場合にLCSは有用である。リユース事業には、これまでの製品販売のビジネスモデルよりも、レンタルやリースのように製品を回収しやすいビジネスモデルの方が適しているとされる。

筆者らが開発したシミュレータ(LCSimulatorTM)では、顧客の異なる市場セグメント間でリユースするためのリユースルールを導入し、かつ、製品回転期間が異なる製品販売とレンタル/リースサービスの二つのビジネスモデルが混在する状態で計算することができる¹⁰⁾。これにより、製品販売事業からレンタル/リースサービスへの複雑なビジネスモデルの移行・実現シナリオを評価できる。リユースをレンタル/リースサービスと組み合わせた事業は、キャッシュフローが後からついてくるタイプのビジネスモデルであるため、ビジネスモデルの移行・実現に伴う初期リスクが大きい(図3)。このため、通常にも増して説得力ある形で事業性の判断材料を提供する必要がある。

例えば、筆者らはLCSと決定木分析を組み合わせるビジネスモデルの移行・実現リスクを分析する手法を開発した¹¹⁾。しかし、現実には、すべての不確実性要因を考慮することは困難である。シミュレーションは与えられた評価シナリオにしたがってビジネスモデルの妥当性を評価できるが、評価シナリオ自身の妥当性は評価できない。妥当なシナリオの作成には、シナリオプランニングのような発想支援手法が必要となる。製造業のサービスの事業性を評価し、現実の意思決定に役立つようにするために、これら不確実性の取り扱いを含め、実用に耐え得るサービス・シミュレーション手法の洗練化が望まれている。

図4 保守サービスにおけるB2B2C構造

4.2 ユーザ評価

ユーザのサービス受容性は、古くて新しい問題である。これはサービスを取り入れた新しいビジネスモデルが成立するかどうかを左右するため、サービスプロバイダにとっても重要な問題である。

これまでサービスの品質を計測する基準や指標が提案されている¹²⁾¹³⁾。また、サービスのユーザ満足度が、サービス品質だけでなく用いられる製品の品質とサービスの価格によって形成される、そして、ユーザのサービスプロバイダに対する印象も、これら製品品質、サービス品質、価格、満足度の総合で決められるという枠組が提案されている¹³⁾。しかし、これに対応した定量的な評価方法は十分とはいえない。

一方、購買や使用を含む消費行動において、人間は必ずしも効用(利益)を最大化するよう合理的に行動するわけではないということが、行動経済学¹⁴⁾や消費者心理学¹⁵⁾の分野で明らかにされている。現実の人間行動には、感情やヒューリスティックスなどのバイアスが大きく作用している。したがって、企業-消費者間(B2C)のサービス受容性を捉えるには、これらも考慮する必要がある。

B2Bのサービスでは、顧客企業側のキャッシュフロー評価だけすれば良いように思えるが、実際はそうではない。例えば、業界特有の商習慣や既存のビジネスプロセスと提供サービスとの整合性が強調される場合がある。また、B2Bサービスの多くは、実態として末端でエンドユーザがおり、決裁者とエンドユーザが異なるB2B2Cの構造になっている。その場合は、先のB2Cのサービス受容性と同様の評価が必要になる。典型的なのはビルの昇降機やオフィス機器の保守サービスであり、複雑なチャネル構造を理解する必要がある(図4)。このように、ユーザのサービス受容性評価には課題も多く、今後の発展に期待したい。

4.3 社会的評価

サービス評価は、前述のプロバイダやユーザの評価の他に、製造業のサービス事業に対する社会のニーズに対応する社会的評価を考慮する必要がある。社会的評価は、プラ

図5 リバウンド効果の分類

ス面の評価とマイナス面の評価がある。これらは、外部経済・外部不経済評価¹⁶⁾として議論されてきた。たとえばレンタル/リースサービスやICTによる業務効率化サービスは、地球環境・資源問題へのプラス面の評価が必要である。また、業界、企業連合、地域等においてプロバイダやユーザが協力することで、全体としての価値を高める場合もある。ここでは、サービスの価値とコストの関係が間接的であるため、「ただ乗り問題」や「費用分担問題」が課題となる。ゲーム理論による費用分担手法などの研究¹⁷⁾はあるものの、具体的なサービスの社会的評価および費用分担に関する実践的手法は少ない。

一方、企業の社会的責任（CSR:Corporate Social Responsibility）として、事業活動で社会全体の環境負荷を増大させない、むしろ積極的に環境負荷を減らすことが求められている。サービスとの関連で述べるならば、あるサービスが実際に産業として実装されたときに、社会全体の環境負荷が増大していないかを事前に見積もること（マイナス面の効果の評価）へのニーズが増してくると考える。

この問題はリバウンド効果の有無として注目され始めた。リバウンド効果の定義は、まだ完全に収斂したとはいえない状況だが、一般的に、何らかの効率改善（ポジティブな効果）を要因として、二次的に発生する副作用（ここでは環境負荷）のことを指す。例えば、エネルギー効率が大幅に改善されたサービスを導入した場合に、必要以上にそのサービスを利用してしまったり、時間や所得に余剰が発生してそれを別の環境負荷行動に費やしたりするときがある。また、社会インフラに関わる新しいサービスによって、社会構造の変化まで引き起こすかもしれない（図5）。

例えば、筆者らは、新たなサービスが導入され、人々の行動パターンが変化した場合に、それによって発生する余剰時間および余剰所得に起因する間接リバウンド効果をエントロピー原理に基づいて推定する手法を提案している。例えば、これをテレワーク導入時のリバウンド効果推定に適用したところ、CO₂排出量で約5%のリバウンド効果が見込まれるものの、それを加味してもテレワークで年間約60万tのCO₂の排出削減に貢献するという結果を得ている¹⁸⁾。リバウンド効果の推定に関して汎用的かつ数量的に議論できる手法はまだ少ないが¹⁹⁾、人々のライフスタイルを大きく変える可能性があるサービスの設計・導入検討が進むにつれて、今後議論が活発化してくると予想される。

5. ま と め

本稿では、製造業のサービス事業化の課題解決には、サービス事業の機会と困難の見える化と共有化が重要であるという立場から、サービス設計手法とサービス評価手法を紹介した。特に、サービス評価手法は3つの視点から述べたが、現状では未整理な部分も多く、今後の体系化が望まれる。ただし、サービス評価手法の1つの尺度への統合は、機会と困難の見える化の観点からは危険であると思われる。機会と困難は複眼的に評価するほうが効果的である。今後、これらの手法の研究開発および実用化が進み、製造業のサービス事業が大きく進展することを期待したい。

参 考 文 献

- 1) R.G. Cooper and S.J. Edgett: Product Development for the Service Sector, Basic Books, (1999).
- 2) B. Edvardsson, A. Gustafsson, M.D. Johnson and B. Sanden: New Service Development and Innovation in the New Economy, Studentlitteratur, (2000).
- 3) G.L. Shostack: How to Design a Service, European Journal of Marketing, **16**, 1 (1982) 49-63.
- 4) R. Ramaswamy: Design and Management of Service Processes, Addison-Wesley, (1996).
- 5) 新井民夫, 下村芳樹: サービス工学—製品のサービス化をいかに加速するか, 一橋ビジネスレビュー, 東洋経済新報社, **54**, 2 (2006) 52-69.
- 6) N. Uchihira et al.: Analysis and Design Methodology for Recognizing Opportunities and Difficulties for Product-based Services, Journal of Information Processing, **16** (2008) 13-25.
- 7) 高田祥三: ライフサイクルを考慮したメンテナンス管理と効果評価, 技術と経済, **504** (2009) 18-26.
- 8) 内平直志: 製造業のサービスイノベーションのための知識処理技術, 人工知能学会誌, **22**, 5 (2007) 754-762.
- 9) 秋国康成, 藤山一成: 改良保全計画へのリスクベースメンテナンスの適用, 東芝レビュー, **58**, 1 (2003) 49-51.
- 10) T. Kumazawa and H. Kobayashi: A Simulation System to Support the Establishment of Circulated Business, Advanced Engineering Informatics, **20**, 2 (2006) 127-136.
- 11) H. Kobayashi and T. Kumazawa: A Simulation-based Decision Support Methodology for Reuse Business, Proc. of 4th EcoDesign, Tokyo, Union of EcoDesigners, 3A-1-2F, (2005).
- 12) C. Gronroos: Service Quality: The Six Criteria of Good Perceived Service Quality, Review of Business, **9**, 3 (1988) 10-13.
- 13) A. Parasuraman, V. Zeithaml and L. Berry: Reassessment of Expectations as a Comparison Standard in Measuring Service Quality Implications for Further Research, Journal of Marketing, **58** (1994) 111-124.
- 14) D. Kahneman: Maps of Bounded Rationality: Psychology for Behavioral Economics, The American Economics Review, **93** (2003) 1449-1475.
- 15) 杉本徹雄編著: 消費者理解のための心理学, 福村出版, (1997).
- 16) 国土技術政策研究所: 効率的で透明性の高い公共事業を目指して—外部経済評価の解説(案) (2004) (http://www.nilim.go.jp/lab/peg/gaibu_kaisetsu.htm).
- 17) 鈴木光男: 新ゲーム理論, 勃草書房, (1994).
- 18) 本堂義行, 小林英樹: エントロピー原理に基づくリバウンド効果推定手法の提案, 日本LCA学会誌, **5**, 1 (2009) 122-130.
- 19) 例えば, 高瀬浩二, 近藤康之, 鷲津明由: 廃棄物産業連関モデルによる消費者行動の分析: 所得と生活時間を考慮した環境負荷の計測, 日本LCA学会誌, **2**, 1 (2006) 48-54.