

論 文

機械ユーザー向けメンテナンスサービスの収益性  
～サービスベンチャーの収益性評価～

Analysis of profitability of maintenance service for  
the companies to use machines

Abstract : service business Ventures for machine user companies to maintain machines are thought to have a business chance.

This thesis is to make clear service profitability for both providers and users. Analysis of profitability of maintenance service is thought to be useful for increasing both service supply and demand. Analysis makes clear users have WTP (Willingness To Pay) for services to increase machine value. And conditions which make “machine value increasing > service cost” are made clear. Learning effect of maintenance works is one of the elements to be considered. And the information of service profitability for machine users makes users’ WTP increase. So such information can be useful for service marketing activities.

京都大学 経済学研究科博士後期課程 石尾 和哉

Kazuya Ishio

Graduate school of economics, Kyoto University

(キーワード：収益性、メンテナンスサービス、WTP)

1. 問題意識

家庭向けハウスクリーニングサービスの需要が年々増加しているが、そこにヒントを得て企業向け、特に工場現場に対する高付加価値のサービス事業を提案したい。

工場において各種の工作機械を使用するが、筆者の経験上、人材・ノウハウの欠如のために十分な保守メンテナンスを行っていないケースも多い。その結果、故障率が増加し利益を損なう結果になっていると推測されるが、そこに着目して工作機械に対する巡回保守メンテナンスサービスの事業化が可能かどうか、収益性を検討する。

従来サービスマーケティングの分野においては、サービスの収益性を客観的に計測するための手法を取り上げた論文はCiNii等で検索した限りにおいては発表されておらず、本論文はサービスメリットを客観的に評価するためのひとつの手法の提示という点で、学説への貢献となると考える。

尚、論文の前提として、下記の定義と前提を置いた上で検討を進める。

1-1 定義

巡回保守メンテナンスサービスは、機械の日常的な保守データを観測することによって潜在的な不具合を事前に発見し、不具合が故障として顕在化する前に発見し、予防的に部品取替等によって故障させることなく機械の寿命を長期化させるものと定義する。

1-2 前提

- (1) 巡回保守メンテナンスサービスは故障率低減によって機械本体の稼働率向上、即ち製品本体価値の向上を目的としている。即ち、本体価値向上額=故障コスト低減額、であるとする。
- (2) メンテナンスサービスにおいては、人的サービスが基本であり、取替部品代は原則としてユーザー負担であることから、人件費以外にまとまったコストは不要である。

2. メンテナンスサービス効用の仮説

下記の仮説を本論文において検証したい。

2-1 巡回保守メンテナンスサービスによる本体価値向上金額とサービスコストはいずれも巡回頻度を変数とする関数であり、メンテナンスサービスの効用を最大にする条件が導出できる。

2-2 上記の場合、メンテナンスサービスの効用がプラスであれば、サービスプロバイダー、ユーザー共にメリットを得ることができる。

2-3 巡回保守メンテナンスサービスは習熟効果が働くことから、累積作業量が増加するに従ってコストが低減し「本体価値の向上額-サービスコスト」の差分は一層拡大する。

### 3. モデル式の導出

3-1 メンテナンスサービスの効用を最大にする条件としてのメンテナンス回数を導出するためにモデル式を設定する。

効用最大化

$$= \text{MAX} (\text{本体価値向上額} - \text{サービスコスト})$$

$$= \text{MAX} (\text{故障コスト} / \text{回} \times \text{故障削減回数} - \text{メンテナンスコスト} / \text{回} \times \text{メンテナンス回数})$$

この式の中には3つの関数が含まれており、それぞれのモデル式を以下に設定することによって効用最大化条件を導出する。

3-2 故障コスト/回  $f(n, a)$  について

故障コストは機械停止に伴う不稼働損失と修理コストから構成されるが、いずれも巡回回数に無関係であり、一定であると考えられる。従って、 $f(n, a) = F$  (定数) となる。尚、機械停止に伴う不稼働損失の内訳は、1 修理技術者の駆付時間、2 故障原因調査時間、3 部品調達時間、4 修理時間、などである。

また修理コストの中身は、技術者の人件費と取替部品コストから構成される。

3-3 故障削減回数  $d(n, \beta)$  について

(1) 故障率の定義とモデル式

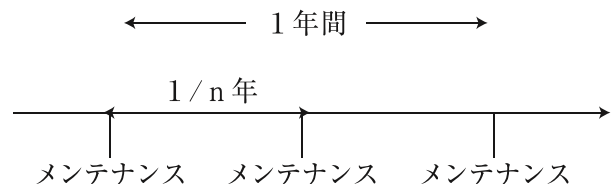
故障率とは、ある時点まで可動状態であったアイテムが、引き続き単位時間内に故障が発生する確率である(福井、2006)。従って 故障率 = 総故障件数 ÷ 総動作時間 である。

瞬間故障率のモデル式は時間  $t$  の関数として  $\lambda(t) = \beta \cdot t^{\beta-1} / a$  と表せる(真壁・鈴木・益田 2002)。機械部品の場合の故障率のモデル式は  $\beta > 1$  で設定し、時間の経過に従って故障率が漸増する型であると言われている。

(2) モデル式の展開

①巡回保守メンテナンスを行うことにより、機械が初期状態に戻り、そこから改めて劣化が始まると考える。

②そうすると、1年間にメンテナンスを  $n$  回行いながら1年間経過する場合の年間故障率は、0年目から  $1/n$  年目までの平均故障率を算出して、それを  $n$  倍することで算出できる。



③平均故障率は瞬間故障率  $\lambda(t) = \beta \cdot t^{\beta-1} / a$  を積分することで求められるから、0年目から  $1/n$  年目までの平均故障率は下記の通りである(真壁・鈴木・益田 2002)。

$$\int_0^{1/n} \lambda(t) dt \div (1/n - 0) = [t^\beta / a]_0^{1/n} \div 1/n$$

$$= \{(1/n)^\beta / a - 0^\beta / a\} \div 1/n = n^{1-\beta} / a$$

さらに1年間の平均故障率(件/年・台)はそれを  $n$  倍することで下記の通りとなる。

$$\text{年間故障率} = (n^{1-\beta} / a) \times n = n^{2-\beta} / a$$

④巡回メンテナンスが0の時 ( $n=0$ ) の年間平均故障率(件/年・台)は下記の通りである。

$$\int_0^1 \lambda(t) dt \div (1-0)$$

$$= [t^\beta / a]_0^1 = (1)^\beta / a - 0^\beta / a = 1/a$$

⑤従って巡回メンテナンスが0の時と比較して、巡回メンテナンスを年間  $n$  回実施した際の年間

平均故障件数の削減数 $d(n, \beta)$  (件/年・台)  
は、上記③、④から下記の通りである。

$$d(n, \beta) = (1/a) - n^{2-\beta} / a = (1 - n^{2-\beta}) / a$$

### 3-4 メンテナンスコスト $s(n, \gamma)$

#### (1) メンテナンスコスト

$s(n, \gamma) =$  技術者人件費単価  $\times$  (移動・検査・部品取替時間) である。

(注) 取替部品コストは通常の老朽化に伴うものはユーザー負担であるため、除外して考える。  
またメンテナンスサービスは夜間不稼動時間内に行うため機械停止損失は発生しないものとする。

#### (2) 習熟効果によるメンテナンスコスト低減

サービスプロバイダーのサービス提供にかかる費用の中で、検査・部品取替時間については巡回回数が増加することにより習熟効果が働き、1回当りの巡回コストは逡減する可能性がある。従ってサービスプロバイダーの利益拡大の可能性があり。巡回保守メンテナンス時間の習熟効果の一般式  $s = tn - \gamma$

$s$  : 繰返し後の作業時間、 $t$  : 最初の作業時間、 $n$  : 巡回回数、 $\gamma$  : 習熟係数

習熟率：繰返し回数が2倍になった時、作業時間が低減した率。習熟率  $= (1/2)^\gamma$  である。  
尚、建築工事では0.75~0.95であるという先行研究がある。(三根・梶、2003)

さらに巡回メンテナンスにおいて習熟効果が見られるかどうか、事例において検証する。

### 3-5 効用を最大にする年間巡回回数 $n$ の算出 <モデル式>

最大効用

$$\begin{aligned} &= \text{MAX} (\text{本体価値向上額} - \text{サービスコスト}) \\ &= \text{MAX} (\text{故障コスト/回} \times \text{故障削減回数} \\ &\quad - \text{メンテナンスコスト/回} \times \text{メンテナンス回数}) \\ &= \text{MAX} (f(n, \alpha) \times d(n, \beta) - s(n, \gamma) \times n) \\ &= \text{MAX} (486000 \times (1 - n^{2-\beta}) / a - (tn - \gamma) \times n) \end{aligned}$$

但し、 $F =$  故障コスト/回、

$d(n, \beta) =$  故障削減回数  $= (1 - n^{2-\beta}) / a$ 、

$s(n, \gamma) =$  メンテナンスコスト/回  $= (tn - \gamma) \times b$ 、

$n$  : メンテナンス回数、

$\beta, a$  : 定数、

$t$  : 最初の作業時間、 $\gamma$  : 習熟係数、

$b$  : メンテナンス技術者の時間コスト

### 4. メンテナンスによる故障コスト削減事例への当てはめ

#### 4-1 故障コスト/回 $f(n, \alpha)$ について

工作機械メーカーA社の実際の故障コストの内訳は下記の通りであり、トータル故障コスト  $f(n) = 386,000$ 円 (定数) である。

(故障1件当りのコストの内訳)

機械停止に伴う損失として、駆付時間20時間・14万円、調査時間3時間・2.1万円、部品調達時間20時間・14万円、修理時間3時間・2.1万。修理コストとして、技術者の人件費26時間・6.4万円。総合計38.6万円。

(注) チャージ7,000円/時間 (工作機械メーカー調べ)、故障コストの数値は工作機械メーカーA社の修理技術者8名へのアンケートの平均値。

#### 4-2 故障削減回数 $d(n, \beta)$ について

表1は大手工作機械メーカーA社の事例 (1981年以降の出荷済み機械388台、2004年~2008年における故障件数2,970件について分析) である。巡回保守メンテナンス回数が0回である機械1台当りの年間の平均故障発生件数は1.89件 (但し最大5件・最低1件の幅がある)。一方、年1回の巡回保守メンテナンスを行なった機械の年間故障件数が1.28回に減少する。さらに巡回回数を増やすほど故障件数は低減することがわかった。尚、その関係をグラフにすると図1の通りであり、故障削減回数  $d$  と巡回保守メンテナンス回数  $n$  との間には下記の近似式を得た。

表 1：巡回保守メンテナンス回数と年平均故障率

年平均巡回回数 (回/年・台)	0	1	2	3	4
年平均故障件数 (件/年・台)	1.89	1.28	0.98	0.92	0.84
故障削減件数 (件/年・台)	-	0.61	0.91	0.97	1.05
故障削減メリット (万円/年・台)	0	29.6	44.2	47.1	51.0

筆者作成

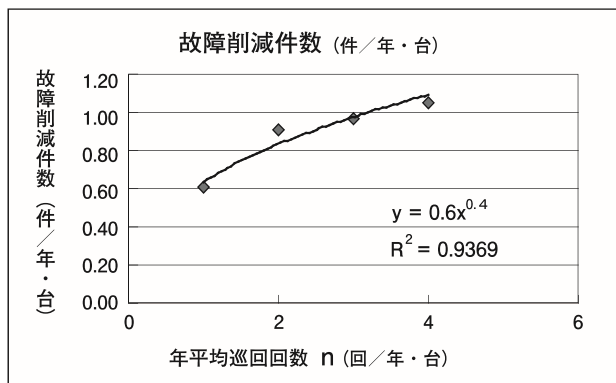


図 1：年平均巡回メンテナンス回数と故障削減件数  
筆者作成

$$d(n) = 0.6n^{0.4} \quad (R^2 = 0.9369)$$

また前述の通り故障コストは 1 回当たり 38.6 万円であるから、年平均巡回回数  $n$  と故障削減メリットの関係は図 2 のグラフのようになる。

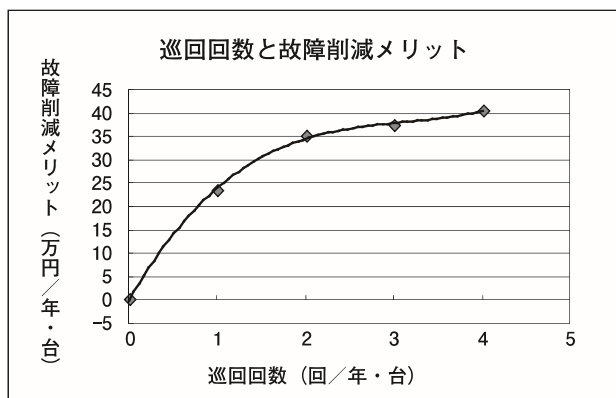


図 2：巡回メンテナンス回数と故障削減メリット  
筆者作成

#### 4-3 メンテナンスコスト $s(n, \gamma)$

巡回保守メンテナンス時間の習熟効果の一般式

$$s = tn - \gamma$$

$s$ ：繰返し後の作業時間、 $t$ ：最初の作業時間

$n$ ：巡回回数、 $\gamma$ ：習熟係数

#### 4-4 事例へのあてはめ

工作機械メーカー A 社の 15 名・過去 31 か月の巡回件数・巡回工数のデータを基に、累積巡回件数と 1 件当たりの巡回時間及び人件費を算定した。

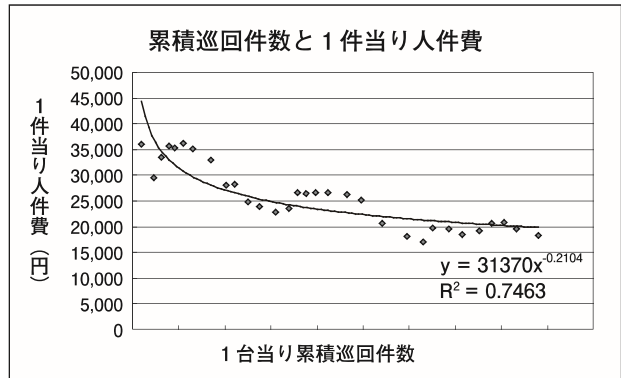


図 3：累積巡回件数とメンテナンス 1 件当り人件費  
筆者作成

尚、データの季節要因等の特殊要因を除去するために 6 か月移動平均を取った。また累積巡回回数を対象機械の台数である 78 台で割ることで、1 台当り平均巡回回数に置き替えた。また巡回員の時間コストを 2,500 円として、巡回時間に掛け合わせるにより、累積巡回回数と時間コストとの関係を導いた。

以上の結果のグラフから近似式を下記の通り得た。習熟効果を加味した巡回 1 件当り人件費は  $s(n) = 31370n^{-0.2}$  ( $R^2 = 0.7463$ ) となった。

#### 4-5 最大効用

$d(n) = 0.6n^{0.4}$ 、 $s(n) = 31370n^{-0.2}$ であるから  
最大効用

$$\begin{aligned} &= \text{MAX}(f(n, a) \times d(n, \beta) - s(n, \gamma) \times n) \\ &= \text{MAX}(386000 \times (0.6n^{0.4}) - (31370n^{-0.2}) \times n) \\ &= \text{MAX}(231600n^{0.4} - 31370n^{0.8}) \end{aligned}$$

表5：工作機械メーカーA社の過去31か月の巡回件数・巡回工数のデータ

	2007年 9月	2007年 10月	2007年 11月	2007年 12月	2008年 1月	2008年 2月
1台当り累積巡回件数(回/台)	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	1.1
1件当り人件費(円)	36,000	29,500	33,595	35,613	35,290	36,313

	2008年 3月	2008年 4月	2008年 5月	2008年 6月	2008年 7月	2008年 8月
1台当り累積巡回件数(回/台)	1.3	1.7	2.0	2.2	2.5	2.7
1件当り人件費(円)	35,215	32,935	28,063	28,330	24,771	23,941

	2008年 9月	2008年 10月	2008年 11月	2008年 12月	2009年 1月	2009年 2月
1台当り累積巡回件数(回/台)	3.1	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2
1件当り人件費(円)	22,914	23,510	26,625	26,450	27,013	27,451

	2009年 3月	2009年 4月	2009年 5月	2009年 6月	2009年 7月	2009年 8月
1台当り累積巡回件数(回/台)	4.7	4.9	5.4	5.9	6.3	6.5
1件当り人件費(円)	30,675	34,286	20,739	18,178	17,036	19,661

	2009年 9月	2009年 10月	2009年 11月	2009年 12月	2010年 1月	2010年 2月	2010年 3月
1台当り累積巡回件数(回/台)	6.9	7.1	7.5	7.8	8.1	8.3	8.8
1件当り人件費(円)	19,594	18,497	19,126	20,703	20,786	19,555	18,336

筆者作成

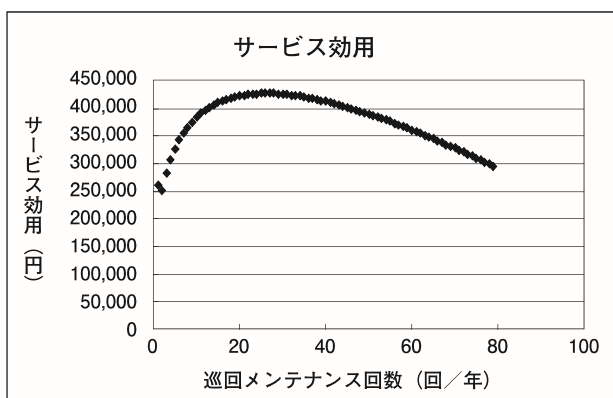


図4：巡回メンテナンス回数とサービス効用

筆者作成

ここで巡回による故障削減効果は巡回0の時の故障回数1.89回を越えない。従って故障削減回数  $d(n) = 0.6n^{0.4} \leq 1.89$  の条件で巡回回数  $n$  の最大値

は  $n = 17$  である。

∴巡回回数17回/年の時が効用最大416,710円となる。

### 5. サービスプロバイダー利益の検証

次に、本体価値向上金額>サービスコストであるならばサービスプロバイダーは利益が得られることを検証したい。

前項より、本体価値向上金額>サービスコストである条件が導出できることがわかった。それでは上記の関係が成り立つ場合に、サービスを提供するプロバイダーは利益が得られるのかどうか、検証したい。



5-1 論証

ユーザーのWTP（支払意思価格）が決定される要因とその分析によって検証する。サービスのWTPは一般にそのサービスがもたらす効用と、同等のサービスを提供している他の供給者からの提示価格によって決定される。従って下記のことが言える。

- (1) 本体価値の向上額 > WTS > サービスコストという条件でサービスプロバイダーが設定したWTS（販売意思価格）は、本体価値の向上というユーザーメリットがWTSを上回り、経済合理性からユーザーは受け入れると考えられる。
- (2) またメンテナンスサービスは設計情報を要することから製造メーカーもしくはメーカーと保守委託契約を結んだサービスプロバイダーが独占することが通例であり、無競争である。従ってユーザーメリットが出ている範囲内においてWTS = WTSが成り立つと考えられる。
- (3) 従って「本体価値の向上額 > WTS > サービスコスト」の関係が成り立ち、サービスプロバイダーは利益が得られる（サービスプロバイダー利益 = WTS - サービスコスト）。

5-2 サービスプロバイダー利益の事例あてはめ

ユーザーアンケートによって、当該サービスへの意識を調査し、さらにWTPを調査する。（補注1）

- (1) アンケートによりユーザーのサービスに対する意識を調査。ユーザーアンケートの結果、機械稼働率を維持するための保守サポートに対しては対価を支払う意思が認められ、優れたサービスにはコストを支払う意識が認められる（表2）。

表2：メーカーの保守・メンテナンスサービスに対するコストの支払意思（複数選択）

保守・メンテナンスサービスに対するWTP	企業数(%)	具体的な内容
①保守契約に支払意思あり	93社(74)	リーズナブルな金額範囲なら、保守契約を結んで機械トラブルを最小限にできるいいサポートを受けたい。
②良い保守・故障対応なら製品価格増を許容	64社(51)	保守・故障時対応の良さに定評のあるメーカーで、製品品質・機能が同等なら、製品価格が1～2割高くても選びたい。
③保守サービスへのコスト支払意思無し	15社(12)	サポートや保守・メンテナンスには事前費用は支払いたくない。復旧に時間を要しても故障の都度、費用を支払い修理する。
④製品品質・機能より保守メンテ無料を選択する	23社(18)	機械本体の品質・機能が若干劣っていても、保守・メンテナンス・故障の対応が無料で、良い対応のメーカーを選びたい。

筆者作成

(2) ユーザーアンケートによるWTPの分析

第1回アンケートにおいて、有償保守契約を望む企業93社に限定して、初年度の無償保証期間を過ぎた2年目以降の保守契約に複数のコースを示して、それぞれ1年間の保守費用として機械本体価格の何パーセントまで支払うか質問した（複数回答可。交換部品代は実費負担。補注2）。

その結果、保守・メンテナンスサービスについて、ユーザー企業は高サービスに対しては相応のコスト負担を考えていることが明確になった。特に、巡回保守サービスは年1回当り年間3.3万円の平均支払意思価格が確認できた。

(3) サービスプロバイダー利益の検証

1回当りの巡回コストは習熟効果によって、 $y = 31370n^{-0.2}$ である。

また巡回1回当たりのWTPは  $y = 33333$  である(補注1)。巡回1回の場合の巡回コストは31,370円であり、巡回回数がそれ以上になればさらに巡回コストは低減する。従って巡回を1回以上行うならば、巡回コストは常にWTPを下回り、サービスプロバイダーに利益が出る。

## 6. ディスカッション ～長期保証付き保守メンテナンスサービスモデルの工作機械への導入

他業界の知見を工作機械業界に応用することでより有効なサービスモデルを作ることを考えたい。

### 6-1 保守メンテナンスサービスに対するユーザーニーズの調査

サービス需要を喚起する方策を検討するために、工作機械ユーザーの購買実権者への2回目のアンケートを行い保守メンテナンスサービス契約を結ぶに当たって躊躇する原因を調査し、回答企業数62社を得た(補注2)。その結果、「保守をしたから故障しない、という保証はないから」という回答が37社(59.7%)にのぼったが、これはメーカーの保守メンテナンスの効果は経験してみないとわからない、といういわゆる経験属性が高いサービスであり、さらには不具合原因が様々に考えられることから、信用属性が高い側面も併せ持つことから起因した結果であると考えられる。従ってサービスプロバイダーは保守メンテナンスを行うと同時に、その効果に対する事前の信頼性を高める政策を取る必要がある。そのためには多年の実績を積み重ねることで業界における良い評判を確立し、ブランド力を構築する、という方法が最もオーソドックスな方法であるが、難点は長期間の時間を要することであり、どんな企業でもできるわけではない。もし新たに保守メンテナンスサービスを立ち上げた時点ですぐに信頼を得るためには、保守メンテナンス結果に対する保証を付ける方法が考えられる。この点の効果と収益性を検討したい。(注)アンケート結果はそのほかに「保守しなくても故障しないかも知れ

ないから」24社(38.7%)、「躊躇することはない」20社(32.3%)、「外部への保守費用は予算化しにくいから」17社(27.4%)、「保守は内部で行うべきという考えが社内に強いから」16社(25.8%)などの回答があった。

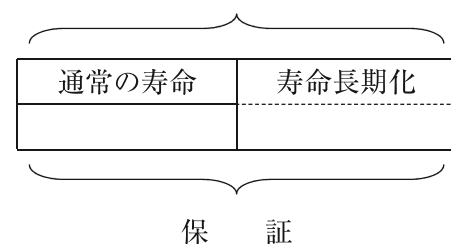
### 6-2 長期保証サービスの工作機械への適用

住宅メーカーが提供している長期保証契約の仕組み(定期点検及び必要な補修を行うことを条件に長期保証を提供)を工作機械業界に導入することでサービスプロバイダー、ユーザー両方をトータルしたベネフィットの増大を実現し、双方にメリットのある仕組みを作ることを検討したい。

一般に保証とは顧客が購入した商品の機能について、通常使用の範囲内であれば所定期間内の性能・機能をサービスプロバイダーが約束する契約であり、具体的には故障の無償修理、さらには修理で復旧できない場合の製品取替を指す。

それに対して保守メンテナンスとは、定期的に製品の保守メンテナンスを行うことで故障・不具合そのものを防止し、製品寿命を長くすることを目的としている。

#### 保守メンテナンス



現在工作機械業界では1～3年の初期保証のみであり、長期保証制度を提供しているメーカーはない。また保守メンテナンス契約も一部企業で提供されているが、業界関係者によると普及度は高くない。従って大多数のユーザーは無保証、無保守の状態では機械を運用しており、故障リスクは大きい。一方でメーカー側にとっても大型工作機械の保証、メンテナンスは大きな費用になるリスクがあり、制度化に踏み切れない状態である。

そこで住宅メーカーが導入している長期保証モデルである定期点検と有償の必要補修を行うことで長期保証を提供する、というモデルの導入を検討したい。具体的な制度案は次の通りである。

- (1) サービスプロバイダーとユーザーは、初期保証期間（購入後1～3年間）を過ぎた後は有償保守メンテナンス契約を結び、年間1～数回の保守メンテナンスと年1回程度のオーバーホールを行う。
- (2) 保守メンテナンス時に発見された不具合は修理・部品交換を行う（部品代のみ有償）。
- (3) 以上の条件が充たされたユーザーに対して、サービスプロバイダーは一定期間（通常は次回の保守メンテナンスまでの間）における故障発生時の無償修理を行う。

ユーザーにとってのメリットは、稼働期間長期化による収益メリット、及び突然の不稼働による生産ストップという不安を除去する効果がある。

またサービスプロバイダーにとっては保守メンテナンス契約自体での収益確保がメリットである。

### 6-3 ユーザーのWTP調査

そこで保証として「保守メンテナンスとオーバーホールを行えば無償保証期間を1年間延長する」という方法を提示してWTPを調査した。尚、全ての場合において保守メンテナンスの結果、故障率が低減することによるユーザー企業の利益効果を、「メーカー調べ」と明示した上で開示した。（補注2）

尚、WTPは当該サービスを契約すると回答した企業の支払意思価格の平均値とした。また無償保障の場合、部品代は通常はユーザー負担である。以上の結果は表4の通りであるが、無償保証を併用することによってWTPが増加することがわかった。これはサービスプロバイダーの保守メンテナンスサービスの信頼性を高めると同時に、ユーザーメリットを高めた結果であると考えられる。

尚、このモデルにおけるサービスプロバイダーの収益性は、表1の事例においては、年平均巡回件数が4回の場合、年平均故障件数が0.84回であり、1回あたりの修理コストは前述の技術者人件費6.4万円であるから、年間修理代は0.84回×6.4万円=5.4万円/年・台となる。巡回保守メンテナンスを6回行うならば、年4回るときより故障件数は増えることはないはずであるから、年間修理代は5.4万円以下である。

また表5の事例の場合、巡回1回あたりのコストは習熟度の低い初期段階でも約3.6万円以下である。

従ってWTPが55.1万円であるなら、巡回メンテナンス6回分のコストと故障の場合の年間修理代の合計27万円を十分まかなった上で、利益をだせる。

### 6-4 サービス価格形成について

工作機械ユーザーの購買実権者について第1回アンケートで回答を得た123社に再度アンケート調査を行い、回答数62社を得た（補注2）。その結果、サービスの効果を開示することによりWTPが増加することがわかった。

巡回メンテナンス1回当たりのWTPは、第1回目のアンケートでは、3.3万円であったが（表3）、第2回目アンケートでは、年6回の巡回メンテナンスで29.4万円、即ち1回当たり4.9万円に上昇した（表4）。

表3 巡回回数とWTPの関係

年間巡回回数	6	12	24
WTP（年間）	200,000円	400,000円	800,000円
1回当たりWTP	3.3万円	3.3万円	3.3万円

筆者作成

これはサービスの無形性を補完し、一定の効果が得られる手法として有効なサービス・マーケティングであると考えられる。



表4：各保守契約におけるユーザー企業の利益効果・WTP平均

保守契約のメニュー	ユーザーに開示した利益効果 (「メーカー調べ」と注記)	WTP平均	契約希望 企業数
1 巡回保守メンテ (年6回)	年平均50万円	29.4万円 (min0~max80万円)	21社
2 巡回保守メンテ (年6回) と オーバーホール年1回で無償保証 1年間延長	年平均90万円	55.1万円 (min5~max150万円)	23社

筆者作成

## 7. 結論

本論文冒頭にあげた仮説は下記の通り検証できた。さらに追加的に明らかにした知見をまとめる。

7-1 巡回保守メンテナンスサービスによる本体価値向上金額とサービスコストはいずれも巡回頻度を変数とする関数であり、メンテナンスサービスの効用を最大にする条件が導出できた。

7-2 上記の場合、メンテナンスサービスの効用がプラスであれば、サービスプロバイダー、ユーザー共にメリットを得ることができていることが明らかになった。

7-3 巡回保守メンテナンスサービスは習熟効果が働くことから、累積作業量が増加するに従ってコストが低減し「本体価値の向上額-サービスコスト」の差分は一層拡大することが明確になった。

### (参考) 工作機械業界

金属加工を行うための機械を製造・販売。日本の工作機械業界では、旋盤とマシニングセンタが受注の約7割を占める主力製品である。機種別受注額構成：旋盤32.2%、研削盤7.6%、ボール盤3.8%、専用機3.7%、その他15.6%、マシニングセンタ37.1%。生産総額：1兆3011億円、2008年。  
(出所：日本工作機械工業会)

(補注1) 第1回アンケート：大型工作機械におけるメンテナンス・サービスに関する意向を調査。

2009年7月実施、全国の大型工作機械ユーザー237社を無作為抽出して、各社の購買実権者を対象とした。回答数126社(53.2%)を得た。

(補注2) 第2回アンケート：保守契約に関する意識・WTP(支払意思価格)を調査。

2010年4月実施、第1回目に回答を得た126社の中で回答者不明の3社を除く123社に再アンケートを依頼。回答数62社(50.4%)を得た(表3)。

## 引用文献

- 福井泰好『入門信頼性工学』第1版、森北出版、2006年、12ページ。  
真壁肇・鈴木和幸・益田昭彦  
『信頼性入門』、日科技連、2002年、210-211ページ。  
三根直人・柗隆  
「内装・設備工事における作業の習熟効果」、  
日本建築学会計画系論文集(568)、  
2003年、109-116ページ。

**要 旨**

機械ユーザー向けメンテナンスサービスの収益性  
～サービスベンチャーの収益性評価～  
石尾和哉 京都大学 経済学研究科博士後期課程

**1. 本論文の目的**

工場現場に対する高付加価値のサービス事業として、工作機械に対する保守メンテナンスサービスの事業化が可能かどうか、収益性を検討する。そこで「巡回保守メンテナンスサービスによる本体価値向上金額とサービスコストはいずれも巡回頻度を変数とする関数であり、メンテナンスサービスの効用を最大にする条件が導出できる」という仮説を立てて、モデル式を設定し、効用最大化条件を導出し、実際の企業データで事例に当てはめを行う。

**2. メンテナンスサービスの効用最大化モデル式は下記の通りである。**

最大効用

$$\begin{aligned} &= \text{MAX} (\text{本体価値向上額} - \text{サービスコスト}) \\ &= \text{MAX} (\text{故障コスト} / \text{回} \times \text{故障削減回数} \\ &\quad - \text{サービスコスト} / \text{回} \times \text{メンテナンス回数}) \\ &= \text{MAX} (f(n, a) \times d(n, \beta) - s(n, \gamma) \times n) \\ &= \text{MAX} (486,000 \times (1 - n^{2-\beta}) / a - (tn - \gamma \times b) \times n) \end{aligned}$$

但し、F = 故障コスト / 回、

$$d(n, \beta) = \text{故障削減回数} = (1 - n^{2-\beta}) / a,$$

$$s(n, \gamma) = \text{サービスコスト} / \text{回} = (tn - \gamma \times b) \times n,$$

n : メンテナンス回数、β、a : 定数、

t : 最初の作業時間

γ : 習熟係数、

b : メンテナンス技術者の時間コスト

**3. 工作機械メーカーA社の実際の数値に当てはめて最大効用を求めると下記の通りである。**

最大効用

$$\begin{aligned} &= \text{MAX} (f(n, a) \times d(n, \beta) - s(n, \gamma) \times n) \\ &= \text{MAX} (386000 \times (0.6 n^{0.4}) - (31370 n^{-0.2}) \times n) \\ &= \text{MAX} (231600 n^{0.4} - 31370 n^{0.8}) \end{aligned}$$

但し巡回による故障削減効果は巡回0の時の故障回数1.89回を越えない。

従って故障削減回数  $d(n) = 0.6 n^{0.4} \leq 1.89$  の条件で巡回回数 n の最大値は  $n = 17$  である。

∴巡回回数17回 / 年 の時が効用最大416,710円となる。

**4. 実際の機械ユーザーへのアンケートによる WTP (支払意思価格) 調査**

アンケートによりユーザーのサービスに対する意識を調査。その結果、機械稼働率を維持するための優れた巡回保守メンテナンスサポートに対しては対価を支払う意思が認められ、具体的に巡回メンテナンスサポート年1回の当り年間3.3万円の平均支払意思価格が確認できた。

**5. サービスプロバイダー側の利益の検証**

1回当りの巡回コストは習熟効果によって、 $y = 31370n^{-0.2}$  (n : 年間巡回回数) である。

またユーザーアンケートによれば、巡回保守メンテナンス1回当りのWTPは  $y = 33333$  である。巡回1回の場合の巡回コストは31,370円であり、巡回回数がそれ以上になれば習熟効果によって、さらに巡回コストは低減する。従って巡回を1回以上行うならば、巡回コストは常にWTPを下回り、サービスプロバイダーに利益が出る。

**6. メンテナンスサービスに対する事前信用の強化対策**

保守メンテナンスの効果は経験してみないとわからない、といういわゆる経験属性が高いサービスであるため、ユーザーは有償契約を躊躇することがわかった。そこで事前に信用を強化するために「保守メンテナンスとオーバーホールを行えば無償保証期間を1年間延長する」というプランを提示してWTPを調査したところ、WTPが増加することがわかった。これはサービスプロバイダーの保守メンテナンスサービスの信頼性を高めると同時に、ユーザーメリットを高めた結果であると

考えられる。

## 7. 結論

- 1 ユーザーは製品本体の価値増大につながるサービスについては対価支払の意思を持っていることが明らかになった。
- 2 製品本体価値増大>サービスコスト となる条件を導出することができた。
- 3 特にサービス提供コストの習熟効果を加味することにより、サービスプロバイダー・ユーザーの双方が利益を得る条件を導出できることが明らかになった。
- 4 サービス効果の開示によりWTPは増加させることができることが明らかになった。

以 上

④