

特集 「サービスイノベーションとAI」

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

Knowledge Processing Technologies for Service Innovation in the Manufacturing Sector

内平 直志
Naoshi Uchihira

(株) 東芝研究開発センター
Corporate R & D center, Toshiba Corporation.
naoshi.uchihira@toshiba.co.jp

Keywords: services science, monovice, data mining, operations research, predictive maintenance, prognostics, personalization, service design methodology, management of technology.

1. 製造業のサービス事業化

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が主体となってきている。[Looy 98]の第3章では、「製造業のサービス事業戦略が求められる理由」として下記の2点をあげている。

(1) 顧客のニーズに応えるため

モノがある程度行き渡っている現代社会において、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である。

(2) 差別化を図るため

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。

また、今後は地球環境・資源問題の観点からも、製造業のサービスの必要性が指摘されている [Mont 02]。すなわち、モノ自体の提供の代わりにモノの機能をサービス（レンタルやリース）として提供することで、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。

以上をまとめると、製造業のサービス事業化には、顧客のニーズ（価値創造支援）、製造業のニーズ（差別化・囲い込み）、社会のニーズ（地球環境・資源問題）の三つの異なる観点があるといえる。

製造業のサービス事業化のパターンに関しては、社会科学の分野で先行研究がある。[Vandermerwe 88]は、製造業のサービス事業化 (servitization) = モノ (例：

計算機) + サービス (例：計算機の保守) + サポート (例：計算機の教育) + セルフサービス (例：計算機の自己診断) + 知識 (例：アプリケーション) とし、80年代に製造業のサービスの経営戦略上の重要性を指摘した。[Wise 99]は、製造業の販売から川下 (メンテナンス、販売後サービス) への展開戦略に関する四つのパターン (IT (情報技術) を利用した製品とサービスの一体化、総合サービスの提供、統合ソリューション提供、流通チャネルの支配力強化) を洗い出した。[小森 01]は、日本の製造業の有力な成長戦略の一つが本業の製品事業の周りにサービス事業を作り上げることであり、モノ造りの強みを生かしながら IT や FT (金融技術) などを用いてバリューチェーン全体で事業機会を捉えるべきと提言した。[Oliva 03]は、製造業がサービス事業に展開する4段階の遷移プロセスをドイツの設備関係企業11社の事例分析により明らかにした。ここでは、遷移のパターンとして、「インフラ活用型 (例：遠隔保守)」と「顧客プロセス密着型 (例：コンサルティング)」があるとされた。

上記先行研究で指摘されているように、製造業のサービス事業化には、人間・組織・プロセス面の変革と情報処理・知識処理システム面の変革の両面が必要である。特に、サービスイノベーションは、近年の情報処理・知識処理システム面の大きな変化点 (ユビキタスセンサ&アクチュエータネットワーク、テキスト・デーマイニング技術の進展) を最大限生かしつつ、人間・組織・プロセス面との合わせ技で実現される (図1)。イノベーションにおける情報処理・知識処理の重要性に関しては、[小川 00]が「イノベーションとは顧客がもつ問題の解決のための新しい情報の利用」と定義し、イノベーションにおける情報の粘着性の役割に関する研究を行っている。[安部 06]は、Web2.0時代においては情報の粘着性が薄れることに着目し、顧客と提供者間の効率的な情報交換によるサービスイノベーションの可能性を指摘した。

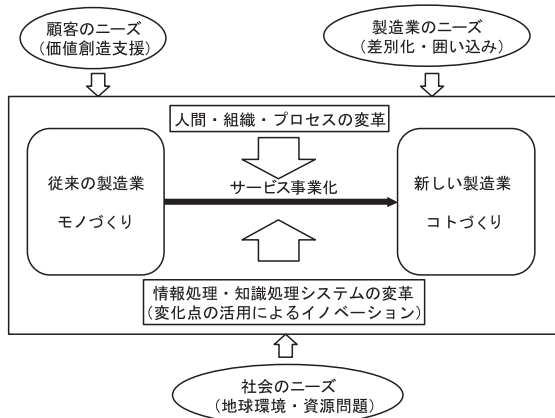


図1 製造業のサービス事業化のニーズと必要となる変革

本稿では、製造業のサービスの本質は、モノを媒介として得られる情報から価値を創造し、その価値をモノを媒介として実現する知識処理にあるという立場から、サービスイノベーションを実現するための知識処理技術に関して解説を試みる。また、知識処理技術を生かして製造業のサービスを企画・設計するための方法論や技術経営の必要性にも言及する。

2. 製造業のサービスの価値と知識処理

2.1 製造業のサービスの定義

「サービス」には数多くの定義がある。サービスに関する最近のシンポジウム [PICMET-Symp 07] では、「Service systems are value co-creation configurations of people, technology, internal and external service systems connected by value propositions, and shared information (such as language, laws, measures, models, etc.)」と定義されている。ここでは、よりシンプルに「サービス」を「顧客と企業が一緒に価値を創造するプロセス」と定義する。また、製造業のサービスを「モノを媒介として顧客と企業が一緒に価値を創造するプロセス」と定義する。製造業のサービスには、「product-based service」や「product service system (PSS)*1」などの呼び方があるが、本稿ではモノビス（モノ+サービス）と呼ぶことにする。従来の製造業が「モノづくり」だとすれば、製造業のモノビスへの取組みは「コトづくり」ということもできる。[藤本 03]では、「モノづくり」を「生産のみならず、製品開発や購買など、製品ができていくまでの価値創造活動を総称する概念」と定義したが、「コトづくり」は「製品の開発、生産、購買のみならず、顧客が製品を使って価値を生み出すまでの一連の価値創造活動を総称する概念」と定義できる。

*1 PSS はリサイクル・リユースなどの地球環境・資源問題を意識した製造業のサービスの文脈で使われることが多い。

2.2 モノビスの事例

著者らは、北陸先端科学技術大学院大学が NEDO から受託した「製造業におけるサービスのイノベーションを促進する科学技術のあり方に関する調査研究」[亀岡 06] およびその後の活動 [亀岡 07] において、日米製造業のモノビス 40 事例に関してアンケートやヒアリングおよび文献による調査を行った。以下では、ビジネスとして成功している五つのモノビス事例を紹介し、後の議論のベースとする。

事例 1：自動車塗装サービス

米国の大手自動車塗料メーカーでは、顧客の自動車メーカーに対して、塗装のコンサルティングおよび管理代行を行っている。具体的には、温度・湿度・ラインのスピードドラフトの設定など塗装プロセスに関するノウハウを生かした管理サービスを提供する。すなわち、塗料というモノを売るだけでなく、顧客が塗料をより良く使えるように塗装プロセスを支援する。ここで、製品の特徴および顧客の製造工程を熟知している点がメーカーの強みとなる。

事例 2：航空機エンジンの保守・リース

米国の大手航空機エンジンメーカーは、飛行中のエンジンのリアルタイム監視による航空機エンジンのフルメンテナンスサービスを提供している。ここでは、エンジンはリースし、使用時間に対して課金する。顧客のメリットは、航空機の稼働率の大幅向上と修理費に関する変動リスクがない（定額）点であり、メーカーのメリットは、リースによる安定的な収入とエンジンの品質向上が自社の利益に直結する点である。

事例 3：半導体製造装置の保守

日本の大手半導体製造装置メーカーでは、遠隔監視保守サービスを事業化している。遠隔監視・データ分析による稼働率・歩留まり向上だけでなく、顧客と一体になった製造ラインの早期立上げを支援している。単なる機器の保守による損失低減という当たり前品質だけでなく、ラインの早期立上げによる利益増大という魅力的品質を提供している。

事例 4：ドキュメントアウトソーシングサービス

日本の大手複写機メーカーでは、顧客のオフィスにスタッフが常駐するサービス拠点を設置して、ドキュメント業務を請け負うアウトソーシングサービスを提供している。具体的には、オフィスエリアに分散して設置されている複写機を保守し使用状況を管理するとともに、大量のコピーや製本などの集中出力作業を代行する。このサービスにより、複写機の使用状況に基づいた最適な機種・台数を維持でき、顧客従業員を本来業務に集中させることができる。

事例 5：デジタル AV 機器のネットサービス

米国の大手携帯音楽プレーヤメーカーは、インターネット経由の音楽コンテンツ配信ソフトとサービスを提供している。本ソフトでは、ユーザ自身および他のユー

ザのコンテンツ購入履歴をもとに(1)人気コンテンツランキング, (2)プレイリスト共有, (2)お勧めサービス, (3)カスタムレビューと格付け, などのメニューを提供している。また, 日本のDVD/HDDレコーダメーカーも番組表および番組予約に関する同様のサービスを提供している。デジタルAV機器がコンテンツ購入履歴や視聴履歴を利用してユーザの嗜好を学習し, コンテンツの推薦を行う点が特徴である。

2.3 モノビスが生み出す価値

モノビスの生み出している価値について, モノビス分析のフレームワークの一つである「顧客接点拡大モデル」[内平 06]を用いて整理する。「モノを媒介として顧客と企業が一緒に価値を創造するプロセス」において, 顧客と企業の「接点拡大」は不可欠である。接点拡大には三つの方向「アジャストメント拡大」, 「コミットメント拡大」, 「テリトリ拡大」があり, それぞれ「良品」, 「安心」, 「便利」という価値を提供している。以下, 三つの価値に関して, 前述の事例との対応を取りながら説明する(図2)。

●アジャストメントの拡大(良品)

製造業が顧客への「モノ」の提供だけでなく, 研究開発, 企画, 設計, 製造, 流通, 運用, 保守フェイズにも顧客との接点を広げ, モノの品質や機能をメンテナンスおよびカスタマイズし, 「良品」を提供する。例えば, 機器の状態を監視しながら故障診断や予測保全を行う保守サービス(事例1, 2, 3)やユーザの使用状況を学習して使い勝手を向上する適応型インタフェースは, アジャストメント拡大である。また, 「モノ」をより良く使うためのコンサルティングサービスもアジャストメントの拡大に含まれる。

●コミットメントの拡大(安心)

モノの販売から, リース・レンタル, 運用代行さらには事業代行まで, 顧客の価値創造活動へのコミットメントの比率を高めること。すなわち, 価値創造の過程で顧客に発生するリスクを共有することで, 「安心」を提供し, 顧客の価値創造活動を支援する。製造業はモノについての深い知識を生かすことで, 顧客より効率的にリスクを負うことが可能である。航空機エンジンの時間課金や複写機の使用枚数課金は, 故障や修理に伴うもろもろのリスクを製造業が

負っているという点でコミットメントの拡大である(事例2, 4)。製造業が顧客の業務の一部をアウトソーシングとして請けるのもコミットメントの拡大に属する(事例1, 4)。

●テリトリの拡大(便利)

顧客価値創造の視点で「モノ」の周辺機能も一緒にそろえることで「便利」を提供する。システム構築・運用に加えて経営支援を行うサービスやビルの各種設備の一括保守サービスなどのいわゆる「ワンストップソリューション」はその典型例であるが, デジタル機器のコンテンツ配信・推薦サービスもテリトリ拡大といえる(事例5)。

なお, 上記三つの価値「良品」, 「安心」, 「便利」のほかにも, 最近注目されている価値として「経験(experience)」[Pine 99]がある。経験価値とは, 経験や体験から生まれる感性的な満足であり, スターバックスが提供するサービス(コーヒーを媒介とした上質なライフスタイルの提供)が典型例として引用されることが多い。モノビスにおいても経験価値の重要性は今後高まると思われるが, 知識処理より工業デザインの側面が強く, ここでの議論の範囲外とした。

2.4 モノビス知識処理モデル

これらの価値の協創は, 人間・組織・プロセス面の取組みと情報処理・知識処理システム面の取組みから生み出されるが, ここでは後者の基本的な構造について考察する。まず, 「データ」, 「情報」, 「知識」, 「価値」, 「知識処理」に関する用語を整理する。情報や知識にはさまざまな定義があるが, ここでは以下の議論のために下記の定義とする。

データ: サービス提供者による意味が与えられる前の客観的な数値(列)やテキスト。ユーザにとっては情報であっても, サービス提供者が意味を与える前はデータであると定義する(例: 機器のセンサ値, 番組の視聴履歴, ユーザの操作履歴)。

情報: サービス提供者がデータを加工して意味をもたせた人工物(例: 機器のセンサ情報から抽出した特徴量, 番組の視聴履歴から得られたユーザの特性)。

知識: サービス提供者が価値創造に活用できる形にしたモデルや情報の集合(例: 故障予測モデル, 番組推薦エンジン)。

価値: サービスのユーザが有用性を感じる情報や行為(例: 最適保守計画, 番組推薦リスト, 番組の自動録画)。

知識処理: データから情報や知識を通して価値を生み出す一連の処理。知識の生成プロセスと活用プロセスの両方を含む。

このとき, モノビスの価値協創の基本的な構造は, 「データの計測」と「知識処理」と「価値の実現」に注目したモノビス知識処理モデルとして表現できる(図3)。「計測手段(センサ)」と「実現手段(アクチュエータ)」に

価値	具体例	事例1 塗料	事例2 航空機	事例3 半導体	事例4 複写機	事例5 AV機器
アジャストメントの拡大(良品)	コンサルティング, メンテナンス, カスタマイズ, パーツナラライゼーション	◎	◎	◎	○	○
コミットメントの拡大(安心)	レンタル・リース, 運用代行, 事業代行	◎	◎		◎	○
テリトリの拡大(便利)	ワンストップソリューション, コンテンツ配信・推薦				○	◎

図2 モノビスが生み出す価値と事例との対応

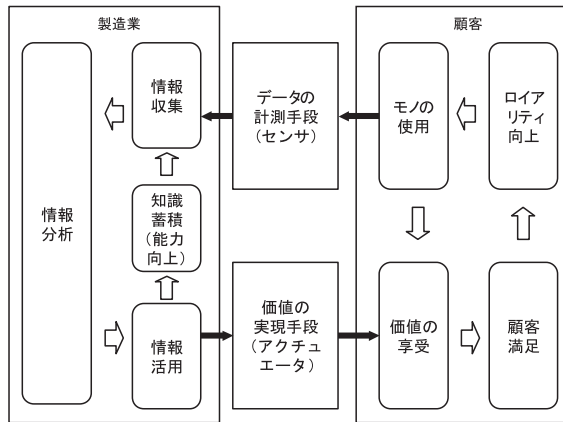


図3 モノビス知識処理モデル

モノを活用する点がモノビス知識処理モデルの特徴であり、モノを活用したデータの計測と価値の実現において、製造業の強み（モノに関する知識の蓄積）が生かせるとき、競争力をもつことができる。ユビキタスセンサネットワークの浸透により、モノを活用した計測手段は進展しつつあるが、モノを活用した価値の実現手段は現状では情報の制御が主である。今後はロボットなどによる物理的な制御への展開（ユビキタスアクチュエータネットワーク）が期待される。なお、モノビス知識処理モデルは、対象が人間である場合には **Ambient Intelligence**（環境知能）[Shadbolt 03] を活用したサービスとなり、**Ambient Intelligence** のビジョンのもとで研究開発されている成果が利用できる。

以下に、モノビス知識処理モデルにおける「データの計測対象」、「データの計測手段」、「価値の実現対象」、「価値の実現手段」を説明する。実際は、さまざまなバリエーションがあり、データの計測手段や価値の実現手段はモノ以外の場合もある。図4には、前述の事例における組合せを示す。

- データの計測：対象価値を協創するために必要な情報の所在。すなわち、モノ（エンジンや複写機の使用状況）およびモノのユーザ（嗜好、意図）である。
- データの計測手段：サービス提供者が情報を収集す

	価値	データの計測対象	データの計測手段	価値の実現手段	価値の実現対象
事例1 塗料	塗布プロセスの品質向上 (良品, 安心)	塗布プロセス (使用状況)	塗布プロセス (センサ)	オペレータ (改善指示)	塗布プロセス (改善)
事例2 航空機	航空機の稼働率向上 (良品, 安心)	エンジン (使用状況)	エンジン (センサ)	オペレータ (保守計画アドバイス)	運行スケジュール (最適化)
事例3 半導体	歩留まり、稼働率向上 (良品)	製造装置 (使用状況)	製造装置 (センサ)	オペレータ (改善指示)	製造装置 (チューニング)
事例4 複写機	複写機配置の最適化 (安心)	複写機 (使用状況)	複写機 (センサ)	オペレータ (配置計画アドバイス)	複写機配置計画 (最適化)
事例5 AV機器	コンテンツ推薦 (便利)	ユーザ (嗜好)	AV機器 (操作履歴)	AV機器 (推薦情報配信)	視聴者 (映像を楽しむ)

図4 事例におけるデータの計測と価値の実現

るための手段（チャネル）。モノビスの場合は、モノ自体がデータ計測の手段（機器のセンサ情報、操作履歴）になる場合が多いが、ユーザやオペレータが入力する情報（ユーザの属性登録や保守員の点検情報）を利用する場合もある。

- 価値の実現対象：情報から生み出された知識を用いて価値を実現する対象。モノとユーザおよびモノの利害関係者（モノの管理者、地球、環境など）がある。モノの管理者においては、モノの運行スケジュールや保守計画の最適化が価値となる。
- 価値の実現手段：価値を実現する手段。モノビスの場合は、モノ自体が主な手段になる場合が多いが、オペレータが実現手段になることもある。

2.5 モノビスにおける集合知と集合価値

ユビキタスネットワーク社会では、ネットワークに接続されたモノを媒介として、データの計測と価値の実現がリアルタイムかつ広域に行える点が特徴である。このとき、モノやユーザの個性や状況を的確に把握し、モノやユーザに個別化した価値を提供できる。しかしながら、知識として用いるモデルは多くの場合確率的であり、それぞれの個別化の結果（ミクロな価値実現）が必ずしもユーザの意図に沿ったものとは限らない。故障予測モデルや機械学習を用いた適応型インタフェースの個別化が必ずしも使われない理由はここにある。一方、データの計測対象および価値の実現対象が多数ある場合、確率的なモデルを活用して全体としての価値を創出すること（マクロな価値実現）ができる。例えば、保守対象のモノが数万個存在する場合には、故障予測モデルを用いて最適な保守計画を策定することで、個々のモノに関しては故障予測の当り外れがあったとしても、全体としては保守コストを削減できる。このように集約的な価値が生まれる場合には、価値の実現対象はモノの所有者だけでなく、モノのレンタルやリースなどのコミットメントの拡大は、ユーザにとっては経済的リスク回避というミクロな価値実現とともに、企業にとっても収入の平準化という経済的なリスク回避、さらに不具合発生時の社会的リスク回避（リースであれば出荷時の品質管理だけではなく、運用時の品質管理で柔軟に対応できる）というさまざまなマクロな価値実現が可能となる。さらに、資源枯渇問題に対応するリサイクル・リユースサービスは、社会全体で価値を享受していると考えられることができる。多数のデータの計測により、集合知（**Collective Intelligence**）が獲得できることに対比させれば、多数の価値の実現により、個々の価値だけでなく集合価値（**Collective Value**）を実現できる。集合知と集合価値の両方をどのようにサービス設計に生かすかが、サービスイノベーションの一つのポイントとなる。

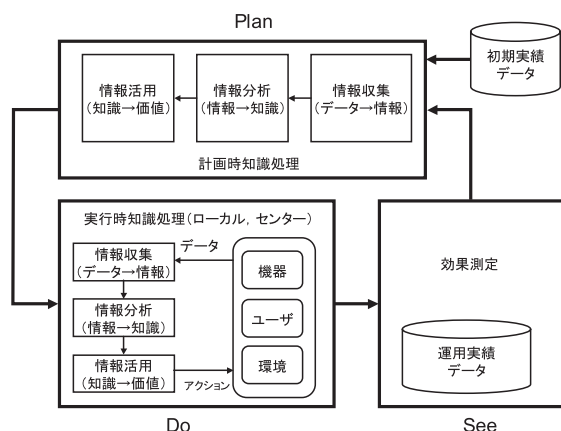


図5 データを価値に変換する知識処理プロセス

3. 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

3.1 データを価値に変換する知識処理技術

モノビス知識処理モデル(図3)で示したデータを価値に変換する知識処理プロセス(情報収集、分析、活用)に関する技術を考察する。一般に、知識処理プロセスは、モノビス設計時の知識処理とモノビス実行時の知識処理の2層から構成される(図5)。また、モノビス実行時の知識処理にもモノの内部でローカルに実行されるものと、サービスセンター側で集約的に実行されるものがある。

情報収集技術(データ→情報)

インターネットやWebを介したさまざまな情報収集に加え、ユビキタスセンサネットワークにより収集できるデータを情報に変換する技術。ここでは、生データを活用可能な情報に変換する知的前処理(intelligent preprocessing)技術が重要であり、特徴量の自動抽出や自動タグ付け、アノテーション方法が注目されている。特に、映像データのアノテーション技術はさまざまな分野で応用範囲が広い。

情報分析技術(情報→知識)

情報分析では、情報から知識(モデル)を構築するための統計的データ分析、データマイニング、テキストマイニングが中心的な技術である。すでに、さまざまな用途でさまざまな分析技術が開発されており、既存の分析技術を用いてどのように問題解決を行うか(問題解決能力)が重要となる。ここでは、問題解決を支援するため情報分析方法論が必要となる。また、多次元かつ多量の時系列情報の分析やリアルタイム分析など、既存の手法では処理が難しく、新しい技術が求められる場合も少なくない。また、故障物理モデルや人間行動、嗜好モデルなど、各ドメインの知識に基づくモデルとデータ分析、データマイニングに基づくモデルの融合が有効な場合が多い。

情報活用技術(知識→価値)

情報活用では、分析で得られた知識(モデル)に基づき、

顧客にとっての価値を実現するためのアクションを創出する。アクションには、モノに対する制御命令(保全制御、機能の個別化)やオペレータに対する情報提供(モノの使用計画)、ユーザに対する情報提供(コンテンツ配信・更新・推薦)などがある。ここでは、数理最適化、リスク工学、シミュレーションなどのオペレーションズリサーチ技術が中心的な役割を果たす。

サービスプラットフォーム

分析の結果得られたモデルや知識をデータベース化するとともに、その活用のためのプラットフォームを整備する。後者はインターフェースの標準化やオントロジー(特定分野における語彙体系)の構築・整備が重要となる。また、セキュリティやコンテンツ保護技術も不可欠である。

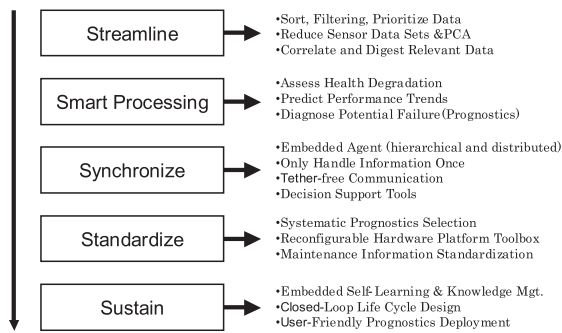
以下では、モノビスの典型例である「モノのメンテナンス」と「モノのパーソナライゼーション」および「複数のモノやWebの連携によるサービス」について研究開発動向を紹介する。

3.2 モノのメンテナンスサービス

メンテナンスサービスは「良品」と「安心」を提供する製造業の伝統的なサービスである。モノ(機器)のモニタリングによる故障検知・診断に関しては、制御分野および人工知能分野では歴史的に多くの研究蓄積がある。特に、エキスパートシステムを用いた故障診断は多くの成功事例があり、近年は、オントロジーを用いた故障診断技術が進んでいる[來村 99]。これらの既存の研究に加えて、情報通信技術を活用した遠隔監視による予測保全が注目されている。

保守には、事後保全(reactive maintenance)、予防保全(preventive maintenance)、予測保全(predictive maintenance)がある。事後保全は、故障が発生してから対応するもので、迅速な対応を行うための故障検知・診断技術が有効である。予防保全は、故障分布などに基いて計画的な保守を行うことで、故障の発生を予防するもので、統計的な品質管理手法が必要となる。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ものである。広い意味の予防保全は予測保全を含む概念であるが、ここでの予防保全は個々の対象機器のモニタリング情報は考慮しない、時間ベース保守(time-based maintenance)とする。これに対して、予測保全では、対象機器のモニタリング情報を利用して、保守計画を最適化する条件ベース保守(condition-based maintenance)である。保守に要するコストの観点では、「事後保全>予防保全>予測保全」であり、予測保全により集合価値としての保守コストの大幅な削減が可能となる。

具体例として、米国IMSセンター(Center for Intelligent Maintenance Systems)では、知的メンテナンスシステ



出典：Jay Lee, "Design of Innovative Product Service System's Keynote Speech in PICMET2007, Aug.6, 2007.

図6 知的メンテナンスの5Sアプローチ

ムに関して米国や日本を含む多くの国の企業と連携して予測保全に関する具体的な成果をあげつつある [Lee 03, Lee 06]. 個々のモノのモニタリングにより、特性や状況を推定し、条件に応じた対策を実施。ダウンタイムの削減および保守の効率向上を達成する。IMS センターでは、Streamline, Smart Processing, Synchronize, Standardize, Sustain「5S」を提唱している(図6)。ここで、Streamlineは情報収集、Smart Processingは情報分析、Synchronizeは情報活用、Standardizeはサービスプラットフォームに対応している。Sustainは知識処理のサイクルを含む、製品のライフサイクルにおけるサービス設計を意味している。IMS センターでは、企業と一緒にいる問題解決を通じて、個々の分析技術を開発しツール群(信号処理と特徴抽出、故障診断、性能アセスメント、性能予測)として蓄積するとともに、問題解決に適したツールを選択するための情報分析方法論を構築している。

米国メリーランド大 CALCE (Center for Advanced Life Cycle Engineering) では、電子機器の予測保全(PHM: Prognostics and Health Management)の研究開発を行っている [Vichare 06]. CALCEもIMS センターと同様に、多くの企業の参加するコンソーシアムを設立し活動している。日本においても、さまざまな企業で予測保全の技術開発および実用化が行われている [久保田 06, 佐古 03, 辻 05].

近年、機器やシステムの故障や不具合に起因するさまざまな事故が社会的にも大きな関心事となっており、モノの高信頼化に関するニーズが高まっている。一方で、完全な高信頼化の追求は、原子力プラントなどの一部の分野を除いてコスト面で現実的ではない。また、地球環境・資源問題もますます顕在化してくるであろう。「高信頼なモノをつくって売る」という従来のアプローチから、予測保全とリユース・リサイクルを融合し、モノのライフサイクルを通じたサービスにより、「顧客と製造業が一緒になってモノの品質を維持する」というアプローチに転換する必要がある、そのためのさらなる研究開発が望まれる。

3.3 モノのパーソナライゼーションサービス

モノのパーソナライゼーションは「良品」と「便利」を提供するサービスであり、典型例としてデジタル機器のインタフェースのカスタマイズやコンテンツの推薦がある。前者に関しては、古くはワードプロセッサのカナ漢字変換の学習機能を始めとして多くの適応型インタフェースの事例がある。最近では、複雑化しているAV機器の操作をサポートするための Commonsense を用いたユーザの状況に合わせたインタフェースが提案されている [Lieberman 06]. 後者の例としてさまざまな機器のコンテンツ配信・推薦がある。通信のブロードバンド化や記憶デバイスの大容量化により、映像・音楽コンテンツだけでなくさまざまな機器のコンテンツが多種多様かつ多量になってきており、コンテンツの推薦、さらには自動的なコンテンツの取捨選択技術が不可欠になってきている。具体的な適用事例としては、セットトップボックスの番組推薦 [Ali 04], DVD/HDD レコーダの番組推薦 [折原 06] などがある。今後は電子レンジのレシピの推薦やカーナビのルート推薦などにも広がっていくだろう。

これらのパーソナライゼーションでは、モノの操作履歴を活用してユーザの嗜好や状況(コンテキスト)を推定し、嗜好や状況に応じた価値実現を行う点がポイントである*2。具体的には、嗜好学習、リコメンデーションシステムなど多くの研究および活用実績があり、サーベイ論文 [Adomavicius 05] に詳しい。今後は、コンテンツの推薦などの仮想空間における価値実現から、機器の自動操作(AV機器の自動録画・自動消去や空調機器の省エネ制御)やインタフェースロボットによるコミュニケーション [長尾 02] などの実空間におけるさまざまな価値実現への展開が期待される。

3.4 複数のモノや Web との連携によるサービス

複数のモノや Web を有機的に連携させることで「便利」や「安心」を提供するサービスを実現する研究も行われている。具体例としては、オントロジーを用いてユーザのコンテキストに合ったサービスを、さまざまな機器を連携させて提供する「ユビキタスサービスファインダ」[川村 06] や、家庭の各種機器やセンサからの情報を用いて、家庭の中での人の行動を予測することで、人の行動変化を促して集合価値としての省エネを実現する先進的な試みがある [Kobayashi 07]. さらに、米国では医療・健康分野のサービスが大きな変化点・ビジネスチャンスとして認識されているが、DNA チップによるテーラーメイド医療を含むさまざまな医療・健康機器を核としたヘルスケアサービス (ubiquitous healthcare) は今後大

*2 [Pitkow 02] では、パーソナライゼーションは、ユーザの嗜好に対する対応 (individualization) とユーザの状況への対応 (contextualization) から構成されるとしている。

きな展開が期待されている。これらのサービスの実現のためには、複数のモノから計測できるユーザの個性や状況を統一的に収集・分析・活用するための標準化されたフレームワークやプラットフォームが必要になってくる [Acampora 06]。例えば、各種デジタル家電の操作履歴を意味レベルで共有できるプラットフォームは、より精度の高いユーザの状況推定を可能とするだろう。

4. モノビスの設計支援

これまで述べたように、モノビスの価値およびそれを実現するためのモノビス知識処理モデルにはさまざまなバリエーションが存在し、その設計は簡単ではない。本章では、モノビスの設計を支援する手法に関して、サービス企画設計方法論およびその一部である知識処理プロセスの設計について述べる。

4.1 サービス企画設計方法論

新サービス開発 (NSD: New Service Development)^{*3} に関しては、[Cooper 99] や [Edvardsson 00] に基本的な考え方および手順が示されている。また、[Johne 98] は新サービス開発手法に関する詳細なサーベイ論文である。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 [Shostack 82]。[Ramaswamy 96] は、より具体的な8ステップから構成されるサービス設計・管理手法を示している。各ステップで、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いる。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、モノビス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 [新井 06]。「サービス工学」の定義は、「サービスがもたらす価値や満足を高め、またそのコストを下げるための工学的手法を与えるものであり、サービス産業のためだけでなく、あくまでも人工物を製造する製造業にとっての付加価値を増大するための手法」としている。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「サービスエクスペローラ」) の研究開発を行っている。サービスエクスペローラでは、フローモデル、スコープモデル、ビューモデル、シナリオモ

デルなどの記述を行いながら、サービスのモデリングや設計を行い、さらにサービスの評価を行うことができる [坂尾 05, 下村 05]。また、「サービス創造」をターゲットとして、事例を用いたアナロジー推論技術 [下村 06] により、過去のサービスの設計事例を蓄積、検索、提示することにより新しいサービスの設計を支援する機能も開発されている。サービスサイエンスに関しては、まだまだコンセプトレベルの議論が多いのに対し、本研究ではサービスを科学的・工学的に定義し、具体的なツールとして実現している点で先行している。

著者らは、モノを起点としてモノビスを企画設計するためのサービス設計方法論 DFACE-SI [内平 07] を開発している。DFACE-SI は、(1) 事例を分析・分類するテンプレート (前述の顧客接点拡大モデル)、(2) 事例データベース、(3) 事例を使って対象のサービスの企画・設計を支援する手順、から構成される。DFACE-SI は、体系的に整理された成功・失敗事例を参照しながら、陥りがちな企画・設計の落とし穴やリスクを顕在化させ、ステークホルダ間で共有する点が特徴である。

これらのサービス企画・設計方法論では、いずれも新しい機会の発見や見えなかった困難の気づきに類似事例を活用する点がポイントである。設計者が事例を読んで参考にするだけでも十分有効であるが、事例が増えた場合には推論技術などを活用して設計者の機会の発見や困難の気づきを支援する手法やツールが必要となる。

4.2 価値指向知識処理プロセスの設計

前述のサービス企画設計が、概念設計であれば知識処理プロセスの設計は詳細設計である。モノビスのための知識処理において、情報収集・分析は重要な要素技術であるが、現状モニタリングできるデータを分析して新しい知識を発見するというアプローチ (データ指向アプローチ) は成功しないケースが多い。最初にモノビスで実現したい価値に必要な知識を抽出するための情報活用方式を仮想設計し、次にその方式の構築に必要な情報分析手法や情報収集手法を設計するアプローチ (価値指向アプローチ) が有効である。例えば、予測保全の場合、最初に予測保全の情報分析モデルの精度と保守合理化により削減できるコストの関係を定式化することにより、精度を実現するために投資できる費用を算定できる。その費用の範囲であれば、精度を実現するための新しいセンサを機器に装備することも可能になる。

5. サービスイノベーションに向けて

製造業のサービスのための知識処理技術に関して論じてきた。しかし、モノビスの主体が製造業である必然性は必ずしもない。機器を媒介としたサービスのチャンスは増加するが、機器単体の知識処理では限界があり、ほかの機器や環境の情報を総合的に活用した知識処理によ

*3 伝統的に研究されてきた新製品開発 (NPD: New Product Development) に対応した言葉である。

る集合価値の創造が重要となってくる。このとき、機器メーカーの垂直統合とサービスプロバイダによる水平分業のせめぎ合いが生じる。もちろん、機器の種類により垂直的なすり合わせが必須なものもあり単純ではない。しかし、Web上の仮想空間の巨大なサービスプロバイダが、モノを含む実空間のサービスに参入することも含めて、5～10年以内には業界の地図を塗りかえるサービスイノベーションが到来するのではないだろうか。

同時に、モノビズは単なる知識処理技術だけで競争優位を確立できるものではなく、経営戦略的な検討が不可欠である。技術経営(MOT: Management of Technology)の研究領域においてサービスサイエンスが主要なテーマの一つとなっているのもその所以であろう。サービスの研究開発は、その定義からいって、第四世代イノベーション(顧客と企業の市場協創によるイノベーション) [亀岡 02] の典型例である。サービスにおいては技術と経営戦略(ポジショニング, ビジネスアーキテクチャ)が不可分になり、データから価値を生み出すための知識処理の研究開発においても、技術経営の視点からの議論や考察が必要になってくると思われる。

謝辞

本稿の執筆にあたっては、(株)東芝研究開発センターの同僚から多くのアドバイスをいただいた。製造業のサービスイノベーションに関しては、北陸先端科学技術大学院大学(JAIST)のMOTコースの諸先生および学生諸氏との議論がベースとなっている。残念ながら、JAISTでサービスサイエンスを推進され、ご指導いただいた亀岡秋男先生が今夏に急逝された。本稿を亀岡秋男先生に捧げたい。

◇ 参考文献 ◇

- [安部 06] 安部忠彦: 研究の全体枠組みとエビデンス・ベスト・サービスの例, 第1回サービス・イノベーションワークショップ, 富士通総研 (2006), http://jp.fujitsu.com/group/fri/downloads/report/service-innovation/workshop-01/1_abe.pdf
- [Acampora 06] Acampora, G., et al.: A semantic view for flexible communication models between humans, sensors and actuators, *2006 IEEE International Conference on SMC*, pp. 3640-3646 (2006)
- [Adomavicius 05] Adomavicius, G. and Tuzhilin, A.: Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions, *IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering*, Vol.17, No.6, pp. 734-749 (2005)
- [Ali 04] Ali, K. and Stam, W. V.: TiVo: Making show recommendations using a distributed collaborative filtering architecture, *Proc. International Conference on Data Mining and Knowledge Discovery*, pp. 394-401, ACM Press (2004)
- [新井 06] 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, Vol.54, No.2, pp. 52-69, 東洋経済新報社 (2006)
- [Cooper 99] Cooper, R. G. and Edgett, S. J.: *Product Development for the Service Sector*, Basic Books (1999)
- [Edvardsson 00] Edvardsson, B., Gustafsson, A., Johnson, M. D. and Sanden, B.: *New Service Development and Innovation in the New Economy*, Studentlitteratur (2000)
- [藤本 03] 藤本隆宏: 能力構築競争, 中央公論新社 (2003)
- [Johne 98] Johne, A. and Storey, C.: New service development: A review of the literature and annotated bibliography, *European Journal of Marketing*, Vol.32, No.3/4 pp.184-251 (1998)
- [亀岡 02] 亀岡秋男: 次世代イノベーションモデル, ナレッジサイエンス(杉山, 永田, 下嶋 編著) 52 節, 紀伊国屋書店 (2002)
- [亀岡 06] 亀岡秋男編著: 製造業におけるサービスのイノベーションを促進する科学技術のあり方に関する調査, NEDO 委託調査研究報告書, 北陸先端科学技術大学院大学 (2006)
- [亀岡 07] 亀岡秋男編著: サービスサイエンス 新時代を拓くイノベーション経営を目指して, エヌ・ティー・エス (2007)
- [川村 06] 川村隆浩ほか: デジタル機器と Web を連携させるユビキタスサービスの提案-ユビキタスサービスファインダー-, 東芝レビュー, Vol.61, No.12 (2006)
- [來村 99] 來村徳信ほか: 故障オントロジーの考察に基づく故障診断方式: 網羅的故障仮説生成, 人工知能学会誌, Vol.14, No.5, pp. 838-847 (1999)
- [Kobayashi 07] Kobayashi, H., et al.: Green Behavior Generation: A digital approach to reduce consumption, *2007 IEEE International Conference on SMC* (2007)
- [小森 01] 小森哲郎, 名和高司: 高業績メーカーは「サービス」を売る-製造業のサービス事業戦略-, ダイアモンド社 (2001)
- [久保田 06] 久保田和人ほか: データマイニングを用いたプラントの知的メンテナンス技術, 東芝レビュー, Vol.61, No.12 (2006)
- [Lee 03] Lee, J.: Smart products and service systems for e-business transformation, *International Journal of Technology Management*, Vol. 26, No. 1, pp. 45-52 (2003)
- [Lee 06] Lee, J., et al.: Intelligent prognostics tools and e-maintenance, *Computers in Industry*, Vol. 57, No. 6, pp. 476-489 (2006)
- [Lieberman 06] Lieberman, H. and Espinosa, J.: Adaptation to users: A goal-oriented interface to consumer electronics using planning and commonsense reasoning, *Proc. 11th International Conference on Intelligent user Interfaces (IUI06)*, ACM Press (2006)
- [Looy 98] Van Looy, B., et al. (eds.): *Services Management: An Integrated Approach*, Financial Times Management (1998), (邦訳: サービス・マネジメント-統合的アプローチ〈上〉, ピアソン・エデュケーション, 2004)
- [Mont 02] Mont, O. K.: Clarifying the concept of product-service system, *Journal of Cleaner Production*, Vol.10, No.3, pp. 237-245 (2002)
- [長尾 02] 長尾 確: デジタルコンテンツのトランスコーディングとインタフェースロボット, 2002 年情報学シンポジウム (2002)
- [小川 00] 小川 進: イノベーションの発生論理, 千倉書房 (2000)
- [Oliva 03] Oliva, R. and Kallenberg, R.: Managing the transition from products to services, *International Journal of Service Industry Management*, Vol. 14, No. 2, pp. 160-172 (2003)
- [折原 06] 折原良平ほか: コンテンツの高精度推薦技術によるデジタル機器の価値向上, 東芝レビュー, Vol.61, No.12 (2006)
- [PICMET-Symp 07] Symposium on Technology Management in the Service Sector, *Portland International Conference on Management of Engineering & Technology* (2007), http://www.picmet.org/new/Conferences/2007/symposium_report.pdf
- [Pine 99] Pine, B. J. and Gilmore, J. H.: *The Experience Economy: Work Is Theatre & Every Business a Stage*, Harvard Business School Press (1999), (邦訳: 岡本慶一, 小高尚子 訳: [新訳] 経験経済, ダイアモンド社, 2005)
- [Pitkow 02] Pitkow, J., et al.: Personalized search, *Comm. ACM*, Vol.45, No.9, pp. 50.55 (Sept. 2002)
- [Ramaswamy 96] Ramaswamy, R.: *Design and Management of Service Processes*, Addison-Wesley (1996)
- [坂尾 05] 坂尾知彦 ほか: サービス工学の提案: 第2報, サービス工学のためのサービスの設計手法, 日本機械学会論文集 (C編), Vol.71, No.708, pp. 2614-2621 (2005)
- [佐古 03] 佐古成康ほか: e-Manufacturingを支える e-Diagnostics, 日立評論, Vol.84, No.4, pp. 336-339 (2003)
- [Shadbolt 03] Shadbolt, N.: Ambient intelligence, *IEEE*

- Intelligent Systems*, Vol.18, No.4, pp. 2-3 (2003)
- [Shostack82] Shostack, G. L.: How to design a service, *European Journal of Marketing*, Vol. 16, No. 1 (1982)
- [下村 05] 下村芳樹ほか：サービス工学の提案：第1報，サービス工学のためのサービスのモデル化技法，日本機械学会論文集（C編），Vol.71, No. 702, pp. 669-676 (2005)
- [下村 06] 下村芳樹ほか：アブダクションに基づく設計者支援環境の基本構想，日本機械学会論文集（C編），Vol. 72, No. 713, pp. 274-281 (2006)
- [辻 05] 辻 弘之ほか：ビル管理・保守システムにおける現状と展望，三菱電機技報，Vol. 79, No. 9 (2005)
- [内平 06] 内平直志，小泉敦子：製造業におけるサービスの分類と知識活用戦略，研究計画学会第21回年次大会（2006）
- [内平 07] 内平直志ほか：製造業のサービスの分類法と事例による企画・設計支援，第21回人工知能学会全国大会，1B1-3 (2007)
- [Vandermerwe 88] Vandermerwe, S. and Rada, J.: Servitization of business: Adding value by adding services, *European Management Journal*, Vol. 6, No. 4, pp. 314-324 (1988)
- [Vichare 06] Vichare, N. M. and Pecht, M. G.: Prognostics and health management of electronics, *IEEE Trans. on Components*

- and Packaging Technologies*, Vol.29, No.1, pp. 222-229 (2006)
- [Wise 99] Wise, R. and Baumgartner, P.: Go downstream: The new profit imperative in manufacturing, *Harvard Business Review*, Sep.-Oct., pp. 134-141 (1999)

2007年9月18日 受理

著者紹介



内平 直志（正会員）

1982年東京工業大学理学部情報科学科卒業。同年、東京芝浦電気(株)(現(株)東芝)入社。博士(工学)。ソフトウェア工学、並行システム検証、リスク工学、技術経営の研究開発に従事。現在、同社研究開発センター次長(システム・基盤領域担当)。製造業におけるサービス企画・設計方法論に興味をもつ。2004～05年度本会理事。