

講座

設備投資の経済計算(4)

大阪大学経済学部 長 浜 穆 良

前号までの目次

- I 問題点
- II 投資の種類
- III 利子の公式
- IV 従来の考え方
- V 投資利益率法
- VI 現価法
- VII 回収期間法

VIII 旧 MAPI 法

VIII-1. 要点

アメリカにある機械工業の経済問題を調査研究する全国的な団体である Machinery & Allied Products Institute の調査部長ターボー (G. Terborgh) によって開発された設備取替経済性の判定方法を通称 MAPI 法という。

MAPI 法に関する主要文献は、約10年間に出版された次の4冊の書物である。

- (1) Terborgh, G., Dynamic Equipment Policy, 1949.
- (2) MAPI, MAPI Replacement Manual, 1950.
- (3) Kelly, W., Company Procedural Manual on Equipment Analysis, 1951.
- (4) Terborgh, G., Business Investment Policy, 1958.

このうち、(1)と(2)において定式化された方法を旧 MAPI 法とよび、(4)において定式化された方法を新 MAPI 法とよんでいる。

MAPI 法はアメリカにおいてもわが国においても非常に大きな反響をよんだ方法であり、今日、西欧諸国をも含めて、設備投資の経済計算を論じて MAPI 法をとりあげないものはないといってもいいすぎではない。MAPI 協会の1948年と1956年の調査によると、何らかの投資選別法を採用している会社の中での採用されている各方法の割合は次のようになっている。(小川英次著「生産計画論」昭和42年、398ページを参照) この調査は MAPI 協会が協会会員に行なったものであるから、必ずしも産業界の実情を代表するものとはいえないし、また同種の他の調査結果からみてもかなりかたよりのあるようだが、筆者の乏しい見聞の範囲内でも、わが国の大鉄工会社や大毛織会社で旧 MAPI 法を採用しているところがいくつかあるから MAPI 法がかなり重視されていることはまちがいない。もっとも、アメリカのエン

表VIII-1. 投資決定法

方法 \ 年	1948	1956
資本回収期間法	42%	60%
最小平均原価法	8%	20%
(旧) MAPI 法	19%	47%
割引利益率法	1%	2%

ジニアリング・エコノミーの大家である De garmo という人に逢ったとき直接きいてみたところでは、「MAPI 協会はさかんに宣伝しているがほとんど重視されていない。」といていたので実情はなかなか掴めない。

まず、旧 MAPI 法の要点を説明するが、詳しくはあとの各節をみていただきたい。ここでは考え方の骨組だけを概括する。

旧 MAPI 法では、現有設備と提案されている新設備のそれぞれについて不利最小額 (adverse minimum) という値を計算し、不利最小額の小さくなる方の行動を選択するのである。すなわち、もし、新設備の不利最小額が現有設備のそれよりも小さい場合には新設備と取替えた方がよく、逆の場合は取替えない方がよいと考える方式である。

ここで、不利最小額というのは設備の負担すべき最小年平均費用のことである。年平均費用は設備の使用年数の関数であって、年平均資本費用と年平均稼働劣性からなっている。年平均資本費用および年平均稼働劣性が使用年数の経過に関連してある仮定された型に従って変化するとき、特定の使用年数においてその合計額は最小となる。年平均費用が最小となる使用年数を設備の経済的使用年数といい、そのときの最小値を不利最小額という。

ところで、稼働劣性 (operating inferiority) という概念は旧 MAPI 法独特の概念といわれるもので、次のことを意味する。すなわち、ある設備を、現在利用できる最新の設備と取替えないで1年間継続使用する場合の、新設備に対する操業上の相対損失を表わす。このような年間稼働劣性は問題の設備が各時点で出現する最新設備との間の相対損失をますます大きくしていくので年々増大することになる。年平均稼働劣性は設備据付後の年稼

働性劣の現在価値の累計額に現係数の重みのついた平均を求める係数、すなわち資本回収係数（利子の公式のところで説明済みである）を掛けることによって求められる。

旧 MAPI 法においては、前に述べたように新旧設備の不利最小額を比較するのであるが、その際、新設備の不利最小額と現有設備の不利最小額とは異なる計算方式を適用する。また、新設備の不利最小額の算定については、公式による方法と図表ならびに公式を併用するものがある。

Ⅷ-2. 資本費用 (capital cost)

特定の設備に固有の設備投資額を旧 MAPI 法においては資本費用といっている。特定の設備に固有の投資額であるから、たとえば新設備の購入に必要な金額から現有設備の売却価値を控除した純投資額を意味するものではない。いま、設備投資額を c 、第 n 年目末における設備の残存価値を s_n 、計算利率を i とすれば、年間平均資本費用は

$$[c - s_n(1+i)^{-n}] \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}}$$

と表現できる。年末の残存価値が定率 r で低下する場合には

$$s_n = c(1-r)^n$$

であるから、

$$c[1 - (1-r)^n(1+i)^{-n}] \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}}$$

となる。たとえば乗用車の残存売却価値は一時、年率50%で低下するといわれたが、その場合、購入後 n 年目末の残存価値は

$$s_n = c(1-0.5)^n$$

となる。 $\frac{i}{1 - (1+i)^{-n}}$ は前に述べたように資本回収係数で、利子込みの年平均額を求めるための乗数である。すなわち、計算時点における一定の投資額を計算利率によってきまる利子を含めて所与の年数で回収するために必要な毎年末の等価回収額、すなわち年金を求めるために投資額に乗せられる係数である。この係数は年金払現価率の逆数であり、年金払現価率は計算利率による一括払現価率 $(1+i)^{-n}$ の所与の年数までの累計であるから、資本回収係数を乗ずることは、割引係数によって重みをつけた年間平均額を算出することになるのである。年金払現価率 $a_n \gamma_i$ (年数 n 、利率 i のときの年金払現価率を示す国際的な略号である) は、 $(1+i)^{-1} = X$ とすれば、

$$a_n \gamma_i = \sum_{j=1}^n (1+i)^{-j} = \sum_{j=1}^n X^j = \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i}$$

したがって、年平均資本費用は

$$\frac{c - s_n X^n}{\sum_{j=1}^n X^j}$$

である。もし使用年数のいかにかわらなく、いったん付けた設備に廃棄価値がないものとするすると、あきらかに年平均資本費用は

$$\frac{c}{\sum_{j=1}^n X^j}$$

である。このように、旧 MAPI 法における年平均資本費用は、資本回収法における所要回収額に等しい概念である。(資本回収法については本稿 IV-3. 資本回収法で説明した。)

Ⅷ-3. 稼働劣性

設備に関して問題となる費用概念のうちで旧 MAPI 法独特の概念は稼働劣性である。稼働劣性とは最新の設備に対する、現有設備のすべての経済的劣性をいい、1年間に生ずる劣性をとる。すべての設備は年数の経過に伴ない経済的陳腐化と物理的劣化にさらされる。

技術の進歩のない場合でも、物理的劣化に伴なって同じ設備の新品と比べると年々の稼働費や維持費は増大する。このような物理的劣化に伴なう最新設備との間の相対的な不利益は、稼働費や維持・修繕費用のような費用の側面だけでなく、設備の性能の低下に伴なう生産量の低下、品質の低下などの側面にも現われる。しかし、このような物理的劣化に伴なう新設備との間の相対損失は、設備が新品同様に維持されているときには発生しないものである。

上のような物理的劣化に伴なう相対損失とは異なり、技術の進歩に伴なう経済的陳腐化に基づく不利益は、たとえ現有設備が完全に新品同様の機能を発揮する場合でも、技術進歩がある限り回避できない不利益である。われわれ個人の耐久消費財、たとえばカメラのような技術進歩の激しい品物で、物理的には新品同様の機能をもっているが、出現する新製品に対して陳腐化してしまうのと同じことである。しかも企業の場合にはこの相対損失が競争力に反映するのだから古いもので我慢するかどうかの判断は重要である。このような経済的陳腐化に伴なう相対損失は技術進歩の著しい設備ほど総損失の中で大きい割合を占めることになる。そして、このような陳腐化要因が、設備の取替、さらに設備投資一般において最も重要であるという点については、経験上すべての当事者が気づいているのである。しかし、重要ではあるが、この要因を経済計算の方式に反映させることなく、技術進歩の程度を直観的に予見して決意しているのが従来の実情であろうと思われる。

1948年にターボーが旧 MAPI 法を開発したころは、

戦後の産業構造の変革がようやく軌道に乗り、生産設備はめざましい技術進歩の導入を迫られていたから、設備取替の経済計算に陳腐化要因を数量的に具体化しようという要求は非常に強いものであったと考えられる。そして、この要因を数量化したところに旧 MAPI 法の革新的意義が認められる。そこで次にもう少し具体的に稼働劣性概念を説明することにしよう。

計算時点に存在する現有設備を、そのときに存在する最も優秀な最新設備と取り替えずに使いつづけるとすれば、1年間に費用・収益双方を比較して、最新設備に対して操業上どれだけの不利益になるか。この金額が年稼働劣性とよばれる概念で、この中には劣化ならびに陳腐化に基づくすべての操業上の相対損失を含むことになる。

いま年々の稼働劣性が年度末に計上されるものとし、しかも稼働劣性を生ずる最初の年度の稼働劣性（これを g とする）と同額だけ年々の稼働劣性が増大していくものと仮定すると、第 n 年目末に計上される年稼働劣性は

$$(n-1)g$$

である。この場合、第1年目は最新設備を据え付けたものと考えて稼働劣性を0とする。年々の稼働劣性が上記のように変化するという仮定はターボのおいた基本的な仮定である。

次に、このような稼働劣性の年平均費用は計算利率の要因を考慮すると、資本費用の場合と同様に考えて、

$$\frac{\sum_{j=1}^n [(j-1)gX^j]}{\sum_{j=1}^n X^j}$$

となる。この場合、分子は将来の年々の稼働劣性に各年の一括払現価率を乗じて求めた現在価値の合計であり、この合計額の割引係数 X^j による重みつき平均が年平均稼働劣性になる。

Ⅷ-4. 年平均費用

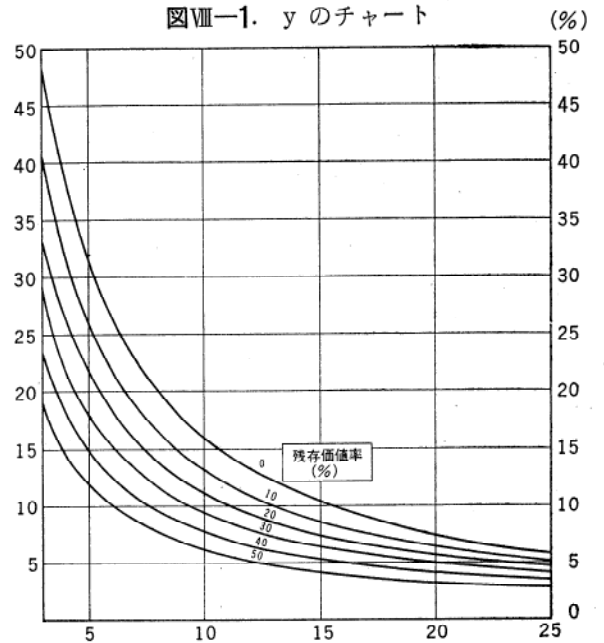
設備に関する年平均費用は旧 MAPI 法においては年平均資本費用と年平均稼働劣性の和として定義される。これを u とおくと、

$$u = \frac{c[1-(1-r)^n(1+i)^{-n}] + \sum_{j=1}^n [(j-1)gX^j]}{\sum_{j=1}^n X^j}$$

が年平均費用である。

旧 MAPI 法における不利最小額はこの u の最小値で、ある年数のとき最小となる。先にあげた MAPI 法に関する第(2)の文献では不利最小額を簡単に求められるようにするために、 u を連続関数で表わし、その第1次導関数を0にする値をグラフを通じて読みとるように工夫してある。すなわち不利最小額 u_{min} は次のようにして求められる。

図Ⅷ-1. y のチャート



$$u_{min} = c(i+y)$$

ここで y は図Ⅷ-1の縦軸から読みとられる値である。ターボの計算によれば、計算利率10%のとき相対誤差は0に近く、計算利率が6%または20%のときでも残存価値率が0%から50%の範囲内では5%以内におさまる。わが国の企業では計算利率を9%から10%とするものが圧倒的に多いのでこの点に関する限りよい近似値がえられるわけである。なお、残存価値率とは経済年数のときの設備の残存価値の、初期投資額に対する割合である。この場合経済年数は理論的には $\frac{du}{dn} = 0$ となる条件より求められるのであるが、グラフを利用するときには問題となっている設備について経験的に想定することになる。従って、この想定した経済年数が真の経済年数と違っておれば、求められる不利最小額も正しい値からはずれることになる。

図Ⅷ-1より不利最小額を求めるためには、想定した経済的使用年数を横軸に読み、その値と所与の残存価値率に対応する曲線との交点の目盛を縦軸に読んで、まず y の値を求め、この値と計算利率 i との和を設備投資額 c に乗ずる。この答が不利最小額である。

Ⅷ-5. 現有設備の不利最小額

旧 MAPI 法の取替判定基準は、新旧両設備の不利最小額の比較であるが、上に述べたような図表を用いる不利最小額の算定は単に新設備についてのみ適用される。現有設備の不利最小額も新設備のそれと本質的に同じ概念であるが、次のようにして計算される。すなわち、現在から1年間現有設備を使い続けたときに現在提案されている新設備との間に生ずるすべての不利益をもつ

て不利最小額とする。これは次の要因から構成される。現有設備の現在の売却価値を s_0 、1年後の売却価値を s_1 、計算利率を i 、現有設備の今後1年間の稼働劣性を l 、現有設備の不利最小額を u_0, \min とすれば

$$u_0, \min = (s_0 - s_1) + s_0 i + l$$

となる。この値 u_0, \min は現有設備の使用を1年延長することに伴う、1年を時間単位とした場合の限界費用であるが、ターポーはこれをもって現有設備の最小年平均費用、すなわち不利最小額とみなすのである。その理由は次のように説明される。すなわち、現有設備について取替えが問題にされるような時点では、設備の資本価値が定率で低下すると考えられる限り年平均資本費用はほとんど減少せず、他方、年平均稼働劣性の方は年々増大する(旧 MAPI 法では毎年同額ずつ増大すると仮定される)から、その合計は計算時点の前後ではあまり変化せず、したがって、ちょうど不利最小額を示すか、またはしだいに増大する時点にあると仮定するのである。このような仮定に基づいて、現有設備については取替えが考慮される時点がその設備自体の経済的使用年数であり、不利最小額をもたらす年度であると考え。設備の残存価値がつねに0である場合には経済年数において不利最小額(平均費用)とそのときの稼働劣性(限界費用)が等しくなるから、残存価値の低下が無視できるような年数において、このような仮定をおくことは一応妥当とみなされる。要するに、現有設備の不利最小額については前述の計算方式によらないで、今後1年使いつづける場合の資本費用 $(s_0 - s_1) + s_0 i$ と稼働劣性 l の合計として算出するわけである。

VIII-6. 将来の設備の不利最小額

旧 MAPI 法は個々の設備の不利最小額のうち、最小値をとる行動を選択するという考え方に基づいているが、この場合、普通は比較の対象は現有設備ならびに現在利用可能な諸代替設備、将来出現するであろう諸代替設備があげられる。ところが旧 MAPI 法においては、現在利用可能な諸代替設備間の選択は通常何らかの別個の方法で行なわれたものとみなし、また将来の設備については現在利用可能な最も経済的な設備と等しい不利最小額をもつものと仮定して、現在の最新設備に代表させることによって、ダイナミックな選択問題を回避する。前者の仮定は、現存の諸代替設備の不利最小額を比較することによってはずこともできるが、後者を含めることは理論的には無数の代替案を取りあげることになってしまうので現存の最優秀設備で代表させてこの問題を排除するのである。このようにして、現有設備(ターポーはこれを defender とよぶ)に対して取替えを迫る代替設備は諸代替案中で挑戦権をもったものとして挑戦設備(chal-

lenger) とよばれる。したがって、これは単なる新設備ではなく、その時点における最も経済的に優秀な設備とみなされた設備である。

VIII-7. 新設備不利最小額の簡易計算法

新設備を据え付けた後、取替えが考慮される時点、あるいは経済年数後においては、残存価値を0と考えてもよい場合が多い。このように経済年数経過後の設備の残存価値を無視することができ、しかも年平均費用を現係数による重みをつけずに、単純平均によって求めるときには、不利最小額は次のように表わすことができる。使用年数を n 、計算利率を i 、設備投資額を c 、稼働劣性年増加額を g とするとき、年平均費用 u は、

$$u = \frac{c}{n} + \frac{c}{2} i + \frac{(n-1)g}{2}$$

$$\frac{du}{dn} = 0$$

$$\text{とおくとき} \quad n = \sqrt{\frac{2c}{g}} \quad \text{または} \quad g = \frac{2c}{n^2}$$

$$\text{したがって} \quad n_{\min} = \sqrt{2cg} + \frac{ic-g}{2} \quad (8-1)$$

$$\text{または} \quad u_{\min} = c \left(\frac{2n-1}{n^2} + \frac{i}{1.4^*} \right) \quad (8-2)$$

となる。(式8-2の*印1.4は2となるべきところをよい近似値を与えるために補正してある。)式(8-1)は経済的使用年数は推定不能であるが、年稼働劣性の増加額(ターポーはこれを inferiority gradient すなわち劣性度とよんでいる)を旧設備の劣性度を通じて推定しようと仮定する場合に用い、式(8-2)は経済年数を経験と判断によって推定しうる場合に用いる。経済的使用年数の推定は経験による推定であるが、新設備については経験による判定はきわめて困難であるから、むしろ政策的考慮の介入する危険がかなり伴う。前に説明した図表による方法も経済年数を所与として新設備の不利最小額を求めるのであるから同様の欠点をもっている。

ここで新設備の劣性度は現有設備の劣性度に等しいと仮定することによって次のように算定される。すなわち、現有設備の計算時点以降1年間の稼働劣性を l 、現有設備の使用年数を n 、劣性度を g とすると、

$$g = \frac{l}{n}$$

である。すなわち、現有設備は据付けられた後 n 年間経過して比例的に稼働劣性を増加し、第1年度は0、第 $(n+1)$ 年目に l だけ稼働劣性を発生するのであるから劣性度は $\frac{l}{n}$ である。

この公式においては、同種の機能をはたす新設備と現有設備とは等しい劣性度をもつものと仮定し、現有設備の劣性度をそのまま新設備の不利最小額の算定に用いる。

表Ⅷ-1 不利最小額の計算

使年 用数 n	(1) 各年度の 稼働劣性 $(n-1)g$	(2) (1)の現価 $(n-1)gX^n$	(3) (2)の累計 $\Sigma[(j-1)gX^j]$	(4) (3)の重みつき平均 $\frac{\Sigma[(j-1)gX^j]}{\Sigma X^j}$	(5) 資本費用の重みつ き平均 $\frac{c}{\Sigma X^j}$	(6) 年間平均費用 (4)+(5) $\frac{c + \Sigma[(j-1)gX^j]}{\Sigma X^j}$
1	0	0	0	0	550.0	550.0
2	10	8.3	8.3	4.8	288.1	292.9
3	20	15.0	23.3	9.4	201.1	210.5
4	30	20.5	43.8	13.8	157.7	171.5
5	40	24.8	68.6	18.1	131.9	150.5
6	50	28.2	96.8	22.2	114.8	137.0
7	60	30.8	127.6	26.2	102.7	128.9
8	70	32.7	160.3	30.0	93.7	123.7
9	80	33.9	194.2	33.8	86.8	120.6
10	90	34.7	228.9	37.3	81.4	118.7
11	100	35.0	263.9	40.6	77.0	117.6
12	110	35.0	298.9	43.9	73.4	117.3
13	120	34.8	333.7	47.1	70.4	117.5

この場合には、このような仮定があるとはいえ、一応数量的根拠に基づいて経済命数を求めることになる。(新設備の経済的命数を求めることと新設備の劣性度を求めることが等値の問題であることは前記の $n = \sqrt{\frac{2c}{g}}$ より明らかである。)

Ⅷ-8. 計算例

(1) 次のような新設備の不利最小額を求めてみよう。

設備投資額：500万円

残存価値：年数とは無関係に0

計算利率：10%

劣性度：10万円

まず表によって求めると表8-1のように12年において年平均費用が最小となり不利最小額は117.3万円である。いま劣性度が不明で経済年数は12年と推定できると考えられる場合について、図8-1から y の値を求めると $y = 0.131$ となるから、不利最小額は $500 \times (0.10 + 0.131) = 115.5$ (万円) になる。次に簡易計算法の式(8-2)によると

$$u_{min} = 500 \times \left[\frac{2 \times 12 - 1}{12^2} + \frac{0.1}{1.4} \right] \doteq 115.5 \text{ (万円)}$$

となる。また経済年数が不明で劣性度の10万円が解っていると考えた場合の不利最小額を簡易計算法の式(8-1)によって求めると

$$u_{min} = \sqrt{2 \times 500 \times 10} + \frac{0.10 \times 500 - 10}{2} \doteq 120 \text{ (万円)}$$

となる。

(2) 現在手持ちの工作機械の今後1年間の稼働劣性は表8-2のとおりとする。また、手持機械(19年前に購入

したものはいま売却すると6万円、1年後だと5万で売れる。新機械の購入費用は29.86万円である。計算利率は10%とする。

以上のデータから現有手持機械の不利最小額は

$$(60,000 - 50,000) + 60,000 \times 0.1 + 40,550 = 56,550 \text{ (円)}$$

となる。新機械の劣性度は $g = 40,550 \div 19 = 2,100$ (円) であるから、新機械の不利最小額は

$$\sqrt{2 \times 298,600 \times 2,100} + \frac{0.10 \times 298,600 - 2,100}{2} = 49,290 \text{ (円)}$$

となる。したがって新機械との取替えは経済的である。

(3) 現在、手作業でやっている仕事を機械におきかえる案を検討する問題を考える。この場合には現有設備がないから、その使用年数から新設備の劣性度を導出するわけにはいかない。したがって新設備の経済年数を推定して式(8-2)から不利最小額を求めることになる。

表Ⅷ-2 手持機械の稼働劣性

	相 対 利 益	
	新 機 械	手 持 機 械
直接労務費の節約	15,250	
間接労務費の節約	25,000	
床面積の節約	2,000	
動力費の節約	600	
税金および保険料の節約		2,300
合 計	42,850	2,300
新機械の相対利益	40,550	

生産と技術

機械の購入価格は 1,135,000 である。計算利率を 10% とする。この場合、現状では設備がないのであるから、不利最小額は稼働劣性に等しいことになる。従って稼働劣性が表 8-3 のとおりだとすると現状の不利最小額は 340,000 円である。他方、新機械の経済年数を 12 年と仮定するとその不利最小額は

$$1,135,000 \times \left[\frac{23}{12^2} + \frac{0.1}{1.4} \right] = 262,400 (\text{円})$$

となる。これを図 8-1 によって計算すると

$$1,135,000 \times 0.231 = 262,185 (\text{円})$$

となり取替えは非常に経済的であるということになる。

表 VIII-3. 現状の稼働劣性

	相 対 利 益	
	新 機 械	手 作 業
直接 労 務 費	365,000	
維 持 費		10,000
税金 および 保 険 料		15,000
	365,000	25,000
新機械の相対利益	340,000	

VIII-9. む す び

以上で旧 MAPI 法の説明はおわり、来月号では新 MAPI 法の説明をやや簡単に行ない、さらに、資金に制約のある条件下に各種の投資提案にどのように資金を割当てるのが合理的かといういわゆる資本予算 (capital budgeting) の問題について説明する予定である。新 MAPI 法は一般に旧 MAPI 法ほど問題にされなかったようであり、またアメリカの各種の制度的条件が結びついた方式であるために、特にわが国での評価は旧 MAPI 法ほどではなかったようである。また考え方としても、前に述べた財務表法によく似た型をとっているため独自性は低いものと思われるが、旧 MAPI 法との関係で若干説明しておく必要があると思う。途中、中やすみした本稿も来月号で一応おわることになる。(以上)