

Title	サービスとモノづくりの関係性の変容と多様化
Author(s)	妹尾, 堅一郎
Citation	年次学術大会講演要旨集, 27: 352-357
Issue Date	2012-10-27
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/11037
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

2 C 0 4

サービスとモノづくりの関係性の変容と多様化

○ 妹尾堅一郎（一橋大学大学院商学研究科、産学連携推進機構）

サービスとモノづくりの関係が密接に関係するようになってきた。従来は、モノ＝製造業、サービス＝サービス業という異なるレイヤーでそれぞれに独立に語られることが多かった。だが最近では、双方のレイヤーを跨ぐ「複層化」による価値形成が進んでいる。現在特徴的なタイプは二つある。

第一のタイプは、アップルの<iPod>と<iTunes Store>のように、モノとサービスのレイヤーを跨いだ「複層」における「相乗的価値形成」がなされるといったものである。

第二のタイプは、モノの代表である機械の価値形成に情報系やサービス系が深く関与するようになったものである。機械は本来力学を前提にする作業系（機械そのもの）が「主価値」（商品の本来価値）である。しかし、センサーやコンピュータが組み込まれ「機械のロボット化」が進展すると、まず機械全体を仕切る「制御系」が、次いでネットワークを通じて「情報系」や、さらにはログ活用を通じて「サービス系」が、それぞれ付加価値として重要性を増す。そして、産業競争力上、主導権を本当に握ることができるのかを決めるのは、ハードウェアというモノだけではなく、制御系というソフトウェアや情報系・サービス系による割合が急速に高まるという、これまた「複層的な価値形成」が進展中だ。それは「モノづくりの次世代パラドクス」を導く。

本報告では、このような観点から、既に報告を行った第一タイプの要点を振り返った後、特に第二タイプ（機械のロボット化によるサービス価値の進展）に主眼を置いて、競争力におけるサービスの位置づけの変容を示す。

キーワード：モノづくり、サービス、複層的価値形成、機械のロボット化、モノづくりの次世代パラドクス、

1. モノとサービスの複層化の価値形成：タイプ1 <iPod>と<iTunes Store>

モノとサービスのレイヤーを跨ぐ「複層化」による価値形成の第一のタイプは、アップルの<iPod>と<iTunes Store>のように、モノとサービスのレイヤーを跨いだ「複層」における「相乗的価値形成」がなされるといったものである。これについては、本学会で既に議論を行ったので¹、その要点のみを記すことにする。

要点は、価値形成の単層から複層への拡張である。アップルの<iPod>自体は、従来は分離していた「メディア」「プレイヤー」「ストレージ」の複合体である（複層化による価値形成）。<iPod>はさらに<iTunes>パソコンを介して（<iPhone>は直接）ウェブサイトの<iTunes Store>につながり、そこからデジタル化した楽曲等をダウンロードするようになった。すなわち、モノとサービスの相乗効果をつくるビジネスモデルである。一方、<iPhone>のアプリケーションソフトはサードパーティが競って作成し、さらに競争力を高めている。これらを一般化すれば、ビジネスモデルの作り方が単層レイヤー上だけではなく、その上層レイヤーと下層レイヤーとを跨いで形成されるようになった「複層化モデル」であると言えるだろう。すなわちアップルは、複合体・複層全体をカバーする商品形態を念頭に、それを構成する<iPhone>×<iTunes>×<Mac パソコン>等を配置している見ることができるだろう。

このことは、従来型の「単体・単層」あるいは「複合体・単層」による事業戦略・ビジネスモデルではなく、「複合体・複層」を視野に入れて事業戦略・ビジネスモデルが組み立てられていること、顧客に価値を提供する商品形態が単層における単体（スタンドアロン）から複層における複合体（ネットワーク）としてモノとサービスの集合体へと変化してきたこと、を意味する。

筆者は、従来の平面的な単層上のビジネスモデルでは太刀打ちできなくなるので、サービス等のレイヤーとの関係を検討した複層において立体的なビジネスモデルを組み立てることが必須となると指摘した。逆を言えば、サービスレイヤーにおける商品はモノのレイヤーに降りてきて、そこでの価値形成を仕掛けることになる。実際、最近では、アマゾン、マイクロソフト、グーグル等が従来のサービスレイヤーから踏み出してモノのレイヤーまでをカバーする「垂直統合的」な価値形成と商品構成に踏み出している。

2. モノとサービスの複層化の価値形成：タイプ2 ロボット化する機械

モノとサービスのレイヤーを跨ぐ「複層化」による価値形成の二つ目のタイプは、モノの代表である機械製品がロボット化することによって、その価値形成に情報系やサービス系が深く関与するようになるものである。

¹ 妹尾堅一郎「単体・単層から複合体・複層へ～“準完成品”概念によるビジネスモデルの進化の探索～」、研究・技術計画学会 2009 年度年次学術大会 2D03、研究・技術計画学会。

2-1. 機械世代論と機械のロボット化

まず、機械がロボット化する経緯を筆者の「機械世代論」によって確認したい。

人類は、太古の昔から、人の手先で行っていた作業の一部を順次道具や用具に代替していった(=外在化)。この道具や用具を「作業系」と呼ぶ。この時期が前機械世代である。

中世になると、手先や手足全体の働きである作業系を担う部分が、人力あるいは水車や風車といった「動力系」と組み合わせられて「駆動系」になった。つまり、道具や用具の機械化である。それまで手で縫っていた織物は、簡単な織機の出現によってその生産性を向上させた。これが機械の第1世代である。

18世紀に入ると、蒸気機関の発明によって「動力系」の機械化が進展し、軽工業を発達させた。これが第1次産業革命となる。これが第2世代である。

さらに19世紀から20世紀にかけ、蒸気機関(動力系)と精密機器(作業系)の発達と組み合わせによって駆動系全体が飛躍的に進歩する。大量生産が可能となり、マスマンダクションとマスマールスの時代が到来し、他方、機関車や蒸気船が出現して世界の生産原料地化と世界市場化が始まった。すなわち第2次産業革命だ。これが第3世代である。

20世紀中頃になると、機械の動力源は電気に移り、機械の多くは「電動化」された。同時に、コンピュータの発達によって、人間の計算・記憶系が外在化され、それ自体が意味を持つと同時に機械へ組み込まれるようになった。すなわち機械の「脳化」、これが先ほどの電動化と一体となった。これが第4世代である。

そして21世紀の現在、センサーによって人間の五感という「感覚系」が外在化された。このセンサーによって得られたデータはコンピュータによって処理され、機械の制御が円滑に行われるようになる。これが機械の第5世代の始まりを意味する。

「駆動系(作業系×動力系)」「計算・記憶系」「感覚系」の三者がそろったとき、その機械を「ロボット」と呼ぶ。すなわち「機械はロボット化」している。この見方に立てば、今や多くの家電製品はロボットであると言える。「ルンバ」のようなお掃除ロボットだけでなく、白物家電の多くもロボット化が進んでいる。例えば、エアコンはセンサーで室温や湿度だけでなく人の位置すら感知して(感覚系)、その情報に基づきコンピュータは最適な状態を計算(計算・記憶系)、モータや羽根を調節して(駆動系)、最適な環境を整える。あるいは、走行・飛行の大半を自動制御している新幹線や飛行機もロボットであるといえよう。

そこで問うべきは次の3点である。

- ①ロボット化した機械のどこを押さえれば競争優位に立てるのか？
- ②ロボット化した機械で競争優位に立った後、それを継続・強化するには何が必要か？
- ③競争優位であり続けるためには、どのような産業生態系をイメージすればよいか？

2-2. ロボット化で機械の商品形態が変わる：制御系による差異化

まず問①「ロボット化した機械のどこを押さえれば競争優位に立てるのか？」について考えよう。それは、ロボット化した機械には、どのような商品形態(アーキテクチャ)を持たせることが適切なのかを問うことである。この設問に対するアプローチは、日本企業と欧米の勝ち組企業とは大きく異なるように見える。日本企業は機械を製造する際に、作業系の部品すべてにおいて「モノづくり」に注力し、その品質を高め、バラツキなく作ろうとする。高性能の製品を安定的に製造して、「高品質・高安定性」で勝負しようとするのである。

他方、欧米の勝ち組企業は、重要な部品以外は、ある程度の品質さえあれば、それでよいとする。「そこそこ品質・そこそこ安定性」でも、コストが安ければ構わないと割り切るのだ。作業系は新興国が生産するそれなりの部品であったとしても、計算・記憶系と感覚系の組み合わせでうまく補い、一定の結果を出せば構わないと考える。そのほうが製品全体を安価かつ迅速に市場へ投入でき、市場の主導権を握りやすいと判断するわけだ。

日本の機械産業は、すべての部品にわたって細部の性能や品質に注力する。確かに日本の「ものづくり」の特徴であり、その実力は素晴らしい。しかし、その時、機械全体の効果的・効率的制御を軽視しがちとなる。

ところが、欧米の勝ち組企業は個々の部品で技術や品質が劣っていても、全体をセンサーで監視しつつ機械の組込ソフトでうまく制御できれば機械全体のパフォーマンスが一定化すればよいと考える。すなわち「制御系」主導の発想だ。ロボット化した以上、その操縦機に重きを置くのである。

実際、既に機械の多くは力学によって物理的に制御されているのではなく、電子的に制御されている。例えば機械の代表とも言える自動車の制御は電子的になされ、そのコストに占める電子部品の割合は10年で2倍になった。それが電気車輛(EV)では、さらに2倍に増え、今や全体の7割を超えると聞く。したがって機械には専用半導体(マイコン)と共に、それに組み込む制御系ソフトウェアが極めて重要な役割を担う。そのソフトは1000万ステップを優に超え、パソコンのOS(基本ソフト)並みの能力が求められる。膨大なデータを瞬時に処理するソフトを開発するには多大の能力とコストを必要とするから機械産業に携わる各社が独自に開発を続けることは不可能だ。当然、各社共通のプラットフォームとなる技術の標準化や部品の標準化の動きが始まる。そのプラットフォーム

ームとなるOSあるいはミドルウェア(異なるOSでもアプリソフトを動かせるようにする中間ソフト)の開発、あるいは標準部品の開発で主導権を握る企業や国が強い競争力を持つことになるだろう。

要するに、機械産業では、機械全体の制御系の主導権をとることを担うことが競争優位の基本なのだ。

こうした機械のロボット化の意味を理解しないと、作業系をきめ細かく「匠の技」で作り込めば勝ると勘違いして、思考停止になってしまう。確かに、日本の匠の技は素晴らしい。バラツキのない品質は日本のお家芸だ。筆者もかつてメーカーの工場で品質管理運動の事務局長をしたことがあるので、その重要性も認識している。しかし、いくら作業系を緻密につくったとしても、今やそれだけでは圧倒的な競争力になりえない。機械がロボット化したとき、最も重要なのは主価値たる作業系より、むしろ付加価値たる制御系である。なぜなら、デジタル化によって作業系の技術はすぐに浸透・拡散し、コモディティ化してしまうからだ。その時、全体を制御するレイヤー(階層)にいる者こそが主導権を握ると言えるだろう。

これは、機械産業においては、「高品質化を進め、すべてを可能な限り均一・安定的に生産すること」を競い合う時代から、「バラツキを前提にしながら、それをうまく制御することで主導権を握ること」を競い合う時代に移行してことを意味する。もちろん機械なので作業系自体が高品質であるのに超したことはない。しかし、ロボット化したとき制御系こそが最重要であることを無視してはならないと強調したいのである。

また、忘れてならないのは、高性能でも高価格では世界で受け入れられないことを認識すべき点だ。1980年代は、先進国市場に高品質・高安定性製品を提供していればよかった。しかし、今や相手とすべきは新興国である。高級品で先進国の市場を押さえ、そのあとで新興国に進出・輸出するというやり方は通用しないだろう。

2-4. 機械はネットワーク機器に変わる：ログ等の情報系を活用した差異化

次に、問②「ロボット化した機械で競争優位に立った後、それを継続・強化するには何が必要か？」について考えよう。

ロボット化した機械はセンサーとコンピュータを組み込んでいる。だから実際に動くと、どのような状況下でどのように動き、どのような結果になったか等の情報をリアルタイムで把握できるようになる。そこで、その機械の稼働情報をネットワーク経由で集約したらどうなるか。つまり、機械を情報システムの端末として見なすのだ。

例えば、これまで「単体機器(スタンドアロン)」であった自動車は、カーナビゲーションによってネットワークとつながり「ネットワーク機器」になっている。本田は埼玉県で、ネットワークを通じて得たデータを基に多くの車が急ブレーキを踏む場所を特定し、道路の改良を提案するという実証実験を行った。また有名なアイデアであるが、自動車のワイパーの作動状況をネットワークで収集できれば、世界中の天気が即時で把握できるだろう。最近では、スマートフォンを活用して自動車をネットワーク化する試みも始まった。このように社会全体から見れば、自動車は情報システムの端末となる。さらに、自動車に限らず家庭やビルや町中にある機械、例えば自動販売機等がネットワーク化されれば、電力の最適制御ができたり、多様な情報が収集できたりする。それがスマートハウスやスマートシティと呼ばれるものなのである。

ここで重要なのは機械がネットワーク機器になるということだ。ネットワークの中で機械をどう作動させるかを決める全体の制御系が、他社との差異化を生むのである。このことは、自動車のような量産品だけではなく、一品生産や少量生産である重工業製品においても同様になるだろう。例えば、巨大な遠心分離器やタービン等は、従来は匠の技に裏付けられた性能が大きな価値を持っており、その精密さが日本企業の競争力の源泉だった。だが、新興国の技術力の向上と低価格化により、日本製品の競争力は衰えた。

そこで再び差異化する方法の一つとして、機械にセンサーと組み込みソフト内蔵のコンピュータを取り付けてロボット化すると共に、それをネットワークとつなげ、機械全体の最適稼働をさせる上位の制御系を作り上げることがありえる。つまり、「作業系」の技術だけで競争優位が保てないなら、次は「制御系」という自ら価値形成できる上位レイヤーに移行することが要諦となるのだ。これは、「ソリューション化(コモディティ化した製品を使いこなす上位レイヤーへの価値形成の移行)」ともいえる。

ちなみに、重工業品の差異化の方法としては、ほかにも、(1)基幹部品に特化する一方で周辺部品は他社に任せるが、基幹部品側から完成側を牛耳る全体の仕組みを形成する「インサイドモデル」化、(2)機械のメンテナンス自体に価値を寄せる「本体・メンテナンスモデル」化、(3)、機械稼働自体をビジネスにする「オペレーションモデル」化等がある。また、それらの組み合わせ技や連続技等があるが、こうした点は別の機会に譲る。

さて、機械全体とその各部分の稼働記録を「ログ」と呼ぶ。ログを蓄積・活用すれば、機械の価値はさらに上がる。蓄積されたログを解析すれば、制御系自体のソフトの改善や機械の改良に活用できる。並行して、アプリソフトの開発も進む。その結果、組み込みソフトはより進化し、顧客の囲い込みも可能になるだろう。

また、ログ解析によって機械をどのように使えば顧客の個別具体的な状況に最適な動かし方がわかるようになる。それは機械活用の「レシピ」として意味を持つ。つまり、「制御系」が「情報系」と関係を深めると、競争力が強化されるのである。

今後あらゆるログが集積されて超巨大な量になる。それを「ビッグデータ」と呼び、その解析手法が「第4の科学」として注目を集めている。なぜなら、ビッグデータ解析を通じてサービスイノベーションが起きるかもしれないからだ。スマートハウスからスマートシティに至る最近の動きに多くの情報関連企業が関与しているのはそのためである。もちろん製造業もビッグデータへの対応が今後の競争力を左右することは言うまでもない。

このようにモノとサービスの関係は進化する。それは、従来は機械が提供する価値が「いつデモ、どこデモ、誰デモ同じように使えること」(デモデモ・モデル)だけだったのに対して、「今ダケ、ここダケ、あなたダケが使えること」(ダケダケ・モデル)を可能にすることにも価値が生まれるということを意味する。この二つのモデルは併存しつつも、ユーザ個々の事情に即した使い方ができる「ダケダケ」の価値が高まってゆくだろう。例えば自動車では、安全で走りやすく、省エネ走行を提供するだけでなく、運転者個々の嗜好やその時の体調に応じた走行もできるといったことである。これは、「標準化」に加えて「個別化」サービスを同時に提供することである。つまり機械の制御系にホスピタリティを組み込むことになるのだ。

2-6. 機械産業の生態系が変わる：基幹部品主導か完成品主導か

では、問③「競争優位であり続けるためには、どのような産業生態系をイメージすればよいか？」はどうか。

それは、機械全体の完成品メーカーが主導権を確保して従来のようなピラミッド型の産業生態系を続けられるのか、あるいは部品メーカーが主導権を奪って産業生態系をフラットな(ただし主導権を握る企業をハブ(中心)とした)構造に変えるのか、その攻防を問うことを意味する。

例えば自動車で考えてみよう。ガソリンエンジン車の完成品メーカーは、産業生態系の頂点に君臨し、その下に1次部品メーカー、2次部品メーカーを従えるピラミッド構造を構築していた。日本のゼネコンやソフトウェアベンダーも同じ構造である。このピラミッドの中で、自動車メーカーは、全体の設計をしたうえで、中核部品であるエンジンの組み立てと、最終工程である全体の組み立てを行っている。エンジン部品も含めた部品の調達では、部品メーカーに徹底的なコスト削減と高品質性を要求する。部品メーカーとの密接な関係を活かして「すり合わせ」技術を駆使し、「高品質・低コスト」なモノづくりで圧倒的な競争力を維持していた。

この産業生態系は初期のパソコン産業と同型であると言えよう。パソコンの完成品メーカーが全体の設計と中核部品の半導体を仕切り、他は納入部品メーカーとして従属させられていた。しかし、その生態系も1990年中盤に変容した。インテルがMPU(超小型演算処理装置)でハードウェアの、またマイクロソフトがOS(基本ソフト)でソフトウェアの、それぞれプラットフォーム(共通基盤)を形成して連合軍を作ったからだ。これにより産業生態系は、両社をハブとしたフラットな構造に変わった。よく聞くとところの「垂直統合から水平分業への移行」である。つまり基幹部品メーカーが完成品メーカーを従属させる、基幹部品主導型の「インサイドモデル」の登場である。

「ウインテル」の成立後、それまでパソコンに君臨していた完成品メーカーは主導権を奪われ、現在に至る。IBMはパソコン事業を中国企業(レノボ)に譲渡し、「日本の国民機」と呼ばれた98シリーズを生産していたNECもそのレノボと共闘する等、かつての面影はない。

自動車産業も、電気自動車になれば同様のことが起こりうると言えまいか。ガソリン車のようなすり合わせ技術の必要性が激減し、自動車はユニット化された少数部品によるパソコンのような組み合わせ製品になるからだ。確かに、この大変化は、高級車では若干違う筋書きになると思われるし、また安全性や、製品としての安定性はパソコンとはケタ違いのレベルが求められるだろう。だが、今や自動車産業の中核市場は、先進国の中産階級の数億人ではなく、それより下も含めた数十億人である。これらの人々を対象として、ユニットを組み立てる自動車が主流となる産業生態系を想定する必要がある。すなわち、電気自動車では、制御系を握り基幹部品ユニットを仕切るところが、完成品を従属させるようになるだろう。インサイドモデルのインテルと同じ構図である。この時、完成品が主導権を握り、多くの系列メーカーを従属させて機械全体を仕切る「自前主義・抱え込み主義に基づくフルセット垂直統合型」は崩壊するだろう。(ただし、新旧のモデルの双方を巧みに組み合わせ、「オープン&クローズによる斜形分業」を行うアップルのような「アウトサイドモデル」もありえるとは思われる。)

ドイツの巨大自動車部品メーカーのボッシュ社は、現在、組み込みソフトや電装関係の国際標準化を強烈に主導しており、いわば基幹部品による「ボッシュ・インサイド」を推進しているように見える。ボッシュは、最高級車であるメルセデスベンツの基幹部品を供給する一方で、インドのタタが販売するわずか十数万円の「ナノ」の普及も支援している。最高級車から低価格車に至るまで、自動車に共通する制御系を押さえようとしているのだ。近い将来、その制御技術と関連ノウハウを自社内にクローズし、他方で、ユニットの外部インターフェイスは標準化して、どこのメーカーの部品でも組み合わせ可能にする。そうしておけば、完成品メーカーがボッシュの定めた規格を起点として設計を行い、基幹部品はボッシュ製、他の部品は(格安の)標準品といった組み合わせにしてくれる。そんな戦略と見える。

これは、インテルが自社のMPUとそれを前提にしたマザーボード(MPUと関連部品を載せるプラットフォームユニット)で規格を決め、そのマザーボードを前提にしたパソコンメーカーが世界中に誕生し、結果としてパソコ

ンが加速的に世界中に普及したのと同様のことが、自動車業界でも起きうると想像できる。ボッシュがインサイドモデルを突き進めれば、技術的な主導権を握れるだけではない。世界を相手にした量産効果は莫大なものとなり、コスト競争力でも他社を圧倒できることになるだろう。

このように、機械がロボット化すれば、自動車はもとより、多くの機械分野においても、同じ状況に突入すると予想できるのである。制御系を完成品メーカーが仕切るのか(完成品主導)、部品メーカーが仕切るのか(基幹部品主導)、その争いである。この主導権争いが今後の次世代機械産業の競争の基本構図になるであろう。

このことは完成品メーカーにとっては頭の痛い問題だが、部品技術で世界を先導する我が国の中小部品メーカーにとってはビジネスチャンスとなる。「インサイドモデル」で主導権を握れば、「世界シェアを誇るが、その収益率はわずか数%」という、極めて奇妙な事態から脱却できる可能性があるからだ。

3. 事例：サイバーナイフ（先端医療機器の価値形成）

〈iPod〉をはじめとするアップルの製品は、「デザインを起点として新規技術が2割、既存技術が8割」で起こす「イノベーションのニッパチ原則」に当てはまる。この「ニッパチ原則」は、技術をどこから調達するかについても言えるだろう。すなわち「内部調達2割、外部調達8割」である。

「内部 10 割」は、1980年代の日本の大企業の得意技だった。「フルセット垂直統合型」、つまり部品のほぼすべてを自社(自社系列)で調達する「自前主義」を貫き、さらに自社の販売網だけで販売する「抱え込み主義」で勝ち進んだ。だが今や、このやり方では立ちゆかない。

かつて韓国企業は自社技術を開発するより外部調達した方が得であった。技術力の低い中国企業は部品を外部調達して組み立てに特化してきた。どちらも「外部 10 割」だった。新興国企業にとっては当然ともいえる戦略だったが、最近ではどちらも要所の技術や部品の自前調達の割合を急速に高めている。

さて、最先端の大型医療機器分野で、「ニッパチ原則」を体現した製品が登場している。がん治療に使われる米アキュレイ社の放射線治療機器「サイバーナイフ」である。このサイバーナイフも、作業系のみならず、制御系・情報系・サービス系において、多大な価値形成を試みているのである。

世界における放射線治療機器の市場規模は約 20 億^{ドル}で、先進国に加え新興国にも市場が広がりつつある。販売金額ベースのシェアは、米バリアン社が約 60%、スウェーデンのエレクタ社が約 25%であるが、近年では、アキュレイが「サイバーナイフ」によって急激にシェアを伸ばしており、現在約 14%にまで伸びている。三菱電機、日本電気、東芝等の日本勢は約 10 年前に撤退した。

2012 年4月現在、サイバーナイフは、米国(中南米含む)で150台、欧州で 50 台、日本で 25 台、アジア(日本を除く)で 29 台と、合計254台が導入されている(アキュレイ社による)。

サイバーナイフの特徴は、がんの患部だけを狙い撃ちして放射線を当てることができることにある。従来の放射線治療における問題点は、放射線を照射しているときに、患部の位置がズレてしまうことであった。たとえわずかでも患者が自ら身体を動かしてしまうといったことや、呼吸や消化器の微妙な動きをするだけでも患部への照射にズレが生じてしまうのだ。すると、周辺の正常細胞も傷めてしまことになる。

サイバーナイフは、従来の放射線治療機器のようなガントリー(患者を固定した寝台の周りを円筒が囲う)ではなく、直線加速器(リニアック)がロボットアームの先に銃のように付いており、それが患者の寝台と共に動いて、さまざまな角度からの照射を可能にする。その際、天井に設置された2台のX線センサーが患者や病巣部の微弱な動きもとらえコンピュータ解析し、アームからの照射を微制御する。呼吸で患部が動く場合も、呼吸パターンを予測して患部の位置を再計算する。その結果、誤差を1^{ミリメートル}以下の精度で照射が可能だという。

高精度の照射を可能にするのは、機器を制御するソフトウェアが優れているからである。つまりこの機器の価値はソフトであり、ここが従来の放射線治療器と決定的に違う点である。

さらに、治療結果の情報を蓄積・解析し、それに基づき機器の使い方(レシピ)を医者に提供する。人種・性別・患部の部位や種類等、治療にかかわるパラメータは少なくない。そうした治療実績のデータを治療計画に使えるようにしてある。つまり、センサーやコンピュータが作業部分と一体化したロボット機械の典型なのである。

サイバーナイフの部品の構成をみると注目すべきは、主要なハードウェアとソフトウェアは自社開発品だが、それ以外は他社の製品という点だ。直線加速器は、機械的な動きを制御するためのすり合わせ技術の最たるもので、品質の決め手となるため、これだけはシリコンバレーの本社工場で生産している。だが、それ以外は自社で開発・設計し、委託生産を基本とする。ソフトウェアも同様だ。動き回るロボットアームは、現在はドイツ社製であるが、当初は日本企業の自動車製造用のロボットを改良したものだ。要所技術は自社開発して、その技術をクローズにする一方で、他社製品でも構わないものは外部調達する。結果、独自製品と他社製品が適切に組み合わされ、コストは格段に抑えられるのである。

ちなみに、がん治療で、放射線治療と似たアプローチに、「重粒子線・陽子線治療」がある。この治療では重粒

子発生装置が必要で建設費もかさむ。病院が1台導入するにも数十億円から数百億円の費用がかかるという。この治療は公的医療保険の対象外で、300万円を超える治療費はすべて自己負担となる。他方、サイバーナイフの設置費用は、オプション・仕様によって多少変わるが、治療室の建設費も含めて10億円以下、多くは数億円程度。しかも公的医療保険の対象となり、患者の自己負担は、十数万円で済む。日本での大型医療機器の開発では、メーカーと大学の産学連携を政府が支援する形がとられる。高品質、フルセット垂直統合で開発しようとするので高価格になる。そのため販売先は予算が付く大学等公的施設に限られてしまう。重粒子線治療でも同じことが指摘されている。

あらためて言うまでもなく、サイバーナイフは前項で述べた「ロボット機械」の典型である。機械の主要な「作業系」（この場合は直線加速器）は重要ではあるが、システム全体として大きな価値を担うのはセンサーとコンピュータによる「制御系」である。また、その情報（ログ）の蓄積・解析で「情報系」が意味を持ち、さらにデータ解析の結果はレシピとして「サービス系」の付加価値向上を導く。つまり、サイバーナイフは、筆者が提唱するハードウェアとソフトウェアの「複層的な価値形成」の典型であり、ハードウェアという機器の価値を決めるのは制御系・情報系・サービス系になる。これは筆者が呼ぶところの「モノづくりの次世代パラドクス」を体現している。

自社品と他社品を組み合わせた「オープン&クローズ」構成。モノとサービスの複層的な価値形成。まさに二重の意味でアップルモデルである。大型医療機器にもこうした波が及んでいる。

4. むすび：サービスによる「モノづくりの次世代パラドクス」

機械であるからには作業系（機器そのもの）に「主価値」（商品の本来価値）があることに変わりはない。しかし、センサーやコンピュータが組み込まれ機械のロボット化が進むと、まず機械全体を仕切る制御系（制御マイコンや組み込みソフト）が相対的な価値を増す。つまり、作業系の価値を生かして主導権を本当に握ることができるかどうかを決めるのは、ハードウェアというモノではなく、制御系というソフトウェアなのである。そこでは制御用のマイコンや組み込みソフト等が競争力を左右する。次いでネットワークを通じて情報系との関係が深まると共に、ログ活用を通じてサービス系との価値共創が進む。

機械産業の中で、誰が制御系や情報系を担い・押さえるか。その勝者が強い競争力を持つことになる。これを筆者はハードウェアとソフトウェアの「複層的な価値形成」「モノづくりの次世代パラドクス」と呼んでいる。機械をこうした文脈でとらえることが次世代競争力を導く。それは従来と異なる戦略思考を必要とする。

こうした価値形成の移行は機械産業だけに留まらない。電子機器で起きたことが機械産業へ移行しているにすぎない。この先、すべての製造業で同様のことが起きるだろう。伝播するのは技術だけではない。ビジネスモデルも、これまた産業間で伝播するのである。

そのとき、モノ＝製造業、サービス＝サービス業という構図の中での議論だけではなく、サービスとモノづくりとの新しい関係性を踏まえた議論を行うことが必要になる。とすれば、従来の政策が「製造系」と「商務情報系」に分かれて立案される状況には限界があることが指摘できよう。この点を強調したい。

【参考文献】

- [1] 妹尾堅一郎『技術力で勝る日本が、なぜ事業で負けるのか』ダイヤモンド社、2009年。
- [2] 小川紘一『国際標準化と事業戦略』白桃書房、2009年。
- [3] 妹尾堅一郎「単体・単層から複合体・複層へ～“準完成品”概念によるビジネスモデルの進化の探索～」、2009年度第25回年次学術大会2D03、研究・技術計画学会。
- [4] 妹尾堅一郎「単体・単層から複合体・複層へ～<iPod>にみるアウトサイドモデルの価値形成～」、渡部俊也編『東京大学知的資産経営総括寄附講座シリーズ第1巻』白桃書房、2011年。
- [5] 妹尾堅一郎「ロボット機械としての電気自動車～機械世代論から見た次世代自動車の価値形成～」、渡部俊也編『東京大学知的資産経営総括寄附講座シリーズ第1巻』白桃書房、2011年。
- [6] 妹尾堅一郎『「機械はロボット化する」制御系を握る者が勝つ』、「新ビジネス発想塾」第9回、『週刊 東洋経済』、2012年07月07日号、東洋経済新報社。
- [7] 妹尾堅一郎「機械の価値は情報系との関係がカギに」、「新ビジネス発想塾」第10回、『週刊 東洋経済』、2012年07月14日号、東洋経済新報社。
- [8] 妹尾堅一郎「機械で部品企業が主導権を握る可能性」、「新ビジネス発想塾」第11回、『週刊 東洋経済』、2012年07月21日号、東洋経済新報社。
- [9] 妹尾堅一郎「新ビジネス発想塾」、「サイバーナイフも「情報系」が競争力の源」、「新ビジネス発想塾」第17回、『週刊 東洋経済』、2012年09月08日号、東洋経済新報社。