

# 広島大学学術情報リポジトリ

## Hiroshima University Institutional Repository

Title	道徳的情操は経済的選好の限界を越えられるか : Frank (1987) “Homo Economicus Utility Function” のレビュー
Author(s)	鵜野, 好文
Citation	広島大学経済論叢, 44 (3) : 23 - 71
Issue Date	2021-03-10
DOI	
Self DOI	<a href="https://doi.org/10.15027/50945">10.15027/50945</a>
URL	<a href="https://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/00050945">https://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/00050945</a>
Right	Copyright (c) 2021 広島大学
Relation	



# 道徳的情操は経済的選好の限界を越えられるか：

## Frank (1987) “*Homo Economicus Utility Function*” のレビュー<sup>†</sup>

鵜野好文

赤面は嘘を暴露し、次の瞬間、言いしれぬ決まり悪さをもたらす。しかしながら、信頼が求められている状況で、「赤面する人」というレッテルは大きな優位性をもたらすかもしれない。本稿では、協働行動を事前に要求する問題（いわゆる、プリコミットメント問題）の解決を支援する装置として、個人的嗜好が極めて有効に機能するモデルを展開する。ここで示される嗜好は、単純に、「気持ちが悪くない」という理由のためだけで、効用関数の中で有用な役割を果たす。個人的嗜好を内生変数とするこのモデルは、伝統的合理的選択モデルの仮定とは大いに異なるものである。

*JEL classification:* A12; A13; D63; C70

キーワード：道徳的情操 (Moral Sentiment)；コミットメント問題 (Commitment Problem)；コミットメント保証装置 (Commitment Device)

伝統的合理的選択モデルは嗜好（あるいは、選好）を所与としている<sup>1</sup>。しかも、個人は利己的利益を希求する存在と仮定している。この合理的選択モデルは、大抵の場合、よく機能している。しかし、現実の事象をみたとき多くの矛盾があることもよく知られている。ハイウェイを利用して移動する旅行者が二度と会うことのないウェイトレスにチップをおいていく。また、一族内／間の争いが破滅的な結末を招くことがわかっているにもかかわらず、怒りを押さええたく（一族のメンバーは）抗争をやめようとはしない。さらには、十分に利益を生む市場取引であっても、取引条件が「不公平」としか思えないとき、人々はこの取引に身をおこうとはしない。これらの幾多の例が示すように、人々は（合理的選択モデルにみられる）通常の効用関数を最大化すべく行動しているとは思えない。

本稿では、非合理的と思えるこれらの行動が、効用最大化の分析枠組みから逸脱することなく、しかも、無理なく説明されることを示そうとするものである。通常、この種の研究では、一

---

<sup>†</sup> 研究プロジェクト「外在的報酬の内発的動機付けに対する有害効果」（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、主として、Robert H. Frank, “If *Homo Economicus* Could Choose His Own Utility Function, Would He Want One with a Conscience?” *American Economic Review*, Vol.77, No.4, 1987, pp. 593-604をレビューしたものである。

<sup>1</sup> Becker and Stigler (1977) は、近代経済学が嗜好に対し、傍観主義的立場をとってきたことを明らかにしている。ただし、本稿のテーマと密接に関連する例外的研究として、Schelling (1978)、Akerlof (1983)、および、Hirshleifer (1984) の三つの研究を挙げている。さらに、この他に、関連する研究として、Hirshleifer (1977; 1978a, b)、Rubin and Paul (1979)、Rubin (1982)、Coelho (1985)、そして、Frank (1985a, b; 1986, 1988) を挙げるができる。

一般的に、考察の焦点は、人々が現実において直面する行動制約に当てられがちである。しかし、ここで、私たちが提示する代替案は、標準的経済モデルで描かれている嗜好とは系統的に異なるものである。すなわち、嗜好を与件として扱う代わりに、視点を変えて、「どのような嗜好を選択することが利己的利益を最大化するのか」を問うことにする。このような視点は、本質的には、行動生物学的アプローチと同じものである (Hamilton, 1964; Wilson, 1975, 1978; Dawkins, 1976; Trivers, 1985)。このアプローチは、嗜好それ自体を目的とはせず、重要な物質的目的を達成するための手段とみなすものである<sup>2</sup>。

本稿で、私たちは、不正を働く機会が窺われる一回限りの非反復的な交流あるいは取引に焦点を当てる。このような状況において、しかも、法的に罪に問われることがないときでさえ、不正を働かない（選好を持つ）ことが利己的利益となることを明らかにする。この種の問題の解が持つ共通の特質は、それらの解が、事後的に利己的利益を保証する方法ではなく、事前的に協働行動にコミットすることを要求していることである。

## 1. コミットメント問題

Schelling (1960) は、プリコミットメント問題の具体的事例として、誘拐犯と人質との関係を如述に描写している。誘拐犯は、犯行の途中、突如、怖じ気づき、人質を解放したいと思うかもしれない。また、被害者となった人質は無傷で解放されることを条件に、警察に出頭しないことを喜んで約束するかもしれない。もちろん、両者とも、この約束が守られるとは思っていない。すなわち、「人質は、自分が解放されたならば、この約束を守ることがもはや利益とならないことを認識している。そして、誘拐犯は、解放後、人質がそのように考えることを、当然、認識している」。そして、不本意ながら、誘拐犯は人質の解放を断念し、人質をあやめるという最悪の結末にいたることになる。

Schelling は、また、他方で、このディレンマから抜け出せる方法を示唆している。それは、誘拐犯が、人質となった被害者との間で、解放後の沈黙を保証するなんらかのしがらみをつくることである。「被害者である人質が犯罪に手を染めたことがあるならば、解放後にその秘密を暴露されることが脅迫につながるよう、そのことを誘拐犯に伝えるかもしれない。また、被害者がそのような秘密を持たなかったならば、誘拐犯の前で罪を犯すことで、解放後の沈黙を保証するなんらかのしがらみをつくらうとするであろう」(1960, pp.43-44)。その意味で、解放後の脅迫等の蓋然性は被害者に約束を守らせる「保証装置」として機能し、被害者に約束を守らせるインセンティブとして機能するものである。そのような装置の必要性が生じる機会は経済取引活動の中でも頻繁にみられるものである。

---

<sup>2</sup> 生物学者の見解では、嗜好はその他の生存維持の能力の性質と異なるものではない。生命が持つすべての性向は、生命自らがその生存と再生の能力を十分発揮するよう、選択されるものである。侵入者の前に立ちはだかり、戦いを挑むオオカミは、深刻な危害を被るかもしれない。しかし、このオオカミがそのような選好を持つことが知られるならば、概して、退散を選好するオオカミよりも生命の維持に関して優位に立つことになる。もしそうであるならば、この嗜好によってもたらされる成功は、そのような嗜好が遺伝子全体に表れる頻度を増加させていくことにつながる。

## 2. 監視費用と協働の崩壊

ここで、経済活動の中でみられるプリコミットメント問題を考えてみることにする。例えば、その一例が、合併企業である。単独企業としては、技術力、あるいは、資金力が不足する（複数の）企業は、相互にその不足を補完し合い、協働して経済活動を行うことにより、企業の成長および利益の増大をはかろうとする。しかしながら、不幸なことに、そのような協働活動において、事前に約束された課業が履行されるのかを相互に監視しあうことは非常に困難であり、また、それができたとしても、多くの場合、極端に費用がかかる。このような状況において、監視に基づく処罰の可能性を前提に、プリコミットメント問題を解決することは、ほぼ、不可能に近いことになる。

処罰の可能性がないことに由来する不正行為への傾倒は、しばしば、当事者相互の利益増大の機会を著しく損なうことになる。そのことを示すため、ここで、二社の独立企業 *A* および *B* が合併企業を設立する例を考えてみよう。このとき、2人のプレーヤーは、合併企業の設立に際し、契約を誠実に履行するかあるいは不誠実にしか履行しないかのいずれかの行動を選択できるとする。したがって、4（= 2 × 2）通りの可能な戦略組合せが存在することになる。そして、それらの戦略組合せから得られる利得は、それぞれ、表1のように表されるとする。ただし、*H*は誠実な戦略行動を、また、*D*は不誠実な戦略行動を表し、しかも、各戦略組合せから得られる*A*企業の利得は、 $x_4$ 、 $x_3$ 、 $x_2$ 、そして、 $x_1$ 、ただし、 $x_4 > x_3 > x_2 > x_1$ 、であるとす。さらに、当事者は一回限りの経済取引を行うとする。したがって、各プレーヤーは、事後的に、相手プレーヤーの不正行為に処罰を科すことはできない。かくして、それらのゲームの結果は囚人のディレンマを引き起こすことになる。すなわち、不誠実な戦略行動（*D*）が支配戦略となり、その結果、生じる利得  $x_2$  は各プレーヤーが誠実な戦略行動（*H*）を選択するとき生じる利得  $x_3$  よりも低くなる<sup>3</sup>。したがって、プレーヤー *A* および *B* の合併の協働達成には、Schellingにより示唆された契約の保証装置が必要となる。

		B企業	
		H	D
A企業	H	$x_3$	$x_1$
	D	$x_4$	$x_2$

$x_4 > x_3 > x_2 > x_1$

表1. 全面的合併から得られるA企業の利得

<sup>3</sup> Axelrod (1984)、Travers (1971) 等は、繰り返しの囚人のディレンマ・ゲームで協働行動が選択されることを強調している。ただし、ここでの考察の焦点は、ゲームが一回限りのときでさえ、あるいは、ゲームが複数回以上プレイされたとしても、不誠実な行動を発見できないときでさえ、協働が自己規制的となりうるのかを問うことである。協調と利他主義の生物学的モデルに関する優れたサーベイ論文として、Hirshleifer (1977) を挙げるができる。

### 3. 契約の保証装置としての良心

Schellingの装置は、通常みられる物質的インセンティブを（脅迫インセンティブに）適切に切り替えることでうまく作動した。しかしながら、それらは必ずしも実践的アプローチとはいえない。幸いなことに、この保証装置は他の方法でも適切に機能する。例えば、約束を反故にすることに強い罪悪感を覚える個人のことを考えてみよう。この個人は別のオプションを選択することが物質的意味で有利であるときでさえ、道義的に良心がとがめるという理由で約束を履行しようとする。正確に言えば、保証装置の候補になりうるのは、合理的計算を覆すまさにこの種の「道徳的情操（が果たす役割）」である。

もちろん、単に、個人に良心があることがコミットメント問題（あるいは、契約遵守問題）の解決につながるものではない。潜在的取引相手も、相互に、このこと（潜在的パートナーに良心があるかどうか）をわかっている必要がある。それでは、彼らはどうすべきなのであろうか。ある個人が自分の気持ちを開示するために、「私には良心がある。だから、信じて欲しい」と訴えたとしても、それだけでは十分とはいえない。戦略的に重要な情操は、感情の発露にともない必然的に表れる兆候が認められるときにだけ、確実に伝達される。いわば、感情の発露にともなう多くの観察可能な物理的兆候のみが、この要件を満たすと見える。通常、態度、声の調子および音色、表情および目の動き、そして、容易に観察できるその他の身体的兆候は、個人の情動により系統立って表れる（Konner, 1982; Ekman, 1985）。しかも、多くの場合、少なくともこれらの兆候のいくつかは、自然に発露するものである（Darwin, 1972; Ekman, 1985）。かくして、感情の発露が、恐怖、歓喜、悲嘆のような感情を伝達する身体的兆候を引き起こすならば（Darwin, 1972）、戦略的に重要な情操は、確実に伝達されることになる<sup>4</sup>。

信頼（誠実であること）から利益が得られる場合、御都合主義者は必然的に誠実な個人の兆候を模倣しようとする。いうまでもないが、信頼の欠如した個人が、誠実な個人の兆候を完全に模倣することが可能であれば、それはコミットメントの保証装置として役に立たないことになる。しかし、模倣は、通常、それ自体、費用をともなうため、完全にその兆候を模倣することはできない<sup>5</sup>。確かに、虚偽の検出は、経験豊富な専門家の高度な技術を駆使した弁別であっても、誤りを免れない（David, 1981）。たとえそうであるとしても、しかしながら、信頼の手がかりとなるこの（不完備）情報は確率的意味で信頼性の測度をもたらし、後に明らかにするように、コ

<sup>4</sup> Triversは、相互利他主義のモデル枠組みの中で、人々を不正行為から隔離する手段として罪悪感が果たす役割を重視している。「...ある個人が秘密裏に悪行をなすときでさえ、罪悪感を覚えるという通常の心理学的仮定は、おそらく、多くの違法行為は（罪悪感をとおして）公的情報となることを示すものである」（1971, p.50）。

<sup>5</sup> 自然界には模倣者が正真正銘の性質の持ち主と長期間に渡り共存する多くのケースが見られる。例えば、体内に毒を蓄えることで保身戦略をとるオオカバマダラ（monarch）のような蝶がいる。オオカバマダラがその捕食者にそのことを伝達する方法を持たないならば、体内に毒を蓄えること自体は有用ではなくなる。そこで、この蝶は、捕食者がその分別学習をし易いよう、羽模様の特徴的パターンを発達させた。それらの羽模様によって守られた安全は、同じ羽模様を持ち、しかし、毒を蓄えないミュータントに機会主義的利益をもたらすことになった。単に、羽模様をオオカバマダラに似せることで、カバイロイチモンジ（viceroys）は、不快な分泌物を出す身体的特徴を模倣することなく、捕食者から逃れようとしている。二つのタイプが混在することは、カバイロイチモンジがオオカバマダラを完全に模倣することが不可能であるが、それを観察するには莫大な費用がかかることを意味する。動物の擬態現象の議論については、Krebs and Dawkins（1984）を参照しなさい。

ミットメントの保証装置としての要件のすべてをもたらすものとなる。

議論のため、私たちは、ここで、ミュータントが、真に良心を持って、そして、統計的にかなり信頼できるシグナルを随伴して出現するとする。そのようなミュータントは、果たして、どのようにして生き残るのであろうか。自然淘汰モデルでは、ある資質を持つ個体が平均してより高い物質的利得を獲得するのであれば、その資質を持つ遺伝子の発生がその対立遺伝子（同じ配列場所に別の遺伝子）を持つ個体と比較してより増殖していくことになる。私たちは、これに従い、良心を持つミュータントの期待利得と良心の欠如した個体の期待利得とを比較する。そこで、次節において、両タイプの利得を比較可能とする公式モデルを展開することにする。

#### 4. 説明モデル

二つの資質、 $H$ および $D$ のいずれか一方を持つ構成員から成る社会を考える。 $H$ の資質を持つメンバーは誠実であり、 $D$ の資質を持つメンバーは不誠実であるとする<sup>6</sup>。ここで、誠実であるというのは、合併事業において、不正行為が事後的に処罰されることがないとしても、協働しているパートナーに対し決して不正を働かないことを意味する。逆に、不誠実というのは、同じ状況におかれたとき、常に、協働しているパートナーに対し不正を働くことを意味する。

合併事業において、参加メンバーは、次の二つのオプション、合併1および合併2のいずれかを選択できるとする。

- (1) 合併1：ある個人は他の個人とペアを形成し「全面的な合併」を行うかもしれない。このオプションは相互信頼を要する活動をともなう。このとき、彼らが獲得する利得は、それぞれの戦略組合せにつき、表1に示したとおりである。合併での協働は一回限りしか生じない。したがって、合併に際し、不誠実な行動がとられたとしても、事後的に、それが処罰されることはない。これは「協働型」のオプションとよばれる。
- (2) 合併2：ある個人は他の個人とペアを形成し「限定的な合併」を行うかもしれない。このオプションは相互信頼を要する活動をともなわない。しかも、彼らの行動は相互に完全に観察されるとする。このとき、各当事者が得る利得は、相互作用する当事者のタイプがどのような組合せであろうと、 $x_2$ となる。これは「独立型」のオプションとよばれる。かくして、この独立型オプションは、二人の不誠実な個人が合併1で相互作用するときの利得と同等の利得をもたらすことになる。この合併でも、また、相互作用は一回限りしか生じない。

B 企業が負担する特定課業	
A 企業が負担する特定課業	$x_2$

表2. 限定的合併から得られるA企業の利得

<sup>6</sup> より正確には、遺伝子の所与の配列場所に二つの対立遺伝子  $a_1$ 、 $a_2$ のいずれかを持つ個体からなる社会（母集団）を考える。 $a_1$ の同型接合の個体は「誠実な行動」をとり、そして、 $a_2$ の同型接合の個体は「不誠実な行動」をとるとする。ある個体が他の個体と相互作用する際、誠実な行動および不誠実な行動が適応に及ぼす影響は、（異質的個体の持つ）各対立遺伝子が適応に及ぼす影響と同様であるとする。私たちは、したがって、 $a_1$ と $a_2$ の適応行動を分析する際、対立遺伝子に注目し、（それらの遺伝子を持つ）個体そのものを無視するかもしれない。本文の中では、 $H$ は $a_1$ の同型接合の個体とし、また、 $D$ を $a_2$ の同型接合の個体と考える。

確かに、合弁1において、相互に不誠実である個人は、信頼を必要としない合弁（独立型オプション）に参加する個人よりも悪い状態にあると仮定することはもっともらしいと思われる（独立型オプションの利得  $x_2$  は、協働型オプションの下で相互不信の提携から得られる利得より、より大きいと仮定するのはもっともらしいかもしれない）。しかし、ここでの演習問題の目的は、誠実な個人は唯物論の世界で繁殖する（生存する）ことが可能かどうかを確かめることである。したがって、私たちは、独立型オプションでも  $x_2$  だけが支払われるというより保守的な仮定にとどめておくことにする。誠実な個人がこの利得  $x_2$  で生存（繁殖）することが可能ならば、彼らは、さらにより高い利得でも生存可能であるといえるであろう。

独立型の合弁オプションは、常に、利得  $x_2$  しか得られないので、独立型オプションは不誠実な個人にその魅力を訴えるものとはならない。なぜなら、彼等は、合弁1でも独立型オプションで得られる以上の利得を得ることができるからである。他方、誠実な個人にとり、独立型オプションの明確な魅力は、パートナーの不正行為に悩まされる不運がないことである（閾値戦略となることである）。しかし、その欠点は、（独立型オプションの利得  $x_2$  は）合弁1で誠実な個人が相互作用するとき得られる利得  $x_3$  よりも低くなることである。（後に、誠実な個人は先に示した二つのオプションの間でどのような選択を行うのかを詳しくみていく。）

$H$  および  $D$  タイプの個人は、彼等の持つ遺伝子が異なるため、彼らの行動選択が異なるだけでなく、各遺伝子にともない発露する多くの観察可能なシグナル（身体的兆候等） $S$  が異なってくる。ただし、この観察される性質  $S$  は遺伝子の影響のほか自然環境の気まぐれな要因によっても影響を受ける。より具体的には、個人  $i$  のシグナル  $S_i$  は次のような観察値で測定されるとする。

$$S_i = \mu_i + \varepsilon_i \quad i = H, D$$

ただし、 $S_i$  の構成要素のうち、 $\mu_i$  は遺伝子に由来するものであり、また、 $\varepsilon_i$  は遺伝子以外の要因に由来するものとする。すなわち、 $i$  が誠実な個人であるならば、 $\mu_i = \mu_H$  であり、不誠実な個人であるならば、 $\mu_i = \mu_D$  である。ただし、 $\mu_H > \mu_D$  である。さらに、 $\varepsilon_i$  は、平均ゼロ、分散1の正規分布を持つ  $i$  について独立な確率変数である（図1を参照しなさい）。

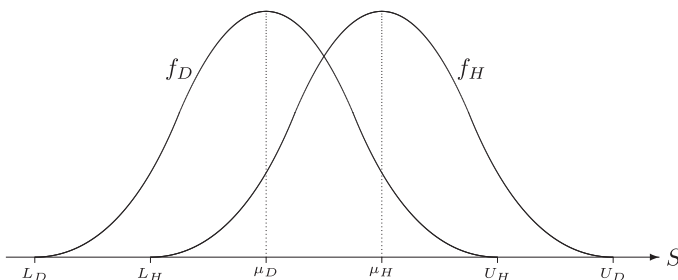


図1. シグナルの観察値の確率分布

ケース1：観察費用なしでシグナルの完全情報が得られる場合。

誤差項  $\varepsilon_i$  の分散がゼロであるならば、誰もが、特定の個人  $i$  が、 $H$  タイプであるのか、あるいは、 $D$  タイプであるのかを確実に識別することができる。このケースでは、まず、 $H$  タイプの個人が相互にペアを形成し協働型オプション（合弁1）で相互作用することで、利得  $x_3$  を得る。そして、

残されたDタイプの個人が相互にペアを形成し（独立型オプション（合弁2）を選択するしかなく）、利得 $x_2$ を得ることになる。したがって、それぞれの個人に随伴する（信頼性の）シグナルが完全に信頼できるならば、Hタイプの個人は即座にDタイプの個人を淘汰することになる。

**ケース2：観察費用なしでシグナルの不完全情報が得られる場合。**

逆に、誤差項 $\epsilon_i$ が十分に大きい分散を持つとき、シグナル（の観察）値 $S_i$ は、単に、個人 $i$ の信頼性を示す確率測度を与えるのみとなる<sup>7</sup>。私たちは、より具体的には、DおよびHタイプの個々のシグナル値 $S$ は、それぞれ、図1に示した確率分布 $f_D$ および $f_H$ から独立に抽出されるものとする<sup>8,9</sup>。

先の議論からすれば、二つの分布の相対的位置関係は、Dタイプが自らを誠実な個人にみせかけるため、Hタイプの物理的兆候を模倣するが、それが不完全にしか達成できていないことを反映している。二つの分布が示すように、それらの分布範囲は完全には重複していない。したがって、私たちは、（分布が重複しない）シグナル値 $S \geq U_D$ を持つ個人はHタイプの個人であると確信し、また、 $S \leq L_H$ の値を持つ個人はDタイプの個人であると確信する。そして、（分布が重複する）区間 $S \in (L_H, U_D)$ に位置する個人は、HあるいはDタイプのいずれであるのかを判断できない。しかしながら、Hタイプの属性を持つ個人の全人口に占める人口構成比率を $h$ とすれば、二つの分布が重複する区間のシグナル値 $S = S_j$ を持つ個人 $j$ が誠実な個人である信頼性の確率測度を次のように表すことができる<sup>10</sup>。

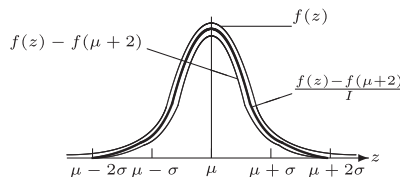
$$(1) \quad \Pr\{H|S_j\} = \frac{hf_H(S_j)}{hf_H(S_j) + (1-h)f_D(S_j)}$$

<sup>7</sup> 本来、 $S$ はシグナルの観察値と表記されるべきものである。誤解が生じないと思われるので、ここでは、「シグナル値」と表記することにする。

<sup>8</sup> 図1に示された分布 $f_D$ および $f_H$ は、それぞれ、正規分布 $f(z): N(\mu, \sigma)$ から次の方法で導出されたものである。まず、正規分布 $f(z)$ のすべての値から $f(\mu+2\sigma)$ を差し引くことで、分布の裾を平均ゼロから2標準偏差の距離 $\pm 2\sigma$ で切り捨てる。さらに、 $f(z)$ の $[\mu-2\sigma, \mu+\sigma]$ の区間累積密度 $I (=0.9544997)$ で、分布の裾を切り捨てたこの密度関数 $f(z) - f(\mu+2\sigma)$ を割ることで総累積密度を1に標準化する。また、分布 $f_D$ および $f_H$ は、それぞれ、平均 $\mu_D = 2$ および $\mu_H = 3$ 、また、分散 $\sigma_D = \sigma_H = 1$ とする。したがって、私たちは、 $f_D$ および $f_H$ をそれぞれ次のように表すことができる。

$$f_D = (1/\sqrt{2\pi})(1/I)[\exp(-(z-2)^2/2) - \exp(-2)]$$

$$f_H = (1/\sqrt{2\pi})(1/I)[\exp(-(z-3)^2/2) - \exp(-2)]$$



<sup>9</sup> 私たちは、新たな分布の導出に当たって、統計関数-高精度計算サイト [keisan.casio.jp](http://keisan.casio.jp)、および、表計算ソフト LibreOffice Calc を使用した（表3を参照しなさい）。

<sup>10</sup> 全人口（母集団）に占める誠実な個人（および不誠実な個人）の人口構成比率が、 $h$ （および $1-h$ ）であるとする。このとき、シグナル値 $S^0$ を持つHおよびDタイプの確率密度は、それぞれ、 $f_H(S^0)$ および $f_L(S^0)$ で表される。したがって、シグナル値 $S^0$ を持つ個人 $j$ が、Hタイプである確率は、

$$\frac{\text{シグナル値 } S^0 \text{ を持ち、かつ、Hタイプである個人の総数}}{\text{シグナル値 } S^0 \text{ を持つ個人の総数}} = \frac{hf_H(S^0)}{hf_H(S^0) + (1-h)f_L(S^0)}$$



確率変数 $z$	確率密度 $f(z)$	確率密度 $f(z) - f(\mu - 2\sigma)$	区間累積 $F(z) - F(\mu - 2\sigma)$	確率密度 $f(S), i = D, H$	累積密度 $F(S), i = D, H$
$\mu - 2.00\sigma$	0.053990966513188	0	0	0	0
$\mu - 1.75\sigma$	0.086277318826512	0.032286352313324	0.017309024915638	0.033825417747228	0.01813413274088
$\mu - 1.50\sigma$	0.12951759566589	0.075526629152702	0.044057069320679	0.079126925127302	0.046157235726983
$\mu - 1.25\sigma$	0.18264908538902	0.128658118875832	0.082899641718676	0.134791151856183	0.086851403497585
$\mu - 1.00\sigma$	0.24197072451914	0.187979758005952	0.13590512198328	0.196940607624789	0.142383613994549
$\mu - 0.75\sigma$	0.3011374321548	0.247146465641612	0.20387722042869	0.25892774643447	0.213595889780899
$\mu - 0.50\sigma$	0.3520653267643	0.298074360251112	0.28578740677781	0.312283334375639	0.299410671337031
$\mu - 0.25\sigma$	0.38666811680285	0.332677150289662	0.3785435423689	0.34853561264216	0.396588420143678
$\mu - 0.00\sigma$	0.39894228040143	0.344951313888242	0.47724986805182	0.361394876122613	0.5
$\mu + 0.25\sigma$	0.38666811680285	0.332677150289662	0.57595619373475	0.34853561264216	0.603411579856333
$\mu + 0.50\sigma$	0.3520653267643	0.298074360251112	0.66871232932583	0.312283334375639	0.700589328662969
$\mu + 0.75\sigma$	0.3011374321548	0.247146465641612	0.75062251567495	0.25892774643447	0.786404110219101
$\mu + 1.00\sigma$	0.24197072451914	0.187979758005952	0.81859461412036	0.196940607624789	0.857616386005451
$\mu + 1.25\sigma$	0.18264908538902	0.128658118875832	0.87160009438497	0.134791151856183	0.913148596502421
$\mu + 1.50\sigma$	0.12951759566589	0.075526629152702	0.91044266678296	0.079126925127302	0.953842764273016
$\mu + 1.75\sigma$	0.086277318826512	0.032286352313324	0.937190711188	0.033825417747228	0.981865867259118
$\mu + 2.00\sigma$	0.053990966513188	0	0.95449973610364	0	1

$$f(S) = \frac{f(z) - f(\mu - 2\sigma)}{F(\mu + 2\sigma) - F(\mu - 2\sigma)}, \quad F(S) = \frac{F(z) - F(\mu - 2\sigma)}{F(\mu + 2\sigma) - F(\mu - 2\sigma)}$$

表 3. 基本分布表 I

図1に示された二つの分布を前提としたとき、 $\Pr\{H|S_j\}$ は、パラメータ $h$ の二つの特定値 $h=0.3$ 、 $h=0.7$ について、それぞれ、図2および表4のように表される。これらの図表から、シグナル値 $S_j$ について幾つかのことがいえる。まず、ひとつは、(i) シグナル値 $L_b \leq S_j \leq L_h$ を観察するとき、常に、個人 $j$ を不誠実な個人と確信する ( $\Pr\{H|S_j\} = 0$ )。他方、シグナル値 $U_b \leq S_j \leq U_h$ を観察するとき、常に、個人 $j$ を誠実な個人と確信する ( $\Pr\{H|S_j\} = 1$ )。これらの両極端のシグナル値は、いわゆる、「札付き」(完全情報)ということがいえる。他方、その中間のシグナル値 $L_H < S_j < U_b$ のとき、シグナルの信頼性が担保されないという意味で、不完全情報である。しかしながら、シグナル値が高くなるにつれ、信頼性の確率が高くなるという事実から、(不完全情報であるが)一定の役割を果たしていることがわかる<sup>11</sup>。もうひとつは、(ii) 同じシグナル値 $S_j$ であっても、誠実な個人の人口構成比率 $h$ が高いほど、 $L_H < S_j < U_b$ について、常に、信頼性の確率(誠実な個人である蓋然性)が高くなることである<sup>12</sup>。

<sup>11</sup> これらのことから、(1) 式は、明らかに、 $S_j$ に関して、増加関数であることがわかる。すなわち、次のことがいえる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pr\{H|S_j\}}{\partial S_j} &= \frac{hf'_H[hf_H + (1-h)f_D] - hf_H[hf'_H + (1-h)f'_D]}{[hf_H + (1-h)f_D]^2} \\ &= \frac{h^2f_Hf'_H + hf'_Hf_D - h^2f'_Hf_D - h^2f_Hf'_H - hf_Hf'_D + h^2f_Hf'_D}{[hf_H + (1-h)f_D]^2} \\ &= \frac{f'_Hf_D(h-h^2) - f_Hf'_D(h-h^2)}{[hf_H + (1-h)f_D]^2} \\ &= \frac{(h-h^2)(f'_Hf_D - f'_Df_H)}{[hf_H + (1-h)f_D]^2} \end{aligned}$$

$f_b: N(\mu_b, 1)$ 、 $f_h: N(\mu_h, 1)$ 、ただし、 $\mu_h > \mu_b$ 、のとき、 $f'_b(S) \approx -(S - \mu_b)f_b$ および $f'_h(S) \approx -(S - \mu_h)f_h$ である。

$$\begin{aligned} f(S) &= \frac{1}{I} \left[ \frac{1}{\sqrt{2n}} e^{-\frac{(S-\mu)^2}{2}} - \frac{1}{\sqrt{2n}} e^{-\frac{((\mu+2)-\mu)^2}{2}} \right] \\ &= \frac{1}{I} \left[ \frac{1}{\sqrt{2n}} e^{-\frac{(S-\mu)^2}{2}} - \frac{1}{\sqrt{2n}} e^{-2} \right] \\ \frac{\partial f(S)}{\partial S} &= \frac{-(S-\mu)}{I} \left[ \frac{1}{\sqrt{2n}} e^{-\frac{(S-\mu)^2}{2}} \right] \\ &\approx \frac{-(S-\mu)}{I} \left[ \frac{1}{\sqrt{2n}} e^{-\frac{(S-\mu)^2}{2}} - \frac{1}{\sqrt{2n}} e^{-2} \right] \quad \text{ただし、} \quad \frac{1}{\sqrt{2n}} e^{-2} = 0.053990966513188 \\ &= -(S-\mu)f(S) \end{aligned}$$

したがって、次のことがいえる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pr\{H|S_j\}}{\partial S_j} &\approx \frac{(h-h^2)[-(S-\mu_H)f_Hf_D + (S-\mu_D)f_Hf_D]}{[hf_H + (1-h)f_D]^2} \\ &= \frac{(h-h^2)f_Hf_D(\mu_H - \mu_D)}{[hf_H + (1-h)f_D]^2} \geq 0 \end{aligned}$$

<sup>12</sup> これらのことから、(1) 式は、明らかに、 $h$ に関して、増加関数であることがわかる。すなわち、次のことがいえる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pr\{H|S_j\}}{\partial h} &= \frac{f_H[hf_H + (1-h)f_D] - hf_H(f_H - f_D)}{[hf_H + (1-h)f_D]^2} \\ &= \frac{hf_H^2 + f_Hf_D - hf_Hf_D - hf_H^2 + hf_Hf_D}{[hf_H + (1-h)f_D]^2} \\ &= \frac{f_Hf_D}{[hf_H + (1-h)f_D]^2} \geq 0 \end{aligned}$$

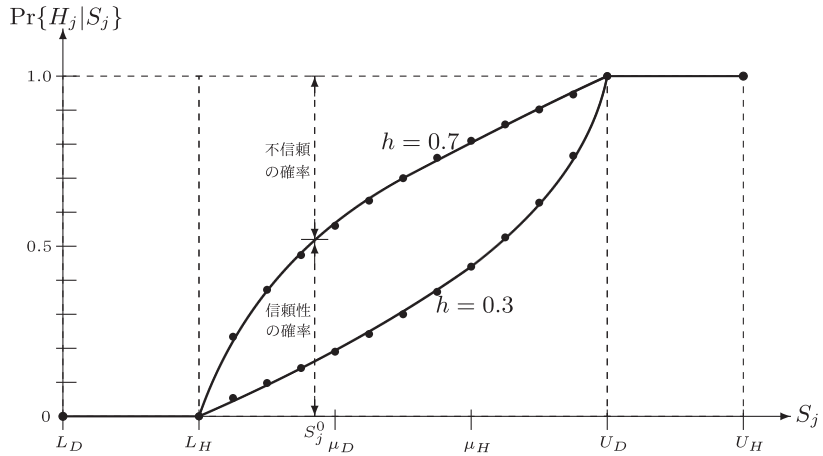


図 2. シグナル値と信頼性の測度

確率変数 $S^*$	確率密度 $f_D$	確率密度 $f_H$	信頼性の確率 $\Pr\{H S\}, h = 0.3$	信頼性の確率 $\Pr\{H S\}, h = 0.7$
$L_D = 0.00$	0	0	DIV/0	DIV/0
0.25	0.033825417747228	0	0	0
0.50	0.079126925127302	0	0	0
0.75	0.134791151856183	0	0	0
$L_H = 1.00$	0.196940607624789	0	0	0
1.25	0.25892774643447	0.033825417747228	0.053018713921187	0.233609902144449
1.50	0.312283334375639	0.079126925127302	0.097955059173118	0.371553081702142
1.75	0.34853561264216	0.134791151856183	0.142178623061388	0.474343554638477
$\mu_D = 2.00$	0.361394876122613	0.196940607624789	0.189330411421291	0.559770047280588
2.25	0.34853561264216	0.25892774643447	0.241497088119006	0.634160299132057
2.50	0.312283334375639	0.312283334375639	0.3	0.7
2.75	0.25892774643447	0.34853561264216	0.365839700867943	0.758502911880994
$\mu_H = 3.00$	0.196940607624789	0.361394876122613	0.440229952719412	0.810669588578709
3.25	0.134791151856183	0.34853561264216	0.525656445361523	0.857821376938612
3.50	0.079126925127302	0.312283334375639	0.628446918297858	0.902044940826882
3.75	0.033825417747228	0.25892774643447	0.766390097855551	0.946981286078813
$U_D = 4.00$	0	0.196940607624789	1	1
4.25	0	0.134791151856183	1	1
4.50	0	0.079126925127302	1	1
4.75	0	0.033825417747228	1	1
$U_H = 5.00$	0	0	DIV/0	DIV/0

表 4. 信頼性の確率

### A. 協働型オプションのシグナル閾値.

表1の利得を所与としたとき、 $H$ タイプの個人は、(彼らが合弁1を選択するとき)、 $H$ タイプのパートナーと相互作用するとき、明らかに、最善となる。しかしながら、 $H$ タイプの個人 $i$ は、シグナル値 $S_j$ を持つ個人 $j$ と遭遇したとき<sup>13</sup>、相手のタイプを確信できないまま、いかなる提携オプションで相互作用するかを決定しなければならない。私たちは、このとき、 $H$ タイプの個人 $i$ がシグナル値 $S_j$ を持つ個人 $j$ と相互作用することから得られる期待利得を $E(X_{ij}|S_j)$ で表すと、( $H$ タイプの閾値戦略は独立型オプションを選択し、 $x_2$ の利得を獲得することであるので)、 $H$ タイプの個人 $i$ が、シグナル値 $S_j$ を持つ個人 $j$ と協働型オプションで相互作用するには、次の条件が満たされなければならない。

$$(2) \quad E(X_{ij}|S_j) = x_3 \Pr\{H|S_j\} + x_1(1 - \Pr\{H|S_j\}) \geq x_2$$

私たちは、ここで、協働型オプションのシグナル閾値 $S^*$ を、それぞれの $h$ について、条件 $E(X_{ij}|S_j) = x_2$ を満たすシグナル値であるとする。すなわち、 $H$ タイプの個人 $i$ が、任意の $h$ について、個人 $j$ のシグナル値 $S_j = S^*(h)$ を観察するとき、協働型オプションを選択すること、あるいは、独立型オプションを選択することが無差別となる。私たちは、それぞれの $h$ について、このシグナル値スケジュールをシグナル閾値関数 $S^* = S^*(h)$ で表すと、このシグナル閾値 $S^*$ により、個人 $j$ が、 $S_j \geq S^*$ および $S_j < S^*$ のいずれのグループに属するかを識別した上で、協働型オプション、あるいは、独立型オプションのいずれで相互作用するかを決定する。図1に示した確率分布 $f_o$ および $f_H$ を前提としたとき、 $h = 1/2$ 、および、 $x_2 = (x_1 + x_3)/2$ の具体的なケースでは、シグナル閾値 $S^*$ は、二つの確率分布が交差するシグナル値であるといえる<sup>14</sup>。そして、このシグナル閾値 $S^*(1/2)$ により、潜在的パートナーと協働型オプション ( $S \geq S^*(1/2)$ )、あるいは、独立型オプション ( $S < S^*(1/2)$ ) のいずれで相互作用するかが決定されることになる。

このとき、(1) および (2) 式より、 $S^* = S^*(h)$ は $h$ の減少関数であることが容易にわかる<sup>15</sup>。

<sup>13</sup> このとき、個人 $i$ は、自らのシグナル値と同水準のシグナル値を持つパートナー $j$ と相互作用する。ここでは、そのことは不問にしている。合弁ペアの形成過程については、次の小節で議論する。

<sup>14</sup>  $h = 1/2$ 、および、 $x_2 = (x_1 + x_3)/2$ であるとする。このとき、シグナル閾値の条件式 (2) 式は次のように展開される。

$$\begin{aligned} E(X_{ij}|S_j) &= x_3 \Pr\{H|S_j\} + x_1(1 - \Pr\{H|S_j\}) = x_2 \\ x_3 \left[ \frac{hf_H(S_j)}{hf_H(S_j) + (1-h)f_D(S_j)} \right] + x_1 \left[ \frac{(1-h)f_D(S_j)}{hf_H(S_j) + (1-h)f_D(S_j)} \right] &= x_2 \\ x_3 \left[ \frac{\frac{1}{2}f_H(S_j)}{\frac{1}{2}f_H(S_j) + (1-\frac{1}{2})f_D(S_j)} \right] + x_1 \left[ \frac{(1-\frac{1}{2})f_D(S_j)}{\frac{1}{2}f_H(S_j) + (1-\frac{1}{2})f_D(S_j)} \right] &= x_2 \\ x_3 \left[ \frac{f_H(S_j)}{f_H(S_j) + f_D(S_j)} \right] + x_1 \left[ \frac{f_D(S_j)}{f_H(S_j) + f_D(S_j)} \right] &= x_2 \\ x_3 f_H(S_j) + x_1 f_D(S_j) &= x_2 [f_H(S_j) + f_D(S_j)] \\ x_3 f_H(S_j) + x_1 f_D(S_j) &= \left[ \frac{x_1 + x_3}{2} \right] [f_H(S_j) + f_D(S_j)] \\ 2x_3 f_H(S_j) + 2x_1 f_D(S_j) &= x_1 f_H(S_j) + x_1 f_D(S_j) + x_3 f_H(S_j) + x_3 f_D(S_j) \\ x_3 f_H(S_j) + x_1 f_D(S_j) &= x_1 f_H(S_j) + x_3 f_D(S_j) \\ x_3 [f_H(S_j) - f_D(S_j)] - x_1 [f_H(S_j) - f_D(S_j)] &= 0 \\ (x_3 - x_1) [f_H(S_j) - f_D(S_j)] &= 0 \\ f_H(S_j) &= f_D(S_j) \quad \text{ただし、} x_3 \neq x_1 \end{aligned}$$

したがって、このとき、二つの確率分布関数の交点がシグナル閾値となる。

すなわち、誠実な個人の人口構成比率  $h$  が增大するとき、シグナル値  $L_H < S < U_D$  を持つ個人が  $H$  タイプである可能性がより高くなる。したがって、そのような個人と相互作用することで得られる期待利得が  $x_2$  を越える可能性はより大きくなる。そして、また、 $S^*$  が  $x_3 - x_2$  の値の増大にともない ( $x_3$  の増大にともない)、あるいは、 $x_2 - x_1$  の値の減少にともない ( $x_1$  の増大にともない) 減少することを示すのは容易である<sup>16</sup>。これより、成功裏の協働の利得  $x_3$  が增大すると、あるいは、不成功裏の協働の利得  $x_1$  が增大すると、協働型オプションのシグナル閾値は低下していくといえる。したがって、ここで、私たちが、 $x_4 - x_3 = x_3 - x_2 = x_2 - x_1 = x_1 - 0$  の具体的な利得ケースを考えると、図1の確率分布を前提にしたとき、閾値スケジュール  $S^* = S^*(h)$  は (それぞれの  $h$  について、条件式  $E(X_{ij}|S_j) = x_2$  を満たすシグナル値は)、次のように表される<sup>17</sup>。

$$(3) \quad h = \frac{f_D(S^*)}{f_H(S^*) + f_D(S^*)}$$

そして、また、このシグナル閾値関数は、図3 (および表5) に描写されたように、 $h$  の増大とともに低下していく (協働型オプションが選択される範囲は拡大していく)。

## B. パートナーシップの形成過程.

先の小節でみたように、 $H$  タイプの個人  $i$  は、シグナル値  $S_j$  を持つ個人  $j$  と合弁1 (協働型オプション) で提携するのか、あるいは、合弁2 (独立型オプション) で提携するのかという問題に直面している。そして、それは、ある特定の  $h$  について、個人  $j$  のシグナル値とシグナル閾値との大小関係  $S_j \geq S^*$  により判断されることを明らかにした。しかしながら、私たちは、このとき、別の重要な問題があることを無視している。それは、シグナル値  $S_j$  を持つ個人  $i$  は、いかなるシグナル値を持つ個人とパートナーシップを形成することができるのかということである。

社会は、異なるシグナル値を持つ多数の個人から構成されている。そして、いずれの個人も、できるだけ高いシグナル値を持つ個人と相互作用しようとする。とりわけ、高いシグナル値を持つ個人は、パートナーがシグナル値  $S \geq S^*$  を持つならば、協働型オプションを選択できるという

<sup>15</sup> 図2から、 $\Pr\{H|S_j\}$  は、 $S_j$ 、および、 $h$  に関して、増加関数であることがわかる (脚注12を参照しなさい)。すなわち、 $\frac{\partial \Pr\{H|S_j\}}{\partial S_j} \geq 0$ 、および、 $\frac{\partial \Pr\{H|S_j\}}{\partial h} \geq 0$  がいえる。また、 $x_3 > x_1$  であるので、(2) 式は、 $\Pr\{H|S_j\}$  に関して、増加関数である。すなわち、 $\frac{\partial E(X_{ij}|S_j)}{\partial \Pr\{H|S_j\}} = x_3 - x_1 \geq 0$  がいえる。したがって、 $S_j$  を増加させたとき、 $\Pr\{H|S_j\}$  が増加し、さらに、 $E(X_{ij}|S_j)$  が増加するので、 $E(X_{ij}|S_j) = x_2$  を維持するには、 $h$  を減少させるしかない。すなわち、シグナル閾値関数  $S^* = S^*(h)$  は  $h$  の減少関数であるといえる。

<sup>16</sup> (2) 式より、 $E(X_{ij}|S_j) = x_3 \Pr\{H|S_j\} + x_1(1 - \Pr\{H|S_j\}) = x_2$  である。さらに、 $\frac{E(X_{ij}|S_j)}{\partial x_1} > 0$ 、 $\frac{E(X_{ij}|S_j)}{\partial x_3} < 0$  である。したがって、 $x_1$  あるいは  $x_3$  が増加するとき、 $E(X_{ij}|S_j) = x_2$  を維持するには、 $S_j$  を減少させなければならない。

<sup>17</sup> 私たちは、ここで、 $x_4 - x_3 = x_3 - x_2 = x_2 - x_1 = x_1 - 0$  の具体的な利得ケースを考える。このとき、 $x_3 = 3x_1$ 、 $x_2 = 2x_1$  である。したがって、シグナル閾値の条件式 (2) 式より、シグナル閾値関数を次のように導出できる。

$$\begin{aligned} E(X_{ij}|S_j) &= x_3 \Pr\{H|S_j\} + x_1(1 - \Pr\{H|S_j\}) = x_2 \\ x_3 \left[ \frac{hf_H}{hf_H + (1-h)f_D} \right] + x_1 \left[ \frac{(1-h)f_D}{hf_H + (1-h)f_D} \right] &= x_2 \\ x_3 hf_H + x_1(1-h)f_D &= x_2 [hf_H + (1-h)f_D] \\ hx_3 f_H + x_1 f_D - hx_1 f_D &= hx_2 f_H + x_2 f_D - hx_2 f_D \\ h(x_3 f_H - x_1 f_D - x_2 f_H + x_2 f_D) &= x_2 f_D - x_1 f_D \\ h(3x_1 f_H - x_1 f_D - 2x_1 f_H + 2x_1 f_D) &= 2x_1 f_D - x_1 f_D \\ h(x_1 f_H + x_1 f_D) &= x_1 f_D \\ h &= \frac{f_D}{f_H + f_D} \end{aligned}$$

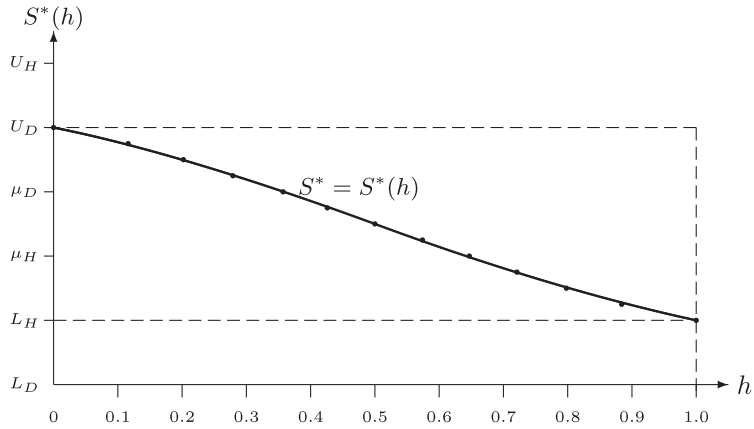


図 3.  $h$  の関数としてのシグナル閾値

シグナル閾値 $S^*$	確率密度 $f_D$	確率密度 $f_H$	$H$ の人口構成比率 $h = \frac{f_D}{f_D + f_H}$
$L_D = 0.00$	0	0	DIV/0
0.25	0.033825417747228	0	1
0.50	0.079126925127302	0	1
0.75	0.134791151856183	0	1
$L_H = 1.00$	0.196940607624789	0	1
1.25	0.25892774643447	0.033825417747228	0.884457550299153
1.50	0.312283334375639	0.079126925127302	0.797841463768
1.75	0.34853561264216	0.134791151856183	0.721117964580162
$\mu_D = 2.00$	0.361394876122613	0.196940607624789	0.647271912035797
2.25	0.34853561264216	0.25892774643447	0.573755778738571
2.50	0.312283334375639	0.312283334375639	0.5
2.75	0.25892774643447	0.34853561264216	0.426244221261429
$\mu_H = 3.00$	0.196940607624789	0.361394876122613	0.352728087964203
3.25	0.134791151856183	0.34853561264216	0.278882035419838
3.50	0.079126925127302	0.312283334375639	0.202158536232
3.75	0.033825417747228	0.25892774643447	0.115542449700847
$U_D = 4.00$	0	0.196940607624789	0
4.25	0	0.134791151856183	0
4.50	0	0.079126925127302	0
4.75	0	0.033825417747228	0
$U_H = 5.00$	0	0	DIV/0

表 5. 観察費用がないときのシグナル閾値

意味で、潜在的パートナーのシグナル値の高さは重要となる。問題は、誰もが、そのようなパートナーと相互作用したいと思っていることである。そして、非常に多くの人々がそのことに狂奔することである。その結果、技術的な詳細に触れることなくいえることは、最高のシグナル値 $S$ を持つ二人がまず合弁ペアを形成することから始まり、そして、次に、次に高いシグナル値を持つ二人がペアを形成し、そして、さらに、次に高いシグナル値を持つ二人がペアを形成するというペア形成プロセスが続き、最終的に、 $S \geq S^*$ 値を持つすべての個人が、同等の水準のシグナル値を持つ他の個人とペアを形成し、協働型オプションでのペア形成過程を終えることになる<sup>18</sup>。 $S < S^*$ の個人についても、(独立型オプションでの合弁ペア形成であるが)同様のペア形成のプロセスがさらに続き、すべての個人は、自らと同等のシグナル値を持つ他の個人とペアを形成することで、独立型オプションでのペア形成過程を終えることになる。

このことから、私たちは、高いシグナル値を持つ個人は、彼が誠実な個人であるかどうかに関わらず、価値のある資産を有しているといえる。そして、彼らが、自らの持つシグナル資産を活用する最も自然な方法は、ペア形成のプロセスで示したように、高水準のシグナル値を活用して、自らと同水準の高いシグナル値を持つパートナーを引きつけることである。それは、いうまでもないが、いかなる合弁ペアの期待総利得も、シグナル値 $S$ の増加とともに増大していくからである。

私たちが、最終的にいえることは、社会が十分な人口密度を持つならば、ここで仮定されているように、相互作用のペアを形成するメンバーのシグナル値は実質的に同等となるであろうということである<sup>19</sup>。

### C. 自然淘汰と期待利得関数.

私たちは、これまでの議論を受けて、この小節では、先の公式モデルを使って、ミュータントが、統計的にかなり信頼できるシグナルを随伴して出現するとき、どのようなことが起きるのかをみていくことにする。そこで、まず、社会が初期状態において、 $D$ タイプのみの個人から構成されているとき、 $H$ タイプの個人がミュータントとして登場し小さな橋頭堡を築くならば、どのようなことが起こるのかを考察することから始める。このとき、 $H$ タイプの個人は社会の中で増殖していくのであろうか、あるいは、社会に登場した後すぐに消滅してしまうのであろうか。この疑問に答えるには、私たちは、 $h$ がほぼゼロに近い値をとるとき、 $H$ および $D$ タイプの個人のそれぞれの平均利得 $E(X|H)$ および $E(X|D)$ を導出しそれを比較する必要がある。

そこで、まず、 $h$ がゼロの近傍の値をとるとき、この極限值での $E(X|H)$ を計算することから始める。(1) および (2) 式より明らかなように、 $h$ がゼロに近づくとき、協働型オプションのシグナル閾値 $S^*(h)$ は $U_0$ に近づくことに注意しなさい (図3を参照しなさい)。誠実な個人の人口構成比率 $h$ がゼロに近づくとき、 $H$ タイプの個人の合理的戦略は、もし、彼らが高いシグナル値 $S \geq U_0$ を持つ個人であるならば、自らと同水準のシグナル値 $S \geq U_0$ を持つ他の個人とのみ (協働型オプションで) 相互作用することである。そして、そうでないとき、独立型オプションを

<sup>18</sup> (2) 式が示すように、協働型オプションは $S_j \geq S^*$ の場合にのみ選択される。そうでないとき、すなわち、 $S_j < S^*$ のとき、独立型オプションが選択される。

<sup>19</sup> 人口密度が低いとき、ペアとなった二人のメンバーの $S$ 値は異なるかもしれない。そして、より低い $S$ 値を持ついかなるペアのメンバーも、自らが合弁に参加するには、パートナーに所得移転を約束するかもしれない。そのような所得移転は、ペアが得る平均利得に影響しないことは明らかである。人口密度が高いとする仮定が維持されないならば、したがって、この種の状況の複雑性は増すが、そこにはいかなる問題も生じない。

選択することである。したがって、 $h \rightarrow 0$ について、 $S^* \rightarrow U_D$ のとき、 $H$ タイプの個人の期待利得  $E(X|H)$ は次のように表される<sup>20</sup>。

$$(4) \quad \lim_{h \rightarrow 0} E(X|H) = x_2 \int_{L_H}^{U_D} f_H(S) dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H(S) dS$$

(4) 式の右辺の第一項は、シグナル値  $S < U_D = S^*$ を持つ $H$ タイプの個人は独立型オプションを選択することが最適である事実を反映している。(確かに、彼はシグナル値  $S \geq U_D = S^*$ を持つ $H$ タイプの個人と相互作用したいと思う。しかし、そのような個人は彼と相互作用することに合意しないであろう。) また、右辺の第二項は、シグナル値  $S \geq U_D = S^*$ を持つ $H$ タイプの個人は自らと同水準のシグナルを持つ個人と相互作用することが最適である事実を反映している。すなわち、このとき、協働型オプションが選択される。

他方、このとき、 $D$ タイプの個人にはどのようなことが起きるのであろうか。このことを考察するため、 $h$ がゼロの近傍の値をとるとき、この極限值での  $E(X|D)$ を導出することにする。先にみたように、 $h$ がゼロの近傍の値をとるとき、協働型オプションのシグナル閾値  $S^*(h)$ は  $U_D$ に収斂する。このような状況下で、シグナル値  $S < U_D$ を持つ個人の合理的戦略は、独立型オプションを選択することである。したがって、 $D$ タイプの個人は、他のいかなる個人とも、常に、協働型オプションで相互作用することはない(ここでも、また、彼は  $S \geq U_D = S^*$ を持つ $H$ タイプの個人と相互作用したいと思う。しかし、そのような個人は彼と相互作用することに合意しないであろう。) したがって、 $h \rightarrow 0$ について、 $S^* \rightarrow U_D$ のとき、 $D$ タイプの個人の期待利得  $E(X|D)$ は単純に  $x_2$ となることがわかる<sup>21</sup>。

$$(5) \quad \lim_{h \rightarrow 0} E(X|D) = x_2 \int_{L_D}^{U_D} f_D(S) dS = x_2$$

(4) および (5) 式の比較より、誠実な個人の人口構成比率  $h$ が非常に低いとき、 $E(X|H) > E(X|D)$ となることがわかる。その結果、社会が初期状態において、 $D$ タイプのみの個人から構成されているとき、 $H$ タイプの個人がミュータントとして登場し小さな橋頭堡を築くならば、その後、次第に増殖していくことが予測される。

<sup>20</sup>  $h \rightarrow 0$ について、 $S^* \rightarrow U_D$ のとき、 $H$ タイプの個人の期待利得  $E(X|H)$ は次のように表される。

$$\begin{aligned} \lim_{h \rightarrow 0} E(X|H) &= \lim_{S^* \rightarrow U_D} \left[ x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} (x_3 \Pr\{H|S\} \right. \\ &\quad \left. + x_1(1 - \Pr\{H|S\})) f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \right] \\ &= x_2 \int_{L_H}^{U_D} f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \end{aligned}$$

具体的な利得および分布に関する計算については、脚注25を参照しなさい。

<sup>21</sup>  $h \rightarrow 0$ について、 $S^* \rightarrow U_D$ のとき、 $D$ タイプの個人の期待利得  $E(X|D)$ は次のように表される。

$$\begin{aligned} \lim_{h \rightarrow 0} E(X|D) &= \lim_{S^* \rightarrow U_D} \left[ x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} (x_4 \Pr\{H|S\} \right. \\ &\quad \left. + x_2(1 - \Pr\{H|S\})) f_D dS \right] \\ &= x_2 \int_{L_D}^{U_D} f_D dS = x_2 \end{aligned}$$

具体的な利得および分布に関する計算については、脚注25を参照しなさい。



私たちは、次に、反対の極端から出発したならば、すなわち、 $D$ タイプの個人の人口構成比率  $1-h$  がゼロに近い状況からスタートしたならば ( $h$  が 1 に近いならば) どのようなことが起きるのかをみていくことにする。まず、 $h$  が 1 に近づくとき、協働型オプションのシグナル閾値  $S^*(h)$  は  $L_H$  に近づくことに注意しなさい (図 3 を参照しなさい)。このような状況下で、 $H$ タイプの個人が、シグナル値  $S > L_H$  を持つ個人と相互作用するときの合理的戦略は、協働型オプションを選択することである。したがって、このとき、 $D$ タイプの個人の合理的戦略は、シグナル値  $S \leq L_H = S^*$  を持つ個人は独立型オプションで相互作用し、また、シグナル値  $S > L_H$  を持つ個人は協働型オプション (において不誠実な行動) で相互作用することであるので、 $h \rightarrow 1$  について、 $S^* \rightarrow L_H$  のとき、 $D$ タイプの個人の期待利得  $E(X|D)$  は次のように表される<sup>22</sup>。

$$(6) \quad \lim_{h \rightarrow 1} E(X|D) = x_2 \int_{L_D}^{L_H} f_D(S) dS + x_4 \int_{L_H}^{U_D} f_D(S) dS$$

(6) 式の右辺の第一項は、潜在的パートナーがシグナル値  $S \leq L_H = S^*$  を持つ  $D$ タイプの個人である事実を反映している。すなわち、このとき、彼らは独立型オプションで相互作用することを意味している。また、右辺の第二項は、潜在的パートナーが  $S > L_H = S^*$  のシグナル値を持つ  $H$ タイプの個人である可能性が高い事実を反映している。そして、彼らは協働型オプションを選択することを意味している。もうひとつ指摘しておきたいことは、(6) 式は、 $f_H$  と  $f_D$  の分布の範囲が大幅に重複すると仮定するとき<sup>23</sup>、(あるいは、 $x_2$  ないし  $x_4$  の値が十分に大きいと仮定するとき)、 $E(X|D) > x_3$  ということができることである。

他方、このとき、 $H$ タイプの個人にはどのようなことが起きるのであろうか。そこで、 $h$  が 1 に近い値をとるとき、この極限值での  $H$ タイプの期待利得  $E(X|H)$  を導出することにする。 $h$  が 1 に近づくとき、協働型オプションのシグナル閾値  $S^*(h)$  は  $L_H$  に収束することに注意しなさい (図 3 を参照しなさい)。誠実な個人の人口構成比率  $h$  が 1 に近づくとき、(シグナル値  $S > L_H$  を持つ)  $H$ タイプの個人の合理的戦略は、常に、協働型オプションで相互作用することである。したがって、 $h \rightarrow 1$  について、 $S^* \rightarrow L_H$  のとき、 $H$ タイプの個人の期待利得  $E(X|H)$  は単純に  $x_3$  に近づくことになる<sup>24</sup>。

<sup>22</sup>  $h \rightarrow 1$  について、 $S^* \rightarrow L_H$  のとき、 $D$ タイプの個人の期待利得  $E(X|D)$  は次のように表される。まず、 $h \rightarrow 1$  について、次のことがいえる。

$$\begin{aligned} & \lim_{h \rightarrow 1} x_4 \Pr\{H|S\} + x_2(1 - \Pr\{H|S\}) \\ &= \lim_{h \rightarrow 1} \frac{x_4 h f_H + x_2(1-h)f_D}{h f_H + (1-h)f_D} = \frac{x_4 h f_H}{h f_H} = x_4 \end{aligned}$$

したがって、さらに、次のことがいえる。

$$\begin{aligned} \lim_{h \rightarrow 1} E(X|D) &= \lim_{S^* \rightarrow L_H} \left[ x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + x_4 \int_{S^*}^{U_D} f_D dS \right] \\ &= x_2 \int_{L_D}^{L_H} f_D dS + x_4 \int_{L_H}^{U_D} f_D dS \end{aligned}$$

具体的な利得および分布に関しての計算については、脚注28を参照しなさい。

<sup>23</sup>  $f_H$  と  $f_D$  の分布の範囲が大幅に重複するとき、シグナル値の範囲  $S \in [L_D, L_H]$  はより狭くなる。したがって、次のことがいえる。具体的ケースについては、後に言及する (脚注28を参照しなさい)。

$$\begin{aligned} \lim_{h \rightarrow 1} E(X|D) &= x_2 \int_{L_D \approx L_H}^{L_H} f_D dS + x_4 \int_{L_H}^{U_D} f_D dS \\ &\approx x_4 \int_{L_H}^{U_D} f_D dS > x_3 \end{aligned}$$

$$(7) \quad \lim_{h \rightarrow 1} E(X|H) = \int_{L_H}^{U_H} x_3 f_H(S) dS = x_3$$

(6) および (7) 式の比較より、 $D$ タイプの人口構成比率 $1-h$ が非常に低いとき、 $E(X|D) > E(X|H)$ となることがわかる。その結果、社会が $H$ タイプのみの個人から構成されているとき、 $D$ タイプの個人がミュータントとして登場し小さな橋頭堡を築くならば、その後、次第に増殖していくことが予測される。

二つの極端な状況 $h=0$ 、 $h=1$ のいずれか一方から進化が進むとき、いずれの場合でも、マイノリティ・タイプ ( $H$ 、あるいは、 $D$ タイプ) が次第に増殖し、マジョリティ・タイプ ( $D$ 、あるいは、 $H$ タイプ) を浸食していくことがわかる。それでは、その結果として、最終的に、どのような状況で $H$ タイプの人口構成比率 $h$ は落ち着くことになるのであろうか。私たちは、自然淘汰の結果、 $H$ および $D$ タイプの人口構成比率がどのような水準になると均衡に到達するのかを考察するために、期待利得 $E(X|H)$ と $E(X|D)$ の一般式 (極限值ではない) を導出し、そして、その上で、 $H$ および $D$ タイプのそれぞれの期待利得 $E(X|H)$ および $E(X|D)$ を比較する必要がある。

$E(X|H)$ および $E(X|D)$ の一般式を定式化する最初の段階は、(1) および (2) 式より、 $S^*$ を $h$ の関数として表すことである (シグナル閾値関数を導出することである)。図3で、 $S^*(h)$ を $h$ の関数として表したように、誠実な個人の人口構成比率 $h$ が明らかになれば、シグナル閾値が定まるからである。そして、この協働型オプションのシグナル閾値関数 $S^* = S^*(h)$ を前提としたとき、シグナル値 $L_H < S < U_D$ を持つ個人が、いかなるタイプの個人 ( $H$ あるいは $D$ ) といかなる確率 ( $\Pr\{H|S\}$ あるいは $1 - \Pr\{H|S\}$ ) でペアとなり、いかなる提携オプションを選択し (独立型あるいは協働型)、いかなる利得 ( $x_4$ 、 $x_3$ 、 $x_2$ あるいは $x_1$ ) を獲得するのかを明らかにでき、その結果、 $E(X|H)$ および $E(X|D)$ を定式化することが可能となるからである。

$E(X|H)$ および $E(X|D)$ の一般式を定式化する最初の段階は、シグナル閾値関数を導出することである。私たちは、特定の利得の下でのシグナル閾値関数を、(3) 式に示したように、すでに導出している。そして、図4に示したように、このシグナル閾値関数 $S^* = S^*(h)$ により、それぞれの $h$ について、シグナル値 $S$ を持つ各個人を二つのグループ $S \geq S^*$ および $S < S^*$ に識別することができる。そして、各個人は、それぞれのグループ内の他の個人と (より正確に言えば、自らと同水準のシグナル値を持つ他の個人と) 相互作用することになる。そのとき、シグナル値 $S < S^*$ を持つ個人は、常に、独立型オプションで相互作用する。他方、シグナル値 $S \geq S^*$ を持つ個人は、彼らが $H$ タイプであれば協働型オプションにおいて誠実な行動で、そして、 $D$ タイプであれ

<sup>24</sup>  $h \rightarrow 1$ について、 $S^* \rightarrow L_H$ のとき、 $H$ タイプの個人の期待利得 $E(X|H)$ は次のように表される。まず、 $h \rightarrow 1$ について、次のことがいえる。

$$\begin{aligned} & \lim_{h \rightarrow 1} x_3 \Pr\{H|S\} + x_1(1 - \Pr\{H|S\}) \\ &= \lim_{h \rightarrow 1} \frac{x_3 h f_H + x_1(1-h) f_D}{h f_H + (1-h) f_D} = \frac{x_4 h f_H}{h f_H} = x_3 \end{aligned}$$

したがって、さらに、次のことがいえる。

$$\begin{aligned} \lim_{h \rightarrow 1} E(X|H) &= \lim_{S^* \rightarrow L_H} \left[ x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_D dS + x_3 \int_{S^*}^{U_H} f_D dS \right] \\ &= x_3 \int_{L_H}^{U_H} f_H dS = x_3 \end{aligned}$$

具体的な利得および分布に関しての計算については、脚注28を参照しなさい。

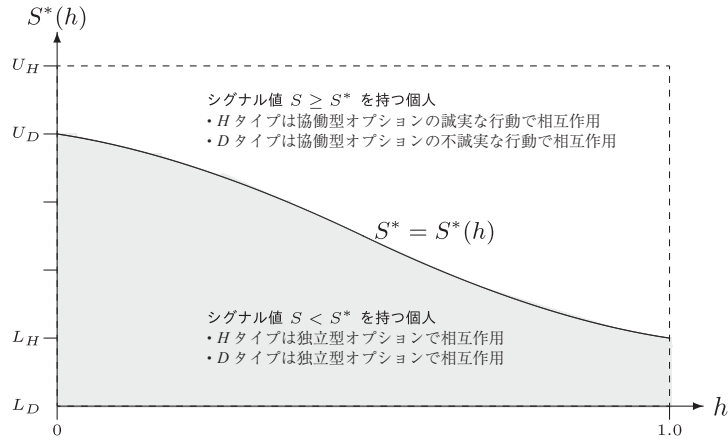


図4. シグナル閾値関数と提携オプション

ば協働型オプションにおいて不誠実な行動で相互作用することになる。これらの相互作用から得られる利得は、表6のように表される。したがって、ここに、 $E(X|H)$ および $E(X|H)$ の一般式を次のように導出することができる。

			プレーヤー2			
			Dタイプ		Hタイプ	
			$S < S^*$	$S \geq S^*$	$S < S^*$	$S \geq S^*$
プレーヤー1	Dタイプ	$S < S^*$	D: $x_2$ D: $x_2$	— —	D: $x_2$ H: $x_2$	— —
		$S \geq S^*$	— —	D: $x_2$ D: $x_2$	— —	D: $x_4$ H: $x_1$
	Hタイプ	$S < S^*$	H: $x_2$ D: $x_2$	— —	H: $x_2$ H: $x_2$	— —
		$S \geq S^*$	— —	H: $x_1$ D: $x_4$	— —	H: $x_3$ H: $x_3$

同シグナル水準の個人しか相互作用しない  
これを満たさない相互作用は空欄としている

表6. 相互作用から得られる利得

$E(X|H)$ の一般式の導出.

(0) シグナル閾値 $S^*$ の導出

それぞれの $h$ について、(3)式より、シグナル閾値 $S^*$ を導出する。

(1)  $L_H \leq S < S^*$  ( $< U_D$ )のシグナル値を持つHタイプの個人の利得

シグナル値 $L_H \leq S < S^*$ を持つHタイプの個人は、自らと同水準のシグナル値 ( $L_H \leq S < S^*$ )を持つ(HおよびDタイプの)パートナーとペアとなり、独立型オプションで相互作用することになる。このとき、すべての個人は利得 $x_2$ を獲得する。したがって、このシグナル値の区間 $S \in [L_H, S^*)$ での利得の加重平均は次のように表される。

$$x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H(S) dS$$

(2)  $S^* \leq S < U_D$ のシグナル値を持つHタイプの個人の利得

シグナル値  $S^* \leq S < U_D$ を持つHタイプの個人は、自らと同水準のシグナル値 ( $S^* \leq S < U_D$ )を持つ (HおよびDタイプの) パートナーとペアとなり協働型オプションで相互作用する。このとき、

- (a) パートナーがHタイプである条件付き確率は  $\Pr\{H|S\}$  であり、彼らも (パートナーも) 協働型オプションで相互作用する。したがって、彼が (Hタイプの個人が) 獲得する利得は  $x_3$  である。あるいは、
- (b) パートナーがDタイプである条件付き確率は  $1 - \Pr\{H|S\}$  である。彼らは (パートナーは) 協働型オプション (において不誠実な行動) で相互作用する。したがって、彼が (Hタイプの個人が) 獲得する利得は  $x_1$  である。

かくして、このシグナル値の区間  $S \in [S^*, U_D)$ での利得の加重平均は次のように表される。

$$\int_{S^*}^{U_D} [x_3 \Pr\{H|S\} + x_1(1 - \Pr\{H|S\})] f_H(S) dS$$

(3)  $U_D \leq S$ のシグナル値を持つHタイプの個人の利得

シグナル値  $S \geq U_D$ を持つHタイプの個人は、自らと同水準のシグナル値 ( $S \geq U_D$ )を持つHタイプのパートナーとペアとなり協働型オプションで相互作用する。このとき、すべての個人は利得  $x_3$ を獲得する。したがって、このシグナル値の区間  $S \in [U_D, U_H]$ での利得の加重平均は次のように表される。

$$x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H(S) dS$$

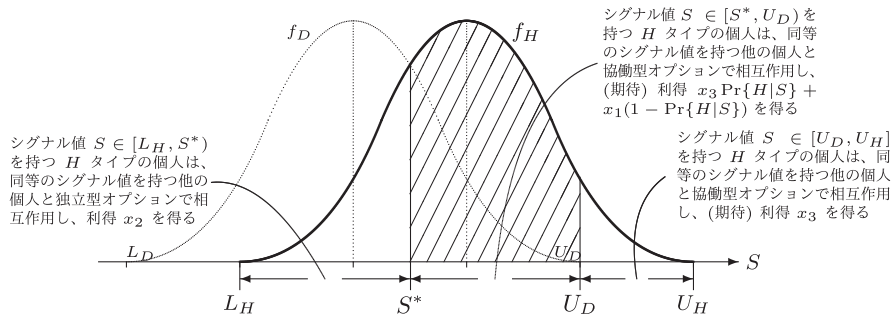


図5. シグナル値  $S \leq S^*$ を持つHタイプの確率分布

$E(X|H)$ の一般式は、したがって、任意のある  $h$ について導出されたシグナル閾値  $S^*$ の下で、Hタイプの個人が、(1)  $S < S^*$ について、独立型オプションを選択することから得られる (期待) 利得  $x_2$ 、(2)  $S^* \leq S < U_D$ について、協働型オプションを選択することから得られる (期待) 利得  $x_3 \Pr\{H|S\} + x_1(1 - \Pr\{H|S\})$ 、および、(3)  $U_D \leq S \leq U_H$ について、協働型オプションを選択することから得られる (期待) 利得  $x_3$ を加重平均したものとして表せる。

$$(8) \quad \left\{ \begin{array}{l} E(X|H) = x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H(S) dS \\ \quad \quad \quad + \int_{S^*}^{U_D} [x_3 \Pr\{H|S\} + x_1(1 - \Pr\{H|S\})] f_H(S) dS \\ \quad \quad \quad + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H(S) dS \\ h = \frac{f_D(S)}{f_H(S) + f_D(S)} \end{array} \right.$$

$E(X|D)$ の一般式の導出.

(0) シグナル閾値 $S^*$ の導出

それぞれの $h$ について、(3)式より、シグナル閾値 $S^*$ を導出する。

(1)  $L_D \leq S < S^*$ のシグナル値を持つ $D$ タイプの個人の利得

シグナル値 $L_D \leq S < S^*$ を持つ $D$ タイプの個人は、自らと同水準のシグナル値 ( $L_D \leq S < S^*$ ) を持つ ( $H$ および $D$ タイプの) パートナーとペアとなり、独立型オプションで相互作用することになる。このとき、すべての個人は利得 $x_2$ を獲得する。したがって、このシグナル値の区間 $S \in [L_D, S^*)$ での利得の加重平均は次のように表される。

$$x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_H(S) dS$$

(2)  $S^* \leq S < U_D$ のシグナル値を持つ $D$ タイプの個人の利得

シグナル値 $S^* \leq S < U_D$ を持つ $D$ タイプの個人は、自らと同水準のシグナル値 ( $S^* \leq S < U_D$ ) を持つ ( $H$ および $D$ タイプの) パートナーとペアとなり、協働型オプション (において不誠実な行動) で相互作用する。このとき、

(a) パートナーが $H$ タイプである条件付き確率は  $\Pr\{H|S\}$  であり、しかも、彼らは協働型オプションで相互作用する。したがって、彼の獲得する利得は $x_4$ である。あるいは、

(b) パートナーが $D$ タイプである条件付き確率は  $1 - \Pr\{H|S\}$  であり、しかも、彼らは協働型オプション (において不誠実な行動) で相互作用する。したがって、彼の獲得する利得は $x_2$ である。

かくして、このシグナル値の区間 $S \in [S^*, U_D)$ での利得の加重平均は次のように表される。

$$\int_{S^*}^{U_D} [x_4 \Pr\{H|S\} + x_2(1 - \Pr\{H|S\})] f_D(S) dS$$

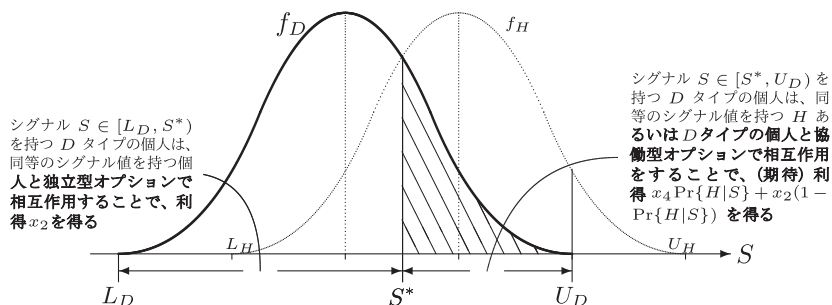


図6. シグナル値 $S \leq S^*$ を持つ $D$ タイプの確率分布

$E(X|D)$ の一般式は、したがって、 $D$ タイプの個人が、(1)  $S < S^*$ について、独立型オプションを選択することから得られる (期待) 利得 $x_2$ 、および、(2)  $S \geq S^*$ について、協働型オプションを選択することから得られる (期待) 利得 $x_4 \Pr\{H|S\} + x_2(1 - \Pr\{H|S\})$ を加重平均したものと

て表せる。

$$(9) \quad \begin{cases} E(X|D) = x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D(S) dS + \int_{S^*}^{U_D} [x_4 \Pr\{H|S\} + x_2(1 - \Pr\{H|S\})] f_D(S) dS \\ h = \frac{f_D(S)}{f_H(S) + f_D(S)} \end{cases}$$

私たちは、具体的に、利得および確率分布を特定化することで、先に導出した期待利得の一般式より、それぞれの $h$ について、特定のシグナル閾値 $S^*$ の下で、期待利得 $E(X|D)$ および $E(X|H)$ を導出することができる。これまでみてきたように、まず、利得を $x_4 - x_3 = x_3 - x_2 = x_2 - x_1 = x_1 - 0$ と特定化する。確率分布 $f_D$ および $f_H$ は、また、図1のように特定化する。そして、(表4より)、幾つかの $h$ について、特定のシグナル閾値 $S^*$ に関して、期待利得を計算することにする。

(i)  $h \rightarrow 0$ について、 $S^* \rightarrow U_D = 4.0$ のとき<sup>25</sup>

$$\begin{aligned} \lim_{h \rightarrow 0} E(X|H) &= x_2 \int_{L_H}^{U_D} f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\ &= 2.14238361399455x_1 \\ \lim_{h \rightarrow 0} E(X|D) &= x_2 \int_{L_D}^{U_D} f_D dS = x_2 = 2x_1 \end{aligned}$$

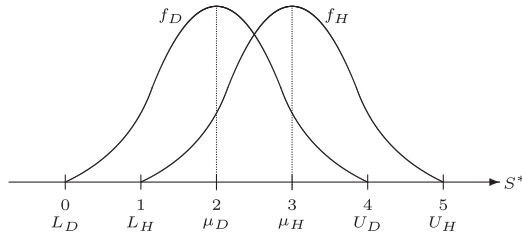
(ii)  $h = 0.352728087964203$ について、 $S^* = 3.0$ のとき<sup>26</sup>

$$\begin{aligned} E(X|H) &= x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H x_3 + (1-h)f_D x_1}{hf_H + (1-h)f_D} \right] f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\ &\approx x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \left[ \frac{hf_H(3.5)x_3 + (1-h)f_D(3.5)x_1}{hf_H(3.5) + (1-h)f_D(3.5)} \right] \int_{S^*}^{U_D} f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\ &= 2.27299169756001x_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E(X|D) &= x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H x_4 + (1-h)f_D x_2}{hf_H + (1-h)f_D} \right] f_D dS \\ &\approx x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \left[ \frac{hf_H(3.5)x_4 + (1-h)f_D(3.5)x_2}{hf_H(3.5) + (1-h)f_D(3.5)} \right] \int_{S^*}^{U_D} f_D dS \\ &= 2.19438472938715x_1 \end{aligned}$$

<sup>25</sup>  $h \rightarrow 0$ について、 $S^* \rightarrow U_D = 4.0$ のとき、特定化した利得 ( $x_4 - x_3 = x_3 - x_2 = x_2 - x_1 = x_1 - 0$ ) および確率分布 (表2を参照しなさい) に関して、期待利得を計算してみる。

$$\begin{aligned} \lim_{h \rightarrow 0} E(X|H) &= \lim_{S^* \rightarrow U_D} \left[ x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} (x_3 \Pr\{S|H\} + x_1(1 - \Pr\{S|H\})) f_S(S) dS \right. \\ &\quad \left. + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \right] \\ &= x_2 \int_{L_H}^{U_D} f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\ &= 0.857616386005451x_2 + 0.142383613994549x_3 \\ &= 0.857616386005451 \times 2x_1 + 0.142383613994549 \times 3x_1 \\ &= 1.7152327720109x_1 + 0.427150841983647x_1 \\ &= 2.14238361399455x_1 \\ \lim_{h \rightarrow 0} E(X|D) &= \lim_{S^* \rightarrow U_D} \left[ x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} (x_4 \Pr\{S|H\} + x_2(1 - \Pr\{S|H\})) f_D dS \right] \\ &= x_2 \int_{L_D}^{U_D} f_D dS = x_2 = 2x_1 \end{aligned}$$



確率変数 $S^*$	確率密度 $f_D$	確率密度 $f_H$	累積密度 $F_D$	累積密度 $F_H$
$L_D = 0.00$	0	0	0	0
0.25	0.033825417747228	0	0.01813413274088	0
0.50	0.079126925127302	0	0.046157235726983	0
0.75	0.134791151856183	0	0.086851403497585	0
$L_H = 1.00$	0.196940607624789	0	0.142383613994549	0
1.25	0.25892774643447	0.033825417747228	0.213595889780899	0.01813413274088
1.50	0.312283334375639	0.079126925127302	0.299410671337031	0.046157235726983
1.75	0.34853561264216	0.134791151856183	0.396588420143678	0.086851403497585
$\mu_D = 2.00$	0.361394876122613	0.196940607624789	0.50	0.142383613994549
2.25	0.34853561264216	0.25892774643447	0.603411579856333	0.213595889780899
2.50	0.312283334375639	0.312283334375639	0.700589328662969	0.299410671337031
2.75	0.25892774643447	0.34853561264216	0.786404110219101	0.396588420143678
$\mu_H = 3.00$	0.196940607624789	0.361394876122613	0.857616386005451	0.5
3.25	0.134791151856183	0.34853561264216	0.913148596502421	0.603411579856333
3.50	0.079126925127302	0.312283334375639	0.953842764273016	0.700589328662969
3.75	0.033825417747228	0.25892774643447	0.981865867259118	0.786404110219101
$U_D = 4.00$	0	0.196940607624789	1	0.857616386005451
4.25	0	0.134791151856183	1	0.913148596502421
4.50	0	0.079126925127302	1	0.953842764273016
4.75	0	0.033825417747228	1	0.981865867259118
$U_H = 5.00$	0	0	1	1

表 7. 基本分布表 II

(iii)  $h=0.5$ について、 $S^*=2.5$ のとき<sup>27</sup>

$$\begin{aligned} E(X|H) &= x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H x_3 + (1-h)f_D x_1}{hf_H + (1-h)f_D} \right] f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\ &\approx x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{f_H(3.25)x_3 + f_D(3.25)x_1}{f_H(3.25) + f_D(3.25)} \right] f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\ &= 2.38924223688354x_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E(X|D) &= x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H x_4 + (1-h)f_D x_2}{hf_H + (1-h)f_D} \right] f_D dS \\ &\approx x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{f_H(3.25)x_4 + f_D(3.25)x_2}{f_H(3.25) + f_D(3.25)} \right] f_D dS \\ &= 2.43182082777628x_1 \end{aligned}$$

(iv)  $h \rightarrow 1$ について、 $S^* \rightarrow L_H = 1.0$ のとき<sup>28</sup>

$$\begin{aligned} \lim_{h \rightarrow 1} E(X|H) &= \lim_{h \rightarrow 1} \left[ x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} (x_3 \Pr\{S|H\} + x_1(1 - \Pr\{H|S\})) f_H dS \right. \\ &\quad \left. + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \right] \\ &= x_3 \int_{L_H}^{U_D} f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS = x_3 = 3x_1 \end{aligned}$$

<sup>26</sup> 特定化した利得および確率分布について、期待利得を計算してみる。ただし、ここでは、積分値を近似計算している。

$$\begin{aligned} E(X|H) &= x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ x_3 \Pr\{S|H\} + x_1(1 - \Pr\{S|H\}) \right] f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\ &= x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H x_3 + (1-h)f_D x_1}{hf_H + (1-h)f_D} \right] f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\ &\approx x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \left[ \frac{hf_H(3.5)x_3 + (1-h)f_D(3.5)x_1}{hf_H(3.5) + (1-h)f_D(3.5)} \right] \int_{S^*}^{U_D} f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\ &= 0.5 \times 2x_1 + (0.8576163860054515 - 0.5) \\ &\quad \times \left[ \frac{h \times 0.312283334375639 \times 3x_1 + (1-h) \times 0.079126925127302 \times x_1}{h \times 0.312283334375639 + (1-h) \times 0.079126925127302} \right] \\ &\quad + 0.142383613994549 \times 3x_1 \\ &= 2.27299169756001x_1 \\ E(X|D) &= x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ x_4 \Pr\{S|H\} + x_2(1 - \Pr\{S|H\}) \right] f_D dS \\ &= x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H x_4 + (1-h)f_D x_2}{hf_H + (1-h)f_D} \right] f_D dS \\ &\approx x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_D dS + \left[ \frac{hf_H(3.5)x_4 + (1-h)f_D(3.5)x_2}{hf_H(3.5) + (1-h)f_D(3.5)} \right] \int_{S^*}^{U_D} f_D dS \\ &= 0.857616386005451 \times 2x_1 + 0.142383613994549 \\ &\quad \times \left[ \frac{h \times 0.312283334375639 \times 4x_1 + (1-h) \times 0.079126925127302 \times 2x_1}{h \times 0.312283334375639 + (1-h) \times 0.079126925127302} \right] \\ &= 2.19438472938715x_1 \end{aligned}$$



<sup>27</sup> 特定化した利得および確率分布について、期待利得を計算してみる。ただし、ここでは、積分値を近似計算している。

$$\begin{aligned}
E(X|H) &= x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ x_3 \Pr\{S|H\} + x_1(1 - \Pr\{S|H\}) \right] f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\
&= x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H x_3 + (1-h)f_D x_1}{hf_H + (1-h)f_D} \right] f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\
&= x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{f_H x_3 + f_D x_1}{f_H + f_D} \right] f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\
&\approx x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \left[ \frac{f_H(3.25)x_3 + f_D(3.25)x_1}{f_H(3.25) + f_D(3.25)} \right] \int_{S^*}^{U_D} f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\
&= 0.299410671337031 \times 2x_1 \\
&\quad + (0.857616386005451 - 0.29941067133703) \\
&\quad \times \left[ \frac{0.34853561264216 \times 3x_1 + 0.134791151856183 \times x_1}{0.34853561264216 + 0.134791151856183} \right] \\
&= 2.38924223688354x_1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E(X|D) &= x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ x_4 \Pr\{S|H\} + x_2(1 - \Pr\{S|H\}) \right] f_D dS \\
&= x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H x_4 + (1-h)f_D x_2}{hf_H + (1-h)f_D} \right] f_D dS \\
&\approx x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \left[ \frac{f_H(3.25)x_4 + f_D(3.25)x_2}{f_H(3.25) + f_D(3.25)} \right] \int_{S^*}^{U_D} f_D dS \\
&= 0.700589328662969 \times 2x_1 + 0.299410671337031 \\
&\quad \times \left[ \frac{0.34853561264216 \times 4x_1 + 0.134791151856183 \times 2x_1}{0.34853561264216 + 0.134791151856183} \right] \\
&= 2.43182082777628x_1
\end{aligned}$$

<sup>28</sup> 特定化した利得および確率分布について、期待利得を計算してみる。

$$\begin{aligned}
\lim_{h \rightarrow 1} E(X|H) &= \lim_{h \rightarrow 1} \left[ x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} \left( x_3 \Pr\{SH\} + x_1(1 - \Pr\{SH\}) \right) f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \right] \\
&= \lim_{h \rightarrow 1} \left[ x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} \left( \frac{hf_H x_3 + (1-h)f_D x_1}{hf_H + (1-h)f_D} \right) f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \right] \\
&= \lim_{S^* \rightarrow L_H} \left[ x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + x_3 \int_{S^*}^{U_D} f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \right] \\
&= x_3 \int_{L_H}^{U_D} f_H dS + x_3 \int_{U_D}^{U_H} f_H dS = x_3 = 3x_1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\lim_{h \rightarrow 1} E(X|D) &= \lim_{h \rightarrow 1} \left[ x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} \left( x_4 \Pr\{SH\} + x_2(1 - \Pr\{SH\}) \right) f_D dS \right] \\
&= \lim_{h \rightarrow 1} \left[ x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} \left( \frac{hf_H x_4 + (1-h)f_D x_2}{hf_H + (1-h)f_D} \right) f_D dS \right] \\
&= \lim_{S^* \rightarrow L_H} \left[ x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + x_4 \int_{S^*}^{U_D} f_D dS \right] \\
&= x_2 \int_{L_D}^{L_H} f_D dS + x_4 \int_{L_H}^{U_D} f_D dS \\
&= 0.142383613994549 \times x_2 + 0.857616386005451 \times x_4 \\
&= 0.142383613994549 \times 2x_1 + 0.857616386005451 \times 4x_1 \\
&= 3.7152327720109x_1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\lim_{h \rightarrow 1} E(X|D) &= \lim_{h \rightarrow 1} \left[ x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} (x_4 \Pr\{H|S\}) + x_2(1 - \Pr\{H|S\}) f_D dS \right] \\
&= x_2 \int_{L_D}^{L_H} f_D dS + x_4 \int_{L_H}^{U_D} f_D dS \\
&= 3.7152327720109x_1
\end{aligned}$$

図1のような具体的な密度関数、および、表1のような特定の利得について、 $H$ および $D$ タイプの期待利得 $E(X|H)$ および $E(X|D)$ は、 $h \rightarrow 0$ のとき、(4) および (5) 式より、 $E(X|H) > E(X|D)$ であり、また、 $h \rightarrow 1$ のとき、(6) および (7) 式より、 $E(X|H) < E(X|D)$ である。しかも、 $\partial E(X|H)/\partial \Pr\{H|S\} > 0$ 、 $\partial E(X|H)/\partial \Pr\{H|S\} > 0$ であり、さらに、 $\partial \Pr\{H|S\}/\partial h = f_D f_H / [h f_H + (1-h) f_H]^2 > 0$ であるので（脚注12を参照しなさい）、 $E(X|H)$ および $E(X|D)$ は、一般的に、 $h$ の単調増加関数である。しかも、 $E(X|D)$ の増加率は、 $E(X|H)$ の増加率よりも相対的に大きいので（ $x_4 \Pr\{SH\} + x_2(1 - \Pr\{SH\}) > x_3 \Pr\{SH\} + x_1(1 - \Pr\{SH\})$ であるので）、二つの期待利得関数 $E(X|H)$ および $E(X|D)$ は、図7に示したように、 $h$ の中位の値で、ただ一度だけ交差する。そして、 $h$ の均衡は、 $E(X|H)$ と $E(X|D)$ のこの交点で表されることになる。

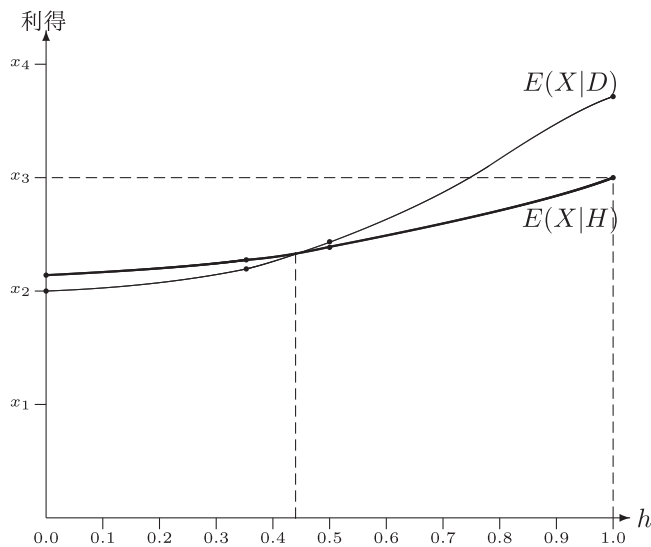


図7.  $H$ タイプおよび $D$ タイプの期待利得

このとき、私たちは、 $E(X|H)$ と $E(X|D)$ が交差する点 $E$ (図8を参照しなさい)が安定均衡の条件を満たしていることを確認しておく必要がある。私たちは、ここで、 $E(X|H) > E(X|D)$ のとき、 $h$ は増加し、 $E(X|D) > E(X|H)$ のとき、 $h$ は減少するというルールを適用することで、交点 $E$ が安定均衡であることを確かめる。交点 $E$ が安定均衡であるためには、図8に示したように、 $E(X|H)$ は  $E(X|D)$ の左上から(⇒のように)右下へ交差しなければならない。これは、交差前は、 $E(X|H) > E(X|D)$ であるため $h$ は増加するが、交差後は、 $E(X|H) < E(X|D)$ となるため $h$ は減少することを意味する。(他方、 $E(X|D)$ は  $E(X|H)$ の右上から(←のように)左下へ交差しなければならない。これは、交差前は、 $E(X|H) < E(X|D)$ であるため $1-h$ は増加するが、交差後は、 $E(X|H) > E(X|D)$ となるため $1-h$ は減少することを意味する。) 図8に示した交点 $E$ は、これら

の条件を満たしているので、 $h$ の安定均衡に対応しているといえる。

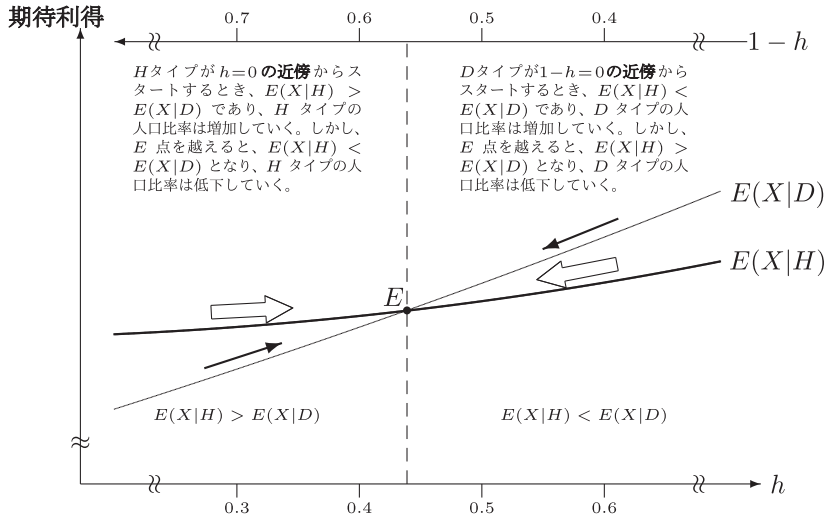


図 8.  $H$ タイプの人口構成比率 $h$ の安定均衡の条件

### ケース 3：観察費用を支出して不完全情報が得られる場合.

他の個人のシグナルを観察するのに資源を支出しなければならないという仮定を追加するならば、モデルはより完備モデルとなり、しかも、均衡の存在を保証することになる。そこで、私たちは、シグナル値 $S$ を観察するのに費用 $C$ がかかると仮定し、次いで、このとき、新たな均衡がどのように変わるのかをみていくことにする。シグナルの観察に費用がかかるという新たな仮定に関連して幾つかの制約が置かれるため、いくらか複雑になるが、先と同様に、誠実な個人の人口構成比率 $h$ が極端な場合 ( $h$ がゼロあるいは1に近い場合)、および、中間の場合 (均衡に近い場合) に分け、いかなる個人が観察費用を支出し、いかなる提携オプションを選択し、いかなるタイプのパートナーと相互作用し、そして、いかなる利得を獲得し、最終的に、いかなる人口構成比率で均衡に到達するのかをみていくことにする。

#### A. 極限母集団における $S \geq U_D$ の個人のシグナル観察行動.

私たちは、まず、誠実な個人の人口構成比率 $h$ がゼロあるいは1に近い極限母集団に限定して、 $H$ および $D$ タイプの個人がいかなる場合に観察行動を選択し、いかなる期待利得を得るのかを議論する。ただ、それに先立ち、最高のシグナル値  $S \geq U_D$  を持つ個人の重要な資質、および、彼らの行動に関する重要な制約をみていくことにする。

ここで、 $S \geq U_D$  の個人について議論するのは、彼らが他の個人とは異なる特別な資質を持つ存在であるからである。そのひとつは、シグナル値  $U_D \leq S \leq U_H$  を持つ個人は、(各人のシグナル値は異なるが)、ひとたび、彼らのシグナル値  $S \geq U_D$  が観察されるならば、間違いなく、 $H$ タイプであることが確信される (完全情報となる) 存在であることである。彼らは、 $D$ タイプには模倣できない特別な資質を有しているといえる (逆の意味で、 $S \leq L_H$  の個人も、同様に、特別な (負の) 資質を有している)。もうひとつは、 $S \geq U_D$  の各個人は、一様に、同一の観察行動および提携オプションを選択することである。例えば、 $S = U_D$  の個人であろうと、また、 $S = U_H$  の個人で

あろうと、彼らは、同一の観察行動および提携オプションを選択し、同等の利得を獲得することである。しかも、いかなる場合も、 $S < U_D$ のHタイプの個人と同等、あるいは、それ以上の利得を得るという意味で、特別な資産を有しているといえる。

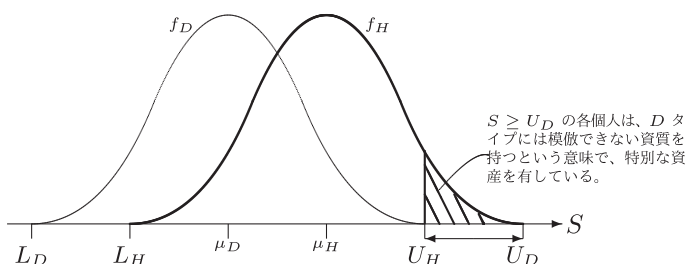


図9.  $S \geq U_D$ のHタイプの確率分布

特別な資産を有する  $S \geq U_D$  の個人に関連して、ここで、次のような状況避けるため、ある重要な仮定をおくことにする。 $h$ が極端に低い状況にあるとき、(なんらかの理由で)、仮に、最高のシグナル値  $S \geq U_D$  を持つHタイプの個人でさえ、観察感度をあげることはないとする。このとき、また、他のいかなるHタイプの個人も同様に観察感度をあげることはない。そして、このとき、彼らが、閾値戦略(すなわち、独立型オプション)を選択するならば、利得  $x_2$  を得ることになる。したがって、最高のシグナル値  $S \geq U_D$  を持つHタイプの個人が、観察費用  $C$  を支出し協働型オプションで相互作用することを保証するには、とにもかくにも、次の条件が満たされる必要がある。

$$(10) \quad x_3 - x_2 > C$$

この条件が満たされなければ、最高のシグナル値を持つ個人でさえ、観察費用を支出する価値がないからである。したがって、私たちは、常に、 $x_3 - C > x_2$  が満たされると仮定する。

しかしながら、最高のシグナル値  $S \geq U_D$  を持つ個人も、常に、観察費用を支出するわけではない。先の状況とは、逆に、誠実な個人の人口構成比率  $h$  が極めて高い場合、誰も観察感度をあげようとはしない。それは、社会のほとんどすべてが誠実な個人から構成されているからである。シグナル値を観察することなく、ランダムに相互作用しても、ほぼ、確実に、Hタイプの個人とペアを形成することができるからである。したがって、 $h$  が1の近傍の値をとるとき、低いシグナル値しか持たないHタイプの個人が成功裏に協働ペアを組む可能性は、最高のシグナル値を持つHタイプの個人のそれと同等となり、そして、そのときの期待利得は次のように表されることになる。

$$(11) \quad \lim_{h \rightarrow 1} hx_3 + (1-h)x_1 > x_3 - C$$

すなわち、これは、 $h$  が1の近傍の値をとるとき、観察費用  $C$  を節約し、ランダムに相互作用しても、ほぼ確実に、利得  $x_3$  を獲得できることを意味する。

私たちは、 $S \geq U_D$  の個人の持つこれらの重要な資質、および、彼らの行動に課された幾つかの仮定を前提に、次に、極限母集団におけるDおよびHタイプの個人の戦略行動、および、その行

動結果について考察することにする。

## B. 極限母集団における $D$ および $H$ タイプの戦略行動および期待利得.

私たちは、シグナルを観察するのに費用がかかるときの新たな均衡を考察する。そこで、ケース 2 と同様に、誠実な個人の人口構成比率  $h$  が極端な場合 ( $h$  がゼロあるいは 1 に近い場合)、および、中間の場合 (均衡に近い場合) に分け、考察していくことにする。この小節で、まず、 $h$  がゼロあるいは 1 に近い極限母集団のケースを考える。

(i)  $h$  がゼロに近い母集団のケース.

$h$  がゼロに近い極限母集団のケースを考える。このとき、もし、私たちが、 $H$  タイプの誰も観察感度をあげることなく、協働型オプションで相互作用すると仮定するならば、彼らは利得  $\lim_{h \rightarrow 0} hx_3 + (1-h)x_1 = x_1 < x_2$  を獲得することになる。すなわち、( $h$  がゼロの近傍に位置するとき、 $H$  タイプの個人が) 観察感度をあげることなく、ランダムに相互作用するとき、独立型オプションが協働型オプションを支配することがわかる ( $h$  がゼロの近傍に位置するとき、閾値戦略が支配的となる)。しかしながら、先にみたように、シグナル値  $S \geq U_D$  を持つ個人は、 $h$  が極端に低いときでも、観察感度をあげることで、(自らと同水準のシグナル値を持つ) 他の個人と協働型オプションで相互作用することで、利得  $x_3 - C > x_2$  を獲得することができる。

このことから、私たちは、 $E(X|H)$  を導出するには、シグナル値  $S < U_D$  の個人および  $S \geq U_D$  の個人を識別した上で、期待利得を計算しなければならない。しかしながら、( $h$  がゼロの近傍に位置するとき) これは比較的簡単である。 $h$  がゼロの近傍の値をとるとき、(シグナル閾値は  $S^* \rightarrow U_D$  となるので) シグナル値  $S < U_D$  を持つ  $H$  および  $D$  タイプのいずれの個人もランダムに独立型オプションで相互作用するので、一様に、利得  $x_2$  を得ることになる。また、シグナル値  $S \geq U_D$  の個人は協働型オプションで相互作用するので、一様に、利得  $x_3 - C$  を得ることになる。

他方、 $E(X|D)$  を導出するのは簡単である。先の議論から明らかなように、( $h$  がゼロの近傍に位置するとき、シグナル値  $S < U_D$  を持つ  $H$  および  $D$  タイプのいずれの個人も、観察感度をあげることなく、ランダムに独立型オプションで相互作用するので)、 $D$  タイプの個人は、常に、利得  $x_2$  を得ることになる。

したがって、先の二つの議論から、 $h$  がゼロの近傍の値をとるとき、 $H$  および  $D$  タイプの期待利得  $E(X|H)$  および  $E(X|D)$  はそれぞれ次のように表される<sup>29</sup>。

<sup>29</sup>  $h$  がゼロの近傍の値をとるとき、ケース 2 と同様に、シグナル閾値は  $S^* \rightarrow U_D$  となるので、 $E(X|H)$  および  $E(X|D)$  はそれぞれ次のように表される。

$$\begin{aligned} \lim_{h \rightarrow 0} E(X|H) &= \lim_{S^* \rightarrow U_D} \left[ x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} (x_3 \Pr\{H|S\} \right. \\ &\quad \left. + x_1(1 - \Pr\{H|S\})) f_H dS + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \right] \\ &= x_2 \int_{L_H}^{U_D} f_H dS + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\ \lim_{h \rightarrow 0} E(X|D) &= \lim_{S^* \rightarrow U_D} \left[ x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} (x_4 \Pr\{H|S\} + x_2(1 - \Pr\{H|S\})) f_D dS \right] \\ &= x_2 \int_{L_D}^{U_D} f_D dS \end{aligned}$$

$$\lim_{h \rightarrow 0} E(X|H) = x_2 \int_{L_H}^{U_D} f_H(S) dS + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H(S) dS$$

$$\lim_{h \rightarrow 0} E(X|D) = x_2 \int_{L_D}^{U_D} f_D(S) dS$$

これより、 $h$ がゼロの近傍に位置するとき、 $E(X|H) > E(X|D)$ であることがわかる。したがって、 $h$ がゼロの近傍からスタートした場合、 $E(X|H) > E(X|D)$ のとき  $h$ が高くなるというルールを適用すると、誠実な個人が不誠実な個人を次第に浸食していくといえる。

(ii)  $h$ が1に近い母集団のケース。

次に、 $h$ が1に近い極限母集団のケースを考える。先に示したように、 $H$ タイプの個人が、一様に、「観察感をあげないならば」、彼らにできることは、それぞれの  $h$ について、いずれの提携オプション（独立型オプションあるいは協働型オプション）を選択するのかを決定することだけである。したがって、低いシグナル値しか持たない  $H$ タイプの個人が成功裏にペアを組む可能性は、最高のシグナル値を持つ  $H$ タイプの個人のそれと同等となり、 $H$ タイプのいかなる個人の期待利得も次のように表される。

$$E(X, 0|H) = \max\{x_2, hx_3 + (1-h)x_1\}$$

ただし、ゼロは  $C=0$ を意味する。ここでは、 $h$ は1の近傍に位置するとしているので、 $\lim_{h \rightarrow 1} E(X, 0|H) = \lim_{h \rightarrow 1} hx_3 + (1-h)x_1 > x_2$ である。これは、さらに、最高のシグナル値を持つ個人が観察費用を支出し、同水準のシグナル値を持つ個人と協働型オプションで相互作用するときに獲得する利得を凌駕することになる。

$$\lim_{h \rightarrow 1} E(X, 0|H) = \lim_{h \rightarrow 1} hx_3 + (1-h)x_1 = x_3 > x_3 - C$$

$h$ が、1の近傍からスタートし、(このとき、後にみるように、 $E(X|D) > E(X|H)$ であるので)、 $hx_3 + (1-h)x_1 = x_3 - C$ が満たされる水準にまで低下すると、観察費用を支出することとそうしないことが無差別となる。この条件を満たす誠実な個人の人口構成比率を  $\hat{h}$ とすると、 $h$ が1の近傍の値をとるとき ( $h \geq \hat{h}$ であるので)、最高のシグナル値  $S \geq U_D$ を持つ  $H$ タイプの個人でさえ、観察費用を負担する価値がなくなる（シグナル閾値は  $S^* = U_H$ となる）。このとき、低いシグナル値しか持たない  $H$ タイプの個人が成功裏にペアを組む可能性は、最高のシグナル値を持つ  $H$ タイプの個人のそれと同等となり、彼らの期待利得は次のように表される。

$$\lim_{h \rightarrow 1} E(X|H) = \lim_{h \rightarrow 1} [hx_3 + (1-h)x_1] \int_{L_H}^{U_H} f_H(S) dS = x_3$$

他方、このとき、また、社会にとってもまれにしか存在しない  $D$ タイプの個人が、他の個人とランダムに相互作用したとしても、極めて高い確率で、協働型オプションで相互作用する  $H$ タイプの個人と遭遇することになる。(このとき、 $D$ タイプも、また、常に、協働型オプション（において不誠実な行動）で相互作用するので、したがって、彼らの期待利得は次のように表される。

$$\lim_{h \rightarrow 1} E(X|D) = \lim_{h \rightarrow 1} [hx_4 + (1-h)x_2] \int_{L_D}^{U_D} f_D(S) dS = x_4$$

これより、 $h$ が1の近傍に位置するとき、 $E(X|D) > E(X|H)$ であることがわかる。したがって、 $h$ が1の近傍からスタートした場合、 $E(X|D) > E(X|H)$ のとき  $h$ が低下するというルールを適用

すると、誠実な個人が不誠実な個人により次第に浸食されていくといえる。

これまでの議論から、極限母集団からスタートしたとき、マイノリティ・タイプがマジョリティ・タイプを次第に侵食していき、そして、 $h$ が中位の値をとるとき、均衡に到達することを予測できる。そこで、次に、 $D$ および $H$ タイプの期待利得 $E(X|D)$ および $E(X|H)$ の一般式を導出し、それぞれの $h$ について、両タイプの期待利得を比較することで、 $h$ の均衡を明らかにする。

### C. 観察行動のシグナル閾値.

ケース2でみたように、ここでも、また、 $E(X|H)$ および $E(X|D)$ の一般式を定式化する最初の段階は、シグナル閾値関数（観察感度をあげ、協働型オプションを選択する個人のシグナル境界値）を導出することである。

任意の $h$ について、シグナル閾値を $S^* = S^*(h)$ とすると、シグナル値 $S = S^*$ を持つ $H$ タイプの個人は、「観察費用を支出し」、自らと同水準のシグナル値を持つ他の個人と協働型オプションで相互作用するときの利得、他方、「観察費用を支出せず」、同様に観察費用を支出しない $S \leq S^*$ の他の個人とランダムに相互作用するときの利得が無差別となることを知っている。そこで、次に、私たちは、それぞれの $h$ について、シグナルを観察するときの利得および観察しないときの利得が同等となるシグナル値の条件式（シグナル閾値関数）を導出することにする。

$H$ タイプのシグナル観察行動と期待利得.

まず、はじめに、 $H$ タイプがシグナルを観察するときの期待利得および観察しないときの期待利得を計算する。

(1) 観察費用を支出するときの $H$ タイプの期待利得

(a) シグナル値 $S = S^*$ の $H$ タイプの個人が同水準のシグナル値 $S = S^*$ を持つ個人と協働型オプションで相互作用する場合

観察費用を支出する $S = S^*$ の個人は、このとき、同様に観察費用を支出する同水準のシグナル値を持つ他の個人と協働型オプションで相互作用する。そして、彼らが、 $H$ および $D$ タイプのパートナーとペアを形成するとき、それぞれ、利得 $x_3$ および $x_1$ を獲得する。また、それぞれの事象が生じる確率は次のようである。

$H$ タイプのパートナーとペアになる確率

$$\Pr\{H|S^*\} \equiv \frac{hf_H(S^*)}{hf_H(S^*) + (1-h)f_D(S^*)}$$

$D$ タイプのパートナーとペアになる確率

$$1 - \Pr\{H|S^*\} \equiv \frac{(1-h)f_D(S^*)}{hf_H(S^*) + (1-h)f_D(S^*)}$$

したがって、 $S = S^*$ の個人が観察費用を支出し、自らと同水準のシグナル値を持つ個人と相互作用したときの期待利得は次のように表せる。

$$\text{期待利得} : x_3 \Pr\{H|S^*\} + x_1(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C$$

(2) 観察費用を支出しないときの $H$ タイプの期待利得

(a) シグナル値 $S = S^*$ の $H$ タイプの個人が $S \leq S^*$ の個人とランダムに独立型オプションで相互作用する場合

観察費用を支出しない $S = S^*$ の個人は、同様に、観察費用を支出しない $S \leq S^*$ の個

人とランダムに独立型オプションで相互作用する。彼らは、パートナーが $H$ および $D$ タイプのいずれの場合も、利得 $x_2$ を得る。また、このとき、パートナーが $H$ および $D$ タイプである確率はそれぞれ次のようである。

$H$ タイプのパートナーとペアになる確率

$$(12) \quad \delta \equiv \frac{h \int_{L_H}^{S^*} f_H(S) dS}{h \int_{L_H}^{S^*} f_H(S) dS + (1-h) \int_{L_D}^{S^*} f_D(S) dS}$$

$D$ タイプのパートナーとペアになる確率

$$1 - \delta \equiv \frac{(1-h) \int_{L_D}^{S^*} f_D(S) dS}{h \int_{L_H}^{S^*} f_H(S) dS + (1-h) \int_{L_D}^{S^*} f_D(S) dS}$$

したがって、 $S = S^*$ の個人が観察費用を支出せず、同様に、観察費用を支出しない $S \leq S^*$ の個人とランダムに独立型オプションで相互作用するときの期待利得は次のように表せる。

期待利得： $x_2 = \delta x_2 + (1 - \delta) x_2$

- (b) シグナル値 $S = S^*$ の $H$ タイプの個人が $S \leq S^*$ の個人とランダムに協働型オプションで相互作用する場合

観察費用を支出しない $S = S^*$ の個人は、このとき、同様に、観察費用を支出しない $S \leq S^*$ の個人とランダムに協働型オプションで相互作用する。そして、彼らが、 $H$ および $D$ タイプのパートナーとペアを形成するとき、それぞれ、利得 $x_3$ および $x_1$ を得る。また、それぞれの事象が生じる確率は次のようである。

$H$ タイプのパートナーとペアになる確率： $\delta$

$D$ タイプのパートナーとペアになる確率： $1 - \delta$

したがって、 $S = S^*$ の個人が観察費用を支出せず、同様に、観察費用を支出しない $S \leq S^*$ の個人とランダムに協働型オプションで相互作用するときの期待利得は次のように表せる。

期待利得： $\delta x_3 + (1 - \delta) x_1$

私たちは、ここで、それぞれの $h$ について、 $H$ タイプの個人が、シグナルを観察すること、および、観察しないことが無差別となる条件式、いわゆる、シグナル閾値の条件式を次のように表すことができる。

$$(13) \quad \begin{aligned} & x_3 \Pr\{H|S^*\} + x_1(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C \\ & = \max\{x_2, \delta x_3 + (1 - \delta)x_1\} \quad \text{for } L_H \leq S^* \leq U_D, U_H \end{aligned}$$

ただし、私たちは、シグナル値 $U_D \leq S \leq U_H$ を持つすべての個人は、常に、同一行動を選択しているため、この区間でのシグナル閾値（候補）は、 $U_D$ および $U_H$ となる（シグナル閾値が $S^* \rightarrow U_D$ のとき、 $U_D \leq S \leq U_H$ の個人は同様にシグナル観察行動を選択し、そして、また、シグナル閾値が $S^* = U_H$ のとき、 $U_D \leq S \leq U_H$ の個人は同様にシグナル非観察行動を選択する。すなわち、 $U_D \leq S \leq U_H$ を持つすべての個人は、常に、同一行動を選択する）。したがって、 $H$ タイプのシグナル閾値の範囲は、 $S^*(h) \in \{[L_H, U_D], U_H\}$ でなければならない。



Dタイプのシグナル観察行動と期待利得.

HおよびDタイプのシグナル観察行動は、シンクロしていなければならない。同じシグナル値を持つHおよびDタイプの個人が、異なる観察行動を選択すると、 $S \geq S^*$ の個人が自らと同水準のシグナル値を持つ個人と相互作用するという仮定に矛盾が生じることになるからである。そこで、ここでは、Dタイプの観察行動は、Hタイプのそれにシンクロすると仮定する。しかしながら、このとき、Dタイプの経済合理性が満たされていなければならない（Hタイプのシグナル閾値において、Dタイプが観察費用を支出するときの期待利得が観察費用を支出しないときの期待利得を支配するものでなければならない）。すなわち、任意の $h$ について、Hタイプのシグナル閾値は、Dタイプのシグナル閾値よりも大きくななければならない（ $S_H^*(h) \geq S_D^*(h)$ ）である。図10を参照しなさい。そこで、私たちは、次に、Hタイプのシグナル閾値が、Dタイプのそれよりも大きくなることを確かめることにする。

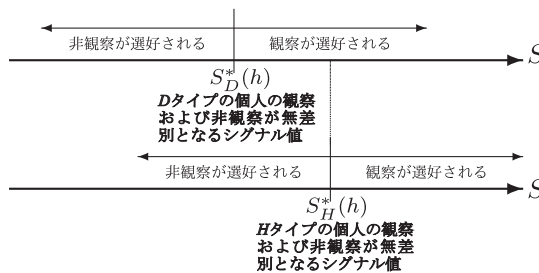


図10. HおよびDタイプのシグナル閾値の関係

(1) 観察費用を支出するときのDタイプの期待利得

ここでは、任意の $h$ について、Hタイプのシグナル閾値が $S^* \equiv S_H^*$ のとき、Dタイプの期待利得を計算することに注意しなさい。

(a) シグナル値 $S = S^* (= S_H^*)$ のHタイプの「パートナー」が同水準のシグナル値 $S = S^*$ を持つ個人と協働型オプションで相互作用する場合

観察費用を支出する $S = S^*$ のDタイプの個人は、同様に、観察費用を支出する同水準のシグナル値を持つ他の個人と協働型オプションで相互作用する。彼らが、HおよびDタイプのパートナーとペアを形成するとき、それぞれ、利得 $x_1$ および $x_2$ を得る。また、それぞれの事象が生じる確率は次のようである。

$$H \text{タイプのパートナーとペアになる確率} : \Pr\{H|S^*\}$$

$$D \text{タイプのパートナーとペアになる確率} : 1 - \Pr\{H|S^*\}$$

したがって、 $S = S^*$ の個人が観察費用を支出し、自らと同水準のシグナル値を持つ個人と協働型オプションで相互作用するときの期待利得は次のように表せる。

$$\text{期待利得} : x_1 \Pr\{H|S^*\} + x_2(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C$$

(2) 観察費用を支出しないときのDタイプの期待利得

ここでも、また、任意の $h$ について、Hタイプのシグナル閾値が $S^* = S_H^*$ のとき、Dタイプの期待利得を計算することに注意しなさい。

(a) シグナル値 $S = S^*$ のHタイプの「パートナー」がシグナル値 $S \leq S^*$ の個人とランダムに独立型オプションで相互作用する場合

観察費用を支出しない $S = S^*$ の $D$ タイプの個人は、同様に、観察費用を支出しない $S \leq S^*$ の個人とランダムに独立型オプションで相互作用する。彼らが、 $H$ および $D$ タイプのパートナーとペアとなるいずれの場合も、利得 $x_2$ を得る。また、このとき、パートナーが $H$ および $D$ タイプである確率はそれぞれ次のようである。

$H$ タイプのパートナーとペアになる確率： $\delta$

$D$ タイプのパートナーとペアになる確率： $1 - \delta$

したがって、 $S = S^*$ の個人が観察費用を支出せず、同様に、観察費用を支出しない $S \leq S^*$ の個人とランダムに独立型オプションで相互作用するときの期待利得は次のように表せる。

$$\text{期待利得} : x_2 = \delta x_2 + (1 - \delta) x_2$$

- (b) シグナル値 $S = S^*$ の $H$ タイプの「パートナー」がシグナル値 $S \leq S^*$ の個人とランダムに協働型オプションで相互作用する場合

観察費用を支出しない $S = S^*$ の $D$ タイプの個人は、同様に、観察費用を支出しない $S \leq S^*$ の個人とランダムに協働型オプションで相互作用する。彼らが、 $H$ および $D$ タイプのパートナーとペアを形成するとき、それぞれ、利得 $x_4$ および $x_2$ を得る。また、それぞれの事象が生じる確率は次のようである。

$H$ タイプのパートナーとペアになる確率： $\delta$

$D$ タイプのパートナーとペアになる確率： $1 - \delta$

したがって、 $S = S^*$ の個人が観察費用を支出せず、同様に、観察費用を支出しない $S \leq S^*$ の個人とランダムに協働型オプションで相互作用するときの期待利得は次のように表せる。

$$\text{期待利得} : \delta x_4 + (1 - \delta) x_2$$

$H$ タイプのシグナル閾値 $S^*$ について、 $D$ タイプが、 $H$ タイプのシグナル観察行動とシンクロするためには、次の条件が満たされなければならない。

$$(14) \quad \begin{cases} x_4 \Pr\{H|S_H^*\} + x_2(1 - \Pr\{H|S_H^*\}) - C \geq \delta x_4 + (1 - \delta) x_2 & \text{when } x_2 \leq \delta x_3 + (1 - \delta) x_1 \\ x_4 \Pr\{H|S_H^*\} + x_2(1 - \Pr\{H|S_H^*\}) - C > x_2 & \text{when } x_2 > \delta x_3 + (1 - \delta) x_1 \end{cases}$$

私たちは、 $x_4 - x_3 = x_3 - x_2 = x_2 - x_1$ を仮定しているので、まず、(13) 式より、 $x_3 \Pr\{H|S_H^*\} + x_1(1 - \Pr\{H|S_H^*\}) - C = \delta x_3 + (1 - \delta) x_1$ 、ただし、 $x_2 \leq \delta x_3 + (1 - \delta) x_1$ 、であるので、次のことがいえる。

$$\Pr\{H|S_H^*\} = \delta + \frac{C}{x_3 - x_1} = \delta + \frac{C}{x_4 - x_2}$$

これを、(14) 式、 $x_4 \Pr\{H|S_H^*\} + x_2(1 - \Pr\{H|S_H^*\}) - C \geq \delta x_4 + (1 - \delta) x_2$ に代入すると、次のことを得る<sup>30</sup>。

$$(x_4 - x_2) \left[ \left( \delta + \frac{C}{x_4 - x_2} \right) - \left( \delta + \frac{C}{x_4 - x_2} \right) \right] \geq 0$$

また、(13) 式より、 $x_3 \Pr\{H|S_H^*\} + x_1(1 - \Pr\{H|S_H^*\}) - C = x_2$ 、ただし、 $x_2 > \delta x_3 + (1 - \delta) x_1$ 、であるので、次のことがいえる。

$$\Pr\{H|S_H^*\} = \frac{(x_2 - x_1) + C}{x_3 - x_1} = \frac{(x_2 - x_1) + C}{x_4 - x_2}$$

これを、(14) 式、 $x_4 \Pr\{H|S_H^*\} + x_2(1 - \Pr\{H|S_H^*\}) - C \geq x_2$ に代入すると、次のことを得る<sup>31</sup>。

$$(x_4 - x_2) \left[ \left( \frac{(x_2 - x_1) + C}{x_4 - x_2} \right) - \left( \frac{C}{x_4 - x_2} \right) \right] \geq 0$$

これらのことより、 $H$ タイプのシグナル閾値は、 $D$ タイプのそれと比して、等しいか、あるいは、大きいことがわかる。したがって、 $H$ タイプのシグナル閾値は、それぞれの $h$ について、 $D$ タイプの経済合理性を満たしているので、これ以降は、 $H$ タイプのシグナル閾値のみを考えることにする。

シグナル閾値関数の導出。

私たちは、ここで、シグナル閾値の条件式 (13) 式を展開することにより、より明示的にシグナル閾値関数を定式化する。そこで、まず、(13) 式の右辺について場合分け条件を明らかにすることから始める。すなわち、観察費用を支出しない $S < S^*$ の $H$ タイプの個人が、独立型オプショ

<sup>30</sup>  $x_4 - x_3 = x_3 - x_2 = x_2 - x_1$ の仮定の下で、任意の $h$ について、 $H$ タイプのシグナル閾値について、 $D$ タイプが観察費用を支出することが、観察費用を支出しないことと無差別あるいはより選好されるという条件が満たされるかどうかを確かめる。

まず、シグナル値 $S = S^*$ の $H$ タイプの個人にとり、二つの観察行動が無差別である条件のひとつは次のようである。

$$\begin{aligned} x_3 \Pr\{H|S^*\} + x_1(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C &= \max\{x_2, \delta x_3 + (1 - \delta)x_1\} \\ x_3 \Pr\{H|S^*\} + x_1(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C &= \delta x_3 + (1 - \delta)x_1 \quad \text{ただし、} x_2 \leq \delta x_3 + (1 - \delta)x_1 \\ (x_3 - x_1) \Pr\{H|S^*\} &= \delta(x_3 - x_1) + C \\ \Pr\{H|S^*\} &= \delta + \frac{C}{x_3 - x_1} \end{aligned}$$

このとき、( $H$ タイプと同水準の) シグナル値 $S = S^*$ の $D$ タイプの個人にとり、観察費用を支出することが、支出しないことと無差別あるいはより選好されることを確かめる。

$$\begin{aligned} & \left[ x_4 \Pr\{H|S^*\} + x_2(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C \right] - \left[ \delta x_4 + (1 - \delta)x_2 \right] \\ &= (x_4 - x_2) \left[ \Pr\{H|S^*\} - \left( \delta + \frac{C}{x_4 - x_2} \right) \right] \\ &= (x_4 - x_2) \left[ \left( \delta + \frac{C}{x_4 - x_2} \right) - \left( \delta + \frac{C}{x_4 - x_2} \right) \right] \geq 0 \end{aligned}$$

<sup>31</sup> また、シグナル値 $S = S^*$ の $H$ タイプの個人にとり、二つの観察行動が無差別である条件のもうひとつは次のようである。

$$\begin{aligned} x_3 \Pr\{H|S^*\} + x_1(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C &= \max\{x_2, \delta x_3 + (1 - \delta)x_1\} \\ x_3 \Pr\{H|S^*\} + x_1(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C &= x_2 \quad \text{ただし、} x_2 > \delta x_3 + (1 - \delta)x_1 \\ (x_3 - x_1) \Pr\{H|S^*\} &= (x_2 - x_1) + C \\ \Pr\{H|S^*\} &= \frac{(x_2 - x_1) + C}{x_3 - x_1} \end{aligned}$$

このとき、( $H$ タイプと同水準の) シグナル値 $S = S^*$ の $D$ タイプの個人にとり、観察費用を支出することが、支出しないことと無差別あるいはより選好されることを確かめる。

$$\begin{aligned} & \left[ x_4 \Pr\{H|S^*\} + x_2(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C \right] - \left[ x_2 \right] \\ &= (x_4 - x_2) \left[ \Pr\{H|S^*\} - \left( \frac{C}{x_4 - x_2} \right) \right] \\ &= (x_4 - x_2) \left[ \left( \frac{(x_2 - x_1) + C}{x_3 - x_1} \right) - \left( \frac{C}{x_4 - x_2} \right) \right] \geq 0 \end{aligned}$$

ンあるいは協働型オプションのいずれを選択するかを示す条件式をより明示化することから始める。

私たちは、 $x_2 \geq \delta x_3 + (1 - \delta)x_1$ を展開することで、場合分けの条件式を次のように再定式化する<sup>32</sup>。

$$\begin{cases} x_2 > \delta x_3 + (1 - \delta)x_1 & \text{if } \delta < \frac{1}{2} \text{ or } h < \frac{F_D(S^*)}{F_D(S^*) + F_H(S^*)} \\ x_2 \leq \delta x_3 + (1 - \delta)x_1 & \text{if } \delta \geq \frac{1}{2} \text{ or } h \geq \frac{F_D(S^*)}{F_D(S^*) + F_H(S^*)} \end{cases}$$

私たちは、ここで、それぞれの場合分け条件の下で、(13) 式を展開することで、シグナル閾値関数を導出することにする。

(1)  $x_2 > \delta x_3 + (1 - \delta)x_1$ のとき

この場合分け条件は、 $h$ が比較的低い値をとるとき、 $S < S^*$ のシグナル領域で、 $H$ タイプが独立型オプションを選択するときの利得 $x_2$ が、協働型オプションを選択するときの(期待)利得 $\delta x_3 + (1 - \delta)x_1$ より大きくなることを意味している。そして、このとき、 $h < \frac{F_D(S)}{F_D(S) + F_H(S)}$ の場合分け条件が満たされ、(13) 式は、 $x_3 \Pr\{H|S^*\} + x_1(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C = x_2$ のように表される。そして、さらに、これを、特定の利得 ( $x_3 - x_2 = x_2 - x_1 = x_1 - 0$ ) および観察費用 ( $C = x_1/4$ ) について展開すると、シグナル閾値の条件式を次のように得ることになる<sup>33</sup>。

$$\Pr\{H|S^*\} = \frac{x_2 - x_1 + C}{x_3 - x_1} = \frac{5}{8}$$

そして、さらに、これを、(1) 式について展開すると、私たちは、それぞれの $h < \frac{F_D(S)}{F_D(S) + F_H(S)}$ について、シグナル閾値(シグナル閾値関数)を次のように得ることになる。

$$(15) \quad h = \frac{5f_D(S^*)}{3f_H(S^*) + 5f_D(S^*)}$$

<sup>32</sup> 独立型オプション(そのときの利得 $x_2$ ) および協働型オプション(そのときの利得 $\delta x_3 + (1 - \delta)x_1$ )のいずれがいかなる条件の下で選好されるのかを明らかにしておくことにする。

$$\begin{aligned} x_2 &\geq \delta x_3 + (1 - \delta)x_1 \\ x_2 - x_1 &\geq \delta(x_3 - x_1) \\ \delta &\leq \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} = \frac{1}{2} \quad \text{ただし} \quad x_3 - x_2 = x_2 - x_1 = x_1 - 0 \\ \frac{1}{2} &\leq \frac{h \int_{L_H}^{S^*} f_H dS}{h \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + (1 - h) \int_{L_D}^{S^*} f_D dS} \\ 2h \int_{L_H}^{S^*} f_H dS &\leq h \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + (1 - h) \int_{L_D}^{S^*} f_D dS \\ h &\leq \frac{\int_{L_H}^{S^*} f_D dS}{\int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{L_H}^{S^*} f_H dS} \\ &\equiv \frac{F_D(S^*)}{F_D(S^*) + F_H(S^*)} \end{aligned}$$

すなわち、次のことがいえる。

$$\begin{cases} x_2 > \delta x_3 + (1 - \delta)x_1 & \text{if } \delta < \frac{1}{2} \text{ or } h < \frac{F_D(S^*)}{F_D(S^*) + F_H(S^*)} \\ x_2 \leq \delta x_3 + (1 - \delta)x_1 & \text{if } \delta \geq \frac{1}{2} \text{ or } h \geq \frac{F_D(S^*)}{F_D(S^*) + F_H(S^*)} \end{cases}$$

(2)  $\delta x_3 + (1 - \delta)x_1 \geq x_2$  のとき

この場合分け条件は、 $h$  が比較的高い値をとるとき、 $S < S^*$  のシグナル領域で、 $H$  タイプが協働型オプションを選択するときの（期待）利得  $\delta x_3 + (1 - \delta)x_1$  が、独立型オプションを選択するときの利得  $x_2$  より大きくなることを意味している。そして、このとき、 $h \geq \frac{F_D(S)}{F_D(S) + F_H(S)}$  の条件式が満たされ、(13) 式は、 $x_3 \Pr\{H|S^*\} + x_1(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C = \delta x_3 + (1 - \delta)x_1$  のように表される。そして、さらに、これを、特定の利得および観察費用について展開すると、シグナル閾値の条件式を次のように得ることになる<sup>34</sup>。

$$\Pr\{H|S^*\} = \delta + \frac{C}{x_3 - x_1} = \delta + \frac{1}{8}$$

そして、さらに、これを、(1) および (12) 式について、根の公式により展開すると、私たちは、それぞれの  $h \geq \frac{F_D(S)}{F_D(S) + F_H(S)}$  について、シグナル閾値（シグナル閾値関数）を次のように得ることになる<sup>35</sup>。

$$(16) \quad h = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

ただし、 $a = 8f_H(F_H - F_D) - 8F_H(f_H - f_D) - (F_H - F_D)(f_H - f_D)$ 、 $b = 8(f_H F_D - f_D F_H) - f_D(F_H - F_D) - F_D(f_H - f_D)$ 、および、 $c = -f_D F_D$  である。

(3)  $hx_3 + (1 - h)x_1 \geq x_3 - C$  のとき

この場合分け条件は、先の条件、 $\delta x_3 + (1 - \delta)x_1 \geq x_2$  の特殊ケースである。シグナル値  $S \geq U_D$  の個人は、通常、観察費用を支出し、協働型オプションで相互作用することで、利得  $x_3 - C$  を得る。しかしながら、 $h$  が極めて高いとき、いかなる個人も観察費用を支出することなく、ランダムに協働オプションで相互作用する。すなわち、シグナル閾値が  $S^* = U_H$  であるためには（このとき、誰も観察費用を支出しない）、条件  $x_2 \leq \delta x_3 + (1 - \delta)x_1$  よりさらに強い条件  $x_2 < x_3 - C \leq \delta x_3 + (1 - \delta)x_1 = hx_3 + (1 - h)x_1$  が満たされなければ

<sup>33</sup> (13) 式が、 $x_3 \Pr\{H|S^*\} + x_1(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C = x_2$  のとき、それぞれの  $h$  について、シグナル閾値は次のように表せる。

$$\begin{aligned} x_3 \Pr\{H|S^*\} + x_1(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C &= x_2 \\ (x_3 - x_1) \Pr\{H|S^*\} &= x_2 - x_1 + C \\ \Pr\{H|S^*\} &= \frac{x_2 - x_1 + C}{x_3 - x_1} \\ &= \frac{2x_1 - x_1 + \frac{x_1}{4}}{3x_1 - x_1} = \frac{5}{8} \\ \frac{hf_H}{hf_H + (1 - h)f_D} &= \frac{5}{8} \\ 8hf_H &= 5hf_H + 5(1 - h)f_D \\ h[3f_H + 5f_D] &= 5f_D \\ h &= \frac{5f_D}{3f_H + 5f_D} \end{aligned}$$

<sup>34</sup> (13) 式が、 $x_3 \Pr\{H|S^*\} + x_1(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C = \delta x_3 + (1 - \delta)x_1$  のとき、それぞれの  $h$  について、シグナル閾値は次のように表せる。

$$\begin{aligned} x_3 \Pr\{H|S^*\} + x_1(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C &= \delta x_3 + (1 - \delta)x_1 \\ \Pr\{H|S^*\}(x_3 - x_1) &= \delta(x_3 - x_1) + C \\ \Pr\{H|S^*\} &= \delta + \frac{C}{x_3 - x_1} = \delta + \frac{1}{8} \end{aligned}$$

ならない<sup>36</sup>。

このとき、 $S \geq U_D$ の個人が、観察感度をあげること、および、そうでないことが無差別となる条件は次のようになることを知っている<sup>37</sup>。

$$hx_3 + (1-h)x_1 = x_3 - C$$

あるいは、

$$h = 0.875$$

このことから、私たちは、それぞれの $h \geq 0.875$ について、(13) 式を満たすシグナル閾

<sup>35</sup> (13) 式が<sup>3</sup>、 $x_3 \Pr\{H|S^*\} + x_1(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C = \delta x_3 + (1 - \delta)x_1$ のとき、根の公式によりこれを展開すると、それぞれの $h$ について、シグナル閾値は次のように表せる。

$$\begin{aligned} \Pr\{H|S^*\} &= \delta + \frac{1}{8} \\ \frac{hf_H}{hf_H + (1-h)f_D} - \frac{hF_H}{hF_H + (1-h)F_D} &= \frac{1}{8} \\ \frac{hf_H}{h(f_H - f_D) + f_D} - \frac{hF_H}{h(F_H - F_D) + F_D} &= \frac{1}{8} \\ 8hf_H[h(F_H - F_D) + F_D] - 8hF_H[h(f_H - f_D) + f_D] &= [h(F_H - F_D) + F_D][h(f_H - f_D) + f_D] \\ 8hf_Hh(F_H - F_D) + 8hf_HF_D - 8hF_Hh(f_H - f_D) - 8hF_Hf_D &= h(F_H - F_D)h(f_H - f_D) + hf_D(F_H - F_D) + hF_D(f_H - f_D) + f_DF_D \\ 8h^2f_H(F_H - F_D) + 8hf_HF_D - 8h^2F_H(f_H - f_D) - 8hF_Hf_D &= h^2(F_H - F_D)(f_H - f_D) + hf_D(F_H - F_D) + hF_D(f_H - f_D) + f_DF_D \\ h^2[8f_H(F_H - F_D) - 8F_H(f_H - f_D) - (F_H - F_D)(f_H - f_D)] &+ h[8(f_HF_D - f_DF_H) - f_D(F_H - F_D) - F_D(f_H - f_D)] - f_DF_D = 0 \end{aligned}$$

したがって、二次式の根の公式より、私たちは、それぞれの $h \geq \frac{F_D(S^*)}{F_D(S^*) + F_H(S^*)}$ について、(13) 式を満たすシグナル閾値（シグナル閾値関数）を次のように得ることになる。

$$\begin{aligned} h &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ a &= 8f_H(F_H - F_D) - 8F_H(f_H - f_D) - (F_H - F_D)(f_H - f_D) \\ b &= 8(f_HF_D - f_DF_H) - f_D(F_H - F_D) - F_D(f_H - f_D) \\ c &= -f_DF_D \end{aligned}$$

<sup>36</sup> シグナル閾値 $S^* \rightarrow U_H$ について、 $\lim_{S^* \rightarrow U_H} \int_{L_H}^{S^*} f_H dS = \int_{L_H}^{U_H} f_H dS = 1$ 、 $\lim_{S^* \rightarrow U_H} \int_{L_D}^{S^*} f_D dS = \int_{L_D}^{U_D} f_D dS = 1$ である。したがって、このとき、次のことがいえる。

$$\begin{aligned} \delta x_3 + (1 - \delta)x_1 &= \lim_{S^* \rightarrow U_H} \left[ \frac{x_3 \times h \int_{L_H}^{S^*} f_H dS}{h \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + (1-h) \int_{L_D}^{S^*} f_D dS} \right] \\ &+ \lim_{S^* \rightarrow U_H} \left[ \frac{x_1 \times (1-h) \int_{L_H}^{S^*} f_H dS}{h \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + (1-h) \int_{L_D}^{S^*} f_D dS} \right] \\ &= hx_3 + (1-h)x_1 \end{aligned}$$

<sup>37</sup>  $S \geq U_D$ の個人が、観察感度をあげること、および、そうでないことが無差別となる条件は次のようである。

$$\begin{aligned} hx_3 + (1-h)x_1 &= x_3 - C \\ h(x_3 - x_1) &= c_3 - x_1 - C \\ h &= 1 - \frac{C}{x_3 - x_1} \\ &= 1 - \frac{\frac{x_1}{4}}{3x_1 - x_1} \\ &= 1 - \frac{1}{8} = 0.875 \end{aligned}$$

値（シグナル閾値関数）を次のように表すことができる。

$$S^* = U_H$$

先の議論から、私たちは、それぞれの $h$ について、(13) 式を満たすそれぞれのシグナル閾値（シグナル閾値関数）を次のように概括することができる（図11および表8を参照しなさい）。

$$\begin{cases} h = \frac{5f_D(S^*)}{3f_H(S^*)+5f_D(S^*)} & \text{if } h < \frac{F_D(S^*)}{F_D(S^*)+F_H(S^*)} < 0.875 \\ h = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - ac}}{2a} & \text{if } \frac{F_D(S^*)}{F_D(S^*)+F_H(S^*)} \leq h < 0.875 \\ S^* = U_H & \text{if } h \geq 0.875 \end{cases}$$

ただし、 $a$ 、 $b$ 、および、 $c$ は先に示したとおりである。

$E(X|D)$ および $E(X|D)$ の一般式の導出。

私たちは、ここに、それぞれの $h$ について、条件式 (13) 式を満たすそれぞれのシグナル閾値（シグナル閾値関数）を導出することができた。（ここでは、先の場合分け条件式の最初に示した事項についてのみ考察する。）そこで、次に、このシグナル閾値関数により識別された二つのグループ $S < S^*$ および $S^* \leq S (< U_D)$ 、さらに、最高のシグナル値を持つグループ $S \geq U_D$ を加えた三つのグループの観察行動および提携オプションを考慮したうえで、私たちは、 $h < \frac{F_D(S^*)}{F_D(S^*)+F_H(S^*)}$ について、 $H$ タイプの期待利得 $E(X|H)$ の一般式を、(1)  $S < S^*$ について、独立型オプションを選択することから得られる（期待）利得 $x_2$ 、(2)  $S^* \leq S < U_D$ について、協働型オプションを選択することから得られる（期待）利得 $x_3 \Pr\{H|S\} + x_1(1 - \Pr\{H|S\})$ 、および (3)  $U_D \leq S \leq U_H$ について、協働型オプションを選択することから得られる（期待）利得 $x_3 - C$ を加重平均したものととして、次のように表すことができる。

$$(17) \quad \begin{aligned} E(X|H) = & x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H(S) dS \\ & + \int_{S^*}^{U_D} [x_3 \Pr\{H|S\} + x_1(1 - \Pr\{H|S\}) - C] f_H(S) dS \\ & + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H(S) dS \end{aligned}$$

あるいは、

$$\begin{aligned} E(X|H) = & x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H(S) dS \\ & + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H(S)x_3}{hf_H(S) + (1-h)f_D(S)} + \frac{(1-h)f_D(S)x_1}{hf_H(S) + (1-h)f_D(S)} - C \right] f_H(S) dS \\ & + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H(S) dS \end{aligned}$$

他方、私たちは、 $h < \frac{F_D(S^*)}{F_D(S^*)+F_H(S^*)}$ について、 $D$ タイプの期待利得 $E(X|D)$ の一般式を、先と同様に、シグナル閾値関数により識別された二つのグループ $S < S^*$ および $S^* \leq S (< U_D)$ の観察行動および提携オプションを考慮したうえで、(1)  $S < S^*$ について、独立型オプションを選択することから得られる（期待）利得 $x_2$ 、および、(2)  $S \geq S^*$ について、協働型オプションを選択することから得られる（期待）利得 $x_4 \Pr\{H|S\} + x_2(1 - \Pr\{H|S\})$ を加重平均したものととして、次のように表すことができる。

$$(18) \quad E(X|D) = x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D(S) dS + \int_{S^*}^{U_D} [x_4 \Pr\{H|S\} + x_2(1 - \Pr\{H|S\}) - C] f_D(S) dS$$

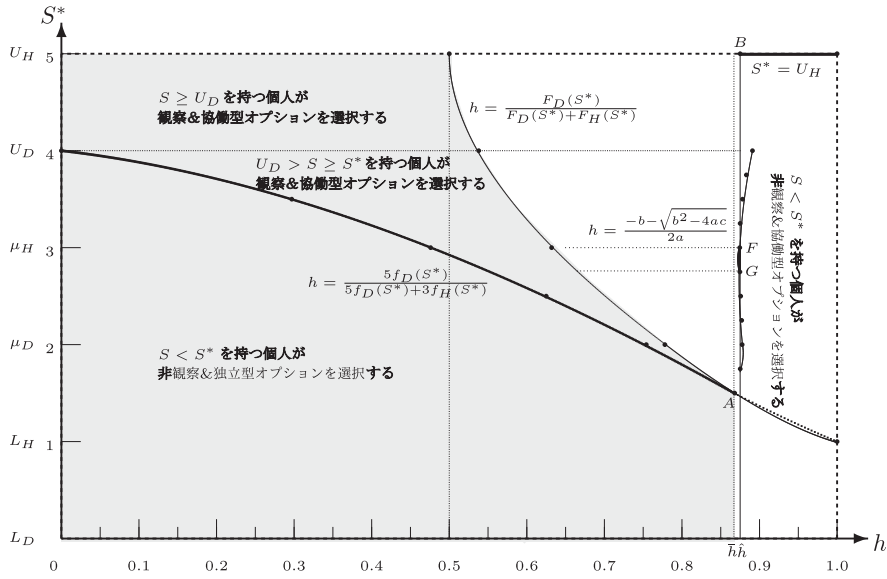


図11. シグナル閾値と提携オプション

シグナル閾値 $S^*$	場合分け条件	$H$ の人口構成比率	$H$ の人口構成比率	
	$h = \frac{F_D}{F_D + F_H}$	$h = \frac{5f_D}{5f_D + 3f_H}$	$h = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$	$h = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$
$L_D = 0.00$	DIV/0	DIV/0	DIV/0	DIV/0
0.25	1	1	1	1
0.50	1	1	1	1
0.75	1	1	1	1
$L_H = 1.00$	1	1	1	1
1.25	0.921744569203693	0.927315261062406	エラー : 502	エラー : 502
1.50	0.866430780221634	0.868033626719073	エラー : 502	エラー : 502
1.75	0.82034702304121	0.811661037459201	0.62755941898138	0.875114058124565
$\mu_D = 2.00$	0.778351111559085	0.753597982174191	0.473443187620906	0.877555194005014
2.25	0.738563112677856	0.691686775054554	0.347925908208811	0.87695156005572
2.50	0.700589328662969	0.625	0.249266364623961	0.875733635376039
2.75	0.664758305767105	0.553206359500844	0.174199094450005	0.874740015061948
$\mu_H = 3.00$	0.63170745053309	0.475957711031121	0.118277408104141	0.874497581637322
3.25	0.602118274459034	0.391934414237337	0.076859655589344	0.875455955838963
3.50	0.576537875652732	0.296914964042524	0.045710069550814	0.878079526945992
3.75	0.555269206492656	0.178798226134884	0.02116722063182	0.882938324837709
$U_D = 4.00$	0.53832427810909	0	0	0.890855401450638
4.25	0.522698551397513	0	0	0.884603633387344
4.50	0.511811911524047	0	0	0.880077744488805
4.75	0.504575015151243	0	0	0.876987926934899
$U_H = 5.00$	0.5	DIV/0	DIV/0	DIV/0

表8. 観察費用をとまなうときのシグナル閾値



あるいは、

$$E(X|H) = x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D(S) dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H(S)x_4}{hf_H(S) + (1-h)f_D(S)} + \frac{(1-h)f_D(S)x_2}{hf_H(S) + (1-h)f_D(S)} - C \right] f_D(S) dS$$

#### D. 自然淘汰と期待利得関数.

次に、先に導出した $E(X|H)$ および $E(X|D)$ の一般式を使って、それぞれの $h$ について、 $H$ および $D$ タイプの期待利得を実際に算出することで、最終的に、 $H$ タイプが自らのタイプを増殖あるいは衰退させるのかをみていくことにする。私たちは、ここでも、また、ケース2と同様に、 $h$ が極端な場合（ $h$ がゼロあるいは1に近い場合）、および、中位の値をとる場合（均衡に近い場合）に分け考察する。

##### (1) $h$ が相対的に低位の値をとるとき

図11および表8より明らかなように、 $h$ が相対的に低位の値をとるとき、シグナル閾値 $S^*$ は $U_D$ の近傍の値をとる。先にみたように、 $h \rightarrow 0$ について、 $S^* \rightarrow U_D$ のとき、シグナル値 $S \geq U_D$ を持つ個人は、観察費用を支出することで観察感度をあげ、自らと同水準のシグナル値を持つ個人と協働型オプションで相互作用しようとする。したがって、シグナル値 $S \geq U_D$ を持つ（ $H$ タイプの）個人は $x_3 - C$ の利得を得ることになる。そして、それ以外のすべての個人は、ランダムに独立型オプションで相互作用し、利得 $x_2$ を得ることになる。したがって、次のことがいえる<sup>38</sup>。

$$\begin{aligned} \lim_{h \rightarrow 0} E(X|H) &= x_2 \int_{L_H}^{U_D} f_H dS + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\ &= 2.10678771049591x_1 \\ \lim_{h \rightarrow 0} E(X|D) &= x_2 \int_{L_D}^{U_D} f_D dS = x_2 = 2x_1 \end{aligned}$$

私たちは、 $x_3 - C > x_2$ を仮定しているのので、 $h \rightarrow 0$ について、シグナル閾値 $S^* \rightarrow U_D$ のとき、

<sup>38</sup> 特定化した利得および確率分布について、期待利得を計算してみる。

$$\begin{aligned} \lim_{h \rightarrow 0} E(X|H) &= \lim_{S^* \rightarrow U_D} \left[ x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} \left( x_3 \Pr\{H|S\} + x_1(1 - \Pr\{H|S\}) - C \right) f_H dS + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \right] \\ &= x_2 \int_{L_H}^{U_D} f_H dS + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\ &= 0.857616386005451 \times 2x_1 + 0.142383613994549 \times (3x_1 - 0.25x_1) \\ &= 1.7152327720109x_1 + 0.391554938485011x_1 \\ &= 2.10678771049591x_1 \\ \lim_{h \rightarrow 0} E(X|D) &= \lim_{S^* \rightarrow U_D} \left[ x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} \left( x_4 \Pr\{H|S\} + x_2(1 - \Pr\{H|S\}) - C \right) f_D dS \right] \\ &= x_2 \int_{L_D}^{U_D} f_D dS = x_2 = 2x_1 \end{aligned}$$

$E(X|H) > E(X|D)$ であることがわかる。したがって、 $h$ がゼロの近傍からスタートした場合、 $E(X|H) > E(X|D)$ のとき $h$ が高くなるというルールを適用すると、 $H$ タイプは $D$ タイプを浸食し増殖していく可能性があるといえる。

(2)  $h$ が相対的に高位の値をとるとき

図11および表8より明らかなように、 $h$ が相対的に高位の値をとるとき ( $h \geq 0.875$ を満たしているとき)、シグナル閾値は、 $S^* = U_H$ となる。これは、社会がほぼ誠実な個人から構成されているとき、誰も観察感度をあげることなく、ランダムに協働オプションで相互作用することを意味している。したがって、次のことがいえる<sup>39</sup>。

$$\begin{aligned}\lim_{h \rightarrow 1} E(X|H) &= \lim_{h \rightarrow 1} [hx_3 + (1-h)x_1] \int_{L_H}^{U_H} f_H(S) dS = 3x_1 \\ \lim_{h \rightarrow 1} E(X|D) &= \lim_{h \rightarrow 1} [hx_4 + (1-h)x_2] \int_{L_D}^{U_D} f_D(S) dS = 4x_1\end{aligned}$$

私たちは、ここにおいて、 $h \rightarrow 1$ について、シグナル閾値 $S^* = U_H$ のとき、 $E(X|D) > E(X|H)$ であることがわかる。また、先にみたように、 $h = 0.875$ のとき、 $H$ タイプの個人が観察感度をあげることに、および、そうしないことが無差別 ( $x_3 - C = hx_3 + (1-h)x_1$ ) となることを知っている。したがって、 $h$ が、順次高くなると、 $x_3 - C < hx_3 + (1-h)x_1$  となり、しかも、 $hx_3 + (1-h)x_1 < hx_4 + (1-h)x_2$  であるので、期待利得 $E(X|H)$ および $E(X|D)$ は、ただし、 $E(X|D) > E(X|H)$ の大小関係は不変のまま、増加していくことがわかる。したがって、 $h$ が1の近傍からスタートした場合、 $E(X|D) > E(X|H)$ のとき $h$ が低下するというルールを適用すると、 $H$ タイプは $D$ タイプにより次第に浸食されていくといえる。

(3)  $h$ が相対的に中位の値をとるとき

$h$ が中位の値をとるとき、先と同様に ( $h$ が低位の値のときと同様に)、 $S \geq U_b$ を持つ個人は、自らと同水準のシグナル値の個人と協働型オプションで相互作用し、利得 $x_3 - C$ を獲得し、また、 $S < S^*$ のすべての個人は、独立型オプションで相互作用することで、

<sup>39</sup> 特定化した利得および確率分布について、期待利得を計算してみる。

$h = 0.875$ について、 $S^* = U_H$ のとき

$$\begin{aligned}E(X|H) &= [hx_3 + (1-h)x_1] \int_{L_H}^{U_H} f_H dS = hx_3 + (1-h)x_1 \\ &= 0.875 \times 3x_1 + (1-0.875) \times x_1 \\ &= 2.625x_1 + 0.125x_1 = 2.75x_1 \\ E(X|D) &= [hx_4 + (1-h)x_2] \int_{L_D}^{U_D} f_D dS = hx_4 + (1-h)x_2 \\ &= 0.875 \times 4x_1 + (1-0.875) \times 2x_1 \\ &= 3.5x_1 + 0.25x_1 = 3.75x_1\end{aligned}$$

$h \rightarrow 1$ について、 $S^* = U_H$ のとき

$$\begin{aligned}\lim_{h \rightarrow 1} E(X|H) &= \lim_{h \rightarrow 1} [hx_3 + (1-h)x_1] \int_{L_H}^{U_H} f_H dS \\ &= \lim_{h \rightarrow 1} hx_3 + (1-h)x_1 = x_3 = 3x_1 \\ \lim_{h \rightarrow 1} E(X|D) &= \lim_{h \rightarrow 1} [hx_4 + (1-h)x_2] \int_{L_D}^{U_D} f_D dS \\ &= \lim_{h \rightarrow 1} hx_4 + (1-h)x_2 = x_4 = 4x_1\end{aligned}$$

利得  $x_2$  を獲得することになる。さらに、 $S^* \leq S < U_D$  の個人は、観察費用を支出し、協働型オプションで相互作用する。そして、彼らが  $H$  タイプのとき、期待利得  $x_3 \Pr\{H|S\} + x_1(1 - \Pr\{H|S\}) - C$  を獲得し、また、 $D$  タイプのとき、期待利得  $x_4 \Pr\{H|S\} + x_2(1 - \Pr\{H|S\}) - C$  を獲得することになる。 $(h$  がゼロの近傍の値をとるとき、 $E(X|H) > E(X|D)$  であるので)、 $h$  が増加するにつれ、(シグナル閾値関数  $S^* = S^*(h)$  は、 $h$  について、減少関数であるので)、シグナル閾値  $S^*$  は ( $U_D$  から離れ) 低下していくことになる。例えば、具体的に、任意のあるシグナル閾値  $(h_1, S_1^*)$  から別のあるシグナル閾値  $(h_2, S_2^*)$ 、ただし、 $h_1 < h_2$ 、 $S_1^* > S_2^*$ 、へとシグナル閾値が低下していくとする。このとき、二つの任意のシグナル閾値について、 $D$  および  $H$  タイプの期待利得をそれぞれ比較すると、次のようであるといえる。

$$\begin{aligned}
E(X|H, S_1^*) &= x_2 \int_{L_H}^{S_1^*} f_H(S) dS \\
&\quad + \int_{S_1^*}^{U_D} \left( x_3 \Pr\{H|S\} + x_1(1 - \Pr\{H|S\}) - C \right) f_H(S) dS \\
&\quad + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H(S) dS \\
&< x_2 \int_{L_H}^{S_2^*} f_H(S) dS \\
&\quad + \int_{S_2^*}^{U_D} \left( x_3 \Pr\{H|S\} + x_1(1 - \Pr\{H|S\}) - C \right) f_H(S) dS \\
&\quad + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H(S) dS = E(X|H, S_2^*)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E(X|D, S_1^*) &= x_2 \int_{L_D}^{S_1^*} f_D(S) dS \\
&\quad + \int_{S_1^*}^{U_D} \left( x_4 \Pr\{H|S\} + x_2(1 - \Pr\{H|S\}) - C \right) f_D(S) dS \\
&< x_2 \int_{L_D}^{S_2^*} f_D(S) dS \\
&\quad + \int_{S_2^*}^{U_D} \left( x_4 \Pr\{H|S\} + x_2(1 - \Pr\{H|S\}) - C \right) f_D(S) dS = E(X|D, S_2^*)
\end{aligned}$$

ただし、シグナル閾値  $S^* = S_1^*, S_2^*$  について、 $x_2 = x_3 \Pr\{H|S^*\} + x_1(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C \leq x_4 \Pr\{H|S^*\} + x_2(1 - \Pr\{H|S^*\}) - C$  であり、 $S > S_1^*, S_2^*$  について、 $x_2 < x_3 \Pr\{H|S\} + x_1(1 - \Pr\{H|S\}) - C < x_4 \Pr\{H|S\} + x_2(1 - \Pr\{H|S\}) - C$  であることに注意しなさい。

このことからいえることは、ひとつは、 $E(X|H)$  および  $E(X|D)$  は、 $h$  の増加とともに単調に増加していくことである。もうひとつは、 $E(X|H)$  および  $E(X|D)$  の増加率は、 $x_3 \Pr\{H|S\} + x_1(1 - \Pr\{H|S\}) < x_4 \Pr\{H|S\} + x_2(1 - \Pr\{H|S\})$  であるので、 $E(X|H)$  よりも、 $E(X|D)$  の方が相対的に高いということである。したがって、 $h$  がゼロの近傍からスタートしたとき、 $E(X|H)$  および  $E(X|D)$  は、単調に増加していき、 $h$  のある中位の値で交差することになる。そこで、次に、具体的に、 $h$  が 0.5 および 0.6 の近傍の値をとるとき、期待利得  $E(X|D)$  および  $E(X|H)$  を計算することで、 $E(X|H)$  と  $E(X|D)$  がこの  $h$  の区間で交差することを確かめる。

$h = 0.475957711031121$ について、 $S^* = 3.0$ のとき<sup>40</sup>

$$\begin{aligned}
E(X|H) &= x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H x_3}{hf_H + (1-h)f_D} \right. \\
&\quad \left. + \frac{(1-h)f_D x_1}{hf_H + (1-h)f_D} - C \right] f_H dS + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\
&\approx x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \left[ \frac{hf_H(3.5)x_3 + (1-h)f_D(3.5)x_1}{hf_H(3.5) + (1-h)f_D(3.5)} - C \right] \int_{S^*}^{U_D} f_H dS \\
&\quad + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\
&= 2.21898835402025x_1 \\
E(X|D) &= x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H x_4}{hf_H + (1-h)f_D} + \frac{(1-h)f_D x_2}{hf_H + (1-h)f_D} - C \right] f_D dS \\
&\approx x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_H dS + \left[ \frac{hf_H(3.5)x_4 + (1-h)f_D(3.5)x_2}{hf_H(3.5) + (1-h)f_D(3.5)} - C \right] \int_{S^*}^{U_D} f_D dS \\
&= 2.18705587662758x_1
\end{aligned}$$

近似計算であるが、 $h = 0.475957711031121$ では、 $E(X|H)$ がわずかに $E(X|D)$ を越えることがわかる（図12を参照しなさい）。

<sup>40</sup> まず、 $h$ が0.5の近傍の値をとるとき、特定化した利得および確率分布について、期待利得を計算してみる。ただし、ここでは、積分値を近似計算している。

$h = 0.475957711031121$ について、 $S^* = 3.0$ のとき

$$\begin{aligned}
E(X|H) &= x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H x_3}{hf_H + (1-h)f_D} + \frac{(1-h)f_D x_1}{hf_H + (1-h)f_D} - C \right] f_H dS \\
&\quad + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\
&\approx x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \left[ \frac{hf_H(3.5)x_3 + (1-h)f_D(3.5)x_1}{hf_H(3.5) + (1-h)f_D(3.5)} - C \right] \int_{S^*}^{U_D} f_H dS \\
&\quad + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\
&= 0.5 \times 2x_1 + 0.357616386005451 \\
&\quad \times \left[ \frac{h \times 0.312283334375639 \times 3x_1 + (1-h) \times 0.079126925127302 \times x_1}{h \times 0.312283334375639 + (1-h) \times 0.079126925127302} - 0.25x_1 \right] \\
&\quad + 0.142383613994549 \times (3x_1 - 0.25x_1) \\
&= 2.21898835402025x_1 \\
E(X|D) &= x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H x_4}{hf_H + (1-h)f_D} + \frac{(1-h)f_D x_2}{hf_H + (1-h)f_D} - C \right] f_D dS \\
&\approx x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_H dS + \left[ \frac{hf_H(3.5)x_4 + (1-h)f_D(3.5)x_2}{hf_H(3.5) + (1-h)f_D(3.5)} - C \right] \int_{S^*}^{U_D} f_D dS \\
&= 0.857616386005451 \times 2x_1 + 0.142383613994549 \\
&\quad \times \left[ \frac{h \times 0.312283334375639 \times 4x_1 + (1-h) \times 0.079126925127302 \times 2x_1}{h \times 0.312283334375639 + (1-h) \times 0.079126925127302} - 0.25x_1 \right] \\
&= 2.18705587662758x_1
\end{aligned}$$

近似計算ではあるが、 $h = 0.475957711031121$ では、 $E(X|H)$ がわずかに $E(X|D)$ を越えることがわかる。

$h=0.625$ について、 $S^*=2.5$ のとき<sup>41</sup>

$$\begin{aligned}
E(X|H) &= x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H x_3}{hf_H + (1-h)f_D} + \frac{(1-h)f_D x_1}{hf_H + (1-h)f_D} - C \right] f_H dS \\
&\quad + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\
&\approx x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \left[ \frac{hf_H(3.25)x_3 + (1-h)f_D(3.25)x_1}{hf_H(3.25) + (1-h)f_D(3.25)} - C \right] \int_{S^*}^{U_D} f_H dS \\
&\quad + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\
&= 2.31517822612724x_1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E(X|D) &= x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H x_4}{hf_H + (1-h)f_D} + \frac{(1-h)f_D x_2}{hf_H + (1-h)f_D} - C \right] f_D dS \\
&\approx x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \left[ \frac{hf_H(3.25)x_4 + (1-h)f_D(3.25)x_2}{hf_H(3.25) + (1-h)f_D(3.25)} - C \right] \int_{S^*}^{U_D} f_D dS \\
&= 2.41118728441328x_1
\end{aligned}$$

近似計算であるが、 $h=0.625$ では、 $E(X|D)$ がわずかに $E(X|H)$ を越えることがわかる。したがって、私たちは、具体的に、 $h$ が0.5と0.6の区間で、 $E(X|D)$ と $E(X|H)$ が交差することを明らかにできる（図12を参照しなさい）。

<sup>41</sup> 次に、 $h$ が0.6の近傍の値をとるとき、特定化した利得および確率分布について、期待利得を計算してみる。ただし、ここでは、積分値を近似計算している。

$h=0.625$ について、 $S^*=2.5$ のとき

$$\begin{aligned}
E(X|H) &= x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H x_3}{hf_H + (1-h)f_D} + \frac{(1-h)f_D x_1}{hf_H + (1-h)f_D} - C \right] f_H dS \\
&\quad + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\
&\approx x_2 \int_{L_H}^{S^*} f_H dS + \left[ \frac{hf_H(3.25)x_3 + (1-h)f_D(3.25)x_1}{hf_H(3.25) + (1-h)f_D(3.25)} - C \right] \int_{S^*}^{U_D} f_H dS \\
&\quad + (x_3 - C) \int_{U_D}^{U_H} f_H dS \\
&= 0.299410671337031 \times 2x_1 \\
&\quad + (0.857616386005451 - 0.299410671337031) \\
&\quad \times \left[ \frac{h \times 0.34853561264216 \times 3x_1 + (1-h) \times 0.134791151856183 \times x_1}{h \times 0.34853561264216 + (1-h) \times 0.134791151856183} - 0.25x_1 \right] \\
&\quad + 0.142383613994549 \times (3x_1 - 0.25x_1) \\
&= 2.31517822612724x_1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E(X|D) &= x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \int_{S^*}^{U_D} \left[ \frac{hf_H}{hf_H + (1-h)f_D} x_4 + \frac{(1-h)f_D}{hf_H + (1-h)f_D} x_2 - C \right] f_D dS \\
&\approx x_2 \int_{L_D}^{S^*} f_D dS + \left[ \frac{hf_H(3.25)x_4 + (1-h)f_D(3.25)x_2}{hf_H(3.25) + (1-h)f_D(3.25)} - C \right] \int_{S^*}^{U_D} f_D dS \\
&= 0.700589328662969 \times 2x_1 + 0.299410671337031 \\
&\quad \times \left[ \frac{h \times 0.34853561264216 \times 4x_1 + (1-h) \times 0.134791151856183 \times 2x_1}{h \times 0.34853561264216 + (1-h) \times 0.134791151856183} - 0.25x_1 \right] \\
&= 2.41118728441328x_1
\end{aligned}$$

近似計算であるが、 $h=0.625$ では、 $E(X|D)$ がわずかに $E(X|H)$ を越えることがわかる。

(4) 特殊ケース

ここでは、先に議論した以外の重要なケースについて、考察しておくことにする。先にみたように、 $h$ が1の近傍の極限の状態からスタートするとき（シグナル閾値は $S^* = U_H$ となるので）、すべての $H$ タイプの個人は、（観察感度をあげることなく）ランダムに協働型オプションで相互作用し、期待利得 $hx_3 + (1-h)x_1 > x_3 - C$ を得る。このとき、 $E(X|D) > E(X|H)$ であるので、 $h$ は次第に低下し、まず、 $hx_3 + (1-h)x_1 = x_3 - C$ の条件を満たすまで低下していく。しかしながら、この時点でも、 $E(X|D) > E(X|H)$ であるので、 $h$ は、さらに低下していくことになる。そこでは、(i) シグナル閾値は $S^* < U_D$ となるので、 $S \geq U_D$ および $S^* \leq S < U_D$ の $H$ タイプは、観察費用を支出し、協働型オプションを選択し、それぞれ、利得 $x_3 - C > hx_3 + (1-h)x_1$ および $x_3 \Pr\{H|S\} + x_1(1 - \Pr\{H|S\}) > x_2$ を得ることになる。さらに、 $S < S^*$ の $H$ タイプの個人は、( $h$ はまだ十分に高い値であるので)、協働型オプションをとることで、利得 $\delta x_3 + (1-\delta)x_1 > x_2$ を得ることになる。しかしながら、この時点でも、まだ、 $E(X|D) > E(X|H)$ であるので、 $h$ はさらに低下していく。そして、(ii) シグナル閾値が $S^* = \bar{S}^*$ まで低下するとき（図11の点 $A$ ： $(\bar{h}, \bar{S}^*)$ のとき）、 $S \geq U_D$ および $S^* \leq S < U_D$ の $H$ タイプの個人の行動および行動結果は変わらないが、 $S < S^*$ の $H$ タイプの個人は、協働型オプションより独立型オプションを選択し、利得 $x_2 > \delta x_3 + (1-\delta)x_1$ を得ることになる。私たちは、このとき、シグナル区間 $S \in [\bar{S}^*, U_D]$ において（あるいは、 $h$ の区間 $h \in [\bar{h}, \hat{h} = 0.875]$ において）、どのようなことが起こるのかを明らかにしておくことにする。

私たちは、関数 $h = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ が描く曲線の一部が、二つの直線 $h = \bar{h}$ 、 $h = \hat{h} = 0.875$ の間に存在するかどうかをみておく。表8からわかるように、シグナル閾値関数 $h = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ は二直線の区間にかかることがわかる<sup>42</sup>。したがって、この区間にかかる関数 $h = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ の曲線部分は、区間 $h \in [\bar{h}, \hat{h}]$ について、シグナル閾値を表すことになる。図11の $GF$ 上の点 $A$ が、それぞれの $h$ について、シグナル閾値 $S^*(h)$ を表すとすると、シグナル値 $S \geq U_D$ 、 $U_D > S \geq S^*$ および $S < S^*$ を持つすべての個人は、協働型オプションを選択することになる。したがって、このときの利得は、 $h$ が極端に高いときと比して、観察費用の支出分だけ利得が低下するだけであり、急激な期待利得の低下は生じない。しかしながら、 $H$ タイプの人口構成比率が $h < \bar{h}$ まで低下すると、 $S < S^*$ の個人は独立型オプションで相互作用し、利得 $x_2$ を得るので、大きな期待利得の低下が生じることになる。ただし、この区間での $D$ および $H$ タイプの期待利得の大小関係 $E(x|D) > E(X|H)$ は変わらない。

これらのことからいえることは、極限の母集団については、 $h$ がゼロに近い値をとるとき、 $E(X|H) > E(X|D)$ であり、また、 $h$ が1に近い値をとるとき、 $E(X|H) < E(X|D)$ である。さらに、 $E(X|H)$ および $E(X|D)$ は単調増加関数であり、しかも、 $E(X|H)$ の増加率は、 $E(X|D)$ より相対的に低いので、二つの期待利得曲線は $h$ の中位のある値で一度だけ交差することになる。

$h$ がゼロの近傍のとき、 $E(X|H) > E(X|D)$ であり、また、 $h$ が1の近傍のとき、 $E(X|H) < E(X|D)$ であるので、( $E(X|H) > E(X|D)$ のとき、 $h$ は増加し、逆のとき、 $h$ は減少するというルールを適用することで)、 $h$ の安定均衡は二つの期待利得曲線が交差する点であることを明らかにで

<sup>42</sup> ただし、二つの直線 $h = \bar{h}$ 、 $h = \hat{h} = 0.875$ の区間にかかる部分は、ごく微小であるので計算誤差によるものかどうか判然としない。しかし、均衡には影響を及ぼさない。

きる（この均衡は、 $E(X|H)$ が $E(X|D)$ の左上から交差するので、すなわち、交差以前は、 $E(X|H) > E(X|D)$ であり、交差後は $E(X|H) < E(X|D)$ であるので、安定均衡といえる）。ここでも、また、図1のように確率分布を特定化し、そして、また、表1のように利得を特定化すると、期待利得曲線 $E(X|H)$ および $E(X|D)$ 、さらに、 $h$ の安定均衡 $E$ は図12のように表せる。

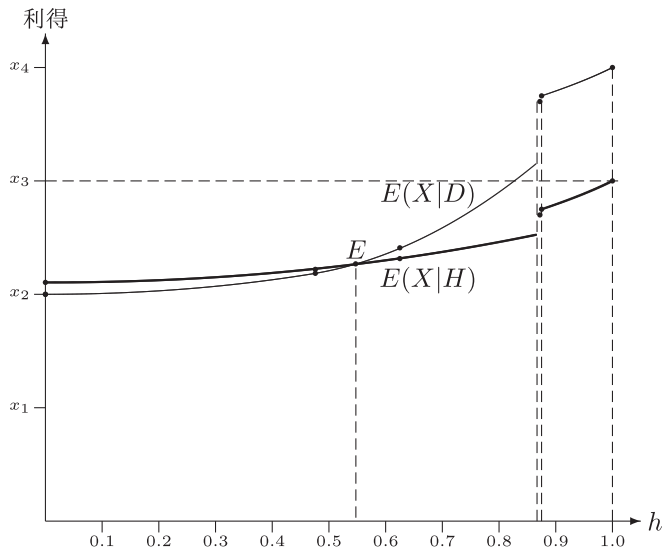


図12. 観察費用があるときの均衡

私たちは、ここで、図12より鮮明になった二つの特徴について議論しておくことは価値がある。そのひとつは、二つの期待利得曲線は $h$ の高位の値について不連続となることである。なぜ、このことが起きるのかは先に説明したとおりである。すなわち、 $h$ が1の値に近いとき、シグナル閾値は $S^* = U_H$ であり、すべての個人は、観察費用を支出することなく協働型オプションで相互作用する。ところが、 $h$ が比較的高いとき、 $E(X|H) < E(X|D)$ であるので、 $h$ は低下していくことになる。これにともない、まず、 $S \geq S^*$ の個人が観察費用を追加支出することになる。そして、さらに、 $h$ が低下すると、( $S \geq S^*$ の個人が観察費用を追加支出するだけでなく)、 $S < S^*$ の個人が独立型オプションを選択することになり、そして、このことは、利得の減少を引き起こす。これらの利得の低下は、(図12の) 期待利得曲線の不連続の中に反映されることになる。

もうひとつ注意すべきことは、シグナルの観察に費用がかかるときの $h$ の安定均衡は(図12を参照しなさい)、そうでないときの安定均衡(図7を参照しなさい)よりも大きくなることである(右へシフトする)。観察費用の支出は絶対項で $D$ および $H$ タイプの両グループの期待利得を減少させるが、しかし、この減少は $D$ タイプについてより端的に表れることになる。 $f_D$ の分布は $f_H$ の分布の左側に位置するので、 $S^*(h)$ の右側へのシフトは、 $H$ タイプよりも $D$ タイプの期待利得を減少させるからである。そして、また、シグナル閾値の右側へのシフトは、協働型オプションで相互作用する範囲( $S \geq S^*$ )を減少させ、同時に、独立型オプションでの相互作用の範囲( $S < S^*$ )を増大させることになり、(生起確率だけでなく期待利得に関して)、 $D$ タイプの利得をより減少させることになる。これは、おそらく、 $H$ タイプの個人は、 $D$ タイプとのみ合いの中にいるとき、信頼性のシグナルを求めて、幾ばくかの観察努力を惜しまないという事実を反映す

るものといえる。

## 5. おわりに

私たちのモデルは、あたかも、人々が誠実か不誠実かのどちらかであるかのように人々を扱っている。しかしながら、現実には、誠実あるいは不誠実は二項的資質ではない。ひとりの個人の中に誠実および不誠実の衝動が共存することが予測される。その結果生じる状況は、人々ができれば信頼できる人を探し求めるが、他方、裏切られる可能性に対して常に警戒しながら備えるという局面に遭遇していることである。私たちがモデルの中で直面している状況がまさにそれである。

私たちの分析は、人々は利己的利益を追求するという経済学者の見解と、人々は、しばしば、利己的な性向を超越するという社会心理学者の見解とを調和させようとしている。皮肉なことは、誰もが真に利己的ではないという視点を採用しない限り、協働の利得は十分に達成されることはないということである<sup>43</sup>。したがって、モデルが示唆するように、人々はしばしば嘘をついたり騙すことをやめ誠実であろうとする。この事実は、Kagan (1984) の実証研究のデータと一致する。そして、それは、法的に処罰されることを恐れてのことではなく、単純に、気持ちが晴れないという理由のためである。このような公平性の意識は、効用関数の中で有用な役割を果たしている<sup>44</sup>。たとえば、人々は、しばしば、取引条件が「不公平」と認識するとき、利益機会があろうとも取引を回避しようとする。多くの場合、そのような取引に関わること自体に後ろめたさを感じるので、人々はそのような取引から身を引こうとすると説明される。しかも、このとき、また、人々は実際には利益を得られるが、しかし、不公平な取引には手を染めない手強い交渉人の評判を手にするようになる。彼らのこのような選好構造は、不公平な取引を拒否することが、彼らの将来の利益を拡大することになるため、事実上、長期的な契約保証装置として機能することになる。

私たちは、最終的に、ここで議論しているモデルで、(気持ちが晴れない、あるいは、後ろめたさを感じる等の) 道徳的情操 (それは、おそらく、実際に超自我の根拠となるものである) が発露する根拠となる論理を明らかにしようとしている。私たちが、不公平な取引には手を染めない等の選好構造をもつのは (ひいては、気持ちが晴れない、あるいは、後ろめたさを感じる等の気持ちを抱くのは)、そのことが、長期的な成長あるいは利益拡大をもたらすことを意識しているからである。

最後に、道徳的情操も、また、利己的利益と同様、人々の選択行動に大きな影響を持つ。近代経済学者は、これらの情操から生じる行動を、標準モデルの範囲外にあると考えている。しかし、このような見解は必要でも生産的でもない。確かに、効用最大化の枠組は、人間行動の理解、および、予測のために有用であることがわかっている。しかしながら、効用関数の特定化に際して、人間の道徳的情操に対してより広汎に注意を払うことは、モデルの適用範囲を格段に広げることになると思われる。

---

<sup>43</sup> このことは、もちろん、私たちは、決して、経済学で一般的にいわれている狭義の利己的効用関数と衝突しないとするものではない。経済学のモデルで特徴的な個人が確かに存在する。しかし、私たちの大部分 (経済学者も含む) はそれらのことに上手に折り合いをつける努力をしている。

<sup>44</sup> Frank (1985b, chs. 2,5,6) を参照しなさい。



## 参考文献

- [ 1 ] Akerlof, George, “The Market for ‘Lemons’,” *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 84, No. 3, 1970, pp. 488-500.
- [ 2 ] Akerlof, George, “Loyalty Filters,” *American Economic Review*, Vol. 73, No. 1, 1983, pp.54-63.
- [ 3 ] Axelrod, Robert, *The Evolution of Cooperation*, New York: Basic Books, 1984.
- [ 4 ] Becker, Gary and Stigler, George, “De Gustibus Non Est Disputandum,” *American Economic Review*, Vol. 67, No. 2, 1977, pp. 76-90.
- [ 5 ] Coelho, Philip, “An Examination into the Causes of Economic Growth: Status as an Economic Good,” *Research in Law and Economics*, Vol. 7, 1985, pp. 89-116.
- [ 6 ] Darwin, Charles, *The Expression of Emotions in Man and Animals* (1872), Chicago: University of Chicago Press, 1965.
- [ 7 ] Dawkins, Richard, *The Selfish Gene*, New York: Oxford University Press, 1976.
- [ 8 ] Ekman, Paul, *Telling Lies*, New York: W. W. Norton, 1985.
- [ 9 ] Frank, Robert H., “Interdependent Preferences and the Competitive Wage Structure,” *Rand Journal of Economics*, Vol. 15, No. 4, 1984a, pp. 510-520.
- [10] Frank, Robert H., “Are Workers Paid Their Marginal Products?” *American Economic Review*, Vol. 74, No. 4, 1984b, pp. 549-571.
- [11] Frank, Robert H., “The Demand for Unobservable and Other Nonpositional Goods,” *American Economic Review*, Vol. 75, No. 1, 1985a, pp. 101-116.
- [12] Frank, Robert H., *Choosing the Right Pond*, New York: Oxford University Press, 1985b.
- [13] Frank, Robert H., “The Nature of the Utility Function,” in A. MacFadyen and H. MacFadyen, eds., *Economic Psychology*, Amsterdam: North-Holland, 1986.
- [14] Frank, Robert H., “If *Homo Economicus* Could Choose His Own Utility Function, Would He Want One with a Conscience?” *American Economic Review*, Vol. 77, No. 4, 1987, pp. 593-604.
- [15] Frank, Robert H., *Passions Within Reason: The Strategic Role of Emotions*, New York: W. W. Norton, 1988.
- [16] Hamilton, W. D., “The Genetical Theory of Social Behavior,” *Journal of Theoretical Biology*, Vol. 7, Issue 1, 1964, pp. 1-16.
- [17] Hirshleifer, Jack, “Economics from a Biological Viewpoint,” *Journal of Law and Economics*, Vol. 20, No. 1, 1977, pp. 1-52.
- [18] Hirshleifer, Jack, “Competition, Cooperation, and Conflict in Economics and Biology,” *American Economic Review Proceedings*, Vol. 68, Issue 2, 1978a, pp. 238-243.
- [19] Hirshleifer, Jack, “Natural Economy Versus Political Economy,” *Journal of Social and Biological Structures*, Vol. 1, Issue 4, 1978b, pp. 319-337.
- [20] Hirshleifer, Jack, “On the Emotions as Guarantors of Threats and Promises,” UCLA Department of Economics Working Paper No. 337, 1984, 31pp.
- [21] Kagan, Jerome, *The Nature of the Child*, New York: Basic Books, 1984.
- [22] Konner, Melvin, *The Tangled Wing*, New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1982.
- [23] Krebs, John R. and Dawkins, Richard, “Animal Signals: Mind Reading and Manipulation,” in J. R.

- Krebs and N. B. Davies, eds., *Behavioral Ecology: An Evolutionary Approach*, 2nd ed., Sunderland: Sinauer Associates, 1984.
- [24] Lykken, David T., *A Tremor in the Blood*, New York: McGraw-Hill, 1981.
- [25] Rubin, Paul, "Evolved Ethics and Efficient Ethics," *Journal of Economic Behavior and Organization*, Vol. 3, Issues 2-3, 1982, pp. 161-174.
- [26] Rubin, Paul, and Paul, Chris, "An Evolutionary Model of Taste for Risk," *Economic Inquiry*, Vol. 17, Issue 4, 1979, pp. 585-596.
- [27] Schelling, Thomas C., *The Strategy of Conflict*, New York: Oxford University Press, 1960.
- [28] Schelling, Thomas C., "Altruism, Meanness, and Other Potentially Strategic Behaviors," *American Economic Review Proceedings*, Vol. 68, No. 2, 1978, pp. 229-230.
- [29] Trivers, Robert L., "The Evolution of Reciprocal Altruism," *Quarterly Review of Biology*, Vol. 46, No. 1, 1971, pp. 35-57.
- [30] Trivers, Robert L., *Social Evolution*, Menlo Park: Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1985.
- [31] Wilson, Edward O., *Sociobiology*, Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press, 1975.
- [32] Wilson, Edward O., *On Human Nature*, Cambridge: Harvard University Press, 1978.