情報コストと新技術導入政策

鵜野　好文

はじめに

企業の経営者は，その立場上，不確実な利益期待の下で新技術導入の可否をめぐり意思決定を迫られる場合が少なからずある。その際，ある場合には即座にその導入の可否を決定することもあろうし，また，ある場合には，追加情報を得た後にそれを決定することもあろう。ところで，その追加情報は，あるときには情報コストをともなうこともあろうし，またあるときには全く不要なこともあろう。

一般に，このような状態で，最適な意思決定政策は，留保政策（reservation property policy）であるとされている。すなわち，それは，現時点で，意思決定を断行できるときは，改めて追加情報を得ることはせず，即座に決定を下し，また，それ以外は追加情報を得るまで，意思決定を留保し，情報獲得後に，改めて決定を下すというものである。

もっとも，追加情報の収集に際して情報コストが必要なときとそうでないときでは，留保政策にいくらかの相違がでてくる。まず，追加情報に情報コストが不要な場合であるが，およそそれは次のようである。このとき，意思決定者は，決定の対象に対して事前の推定値 p をもつが，現時点でこの p の値が，ポジティブな決定のできる最下限の許容基準 $p*$ に到達していれば，即座に決定を下し，さらにそうでなければ，追加情報を順次獲得し，それが最下限の許容基準 $p*$ に到達した時点で，逐次ポジティブな決定を与えていくというものである。例えば，経営者が新技術導入の決定を迫られているとすれば，また，そのとき，経営者の新技術に対する成功の事前の推定値を p とすれば，（i）もし

$p^* \leqq p$ ならば，即座に新技術の導入を決める，いわゆる採用戦略をとる(adopt)。また，(ii) $p < p^*$ ならば，さらに新技術に関する追加情報を得，その後に導入の可否を決める，いわゆる待機戦略をとる（wait)。

また，他方，追加情報に情報コストが必要なときは次のようになろう。このとき，追加情報に情報コストが必要なため，意思決定者は，ポジティブな最下限の許容基準 $\bar{p}_i$ のほかに，追加情報なしでネガティブな決定のできる最上限の拒否基準 $\underline{p}_i$ を同時に決定基準として持つ。したがって，決定の対象に対してもつ意思決定者の事前の推定値が，現時点でポジティブな決定基準を越えるか，あるいはネガティブな決定基準を下回るかすれば，即座に決定を断行する。また，それ以外は追加情報を収集し，その後改めて，事前の推定値を更新した後，それがポジティブな決定基準を越えるか，ネガティブな決定基準を下回るかすれば，その時点で決定を下す。しかし，追加情報を得た後も，なおその値がこの２つの基準に挟まれて存在するのであれば，限界情報コストが限界期待利益に等しくなるまで，さらに追加情報を得，同様の意思決定過程を繰り返すというものである。これは，例えば，経営者が新技術を導入する場合を考えるとよい。このとき，経営者が追加情報を得るまでもなく新技術導入をはかろうとする，いわゆる許容基準を $\bar{p}_i$，また，追加情報を得るまでもなく新技術導入を見送ろうとする，いわゆる拒否基準を $\underline{p}_i$ とすれば，しかも，意思決定者のもつ新技術導入の成功の事前の推定値を p とすれば，(i) もし，$p \leqq \underline{p}_i$ ならば，即座に新技術の導入を退ける，いわゆる不採用戦略をとる（reject)。また，(ii) $\bar{p}_i \leqq p$ ならば，同様に新技術の導入をはかる，いわゆる採用戦略をとる(adopt)。さらに，(iii) $\underline{p}_i < p < \bar{p}_i$ ならば，情報コストを支払って新技術の追加情報を得，事前の推定値 p を新に h と更新し，さらに $h \leqq \underline{p}_i$ および $\bar{p}_i \leqq h$ を判別した上でその導入の可否を決める，いわゆる探索戦略をとる（buy)。しかしこのとき，$\underline{p}_i < h < \bar{p}_i$ であれば，限界情報コストが限界期待利益に等しくなるまで，さらに同様の意思決定過程を繰り返す。

ところで，小稿では，新技術導入を実施する際の経営者の最適意思決定政策を考えてみたい。とりわけ，ここでは先にあげたように，留保政策が実際に新

技術導入に際しても妥当するのかを確かめたい。

もっとも，新技術導入に際して，追加情報が常に情報コストなしで得られる場合の意思決定についてはすでに，Jensen [2] [3]，McCardle [4] によって解かれている。さらには，追加情報に常に情報コストのかかる場合は，同様に Balcer & Lippman [1] によって解かれている。

そこで，ここでは，この2つのケースが同時に起きる場合，すなわち，最初の1単位の情報は情報コストなしで得られ，しかし，次の1単位の情報は情報コストを支払ってしか得られない場合を考えてみたい(1)。このとき，先にみたようなある直感的解を想起することができる。すなわち，それは，(i) $p \leqq \underline{p}_i$ ならば，新技術の不採用戦略がとられ (reject)，また (ii) $\overline{p}_i \leqq p$ ならば，新技術の採用戦略がとられ (adopt)，さらに (iii) $\underline{p}_i < p < \overline{p}_i$ ならば，情報コストなしの追加情報を得た後，事前の推定値を更新しその上で採用，不採用戦略のいずれかに決定する，いわゆる待機戦略がとられる (wait)。しかし，この時点でも，採用，不採用戦略のいずれかに決定できない場合，情報コストを支払ってさらに追加情報を得た後，事前の推定値を更新した上で新技術導入の可否を決定する，いわゆる探索戦略がとられる (buy) というものである。

ここで，追加情報の意思決定に果たす役割は，留保領域 $\underline{p}_i < p < \overline{p}_i$ に対してのみ有効であることがわかる。すなわち，このとき，情報の意味は，意思決定者のもつ事前の推定値を更新する働きをもつ。かくして，この時点で，意思決定者が決定を下すということは， 新たな事前の推定値 h を $h \leqq \underline{p}_i$ および $\overline{p}_i \leqq h$ の領域に判別することである。われわれは，この点を特に考察したい。また，このとき，追加情報に情報コストがかかるものとそうでないものとが混在するとき，その意思決定への影響の仕方がどのような過程を経るかがもうひとつの分

(1) かなり限定的な解ではあるが，このケースについてもすでに，Jensen [2] [3] によって解かれている。ここでは，Jensen のモデルのいくつかを一般化するかたちで，情報コストが必要な追加情報とそうでない追加情報の2つの異質な情報が同時に存在する場合を考察したい。

析課題となる。結論は，新技術導入の意思決定に関しても，いわゆる留保政策（reservation property policy）が当てはまるというものである。しかも，留保戦略（wait or buy）のいずれが選択されるかは，情報コスト K に左右されるというものである。

そこで以下，情報コストが必要な追加情報とそうでない追加情報が与えられた場合についての新技術導入の最適な意思決定政策についてみていきたい。まず，1節では留保政策のモデルの検討を行う。また，2節では留保政策下，とりわけ留保戦略下における意思決定の具体例を挙げ，新技術導入の最適意思決定政策とはどのようなものかを検討したい。

I．新技術導入と留保政策モデル

ここでは，Jensen［2］［3］のモデルのいくつかの点を検討することで，新技術導入(2)の意思決定過程でおきる留保政策の妥当性を確かめていきたい。

われわれは，次のような仮定の下で経営者が意思決定を行うものとする。

＜仮　定＞

(1) 経営者は新技術導入に際し，次に示すような2つのステージに出会う。

(2) 第1ステージ：このステージでは経営者は次の3つのオプションのなかからひとつを選択できる。

(i) 即座に新技術の導入を決定する（adopt）

(ii) 情報コストの不要な追加情報1単位（n_1 個）を得た後，継続的に最適行動を探索する（wait）

(iii) 情報コストの不要な追加情報1単位（n_1 個）の他，情報コストを支払

---

(2) 新技術という表記は極めて曖昧である。通常，研究開発には3つの段階がある。それらは，リスクの高い順に，基礎研究，応用研究，そして開発研究と続く。ここでいう新技術とはこの最後の段階にあたる。したがって，これは，他の2つに比較すれば，技術的不確実性ははるかに小さい。

いさらに追加情報1単位（n_2 個）を得た後，継続的に最適行動を探索する（buy）。

(3) 第2ステージ：第1ステージで，新技術導入の可否を決定できないとき，経営者は第2ステージへと移る。このステージで，経営者は，1単位（n_1 個）ないし2単位（n_1+n_2 個）の追加情報をもとに新技術導入時の期待利益を算出し，その上で新技術導入の可否を決定する。

さて，以上のような仮定の下で，企業の経営者は最適な意思決定政策を選択しようとする。その際，彼らは決定に先だって，収集したすべての追加情報を新技術導入に好ましい情報，あるいは好ましくない情報に2分するとする。そこで，もし収集した情報が，好ましい情報であれば $z=1$ と，また，好ましくない情報であれば $z=0$ と表記することにする。このとき，$z=\{0,\ 1\}$ のそれぞれの値が現れる確率は $P\{z=1\}=\theta$，$P\{z=0\}=1-\theta$ と表されるものとする。また，簡単化のため，$\theta=\{\theta_1,\ \theta_2\}$ とする。ただし，$0<\theta_2<\theta_1<1$ である。

以上まとめると，次のようである。

$$z=\begin{cases} 1 & if\ \text{好ましい情報} \\ 0 & if\ \text{好ましくない情報} \end{cases}$$

ただし，

z：観察された情報（0，1の値を取る確率変数）

$P\{z=1\}=\theta$

$P\{z=0\}=1-\theta$

$\theta=\{\theta_1,\ \theta_2\}$，$0<\theta_2<\theta_1<1$

である。

ここで，われわれは，θ の持つ情報を次のように解釈する。すなわち，経営者は新技術を導入した際それが成功に帰するとする，事前の主観確率 $P\{z=1\}=\theta$ をもち，また，同じ技術を導入した際それが失敗に帰するとする，事前の主観確率 $P\{z=0\}=1-\theta$ をもつとする。このとき，R_0，R_1 をそれぞれ新技術の導入が失敗に帰したときの平均利益，および成功に帰したときの平均利益とする。ただし，ここでは，R_0，R_1 の値を新技術導入以前の利益からの偏差として表すことにする。すなわち，新技術導入以前の利益が π_0，導入後の利益が π_1 であるならば，これを偏差で示せば $R=\pi_1-\pi_0$ となる。したがって，このとき，当該企業の経営者の技術導入にともなう期待利益は，$\theta R_1+(1-\theta)R_0-C$ で表される。ただし，C は企業の新技術導入にともなう固定費用とする。

またこのとき次のことが成り立つとする。

$$\theta_1 R_1+(1-\theta_1)R_0-C>0>\theta_2 R_1+(1-\theta_2)R_0-C \tag{1}$$

したがって，上式は，$P\{z=1\}=\theta_1$ なる新技術の導入は企業に利益をもたらし，逆に，$P\{z=1\}=\theta_2$ なる新技術の導入は企業に損失をもたらすことを示している。かくして，経営者にとって，$P\{z=1\}=\theta_1$ なる新技術を選択し導入することが意思決定の重要な命題となる。ここに，$\theta=\theta_1$ に対する経営者の事前の推定値 p，および $\theta=\theta_2$ に対する事前の推定値 $1-p$ は，その点で重要な意味を持つ。

ところで，以上のような前提の下では，新技術導入に対する経営者の期待利益は次のように表せる。

$$p\{\theta_1 R_1+(1-\theta_1)R_0\}+(1-p)\{\theta_2 R_1+(1-\theta_2)R_0\}-C \tag{2}$$

また，一般に，経営者が新技術について n 個の情報を観察したとき，それらが

k 個の好ましい情報を持つ確率は次のように表せる。

$$q(n, k, p) = \binom{n}{k}[p\theta_1^k(1-\theta_1)^{n-k} + (1-p)\theta_2^k(1-\theta_2)^{n-k}] \tag{3}$$

ただし，

$$k = 0, 1, \cdots, n$$

である。

このとき，注意したいことは，単なる表記上の問題であるが，p を所与としたとき，（2）式に示された経営者の期待利益 $V^a(p)$ は，（3）式を用いて次のように書き換えられる[(3)]。

$$V^a(p) = q(1, 1, p)R_1 + q(1, 0, p)R_0 - C \tag{4}$$

ただし，（1）式同様，

$$V^a(1) > 0 > V^a(0)$$

である。

また，このとき，経営者が n 個の追加情報を得，そのうち k 個が好ましい情

---

(3) 経営者の期待利益は次のように書き換えられる。

$$\begin{aligned} V^a(p) &= p\{\theta_1R_1 + (1-\theta_1)R_0\} + (1-p)\{\theta_2R_1 + (1-\theta_2)R_0\} - C \\ &= \{p\theta_1 + (1-p)\theta_2\}R_1 + \{p(1-\theta_1) + (1-p)(1-\theta_2)\}R_0 - C \\ &= q(1, 1, p)R_1 + q(1, 0, p)R_0 - C \end{aligned}$$

ただし，

$$q(1, 1, p) = p\theta_1 + (1-p)\theta_2$$
$$q(1, 0, p) = p(1-\theta_1) + (1-p)(1-\theta_2)$$

である。

報であったならば，経営者の$\theta=\theta_1$に対する事前の推定値$P\{\theta=\theta_1\}=p$はこれらの情報をもとに新にhと更新されるはずである。そこで，その更新のされかたを次のように定義する。

$$h(n, k, p)=pk/\{pn\theta_1+(1-p)n\theta_2\} \tag{5}$$

これからわかるように，$h(n, k, p)$はp, kに関して増加関数であり，nに関して減少関数である。このモデルではこの定義のされかたが極めて重要である(4)。それは，経営者の追加情報獲得後の事前の推定値hはp, kの値に連動して更新されていかなければならないからである。

さらに，また，ここで定義された（5）式の性格は次の2つの点で重要である。

まず，第一点は，われわれが$h(n, n, p_{nn})=h(m, m, p_{mm})=\gamma$，ただし，$\gamma=$一定，と仮定すれば，$p_{nn}=p_{mm}$が全ての$m$, $n=1, 2, \cdots$で成り立つことである(5)。

---

(4) Jensen［2］［3］のモデルでは，追加情報獲得後の経営者の事前の推定値は，次のように更新されると定義されている。

$$h(n, k, p)=\binom{n}{k}p\theta_1^k(1-\theta_1)^{n-k}/q(n, k, p)$$

この式もやはり，p, kに関して増加関数であり，nに関して減少関数である。しかし，われわれのモデルに示した2つの重要な点を，この式は満たしていない。この点で，Jensen［2］［3］の$h(n, k, p)$の定義は不都合である。

(5) 追加情報の全てが好ましい情報であった場合，しかも，更新された事前の推定値が等しい場合，そのとき，初期の最上限の拒否基準は等しくなければならない。すなわち，

$$h(n, n, p_{nn})=h(m, m, p_{mm})=\gamma$$
$$n\cdot p_{nn}/n\{p_{nn}\theta_1+(1-p_{nn})\theta_2\}=m\cdot p_{mm}/m\{p_{mm}\theta_1+(1-p_{mm})\theta_2\}$$
$$p_{nn}/\{p_{nn}\theta_1+(1-p_{nn})\theta_2\}=p_{mm}/\{p_{mm}\theta_1+(1-p_{mm})\theta_2\}$$
$$p_{nn}\{p_{mm}\theta_1+(1-p_{mm})\theta_2\}=p_{mm}\{p_{nn}\theta_1+(1-p_{nn})\theta_2\}$$
$$(p_{nn}-p_{mm})\theta_2=0$$
$$p_{nn}=p_{mm}$$

である。ただし，

しかも，$h(n,\ k,\ p_{nk})=h(m,\ l,\ p_{ml})=\gamma$，ただし，$\gamma=$一定，が全ての$m,\ n=1,\ 2,\ \cdots$ および $k=0,\ 1,\ \cdots,\ n,\ l=0,\ 1,\ \cdots,\ m$ で成り立つと仮定すると，$k,\ l$ が 0 に近い値に収束していくとき $p_{n0}=p_{m0}$ が成り立つことである(6)。

かくして，われわれは，このことより，少なくとも次のことを理解できる。すなわち，$h(n,\ n,\ p_{nn})=h(n,\ 0,\ p_{n0})=p^a$，$n=1,\ 2,\ \cdots$ であるとき，また，p^a は第2ステージでの最下限の許容基準と仮定すると，経営者は，獲得した追加情報の全てが好ましいときでさえ，初期の事前の推定値 p が拒否の最上限値 p_{nn} を下回れば，h は許容基準 p^a に達することができないと判断し，他方，経営者は，獲得した追加情報の全てが好ましからざるときでさえ，初期の事前の推定値 p が許容の最下限値 p_{n0} を上回れば，h は許容基準 p^a に達することができると判断する。かくして，われわれは，ここに，p_{nn} を最上限の拒否基準と呼び，また，p_{n0} を最下限の許容基準と呼ぶことにする。

$m,\ n=1,\ 2,\ \cdots$

である。

(6) 追加情報の全てが好ましからざる情報であった場合，しかも，更新された事前の推定値が等しい場合，そのとき，初期の最下限の許容基準は等しくなければならない。すなわち，

$$h(n,\ k,\ p_{nk})=h(m,\ l,\ p_{ml})=\gamma$$
$$k\cdot p_{nk}/n\{p_{nk}\theta_1+(1-p_{nk})\theta_2\}=l\cdot p_{ml}/m\{p_{ml}\theta_1+(1-p_{ml})\theta_2\}$$
$$m\cdot k\cdot p_{nk}\{p_{ml}\theta_1+(1-p_{ml})\theta_2\}=n\cdot l\cdot p_{ml}\{p_{nk}\theta_1+(1-p_{nk})\theta_2\}$$
$$m\cdot k\{p_{nk}p_{ml}\theta_1+p_{nk}\theta_2-p_{nk}p_{ml}\theta_2\}=n\cdot l\{p_{nk}p_{ml}\theta_1+p_{ml}\theta_2-p_{nk}p_{ml}\theta_2\}$$

ここで，

$$k=l\rightarrow\xi$$

ただし，

ξ：0に近い値

とする。したがって，

$$m\cdot k=n\cdot l\rightarrow\xi$$

となる。ここに，

$$m\cdot k\cdot p_{nk}\theta_2=n\cdot l\cdot p_{ml}\theta_2$$
$$\xi\cdot p_{n\xi}=\xi\cdot p_{m\xi}$$
$$p_{n0}=p_{m0}$$

を得る。

さて，ここで，経営者の新技術導入の意思決定問題を考える。このとき，決定問題は第1ステージと第2ステージの2段階に分かれた問題であるので，次のような解法を用いる。すなわち，まず，第2ステージでの決定問題を解く。そして，その後，第1ステージに戻りそれを解くという方法をとる。

そこで，新技術が第1ステージで導入されなかったものと仮定し，第2ステージで，経営者がその導入の可否の決定問題に直面しているものとし，次のような解法を試みる。

先にみたように，もし，経営者が新技術を導入をしたならば，そのとき成功するであろうとする事前の推定値は p で表された。しかも，この p は（5）式で示したように追加情報を得るたびに更新される。さらにその更新値は $h \in [0, 1]$ で示された。ここに，第2ステージでの新技術導入からくる期待利益は，これを $V^a(h)$ で表記すると，（4）式より次のように表される。

$$V^a(h) = q(1, 1, h(n, k, p))R_1 + q(1, 0, h(n, k, p))R_0 - C$$

しかも，このとき，新技術の導入を全く考えないときの期待利益は，それを新技術導入以前の利益の偏差で示すと 0 となる。また，さらに次の条件を満たす一義的な p^a が存在するとする。その条件とは，$V^a(h)<0$ *iff* $h<p^a$，ただし，$0<p^a<1$ である。それゆえ，第2ステージでの最適な意思決定は，もし $h<p^a$ ならば新技術の導入を見送り，また，もし $p^a \leqq h$ ならばその導入をはかるということになる。したがって，ここでは，新しく更新された事前の推定値 h が第2ステージでの新技術導入の最下限の許容基準は p^a を上回っているかがここの意思決定基準となる。

かくして，ここに，第2ステージでの経営者の意思決定行動は次のように要約される。すなわち，追加情報により更新された経営者の成功の事前の推定値を h とすれば，そしてまた，そのときの経営者の期待利益を $V_2(h)$ と定義すればそれは次のように表される。

$$V_2(h) = \begin{cases} 0 & \text{for} \quad h < p^a \\ V^a(h) & \text{for} \quad h \geqq p^a \end{cases} \tag{6}$$

さて，ここで，第1ステージでの意思決定問題に戻る。第1ステージでの経営者の技術導入にともなう成功の事前の推定値は p であるので，また，そのとき $\beta \in [0,\ 1]$ を現在価値割引率とすると，情報コストなしの追加情報を1単位（n_1 個）得たときの期待利益は次のようになる。

$$V^w(p) = \beta \sum_{k=0}^{n} q(n,\ k,\ p)\ V_2(h(n,\ k,\ p)) \tag{7}$$

ただし，

$$n = n_1$$

である。また，情報コストなしの追加情報と情報コストのかかる追加情報とをあわせて2単位（n_1+n_2 個）得たとき，第1ステージでの経営者の期待利益は次のようになる。

$$V^b(p) = \beta \sum_{k=0}^{n} q(n,\ k,\ p)\ V_2(h(n,\ k,\ p)) - K \tag{8}$$

ただし，

$n = n_1 + n_2$

K ：情報コスト

である。

ここで，われわれが得る結論は，経営者の最適意思決定とは，所与の p の下

で，max { $V^a(p)$，$V^w(p)$，$V^b(p)$ } となる政策を選ぶことである。すなわち，

$$
\begin{array}{ll}
\text{adoption} & \text{if } V^a(p) \geqq \max\{V^w(p),\ V^b(p)\} \\
\text{buying} & \text{if } V^b(p) \geqq \max\{V^a(p),\ V^w(p)\} \\
\text{waiting} & \text{otherwise}
\end{array}
$$

である。

このとき，われわれは，先に，次のような仮定を置いたことを思い起さなければならない。すなわち，

p_{nn}：最上限の拒否基準

p_{n0}：最下限の許容基準

ただし，

$n = 1,\ 2,\ \cdots$

$p_{nn} = p_{mm}$：0 に近い値

$p_{n0} = p_{m0}$：1 に近い値

である。

かくして，経営者の新技術導入の成功の事前の推定値が，p_{nn} かそれ以下および p_{n0} かそれ以上の場合は，追加情報の数とは無関係に新技術の不採用戦略（reject）および採用戦略（adopt）がそれぞれとられる。このように，p の値が $p \leqq p_{nn}$ および $p_{n0} \leqq p$ のときには，追加情報は意味を持たなくなる。これに対し，経営者の新技術導入の成功の事前の推定値 p の領域が，$p_{nn} < p < p_{n0}$ となるとき，はじめて追加情報の価値が認められるのである。したがって，経営者はこの領域で追加情報を収集する，いわゆる留保戦略（wait or buy）をとるのである。

これが経営者の新技術導入の意思決定過程である。

このとき，われわれは，一般的なかたちでこれ以上最適意思決定政策の詳細について言及するのは困難である。特に，留保戦略（wait or buy）の部分に関してはこれ以上特定化することは困難である。したがって，次に，より限定された具体例で，経営者の新技術導入の最適意思決定行動をみていきたい。

II．最適政策と意思決定の具体例

前節では，経営者の新技術導入に関する意思決定過程を，すなわち，いわゆる留保政策をできる限り一般的なかたちで議論した。しかし，留保戦略に関しては特定化するまでには到らなかった。そこで，ここではより詳細な議論のため，ある特定の具体例の下で前節の議論をより詳細に検討したい。

まず，はじめに，モデルをより特定化するため，先の仮定に従い次のような具体例を考えてみる。p_{nk} は全ての $n=1, 2, 3, \cdots$, $k=0, 1, 2, \cdots, n$ のもとで $h(n, k, p_{nk})=p^a$ を満たすものとする。

かくして，ここに，次のことがいえる。もし，経営者が情報コストの不要な追加情報および情報コストの必要な追加情報をあわせて2単位（n_1+n_2 個）得，そのうち k 個が好ましい情報であり，しかも新技術導入の成功の事前の推定値 p が，p_{nk} かそれ以上であれば，第2ステージで新技術の導入が決定されることになる。また，もし，推定値が，p_{nk} 以下であれば新技術の導入は見送られる。他方，また，経営者が情報コストの不要な追加情報を1単位（n_1 個）得，そのうち k 個が好ましい情報であり，しかも新技術導入の成功の事前の推定値 p が，p_{nk} かそれ以上であれば，第2ステージで新技術の導入が決定されることになる。また，もし推定値が，p_{nk} 以下であれば新技術の導入は見送られる。

このことを前提に，次に，$n_1=2$，$n_1+n_2=3$ のときを考えてみよう。

先の仮定より，$h(2, k, p_{2k})=h(3, k, p_{3k})=p^a$ が成り立つとする。ただし，$k=0, 1, 2, \cdots, n$ とする。このとき，$0<p_{33}=p_{22}<p_{32}<p_{21}<p_{31}<p_{20}=p_{30}<1$ は明らかである[7]。かくして，$p_{22}<p_{21}<p_{20}$ であるので，(6)，(7) 式より次のことを得る。

$$
V^w(p)=\begin{cases}
0 & \text{for} \quad p\in[0,\ p_{22}] \\
\beta q(2,\ 2,\ p)\ V^a(h(2,\ 2,\ p)) & \text{for} \quad p\in[p_{22},\ p_{21}] \\
\beta q(2,\ 2,\ p)\ V^a(h(2,\ 2,\ p)) & \\
\quad +\beta q(2,\ 1,\ p)\ V^a(h(2,\ 1,\ p)) & \text{for} \quad p\in[p_{21},\ p_{20}] \\
\beta V^a(p) & \text{for} \quad p\in[p_{20},\ 1]
\end{cases}
$$

以下，同様に，$h(3,\ k,\ p_{3k})=p^a$ について経営者の成功の事前の推定値の特定化を行う。すると，p_{33}，p_{32}，p_{31}，p_{30} が共に，$h(3,\ k,\ p_{3k})=p^a$，$k=0$，1，2，3を満たすとき，$0<p_{33}=p_{22}<p_{32}<p_{21}<p_{31}<p_{20}=p_{30}<1$ は明らかである。したがって，経営者が情報コストを支払って，追加情報を3個得 (buy)，そのうち k 個が好ましい情報であれば，しかも新技術導入の成功の事前の推定値 p が p_{3k} かそれ以上であれば，第2ステージでの新技術導入は決定される。また，もし事前の推定値が p_{3k} 以下であれば新技術の導入は見送られる。かくして，(6)，(8) 式より次のことを得る。

$$
V^b(p)=\begin{cases}
-K & \text{for} \quad p\in[0,\ p_{33}] \\
\beta q(3,\ 3,\ p)\ V^a(h(3,\ 3,\ p))-K & \text{for} \quad p\in[p_{33},\ p_{32}] \\
\beta q(3,\ 3,\ p)\ V^a(h(3,\ 3,\ p)) & \\
\quad +\beta q(3,\ 2,\ p)\ V^a(h(3,\ 2,\ p))-K & \text{for} \quad p\in[p_{32},\ p_{31}] \\
\beta q(3,\ 3,\ p)\ V^a(h(3,\ 3,\ p)) & \\
\quad +\beta q(3,\ 2,\ p)\ V^a(h(3,\ 2,\ p)) & \\
\quad +\beta q(3,\ 1,\ p)\ V^a(h(3,\ 1,\ p))-K & \text{for} \quad p\in[p_{31},\ p_{30}] \\
\beta V^a(p)-K & \text{for} \quad p\in[p_{30},\ 1]
\end{cases}
$$

このように，2つのステージからなる意思決定問題は上に示したような解をそれぞれ有することになる。そこで，次に，これらの解を比較することによっ

(7)　付録Aを参照

て，留保戦略（wait or buy）のいずれの戦略が経営者にとり最適なのかを検討する。

われわれは，仮定より次のことが成り立つことを知っている。

$p_{22} = p_{33}$: 最上限の拒否基準

$p_{20} = p_{30}$: 最下限の許容基準

ただし，

$p_{22} = p_{33}$: 0 に近い値

$p_{20} = p_{30}$: 1 に近い値

である。

かくして，経営者の新技術導入の成功の事前の推定値が，p_{22} あるいは p_{33} かそれ以下の場合，および p_{20} あるいは p_{30} かそれ以上の場合は，追加情報の数とは無関係に，それぞれ新技術の不採用戦略（reject）および採用戦略（adopt）がとられる。

したがって，ここに，われわれが次に問題とする経営者の事前の推定値，p の領域は，$p_{22} = p_{33} < p < p_{20} = p_{30}$ となる。そして，しかも，この p の領域で，はじめて追加情報の価値が認められるのである。したがって，われわれは経営者がこの領域で留保戦略（wait or buy）のいずれを選択するのかを，すなわち，情報コストなしの追加情報のみで意思決定をするのか，あるいは情報コストをかけてさらに追加情報を得た後意思決定をするのかを見極める必要がある。そこで，先の具体例に言及することでその比較をしたい。

われわれは，$V^w(p) = 0$, $p \in [0, p_{22}]$ および $V^b(p) = -K$, $p \in [0, p_{33}]$ を知っているし，また，$V^w(p) = \beta V^a(p)$, $p \in [p_{20}, 1]$ および $V^b(p) = \beta V^a(p) - K$, $p \in [p_{30}, 1]$ であることを知っている。そこで，われわれが比較しなければならないのは，経営者の新技術の成功の事前の推定値が，p_{32}, p_{21}, p_{31} を

とる場合の経営者の期待利益ということになる。

このとき，簡単化のため，$C=0$，$K=0$ と仮定する。この下で，しかも，様々な事前の推定値がとられたとき，経営者の期待利益を比較すると，$V^w(p_{32})>V^b(p_{32})$，$V^w(p_{21})<V^b(p_{21})$ および $V^w(p_{31})>V^b(p_{31})$ のようになる[8]。

そこで，次にこれを図示すると，Fig. Ⅲ－1（$C=0$，$K=0$）および Fig. Ⅲ－2（$C=0$，$K>0$）を得る。このことから次のことを要約できる。

1．$p_{n0} \leqq p$ のとき，新技術の採用戦略が最適戦略となる。

2．$p \leqq p_{nn}$ のとき，新技術の不採用戦略が最適戦略となる。

3．$p_{nn}<p<p_{n0}$ のとき，留保戦略が最適戦略となる。

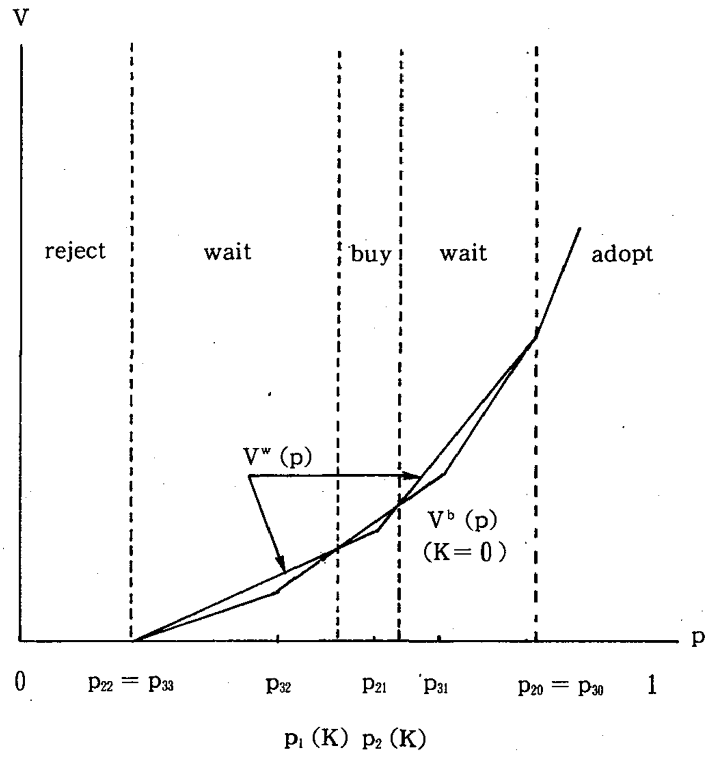

Fig. Ⅲ－1

(8)　付録Bを参照

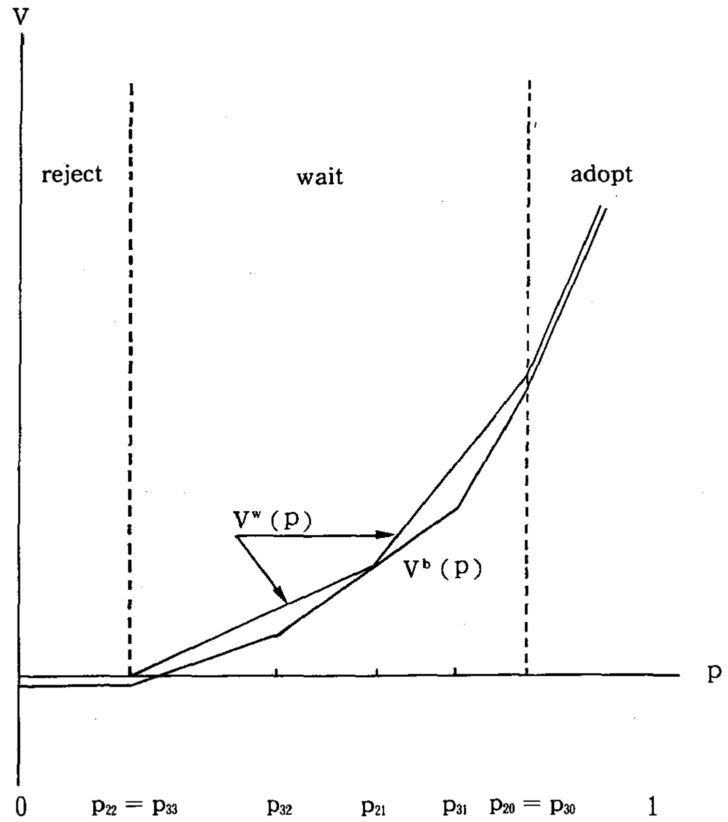

Fig. Ⅲ－2

ただ，3に関しては上の具体例でいえば，最適戦略は情報コストKに依存して決まる。すなわち，Fig.Ⅲ－1にみられるように，情報コストが充分に安価なとき，$p_{nn}<p\leqq p_1(K)$ および $p_2(K)\leqq p<p_{n0}$ で待機戦略が最適となり（wait），$p_1(K)<p<p_2(K)$ で探索戦略が最適となる（buy）。また，他方，情報コストが著しく高価なとき，すなわち，Fig.Ⅲ－2にみられるように，$p_{nn}<p<p_{n0}$ の全ての領域で待機戦略が最適となる（wait）。

このとき，注意すべきことは，事前の推定値pが 0 および 1 に近い場合は即座に意思決定が可能であり，また，他方，事前の推定値pが 0 および 1 より離れている場合は，すなわち，経営者の新技術に対する確信が定かでない場合（極端には $p=½$のような場合），より多くの追加情報を必要とすることがわかる。そして，その際，留保戦略（wait or buy）のいずれの戦略が最適かは情報コストKの値に依存して決まる。

おわりに

本稿では，新技術導入の意思決定に際して予測される留保政策の妥当性をみてきた。そして，およそ経営者は留保政策に沿って意思決定をしていることがわかった。その経営者の意思決定であるが，一般には，新技術に対する確信が明確に持てる場合は，すなわち，p の値がすでに 0 か 1 に近い場合は，追加情報に頼ることなく，即座に決定がなされることが最適となる。このとき，この意味で，情報は価値を持たない。他方，経営者が新技術に対し確信がいまひとつ持てない場合，情報が意思決定において大きな役割を果たす。すなわち，経営者の事前の主観確率 p が追加情報を得て 0 か 1 のどちらかに向かってどのような速度で更新されていくかがこのときの最大の問題となる。したがって，$p=1/2$ のような極端な場合はより多くの追加情報が新技術の性質を見極めるために必要となることは容易に想像できるところである。また，そのような戦略がこのとき最適となる。われわれの結論はこのことを支持している。さらにこのとき，いまひとつ注意すべきことは，情報コスト K の値である。この値によっても最適戦略は異なってくる。すなわち，留保戦略の範囲内で，2つの戦略，待機戦略（wait）と探索戦略（buy）が情報コストの大小によって使い分けられるのである。これらの点もわれわれの分析が支持するところである。

以上が，われわれの得た結論である。

しかし，ここにはいくつかの問題が残されたままである。すなわち，われわれは，経営者の事前の推定値 p が更新される過程をある関数形で代表させた。この関数形は，いわば留保戦略の妥当性を決めてしまうのである。ここでは，好ましい情報の数 k がより多く出現するに連れて，また，初期の事前の推定値 p が高い値を有していればいるほど，新しい事前の推定値 h の値が上昇していくように定義されている。しかし，これに関しては議論の余地があろう。さらにもうひとつは，留保戦略の分析に際しては，戦略選択を一般化することが困難なことから，ここではある特定のケースを想定して問題を解いている。これらの点は今後の課題としたい。

付録 A

$p_{32}<p_{21}<p_{31}$ の証明は次の通りである。

（ｉ）$p_{32}<p_{21}$ の証明

$$h(2,\ 1,\ p_{21}) = p_{21}/2\{p_{21}\theta_1 + (1-p_{21})\theta_2\}$$
$$h(3,\ 2,\ p_{32}) = 2p_{32}/3\{p_{32}\theta_1 + (1-p_{32})\theta_2\}$$

定義より，

$$h(3,\ 2,\ p_{32}) - h(2,\ 1,\ p_{21}) = 0$$
$$2p_{32}/3\{p_{32}\theta_1 + (1-p_{32})\theta_2\} - p_{21}/2\{p_{21}\theta_1 + (1-p_{21})\theta_2\} = 0$$
$$p_{21}p_{32}\theta_1 - p_{21}p_{32}\theta_2 + (4p_{32} - 3p_{21})\theta_2 = 0$$

である。またこのとき，$0<\theta_2<\theta_1$ であるので，かくして，

$$(4p_{32} - 3p_{21})\theta_2 < 0$$
$$p_{32}<p_{21}$$

となる。

（ii）$p_{21}<p_{31}$ の証明

$$h(2,\ 1,\ p_{21}) = p_{21}/2\{p_{21}\theta_1 + (1-p_{21})\theta_2\}$$
$$h(3,\ 1,\ p_{31}) = p_{31}/3\{p_{31}\theta_1 + (1-p_{31})\theta_2\}$$

定義より，

$$h(2,\ 1,\ p_{21}) - h(3,\ 1,\ p_{31}) = 0$$
$$p_{21}/2\{p_{21}\theta_1 + (1-p_{21})\theta_2\} - p_{31}/3\{p_{31}\theta_1 + (1-p_{31})\theta_2\} = 0$$

$$p_{21}p_{31}\theta_1 - p_{21}p_{31}\theta_2 + (3p_{21} - 2p_{31})\theta_2 = 0$$

である。またこのとき，$0<\theta_2<\theta_1$ であるので，かくして，

$$(3p_{21} - 2p_{31})\theta_2 < 0$$
$$p_{21} < p_{31}$$

となる。

付録B

$V^w(p_{32}) > V^b(p_{32})$，$V^w(p_{21}) < V^b(p_{21})$ および $V^w(p_{31}) > V^b(p_{31})$ の証明は次の通りである。

ただし，簡単化のため，$C=0$，$K=0$ を仮定する。このとき，

(i) $p=p_{32}$ のとき

$$V^w(p) = \beta q(2, 2, p)\, V^a(h(2, 2, p))$$
$$V^b(p) = \beta q(3, 3, p)\, V^a(h(3, 3, p))$$
$$h(2, 2, p) = 2p/2\{p\theta_1 + (1-p)\theta_2\}$$
$$h(3, 3, p) = 3p/3\{p\theta_1 + (1-p)\theta_2\}$$
$$q(2, 2, p) = p\theta_1^2 + (1-p)\theta_2^2$$
$$q(3, 3, p) = p\theta_1^3 + (1-p)\theta_2^3$$

かくして，次のことが成り立つ。

$$V^a(h(2, 2, p)) = V^a(h(3, 3, p))$$
$$q(2, 2, p) > q(3, 3, p)$$

したがって，

$$V^w(p) > V^b(p)$$

となる。

（ii）$p = p_{21}$ のとき

$$V^w(p) = \beta q(2, 2, p)\, V^a(h(2, 2, p))$$
$$V^b(p) = \beta q(3, 3, p)\, V^a(h(3, 3, p)) + \beta q(3, 2, p)\, V^a(h(3, 2, p))$$
$$h(2, 2, p) = 2p/2\{p\theta_1 + (1-p)\theta_2\} = H$$
$$h(3, 3, p) = 3p/3\{p\theta_1 + (1-p)\theta_2\} = H$$
$$h(3, 2, p) = 2p/3\{p\theta_1 + (1-p)\theta_2\} = \tfrac{2}{3}\cdot H$$
$$q(2, 2, p) = p\theta_1^2 + (1-p)\theta_2^2$$
$$q(3, 3, p) = p\theta_1^3 + (1-p)\theta_2^3$$
$$q(3, 2, p) = 3\{p\theta_1^2(1-\theta_1) + (1-p)\theta_2^2(1-\theta_2)\} = Q$$

かくして，次のことが成り立つ。

$$V^w(p) - V^b(p)$$
$$= \beta[q(2, 2, p)\, V^a(H) - q(3, 3, p)\, V^a(H) - q(3, 2, p)\, V^a(\tfrac{2}{3}\cdot H)]$$
$$= \beta[\{q(2, 2, p) - q(3, 3, p)\}\, V^a(H) - q(3, 2, p)\, V^a(\tfrac{2}{3}\cdot H)]$$

ところが，

$$q(2, 2, p) - q(3, 3, p)$$
$$= \{p\theta_1^2 + (1-p)\theta_2^2\} - \{p\theta_1^3 + (1-p)\theta_2^3\}$$
$$= \{p\theta_1^2(1-\theta_1) + (1-p)\theta_2^2(1-\theta_2)$$
$$= \tfrac{1}{3}\cdot q(3, 2, p) = \tfrac{1}{3}\cdot Q$$

である。かくして，

$$
\begin{aligned}
&V^w(p) - V^b(p) \\
&= \beta\,[\,1/3\cdot QV^a(H) - QV^a\,(\,2/3\cdot H\,)] \\
&= \beta Q\,[\,1/3\cdot V^a(H) - V^a\,(\,2/3\cdot H\,)]
\end{aligned}
$$

となる。また，

$$
\begin{aligned}
&V^a(H) - 3V^a(\,2/3\cdot H\,) \\
&= \{H\theta_1 + (1-H)\,\theta_2\}\,R_1 + \{H\,(1-\theta_1) + (1-H)(1-\theta_2)\}\,R_0 \\
&\quad -3\,[\{\,2/3\cdot H\theta_1 + (1-2/3\cdot H)\,\theta_2\}\,R_1 \\
&\quad + \{\,2/3\cdot H\,(1-\theta_1) + (1-2/3\cdot H)(1-\theta_2)\}\,R_0] \\
&= \{H\theta_1 + (1-H)\,\theta_2\}\,R_1 + \{H\,(1-\theta_1) + (1-H)(1-\theta_2)\}\,R_0 \\
&\quad -[\{2H\theta_1 + (3-2H)\,\theta_2\}\,R_1 + \{2H\,(1-\theta_1) + (3-2H)(1-\theta_2)\}\,R_0] \\
&= -[\{H\theta_1 + (2-H)\,\theta_2\}\,R_1 + \{H\,(1-\theta_1) + (2-H)(1-\theta_2)\}\,R_0] < 0
\end{aligned}
$$

となる。したがって，

$$
V^w(p) < V^b(p)
$$

となる。

(iii) $p = p_{31}$ のとき

$$
\begin{aligned}
&V^w(p) = \beta q\,(2,\ 2,\ p)\ V^a(h\,(2,\ 2,\ p)) + \beta q\,(2,\ 1,\ p)\ V^a(h\,(2,\ 1,\ p)) \\
&V^b(p) = \beta q\,(3,\ 3,\ p)\ V^a(h\,(3,\ 3,\ p)) + \beta q\,(3,\ 2,\ p)\ V^a(h\,(3,\ 2,\ p)) \\
&h\,(2,\ 2,\ p) = 2p/2\,\{p\theta_1 + (1-p)\,\theta_2\} = H \\
&h(2,\ 1,\ p) = p/2\,\{p\theta_1 + (1-p)\,\theta_2\} = 1/2\cdot H \\
&h\,(3,\ 3,\ p) = 3p/3\,\{p\theta_1 + (1-p)\,\theta_2\} = H
\end{aligned}
$$

$$h(3,\ 2,\ p) = 2p/3\{p\theta_1 + (1-p)\theta_2\} = {}^2\!/_3\cdot H$$
$$q(2,\ 2,\ p) = p\theta_1^2 + (1-p)\theta_2^2$$
$$q(2,\ 1,\ p) = 2\{p\theta_1(1-\theta_1) + (1-p)\theta_2(1-\theta_2)\}$$
$$q(3,\ 3,\ p) = p\theta_1^3 + (1-p)\theta_2^3$$
$$q(3,\ 2,\ p) = 3\{p\theta_1^2(1-\theta_1) + (1-p)\theta_2^2(1-\theta_2)\}$$

かくして，次のことが成り立つ。

$$\begin{aligned}
&V^w(p) - V^b(p)\\
&= \beta[q(2,\ 2,\ p)V^a(H) + q(2,\ 1,\ p)V^a({}^1\!/_2\cdot H)\\
&\quad - q(3,\ 3,\ p)V^a(H) - q(3,\ 2,\ p)V^a({}^2\!/_3\cdot H)]\\
&= \beta[\{q(2,\ 2,\ p) - q(3,\ 3,\ p)\}V^a(H) - q(3,\ 2,\ p)V^a({}^2\!/_3\cdot H)]\\
&\quad + \beta[q(2,\ 1,\ p)V^a({}^1\!/_2\cdot H)]\\
&= \beta Q[{}^1\!/_3\cdot V^a(H) - V^a({}^2\!/_3\cdot H)] + \beta[q(2,\ 1,\ p)V^a({}^1\!/_2\cdot H)]\\
&= -{}^1\!/_3\cdot\beta Q[\{H\theta_1 + (2-H)\theta_2\}R_1 + \{H(1-\theta_1) + (2-H)(1-\theta_2)\}R_0]\\
&\quad + {}^1\!/_2\cdot\beta q(2,\ 1,\ p)[\{H\theta_1 + (2-H)\theta_2\}R_1 + \{H(1-\theta_1)\\
&\quad + (2-H)(1-\theta_2)\}R_0]\\
&= \{{}^1\!/_2\cdot\beta q(2,\ 1,\ p) - {}^1\!/_3\cdot\beta Q\}S\\
&= \beta\{{}^1\!/_2\cdot q(2,\ 1,\ p) - {}^1\!/_3\cdot q(3,\ 2,\ p)\}S
\end{aligned}$$

ただし，

$$S = \{H\theta_1 + (2-H)\theta_2\}R_1 + \{H(1-\theta_1) + (2-H)(1-\theta_2)\}R_0 > 0$$

である。ところが，

$$\begin{aligned}
&3q(2,\ 1,\ p) - 2q(3,\ 2,\ p)\\
&= 3\cdot 2\{p\theta_1(1-\theta_1) + (1-p)\theta_2(1-\theta_2)\}
\end{aligned}$$

$$-2\cdot 3\{p\theta_1^2(1-\theta_1)+(1-p)\theta_2^2(1-\theta_2)\}>0$$

である。かくして，

$$V^w(p)>V^b(p)$$

となる。

参考文献

[1] Balcer, Y. and S. Lippman, "Technological Expectations and Adoptation of Improved Technology," *The Journal of Economic Theory*, Vol.34, No.2, December 1984.

[2] Jensen, R., "Adoptation and Diffusion of an Innovation of Uncertain Profitability," *The Journal of Economic Theory*, Vol.27, No.1, June 1982.

[3] ——————., "Information Cost and Innovation Adoption Policies," *Management Science*, Vol.34, No.2, February 1988.

[4] MaCardole, K., "Information Acquisition and the Adoption of New Technology," *Management Science*, Vol.31, No.11, November 1985.

[5] Reinganum, J., "On the Diffusion of New Technology: A Game Theoretic Approach," *The Review of Economic Studies*, Vol.48, No. 153, July 1981.