

# 広島大学学術情報リポジトリ

## Hiroshima University Institutional Repository

Title	パートナーシップはチーム生産のモラル・ハザードを回避できるのか：Rasmusen (1987) “Moral Hazard in Risk-Averse Teams” のレビュー
Author(s)	鵜野, 好文
Citation	広島大学経済論叢, 46 (1・2) : 1 - 39
Issue Date	2022-11-15
DOI	
Self DOI	<a href="https://doi.org/10.15027/53195">10.15027/53195</a>
URL	<a href="https://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/00053195">https://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/00053195</a>
Right	Copyright (c) 2022 広島大学
Relation	



# パートナーシップはチーム生産の モラル・ハザードを回避できるのか： Rasmusen (1987) “Moral Hazard in Risk-Averse Teams” のレビュー<sup>†</sup>

鵜野好文

Holmström (1982) は、パートナーシップの報酬を不均衡予算契約とすることで、はじめて、リスク中立的エージェントから構成されたチームを最適努力レベルで機能させることができることを示した。しかしながら、チーム・メンバーがリスク回避的エージェントから構成されているとき、一般的には、彼の主張は成立しない。本稿で、私たちは、「連帯責任」契約 (“massacre” contract) が、すなわち、効率的生産が完遂されなかったとき、一人の幸運なエージェントを除くすべてのエージェントにペナルティ賃金を課す契約が、他のいかなる均衡予算契約よりも、パラメータのとりうるより広範囲な値について、最適生産水準を達成できることを示す。

「いいえ、フランスでは鉄道事故は皆無です。しかし、なぜですか。事故が発生した場合、誰かがそのために絞首刑にならなければならないからです。絞首刑ではないにしても、少なくとも、その後、何日も、過失を問題にして、鉄道関係者を身震いさせるほどの勢いで処罰することになるからです。お人好しな陪審員に共通してありがちな、嘘について再び災害を招くような評決、「鉄道員に責任はない」のような評決は、フランスではまず考えられません。」

-Mark Twain, *The Innocents Abroad*, chap. 12.

JEL classification : A13; C70; L20

キーワード：チーム理論；モラル・ハザード；パートナーシップ；均衡予算

## 1. イントロダクション

Holmström (1982) は、“Moral Hazard in Teams” の冒頭の定理で、「均衡予算 (budget-balancing) 契約は、すなわち、アウトプットをチーム・メンバーにすべて配分し尽くすという契約は、チーム・メンバーから効率的努力を誘発することができないことを主張した。しかも、彼は、すべてのチーム・メンバーが効率的努力レベルで働いたときの生産レベルより低レベルで生産すると

---

<sup>†</sup> 研究プロジェクト（課題番号：26380462）への日本学術振興会の学術研究助成基金助成金の資金援助に深く感謝いたします。本レビューは、同研究プロジェクトの遂行にあたりなされた、一連の文献レビューの一環であり、本稿は、主として、Eric Rasmusen, “Moral Hazard in Risk-Averse Teams,” *RAND Journal of Economics*, Vol. 18, No. 3, 1987, pp.428-435およびBengt Holmström, “Moral Hazard in Teams,” *Bell Journal of Economics*, Vol. 13, No. 3, 1982, pp. 324-340を概括したものである。

き、各チーム・メンバーに利得ゼロを支払うとする契約を締結することで、効率的生産が達成できている。しかし、そのような契約は、チームが効率的生産レベルよりほんの少し下回る成果をあげたときでさえ、アウトプットを廃棄することを認めなければならないため、モデル構築の視点からすれば、満足のいくものとは思えない。ひとたび、低いアウトプットが観察されたならば、すべてのチーム・メンバーは、事前に締結していた契約を反故にし、当初、廃棄すべきとしたアウトプットを留保し、メンバー間で配分してしまうからである。したがって、最適生産レベルが満たされなかったとき、当初の契約どおり、生産したすべてのアウトプットを廃棄させるには、チーム外の第三者に、その廃棄処分の実行権を委ねなければならない。

Holmströmの定理は、エージェントの効用関数が、貨幣所得について、線形（エージェントがリスク中立的であること）を仮定している。しかし、私たちは、エージェントがリスク回避的であるとするならば、以下に示すように、均衡予算契約であっても効率的生産を達成することが可能なことを明らかにする。しかしながら、リスク回避的エージェントを仮定することが、最適解が達成されることを確約する方向より、むしろ、それを排除する方向に向くモデルに慣れている読者は、この結論にとまどうかもしれない。Holmströmは間違いを犯したわけではない。幸いなことに、Holmströmの論文の後半では、すべての契約は均衡予算契約でなければならないという条件を緩和する体裁で論じられ、実際、後半の命題ではそのようなタイプの均衡予算契約が排除されていないため、彼の論文の結論の有効性は、これにより何ら減じられるものではない。

本稿では、様々なタイプの効率的均衡予算契約のうち、「連帯責任」契約（“massacre” contract）、すなわち、均衡生産が達成されないとき、ランダムに選ばれた一人の幸運なメンバーのみが利得を獲得し、しかも、他のすべての（不運な）メンバーにはペナルティ賃金が課される契約が論じられる。そして、この契約が、他のいかなる契約よりもより実行可能性が高いことに論及する。とりわけ、この連帯責任契約は、より広汎なパラメータ範囲の値について、「見せしめ」契約（“scapegoat” contract）、すなわち、一人の不運なメンバーのみにペナルティ賃金を課し、残りのすべてのメンバーに均衡予算を達成したときの賃金を支払う契約より、より実行可能性が高いことを明らかにする。

本稿の構成は次のとおりである。まず、第二節では、元来のHolmströmの均衡および不均衡予算契約モデルとその結論を紹介する。第三節では、見せしめ（生け贄）タイプの均衡予算契約を設定し、さらに、それが、どのような場合に、チーム・メンバーから最善の努力水準を引き出すことができるのかを明らかにする。そして、ついで、均衡予算契約に関する一般的なコメントを紹介する。第四節では、さまざまなタイプの均衡予算契約を比較してみる。そして、連帯責任タイプの均衡予算契約がもっとも実行可能性が高いことを示す。第五節では、本稿の結論を述べる。

## 2. Holmström (1982) モデル

本節では、Holmström (1982) モデルを検討する。私たちは、ここでも、Holmströmの表記法を用いるので、まず、その説明から始める。チームは $n$ 、 $i=1, \dots, n$ 、人のエージェントからのみ構成されるとする。これは、パートナーシップ組織の特徴である。パートナーシップでの各エージェントの生産行動、例えば、努力投入は $a_i \in A_i = [0, \infty]$ で表され、そして、彼らの投入努力は観察不能とする。各エージェントの努力ベクトル $a = (a_1, \dots, a_n)$ 、ただし、 $a \in A \equiv \prod_i A_i$ 、

は簡単化のため、次の表記で与えられるものとする。

$$a = (a_i, a_{-i})$$

$$a_{-i} = (a_1, \dots, a_{i-1}, a_{i+1}, \dots, a_n)$$

各エージェントの努力は協働生産から生じる生産価値  $q: A \rightarrow \mathfrak{R}$  を決定する。そして、エージェントの努力に関する生産関数  $q(a)$  は、各エージェントの努力  $a_i=0$ 、ただし、 $i=1, \dots, n$  について、 $q(0)=0$  であり、また、努力  $a_i > 0$  について厳密に凹の増加関数であり、連続微分可能とする。しかも、生産関数はエージェントの努力レベルにのみ依存し、環境の影響（ランダム・エラー）はないものとする。（環境の不確実性は存在しないが、各エージェント  $i$  の努力  $a_i$  は観察できないため、誰が怠業しているのかわからないことに注意しなさい）。

エージェント  $i$  への報酬配分  $s_i(q)$  は、各エージェントの努力レベル  $a_i$  が観察不能であるので、チーム・アウトプット  $q$  に基づいて支払われるものとする。（エージェント  $i$  への報酬は彼らの投入努力  $a_i$  の直接的な関数でないことに注意しなさい）。さらに、このとき、エージェントは有限責任しか負わないものとし、したがって、エージェント  $i$  の報酬は有限責任限度額  $s_i = -\omega_i$ 、 $\omega_i \geq 0$ 、を下回ることはできない。エージェント  $i$  の効用関数は、簡単化のため、貨幣所得に関する効用部分と投入努力に関する不効用部分に加法的分離可能であり、次のように表されるとする。

$$(1) \quad u_i(s_i, a_i) = m_i(s_i) - v_i(a_i)$$

協働生産を行うために投入される各エージェントの努力は不効用（関数） $v_i: A_i \rightarrow \mathfrak{R}$  を決定する。しかも、エージェントの努力に関する不効用関数  $v_i(a_i)$  は、各エージェントの努力  $a_i=0$ 、ただし、 $i=1, \dots, n$  について、 $v_i(0)=0$  であり、また、努力  $a_i > 0$  について厳密に凸の増加関数であり、連続微分可能とする。他方、貨幣所得に関する効用（関数） $m_i(s_i)$  は、報酬について厳密に凹の増加関数であり、連続微分可能とする。

本稿の目的は、Holmström (1982) がしたように、エージェントが、パートナーシップにおいて、非協力ゲームをプレイするとき、エージェントの行動をパレート最適なナッシュ均衡に導く報酬配分法があるかどうかを確かめることである。すなわち、次に示すような均衡予算制約 (2) 式の下で利得配分を行う非協力ゲームが（各エージェントが (3) 式を最大化するゲームが）、パレート最適な条件を満たすナッシュ均衡  $a^*$  を持つかどうかを問うことである。私たちは、次節以降で、本稿のモデルに固有の利得関数を定義することで、このことを問うことになる。しかしながら、先に言及したように、本節では、まず、Holmström (1982) において、この課題がどのように議論され、どのような結論が得られているのかを考察することから始めることにする。

Holmström (1982) モデルにおいて、パートナーシップ企業の特徴である均衡予算制約は、公式的に次のように表されている。

$$(2) \quad \sum_{i=1}^n s_i(q) = q, \quad \forall q$$

また、パートナーシップにおける非協力ゲームを、均衡予算制約の下で、各エージェントが利得関数を最大化する行動として表す。このとき、各エージェントの行動は次のように表される。

$$(3) \quad \max_{a_i \in A_i} m_i(s_i(q(a))) - v_i(a_i), \quad i = 1, \dots, n$$

私たちは、各エージェントが均衡予算制約 (2) 式の下で、自らの利得を最大化する非協力ゲームをプレイするときのナッシュ均衡  $a^*$  が、パレート最適を満たす条件を次のように示すことができる<sup>1</sup>。

条件 1. (a) すべてのエージェント  $i$  について、 $Eu_i(\tilde{s}_i, \tilde{a}_i) \geq Eu_i(s_i, a_i^*)$  であり、また、(b) あるエージェントについて、 $Eu_j(\tilde{s}_j, \tilde{a}_j) > Eu_j(s_j, a_j^*)$  であるような努力レベル  $\tilde{a}$  および報酬配分ルール  $\tilde{s}$  が存在しないとき、 $a^*$  はパレート最適を満たすナッシュ均衡である。

Holmström (1982) では、貨幣所得にともなう効用に関して線形（貨幣所得に関してリスク中立的であること）が仮定されている。すなわち、 $m_i(s_i) = s_i$  としているので、私たちは、Holmström がしたように、エージェントの行動（利得最大化行動）を次のように単純化できよう。

$$(3a) \quad \max_{a_i \in A_i} [s_i(q(a)) - v_i(a_i)], \quad i = 1, \dots, n$$

また、Holmström は、モデルにおいては、均衡予算制約および利得関数の線形性を用いて、条件 1 よりも簡単にパレート最適の条件を述べている<sup>2</sup>。それは、次のとおりである。

$$(4) \quad a^* = \arg \max_{a \in A} \left[ q(a) - \sum_{i=1}^n v_i(a_i) \right]$$

この簡略化された利得関数およびパレート最適の条件の下では、次の定理が成立する。定理 1 は、(2)、(3a)、および、(4) 式の非斉合性の理解を任意の配分ルールのケースにまで拡張したものである<sup>3</sup>。

定理 1. (Holmström (1982) 定理 1). 均衡予算制約 (2) 式の下で、非協力ゲーム (3a) 式のナッシュ均衡  $a^*$  を満たすパレート最適な配分ルール  $s_i(q)$  は存在しない。

証明. まず、 $s_i(q)$ 、ただし、 $i=1, \dots, n$ 、を均衡予算制約 (2) 式を満たす任意の配分ルールとする。私たちは、このとき、(利得最大化行動) 非協力ゲーム (3a) 式のナッシュ均衡  $a^*$  がパレート最適であると仮定したとき、この仮定が矛盾することを示す。

ナッシュ均衡の定義より、次のことがいえる。

$$(5) \quad s_i(q(a_i, a_{-i}^*)) - v_i(a_i) \leq s_i(q(a^*)) - v_i(a^*), \quad \forall a_i \in A_i$$

$\{a_i^l\}$  を  $q(a^*)$  に収束する厳密に増加する実数の数列とする。 $\{a_i^l\}$ 、 $i=1, \dots, n$ 、を対応する  $n$  個

<sup>1</sup> このモデルでは、生産に関して何の不確実性も存在しないので、条件 1 を期待効用関数で記述する必要はないように思える。しかし、このような形式で記述することは、ランダム化の可能性をともなう報酬配分ルールの下では許されるであろう。

<sup>2</sup> このパレート最適の条件は、均衡予算および線形効用関数という特殊条件の下でのみ満たされるものであり、しかしながら、一般的には成立しない

<sup>3</sup> 本稿の定理 1 は Holmström の定理 1 (1982, p. 326) である。簡略化された利得最大化行動 (3a) 式およびパレート最適の条件 (4) 式の下での Holmström の証明については、Appendix A.1 を参照しなさい。また、定理 1 の直感的な理解については、Appendix A.2 を参照しなさい。

の数列とする。ただし、次のことを満たすものとする。

$$(6) \quad \alpha^l = q(a_i^l, a_{-i}^*)$$

$a^* \in \text{int } A$ 、 $q'_i(a^*) \neq 0$ 、しかも、 $q(a)$ は厳密に凹の増加関数であるので、数列 $\{a_i^l\}$ は都合よく定義されるものとする（もし、必要ならば、十分に大きな $l$ からスタートできるものとする）。パレート最適の条件（4）式より、 $v'_i(a_i^*) = q'_i(a^*)$ 、ただし、 $i=1, \dots, n$ 、が満たされるといえる。そこで、（6）式を使って、これを書き換えると次のように表せる<sup>4</sup>。

$$v_i(a_i^*) - v_i(a_i^l) = q(a^*) - q(a_i^l, a_{-i}^*) + o(a_i^l - a_i^*), \quad \forall i, l$$

ただし、 $h \rightarrow 0$ のとき $o(h)/h \rightarrow 0$ である。（5）式に上式を代入し、（6）式を使って整理すると次の式を得る。

$$(7) \quad \begin{aligned} s_i(q(a_i, a_{-i}^*)) - v_i(a_i) &\leq s_i(q(a^*)) - v_i(a^*), \quad \forall a_i \in A_i \\ v_i(a^*) - v_i(a_i) &\leq s_i(q(a^*)) - s_i(q(a_i, a_{-i}^*)), \quad \forall a_i \in A_i \\ q(a^*) - q(a_i^l, a_{-i}^*) + o(a_i^l - a_i^*) &\leq s_i(q(a^*)) - s_i(q(a_i^l, a_{-i}^*)), \quad \forall i, l \\ q(a^*) - \alpha^l + o(a_i^l - a_i^*) &\leq s_i(q(a^*)) - s_i(\alpha^l), \quad \forall i, l \end{aligned}$$

（7）式を $i$ について合計し、さらに、均衡予算制約（2）式を使って右辺を整理すると次の式を得る<sup>5</sup>。

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \{q(a^*) - \alpha^l + o(a_i^l - a_i^*)\} &\leq \sum_{i=1}^n \{s_i(q(a^*)) - s_i(\alpha^l)\}, \quad \forall l \\ \sum_{i=1}^n \{q(a^*) - \alpha^l + o(a_i^l - a_i^*)\} &\leq 0, \quad \forall l \end{aligned}$$

ところが、これは次のように書き換えることができる。

$$(8) \quad \begin{aligned} \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{q(a^*) - \alpha^l}{a_i^l - a_i^*} \cdot (a_i^l - a_i^*) + \frac{o(a_i^l - a_i^*)}{a_i^l - a_i^*} \cdot (a_i^l - a_i^*) \right\} &\leq 0, \quad \forall l \\ \sum_{i=1}^n \left\{ -q'_i(a^*)(a_i^l - a_i^*) + \frac{o(a_i^l - a_i^*)}{a_i^l - a_i^*} \cdot (a_i^l - a_i^*) \right\} &\leq 0, \quad \forall l \end{aligned}$$

ただし、 $h \rightarrow 0$ のとき $o(h)/h \rightarrow 0$ であることを思い起こしなさい。また、このとき、 $a_i^l < a_i^*$ であ

<sup>4</sup> パレート最適の条件は次のように表すことができる。

$$\begin{aligned} v'_i(a_i^*) &= q'_i(a^*) \\ \frac{v_i(a_i^*) - v_i(a_i^l)}{a_i^* - a_i^l} &= \frac{q(a^*) - q(a_i^l, a_{-i}^*)}{a_i^* - a_i^l} \\ \frac{v_i(a_i^*) - v_i(a_i^l)}{a_i^* - a_i^l} &= \frac{q(a^*) - q(a_i^l, a_{-i}^*)}{a_i^* - a_i^l} - \frac{o(a_i^l - a_i^*)}{a_i^l - a_i^*}, \quad \forall i, l \end{aligned}$$

ただし、 $h \rightarrow 0$ のとき $o(h)/h \rightarrow 0$ である。したがって、最後の式の右辺の第二項は、 $a_i^l$ が $a_i^*$ に収束するとき、ゼロである。

<sup>5</sup> 任意の配分ルールは均衡予算制約を満たすので、 $\sum_i s_i(q(a)) = q(a)$ である。 $a_i^l$ が $a_i^*$ に近い値をとるとき、 $s_i(\alpha^l) = s_i(q(a_i^l, a_{-i}^*)) = s_i(q(a_i^*, a_{-i}^*))$ となり、 $\sum_i [s_i(q(a^*)) - s_i(\alpha^l)] = 0$ が明らかとなる。

り、 $q(a)$  が厳密に凹の増加関数から  $q'_i(a^*) > 0$  であるので、括弧の中の第一項は厳密に正である。 $l$  を十分に大きくとることができるので第二項がゼロに近くなることから、第一項が支配的となる。ところが、このとき、左辺は正となるので (8) 式は矛盾する。したがって、 $a^*$  をナッシュ均衡と仮定したことが矛盾を引き起こすことになる。かくして、 $a^*$  はナッシュ均衡となり得ない。□

私たちが均衡予算制約 (2) 式を主張する限り、しかも、また、外部性 ( $q'_i \neq 0$ ) が存在するとする限り、効率性を達成することができない<sup>6</sup>。不確実性が存在する場合、あるいは、(不確実性が存在しなくても) フリーライドできる場合、エージェントは非効率の行動を選択し、目標業績からはずれたとしても、それを隠すことができ、処罰を免れることができる。そればかりか、自らの怠業のコストを負担せず、しかも、便益の配分に預かることができる。したがって、私たちは、エージェントがこの統御不能を利用しようとするインセンティブを持つことを完全に排除することはできない。

その結果、労働者企業ないしパートナーシップ企業のようなクローズド組織 (均衡予算制約を持つ組織) では、フリーライダー問題が生じ、努力を非効率のレベルでしか供給しない事態が生じることになる<sup>7</sup>。したがって、均衡予算制約と負の外部性の特徴を持つパートナーシップ企業におけるフリーライダー問題を回避するためには、均衡予算制約 (2) 式を緩和する必要がある。そこで、私たちは、ここで、次のような不均衡予算制約を考えることにする。

$$(9) \quad \sum_{i=1}^n s_i(q) \leq q$$

これまでの議論からわかるように、この新たな不均衡予算制約条件の下で、効率的ナッシュ均衡が存在する可能性がある。

**定理 2.** (Holmström (1982) 定理 2). 不均衡予算制約 (9) 式の下で、パレート効率的なナッシュ均衡  $a^*$  に導く実行可能な配分ルール  $s_i(q) \geq 0$ 、ただし、 $i=1, \dots, n$ 、の集合が存在する。

**証明.** 不均衡予算制約 (9) 式を持つ、次のような配分ルールを仮定する。

$$(10) \quad s_i(q) = \begin{cases} b_i & \text{if } q \geq q(a^*) \\ 0 & \text{if } q < q(a^*) \end{cases}$$

<sup>6</sup> この結論は直感的に理解できる。それは、一人のチーム・メンバーが、彼の努力レベルを低下させるとすれば、彼は、努力を低下させたことによる便益のすべてを (一人で) 享受し、他方、彼の低い努力によるアウトプットの低下というコストは、他のすべてのチーム・メンバーにより負担されるということである。

<sup>7</sup> この観察が Alchian and Demsetz (1972) の企業理論の出発点となっている。また、彼らはパートナーシップの非効率性が組織形態の変化を引き起こすことを主張している。そして、十分な努力の供給を保証するためには、企業はエージェントの行動を監視するプリンシパルを雇用すべきであり、さらに、プリンシパルは、彼が適切な職務インセンティブを持てるよう、企業の純利益に対し請求権を持つことを許されるべきであるとしている。このような制度はパートナーシップ企業を資本主義企業に変えることになり、同時に、効率を約束することになる。そこでは、監視者があたかも所有者のように有効に機能する。

ただし、 $b_i$ は $\Sigma_i b_i = q(a^*)$ で、しかも、 $b_i > v_i(a_i^*) > 0$ を満たすものとする。私たちは、パレート最適の条件 (4) 式より、 $\Sigma_i (b_i - v_i(a_i^*)) > q(0) - \Sigma v_i(0) = 0$ であることを知っているの、このことは可能である。したがって、グループ・ペナルティをとるような配分ルール  $s_i(q)$  は、エージェントをパレート最適  $a_i^*$  に導くことを保証することになる。しかも、この配分ルールの下では、エージェント  $i$  がパレート最適  $a_i^*$  を逸脱する ( $a_i < a_i^*$  をとる) とき、必ずペナルティ賃金 ( $0 < b_i$ ) が支払われるため (エージェントの効用は  $0 - v_i(a_i) \leq 0 < b_i(a_i^*) - v_i(a_i^*)$  となるので)、 $a_i^*$  は効率的ナッシュ均衡を保証するものとなる。□

均衡予算制約 (2) 式を緩和する目的は、すべてのエージェントの行動を取り締まるに十分なグループ・ペナルティを許容することである。この配分ルール (10) 式のシェーマは個人の初期賦存の制約を満たしており、しかも、チームの規模と無関係に機能することは言及しておくべきであろう。ただし、これは確実なケースに特徴的なことである。

(10) 式のような配分シェーマは、労働者チームに対する契約のタイプである。通常、このようなタイプの契約は固定賃金と目標達成のときに支払われるグループ・ボーナスから構成される (報酬配分ルール (10) 式の離散値 ( $b_i$  およびゼロ) をボーナスないしペナルティとみなすかどうかは重要なことではない)。グループ・ペナルティの極端な例は企業の取締役会の解散などが挙げられよう。

動学的な背景において、(10) 式に示されたグループ・ペナルティは協働を中断することに対する脅迫として理解される。しかし、そのようなグループ・ペナルティ (制度の運用) が労働者チームの自主管理に委ねられるのであれば、ペナルティを実行する際に問題が生じる。例えば、チーム生産において、不幸にして、効率的生産  $q(a^*)$  をわずかに下回る水準で生産が行われたと仮定する。このとき、いかなるチーム・メンバーも、事後的に、それらの生産物のいくらかも無駄に処分してしまうことに毛頭関心がないであろう。したがって、ペナルティが実行されることなく、全アウトプットがチーム・メンバーに配分されるのであれば、均衡予算制約の状況に逆戻りし、フリーライダー問題が再び生じることになる。ゲーム論的にいえば、自主的ペナルティは、Selten (1975) の意味で、不完全均衡となるのである。

ペナルティ (制度) の執行問題はチームにプリンシパルを導入し、彼に不均衡予算の配分ルールの残余権を与えることで解決することができる。プリンシパルは、何らかの理由で生産物が適切なレベルで生産されなかったとしても、エージェントと配分ルールについて再交渉をすることはしない。また、プリンシパルはいかなる (観察できない) 努力も供給することはない。さもなければ、フリーライダー問題は解決されないままとなることを指摘しておこう。

当然、(10) 式で示した配分ルールは、均衡予算制約 (2) 式を緩和した下でのフリーライダー問題の解の一つである。別の解として、各エージェントが  $q(a^*)$  を前払いし、そして、 $s_i(q) = q$  を受け取るような社債 (bonding) が考えられる。しかし、この方法はエージェントの初期賦存量に制約があるとき、実行不能であるかもしれない。ここでの焦点は、グループ・ペナルティが唯一の有効なシェーマであることを示すことではなく、むしろ、不均衡予算は外部性を協働生産から中立化する本質的な制度であることを示すことである。プリンシパルの主たる役割は Alchian and Demsetz (1972) の論文のようにエージェントを監視することより、むしろ、(エージェントを管理する) インセンティブ制度をより信頼できる方法で執行することである。インセンティブ制度を管理する際、資本主義企業がパートナーシップ企業よりも優位である理由は、資本主義企



業が、クローズド・システム（予算均衡型組織）では実現不能なスキームを採用できるためである。そして、このことは、それぞれの組織形態が持つ内部監視機能の優劣とは無関係である。ちなみに、組織の監視機能という視点だけから見たとき、二つの組織形態の一方が、他方に比してより比較優位を持つということはない。

外部性が存在するとき、均衡予算と効率性が矛盾するというテーマは確かに新しいものではない。公共財におけるフリーライダー問題の解はGrovesシェーマ（Groves, 1973）により与えられている。ここでは、Grovesの解は不均衡予算制約の下においてのみ可能であることを述べておく。すなわち、Grovesの解は（例外的なケースを除いて）、定理1において述べたように、均衡予算制約の下において、かならず非効率になるというものである<sup>8</sup>。

### 3. 効率的均衡予算契約

本節では、利得関数が（3a）式ではなく、（3）式で与えられるとき、定理1はもはや真でないことを示す。また、チーム・メンバーがリスク回避的であるとき、しかも、また、彼らが（ペナルティ賃金に耐えるほど）十分に裕福であるか、あるいは、十分にリスク回避的であるならば、効率的均衡予算契約が存在することを明らかにする。

次に示すような契約の下では、パラメータ  $\omega$  および  $\theta$  のある値について、 $a^*$  は効率的ナッシュ均衡となる。その契約とは、次のようなものである。

- (1) アウトプット  $q$  が効率的生産  $q(a^*)$  に等しいとき ( $q = q(a^*)$  のとき)、エージェント  $i$  は、均衡予算制約、および、条件1を満たすような報酬  $b_i$  を享受する。
- (2) アウトプット  $q$  が  $q(a^*)$  を上回るとき ( $q > q(a^*)$  のとき)、各エージェント  $i$  に報酬  $b_i$  が配分された後、さらに、その余剰分はすべてのエージェントに均等に配分される。
- (3) アウトプット  $q$  が  $q(a^*)$  を下回るとき ( $q < q(a^*)$  のとき)、ある一人のエージェント  $j$  を選び、彼に  $-\omega_j$  を支払う。さらに、残りの ( $n-1$ 人の) エージェント  $i$  に報酬  $b_i + (b_j + \omega_j - q(a^*) + q) / (n-1)$  を支払う。

$b_j + \omega_j - q(a^*) + q$  は、不運なエージェント  $j$  の均衡賃金によって、および、均衡において、彼が限界生産物以上の報酬を得ているかどうかによって、ゼロより大きくも小さくもなり、したがって、また、幸運なエージェントの報酬は誰もが怠業しなかった場合の報酬より大きくも小さくもなる。

先のケース (1) および (2) では、均衡予算制約を満たしている。すなわち、総報酬と総アウトプットは厳密に等しいことが明らかである。しかし、ケース (3) で、均衡予算制約が満たされるかどうかを確かめておこう。

アウトプットがパレート最適以下のときの総報酬は (11) 式の右辺のように表される。私たちは、まず、 $n-1$ 人の幸運なエージェント  $i$  に支払われる追加報酬、すなわち、右辺の第三項  $(b_j + \omega_j - q(a^*) + q) / (n-1)$  をみてみよう。この項がゼロ以上あるいはゼロ以下であるかは、不運なエージェント  $j$  へのペナルティ  $-\omega_j$  および均衡において彼に支払われている報酬  $b_j$  が努力の限界

<sup>8</sup> 外部性を解決するための不均衡予算のアイデアは財産権に関する多くの論文にみられる。これは特に社債 (bonding) の解において真である。Green (1976) の分析の一部はここでの議論と最も関連が深い。しかし、その議論の背景と焦点は異なる。

生産物以上に支払われているかどうかには依存する。したがって、幸運なエージェント  $i$  は、チーム・メンバーが誰も怠けていないときの報酬以上を受け取るかもしれないし、そうでないかもしれない。

しかしながら、結局のところ、アウトプットがパレート最適レベル  $q(a^*)$  を下回り、不運なエージェント  $j$  がペナルティ報酬を支払われるとき、 $n$  人のエージェントの総報酬は次のように表される<sup>9</sup>。

$$(11) \quad \sum_{k=1}^n s_k = -\omega_j + \left( \sum_{i \neq j} b_i \right) + (n-1) \left( \frac{b_j + \omega_j - q(a^*) + q}{(n-1)} \right) = q$$

したがって、ケース (3) でも均衡予算制約を満たすことになり、この契約そのものが均衡予算契約となる。

そして、ここに提示された契約報酬は、他のすべてのエージェントが効率的努力レベルを選択するという信念を持つ当該エージェント  $i$  について、次のように表すことができる。

$$(12) \quad s_i(q) = \begin{cases} b_i + (q - q(a^*)) / n & q \geq q(a^*) \text{ のとき} \\ b_i + z_i \quad (\text{確率 } (n-1)/n) & q < q(a^*) \text{ のとき} \\ -\omega_i \quad (\text{確率 } 1/n) & q < q(a^*) \text{ のとき} \end{cases}$$

ただし、 $z_i$  は、エージェント  $j$ 、 $j=1, \dots, n$ 、 $j \neq i$  について、確率  $1/(n-1)$  で値  $(b_j + \omega_j - q(a^*) + q)/(n-1)$  をとる確率変数である<sup>10</sup>。チーム・メンバーはパレート最適な努力レベル  $a_i^*$  で生産に従事し、報酬  $b_i$  を支払われることを選ぶか、あるいは、それよりも低い努力レベル  $a_i < a_i^*$  で生産に従事し、ギャンブル報酬を支払われることを選ぶかを定める。ギャンブル報酬とは確率  $1/n$  で  $-\omega_i$  を支払われるか、確率  $(n-1)/n$  で  $b_i$  プラス不運なメンバーの所得 ( $\omega_j$ ) および均衡報酬 ( $b_j$ ) から過小生産分 ( $q(a^*) - q$ ) を控除したものを均等に分割した額 ( $z_i$ ) が支払われる報酬である。

私たちは、ここで、(12) 式の  $b_i$  の項を、 $\sum_i b_i = q(a^*)$  を満たすように、さらに、 $s_i$  を  $b_i$  で置き換えたとき、それが条件 1 を満たすように選択する。

したがって、このとき、他のエージェントの効率的努力レベルを所与とした下で、エージェント  $i$  は  $a_i^*$  以上の努力を執行しようとはしないであろう。ここに記述した契約の下では、 $a_i^*$  を越えた努力を投入したとき、他のすべてのエージェントの効用を改善することになるならば、 $a^*$  はパレート最適な努力レベルではないからである。

本稿では、この結論を暗黙裏に継承し、効率的ナッシュ均衡が達成されることを証明する際に、効率的レベルより低い努力のみを問題にすることにする。

<sup>9</sup>  $\sum_{i \neq j} b_i + b_j = \sum_i b_i = q(a^*)$  であるので、次のことが言える。

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^n s_k &= -\omega_j + \left( \sum_{i \neq j} b_i \right) + (n-1) \left( \frac{b_j + \omega_j - q(a^*) + q}{(n-1)} \right) \\ &= -\omega_j + \omega_j + \left( \sum_{i \neq j} b_i \right) + b_j - q(a^*) + q = q \end{aligned}$$

<sup>10</sup> エージェント  $i$  が幸運にもペナルティ報酬を免れるとき、残りの  $n-1$  人のエージェント  $j$ 、 $j=1, \dots, n$ 、 $j \neq i$  について、誰かがペナルティ報酬を課される。したがって、(ペナルティ対象者  $j$  より罰金を取り立てられ、エージェント  $i$ 、ただし、 $i \neq j$ 、に再配分される)  $z_i$  は、 $j=1, \dots, n$ 、 $j \neq i$  について、確率  $1/(n-1)$  で生じることになる。したがって、 $z_i$  の項は期待値を表している。

このような状況において、エージェント*i*はナッシュ均衡から逸脱した怠惰な行動 $\hat{a}_i \in [0, a^*]$ を選択する誘惑に駆られるかもしれない。すなわち、(12)式で示したように、「逸脱行為がみられたときギャンブル報酬」を支払う契約においては、他のエージェントが $a_i^*$ を選択する下で、しかも、エージェント*i*が逸脱行動を行うことは、彼の効用を最大化するかもしれない。もし、エージェント*i*が逸脱行動を行使すると決定したとき、可能な限り最小の努力を選択するならば、そのとき、 $\hat{a}_i=0$ がとられることになる。しかし、エージェント*i*は、これよりは高い努力レベルを選択するかもしれない。なぜなら、確率 $(n-1)/n$ で、彼の金銭的報酬は投入努力の増大にともなうアウトプットの拡大とともに上昇するからである。このとき、契約(12)式の下で、エージェント*i*の最適(逸脱)行動問題は次のように表される<sup>11</sup>。

$$(13) \quad \max_{a_i} \left[ \frac{(n-1)}{n} E[m_i(b_i + z_i)] + \frac{1}{n} m_i(-\omega_i) - v_i(a_i) \right]$$

最適(逸脱)行動問題(13)式の目的関数は努力レベルに関して凹関数である。なぜなら、 $m_i'' \leq 0$ 、 $v_i'' > 0$ および $q'' < 0$ であるからである。このように、エージェントの目的関数(13)式の凹性を所与としたとき、この古典的な最大化問題は、一意的な解 $\hat{a}_i$ が存在する。

エージェントが効率的努力レベルを選択するよう企図するには、効率的努力レベル $a_i^*$ を選択したときの効用と逸脱努力レベル $\hat{a}_i$ を選択したときの効用の差 $Y_i$ が、他のすべてのエージェントが効率的努力レベル $a_i^*$ を選択することを前提としたとき、エージェント*i*にとって、正でなければならない。それは、次のように表すことができる。

$$(14) \quad Y_i \equiv [m_i(b_i) - v_i(a_i^*)] - \left[ \frac{(n-1)}{n} E[m_i(b_i + z_i)] + \frac{1}{n} m_i(-\omega_i) - v_i(\hat{a}_i) \right] > 0$$

**命題1.** エージェントがリスク回避的であるならば、(a) ペナルティが十分に大きいか ( $\omega_i$ はすべてのエージェント*i*について十分に大きいか)、あるいは、(b) リスク回避度が十分に大きいか ( $\theta_i$ がすべてのエージェント*i*について十分に大きいか) のいずれかであれば、効率的均衡予算契約が存在する。

**証明.** ここでは、不等式(14)式が二つの条件(ペナルティ報酬が大であるのか、エージェントのリスク回避度が大であるのか)のいずれかを満たしていることを仮定する必要がある。そこで、まず、リスク回避度を一定にし、 $\omega$ の項が十分に大きいと仮定し、均衡予算契約(12)式の下で、 $a^*$ がナッシュ均衡であることを示す。

効用の差を表す不等式 $Y_i$ を、有限責任限度 $\omega_i$ に関して偏微分する<sup>12</sup>。

<sup>11</sup> エージェント*j*が怠業したとしても、実際に、(ペナルティ賃金が支払われる)不運な、あるいは、(ペナルティ賃金を回避する)好運なエージェントは*n*人の誰であるかは、事前にはわからない。エージェント*i*が、確率 $1/n$ で、不運なエージェントになるときは、第三項の報酬 $-\omega_i$ が支払われ、また、彼が、確率 $(n-1)/n$ で、好運なエージェントになるときは、(不運なエージェント*j*、 $j \neq i$ 、は誰であるかわからないので)、 $z_i \equiv (b_j + \omega_j - q(a^*) + q)/(n-1)$ の値は確定しない。したがって、第一項の $m_i(b_i + z_i)$ は期待オペレーターで表している。

<sup>12</sup> 不等式(14)式の $E[m_i(b_i + z_i)]$ の項に含まれる $z_i$ は、(11)式から明らかなように、 $\omega_j$ から構成されているが、 $\omega_i$ からは構成されていない。また、不等式(14)式の最後の項 $v_i(\hat{a}_i)$ に対する $\omega$ の変化の影響を無視するために包絡線定理を使用する。

$$(15) \quad \frac{\partial Y_i}{\partial \omega_i} = \frac{1}{n} m'_i > 0$$

さらに、二階の偏微分は次のようである。

$$(16) \quad \frac{\partial^2 Y_i}{\partial \omega_i^2} = -\frac{1}{n} m''_i > 0$$

ここで、(15) および (16) 式はいずれも正であることがわかる。なぜなら、効用関数  $m_i$  は凹の増加関数であるので、 $m'_i > 0$ 、 $m''_i < 0$  となるからである。ここで、 $Y_i$  は  $\omega_i$  の増加関数であり、また、ある増加率で増加していくので、ある漸近値 (asymptotic value) へ収束することはない。したがって、もし、 $\omega_i$  が十分に大きい値を取るならば、不等式 (14) 式が成り立つ。このことは、いかなるエージェント  $i$  にも適用できる。かくして、任意の  $\theta_i$  について、 $a^*$  が均衡努力レベルとなるような  $\omega_i$  が存在するといえる。

ここまで、有限責任限度額  $s_i = -\omega_i$  が制約されないものとしてきたが、もし、有限責任限度額が制約されたとしても、彼らが十分にリスク回避的であるとするならば、効率的均衡予算契約が存在する。先にみたように、Holmström (1982) では、効用は貨幣所得に対して線形、すなわち、 $m_i = s_i$  であるが、ここでは、 $m_i$  は貨幣所得に関して、(リスク回避的、すなわち)、次の関数で与えられるとする。

$$(17) \quad m_i(s_i) = M - e^{-\theta_i s_i}$$

ただし、 $M$  は正の定数である。また、 $m_i$  は、貨幣所得に関してリスク回避的であり、さらに、エージェント  $i$  の絶対リスク回避度が  $\theta_i > 0$  で一定となるように定義されている。貨幣所得に対する効用 (17) 式の絶対リスク回避度が一定であるとする重要性は、このパラメータの操作の簡便性および微分可能性以外にはない。

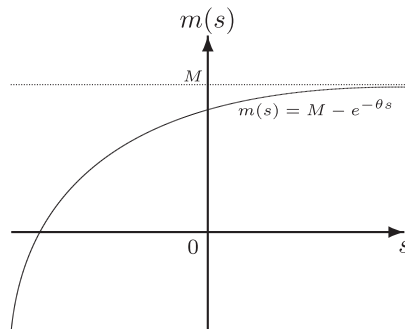


図 1. エージェントの所得効用

このとき、不等式 (14) 式は、(17) 式より、また、契約条件 (12) 式の項  $z_i$  より、次のように表すことができる<sup>13</sup>。

$$(18) \quad Y_i \equiv -e^{-\theta_i b_i} - v_i(a_i^*) + \frac{1}{n} \left( \sum_{j \neq i} e^{-\theta_i (b_i + 1/(n-1)[b_j + \omega_j - q(a^*) + q(\hat{a}_j, a_{-j}^*)])} \right) + \frac{1}{n} (e^{\theta_i \omega_i}) + v_i(\hat{a}_i)$$

リスク回避度  $\theta_i$  が増加するにつれ、(18) 式の右辺の第一項と第三項はゼロに近づく。さらに、第二項は  $\theta_i$  に影響されない。しかも、第五項は  $\hat{a}_i$  が変化するとともに変化するが、その下限値および上限値はそれぞれ  $v_i(0)$  および  $v_i(a_i^*)$  となる。それに、第四項  $(1/n)(e^{\theta_i \omega_i})$  は  $\theta_i$  が増加するにつれ、指数級数的に増加する。この第四項の存在は、 $Y_i$  が任意に大きな値をとることを可能にする。特に、 $\theta_i$  が十分に大きい値をとるならば、 $Y_i$  はゼロ以上であり、したがって、生け贄契約 (12) 式は、任意の  $\omega_i$  について、効率的均衡予算契約であることができる。□

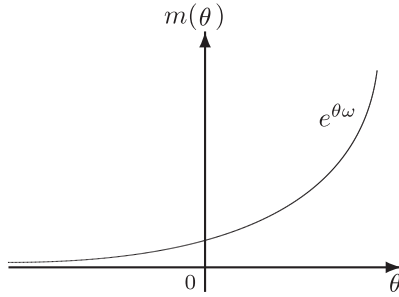


図 2. 不運なエージェントに対するペナルティ報酬

Holmström の不均衡予算契約と同様に、生け贄契約 (12) 式では、 $a^*$  は必ずしも一意的ナッシュ均衡を生じないかもしれない。なぜなら、当該エージェントは、もし、他のエージェントが非効率的努力レベルを選択すると予測するならば、 $a^*$  を選択しないであろう。エージェント  $i$  の反応は、低い努力レベルを選択するか、あるいは、逸脱行動をした他のエージェントを利するような、また、ランダムなペナルティ報酬を避けるようなより高い努力レベルで協働するかのいずれかを選択するであろう。したがって、そこでは、他のナッシュ均衡が存在するかもしれない。このナッシュ均衡では、あるエージェントの努力レベルは不十分であるかもしれないし、あるいは、他のエージェントの努力レベルは過度の努力レベルであるかもしれない。しかし、このことは、 $a^*$  が強い意味でのナッシュ均衡であることを否定するものではない。すなわち、当該プレイヤーが、任意のある均衡努力レベルから一人だけ逸脱することは、彼の効用を低下させることを意味する。均衡予算契約 (12) 式は、エージェントのリスク回避性向に依存して、効率的均衡

<sup>13</sup> (14) 式に利得関数 (17) 式を代入すると次のことを得る。

$$\begin{aligned} Y_i &\equiv [m_i(b_i) - v_i(a_i^*)] - \left[ \frac{(n-1)}{n} E[m_i(b_i + z_i)] + \frac{1}{n} m_i(-\omega_i) - v_i(a_i) \right] \\ &= [M - e^{-\theta_i b_i} - v_i(a_i^*)] - \left[ \frac{n-1}{n} \cdot \frac{1}{n-1} \left( \sum_{j \neq i} M - e^{-\theta_i (b_i + 1/(n-1)[b_j + \omega_j - q(a^*) + q(\hat{a}_j, a_{-j}^*)])} \right) \right] \\ &\quad + \frac{1}{n} (M - e^{\theta_i \omega_i}) - v_i(\hat{a}_i) \\ &= -e^{-\theta_i b_i} - v_i(a_i^*) + \frac{1}{n} \left( \sum_{j \neq i} e^{-\theta_i (b_i + 1/(n-1)[b_j + \omega_j - q(a^*) + q(\hat{a}_j, a_{-j}^*)])} \right) + \frac{1}{n} (e^{\theta_i \omega_i}) + v_i(\hat{a}_i) \end{aligned}$$

$a^*$ を達成しようとする多くの契約の一つに過ぎないことに注意しなさい。しかも、これらの多くの効率的均衡予算契約の下では、均衡を逸脱するときのペナルティ報酬の設定が異なるばかりでなく均衡結果も異なることに注意しなさい。

#### 生け贄契約の問題点についての幾つかの議論.

私たちは、先の小節で生け贄契約をみてきた。しかしながら、この契約は、実際に怠業したエージェントではなく、ランダムに抽出したエージェントを対象にペナルティ賃金を支払うため、法のおよび倫理的観点からみて、現実可能性に疑問を抱かざるを得ない。そこで、ここで、このことについて簡単に触れておくことにする。

先の小節でみた生け贄契約(12)式の下では、グループの最終業績が、エージェントの努力レベルがナッシュ均衡を逸脱しているのを示すのであれば、いずれかの不運なエージェントがリスクを負担することになる。均衡を逸脱する行動による生産水準の低下が、不運なエージェントに科せられたペナルティ  $b_i + \omega_i$  以上に減少しないのであれば、事後的に、その逸脱行動は不運なエージェント一人だけの効用を低下させ、他のすべての幸運なエージェントの効用を改善することになる。しかしながら、私たちは、ランダム・ペナルティには倫理的に受け入れがたい側面があることを認めざるを得ない。ところが、このランダム・ペナルティは、不確実性を持つトーナメント契約の下でのペナルティと類似のものである。すなわち、不確実性の下でのトーナメント契約では、大多数の人はランダムな事象に条件付けられたペナルティを公平であると感じている<sup>14</sup> (むしろ、しかたがないと思うのである)。

このことについては(生け贄の選択のランダム性については)、さらに、次のことが言えるかもしれない。もし、エージェントの努力が観察可能であるならば、たとえ、測度エラーがあったとしても、それはペナルティを科す基準として用いることができる。しかしながら、努力の測度エラーが高い分散を持つとき、(グループ成果が低いことは確認できるが、どのエージェントの怠業によるのかわからない状況では)、間違っ、逸脱行動をしていないエージェントを、たびたび、罰することになる。しかし、このことは、この種の契約の有効性を減じるものではない。低いアウトプットは、単に、ペナルティを科すためのいいわけに過ぎない。確かに、逸脱行動をしたエージェントがペナルティを科せられる確率は、他のエージェントより、ほんの少しだけであるが、高いかもしれない。それは、測度エラーの分散の大きさに依存するが、ペナルティは多かれ少なかれランダムに科されることには違いない。本稿のモデルでは、測度エラーの分散の大きさを無限大としているので、ペナルティの科しかたは完全に気まぐれである。

私たちは、先に、生産にともなう不確実性がないと仮定した。この仮定を踏襲したとき、努力の測度エラーが生じたとしても、均衡においては、いかなるペナルティも生じないことを知っている。それは、ペナルティ配分は、観察されたエージェントの努力レベルをもとに決められるが、実際のペナルティ配分の行使は、チーム・アウトプットの達成水準をもとに決められるものであるからである。すなわち、均衡でのアウトプット  $q(a^*)$  が達成され、同時に、測定された

---

<sup>14</sup> 同じ職種の同じ地位の従業員がトーナメント昇進の対象になっている場合を考えてみよう。対象になっている個人が昇進できるかどうかは、当該個人の能力および達成した業績の他に、(好ましいことではないが)、人間関係、デモグラフィックな特性により影響を受ける。これは、テニス等のスポーツの試合と同様に、試合の勝ち負けは、プレーヤーの技能の他に、風向き、日差し、審判の判定の正確さなどにより影響を受けるのと同様である。

エージェントの努力が均衡努力を下回ったとしても、それは、測度エラーによるものと理解され、ペナルティ配分が実施されることはないであろう。

しかしながら、エージェントの努力が観察可能であるが測度エラーをとまなうとき、たとえ、エージェントがリスク中立的であっても、ある条件の下では、均衡予算契約が最適解を達成するよう設定することが可能である。しかし、このことが成り立つためには、測度エラーの分布の形状が問題となる。ただし、測度エラーの分布に依存しない最適均衡予算契約の一つの可能性として、観察努力レベルが効率的努力レベルに最も近いエージェントに、全アウトプットを与える方法が考えられる。このような報酬ルールは、チーム契約よりもトーナメント契約に近い。このトーナメント契約では、(均衡外報酬だけでなく) 均衡報酬においてもばらつきが大きいため、結局、エージェントがリスク中立的であることに大きく依存せざるを得ないのである。

これは、先に述べたことであるが、不均衡予算契約に著しく不満足なのは、契約が履行されないとき、生産物のすべてを廃棄しなければならないという完結性の問題について疑念が残るためである。ランダム・ペナルティ契約は、幾分なりとも、この完結性の問題を改善できるのだろうか。先にみたように、Holmströmの不均衡予算契約およびランダム・ペナルティ契約の両契約とも、低アウトプットが観察されたとき、すべて(あるいは、一部)のエージェントにペナルティ賃金を課し、エージェントの効用を低下させることで、怠業を抑しようとする。とりわけ、グループ・ペナルティ(すべてのチーム・メンバーにペナルティ)を科す不均衡予算契約は、このことが顕著である。このため、不均衡予算契約では、低いアウトプットが観察され、ペナルティが行使される前に、ペナルティ契約を破棄し、確定的配分ルールに戻るならば、すべてのエージェントは効用を改善することができ、結局、生産物の廃棄という完結性の問題は完全には解決されないことになる。他方、ランダム・ペナルティ契約の下では、実際にペナルティが科される事態が生じたとき、事後的に、ある幾人かのエージェントは効用を改善するかもしれない。かくして、効用が改善するエージェントはいかなる再契約(再配分契約)にも反対するであろう。このような背景を持つランダム・ペナルティ契約は、この廃棄処分の不完結性(再契約の可能性)が生起することを幾分なりとも抑止する可能性があることを示唆するものといえる。

そこで、私たちは、次に、ランダム・ペナルティ契約において、再契約を抑制できる一つの方法を提案することにする。それは、低いアウトプットが観察されたならば、エージェントが再契約に走る前に、即座に、しかも、自動的にペナルティを科すエージェントを決めてしまうことである。ひとたび、(生け贄となる)犠牲者が選ばれたならば、効用が改善するかもしれない他のエージェントはいかなる再契約もブロックするであろう。通常、エージェントが努力レベルを選択する時期と努力のアウトプットである産出物が観察される時期とには、時間的ずれがある。このような状況においては、ペナルティが確実に履行されるよう操作することは簡単である。すなわち、この二つの期間の間に、将来起りそうなペナルティを、くじを発行して引き受けてもらうことである。もし、このくじに反対するエージェントがいるとしたならば、彼はおそらく逸脱行動を行ったに違いない。なぜなら、均衡においては、ペナルティは実行されないから、くじは何の実害も与えないからである。したがって、このとき、締結されるべきランダム・ペナルティ契約は、この廃棄処分の不完結性(再契約の可能性)が生起することを幾分なりとも抑制するものとなる。

Holmströmは、もし、チームがマネージャーを雇用するならば、そして、彼が唯一の機能である残余請求権者として振る舞うのであれば、不均衡予算契約の持つ完結性の問題は解決される

としている。効率的生産水準以下のアウトプットはマネージャーに、莫大な報酬をもたらす。したがって、彼は、エージェントといかなる再契約にも応じようとはしないであろう。この考え方は、マネージャーがプリンシパルとしてではなくエージェントの中のエージェントとして描かれている点が、とりわけ、興味深い。彼の真の役割は、「公僕」であることである。しかし、このことは、新たなエージェント問題を引き起こすことになる。すなわち、マネージャーはエージェントに対しペナルティが発動されるよう、アウトプットの低いレベルを探索することに熱心になり、本来の、単なる残余請求権者の役割を逸脱してしまうからである。しかし、ランダム・ペナルティ契約の枠組みは、確かに、複雑過ぎるきらいはあるが、このような危険とは無縁である。

以上、生け贄契約に関する幾つかの論点を見てきたが、ランダム・ペナルティ契約は、現実の報酬制度の中にも、この制度の特徴が盛り込まれていることが理解できる。例えば、トーナメント契約のように、この制度が多少なりとも組み込まれた契約が倫理的に問題があるとは言いがたいであろう。また、契約の履行可能性において、理論的に再契約をブロックできるため、不均衡予算契約よりも現実性が高いことがわかる。したがって、ランダム・ペナルティ契約は、不均衡予算契約よりは倫理的問題が少なく、しかも、現実可能性が高いと言えるかもしれない。

#### 4. 生け贄契約対連帯責任契約

先に示したように、(ランダム・ペナルティ契約の一方の極端である) 生け贄契約の下では、効率的生産水準より低いアウトプットが観察されたとき、一人のエージェントが生け贄(スケープ・ゴート)として選ばれ、他のすべてのエージェントが彼をスケープ・ゴートとして便益を得ることになる。ランダム・ペナルティ契約の特性を持つ契約の族の中で、もう一方の極端として挙げられるのが、連帯責任契約である。ここでは、効率的生産水準以下のアウトプットが観察されるとき、ランダムに抽出したただ一人のエージェントに成果のすべてを与え、他の残りのすべてのエージェントにペナルティ報酬を課す契約である。私たちは、連帯責任契約が、限界責任の限度パラメータ $\omega$ およびリスクの回避度パラメータ $\theta$ のとりうる集合の範囲が、生け贄契約およびその他のランダム・ペナルティ契約の族のそれより厳密に大きいという意味で、優れていることを次に示すことにする。ただし、私たちは、ここでは、(表記に用いる記号が増えるだけでモデル上の意味および結論はほぼ変わらないので)、先の節でしたように、エージェントが異質的であると仮定することをせず、エージェントは同じ効用関数および同じ限界責任限度を持つとすることで、二節、三節でみたモデルをより単純化することにする。

エージェントが同質的であると仮定すると、先にみた生け贄契約(12)式は次のように簡単化できる。

$$(19) \quad s_i(q) = \begin{cases} q/n & q \geq q(a^*) \text{ のとき} \\ (q + \omega)/(n - 1) & \text{(確率 } (n - 1)/n \text{)} \quad q < q(a^*) \text{ のとき} \\ -\omega & \text{(確率 } 1/n \text{)} \quad q < q(a^*) \text{ のとき} \end{cases}$$

この生け贄契約の下で、努力レベルのベクトル $a^*$ がナッシュ均衡となるのは、努力水準 $a^*$ を選択したときの効用が、最適な逸脱行動を選択したときのそれよりも大きい場合に限られる。すなわち、次のことが満たされるとき、努力水準 $a^*$ はナッシュ均衡となる。



$$(20) \quad Y_i = \left[ m \left( \frac{q(a_i^*)}{n} \right) - v(a_i^*) \right] - \left[ \frac{n-1}{n} m \left( \frac{q_s + \omega}{n-1} \right) + \frac{1}{n} m(-\omega) - v(\hat{a}_s) \right] > 0$$

ただし、 $\hat{a}_s$ は、生け贅契約の下で、他のエージェントが効率的努力レベルを選択するという信念の下、当該エージェントのみが逸脱行動をとるとき、彼が選択する（最適）努力レベルである<sup>15</sup>。そして、また、 $q_s \equiv q(\hat{a}_s, a_{-i}^*)$ である。 $\hat{a}_s$ の存在および一意性は、三節の逸脱行動の最大化問題（13）式における $\hat{a}_i$ の存在に関する同様の議論から、すなわち、新たな生け贅契約における逸脱行動の最大化問題の目的関数（（20）式の第二項）が凹関数であることから、明らかである。

他方、連帯責任契約は、エージェントが同質的であると仮定すると、次のように表される。

$$(21) \quad s_i(q) = \begin{cases} q/n & q \geq q(a^*) \text{ のとき} \\ -\omega & \text{(確率 } (n-1)/n \text{)} \quad q < q(a^*) \text{ のとき} \\ q + (n-1)\omega & \text{(確率 } 1/n \text{)} \quad q < q(a^*) \text{ のとき} \end{cases}$$

この連帯責任契約の下では、努力レベルのベクトル $a^*$ がナッシュ均衡となるのは、 $a^*$ を選択したときの効用が、最適な逸脱行動を選択したときのそれよりも大きい場合に限られる。すなわち、次のことが満たされるならば、 $a^*$ はナッシュ均衡である。

$$(22) \quad Y_i = \left[ m \left( \frac{q(a_i^*)}{n} \right) - v(a_i^*) \right] - \left[ \frac{n-1}{n} m(-\omega) + \frac{1}{n} m(q_m + [n-1]\omega) - v(\hat{a}_m) \right] > 0$$

ただし、 $\hat{a}_m$ は、連帯責任契約の下で、他のエージェントが効率的努力レベルを選択するという信念の下、当該エージェントのみが逸脱行動をとるとき、彼が選択する（最適）努力レベルである<sup>16</sup>。そして、また、 $q_m \equiv q(\hat{a}_m, a_{-i}^*)$ である。 $\hat{a}_m$ の存在および一意性は、三節の逸脱行動の最大化問題（13）式における $\hat{a}_i$ の存在に関する同様の議論から、すなわち、新たな連帯責任契約における逸脱行動の最大化問題の目的関数（22）式の第二項が凹関数であることから、明らかである。

ここでは、生け贅契約ないし連帯責任契約の他に、（明示的に言及されていない）他のランダム・ペナルティ契約も考慮に入れるが、それらは、生け贅契約ないし連帯責任契約と同様に、エージェントを同質的とみなす契約の族であるとする。さもなければ、逸脱行動からの期待効用の変化が最も高くなるようなあるエージェントが存在することになり、その結果、彼が最適解が達成されるかどうかを左右する一人の重要なエージェントになってしまうからである。したがって、逸脱行動を選択することが多大な報酬をもたらすようなエージェントに対しては、均衡にお

<sup>15</sup> 三節の逸脱行動の最大化問題（13）式の目的関数と同様、次に示した新たな生け贅契約（19）式における逸脱行動の最大化問題の目的関数は、 $m_i'' \leq 0$ 、 $v_i' > 0$ および $q'' < 0$ を仮定しているのので、努力に関して凹関数である。したがって、この最大化問題の解 $\hat{a}_s$ は一意的である。

$$\max_{a_i} \left[ \frac{n-1}{n} m \left( \frac{q(a_i, a_{-i}^*) + \omega}{n-1} \right) + \frac{1}{n} m(-\omega) - v(a_i) \right]$$

<sup>16</sup> 三節の逸脱行動の最大化問題（13）式の目的関数と同様、次に示した連帯責任契約（21）式の下での逸脱行動の最大化問題の目的関数は、 $m_i'' \leq 0$ 、 $v_i' > 0$ および $q'' < 0$ を仮定しているのので、努力に関して凹関数である。したがって、この最大化問題の解 $\hat{a}_m$ は一意的である。

$$\max_{a_i} \left[ \frac{n-1}{n} m(-\omega) + \frac{1}{n} m(q(a_i, a_{-i}^*) + [n-1]\omega) - v(a_i) \right]$$

ける報酬を増大させることで、逸脱した場合の損失が大きくなるようにするか、あるいは、逸脱行動が選択されるとき、当該エージェントのペナルティを増大させる一方で、他のエージェントのペナルティを軽減するような報酬シエマにしなければならない。この極端な操作手続きを実行することで、ランダム・ペナルティ契約は、各エージェントに等しい均衡報酬を用意し、逸脱行動に対し同じ期待不効用を負担させる、いわゆる、対称契約となりうるのである。

さて、ここで、連帯責任契約が、生け贄契約ないし他のいかなる均衡予算契約（ランダム・ペナルティ契約）よりも、より広範囲のパラメータ値について、効率を達成できることを示す。

**命題 2.** 任意の均衡予算契約がパレート最適を達成することができるならば、そのとき、連帯責任契約も、同様に、パレート最適を達成することが可能となる。

証明. パレート最適の下では、いかなるエージェントも均衡努力レベル以上の努力を選択するなんのインセンティブも持たない。したがって、アウトプットは効率的生産レベル $q^*$ を越えることはない。そこで、各エージェントは、ランダム・ペナルティ契約において、次の二つのオプションのいずれかを選択することを迫られる。そのひとつは、均衡努力を投入し、報酬 $q^*/n$ を得るというオプションであり、他方、もうひとつは、これより低い努力を投入し、契約に定められたくじを引くというオプションである。例えば、このくじは、生け贄契約においては、(均衡努力より低い努力を投入し)、契約に規定された分布 $(n-1)/n$ で報酬 $(q+\omega)/(n-1)$ を獲得し、また、分布 $1/n$ で報酬 $-\omega$ を獲得する偏差くじを引くことで、より小さい期待報酬(／平均) $q_s/n$ 、ただし、 $q_s \equiv q(\hat{a}_s, a_{-i}^*)$ 、を獲得するというオプションである<sup>17</sup>。さらに、また、例えば、このくじは、連帯責任契約においては、(均衡努力より低い努力を投入し)、契約に規定された分布 $(n-1)/n$ で報酬 $-\omega$ を獲得し、また、分布 $1/n$ で報酬 $q+(n-1)\omega$ を獲得する偏差くじを引くことで、より小さい期待報酬(／平均) $q_m/n$ 、ただし、 $q_m \equiv q(\hat{a}_m, a_{-i}^*)$ 、を獲得するというオプションである<sup>18</sup>。くじの種類によってアウトプットの実現値 $(q_s, q_m)$ が異なるのは、各エー

<sup>17</sup> 生け贄契約において、均衡努力より低い努力が投入されるとき、エージェントは、契約に規定された分布 $(n-1)/n$ で報酬 $(q+\omega)/(n-1)$ を獲得し、また、 $1/n$ で報酬 $-\omega$ を獲得する。したがって、このときの期待報酬は、次のようである。

$$\begin{aligned} E[s_i(q)] &= \frac{1}{n} \cdot (-\omega) + \frac{n-1}{n} \cdot \frac{q+\omega}{n-1} \\ &= -\frac{\omega}{n} + \frac{q+\omega}{n} = \frac{q}{n} \end{aligned}$$

これは、連帯責任契約の期待報酬と同値である。ただし、より小さな確率変数の値 $-\omega$ に小さい確率 $1/n$ が付与され、逆に、より大きな確率変数の値 $q+\omega$ に大きな確率 $(n-1)/n$ が付与されていることに注意しなさい。

<sup>18</sup> 連帯責任契約において、均衡努力より低い努力が投入されるとき、エージェントは、契約に規定された分布 $(n-1)/n$ で報酬 $-\omega$ を獲得し、また、 $1/n$ で報酬 $q+(n-1)\omega$ を獲得する。したがって、このときの期待報酬は、次のようである。

$$\begin{aligned} E[s_i(q)] &= \frac{n-1}{n} \cdot (-\omega) + \frac{1}{n} \cdot [q+(n-1)\omega] \\ &= -\frac{(n-1)\omega}{n} + \frac{q+(n-1)\omega}{n} = \frac{q}{n} \end{aligned}$$

これは、生け贄契約の期待報酬と同値である。ただし、より小さな確率変数の値 $-\omega$ に大きな確率 $(n-1)/n$ が付与され、逆に、より大きな確率変数の値 $q+(n-1)\omega$ に小さな確率 $1/n$ が付与されていることに注意しなさい。

エージェントがとる逸脱行動努力レベルが様々であるからである。しかしながら、これは証明には重要な問題ではない。

連帯責任契約の優位性は、(より小さな確率変数の値に最大の確率  $(n-1)/n$  が付与されているため)、逸脱行動が選択されたときのペナルティ報酬の生起確率が (いわゆる、リスク負担が)、同じ契約の族の中で、最も高い契約であることである<sup>19</sup>。

ここで、しばらくの間、次のことを仮定しよう。エージェントが逸脱行動を選択するとき、したがって、このとき、各エージェントは期待報酬 (くじの期待利得) を獲得することになるが、連帯責任契約の下での期待報酬と任意のランダム・ペナルティ契約  $k$  の下でのそれが同値であるとしよう。期待報酬が同値であるならば、Rothschild and Stiglitz (1970) により定式化されたような一連の平均維持の分散拡大 (mean-preserving spreads) の操作を加えることで、任意の契約  $k$  におけるくじは連帯責任契約におけるくじへと変換することができる。すなわち、連帯責任契約では、逸脱行動のときの報酬として、二つの報酬を用意している。ひとつは、可能な限り低レベルの報酬  $-\omega$  に最も高い生起確率  $(n-1)/n$  を付与し、もうひとつは、可能な限り高レベルの報酬  $q+(n-1)\omega$  に最も低い生起確率  $1/n$  を付与している。他のいかなるランダム・ペナルティ契約  $k$  も、連帯責任契約と比較したとき、最低報酬  $-\omega$  よりも高い報酬にある正の生起確率を付与し、さらに、最高報酬  $q+(n-1)\omega$  よりも低い報酬にある正の生起確率を付与するような偏差くじとなっているはずである (分布の台 (support) が連帯責任契約のそれよりも内側に位置する)。かくして、くじの期待値が同値であるならば、連帯責任契約の方が他の任意の契約  $k$  よりも高リスクの契約といえよう。なぜなら、連帯責任契約は、最低報酬  $-\omega$  と最高報酬  $q+(n-1)\omega$  の中間の利得 (値) がゼロの確率 (あるいは、小さな正の確率) となるように操作されたくじ、すなわち、両極端の報酬の生起確率が高くなるよう操作されたくじであるからである<sup>20</sup>。

厳密には、任意のランダム・ペナルティ契約  $k$  において、逸脱行動のときのペナルティ報酬の生起確率が離散型確率関数で表されるとき、次のような平均維持の分散拡大の操作を行うことで、任意のランダム・ペナルティ契約のくじを、連帯責任契約のくじに変換することができる<sup>21</sup>。

$$(23) \quad f(m) = \begin{cases} \alpha \geq 0 & m = -\omega \text{ のとき} \\ -\alpha \leq 0 & m = -\omega + d \text{ のとき} \\ -\beta \leq 0 & m = q + (n-1)\omega - t \text{ のとき} \\ \beta \geq 0 & m = q + (n-1)\omega \text{ のとき} \\ 0 & \text{その他のとき} \end{cases}$$

ただし、 $d$  および  $t$  は、 $-\omega \leq -\omega + d \leq q + (n-1)\omega - t \leq q + (n-1)\omega$  を満たすように定められ、し

<sup>19</sup> 一人以上のエージェントが逸脱行動を選択したとき、一人のエージェントを除き、他のすべてのエージェントがペナルティ報酬を支払われる (罰金を課される) という意味で、連帯責任契約は、ペナルティ報酬の生起確率ももっとも高い報酬シェーマといえる。

<sup>20</sup> 平均維持の分散拡大とリスクとの関係については Appendix B を参照しなさい

<sup>21</sup> くじの平均維持の分散拡大の操作は、次のとおりである。すなわち、任意のランダム・ペナルティ契約における報酬  $s_i(q) = -\omega + d, q + (n-1)\omega - t$ 、ただし、生起確率  $f(s_i) = p_1 + \alpha, p_2 + \beta$ 、ただし、 $(p_1 + \alpha) + (p_2 + \beta) = 1$  について、各報酬の生起確率をそれぞれ  $\alpha$  および  $\beta$  だけ削減し、さらに、その削減分を、報酬  $-\omega$  および  $q + (n-1)\omega$  の生起確率に、それぞれ付け替える。このとき、 $[-\alpha + f(-\omega)] + [-\beta + f(q + (n-1)\omega)] = 0$  であり、しかも、 $\alpha(-\omega) - \alpha(-\omega + d) - \beta[q + (n-1)\omega - t] + \beta[q + (n-1)\omega] = -\alpha d + \beta t = 0$  であるならば、平均維持を確保し台を広げる操作を加えたことになる。したがって、平均維持の分散拡大は、(操作の対象となる確率変数  $m$  について)、 $\sum_{m \in M} f(m) = 0$  および  $\sum_{m \in M} f(m) \cdot m = 0$  となるよう操作することといえる。

かも、 $d$ 、 $t$ 、 $\alpha$ および $\beta$ の値は次のことを満たさなければならない。

$$(24) \quad \sum_{m \in M} f(m) = 0$$

$$(25) \quad \sum_{m \in M} f(m) \cdot m = 0$$

この具体的ケースでは、 $\sum_{m \in M} f(m)$ は次のようになる。

$$\begin{aligned} \sum_{m \in M} f(m) &= f(-\omega + d) + f(-\omega) + f(q + (n-1)\omega - t) + f(q + (n-1)\omega) \\ &= -\alpha + \alpha - \beta + \beta = 0 \end{aligned}$$

また、この具体的ケースでは、 $\sum_{m \in M} f(m) \cdot m$ は、次のようになる。

$$\begin{aligned} \sum_{m \in M} f(m) \cdot m &= f(-\omega)(-\omega) + f(-\omega + d)(-\omega + d) \\ &\quad + f(q + (n-1)\omega - t)[q + (n-1)\omega - t] \\ &\quad + f(q + (n-1)\omega)[q + (n-1)\omega] \\ &= \alpha(-\omega) - \alpha(-\omega + d) - \beta[q + (n-1)\omega - t] + \beta[q + (n-1)\omega] \\ &= -\alpha d + \beta t = 0 \end{aligned}$$

したがって、元のランダム・ペナルティ契約 $k$ が、報酬ルール $s_i(q) = -\omega + d$ 、 $q + (n-1)\omega - t$ 、ただし、生起確率 $f(s_i) = p_1 + \alpha$ 、 $p_2 + \beta$ 、ただし、 $(p_1 + \alpha) + (p_2 + \beta) = 1$ 、のとき、変換操作(23)式は、次に示すように、(24)および(25)式を満たすことがわかる。

$$\begin{aligned} &(p_1 + \alpha) + (p_2 + \beta) \\ &= (p_1 + \alpha) + (p_2 + \beta) + \sum_{m \in M} f(m) \\ &= (p_1 + \alpha) + (p_2 + \beta) + [-(\alpha + \beta) + f(-\omega) + f(q + (n-1)\omega)] \\ &= (p_1 + \alpha) + (p_2 + \beta) + [-(\alpha + \beta) + (\alpha + \beta)] \\ &= (p_1 + \alpha) + (p_2 + \beta) \end{aligned}$$

そして、また、

$$\begin{aligned} &(p_1 + \alpha)(-\omega + d) + (p_2 + \beta)[q + (n-1)\omega - t] \\ &= (p_1 + \alpha)(-\omega + d) + (p_2 + \beta)[q + (n-1)\omega - t] + \sum_{m \in M} f(m) \cdot m \\ &= (p_1 + \alpha)(-\omega + d) + (p_2 + \beta)[q + (n-1)\omega - t] \\ &\quad + [\alpha(-\omega) - \alpha(-\omega + d) - \beta[q + (n-1)\omega - t] + \beta[q + (n-1)\omega]] \\ &= (p_1 + \alpha)(-\omega + d) + (p_2 + \beta)[q + (n-1)\omega - t] - \alpha d + \beta t \\ &= (p_1 + \alpha)(-\omega + d) + (p_2 + \beta)[q + (n-1)\omega - t] \end{aligned}$$

もし、ランダム・ペナルティ契約 $k$ のペナルティ報酬が連続の密度関数を持つとき、(23)式の表記は不適切である。しかしながら、連続密度関数の場合でも、(分布の)台をより大きくした望ましい平均維持分布を見つけることは比較的容易である。

一連の平均維持の分散拡大の操作によって、任意のランダム・ペナルティ契約を連帯責任契約へと変換できるので、Rothschild and Stiglitz (1970)の意味で、リスク回避的エージェントの期待効用は、(くじがよりリスクーとなるので)、より低下することがわかる。均衡努力レベル $a^*$

からのいかなる逸脱行動も、(実際に契約に規定された)ペナルティ報酬(くじの期待値)を課されることになるので、(リスク回避的な)エージェントの期待効用は、他のいかなるランダム・ペナルティ契約の下でよりも、連帯責任契約の下でより低くなることがわかる。すなわち、逸脱行動 $\hat{a}$ を選択するエージェントは、他の任意のランダム・ペナルティ契約 $k$ の下でよりも、連帯責任契約の下でより低い期待効用を持つことになるといえる。

逸脱行動を選択したときの努力レベルが等しいという一時的な仮定をひとたび緩和すると、契約 $k$ は、連帯責任契約に比して、逸脱行動を抑止しにくくなる。なぜなら、エージェントは彼の逸脱行動を $\hat{a}_m$ から契約 $k$ のときに好ましい逸脱行動 $\hat{a}_k$ へ変化させることで、彼の効用を増大させることができるからである。連帯責任契約では、エージェントが(ペナルティを科せられる)コストが(逸脱努力の軽減から得られる)便益より大きくなるように設定することで、十分ではないにしろ、パレート最適を達成しようとしている。したがって、連帯責任契約は他のいかなるランダム・ペナルティ契約がパレート最適を達成する以上にパレート最適を達成できるといえる。□

命題2は、直感的には、次のように理解できる。連帯責任契約においては、エージェントが逸脱行動を選択するとき、彼により大きなリスクを課すことになる。これにより、リスク回避度のより低いエージェントに対しても、その大きなリスク負担のため、逸脱行動を抑制させることができるというものである。したがって、連帯責任契約は、生け贄契約の下で逸脱行動を選択するタイプのエージェントに対しても、逸脱行動を抑止することができるかもしれない。また、それゆえ、連帯責任契約はより頻繁に使用されると思われる。しかし、この利点は、また、これまで取りあげてきたモデルの欠点を強調することでもある。すなわち、このモデルでは生産に関する不確実性が考慮されていない<sup>22</sup>。もし、アウトプットが非効率的生産レベルにあるとき、たとえば、投入された努力レベルが高水準であっても、連帯責任契約は、生け贄契約よりも、不慮の偶然性による低アウトプットに対して、過度のペナルティ報酬(罰金)を課してしまうことになるかもしれない。このとき、連帯責任契約のくじ報酬はもはや利点ではなくなってしまう。さらに、これまで、全く触れなかったが、もし、効率的契約の下でさえ、ある非効率なナッシュ均衡が存在し、非効率的生産レベルが生じる可能性がある。このとき、連帯責任契約は、他のいかなるランダム・ペナルティ契約以上に強いペナルティ報酬を課してしまうため、この非効率的均衡において、最悪の結果を招くことになるかもしれない。

---

<sup>22</sup> 連帯責任契約はトーナメントの勝者に報酬を与えることに等しく、また、生け贄契約はトーナメントの敗者を罰することに等しい契約といえる。Nalebuff and Stiglitz (1983) は多数のプレーヤーが参加し、しかも、生産に不確実性がともなうトーナメントでは、敗者に対する処罰は勝者に対する報酬よりも優れていることを示した(生け贄契約の方が優れていることを示している)。彼らのモデルは、生産の不確実性が存在し、さらに、そこに多数のプレーヤーが参加するモデルを基本としているが、しかし、プレーヤーのリスク回避性向には依存していない。彼らの説明に拠れば、トーナメントがチーム生産におけるランダム・ペナルティと異なるのは、トーナメントでは、敗者への処罰は実際の観察どおりに生じるものであり、しかも、その直接的な不効用は、逸脱した努力レベルと見合うものでなければならないということである。

## 5. 結論

複数のエージェントがリスク中立的であるより、むしろ、リスク回避的であるとするならば、最適均衡契約を見つけることは容易であることを示した。均衡予算契約の下で、しかも、エージェントがリスク中立的であるとき、Holmströmが指摘するように、パレート最適な契約は存在しない。しかし、エージェントがリスク回避的であるとするならば、均衡予算契約を満たす最適均衡契約は存在する。この最適契約は、Holmströmがリスク中立的エージェントに対して示した不均衡予算契約に類似している。なぜなら、効率的生産レベルよりも低いチーム・アウトプットが観察されるならば、いずれのランダム・ペナルティ契約も、(不均衡予算契約と同様に)、なんらかのペナルティ報酬が支払われることになるからである。しかしながら、ここでの最適均衡契約は、Holmströmと違い、(Holmströmでは、アウトプットを廃棄することですべてのエージェントに一律にペナルティを科すことになるが)、エージェントにくじを引かせることでペナルティの対象者を(ランダムに)決定するという点で異なる。もし、エージェントが十分にリスク回避的であるならば、あるいは、ランダム・ペナルティを負担するリスクが十分に大きいならば、各エージェントは、他のすべてのエージェントが効率的努力レベルを選択するという信念の下では、効率的努力レベルから逸脱することはない。逸脱行動に対し、ある一定のペナルティ報酬を設定するランダム・ペナルティ契約の族は、生け贄契約および連帯責任契約を含め、様々考えられるが、そして、それらの契約の族は、ある一定のパラメータ値 $\omega$ および $\theta$ の下で、いかなるランダム・ペナルティ契約も、同じような結果をもたらすが、しかしながら、連帯責任契約は、リスク回避度がより低いエージェントを前提としたとしても、あるいは、限界責任の限度額を極端に限定したとしても、最適解を容易に達成することができるランダム・ペナルティ契約であるといえる。連帯責任契約は、ランダム・ペナルティ契約の族の中で、パラメータの許容度が最も高い均衡予算契約といえるかもしれない。

### APPENDIX A.1

私たちは、ここで、Rasmusen (1984) の解説による Holmström (1982) の均衡予算および不均衡予算制約モデルを紹介する。まず、ゲームの前提から始める。

#### (1) プレーヤー

- (i) 均衡予算契約の場合：チームは $n$ 人のエージェントのみから構成されている。
- (ii) 不均衡予算契約の場合：チームは一人のプリンシパルおよび $n$ 人のエージェントから構成されている。

#### (2) ゲームの情報

チーム生産に影響を及ぼすのはエージェントの努力のみであり、生産に関する不確実性は存在しない。しかしながら、エージェントの努力選択は非対称情報である。それ以外の情報、チーム生産および利得等は対称情報である。

#### (3) プレーの手順

プレーの手順は、均衡予算および不均衡予算契約の両方において同じである。

- (a) チームはエージェント $i$ に、チーム・アウトプットが $q$ であるとき、報酬 $s_i(q)$ を支払う契約を提示する。

- (b) エージェント*i*はこの契約を受諾するか拒否するかを決める。
- (c) エージェント*i*は、同時に、投入努力レベル $a_i$ 、 $i=1, \dots, n$ 、を決め、その努力レベルでチーム生産に従事する。
- (d) その結果、チーム総生産 $q(a_i, a_{-i})$ 、 $a_{-i} \equiv (a_1, \dots, a_{i-1}, a_{i+1}, \dots, a_n)$ 、が決まる。

(4) ゲームの利得

- (i) 均衡予算契約の場合：エージェントの一人でも契約を拒否すると、すべてのエージェントの効用はゼロとなる。それ以外するとき、エージェント*i*の効用は、次のようである。

$$u_{A_i} = s_i(q(a_i, a_{-i})) - v_i(a_i) \quad \text{ただし、} \quad \sum_{i=1}^n s_i(q(a_i, a_{-i})) = q(a)$$

- (ii) 不均衡予算契約の場合：チーム・アウトプットが $q(a) \geq q(a^*)$ のとき、エージェント*i*の利得は、 $s_i(q) = b_i$ 、ただし、 $\sum_i b_i = q(a^*)$ 、であり、他方、プリンシパルの利得はゼロである。また、チーム・アウトプットが $q(a) < q(a^*)$ のとき、エージェントの利得はゼロであり ( $s_i(q) = 0$ であり)、他方、プリンシパルはチーム・アウトプットに対し残余請求権を持つ。したがって、エージェントおよびプリンシパルの効用は次のようである。

$$u_{A_i} = \begin{cases} b_i - v_i(a_i) & \text{if } q(a) \geq q(a^*) \\ 0 - v_i(a_i) & \text{if } q(a) < q(a^*) \end{cases} \quad \text{ただし、} \quad \sum_{i=1}^n b_i = q(a^*)$$

$$u_P = \begin{cases} 0 & \text{if } q(a) \geq q(a^*) \\ q(a) & \text{if } q(a) < q(a^*) \end{cases}$$

<均衡予算契約のケース>

私たちは、まず、均衡予算契約のケースから考察することにする。以上の仮定の下で、「店舗売却」タイプの契約（エージェントだけのチーム生産）は、エージェントがリスク中立的であるとしても、エージェントから効率的努力レベルを誘発させるインセンティブ機能を持ちえない。なぜなら、パートナーシップにおけるチーム生産は、プリンシパル・エージェントにおけるそれと同様の問題をチーム内に残してしまうからである。このチーム問題とはエージェント間の協働問題（フリーライダー問題）である。すなわち、エージェントが非効率的な行動を選択し目標業績からはずれたとしても、それを隠すことができるため、すべてのエージェントが十分に処罰されるわけではないので、エージェントがこの統御不能を利用しようとするインセンティブを持つことを完全に排除することができないことである。とりわけ、フリーライダー問題は、(不確実性の存在ばかりでなく、同様に)、均衡予算制約の存在によっても生じることが知られている。(しかも、この問題の前では、プリンシパルの有無は末梢的問題にすぎないのである)。

**定理A.1.1.** 均衡予算契約の下で（パートナーシップ企業において）、エージェントが非協力ゲームをプレイするとき、協働生産の成果 $q$ をパレート最適なナッシュ均衡 $a^*$ を達成するよう配分する報酬ルール $s_i(q)$ は存在しない。

証明. まず、非協力ゲームにおけるエージェントの効率的ナッシュ均衡を導出することから始め

る。エージェントが非協力ゲームをプレイするとき、チーム生産におけるエージェントの努力選択問題は次のように表される。

$$(A.1.1) \quad \max_{a_i} [s_i(q(a_i, a_{-i})) - v_i(a_i)]$$

エージェント  $i$  の行動選択問題に関する一階の条件は次のようである。

$$(A.1.2) \quad \left( \frac{\partial s_i}{\partial q} \right) \left( \frac{\partial q}{\partial a_i} \right) - \frac{\partial v_i}{\partial a_i} = 0$$

他方、均衡予算制約および線形効用関数の下では、パレート最適はエージェントの総効用を最大化することで達成されることが知られている（これは一般的には成り立たない）。したがって、パレート最適は、均衡予算制約の下での総効用最大化問題として次のように表せる。

$$(A.1.3) \quad \max_{a_1, \dots, a_n} \sum_{i=1}^n s_i(q(a)) - \sum_{i=1}^n v_i(a_i)$$

$$(A.1.4) \quad \text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^n s_i(q(a)) = q(a)$$

均衡予算の制約条件を目的関数に代入し総効用の最大化問題を解くと、その一階の条件は、努力の総アウトプットに対する限界寄与率が努力の限界不効用に等しいことを示している。これは公式的には次のように表される。

$$(A.1.5) \quad \frac{\partial q}{\partial a_i} - \frac{\partial v_i}{\partial a_i} = 0$$

総効用最大化の一階の条件 (A.1.5) 式は、各エージェント  $i$  の効用最大化の一階の条件 (A.1.2) 式に矛盾する。なぜなら、 $\partial s_i / \partial q$  は 1 に等しくないからである。 $\partial s_i / \partial q$  の値は、総効用の最大化問題の制約条件 (A.1.4) 式を、 $q$  について偏微分することで公式的に次のように表せる。

$$(A.1.6) \quad \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial s_i}{\partial q} \right) = 1 \quad \text{ただし、} \quad \frac{\partial s_i}{\partial q} > 0, \quad i = 1, \dots, n$$

これは、私たちが、均衡予算制約 (A.1.4) 式（あるいは、(A.1.6) 式）を主張する限り、効率的ナッシュ均衡の条件 (A.1.2) 式はパレート最適の条件 (A.1.5) 式と常に矛盾することを示すものである。すなわち、均衡予算契約の下では、パレート最適と効率的ナッシュ均衡は同時に成立しないことは明らかといえる。このことについて、次に直感的理解を示しておこう。もし、 $\partial s_i / \partial q$  が 1 に等しいならば  $(\partial s_i / \partial q)(\partial q / \partial a_i) = \partial q / \partial a_i$  の右辺が示すように、エージェント  $i$  は残余請求者となり、限界生産物の増加分のすべてを受け取らなければならない。（このとき、他のエージェント  $-i$  はエージェント  $i$  の限界生産物を一切受け取らない）。しかし、均衡予算制約の下では、(A.1.6) 式に示すように、エージェント  $i$  の限界生産物の増加分はすべてのエージェントに配分されるので  $(\sum_i \partial s_i / \partial q) = 1$ 、ただし、すべての  $i$  について、 $\partial s_i / \partial q > 0$  であるので、エージェント  $i$  は限界生産物の増加分のすべてを受け取ることはできない。エージェント  $i$  は限界努力の不効用を自らすべて負担するが、同時に、それから生じる総限界生産物のほんの一部し



か受け取らないので、均衡予算契約においてはパレート最適なナッシュ均衡を達成することができないのである。□

＜不均衡予算契約のケース＞

定理A.1.1は (A.1.2)、(A.1.5) および (A.1.6) 式の非斉合性の理解を任意の配分ルールの場合にまで拡張したものである。私たちが均衡予算制約 (A.1.4) 式を主張する限り、また、外部性 ( $q'_i(a_i, a_{-i}) \neq 0$ ) が存在する限り (エージェント  $i$  の限界生産物が他のエージェント  $-i$  にも配分される限り)、効率的ナッシュ均衡を達成することができない。私たちが知るように、フリーライダー問題は、不確実性の存在ばかりでなく (少なくとも確実性の下では、より単純な解が存在するが)、均衡予算制約の存在によっても生じる。(ここでは、確実性を仮定しているので)、そこで、私たちは、フリーライダー問題を回避するため、均衡予算制約 (A.1.4) 式を次のように緩和する。

$$\sum_{i=1}^n s_i(q(a)) \leq q(a)$$

この新たな制約条件 (不均衡予算制約) を置くとき、そして、新たにプリンシパルを雇用し、効率的生産水準  $q(a^*)$  が達成されたとき、エージェント  $i$  に報酬  $b_i$  を支払うが、しかし、それが達成されなかったとき、チーム・アウトプット  $q(a)$  に対し残余請求権を持つことを許容するとする。したがって、ゲーム (1)-(ii) のケースのように、プレーヤーは一人のプリンシパルと  $n$  人のエージェントから構成されることになる。さらに、均衡予算制約を緩和し、不均衡予算制約を置くことで、次のような新たな配分ルールを設定することができる。

$$(A.1.7) \quad s_i(q) = \begin{cases} b_i & q \geq q(a^*) \text{ のとき} \\ 0 & q < q(a^*) \text{ のとき} \end{cases}$$

ただし、 $a^*$  をエージェントによる効率的努力レベルのベクトルとする。また、 $\sum_i b_i = q(a^*)$  および  $b_i > v_i(a_i^*)$  であるとする。このとき、次のことがいえる。

**定理A.1.2.** 不均衡予算契約 (A.1.7) 式の下で、パレート最適なナッシュ均衡  $a^*$  を達成する実行可能な配分ルール  $s_i(q) \geq 0$ 、ただし、 $i=1, \dots, n$ 、の集合が存在する。

証明. 均衡予算制約を緩和することで、私たちは、新たな報酬配分ルールを設定することができる。不均衡予算制約の下での配分ルール (A.1.7) 式は、すべてのエージェントが効率的努力レベルで生産するならば、エージェント  $i$  に報酬  $b_i$  を支払うものである。また、もし、エージェントの誰かが怠業するならば、報酬はゼロとなり、そして、この場合、アウトプットは廃棄されることになる (プリンシパルの残余請求権の配下となる)。しかしながら、例えば、エージェントは、効率的アウトプット  $q(a^*)=100$  に対し、これをほんの少し下回るアウトプット 99 を生産したとき、これらの成果が廃棄されるということを真に脅威として感じるかは疑問である。エージェントは、事前には、アウトプットを廃棄することに同意するかもしれないが、それは、均衡においてその可能性がまったくないことを前提に、この契約に同意したに過ぎないからである。

そこで、(契約を無視し) アウトプットが配分されないようにするため、チーム外の第三者 (いわゆる、プリンシパル) を雇用し、非効率的生産がなされたとき、すべてのアウトプットについ

で残余請求権を持たせることになる。このことが、チーム生産モデルにおいて、プリンシパルが存在する理由である。

そこで、均衡予算制約を緩和し、制約条件 (A.1.4) 式が有効でないとする、「チーム・アウトプットが  $q(a) \geq q(a^*)$  の場合に限り」、先の総効用の最大化問題（パレート最適問題）は次のように表せる。

$$(A.1.8) \quad \max_{a_1, \dots, a_n} \sum_{i=1}^n s_i(q(a)) - \sum_{i=1}^n v_i(a_i)$$

$$(A.1.9) \quad \text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^n s_i(q(a)) = \sum_{i=1}^n b_i = q(a^*)$$

私たちは、均衡予算制約の下でのパレート最適の条件は、(A.1.3) 式および (A.1.4) 式より、 $a^* \in \operatorname{argmax}_{a_1, \dots, a_n} q(a) - \sum_i v_i(a_i)$  となることを知っている。また、(A.1.8) 式および (A.1.9) 式より、 $\sum_i b_i = q(a^*)$ 、および、 $\sum_i (b_i - v_i(a_i^*)) > 0$  であるので、 $b_i > v_i(a_i^*)$  が可能であることがわかる。他方、(不均衡予算制約の下でも)、(A.1.8) 式および (A.1.9) 式より、均衡予算制約の下でのパレート最適の条件  $a^* \in \operatorname{argmax}_{a_1, \dots, a_n} q(a) - \sum_i v_i(a_i)$  が満たされることがわかる。しかも、この配分ルール (A.1.7) 式の下では、エージェント  $i$  がパレート最適  $a^*$  を逸脱するとき（すなわち、 $a_i < a_i^*$  をとるとき）、ペナルティ賃金ゼロが支払われるため（エージェントの効用は  $0 - v_i(a_i) \leq 0 < b_i(a_i^*) - v_i(a_i^*)$  となるので）、 $a_i^*$  は効率的ナッシュ均衡を保証するものとなる。□

均衡予算制約を前提としないならば、エージェントがほんの少しだけ怠けたとき、確かに、彼は怠けることから生じる余暇の効用のすべてを受け取るが、しかし、他方で、彼は均衡予算契約の下で享受できた報酬のすべてを失うことになるであろう。これは、アウトプットが効率的生産レベルに達しないならば、(このとき、プリンシパルがアウトプットに対して残余請求権を持つことになり、その結果)、すべてのエージェントの報酬はゼロとなるグループ・ペナルティが科されることを意味する。(そのような意味で、不均衡予算制約の下で、報酬配分ルール (A.1.7) 式は効率的契約となりうるのである。)

私たちが、ここで触れたチーム生産の問題は、パートナーシップ問題、公共財の供給問題と同様その源泉は同じである。

## APPENDIX A.2

ここでは、Appendix A.1の証明をより直感的に理解できるよう、モデルを特定化した上で、チーム生産の問題の説明を試みる。この説明モデルは、通常、公共財の供給問題について論じられる議論を、チーム生産に応用したものである。ここでの（公共財供給の）説明モデルは、Feldman (1980) に拠っている。また、ここでの説明方法も、Holmström (1982) のそれと同様、いわゆるチーム生産がパレート最適条件を満たすのかどうかを考察することには変わりがない。そこで、まず、チーム生産のパレート最適とはどのような条件をもつのかを考察し、さらに、その上で、このパレート最適条件が、チーム・メンバーが非協力ゲームをプレーするとき達成されるナッシュ均衡とどのように矛盾するのかをみていくことにする。そこで、まず、チーム生産のパレート最適条件の考察から始める。

＜チーム生産のパレート最適条件＞

まず、記号の説明から始めることにする。これについては、基本的に、Appendix A.1と変わらない。チームは、 $n$ 人のエージェントから構成されているとする。 $n$ 人のエージェントは努力 $a=(a_1, a_2, \dots, a_n)$ を投入し、チーム・アウトプット $q(a)$ を生産する。このとき、エージェント $i$ の効用は賃金 $s_i$ および不効用 $v_i$ に加法的分離可能な関数によって表せるとする。

$$(A.2.1) \quad u_i = s_i(q(a)) - v_i(a_i) \quad \text{ただし、} s'_i > 0, s''_i < 0, v'_i > 0, v''_i > 0$$

ここで、パレート最適なチーム生産について考察する。先の (A.2.1) 式で定義したエージェントの効用関数において、 $s'_i(q) \equiv \partial s_i / \partial q$  は総生産量が $q$ のときのチーム・メンバー $i$ の生産に関する賃金の限界効用（賃金所得に関し線形の効用関数 $m(s_i) \equiv s_i(q)$ を仮定しているので、 $m'_s(s_i) \equiv s'_i(q)$ は総生産量が $q$ のときの生産に関する限界賃金）を示している。そこで、生産に関する賃金の限界効用について、次の不等式を仮定する。

$$(A.2.2) \quad s'_1(q) + s'_2(q) + \dots + s'_n(q) > 1$$

これは、チームの総生産が $q$ のとき、チーム・メンバーの賃金に関する限界効用 $s'_i$ の合計が1を越えることを意味している。このとき、各チーム・メンバー $i$ が、総生産量を（一単位だけ）増加させるため、不効用を $s'_i(q)$ だけ余分に負担するものとする<sup>23</sup>。すなわち、努力レベルを $\Delta a_i$ だけ増加させると仮定する。したがって、チーム・メンバー $i$ の努力に関する新たな不効用は次のように表される。

$$v_i(\bar{a}_i) = v_i(a_i) + s'_i(q), \quad i = 1, 2, \dots, n$$

ただし、 $\Delta a_i \equiv \bar{a}_i - a_i > 0$ である。もし、ここでストップするならば、各チーム・メンバー $i$ の不効用は $s'_i(q)$ だけ増加する。したがって、仮定 (A.2.2) 式より、チーム総生産量が $q$ のとき、チーム・メンバー $i$ が努力を $\Delta a_i$ だけ増加させるならば、チーム全体としての不効用の増加は次のように表される。

$$s'_1(q) + s'_2(q) + \dots + s'_n(q) = 1 + \Delta > 1$$

あるいは、

$$s'_1(q) + s'_2(q) + \dots + s'_n(q) - \Delta = 1$$

ただし、 $\Delta$ は小さな正の値とする。ここで、チーム全体の総不効用を一単位（ $\sum_i s'_i(q) - \Delta = 1$ ）だけ増加させるよう、各チーム・メンバー $i$ が投入努力を $s'_i(q)$ だけ引き上げるとする。（ただし、不効用 $\Delta$ に相当する努力量が余分であることに注意しなさい。すなわち、実際には、チーム・メンバー $i$ は $s'_i(q) - \Delta t_i$ の不効用を負担すれば済む。ただし、 $\Delta t_i$ は微少であるのでここでは無視し、チーム全体としてほぼ一単位だけ総不効用を増加させた努力レベルでチーム生産がなされるとする）。このとき、チーム全体としての総生産がちょうど一単位だけ増加すると仮定する。すなわち、新たな総生産量 $\bar{q}$ は次のように表せるとする。

$$\bar{q} = q + 1$$

<sup>23</sup> このとき、不効用の増加分は $v'_i(a_i|q)$ で表記されていないことに注意しなさい。

他方、チームの総生産が $q$ のとき、このように生産量を一単位だけ増加させることは、各チーム・メンバー $i$ の賃金に関する効用を $s'_i(q) \equiv \partial s_i / \partial q$ だけ増加させることになる。したがって、チーム全体としての賃金に関する効用の増加は、 $s'_1(q) + s'_2(q) + \dots + s'_n(q)$ となる。そこで、各チーム・メンバー $i$ に対し、効用増加分 $s'_i(q)$ を配分するとする。

チーム生産が $q$ のとき、チームの総生産量を一単位増加させることは、一方で、各チーム・メンバー $i$ の不効用をせいぜい $s'_i(q)$ だけ増加させ、同時に、他方で、各チーム・メンバー $i$ の賃金に関する効用を $s'_i(q)$ だけ上昇させることでもある。したがって、 $(\bar{q}, \bar{a}_1, \bar{a}_2, \dots, \bar{a}_n)$ のときの各メンバーの効用は、 $(q, a_1, a_2, \dots, a_n)$ のときの効用と同等レベルしか達成できない。しかし、先にみたように、総生産量を一単位増加させるのに、(各チーム・メンバー $i$ は $s'_i(q)$ に相当する努力量を追加投入したが、しかし、これでは)、 $\Delta$ 単位の不効用に相当する努力量が余分になってしまうので、これを各チーム・メンバーに節約してもらうと、各メンバーの効用は、 $(q, a_1, a_2, \dots, a_n)$ のときの効用よりも上昇することになる。かくして、ここに次のことがいえる。

**命題A.2.1.** 次の仮定の下で、不効用の増加量と近似的に同量だけ生産量を増加させたとき、あるチーム・メンバーの効用を厳密に増加させ、しかも、いかなるチーム・メンバーの効用をも低下させない配分の方法があるとき、 $q$ はパレート最適な生産水準ではない。

$$s'_1(q) + s'_2(q) + \dots + s'_n(q) > 1$$

ここまでは、チーム生産が増加する状況のみをみてきた。しかし、生産量 $q$ が増大するとき、各チーム・メンバー $i$ の生産に関する賃金の限界効用 $s'_i(q)$ は低下していく。なぜなら、関数 $s_i(q)$ は凹の非減少関数を仮定しているからである。したがって、生産量が大きくなると、新たなある生産量 $q$ の下では、次のことが成り立つと仮定することができる。

$$s'_1(q) + s'_2(q) + \dots + s'_n(q) < 1$$

ただし、このときの生産量 $q$ は (A.2.2) 式の生産レベルより大であることに注意しなさい。また、この不等式は、次のように書き換えることができる。

$$(A.2.3) \quad s'_1(q) + s'_2(q) + \dots + s'_n(q) + \Delta = 1$$

ただし、 $\Delta$ は小さな正の値である。ここで、先と同様の操作を行う。しかしながら、操作の順序は逆である。すなわち、まず、チーム生産量を一単位だけ減少させるとする。したがって、新たなチーム生産量は $\bar{q}$ となり、次のように表せる。

$$\bar{q} = q - 1$$

チームの生産量を一単位減少させたとき、同時に、各チーム・メンバー $i$ の賃金に関する効用は $s'_i(q)$ だけ低下する。したがって、仮定 (A.2.3) 式より、チームの総生産量が $q$ のとき、チーム全体としての賃金に関する総効用の低下は次のように表される。

$$s'_1(q) + s'_2(q) + \dots + s'_n(q) = 1 - \Delta < 1$$

しかし、生産量を一単位減少させたとき、他方、各チーム・メンバー $i$ は投入努力を減少させる

ことができるので、不効用はその分低下する。ここで、チームの総生産量を一単位減少させたとき、総不効用がちょうど一単位 ( $\sum_i s'_i(q) + \Delta = 1$ ) だけ減少すると仮定する。ここにおいて、( $\Delta$ を残し)、不効用の減少分を各チーム・メンバー  $i$  に  $s'_i(q)$  だけ配分する。すなわち、各チーム・メンバー  $i$  の不効用を次のように低下させるとする。

$$v_i(\bar{a}_i) = v_i(a_i) - s'_i(q)$$

ただし、 $\Delta a \equiv a_i - \bar{a}_i > 0$  である。

このように、チーム生産が  $q$  のとき、チームの総生産量を一単位減少させることは、各チーム・メンバー  $i$  の賃金に関する効用を  $s'_i(q)$  だけ減少させ、同時に、他方で、各チーム・メンバー  $i$  の不効用を  $s'_i(q)$  だけ低下させることでもある。したがって、 $(\bar{q}, \bar{a}_1, \bar{a}_2, \dots, \bar{a}_n)$  のときの各メンバーの効用は、 $(q, a_1, a_2, \dots, a_n)$  のときの効用と同等レベルしか達成できない。しかし、先にみたように、総生産量を一単位減少させるのに、(各チーム・メンバー  $i$  は  $s'_i(q)$  に相当する努力量を節約したが、しかし、これでも)、 $\Delta$  単位の不効用に相当する努力量が余分になってしまうので、これを各チーム・メンバーに節約してもらおうと、各メンバーの効用は、 $(q, a_1, a_2, \dots, a_n)$  のときの効用よりも上昇することになる。すなわち、ここに次のことがいえる。

**命題A.2.2.** 次の仮定の下で、不効用の増加量と近似的に同量だけ生産量を減少させたとき、あるチーム・メンバーの効用を厳密に増加させ、しかも、いかなるチーム・メンバーの効用をも低下させない配分の方法があるとき、 $q$  はパレート最適な生産水準ではない。

$$s'_1(q) + s'_2(q) + \dots + s'_n(q) < 1$$

最終的には、 $s'_1(q) + s'_2(q) + \dots + s'_n(q) > 1$  のとき、チーム生産量は過小生産レベルにあり、他方、 $s'_1(q) + s'_2(q) + \dots + s'_n(q) < 1$  のとき、チーム生産量は過大生産レベルにあるといえる。そして、チーム生産  $n$  のパレート最適な条件は次のように定義できる。

$$(A.2.4) \quad s'_1(q) + s'_2(q) + \dots + s'_n(q) = \sum_{i=1}^n s'_i(q) = 1$$

すなわち、チーム生産に関する限界効用の合計が各チーム・メンバーの限界不効用の合計と等しいときパレート最適な生産となる。これは、チーム生産に関する Samuelson 最適条件とよばれるものである。

#### ＜チーム生産への個人的貢献とフリーライダー問題＞

これまで、チーム生産のパレート最適について論じてきた。これから、最適なチーム生産がどのように達成されるのかについてみていく。そこで、まず、ここでは、チーム・メンバーがチームの一員としてではなく、一個人として生産に従事する場合を考える。すなわち、一人エージェントで構成されたチームにおいて、エージェント  $i$  が一個人として個人所有の企業のために働くことを考える。そして、最終的に、このエージェント  $i$  が多数のエージェントから構成されたチームの一員としてチーム生産に従事し、しかも、このとき、エージェント  $i$  により生産されたアウトプットがあくまでチーム・メンバーのすべてに配分されることを考える。

チーム生産では、すべてのチーム・メンバーが多かれ少なかれ生産に関わり、そして、そのアウトプットをすべてのチーム・メンバーに配分することが前提である。ここでは、まず、この前提を取り払い、特定の一個人であるエージェント*i*から構成された個人企業を考える。このとき、彼はどのような行動をとるのであろうか。それは、次のようであろう。

$$\max_{a_i} [s_i(q(a_i)) - v_i(a_i)]$$

この最大化問題の一階の条件は、通常、 $s'_i(q)q'(a_i) = v'_i(a_i)$ で表せる。しかしながら、ここでは、生産量を順次1単位（1限界単位 =  $q'(a_i)$ ）ずつ増やしていき（／減らしていき）、賃金の（総）限界効用が努力の（総）限界不効用に等しくなるとき最適と解釈している。したがって、この最大化問題の一階の条件は次のように表すことができる。

$$s'_i(q) = v'_i(a_i)$$

この一階の条件を満たす個人の行動を $a_i^*$ とする。したがって、一人エージェントの個人企業では、エージェントは努力 $a_i^*$ で働き、生産 $q(a_i^*)$ を得ることになる。

一人エージェント企業（個人企業）の最適行動を理解した上で、次に、この一人エージェントが、まったく生産に従事しない他のエージェント $n-1$ 人と共に、チームを組織することを考える。私たちは、 $n$ 人のエージェントにより構成されたチームにおいて、エージェント*i*のみが個人企業の場合と同様に、生産に従事し、しかも、生産されたアウトプットはチーム・メンバーのすべてに配分されると仮定する。このとき、エージェント*i*の行動はどのように表されるのであろうか。それは、次のようである

$$\max_{a_i} [s_i(q(a_i, a_{-i})) - v_i(a_i)], \quad a_{-i} = (0, 0, \dots, 0)$$

この最大化問題の一階の条件は次のようである。

$$s'_i(q(a_i, a_{-i})) + \sum_{j \neq i} s'_j(q(a_i, a_{-i})) = v'_i(a_i), \quad a_{-i} = (0, 0, \dots, 0)$$

ここで、たった一人のメンバーのみが生産活動に従事し、しかも、生産されたアウトプットは他のすべてのチーム・メンバーにも配分されることはどのようなことか考えてみよう。

そこで、先の小節でみたパレート最適の考察過程を、もう一度、ここで繰り返すことにする。まず、ある特定のエージェント*i*のみが生産に従事し、チームの生産量が $\bar{q} = q+1$ に達するとき、パレート最適となるとする。生産量が $q$ から一単位増加するとき、チーム全体として不効用が一単位増加するとする。すなわち、生産レベル $q$ のもとで、一単位だけ生産量を上昇させたとき、必要な追加努力量は $\bar{a}_i - a_i$ となり、その結果、 $v_i(\bar{a}_i) - v_i(a_i) = 1$ の追加不効用が生じる。もし、このチームが、個人企業でしたように、チーム・メンバー*i*にのみ賃金を支払うならば、彼の賃金に関する（総）限界効用と（総）限界不効用が等しくなり、すなわち、次のことが満たされることになり何の問題も生じない。

$$(A.2.5) \quad \frac{s_i(q(\bar{a}_i, a_{-i})) - s_i(q(a_i, a_{-i}))}{q(\bar{a}_i, a_{-i}) - q(a_i, a_{-i})} = s'_i(q(a_i, a_{-i})) = v_i(\bar{a}_i) - v_i(a_i) = 1,$$

$$\sum_{j \neq i} s'_j(q(a_i, a_{-i})) = 0, \quad a_{-i} = (0, 0, \dots, 0)$$

ところが、生産は一個人であるエージェント*i*によって行われ、他方、生産されたアウトプットの配分が他のすべてのチーム・メンバーにも波及するとなると（次の要件が満たされることが前提となり）、問題はそう簡単ではなくなる。

$$(A.2.6) \quad s'_i(q(a_i, a_{-i})) + \sum_{j \neq i} s'_j(q(a_i, a_{-i})) = v_i(\bar{a}_i) - v_i(a_i) = 1, \\ a_{-i} = (0, 0, \dots, 0)$$

なぜなら、生産に従事するただ一人のエージェント*i*は  $s'_i(q(a_i, a_{-i})) = v_i(\bar{a}_i) - v_i(a_i) = 1$  を要求し、しかも、他のすべてのチーム・メンバーにも生産されたアウトプットを配分するため、 $\sum_{j \neq i} s'_j(q(a_i, a_{-i})) > 0$  となるからである。したがって、(A.2.5) 式と (A.2.6) 式は明らかに矛盾し、次のことしか成り立たない。

$$s'_i(q(a_i, a_{-i})) + \sum_{j \neq i} s'_j(q(a_i, a_{-i})) > v_i(\bar{a}_i) - v_i(a_i) = 1, \\ a_{-i} = (0, 0, \dots, 0)$$

確かに、これは、(A.2.5) 式を満たすかもしれないが、チーム生産のパレート最適の条件 (A.2.4) 式を満たさない。

これは、Holmström (1982) によって明らかにされたように、当該チーム・メンバー *i* が生産に貢献した賃金に関する限界効用は当該個人に帰属させられないとき当該メンバーの限界不効用と等しくならない。逆に、これを満たすには、均衡予算制約を取り払わなくてはならないのである。

## APPENDIX B

私たちは、ここで、Mas-colell *et al.* (1995) に拠る平均維持の分散拡大 (Mean-Preserving Spreads) に触れておくことにする。

不確実財を評価するとき、通常、リターンおよびリスクの観点から、ペイオフ分布の選好度を比較する方法がとられる。ここでは、不確実財として、金銭的ペイオフをとまなうくじ（例えば、宝くじ）について考察することで、このことを明らかにする。一般的に、宝くじのようなランダムな結果をもつ不確実財の優劣の比較には、リターンの（期待）水準によるものと、リターンの分散によるものの二つの方法があるのが自然である。すなわち、ペイオフ分布  $F(\cdot)$  は分布  $G(\cdot)$  よりも明確に高い／低いリターンをもたらすという考え方と、ペイオフ分布  $F(\cdot)$  は分布  $G(\cdot)$  よりも明確にリスク（ペイオフ分布の分散）が低い／高いという考え方（での比較）である。

以下では、私たちは、より少ないものよりも多いものを重視する期待効用最大化の視点から、 $G(\cdot)$  よりも  $F(\cdot)$  を選好するかどうかを検証する。あるいは、あらゆる金額  $x$  について、少なくとも  $x$  を得る確率がより高いものを重視するリスク最小化の視点から、 $G(\cdot)$  よりも  $F(\cdot)$  を選好するかどうかを検証する。幸いなことに、この二つの基準は同じ概念に帰着する。

これらの考え方は、それぞれ、一次確率的優位 (first-order stochastic dominance) および二次確率的優位 (second-order stochastic dominance) として知られているものである<sup>24</sup>。私たちは、以下において、これらの確率的優位について検証していくことになるが、検証を幾分なりとも簡単化

<sup>24</sup> これらの概念が、経済学に導入されたのは、Rothschild and Stiglitz (1970) においてである。

するために、今後の展開では、 $F(0)=0$ 、および、ある  $x$  について  $F(x)=1$  となる分布  $F(\cdot)$  に限定することにする。

＜一次確率的優位＞

私たちは、まず、「ペイオフ分布  $F(\cdot)$  は分布  $G(\cdot)$  よりも明確に高いリターンをもたらす」という表現に意味を持たせたい。ここでは、少なくとも次の明確な基準が示される。すなわち、私たちは、期待効用最大化の希求者は、より少ない期待利得をもたらすペイオフ分布  $G(\cdot)$  よりもより高い期待利得をもたらす分布  $F(\cdot)$  を選好することを検証する。

**定義B.1.** ペイオフ分布  $F(\cdot)$  は、すべての非減少関数  $u : \mathfrak{R} \rightarrow \mathfrak{R}$  において、以下の要件が満たされる場合に限り、分布  $G(\cdot)$  を一次確率的に支配するといえる。

$$\int u(x)dF(x) > \int u(x)dG(x)$$

**命題B.1.** ペイオフ分布  $F(\cdot)$  は、すべての  $x$  について、 $F(x) < G(x)$  が満たされる場合に限り、分布  $G(\cdot)$  を一次確率的に支配するといえる。

証明. 分布  $F(\cdot)$  および  $G(\cdot)$  を所与とするとき、新たな分布  $H(x) = F(x) - G(x)$  を定義する。ただし、分布  $H(x)$  は、ある  $\bar{x}$  について、 $H(\bar{x}) > 0$  であるとする。このとき、 $x > \bar{x}$  について、 $u(x)=1$  とし、 $x \leq \bar{x}$  について、 $u(x)=0$  とすることで、非減少関数  $u(\cdot)$  を定義することができる。この関数は、(次にみるように)、 $\int u(x)dH(x) = -H(\bar{x}) = -[F(\bar{x}) - G(\bar{x})] < 0$  という性質を持つので、 $\int u(x)dH(x) > 0$  であるには、命題の「...の場合に限り」の部分は、 $F(\bar{x}) < G(\bar{x})$  のようではなければならない。これは、関数  $u(\cdot)$  が特殊な場合であるので、次により一般的な場合について、このことが成り立つかどうかみてみる。

この命題の「...の場合に限り」の部分については、一般的には、微分可能な効用関数  $u(\cdot)$  について証明すればよい。 $F(\cdot)$  および  $G(\cdot)$  を所与としたとき、 $H(x) = F(x) - G(x)$  であると定義したので、 $\int u(x)dH(x)$  を部分積分すると、次のようになる。

$$\int u(x)dH(x) = [u(x)H(x)]_0^\infty - \int u'(x)H(x)dx$$

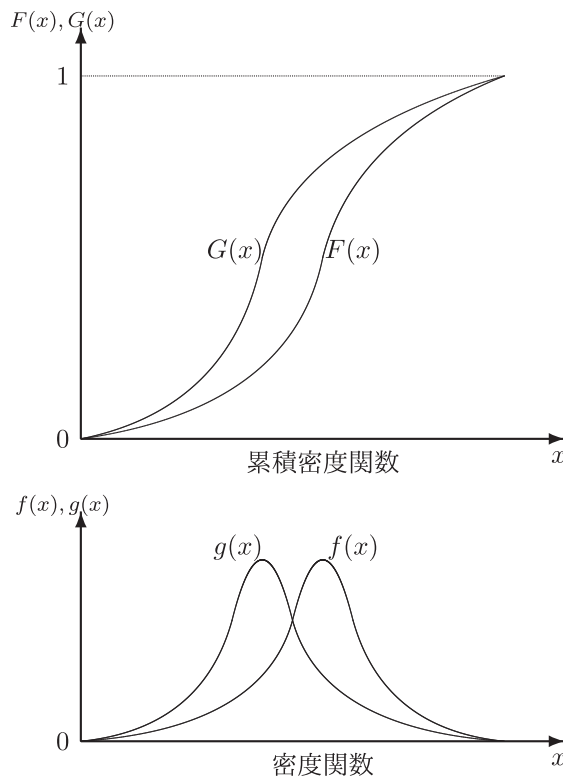
$H(0)=0$  であり、また、 $x$  が大きな値のとき、 $H(x)=0$  であるので (すなわち、 $H(\infty) = F(\infty) - G(\infty) = 1 - 1 = 0$  であるので)、この式の第一項はゼロである。したがって、この式の第二項が、 $\int u'(x)H(x)dx \leq 0$  の場合に限り (あるいは、同等に、 $\int u'(x)[F(x) - G(x)]dx \leq 0$  の場合に限り)、 $\int u(x)dH(x)$  は正となる。私たちは、 $u(\cdot)$  が増加関数であるとしているので、すべての  $x$  について、(図B.1に示したように)、 $H(x) = F(x) - G(x) \leq 0$  であるならば、 $-\int u'(x)H(x)dx \geq 0$  となり、(命題の「...の場合に限り」の部分が満たされることは、すなわち)、 $F(x) < G(x)$  であることが明らかとなる。□

図B.1では、二つの分布  $F(\cdot)$  と  $G(\cdot)$  が表されている。分布  $F(\cdot)$  は一次確率的に  $G(\cdot)$  を支配していることがわかる。 $F(\cdot)$  のグラフは一様に  $G(\cdot)$  のグラフの下に位置するからである。ただし、一次確率的優位は、(図B.1の密度関数にみられるように)、優位な密度関数のすべての可能なり

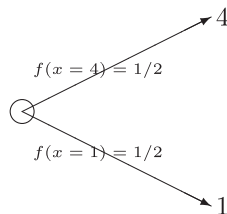


ターンが、劣位な密度関数のすべての可能なリターンに比べて大きいことを意味するものでないことに注意しなさい。

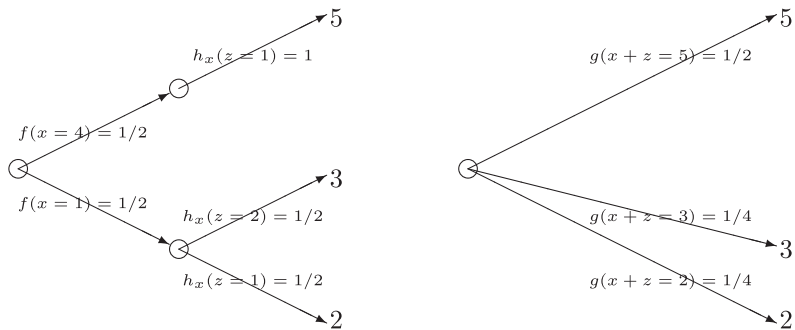
ここで一次確率的優位の分布の具体例を挙げておこう。 $G(\cdot)$ に従って分布する $x$ の実現（値）を第一ステージとする単純くじ、また、第二ステージで第一ステージの結果 $x$ について「上方的確率シフト」した分布 $F(\cdot)$ に従う複合くじを考える。すなわち、第一ステージで結果 $x$ が実現した場合、第二ステージでは最終的に金額 $x+z$ 、ただし、 $z>0$ 、が支払われる複合くじを考える。このとき、 $z$ は、分布 $H_x(z)$ 、ただし、 $H_x(0)=0$ 、に従って分布するとする。かくして、 $H_x(\cdot)$ は確率1で少なくとも $x$ 以上の最終リターンを発生させる。



図B.1. 一次確率的優位の分布関数



図B.2. 第一ステージの単純くじ（一次確率的優位）



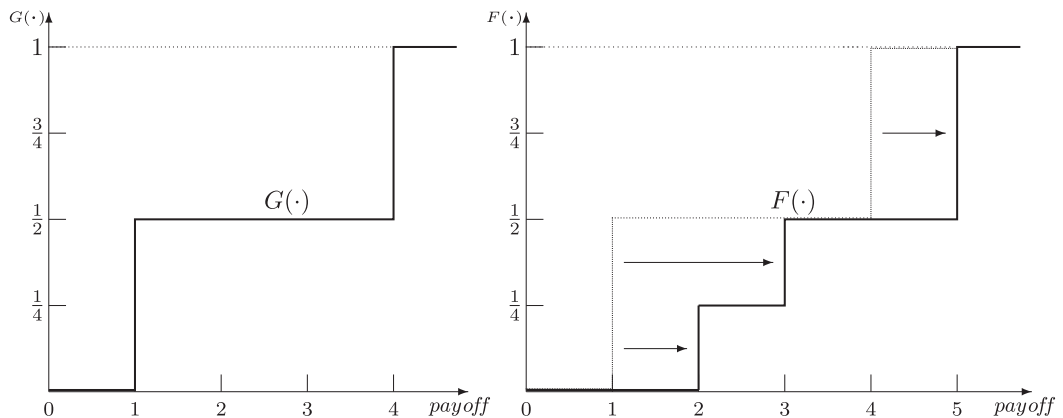
図B.3. 第二ステージの複合くじとその単純くじ（一次確率的優位）

このことを、さらに説明するため、次に具体的なくじの例を示しておこう。まず、図B.2の第一ステージの単純くじでは、 $G(\cdot)$ は1ドルと4ドルの間で同確率のランダム化がなされるとする。そして、図B.3の第二ステージの複合くじでは、 $F(\cdot)$ は、（単純くじの）結果「1ドル」は2ドルと3ドルへ同確率 $h_x(z)=1/2$ でシフトアップされ、（単純くじの）結果「4ドル」は5ドルへ確率 $h_x(z)=1$ でシフトアップされるとする。その結果、図B.4に示すように、すべての値について、 $F(\cdot) < G(\cdot)$ であることがわかる。

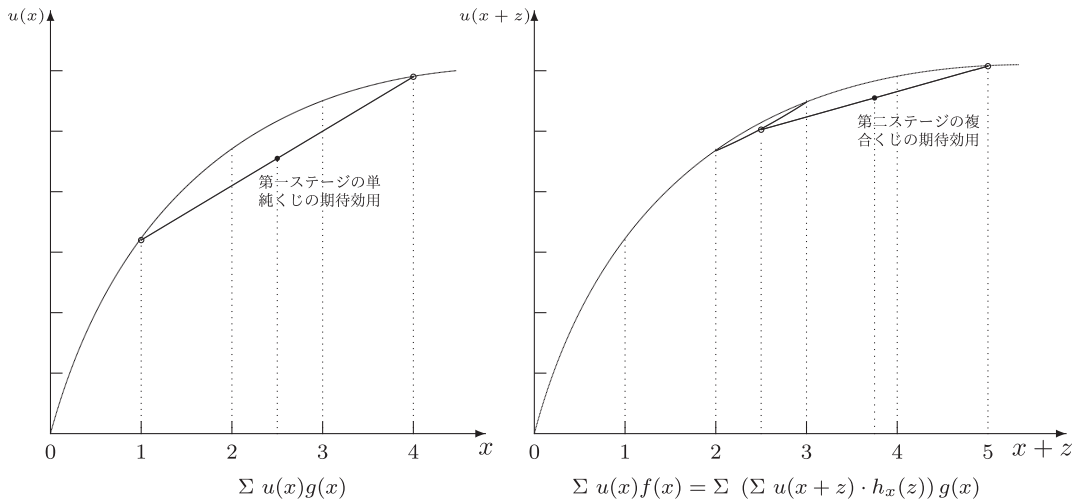
ここで、 $G(\cdot)$ より出発し、確率の上方シフト操作によって得られた還元分布を $F(\cdot)$ としたとき、任意の非減少関数 $u : \mathfrak{R} \rightarrow \mathfrak{R}$ について、次のことが成り立つ。

$$\sum u(x)dF(x) = \sum \left[ \sum u(x+z)dH_x(z) \right] dG(x) \geq \sum u(x)dG(x)$$

あるいは、



図B.4. 生起確率の上方シフト



図B.5. 一次確率的優位

$$\int u(x)dF(x) = \int \left[ \int u(x+z)dH_x(z) \right] dG(x) \geq \int u(x)dG(x)$$

これは、図B.5に示したように、単純くじよりも（確率のシフトアップした）複合くじの方が期待効用が大きいことを（直感的に）示すものである。したがって、 $F(\cdot)$ は一次確率的に $G(\cdot)$ を支配しているといえる。しかも、逆も成り立つことが示される。 $F(\cdot)$ が $G(\cdot)$ を一次確率的に支配する場合、先に示された確率のシフトアップの方法で $G(\cdot)$ から $F(\cdot)$ を生成することが可能である。かくして、 $F(\cdot)$ が、 $G(\cdot)$ について、確率のシフトアップ操作を加えたものであることは、 $F(\cdot)$ は $G(\cdot)$ を一次確率的に支配することと同値である。

#### <二次確率的優位>

私たちは、次に、「ペイオフ分布 $G(\cdot)$ は分布 $F(\cdot)$ よりも明確に高いリスクをもたらす」という表現に意味を持たせたい。ここでは、少なくとも次の明確な基準が示される。すなわち、私たちは、あらゆる金額 $x$ について、少なくとも $x$ を得る確率がより高い分布 $F(\cdot)$ を $G(\cdot)$ よりも選好することを検証する。

先にみた一次確率的優位は、「高い／良い」対「低い／悪い」という考え方を含んでいる。これに対し、次にみる二次確率的優位は、相対的な危険度や分散に基づく比較という考え方を持っている。この問題をリターンとリスクのトレードオフと混同しないようにするため、ここでは、同じ平均を持つ分布に限定しその優劣を比較することにする。

ここで、もう一度、リスクに関する（選好の）定義を説明しておこう。同じ平均を持つ二つのペイオフ分布 $F(\cdot)$ と $G(\cdot)$ が与えられたとき（つまり、 $\int x dF(x) = \int x dG(x)$ のとき）、すべてのリスク回避者が $F(\cdot)$ を $G(\cdot)$ より選好する場合、 $G(\cdot)$ は $F(\cdot)$ よりリスクが高いということである。これは、公式的には、次のように表される。

**定義B.2.** 同じ平均を持つ任意の二つの分布 $F(x)$ と $G(\cdot)$ に対して、凹の非減少関数 $u : \mathfrak{R} \rightarrow \mathfrak{R}$ について、次のことが成り立つならば、 $F(\cdot)$ は二次確率的に $G(\cdot)$ を支配する（あるいは、より

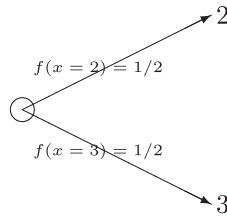
リスクが低い。

$$\int u(x)dF(x) \geq \int u(x)dG(x)$$

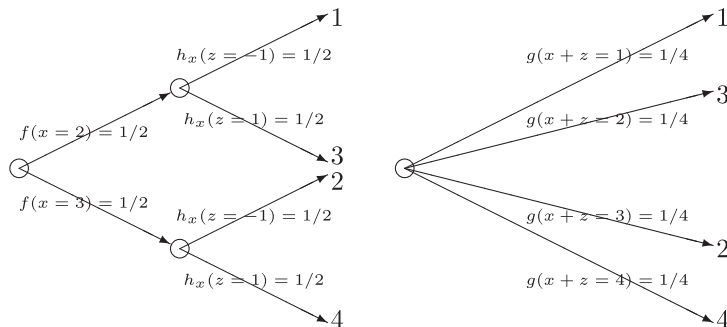
次の平均維持の分散拡大の定義は、二次確率的優位関係を特徴づける別の説明方法といえるものである。

**定義B.3.** (平均維持の分散拡大). 第一ステージでは、 $F(\cdot)$ に従って分布する $x$ に関するくじがある。第二ステージでは、最終的なペイオフが $x+z$ となるように、各可能な結果 $x$ をさらにランダム化する。ただし、 $z$ はゼロの平均を持つ分布関数 $H_x(z)$  (すなわち、 $\int z dH_x(z)=0$ )に従うとする。このような操作を経て、ある分布 $H_x(\cdot)$ を用いて、分布 $F(\cdot)$ に従う確率変数から分布 $G(\cdot)$ に従う確率変数が得られるとき、 $G(\cdot)$ は $F(\cdot)$ の平均維持の分散拡大であるといえることができる。

この定義を、さらに具体的に説明するため、次の単純くじおよび複合くじを考えることにする。すなわち、第一ステージで、ペイオフ分布 $F(\cdot)$ を持つ $x$ に関する単純くじを考える。さらに、第二ステージで、 $x$ の各実現値について、最終的な利得 $x+z$ が得られる複合くじを考えることにする。ただし、 $z$ は平均ゼロおよび分布 $H_x(\cdot)$ を持つ確率変数である。したがって、 $x+z$ の平均は $x(=\int (x+z)dH_x(z))$ となる。このような手続きを経て、結果として生じた複合くじはペイオフ分布 $G(\cdot)$ を持つとする。このとき、複合くじのペイオフ分布 $G(\cdot)$ は、単純くじのペイオフ分布 $F(\cdot)$ に、平均ゼロの確率変数 $z$ を加算することで得られるので、 $G(\cdot)$ は $F(\cdot)$ を平均維持の分散拡大したものといえる。



図B.6. 第一ステージの単純くじ (二次確率的優位)



図B.7. 第二ステージの複合くじとその単純くじ (二次確率的優位)

例えば、先の宝くじの例のように、第一ステージで、分布関数 $F(\cdot)$ を持つ確率変数 $x$ のくじを引くとする。すなわち、確率変数の実現可能値 $x=2$ ドルと $x=3$ ドルが均等の確率 $1/2$ を付与されているくじを引くとする。さらに、第二ステージで、分布関数 $H_x(z)$ を持つ確率変数 $z$ のくじを引き、利得、 $x+z$ が与えられるとする。すなわち、第一ステージの実現可能値 $x=2$ ドルと $x=3$ ドルについて、それぞれ、 $2+z$ と $3+z$ を与えるくじを引くとする。ただし、確率変数 $z$ は、その実現可能値 $z=-1$ ドルおよび $z=1$ ドルが均等の確率 $1/2$ を付与されているとする。すなわち、第二ステージでは、(単純くじの) 実現値が $x=2$ ドルのとき、最終利得が $2-1=1$ 、ないし、 $2+1=3$ 、ただし、それぞれの確率が $1/2$ 、で与えられ、そして、また、(単純くじの) 実現値が $x=3$ ドルのとき、最終利得が $3-1=2$ 、ないし、 $3+1=4$ 、ただし、それぞれの確率が $1/2$ 、で与えられる(複合)くじを引くことになる。このとき、この複合くじは、分布関数 $G(\cdot)$ を持つ確率変数 $x+z$ の単純くじとして表せる。すなわち、その単純くじは、確率変数の実現可能値は $x+z=1, 2, 3, 4$ ドルで、しかも、それらの実現可能値に均等に確率 $1/4$ を付与したくじである。これらの二つの分布関数 $F(\cdot)$ と $G(\cdot)$ は次の図B.8のように表せる。

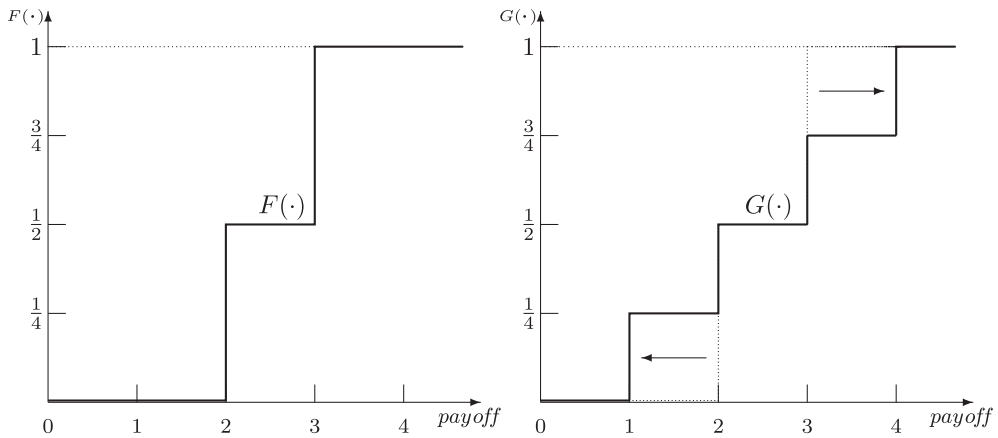


図 B.8. 平均維持の分散拡大

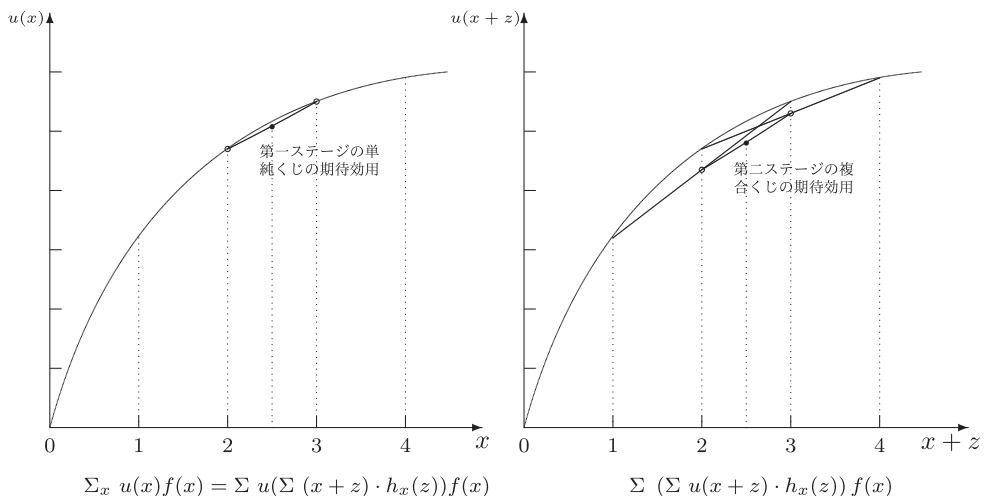


図 B.9. 二次確率的優位

ここで、(効用) 関数  $u(\cdot)$  が凹の非減少関数であるとき、先に記述した二段階の操作を経て、ペイオフ分布  $F(\cdot)$  の平均に等しくペイオフ分布  $G(\cdot)$  の平均を維持した分散拡大を行うと、次のことが成り立つといえる。

$$\begin{aligned}\sum u(x)dG(x) &= \sum \left( \sum u(x+z)dH_x(z) \right) dF(x) \\ &\leq \sum u \left( \sum (x+z)dH_x(z) \right) dF(x) \\ &= \sum u(x)dF(x)\end{aligned}$$

あるいは、

$$\begin{aligned}\int u(x)dG(x) &= \int \left( \int u(x+z)dH_x(z) \right) dF(x) \\ &\leq \int u \left( \int (x+z)dH_x(z) \right) dF(x) \\ &= \int u(x)dF(x)\end{aligned}$$

このことは、図B.9に示すように、単純くじの方が(平均維持の分散拡大した)複合くじよりも期待効用が大きいことを(直感的に)示すものである。したがって、 $F(\cdot)$  は二次確率的な意味で  $G(\cdot)$  を支配するといえる。しかも、逆もまた真である。すなわち、 $F(\cdot)$  が  $G(\cdot)$  を二次確率的に支配するとき、ペイオフ分布  $G(\cdot)$  は分布  $F(\cdot)$  を平均維持の分散拡大したものである。かくして、 $G(\cdot)$  が  $F(\cdot)$  を平均維持の分散拡大したものであることは、 $F(\cdot)$  が  $G(\cdot)$  を二次確率的に支配することと同値である。

## 参考文献

- [ 1 ] Alchian, A., and Demsetz, H., "Production, Information Costs, and Economic Organization," *American Economic Review*, Vol. 62, Issue 5, 1972, pp. 777-795.
- [ 2 ] Arrow, K., *Limits to Organization*, New York: Norton & Co., 1974.
- [ 3 ] Baiman, S., and Demski, L., "Economically Optimal Performance Evaluation and Control Systems," *Journal of Accounting Research*, Supplement, 1980, pp. 184-220.
- [ 4 ] Bernheim, B., and Whinston, M., "Common Agency," *Econometrica*, Vol. 54, No. 4, 1986, pp. 923-942.
- [ 5 ] DeGroot, M., *Optimal Statistical Decisions*, New York: McGraw-Hill, 1970.
- [ 6 ] Feldman, A. M., *Welfare Economics and Social Choice Theory*, Hingham, Massachusetts: Kluwer Nijhoff Publishing, 1980.
- [ 7 ] Gjesdal, F., "Information and Incentives: The Agency Incentive Problem," *Review of Economic Studies*, Vol. 49, Issue 3, 1982, pp. 373-390.
- [ 8 ] Green, J., "On Optimal Structure of Liability Laws," *Bell Journal of Economics*, Vol. 7, No. 2, 1976, pp. 553-574.
- [ 9 ] Green, J., and Stokey, N., "A Comparison of Tournaments and Contracts," Working Paper No. 840,

NBER, 1982.

- [10] Grossman, S., and Hart, O., “An Analysis of the Principal-Agent Problem,” *Econometrica*, Vol. 51, No. 1, 1983, pp. 7-45.
- [11] Harris, M., and Raviv, A., “Optimal Incentive Contracts with Imperfect Information,” *Journal of Economic Theory*, Vol. 20, Issue 2, 1979, pp. 231-259.
- [12] Holmström, B., “Moral Hazard and Observability,” *Bell Journal of Economics*, Vol. 10, No. 1, 1979, pp. 74-91.
- [13] Holmström, B., “Discussion of Economically Optimal Performance Evaluation and Control Systems,” *Journal of Accounting Research*, Supplement, Vol. 18, 1980, pp. 221-226.
- [14] Holmström, B., “Moral Hazard in Teams,” *Bell Journal of Economics*, Vol.13, No.3, 1982, pp.324-340.
- [15] Lazear, E., and Rosen, S., “Rank-Order Tournaments as Optimum Labor Contracts,” *Journal of Political Economy*, Vol. 89, No. 5, 1981, pp. 841-864.
- [16] Marschak, J., and Radner, R., *Economic Theory of Teams*, New Haven: Yale University Press, 1972.
- [17] Mas-colell, A., Whinston, M. D., and Green, J. R., *Microeconomic Theory*, New York: Oxford University Press Inc., 1995.
- [18] Milgrom, P., “Good News and Bad News: Representation Theorems and Applications,” *Bell Journal of Economics*, Vol. 12, No. 2, 1981, pp. 380-391.
- [19] Mirrlees, J., “Notes on Welfare Economics, Information and Uncertainty” in M. Balch, D. McFadden, and S. Wu, eds., *Essays on Economic Behavior under Uncertainty*, Amsterdam: North Holland, 1974.
- [20] Mirrlees, J., “The Optimal Structure of Incentives and Authority within an Organization,” *Bell Journal of Economics*, Vol. 7, No. 1, 1976, pp. 105-131.
- [21] Mossin, J., “Security Pricing and Investment Criteria in Competitive Markets,” *American Economic Review*, Vol. 59, Issue 5, 1969, pp. 749-756.
- [22] Nalebuff, B., and Stiglitz, J., “Prizes and Incentives: Towards a General Theory of Compensation and Competition,” *Bell Journal of Economics*, Vol. 14, No. 1, 1983, pp. 21-43.
- [23] Radner, R., “Monitoring Cooperative Agreements in a Repeated Principal-Agent Relationship,” *Econometrica*, Vol. 49, No. 5, 1981, pp. 1127-1148.
- [24] Rasmusen, E., “Moral Hazard in Risk-Averse Teams,” *Rand Journal of Economics*, Vol.18, No.3, 1987, pp.428-435.
- [25] Rasmusen, E., *Games and Information* 2nd ed., Cambridge, Massachusetts: Blackwell Publisher Inc., 1994.
- [26] Ross, S., “The Economic Theory of Agency: The Principal's Problem,” *American Economic Review*, Vol. 63, Issue 2, 1973, pp.134-139.
- [27] Rothschild, M., and Stiglitz, J. E., “Increasing Risk: I. A Definition,” *Journal of Economic Theory*, Vol.2, No.3, 1970, pp. 225-243.
- [28] Selten, R., “Reexamination of the Perfectness Concept for Equilibrium Points in Extensive Games,” *International Journal of Game Theory*, Vol. 4, 1975, pp. 25-55.
- [29] Sultan, R., *Pricing in the Electrical Oligopoly*, Vol. 1, Cambridge: Harvard University Press, 1974.
- [30] Shavell, S., “Risk Sharing and Incentives in the Principal and Agent Relationship,” *Bell Journal of*

*Economics*, Vol. 10, No. 1, 1979, pp. 55-73.

- [31] Spence, A., and Zeckhauser, R., "Insurance, Information and Individual Action," *American Economic Review*, Vol. 61, Issue 2, 1971, pp. 380-387.
- [32] Wilson, R., "The Theory of Syndicates," *Econometrica*, Vol. 36, No. 1, 1968, pp. 119-132.
- [33] Wilson, R., "The Structure of Incentives for Decentralization under Uncertainty," *La Decision*, No. 171, 1969.