

隠された情報と信号発信

小 平 裕

1. はじめに
2. Spence の想定と解法上の困難
3. Spence モデルの 2 段階ゲーム
4. 精緻化
 - 4.1 Cho and Kreps の直観的基準
 - 4.2 Maskin and Tirole の情報を持つプリンシパル問題
5. むすび

1. はじめに

隠された情報の下での契約締結 **contracting under hidden information** という一般的な問題のうち、本稿では情報を持つ当事者 **informed party** により設計される最適契約問題を検討する。つまり、私的情報を持つプリンシパルがその情報の一部を、自分が申し出る契約の形を通じて、あるいは契約締結段階に先立つ観察可能な行為を通じて、エイジェントに伝達する可能性がある状況を取り上げる。この類いの非対称情報の下での契約締結問題は、信号発信 **signaling** あるいは情報を持つプリンシパル問題と呼ばれる¹⁾。なお、前稿 (小平 (2017)) で取り上げた状況は、情報を持たない当事者が最適契約を設計する場合を想定するものであり、契約を申し出する当事者 (プリンシパル) がもう一方の当事者 (エイジェント) の情報準地代を削減しようと試みる逆選択と呼ばれる本稿とは逆の契約締結問題であ

1) ミクロ経済学の Mas-Colell, Whinston, and Green (1995) や、契約理論の Salanie (1997), Laffont and Martimont (2002) を見よ。

った。

完全かつ完備な情報を想定する古典的な意思決定問題と比較すると、逆選択と信号発信に共通する静学的双務的 bilateral な契約締結問題の概念上の革新は、契約締結当事者の一方であるプリンシパルが、もう一方の当事者であるエイジェントの決定問題を統制していることである。つまり、プリンシパルの最適化問題には、別のもう1つの最適化問題が制約として組み込まれており、この入れ子構造が最適化問題の解法を困難にしている。本稿は信号発信問題の一般的解法を体系的に検討する。信号発信問題の古典的な例は、Spence (1973) (1974) による信号としての教育モデルである。本稿は、Spence モデルに基づいて、情報を持つプリンシパルによる契約締結の一般原理を説明する。

2. Spence の想定と解法上の困難

Spence は、労働者（プリンシパル）の労働生産性が労働者の私的情報であり、企業（エイジェント）は自社の雇用する労働者の労働生産性を完全にかん知ることができない競争的労働市場を想定する。労働者の労働生産性について情報が全くない場合には、競争的賃金率は期待労働生産性だけを反映して決定される。したがって低生産性労働者には過大に支払われ、高生産性労働者には過小に支払われる結果になる。この状況において、高生産性労働者には自分の労働生産性を企業に顕示する（あるいは信号発信する）誘因が生まれる。Spence は、労働市場へ参入する前に受ける教育が生来の労働生産性の信号として機能する可能性に着目した。

簡単に言えば、高生産性労働者にとって教育を受けることは、低生産性労働者よりも困難（苦痛）ではなく、したがって費用が掛からないので、高生産性労働者は低生産性労働者より多くの教育を受けることにより、企業に自分を低生産性労働者から識別させることができる。低生産性労働者にとっては教育の苦痛は大きく、高い教育による賃金上昇を上回る高額の

教育費用が掛かるから、低生産性労働者が高い教育を受けることは可能であっても、経済的に引き合わない。よって、高い教育は高労働生産性を信号発信すると Spence は見なす。注意すべき点は、Spence は教育自体が労働生産性を高めるとは主張してはいないことと、教育が試験の得点、学歴の高さを通じて能力を顕示すると主張していることである。

Spence の分析は、情報を持つプリンシパル（労働者）が契約締結に先立って私的情報を伝える信号を発信する状況を取り上げた最初の例である。これは以下で見るように、契約締結段階における提案された契約の形式を通じた信号発信とは異なる。後者の契約締結段階における信号発信の例は、ある企業の株式を当初の所有者が売却する場合である。Leland and Pyle (1977) が示したように、ある企業の株式を売却することは、その所有者が当該企業の価値について私的情報を持つことを信号発信する可能性がある。

情報を持つプリンシパルの行為が新しい情報をエイジェントに伝達することは、そのエイジェントが持つプリンシパルのタイプに関する信念を変えることになるので、プリンシパルの問題には均衡行為を決定するためにエイジェントの行為がこれらの行為により影響される過程を理解する必要がある。これは概念上の大きな困難になる。

Spence により始められ、後に Kreps and Wilson (1982) やその他により精緻化された接近法は、各タイプのプリンシパルがどの行為を取るであろうかに関するエイジェントの信念と共に、プリンシパルのタイプに関するエイジェントの事前信念を特定することから分析を始めて、次にエイジェントの信念が与えられたときの各タイプのエイジェントの行為を決定し、最後に、各タイプのプリンシパルがどの行為を取るであろうかについてのエイジェントの信念が正しく（すなわち、与えられたタイプにより選択されると信じられていた行為が実際にそのタイプにより選択される）、また（その行為の後に）エイジェントの改訂された信念が与えられたとき、各タイプのプリンシパルが最適に行動している状況として、均衡結果を定義するもので

ある。

しかし、困難はプリンシパルによる行為選択後のこの複雑な信念の改訂過程を理解することだけではない。実のところ、エイジェントが形成する各タイプのプリンシパルの行為についての事前信念を選択する際の自由度が大き過ぎるので、均衡結果を完全に予測できないこと、つまり複数の(しかも多数の)均衡の存在が可能であることも、未解決の問題の1つである。これについては第4節で、Cho and Kreps (1987) と Maskin and Tirole (1990) (1992) の研究を紹介する。

3. Spence モデルの2段階ゲーム

以下では、2通りの労働生産性水準を想定して、最も簡単な形の Spence モデルをゲームとして検討する。すなわち、労働者の労働生産性は r_H か r_L の何れかであるとする。ただし、 $r_H > r_L$ である。労働者の労働生産性が $r = r_i$ であると考えた企業の事前信念を、 $\beta_i \in [0, 1]$ とする。労働者は任意の賃金率 $w > 0$ で働く意欲があり、企業は当該労働者の期待労働生産性未滿の賃金率で任意の労働者を雇用する用意がある。

タイプ $i = L, H$ の労働者が e 年間の教育を受ける費用は、 $c(e) = \theta_i e$ により与えられる²⁾。ここで、

$$A1: \theta_L > \theta_H > 0$$

と仮定する。これは、言葉で言えば、高生産性労働者に対する教育の限界費用 θ_H は低生産性労働者に対する θ_L よりも低いことを主張する。この仮定の下では、高生産性労働者と低生産性労働者の無差別曲線は、図1に示されるように、1回しか交差しない(単交性)。

さらに、

2) これは自発的教育修得のモデルである。つまり、 $e = 0$ は労働者が最小限の法的要件(義務教育)を超える教育を全く修得しないことを意味する。

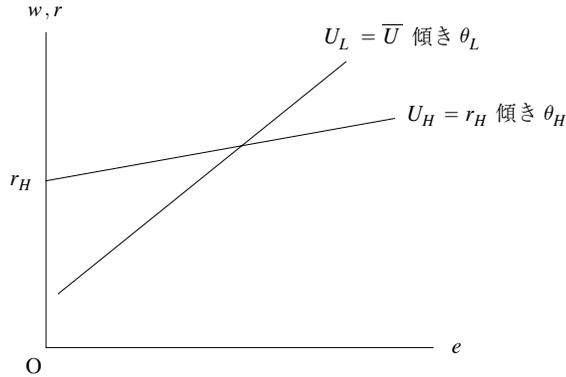


図1：単交性条件

A2：教育は生来の労働生産性に影響しない。

と仮定する。つまり、教育支出（＝投資）は経済全体の生産を増やさないという意味で、教育は純粋に不経済である。教育の唯一の役割は、高生産性労働者が自分自身を低生産性労働者から区別することを可能にすることである。この極端かつ非現実的な仮定 A2 を緩めるのは可能であるが、この仮定により教育の持つ信号発信の役割を非常に明確に識別できるようになるので、本稿ではこの仮定を維持する。

この経済では、均衡賃金率は観察される教育を条件とする期待労働生産性に等しく労働市場で設定される。Spence は、労働者が自分の教育水準を決定する競争的労働市場を考察する。ただし、非対称情報が存在する場合の競争の分析は複雑な問題を新たに提起するので、本稿では1人の労働者と1社の企業との間の双務的契約締結の設定における信号としての教育問題の検討に限定する。

Spence モデルは、次のような2段階ゲームとして捉えることができる。すなわち、第1段階では労働者が教育を選択し、第2段階では交渉を通じて賃金率が決定される。Spence 本来の分析にできるだけ忠実に従うために、ここでは交渉段階において労働者が全交渉力を持つと仮定する³⁾。

最初に、労働者の労働生産性は完全に観察可能であるとすると、各タイプの労働者が教育水準 $e_i = 0$ を選択することは自明である。実際、労働者の労働生産性は既知であるので、企業が実際に支払おうとする最も高い賃金率は、当該労働者の教育水準にかかわらず、 $w_i = r_i$ である。

反対に、労働生産性は観察不可能であると想定すると、最善の解 $e_L = e_H = 0$ と $w_i = r_i$ は、均衡結果にはなり得ない。非対称情報の下での契約締結の分析をさらに進めるために、労働者と企業によりプレイされるゲームの仕様だけではなく、均衡概念も正確に特定する必要がある。

このゲームの第1段階では、労働者（プリンシパル）は自分の期待収益を最大化するために、教育水準を選択する。確率的に選択することも可能である（混合戦略）。タイプ $i = L, H$ の労働者が教育水準 e を選択する確率を、 $p_i(e)$ と表す。ゲームの第2段階では、プリンシパルの教育水準が観察された後に、企業（エイジェント）の信念がどのように改訂されるかによって、結果が完全に導出される。エイジェントが e を観察したときに改訂されたエイジェントの労働生産性に関する信念を、 $\beta(\theta_i | e)$ と表す。このとき、第2段階における均衡賃金率は、

$$(3.1) \quad w(e) = \beta(\theta_H | e)r_H + \beta(\theta_L | e)r_L$$

により与えられる。ただし、 $\beta(\theta_H | e) + \beta(\theta_L | e) = 1$ である。これは、改訂された信念が与えられたとき、企業が支払う意欲がある最大賃金率である。

このゲームにおける最大の困難は、エイジェントの信念がどのように形成され改訂されるかを決定することである。均衡におけるエイジェントの条件付き信念に最小限の首尾一貫性を課すことは、いわゆる完全 Bayesian

-
- 3) 逆に、企業（雇い主）が全交渉力を持つ場合には、労働者の労働生産性がどうであれ、企業が設定する均衡賃金率は $w = 0$ である。この場合には、自分の労働生産性を信号発信するために、費用の掛かる教育を修得することは労働者の利益にはならない。

均衡の定義につながる。

定義 (完全 Bayesian 均衡)：以下の条件 (i)–(iv) を満足するプリンシパルのタイプに対する戦略 (混合戦略も可能) $[p_i(e)]$ とエイジェントに対する条件付き信念 $\beta(\theta_i|e)$ の組を、完全 Bayesian 均衡と呼ぶ。

(i) 均衡において正の確率で観察される全ての教育水準は、労働者の期待利得を最大化しなければならない。すなわち、 $p_i(e^*) > 0$ であるような全ての e^* に対して、

$$e^* \in \operatorname{argmax}_e \{ \beta(\theta_H|e)r_H + \beta(\theta_L|e)r_L - \theta_i e \}$$

が成立する。

(ii) 均衡教育水準を条件とする企業の事後的信念は、Bayesian 規則

$$\beta(\theta_i|e) = \frac{\beta_i p_i(e)}{\sum_{j=1}^2 \beta_j p_j(e)}$$

を満足する。

(iii) 事後的信念はそれ以外では制約されない。もし $i = L, H$ に対して、 $p_i(e) = 0$ であれば⁴⁾、 $\beta(\theta_i|e)$ は $[0, 1]$ に属す任意の値を取る。

(iv) 企業は労働者に労働者の期待労働生産性を支払う。つまり、(3.1) が成立する。

完全 Bayesian 均衡がこの信号発信ゲームの結果と見なされるための唯一の要件は、エイジェントの信念が均衡において、そのエイジェントの持つプリンシパルの最適化行動に関する知識と整合的であることである。

完全 Bayesian 均衡は通常、次のように求められる。プリンシパルは当該ゲームがどのように機能するかについての自分の基礎的な理解を用いて、

4) $p_i(e) = 0$ であれば、 $\sum_{j=1}^2 \beta_j p_j(e) = 0$ となり、Bayesian 規則は事後的信念を与えない。

そのエージェントに関して条件付き信念 $\beta(\theta_i | e)$ を推定する。次に、この条件付き信念を与件として、プリンシパルは自分の最善応答 $p_i(e)$ を決定する。信号発信ゲームにおける問題は、完全 Bayesian 均衡を見付けることではなく、存在する完全 Bayesian 均衡が多過ぎることである。

Spence モデルの直観的な理解から、以下のような完全 Bayesian 均衡を容易に見付けることができる。もし観察される教育水準が高いならば、労働者が高労働生産性であると期待できよう。いま、低生産性労働者にとって教育を修得することと教育を修得しないことが無差別になる教育水準を \hat{e} とすると、これは

$$(3.2) \quad r_H - \theta_L \hat{e} = r_L$$

により与えられる。すると、低生産性労働者が教育を修得することにより、賃金率 $w = r_H$ を得ることができるとしても、低生産性労働者は \hat{e} により与えられる \hat{e} を超える教育水準を選択しようとはしない。つまり、完全 Bayesian 均衡の候補では、

$$(3.3) \quad \beta(\theta_H | e) = \begin{cases} 1 & e \geq \hat{e} \\ 0 & e < \hat{e} \end{cases}$$

が成立する。もしプリンシパルがこれらの信念に対して最適化するならば、プリンシパルは自分が低労働生産性である（つまり、全ての $e > 0$ に対して、 $p_L(e) = 0$ である）とき、教育なしを選択し、自分が高労働生産性であるとき、教育水準 \hat{e} を選択する。プリンシパルのこのような最善応答の下では、エージェントの信念は均衡において整合的であることは容易に理解される。

いま記述した完全 Bayesian 均衡は、教育水準は労働生産性の信号として役立つという Spence の着想を簡単かつ明確に示している。すなわち、高生産性労働者は教育水準 $e \geq \hat{e}$ を修得することにより自分自身を低生産性労働者から区別して、高賃金率 r_H を獲得するのに対して、低生産性

労働者は全く教育を修得せずに ($e = 0$ を選択して)、低賃金率 r_L を獲得する。

しかし、この完全 Bayesian 均衡は直感的に尤もらしいが、決して唯一の完全 Bayesian 均衡ではなく、したがって教育の信号としての有効性は保証されない。実際には、多数の完全 Bayesian 均衡が存在し、それらの均衡は異なる3つの種類に分類される。

- (1) プリンシパルにより選択される信号がプリンシパルのタイプを正確に識別する(上述した)分離完全 Bayesian 均衡。
- (2) 観察される信号がプリンシパルのタイプに関する追加的情報を全く顯示しない一括完全 Bayesian 均衡。
- (3) 観察される信号からプリンシパルのタイプに関する情報の一部(しかし全てではない)が獲得される準分離完全 Bayesian 均衡。

このうち、準分離均衡は、後に説明されるように、経済学の応用においてはあまり重要ではないことが知られているので、以下では分離均衡と一括均衡の集合の定義付けと特徴付けを中心に検討する。

定義(分離均衡): プリンシパルの各タイプが均衡において異なる信号を選択する完全 Bayesian 均衡を、分離均衡と呼ぶ。すなわち、 $\beta(\theta_H|e_H) = 1$ および $\beta(\theta_L|e_L) = 1$ となるような $e_H \neq e_L$ と $w_i = r_i$ 。

教育の分離均衡水準の集合は、

$$(3.4) \quad S_s = \left\{ (e_H, e_L) \mid e_L = 0, e_H \in \left[\frac{r_H - r_L}{\theta_L}, \frac{r_H - r_L}{\theta_H} \right] \right\}$$

により与えられるから、分離均衡は図2のように描かれる。低生産性タイプは可能な尤もらしい賃金率を獲得しているので、低生産性タイプには教育を修得する誘因はない。すなわち、低生産性タイプは教育を全く修得せずにこの賃金率を獲得することができる。他方、高生産性タイプは可能な

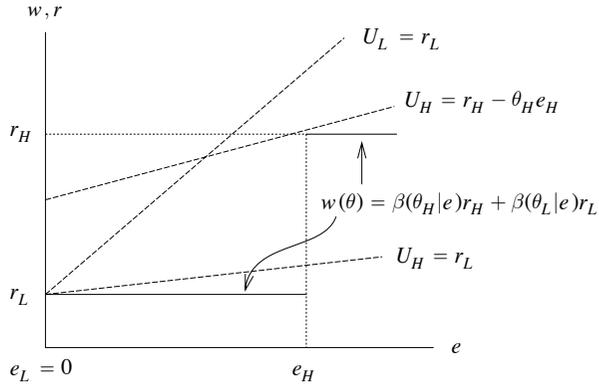


図2：分離均衡

最も高い賃金率 r_H を獲得している。誘因両立性は $r_H - \theta_H e_H \leq r_L$ を要求する。この不等式が成立しなければ、低生産性タイプは賃金率 r_H を獲得するために、教育水準 e_H を選好する。同様に、誘因両立性は $r_H - \theta_H e_H \geq r_L$ も要求する。さもなければ、高生産性タイプは教育なしと賃金率 r_L を選好する。これらの制約以外に、 S_e に属す任意の e_H を支持する均衡外信念を見付けるのは容易である。例えば、図2におけるように、 $e \geq e_H$ であるときはいつも $\beta(\theta_H|e) = 1$ ，それ以外では $\beta(\theta_H|e) = 0$ 。この信念の下では、 $e_L = 0$ と e_H のみが労働者の最適選択になり得る。

定義（一括均衡）：プリンシパルの各タイプが均衡において同じ信号を選択する完全 Bayesian 均衡を、一括均衡と呼ぶ。すなわち、 $\beta(\theta_H|e_H) = \beta_H$ および $\beta(\theta_L|e_L) = \beta_L$ となるような $e_H = e_L$ と $w(e_H) = w(e_L) = \beta_L r_L + \beta_H r_H \equiv \bar{r}$ 。

労働者は教育を全く受けなくても、少なくとも賃金率 r_L を獲得可能であるから、教育の一括均衡水準の集合 S_p は、

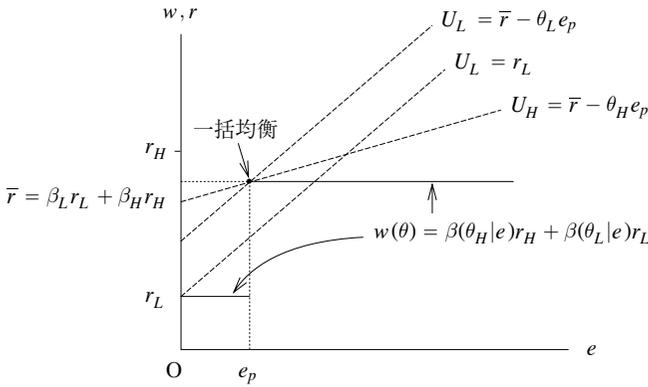


図 3：一括均衡

$$(3.5) \quad S_p = \left\{ (e_H, e_L) \mid e_L = e_H = e_p, e_p \in \left[0, \frac{\beta_L r_L + \beta_H r_H - r_L}{\theta_L} \right] \right\}$$

により与えられる (図 3)。この選択肢は、低生産性タイプにとってはとりわけ魅力的である。つまり、誘因両立性は $r - \theta_L e_p \geq r_L$ を要求する。このとき、 S_p に属す任意の e を支持する均衡外信念を容易に見付けることができる。例えば、図 3 のように、 $e \geq e_p$ であるときはいつでも、 $\beta(\theta_H|e) = \beta_H$ かつ $\beta(\theta_L|e) = \beta_L$ であり、それ以外では、 $\beta(\theta_H|e) = 0$ という信念の下では、 0 と e_p のみが労働者の最適な選択になる。

最後に、少なくともあるタイプのプリンシパルが、他のタイプのプリンシパルにより正の確率で選択される 2 つの信号を混合している準分離均衡の集合もまた存在する。(完全 Bayesian 均衡の定義で強調されたように) ここでの鍵となる要件は、混合することが最適であるためには、混合しているプリンシパルのタイプは正の確率でプレイされるその 2 つの信号に関して無差別でなければならないことである。

4. 精緻化

異なる均衡が多数存在するという事実は、情報を持つプリンシパルとの契約締結理論が不完備であることを意味する。Spence は、どの均衡状況がいつ発生するかを決定するには、社会的慣例あるいは慣習を追加的に考慮することが必要であり、社会的慣例という難しい領域を検討せずに、どのようなタイプの信号発信均衡が社会的慣例によって支持されるかは分からないとした。

それ以降のゲーム理論の研究は、理論的な考察だけに基づいて、均衡の特定の部分集合を選抜するための基準を確立しようと試みてきた⁵⁾。この背後にある基礎的な考え方は、一部のタイプのプレイヤー達が他のタイプよりもある特定の逸脱を選択しそうであるという観察を利用して、許容できる均衡外信念の集合に制約を導入することにより、そのゲームの仕様を豊かにすることである。

4.1 Cho and Kreps の直観的基準

信号発信ゲームにおいて最も普及している精緻化は、Cho and Kreps (1987) の直観的基準である。この基準は、均衡プレイからの逸脱 (の大部分) は一部のタイプのプリンシパルの利益になることはないという観察に基づいている。したがって、均衡外の行為を条件とする信念は、他よりも一部のタイプがこれらの行為を選択することが多いという事実を反映しなければならない。換言すると、一部のタイプだけがこれらの行為を選択することが多いという事実が反映されるように、均衡外の行為を条件とする信念を制限することが必要である。

本稿の簡単な例において、均衡外の行為を条件とする信念に対して Cho and Kreps により課される制限は、正式には次の通りである。

5) 例えば、Fudenberg and Tirole (1991) を見よ。

定義 (Cho and Kreps の直観的基準) : タイプ i の均衡利得を $U_i^* = w_i^*(e_i) - \theta_i e_i$ と表そう。このとき, $r_H - \theta_j e < U_j^*$ かつ $r_H - \theta_i e \geq U_i^*$ ($i = L, H; i \neq j$) であるときはいつでも, $e \neq (e'_i, e_j)$ に対して, $\beta(\theta_j | e) = 0$ である。

Cho and Kreps の直観的基準は, 均衡外信念に関する安定性条件と考えることができる。すなわち, ある逸脱は, プレイヤーの1つのタイプについて「支配される」が, 他のタイプについては支配されないとき, この逸脱はそのプレイヤーのせいにすべきではないことを主張する。ここで, 「支配される」は情報を持たない当事者の任意の信念に対して, そのプレイヤーはその逸脱により自分の均衡利得より一層低い利得を獲得することを意味する。ここで, その逸脱から演繹される最も好ましい信念は, 賃金率 r_H につながる $\beta(\theta_H | e) = 1$ であり, したがって $r_H - \theta_j e < U_j^*$ かつ $r_H - \theta_i e \geq U_i^*$ である場合そしてその場合に限り, タイプ θ_i ではなく θ_j に対して, 逸脱は支配される。この場合には, Cho and Kreps の基準は, 均衡外信念は $\beta(\theta_j | e) = 0$ であることを主張する。この条件を満足しない任意の均衡は, 棄却されなくてはならない。

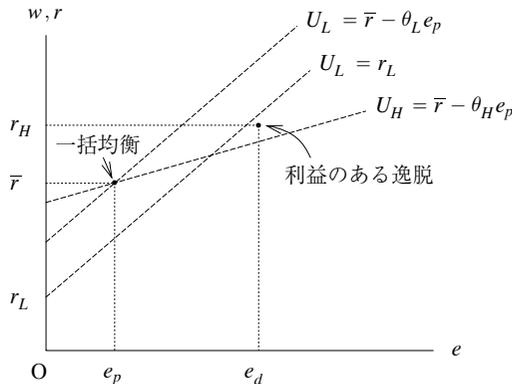


図4: Cho and Kreps の不安定な一括均衡

一括均衡に直観的基準を適用すると、全ての一括均衡が棄却される。実際、任意の一括均衡 (図4の (\bar{r}, e_p)) で、両タイプの無差別曲線は交差する筈である (仮定 A1)。しかし、 θ_H タイプはこのとき、例えば、自分の教育水準を e_d に高めることにより、常に利益のある逸脱を見付けることができる。 e_d で成立する賃金率では、 e_p から e_d への逸脱は θ_H タイプに対してのみ利益がある一方で、 θ_L タイプに対しては支配されるので、企業は $w(e_d) = r_H$ という賃金率提案を受け入れようとする。全ての準分離均衡が棄却されることも、同様に示すことができる。

次に、Cho and Kreps の直観的基準を分離均衡に適用すると、1つを除いて全ての分離均衡が棄却される (図5を見よ)。残る分離均衡は、 $e_L = 0$ かつ $e_H = \frac{r_H - r_L}{\theta_L}$ である最小費用分離均衡である。このように、Cho and Kreps の直観的基準は、最小費用分離均衡によって与えられる一意な純粋戦略均衡を選択する。

信念形成に関する合理性について、Spence 理論よりもずっと過大な要求をする Cho and Kreps の拡張は、明確な予測を与える。すなわち、高生産性労働者が教育のような信号を利用して、自分自身を平均的労働者か

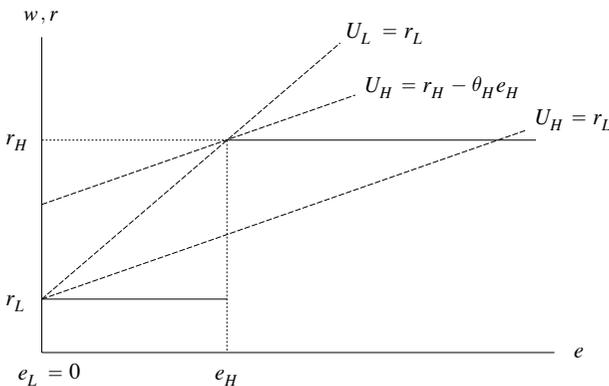


図5：最小費用分離均衡

ら区別することが可能であるとき、企業はこれらの信号を正しく理解し、したがって高生産性労働者は、自分自身を区別するために利用することになる。

Cho and Kreps の直観的基準は概ね説得力であるが、いくつかの状況においては説得力でない均衡結果を予測することがある。全ての $\beta_i > 0, i = L, H$ に対して、最小費用分離均衡は同じであることに注意せよ。ここで、タイプ θ_L の労働者がいることの事前確率 β_L は小さい ($\beta_L = \delta \rightarrow 0$) と想定すると、賃金率を教育費用に見合う少額 $\Delta w = r_H - (1 - \delta)r_H - \delta r_L = \delta(r_H - r_L) \rightarrow 0$ だけ高めるだけのために、教育費用 $c(e'_H; \theta_H) = \frac{\theta_H}{\theta_L}(r_H - r_L)$ を負担することは、費用が大き過ぎて経済的に引き合わない。この場合には、教育費用を全く掛けない一括均衡は Cho and Kreps 均衡を Pareto 支配するので、そのような一括均衡は一層尤もらしい結果と考えられる⁶⁾。さらに、逆選択が全くないとき、すなわち $\beta_L = 0$ であるとき、均衡では教育は全く選択されず、そのような一括均衡はこの完備情報の場合の極限である教育なしの一括均衡であり、Cho and Kreps 均衡であるという結論を得る。

この結論は、特定の完全 Bayesian 均衡を選び出すために Cho and Kreps の直観的基準は信号発信の多くの応用において広く利用されているが、よく考えずに利用することは危険であるという有用な教訓となる⁷⁾。

6) 全ての均衡において、企業は 0 という利潤を稼得し、したがって無差別である。低生産性労働者については、低生産性労働者の選好する均衡は、教育費用を負担する必要なしに、高生産性労働者により補助される教育なしの一括均衡である。最後に、十分低い β_L に対して、低生産性労働者から区別するために要求される教育水準は、(しかし勿論、低労働生産性賃金率と比べてではなく) 一括賃金率に比べて、高生産性労働者にとって高過ぎる。

7) 均衡外戦略を内生化しない選択基準を疑問視するゲーム理論研究者もいる。詳しくは、Fudenberg and Tirole (1991) を見よ。

4.2 Maskin and Tirole の情報を持つプリンシパル問題

Maskin and Tirole (1990) (1992) は、ゲームの時間的進行を変更して、信号を選択する前に、プリンシパルが条件付き契約をエージェントに申し出るように変更すると、完全 Bayesian 均衡の複数性の問題は完全ではないが縮小されることを示した。これを理解するために、ここでは労働者が教育を受ける前に、自分を雇い入れようとしている企業に契約を提案するとする。ここで、契約は当該契約を締結した後に労働者が選択する教育水準を条件とする賃金率表を特定する。

その契約により特定される条件付き賃金率表を、 $\{w(e)\}$ と表すと、考察すべき場合が2つある。第1は、

$$(4.1) \quad \bar{r} = \beta_H r_H + \beta_L r_L \leq r_H - \frac{\theta_H}{\theta_L} (r_H - r_L)$$

が成立する場合である。この場合には、効率的一括均衡においてよりも最小費用分離均衡において、高生産性労働者は良化する。第2は、

$$(4.2) \quad \bar{r} > r_H - \frac{\theta_H}{\theta_L} (r_H - r_L)$$

が成立する場合である。この場合には逆に、高生産性労働者は効率的一括均衡において良化する。

(4.1) が成立する場合には、他のプレイヤーの利得を悪化させることなしに、企業あるいは少なくとも1つのタイプの労働者の均衡利得を厳密に改善することができる誘因両立的契約は他に存在しないという意味で、最小費用分離均衡は暫定的に効率的である。この場合には、締結されるべき一意な契約は、最小費用分離均衡と同じ賃金率表

$$(4.3) \quad w(e) = \begin{cases} r_H & e \geq \frac{r_H - r_L}{\theta_L} \\ r_L & \text{otherwise} \end{cases}$$

を特定する契約である。実際、企業はこの契約を受諾しようとする。もし

企業が受諾するならば、高生産性労働者はそのとき教育水準 $e_H = \frac{r_H - r_L}{\theta_L}$

を選択する。他方、低生産性労働者は e_H と $e_L = 0$ の間で無差別であるので、 $e_L = 0$ を選択する。いずれにしても、企業の収支は均等し、したがって低生産性労働者あるいは高生産性労働者のいずれがこの契約を提案したかに関わらず、企業はこの契約を受諾しようとする。

そして、労働者は高生産性タイプも低生産性タイプもこの契約を提案する以上に高い利得を得ることはできない。より正確には、高生産性労働者は一括均衡をもたらすあらゆる契約よりも、あるいはより費用が掛かる分割を伴うあらゆる契約よりもこの契約を厳密に選好する。他方、低生産性労働者については、低生産性労働者は企業にとって受諾可能であるようなより良い誘因両立的契約を提案することはできない。したがって、この場合には、ゲームの時間的進行を変更することは一意な完全 Bayesian 均衡につながる。

しかし、(4.2) が成立する場合には、最小費用分離均衡を Pareto の意味で改善することができる。Maskin and Tirole は、この場合のゲームの均衡集合は最小費用分離均衡を弱 Pareto 支配する誘因両立的配分から構成されることを示している。均衡のこの複数性は、完全 Bayesian 均衡概念が課している均衡外信念の制約を外したことに起因する問題を再び甦らせる。

最低費用分離均衡が暫定的に効率的である状況においては、その最低費用分離均衡がそのとき一意な完全 Bayesian 均衡として選択され、したがって均衡外信念を利用する必要がなくなるので、契約締結段階を労働者の教育水準選択段階より前にゲームの時間的進行を変更することは重要な意義がある。

5. むすび

明らかになったように、信号発信モデルは選抜モデルよりも精緻なゲーム理論的議論を必要とする。選抜モデルでは、プリンシパルは1組の誘因制約により制約される最適化問題を解くだけである。すなわち、顕示原理と情報を持たない当事者が先に手番を取るという事実により、双務的契約締結問題は決定問題へ変換される。対照的に、信号発信問題では、先に手番を取るの情報は持つ当事者である。情報を持たない当事者の条件付き信念の多くは自己充足的になり得るので、この事実は均衡結果の集合を豊かにする。均衡の複数性は、Bayesian 規則は均衡外経路の確率0の契約申し出に関する信念を全く制限しないという事実に由来する。

Spence以降、多くの研究が、信号発信ゲームの尤もらしい均衡結果を見付けようと試みてきた。基本的な接近法は、至る所で信念を確定できるようにするために、全ての均衡外経路に正の確率で到達することを保証する仕組みを契約締結ゲームに導入することである(均衡精緻化については、van Damme (1983)を見よ)。最も著名かつ普及している精緻化は、第4.1小節で取り上げた Cho and Kreps (1987)の直観的基準である。これは、情報を持つ当事者のいくつかのタイプについては支配されるが、その他のタイプについては支配されない均衡行動からの逸脱が観察されるとき、支配されるタイプにこの逸脱を帰すべきではないという考え方に基づいている。この精緻化を適用すると、均衡集合はしばしば一意な均衡に縮小される。第4.1小節で見たように、この精緻化は直観的にかなり魅力的であるけれども、Parero 非効率的な均衡を選択する可能性がある。

対照的に、Maskin and Tirole (1990) (1992)のように、情報を持つ当事者が(信号発信行為に先立って)その中から選択することができる契約集合を、情報を持たない当事者が制限することを許すときには、それが同時に Parero 効率的である場合に限り、費用最小分離均衡が一意な完全

Bayesian 均衡になる (第 4.2 小節)。しかし, Parero 効率的でない場合には, 費用最小分離均衡を Parero 支配する全ての誘因両立的利得は, 完全 Bayesian 均衡として支持される可能性がある。

信号発信の考え方は, 経済学だけではなく, 広い分野で利用されている。例えば, 大きくて目立つオスの孔雀の尾羽はオスの強さを信号発信することを発見した Zahavi (1975), Grafen (1990) による進化生物学の成果が有名である。経済学においては, 労働市場, 企業金融, 産業組織論などで応用されてきた。

- (1) 労働市場: 教育を信号として捉える Spence モデルの発展として, Noldeke and van Damme (1990) は, 求職者が (例えば, 中退して) 特定の教育期間を修了することができないことを信号と考えて, 教育の価値を調べている。Ma and Weiss (1993) は, 失業期間は労働者の労働生産性を信号発信する 1 つの方法なり得ると主張する。また, 教育を選抜手段としてだけではなく, 人的資本に対する投資という両側面を取り入れたモデルは, Weiss (1983) により考察されている。
- (2) 企業金融: Bhattacharya (1979) と Myers and Majluf (1984) は, 金融市場における企業による信号発信行動を分析する (John and Williams (1985), Brennan and Kraus (1987), Constantinidea and Grundy (1989), Bernheim (1991), Goswami, Noe, and Rebello (1995) も見よ)。Leland and Pyle (1977) は, 危険回避的な経営者 (企業所有者) が新規株式公開を通じて, 企業の品質を信号発信するモデルを分析する (Welch (1989), Allen and Faulhaber (1989) も見よ)。
- (3) 産業組織論: 参入阻止 (あるいは略奪的) 価格付け, 初回購入者のための特別価格, 広告は, 産業組織論における信号発信の 3 つの著名な例である。Milgrom and Roberts (1982) は, 低価格が低費用あるいは低需要の信号である可能性を明らかにして, 旧来の参入阻止理論を一新した (Tirole (1988) も見よ)。広告については, Milgrom and Roberts

(1986) が高品質財を販売している企業が無駄な広告支出を通じて、自社の製品の品質を信号発信する様子を調べて、オスの孔雀の尾羽のように、高品質財を販売している企業だけがそのような支出を負担できることを明らかにした。Bagwell and Riordan (1991) は、初回購入者のための特別価格が広告と同様に、信号として機能することを示す (Bagwell (2001) の展望も見よ)。

信号発信が契約締結に直接的に結び付く産業組織論では、契約の形態が信号であると見なす Aghion and Bolton (1987), Aghion and Hermalin (1990), Spier (1992) 等の研究がある。Aghion and Bolton は、情報を持つ売り手により買い手に申し出られる短期あるいは不完備な契約は、競争相手の売り手が将来参入する確率が低いことを、Spier は婚前契約のような複雑な完備契約の申し出は、その提案者の意思の強さを信号発信し、相手を怖じけさせる可能性があるため、均衡にはならないことを明らかにする。Aghion and Hermalin は、信号発信ゲームから帰結する不完備な契約結果を、破産法のような強制的法的基準が改善する可能性を調べる。

参 照 文 献

- Aghion, P., and P. Bolton (1987), "Contracts as a Barrier to Entry," *American Economic Review* 77: 388-401.
- Aghion, P., and B. Hermalin (1990), "Legal Restrictions on Private Contracts Can Enhance Efficiency," *Journal of Law, Economics and Organizations* 6: 381-409.
- Allen, F., and G. Faulhaber (1989), "Signaling by Underpricing in the IPO Market," *Journal of Financial Economics* 109: 1085-1124.
- Bagwell, K., (2001), "Introduction." In K. Bagwell ed., *The Economics of Advertising*, Edward Elgar.
- Bagwell, K., and M. Riordan (1991), "High and Declining Prices Signal Product Quality," *American Economic Review* 81: 224-39.
- Bernheim, B. D., (1991), "Tax Policy and the Dividend Puzzle," *RAND Journal of Economics* 22: 455-78.

- Bhattacharya, S., (1979), "Imperfect Information, Dividend Policy, and the 'Bird in the Hand' Fallacy," *Bell Journal of Economics* 10: 259-70.
- Brennan, M. J., and A. Kraus (1987), "Efficient Financing under Asymmetric Information," *Journal of Finance* 42: 1225-43.
- Cho, I. K., and D. M. Kreps (1987), "Signaling Games and Stable Equilibria," *Quarterly Journal of Economics* 102: 1034-42.
- Constantinidea, G., and B. D. Grundy (1989), "Optimal Investment with Stock Reputation and Financing as Signals," *Journal of Financial Studies* 2: 445-65.
- Fudenberg, D., and J. Tirole (1991), *Game Theory*, MIT Press.
- Goswami, G., T. Noe, and M. Rebello (1995), "Debt Financing under Asymmetric Information," *Economic Inquiry* 12: 431-59.
- Grafen, A., (1990), "Biological Signals as Handicaps," *Journal of Theoretical Biology* 144: 517-46.
- John, K., and J. Williams (1985), "Dividends, Dilution and Taxes: A Signaling Equilibrium," *Journal of Finance* 40: 1053-70.
- Kreps, D. M., and R. Wilson (1982), "Reputation and Imperfect Information," *Journal of Economic Theory* 27: 253-279.
- Laffont, J. J., and D. Martimont (2002), "Collusion under Asymmetric Information," *Econometrica* 65: 875-911.
- Leland, H. E., and D. H. Pyle (1977), "Information Asymmetries, Financial Structure, and Financial Intermediation," *Journal of Finance* 32: 371-87.
- Ma, C. T. A., and A. Weiss (1993), "A Signaling Theory of Unemployment," *European Economic Review* 37: 135-57.
- Mas-Colell, A., M. D. Whinston, and J. Green (1995), *Microeconomic Theory*, Oxford University Press.
- Maskin, E., and J. Tirole (1990), "The Principal-Agent Relationship with an Informed Principal 1: The Case of Private Values," *Econometrica* 58: 379-409.
- Maskin, E., and J. Tirole (1992), "The Principal-Agent Relationship with an Informed Principal 2: Common Values," *Econometrica* 60: 1-42.
- Milgrom, P. R., and J. Roberts (1982), "Limit Pricing and Entry under Incomplete Information: An Equilibrium Analysis," *Econometrica* 50: 443-59.
- Milgrom, P. R., and J. Roberts (1986), "Price and Advertising Signals of Product Quality," *Journal of Political Economy* 94: 18-32.
- Myers, S. C., and N. S. Majluf (1984), "Corporate Financing and Investment Decisions When Firms Have Information That Investors Do Not Have," *Journal of*

- Financial Economics* 13: 187-221.
- Noldeke, G., and E. van Damme (1990), "Signalling in a Dynamic Labour Market," *Review of Economic Studies* 57: 1-23.
- Salanie, B., (1997), *The Economics of Contract: A Primer*, MIT Press.
- Spence, A. M., (1973), "Job Market Signaling," *Quarterly Journal of Economics* 87: 355-74.
- Spence, A. M., (1974), *Market Signaling: Informational Transfer in Hiring and Related Screening Process*, Harvard University Press.
- Spier, K., (1992), "Incomplete Contracts and Signaling," *RAND Journal of Economics* 23: 432-43.
- Tirole, J., (1988), *The Theory of Industrial Organization*, MIT Press.
- van Damme, E., (1983), *Refinements of the Nash Equilibrium Concept*, Springer-Verlag.
- Weiss, A., (1983), "A Sorting-cum-Learning Model of Education," *Journal of Political Economy* 91: 420-42.
- Welch, I., (1989), "Seasoned Offerings, Imitation Costs, and the Underpricing of Initial Public Offerings," *Journal of Finance* 44: 421-49.
- Zahavi, A., (1975), "Mate Selection---A Selection for an Handicap," *Journal of Theoretical Biology* 53: 205-14.
- 小平裕 (2017), 「隠された情報の下での双務的契約締結」, 成城大学『経済研究』第217号: 77-99.