

## 論文

## モニタリングによる動機付け

鈴木 孝則\*

## &lt;論文要旨&gt;

本研究では、業績（アウトプット）が検証可能でないためにそれを動機付けの手段として利用できない場合に、努力（インプット）を直接モニターすることにより動機付けを行う方法が有用性をもつ条件をプリンシパル・エイジェント・モデルにもとづいて考察する。

モニタリングのコストが無視できないとすると、委託者が受託者の怠慢を防止しようとしてモニタリングを頻繁に行うならば、必要以上のコストを発生させてしまうかもしれない。一方、モニタリング・コストを節約しようとしてその頻度を少なくすれば、こんどは怠慢を誘発してしまうかもしれない。受託者が利己的な行動をとることを前提として、最小限のコストで怠慢を防止し、委託者に最大の期待効用をもたらすためには、どのような報酬体系（インセンティブ・システム）を設定し、モニタリングの頻度（モニタリング・システム）をどのように設定すればよいだろうか。

本研究では、この問題を定式化するためのモデルを提示し、モデルの解を求め、その挙動を分析してモニタリング・システムの性質を明らかにする。まず、受託者に資産制約がない場合に、受託者の怠慢に対して限りなく大きなペナルティーを課することができるならば、モニタリングにコストがかかる場合でも、委託者は最善解に限りなく近い期待効用を得る可能性のあることを示す。つぎに受託者に資産制約がある場合でも、受託者に有限責任を保証する雇用契約を締結することが相互に有利になることを示す。そして最後に、情報システムの導入により業績が検証可能になる場合でも、情報システムの運用コストが無視できない限り、当該情報システムを用いずに努力のモニタリングによって動機付けを行うほうが有利になる場合が存在することを示す。

## &lt;キーワード&gt;

インセンティブ・システム、有限責任、業績情報、検査コスト、検証可能性、混合戦略、情報システム、努力、ナッシュ均衡、プリンシパル・エイジェント・モデル、報告、モニタリング・システム、リスク中立

1999 年 5 月 受付

1999 年 9 月 受理

\*早稲田大学 大学院博士後期課程 社会科学部 政策科学論専攻

## はじめに

委任関係のもとでは、委託者は何らかの方法で受託者をコントロールすることが必要になる。伊丹 [5] が言うように、「任せて、任せ放しにせず、任せた事柄をよい方向へ導いていく」ためである。通常、このコントロールは受託者を動機付けるという方法によって実行される。たとえば、委託者は受託者に支払う報酬を業績とうまく関連付けることにより、適切な動機付けを行うことができる。しかし、この方法は、業績が検証可能 (verifiable) でないと利用することができない。ここで、ある変数が検証可能であるとは、それが当事者だけでなく (裁判所などの) 第三者も観測可能であり、<sup>1</sup>したがって契約に利用できることをいう。たとえば、企業の製造部門や営業部門の業績は、製造数量や販売数量など、第三者も観測可能とみなせる変数によって測定されることが多い。これに対して、研究開発部門や総務部門、経理部門などの業績は多くの場合、客観的に測定するのが困難であるため、これらの部門では業績と報酬の関係が希薄になる。

本研究では、業績が検証可能でない場合に、受託者の労働投入、すなわち努力 (effort) を委託者が直接モニターすることによって動機付ける方法が有用性をもつ条件を考察する。まず、受託者に資産制約がなく、受託者の怠慢に対して限りなく大きなペナルティーを課することができるならば、モニタリングにコストがかかる場合でも、委託者は最善解<sup>2</sup>に限りなく近い期待効用を得る可能性のあることを示す。つぎに受託者に資産制約がある場合でも、受託者に有限責任を保証する雇用契約を締結することが相互に有利になることを示す。そして最後に、近年の情報技術の進展を背景として、情報システムの導入により業績が検証可能になる場合でも、当該情報システムを用いずに、努力のモニタリングによって動機付けを行うほうが有利になる場合が存在することを示す。

本研究に関連する先行研究としては以下の文献がある。Holmstrom [4] や Harris [3] は、不完全情報下におけるモニタリングとインセンティブの関係をエージェントのリスク態度と関連させながら考察している。また、Sappington [7] は、プリンシパルがリスク中立的なエージェントに有限責任を保証する最適契約を考察している。Strausz [8] は、有限責任を前提として業績情報システムが存在しない場合のモニタリング技術とプリンシパルの期待効用の関係を考察している。本研究では、このように従来個別的に扱われてきたモニタリング・システム、業績情報システム、および有限責任の各要素を総合的に関係付けるインセンティブ・モデルを構築し、その分析結果が提示される。

<sup>1</sup>ここで検証可能性の定義として、当事者間だけでなく、第三者の観測可能性を要請するのは以下の理由による。プリンシパルとエージェントが、当事者間では観測可能であるが第三者は観測不能な変数  $q$  にもとづいて、報酬  $w(q)$  を授受する契約を結んだとする。両者が実際に観測した  $q$  の値が  $q=q_a$  であったとする。このとき、プリンシパルはエージェントに対して不実にも  $q=q_b$  を主張するかもしれない。報酬関数  $w(q)$  が  $w(q_a) > w(q_b)$  であったとすれば、プリンシパルはこれによって報酬の支払額を節約できるからである。このようなプリンシパルの行動に対してエージェントは抗議をし  $q_a$  を主張するだろうが、 $q$  が第三者からは観測不能であるため、この争いに決着をつけられる第三者は存在せず、 $w(q_b)$  という報酬に甘んじることになる。とすれば、エージェントは、事前にこのような事態を予測できるため、プリンシパルが提示する報酬契約を信用しないだろう。そうすると、契約自体が成立しない。 $q$  が第三者から観測可能であったとすれば、プリンシパルのそのような行動に対して、エージェントは  $q=q_a$  を裁判所などの第三者に訴えてその判決を仰ぐことが可能となる。裁判所は、実際には  $q=q_a$  が起こったことを観測できるので、エージェントの主張を認めプリンシパルの主張を斥ける。かくしてエージェントは当初の契約どおり報酬  $w(q_a)$  を受け取ることになる。この場合、プリンシパルの不実な行動は無意味になる。もちろん、エージェントは報酬契約を交わす段階でこのような事態を予測できるため、その時点でプリンシパルが提示する報酬の契約を信用するだろう。

なお、この定義は Baiman [1] によっている。

<sup>2</sup>ここでの最善解は、委託者がコストをかけずに受託者の努力をモニタリングできる場合の最適解を意味する。

## 1. モデル

経営組織における委任関係を想定し、委託者をプリンシパル、受託者をエイジェントとよぶことにし、二人の関係を以下のように想定する。

両者はリスク中立的であり、von Neumann-Morgenstern [9] の期待効用仮説にしたがって行動する。エイジェントは、プリンシパルから努力  $e$  の行使を要求され、努力 1 単位につき  $k$  のコストを負担する。エイジェントの努力水準は  $e=1$  (努力する) か  $e=0$  (努力しない) のいずれかであり、前者を選択する確率は  $\alpha$ 、後者を選択する確率は  $1-\alpha$  である。努力と環境状態の結合結果として生産される業績を  $x$  とする。 $x$  は検証不能と仮定する。 $e=0$  が選択された場合は確実に  $x=0$  となり、 $e=1$  が選択された場合は、確率  $\pi$  で  $x=\bar{x}$  となるが、確率  $1-\pi$  で  $x=0$  となる。

エイジェントは、実際に生起した努力水準について報告 (message)  $m$  をするようプリンシパルから指示される。エイジェントが実際に努力した ( $e=1$ ) 場合は、必ず正直な報告 ( $m=1$ ) を行うが、努力しなかった ( $e=0$ ) 場合は、常に正直に報告 ( $m=0$ ) するとは限らず、確率  $\beta$  で虚偽報告 ( $m=1$ ) を行う。

エイジェントは、報告した後、実際に生起した努力水準に関してプリンシパルから検査 (check)  $c$  を受ける可能性がある。検査が実施された場合には真実の努力水準が明らかになる。プリンシパルは、エイジェントの報告に基づいて、検査を行う ( $c=1$ ) か否 ( $c=0$ ) かを決定する。検査にはコスト  $s$  がかかる。検査は抜き打ち方式で行われ、報告  $m=1$  に対して検査を行う ( $c=1$ ) こともあれば、行わない ( $c=0$ ) こともある。前者の確率は  $\nu$ 、後者の確率は  $1-\nu$  である。ただし、報告が  $m=0$  であるときには、エイジェントは自らの怠慢を告白したことになるので、検査を行うまでもない。もちろん、このような事態の発生はプリンシパルにとって望ましくないもので、これを避けるためにはエイジェントに対してペナルティーを課すことが必要になると思われる。

プリンシパルは、報告  $m$  と検査結果  $n$  に基づいてエイジェントに報酬  $w$  を支払う。検査結果は検証可能であり、 $n=0$  (努力していなかった)、 $n=1$  (努力していた)、 $n=N$  (検査していない) のいずれかである。次の式が成り立つ。

$$w(n=N, m=0, c=0) = w(e=0, m=0, c=0) = w_1 \quad (1)$$

$$w(n=0, m=1, c=1) = w(e=0, m=1, c=1) = w_2 \quad (2)$$

$$\begin{aligned} w(n=N, m=1, c=0) &= w(e=0, m=1, c=0) \\ &= w(e=1, m=1, c=0) = w_3 \end{aligned} \quad (3)$$

$$w(n=1, m=1, c=1) = w(e=1, m=1, c=1) = w_4 \quad (4)$$

1式～4式の各最左辺はプリンシパルが観察可能な変数で、その右辺はエイジェントが観察可能な変数で定義されている。プリンシパルがエイジェントから「努力しなかった」( $m=0$ ) と告白された場合、検査を行わずに ( $c=0$ ) 報酬  $w_1$  を支払う。このとき、言うまでもなく検査の結果は存在しない ( $n=N$ ) (1式)。プリンシパルが報告の真偽を確かめるために検査を行い ( $c=1$ )、その結果、虚偽報告をしていたことが明らかになった ( $n=0$ ) 場合は、報酬は  $w_2$  になる (2式)。プリンシパルがエイジェントから「努力した」( $m=1$ ) という報告を受けたが、報告の真偽を確かめるための検査を行わない ( $c=0$ ) ときは、努力がなされたか否かが不明であるため、その如何を問わず報酬  $w_3$  を支払う (3式)。プリンシパルがエイジェントから「努

力した」( $m=1$ )という報告を受けた場合に、報告の真偽を確かめるために検査を行い( $c=1$ )、真実の報告をしていたことが明らかになった( $n=1$ )場合、報酬は $w_4$ になる(4式).<sup>3</sup>

エイジェントの努力に対するコスト関数を $g(\cdot)$ 、報酬に対する効用(Utility)関数を $U(\cdot)$ とすると、リスク中立を仮定しているから、

$$U(w - g(e)) = w - g(e) = w - ek$$

となる。エイジェントは競争的な労働市場に直面しており、その留保効用(reservation Utility)を $\bar{U}$ とする。したがって、 $EU \geq \bar{U}$ のとき、<sup>4</sup>エイジェントはプリンシパルが提案する契約に応じる。このとき、エイジェントの期待報酬(Expected wage) $EW$ は次のようになる。<sup>5</sup>

$$\begin{aligned} EW &= \sum_{i_e=0}^1 \sum_{i_m=0}^1 \sum_{i_c=0}^1 \Pr(c=i_c \mid m=i_m) \Pr(m=i_m \mid e=i_e) \Pr(e=i_e) w(e=i_e, m=i_m, c=i_c) \\ &= (-1+\alpha)(-1+\beta)w_1 - (-1+\alpha)\beta(\nu w_2 + w_3 - \nu w_3) + \alpha(w_3 - \nu w_3 + \nu w_4) \end{aligned}$$

したがって、エイジェントの期待効用 $EU$ は次のように定式化される。

$$\begin{aligned} EU &= EW - \sum_{i_e=0}^1 \Pr(e=i_e) i_e k \\ &= (1-\beta)w_1 + \beta(\nu w_2 + w_3 - \nu w_3) \\ &\quad - \alpha(k + w_1 - \beta w_1 + \beta \nu w_2 - w_3 + \beta w_3 + \nu w_3 - \beta \nu w_3 - \nu w_4) \end{aligned}$$

プリンシパルの所得に対する効用関数は $Z(\cdot) = \cdot$ であり、<sup>6</sup>期待効用 $EZ$ は次のように定式化される。

$$\begin{aligned} EZ &= -EW - \sum_{i_e=0}^1 \sum_{i_m=0}^1 \sum_{i_c=0}^1 \Pr(c=i_c \mid m=i_m) \Pr(m=i_m \mid e=i_e) \Pr(e=i_e) i_c s \\ &\quad + \sum_{i_e=0}^1 \sum_{i_x=0}^1 \Pr(x=i_x \bar{x} \mid e=i_e) \Pr(e=i_e) i_x \bar{x} \\ &= -w_1 - \beta(\nu s - w_1 + \nu w_2 + w_3 - \nu w_3) \\ &\quad + \alpha(w_1 - \beta w_1 - w_3 + \beta w_3 + \nu(-s + \beta s + w_2 + w_3 - \beta w_3 - w_4) + \pi \bar{x}) \end{aligned}$$

かくして、 $k$ ,  $\bar{U}$ ,  $s$ ,  $\pi$ ,  $\bar{x}$ を所与として、プリンシパルは $EZ$ を最大にするように $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$ ,  $w_4$ ,  $\nu$ を選択し、エイジェントは $EU$ を最大にするように $\alpha$ ,  $\beta$ を選択することが両者の決定問題となる。

<sup>3</sup>報酬を定義するそれ以外の組み合わせが存在しないことは容易に確認される。

<sup>4</sup> $E$ は期待値の演算を表す。以下同様。

<sup>5</sup> $\Pr(\cdot)$ はカッコ内の事象が成立する確率を表す。

<sup>6</sup> $Z(\cdot) = \cdot$ とは、収入が $\cdot$ のとき効用が $Z(\cdot)$ であることを表す。

## 2. 分析

最初に、後段での考察に備えてベンチマークとして、プリンシパルがエイジェントの努力水準をコストをかけずに検査（観測）できる場合に成立する最善解のパフォーマンスを求めておこう。その場合、次の命題が成り立つ。

**命題1** プリンシパルがエイジェントの努力水準をコストをかけずに検査（観測）できる場合、すなわち  $s=0$  の場合、プリンシパルの期待効用は

$$EZ^* \equiv \pi \bar{x} - k - \bar{U} \quad (5)$$

となる。<sup>7</sup>

プリンシパルがエイジェントの努力をコストをかけずに検査できる場合には、努力しなかった場合のペナルティーを適切に<sup>8</sup> 設定すれば、常に  $e=1$  の努力水準を引き出すことができる。このとき期待業績は  $\pi \bar{x}$  となり、エイジェントには留保効用  $\bar{U}$  と努力の負効用  $k$  をちょうど補償するだけの報酬が支払われる。したがって、残余  $\pi \bar{x} - k - \bar{U}$  がプリンシパルの取り分となる。これが5式である。

つぎに、努力の検査に一定のコスト ( $s>0$ ) がかかる場合を考察しよう。この場合、検査の頻度が多すぎれば必要以上にコストがかかり、逆に頻度が少なすぎればエイジェントの怠慢を許すことになる。そのため、最小限の期待検査コストで怠慢を防止するしくみを見いださなくてはならない。したがって、プリンシパルが解くべき問題は、エイジェントの努力を引き出す動機付け条件を満たしつつ、自己の期待効用を最大にする検査頻度と報酬体系（インセンティブ・システム）を設計することと定義される。これは、混合戦略に拡大された戦略空間におけるナッシュ均衡を求める問題であり、その解が必ず存在することはNash [6] により証明されている。具体的には、Gibbons [2] にならって、プリンシパルとエイジェントが各自の戦略変数に関して無差別となるような集合のなかから、プリンシパルの期待効用を最大にする部分集合を識別することによって解が求められる。その結果、次の命題が成り立つ。

**命題2** プリンシパルが動機付けのしくみから得る期待効用の上限は、最善解の水準  $EZ^*$  である。この上限未満の任意の期待効用は、

$$\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{U} \\ k + \bar{U} - s + \varepsilon - \frac{k_s}{\varepsilon} \\ k + \bar{U} + \varepsilon \\ k + \bar{U} - s + \varepsilon \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} \bar{U} \\ -\infty \\ k + \bar{U} \\ k + \bar{U} - s \end{bmatrix}, (\varepsilon \rightarrow 0) \quad (6)$$

というインセンティブ・システムにおいて、

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \nu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \frac{\varepsilon}{s} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, (\varepsilon \rightarrow 0) \quad (7)$$

<sup>7</sup> 証明は付録を参照のこと。

<sup>8</sup> たとえば  $w=0$ 。

という均衡で達成することが可能である。このとき期待効用は、

$$\begin{bmatrix} EU \\ EZ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{U} \\ -k - \bar{U} - \varepsilon + \pi \bar{x} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} \bar{U} \\ -k - \bar{U} + \pi \bar{x} \end{bmatrix}, (\varepsilon \rightarrow 0) \quad (8)$$

となる。ここに  $\varepsilon$  は、十分に小さな任意の正数である。<sup>9</sup>

プリンシパルは、6式で表されるインセンティブ・システムを利用できるならば、確率  $\nu = \frac{\varepsilon}{s}$  で検査を行うことによって、常に  $e=1$  の努力水準を引き出すことができる。このとき、期待効用  $EZ$  は最善解の水準  $EZ^*$  よりも  $\varepsilon$  だけ低下する。この検査確率  $\nu = \frac{\varepsilon}{s}$  はいくらでもゼロに近づけることができ、それに伴って期待効用は  $EZ^*$  に限りなく近づく。<sup>10</sup>

ただし、その場合、インセンティブ・システムの極限  $\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} w_2 = -\infty$  からわかるように、エイジェントの怠慢を完全に防止するには、虚偽報告に対して限りなく大きなペナルティーを課す契約を締結しなければならない。これはエイジェントに無限の資産保有を要求することに等しい。そのような無限責任の追及は、あまり現実的ではない。また、そのように厳しい罰則の適用は、現実には法的制約もあり、実行可能でないことが多い。

そこでつぎに、エイジェントに有限責任を保証して、ペナルティーが現実的な値  $p$  に制限される ( $w_2 \geq p$ ) という制約条件を加えたときに、プリンシパルの期待効用がどのようなかを検討しよう。次の命題が成り立つ。

**命題3** 有限ペナルティーを  $p=0$  とした場合、<sup>11</sup> プリンシパルの期待効用は、最善解の水準  $EZ^*$  を

$$\frac{-k - \bar{U} + s + \sqrt{4ks + (k + \bar{U} - s)^2}}{2} \quad (9)$$

だけ下回る。このとき、

$$\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{U} \\ 0 \\ \frac{k + \bar{U} + s + \sqrt{4ks + (k + \bar{U} - s)^2}}{2} \\ \frac{k + \bar{U} - s + \sqrt{4ks + (k + \bar{U} - s)^2}}{2} \end{bmatrix} \quad (10)$$

というインセンティブ・システムにおいて、

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \nu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \frac{-k - \bar{U} + s + \sqrt{4ks + (k + \bar{U} - s)^2}}{2s} \end{bmatrix} \quad (11)$$

という均衡が達成される。このときの期待効用は、

<sup>9</sup> 証明は付録を参照のこと。

<sup>10</sup> しかし、検査確率がゼロになれば、間違いなく怠慢が誘発される。

<sup>11</sup> エイジェントの有限責任を前提とする場合、ペナルティーにはこれ以外にさまざまな値を設定することができる。なお、制約条件  $w_2 \geq p$  が必ず等式で成立することは自明である。

$$\begin{bmatrix} EU \\ EZ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{U} \\ \frac{-k - \bar{U} - s - \sqrt{4ks + (k + \bar{U} - s)^2}}{2} + \pi\bar{x} \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} EU_1 \\ EZ_1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

となる。<sup>12</sup>

$w_2=0$  という有限責任を保証する場合、インセンティブ・システムを6式から10式に変更すると同時に、検査を

$$\nu = \frac{-k - \bar{U} + s + \sqrt{4ks + (k + \bar{U} - s)^2}}{2s}$$

という確率で行うことが必要となる。これによって、プリンシパルは、常に  $e=1$  の努力水準を引き出すことができる。しかし、プリンシパルの期待効用は  $EZ^*$  から9式で表される分だけ低下する。この差は、プリンシパルがエイジェントに有限責任を保証するコストと考えることができるであろう。 $s=0$  であれば、9式はゼロになり、 $EZ=EZ^*$  となることは容易に確認される。

ところで、検査コスト  $s$  を負担する経済主体は誰であろうか。検査コストを負担する経済主体は誰かという問題を明らかにするためには、まず負担とは何かという問題を考察する必要がある。検査コストのための支払いを行うことを負担とよぶならば、負担者はプリンシパルとなるだろう。ところが、検査を受けたときの報酬と検査を受けなかったときの報酬の差額<sup>13</sup>を負担とよぶならば、結果的に負担者は検査を受けたエイジェントということになるだろう。実際、命題2と命題3のいずれにおいても  $w_3-w_4$  の値が  $s$  に等しいことがわかる。後者の定義を採用する場合、エイジェント側が検査コストを負担しなければならないのは、均衡においてはエイジェントが自らすすんで検査を受けるという自己規制をすることによって、自分がプリンシパルの利益を害する意図のないことを表明する必要があるからと解釈できる。

次の議論に入る前に、検査確率  $\nu$  が検査コスト  $s$  に対してどのように変化するかについての分析結果を示しておこう。 $\nu$  を  $s$  で偏微分すると、

$$\frac{\partial \nu}{\partial s} = \frac{(k + \bar{U})\sqrt{4ks + (k + \bar{U} - s)^2} - (k + \bar{U})^2 - s(k - \bar{U})}{2s^2\sqrt{4ks + (k + \bar{U} - s)^2}} \quad (13)$$

となるが、 $\bar{U} > k$  とすれば、13式は

$$s \geq \frac{(k + \bar{U})^2}{\bar{U} - k} \equiv s^* \quad (14)$$

なる  $s$  において非負となる。したがって、検査コストが一定値  $s^*$  以上であれば、検査コストを低減させることによって検査頻度も減少させられることが確認される。この結果は、エイジェント側が検査コストを負担する必要のあることと密接な関連がある。前述のように  $w_3-w_4$  の値は検査コスト  $s$  に等しいため、検査コストが小さくなるほど  $w_4$  は  $w_3$  に近づく。このことは、検査コストが小さくなるほど、エイジェントが検査で怠慢（努力しなかったこと）が暴露する

<sup>12</sup> 証明は付録を参照のこと。

<sup>13</sup> ともにエイジェントは努力をしているものと想定する。

危険を冒した上で  $w_3 > w_4$  なる報酬  $w_3$  を追求することの相対的な価値が小さくなることを表している。このようにして、検査コストが小さくなるほど努力をすることの相対的な価値が高まるため、エイジェントはすすんで努力をするようになり、その分だけ検査頻度を減らせるようになると考えられる。つぎに、期待効用  $EZ$  の  $s$  に対する変化を調べると、

$$\frac{\partial}{\partial s} EZ = \frac{1}{2} \left( \frac{-k + \bar{U} - s}{\sqrt{4ks + (k + \bar{U} - s)^2}} - 1 \right)$$

となるから、 $s > \bar{U}$  のとき  $\frac{\partial}{\partial s} EZ < 0$  となる。ところが  $s^* > \bar{U}$  であるから、結局、検査コストが  $s \geq s^*$  であれば、検査コストを低減させることによって、検査頻度を減少させるとともにプリンシパルの期待効用を高められるような  $s^*$  が存在することがわかる。

最後に、情報技術の進展を背景として、情報システムの導入により検証可能な業績情報が得られると仮定した場合に、動機付け手段としてのモニタリング・システムと業績情報システムの優位性を比較しよう。

プリンシパルは情報システムをコスト  $t$  で運用することにより、検証可能な業績情報  $x$  を得ることができるものとする。このとき、エイジェントへの報酬  $w$  を、 $x = \bar{x}$  の場合には、

$$w = \frac{k}{\pi} + \bar{U}$$

$x=0$  の場合には、

$$w = \bar{U}$$

と設定するならば、エイジェントの期待効用は、努力する場合もしない場合も等しく  $EU = \bar{U}$  となることが容易に確かめられる。また、この期待効用の値は参加条件をみたしているから、エイジェントは契約に応じたうえで、努力水準の決定についてはこれをプリンシパルにゆだねることができる。そこで、プリンシパルが期待効用  $EZ$  を最大にするために  $e=1$  の努力水準を選択するならば、期待効用は  $EZ = \pi \bar{x} - t - k - \bar{U} \equiv EZ^{**}$  となる。<sup>14</sup> 情報システムの運用コスト  $t$  がゼロの場合、 $EZ^{**}$  は最善解の水準  $EZ^*$  に等しくなる<sup>15</sup>から、 $EZ^{**}$  はプリンシパルが情報システムから得られる最大の期待効用であることがわかる。

ここで、有限責任を前提としたモニタリング・システムから得られる期待効用  $EZ_1$  と  $EZ^{**}$  との差をとると、

$$EZ_1 - EZ^{**} = \frac{1}{2} \left( k + \bar{U} - s - \sqrt{4ks + (k + \bar{U} - s)^2} \right) + t \equiv \Delta EZ \quad (15)$$

となる。この  $\Delta EZ$  は、

$$s \leq \frac{t}{t+k} (t+k+\bar{U}) \equiv s^{**} \quad (16)$$

のとき非負となることが容易に確かめられる。また、 $t$  がゼロでない限り  $s^{**}$  は正となり、したがって16式を満たす正の  $s$  が必ず存在することがわかる。以上より次の命題が得られる。

**命題4** 情報システムの導入によって検証可能な業績情報が得られる場合でも、その運用コス

<sup>14</sup> 実際、生産量  $x = \bar{x}$  が十分に大きいとき、 $EZ^{**} > 0 \geq -t - \bar{U} = EZ(e=0)$  となる。

<sup>15</sup> 両者の一致性は、エイジェントのリスク中立性の仮定から生じる。



トが無視できない以上、検査コスト  $s$  を一定の値  $s^{**}$  以下に引き下げることができるならば、業績情報システムではなくモニタリング・システムを用いるほうが有利となるような  $s^{**}$  が存在する。■

この命題より、情報技術の進展を背景として、情報システムの導入で業績が検証可能になる場合でも、一概にモニタリング・システムを否定して業績情報システムによる動機付けに移行するのは早計であることがわかる。どちらのシステムを採用すべきかは、情報システムの運用コストとモニタリング・コストの大小関係に依存するからである。

### 3. 例証

数値例を使って前節までの議論を例証しておこう。まず、努力の検査にコストがかからないケースを検討する。所与の変数を

$$\begin{bmatrix} k \\ \bar{U} \\ s \\ \pi \\ \bar{x} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ 10 \\ 0 \\ 0.6 \\ 300 \end{bmatrix}$$

とすると、5式から最善解におけるプリンシパルの期待効用は

$$EZ^* = 165$$

となる。また、このときエイジェントに支払われる報酬は

$$w = 15$$

となる。<sup>16</sup>

次に、努力の検査に一定のコストがかかるケースを検討する。前例では検査コスト  $s$  をゼロとしたが、ここでは  $s=50$  に変更し、所与の変数を

$$\begin{bmatrix} k \\ \bar{U} \\ s \\ \pi \\ \bar{x} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ 10 \\ 50 \\ 0.6 \\ 300 \end{bmatrix}$$

とする。このとき6式、7式、8式から、

<sup>16</sup> 最善解における報酬を求める式については付録を参照のこと。

$$\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ -35 + \varepsilon - \frac{250}{\varepsilon} \\ 15 + \varepsilon \\ -35 + \varepsilon \end{bmatrix}$$

というインセンティブ・システムにおいて

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \nu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \frac{\varepsilon}{50} \end{bmatrix}$$

という均衡が達成可能であり，期待効用は

$$\begin{bmatrix} EU \\ EZ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 165 - \varepsilon \end{bmatrix}$$

となる．ここに  $\varepsilon$  は任意の正数であったから，これを限りなくゼロに近づけると

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ -\infty \\ 15 \\ -35 \end{bmatrix}$$

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \nu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \begin{bmatrix} EU \\ EZ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 165 \end{bmatrix}$$

となり，プリンシパルは虚偽報告に対して限りなく大きなペナルティ ( $w_2 = -\infty$ ) を課すことにより，最善解の水準 ( $EZ^* = 165$ ) に限りなく近い期待効用を得ることがわかる．

次に，エイジェントの有限責任を保証するケースを検討する．所与の変数を前例と同じ

$$\begin{bmatrix} k \\ \bar{U} \\ s \\ \pi \\ \bar{x} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ 10 \\ 50 \\ 0.6 \\ 300 \end{bmatrix}$$

とし、ペナルティを有限値  $p=0$  に制限する。このとき 10 式, 11 式, 12 式から,

$$\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{bmatrix} \doteq \begin{bmatrix} 10 \\ 0 \\ 56.08495 \\ 6.084953 \end{bmatrix}$$

というインセンティブ・システムにおいて

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \nu \end{bmatrix} \doteq \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0.821699 \end{bmatrix}$$

という均衡が達成可能であり, 期待効用は

$$\begin{bmatrix} EU_1 \\ EZ_1 \end{bmatrix} \doteq \begin{bmatrix} 10 \\ 123.915 \end{bmatrix}$$

となる。たしかに, プリンシパルの期待効用は最善解の水準を

$$EZ^* - EZ_1 \doteq 165 - 123.915 = 41.085$$

だけ下回っていることがわかる。この差が, プリンシパルがエイジェントに有限責任を保証するコストである。

ところで, エイジェントが, 努力をしないでこれを正直に「努力しなかった」と告白する戦略をとるならば, 期待効用  $EU(\alpha=0, \beta=0)$  は,

$$\begin{aligned} EU(\alpha=0, \beta=0) \\ &= w_1 - (0)(k) \\ &= 10 - (0)(5) \\ &= 10 \end{aligned}$$

となる。また, エイジェントが, 努力をしないでこれを偽って「努力した」と報告する戦略をとるならば, 期待効用  $EU(\alpha=0, \beta=1)$  は,

$$\begin{aligned}
& EU(\alpha=0, \beta=1) \\
& = (\nu)(w_2) + (1-\nu)(w_3) - (0)(k) \\
& \doteq (0.821699)(0) + (1-0.821699)(56.08495) - (0)(5) \\
& \doteq 10
\end{aligned}$$

となる。さらに、エイジェントが、努力をして正直に「努力した」と報告する戦略をとるならば、期待効用  $EU(\alpha=1)$  は、

$$\begin{aligned}
& EU(\alpha=1) \\
& = (\nu)(w_4) + (1-\nu)(w_3) - (1)(k) \\
& \doteq (0.821699)(6.084953) + (1-0.821699)(56.08495) - (1)(5) \\
& \doteq 10
\end{aligned}$$

となる。したがって、エイジェントがこれら三つの戦略をどのような確率で組み合わせた戦略をとるとしても、期待効用は常に 10 という一定値をとることがわかる。これは、まさに、エイジェントの戦略変数である  $\alpha$  と  $\beta$  に関して無差別であることを表している。したがって、プリンシパルは、本来エイジェントの戦略変数である  $\alpha$  を任意の値に設定するようエイジェントに指示することができる。プリンシパルにとって最も好ましい  $\alpha$  は  $\alpha=1$  であるから、彼は  $\alpha=1$  を指示し、エイジェントはこれを断る理由がないから、これに従う。その結果、17式で表される均衡が成り立つのである。なお、エイジェントが、努力をした後にこれを偽って「努力しなかった」と報告する戦略をとる場合、期待効用  $EU$  は、

$$\begin{aligned}
& EU \\
& = w_1 - (1)(k) \\
& = 10 - 5 \\
& = 5 \\
& < 10
\end{aligned}$$

となる。したがって、このような戦略をとることはあり得ない。

ここで、13式以下に示される検査コスト  $s$  と 検査頻度  $\nu$  の関係を例証しておこう。検査コストの変化が検査頻度に及ぼす影響をみるために、前例で用いた所与変数（以下、所与変数  $A$  とよぶ）

$$\begin{bmatrix} k \\ \bar{U} \\ s \\ \pi \\ \bar{x} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ 10 \\ 50 \\ 0.6 \\ 300 \end{bmatrix}$$

のほかに、検査コスト  $s$  値を 50 から 60 に増加させた所与変数（以下、所与変数  $B$  とよぶ）

$$\begin{bmatrix} k \\ \bar{U} \\ s \\ \pi \\ \bar{x} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ 10 \\ 60 \\ 0.6 \\ 300 \end{bmatrix}$$

を用意する．所与変数  $B$  においては，10式，11式，12式から，

$$\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{bmatrix} \div \begin{bmatrix} 10 \\ 0 \\ 65.89454 \\ 5.894542 \end{bmatrix}$$

というインセンティブ・システムにおいて

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \nu \end{bmatrix} \div \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0.848242 \end{bmatrix}$$

という均衡が達成可能であり，期待効用は

$$\begin{bmatrix} EU_1 \\ EZ_1 \end{bmatrix} \div \begin{bmatrix} 10 \\ 114.106 \end{bmatrix}$$

となる．所与変数  $A$  においても  $B$  においても，検査コスト  $s$  は14式で表される関係

$$s \geq s^* = 45$$

を満たしており，したがって，検査コスト  $s$  が 60 から 50 に低減するにつれて，検査頻度  $\nu$  が 0.848242 から 0.821699 に減少していることがわかる．さらに，それにともなってプリンシパルの期待効用が 114.106 から 123.915 に増加していることも確かめられる．

最後に，情報システムの導入によって検証可能な業績情報が得られる場合でも，業績情報システムではなくモニタリング・システムを用いるほうが有利になる場合があることを例証しよう．再び所与変数  $A$  を前提とし，情報システムの運用コストを  $t=45$  とする．このとき16式から，モニタリング・システムを用いるほうが有利となる検査コストの範囲が

$$s \leq s^{**} = 54$$

となるため， $s=50$  である本ケースにおいては情報システムではなくモニタリング・システムを用いるべきであることがわかる．実際，モニタリング・システムから得られる期待効用  $EZ_1$  と情報システムから得られる期待効用  $EZ^{**}$  の差を15式から計算すると，

$$EZ_1 - EZ^{**} \doteq 3.915$$

となり、モニタリング・システムが有利であることが確かめられる。

## まとめ

本論文では、業績が検証可能でない場合に、受託者の努力を直接に観測すること（モニタリング）を通じて、受託者を動機付ける方法を考察した。その結果、たとえ業績が検証可能でない場合であっても、委託者は、モニタリング・システムとインセンティブ・システムを適切に組み合わせることにより、良好な期待業績が得られることを示した。また、怠慢に対するペナルティーを厳しくするにしたがって、限りなく最善解に近い水準のパフォーマンスを獲得できることを示した。しかし、ペナルティーが過度に厳しい場合には、受託者は、（たとえ留保効用が保証されていても）ペナルティーを受けることをおそれて、契約に応じないかもしれない。そこで、有限責任を保証する雇用契約の特性を分析した。次に、情報システムの導入によって業績が検証可能となる場合に、業績情報を通じて委託者を動機付ける方法を考察した。その結果、情報システムの運用コストが無視できないと仮定するならば、モニタリングによる動機付けのほうが、業績情報を通じた動機付けよりも有利になる場合が存在することを示した。

## A. 付録

### A.1 命題1の証明

コストをかけずに検査できるとすれば、プリンシパルは無条件検査（ $\nu=1$ ）によって確実にエイジェントの努力水準を知ることができる。したがって、怠慢に対するペナルティーを適切に設定すれば、報酬  $w$  を報告  $m$  に関連付けるまでもなく、エイジェントの怠慢を防止することができる。ゆえに、プリンシパルが解くべき問題は

$$\begin{aligned} \max_w Z &= -w + x \\ \text{s.t. } U &= w - ek \geq \bar{U} \end{aligned} \quad (17)$$

となる。17式の参加条件は当然に等号で成り立つから、これを目的関数式に代入すると、

$$\max_w Z = -ek - \bar{U} + x$$

となる。ここで  $e=0$  のとき  $Z=-\bar{U}$  となり、 $e=1$  のとき  $Z=-k-\bar{U}+\pi\bar{x}$  となるから、 $\pi\bar{x}$  が十分に大きいとすれば、目的関数を最大にする  $e$  は  $e=1$  となる。このとき、17式の参加条件より  $w=k+\bar{U}$  となる。 ■

### A.2 命題2の証明

エイジェントが確率  $\alpha$  について無差別になる条件は、

$$\frac{\partial}{\partial \alpha} EU = 0$$

である。具体的には、

$$\nu(\beta(w_3-w_2)+w_4-w_3)+(1-\beta)(w_3-w_1)-k=0$$

となる。エージェントが確率  $\beta$  について無差別になる条件は、

$$\frac{\partial}{\partial \beta} EU=0$$

である。具体的には、

$$(1-\alpha)(\nu(w_2-w_3)+(w_3-w_1))=0$$

となる。プリンシパルが確率  $\nu$  について無差別になる条件は、

$$\frac{\partial}{\partial \nu} EZ=0$$

である。具体的には、

$$\beta(1-\alpha)(w_3-w_2-s)+\alpha(w_3-w_4-s)=0$$

となる。これらを解いて、

$$\begin{bmatrix} k \\ \nu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{(w_3-w_1)(w_4-w_2)}{w_3-w_2} \\ \frac{w_3-w_1}{w_3-w_2} \end{bmatrix} \quad (18)$$

$$\beta = \frac{\alpha(-w_3+w_4+s)}{(1-\alpha)(w_3-w_2-s)} \quad (19)$$

$$\begin{bmatrix} EU \\ EZ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 \\ -w_1 + \alpha \left( -\frac{(w_3-w_1)(w_4-w_2)}{w_3-w_2-s} + \pi \bar{x} \right) \end{bmatrix} \quad (20)$$

を得る。確率  $\alpha$  は本来エージェントの決定変数であるが、以上の条件が成立すればエージェントは確率  $\alpha$  に無差別になるため、プリンシパルにこの決定をゆだねることができる。とすれば、プリンシパルは期待効用  $EZ$  を最大にするように確率  $\alpha$  を決定する。生産量  $\bar{x}$  が十分に大きく、したがって  $\pi \bar{x}$  が十分に大きいとき、 $EZ$  における  $\alpha$  の係数は正となり  $EZ$  は  $\alpha=1$  で最大となる。このとき 19 式から報酬体系には  $w_4=w_3-s$  なる関係が成立し、<sup>17</sup>参加条件を前提とすれば期待効用は、20 式から

$$\begin{bmatrix} EU \\ EZ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{U} \\ -w_3 + \pi \bar{x} \end{bmatrix} \quad (21)$$

となる。一方、検査確率は 18 式から  $\nu = \frac{w_3-k-\bar{U}}{s}$  となるが、 $0 < \nu \leq 1$  であるから、

<sup>17</sup> $\alpha=1$ を19式に代入すると、左辺の分母がゼロとなる。ここで  $\beta$  が有限な値をとるためには、分子がゼロである必要がある。この条件から  $w_4=w_3-s$  なる関係が導かれる。また、このとき  $\beta$  の値は有限不定値となるため厳密には  $\beta=\beta \in [0,1]$  とすべきであろうが、このような厳密な表現を用いなくとも議論の本質には影響を与えない。議論を見通し良く展開するために、本文では均衡解を  $\beta=0$  によって代表させている。

$k + \bar{U} < w_3 \leq k + \bar{U} + s$  を得る. プリンシパルはこの範囲から  $w_3$  を決定しなければならないが, 21式から,  $w_3$  は小さいほど好ましいことがわかる. そこで,  $0 < \varepsilon \leq s$  を満たす十分小さな任意の正数  $\varepsilon$  を考え,  $w_3 = k + \bar{U} + \varepsilon$  とおくと, 命題2の6式以下に示した結論を得る. ■

### A.3 命題3の証明

命題2の証明と同様にして, エージェントとプリンシパルがそれぞれの戦略について無差別となる条件により,

$$\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{U} \\ \frac{w_3^2 - (k + \bar{U} + s)w_3 + s\bar{U}}{w_3 - k - \bar{U}} \\ w_3 \\ w_3 - s \end{bmatrix} \quad (22)$$

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \nu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \frac{w_3 - k - \bar{U}}{s} \end{bmatrix} \quad (23)$$

$$\begin{bmatrix} EU \\ EZ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{U} \\ -w_3 + \pi \bar{x} \end{bmatrix} \quad (24)$$

なる均衡を得る. ここで  $w_2 = 0$  とすれば, 22式の第二式から

$$w_3 = \frac{k + \bar{U} + s + \sqrt{4ks + (k + \bar{U} - s)^2}}{2}$$

となる. これを 22式, 23式, 24式に代入すると

$$\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{U} \\ 0 \\ \frac{k + \bar{U} + s + \sqrt{4ks + (k + \bar{U} - s)^2}}{2} \\ \frac{k + \bar{U} - s + \sqrt{4ks + (k + \bar{U} - s)^2}}{2} \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \nu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \frac{-k - \bar{U} + s + \sqrt{4ks + (k + \bar{U} - s)^2}}{2s} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} EU \\ EZ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{U} \\ \frac{-k - \bar{U} - s - \sqrt{4ks + (k + \bar{U} - s)^2}}{2} + \pi \bar{x} \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} EU_1 \\ EZ_1 \end{bmatrix}$$

となり、したがって、プリンシパルの期待効用は最善解の水準  $EZ^*$  よりも

$$EZ^* - EZ_1 = \frac{-k - \bar{U} + s + \sqrt{4ks + (k + \bar{U} - s)^2}}{2}$$

だけ小さくなる。 ■

## 謝 辞

本論文は第8回日本管理会計学会全国大会における自由論題報告に加筆したものです。なお、本論文作成にあたり、早稲田大学佐藤紘光教授より懇切なご指導をいただきました。また、レフェリーの先生方からは論文改善のための有益なご助言をいただきました。ともに、心より御礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] Baiman, S.: Agency Research in Managerial Accounting: A Second Look, *Accounting, Organization and Society*, (1990), 341-371.
- [2] Gibbons, R.: *Game Theory for Applied Economists*, Princeton University Press, 1992, (福岡正夫, 須田伸一訳: 『経済学のためのゲーム理論入門』, 創文社, 1995).
- [3] Harris, M. and A.Raviv.: Optimal Incentive Contracts with Imperfect Information, *Journal of Economic Theory*, (1979), 231-259.
- [4] Holmstrom, B.: Moral Hazard and Observability, *Bell Journal of Economics*, (1979), 74-91.
- [5] 伊丹敬之: 『マネジメント・コントロールの理論』, 岩波書店, 1986.
- [6] Nash, J.: Equilibrium Points in n-Person Games, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, (1950), 48-49.
- [7] Sappington, D.: Limited Liability Contracts between Principal and Agent, *Journal of Economic Theory*, (1983), 1-21.
- [8] Strausz, R.: Delegation of Monitoring in a Principal-Agent Relationship, *Review of Economic Studies*, (1997), 337-357.
- [9] von Neumann, J. and O.Morgenstern.: *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, 1943, (銀林浩, 橋本和美, 宮本敏雄監訳: 『ゲームの理論と経済行動』, 東京図書, 1973).

# Motivation through Monitoring

Takanori Suzuki\*

## Abstract

Usually a principal motivates an agent through performance information. This should be possible when the information is verifiable. Verifiable information means that the information can be observed by third parties so that the information can be used as a variable of a contract. But in practice, we can easily find cases in which performance information is not necessarily verifiable. In this article, I look for a way to motivate an agent by monitoring his effort, on the assumption that the performance information is not verifiable.

First of all, I show that if performance information is not verifiable, the principal can not have the first best solution without infinitely preparing a large penalty for the agent so that he does not shirk from his work. When the agent can not bear the penalty because of a restriction against his assets, the principal may need to guarantee that the agent would assume a limited liability. Secondly, I show that even though the principal must assume the agent's limited liability, there can be a profitable contract for both of them. Lastly, I show that though advanced information technology which enables the performance information to be verifiable, the monitoring system can be a better solution than the information system to motivate the agent.

The analysis proceeds as follows. In Section 1, the model is described. In Section 2, I analyze the model to examine the characteristics of the optimal solution. In the last Section, I give some concluding remarks.

## Key Words

Effort, Incentive System, Information System, Limited Liability, Mixed Strategy, Monitoring Cost, Monitoring System, Nash Equilibrium, Performance Information, Principal Agent Model, Risk Neutrality, Reporting, Verifiability

---

Submitted May 1999.

Accepted September 1999.

\*Graduate School of Social Sciences, Waseda University