シグナリング・ゲームについて

松村　良平

1. はじめに

本稿は，シグナリング・ゲームとよばれる数理モデルに関する入門的な解説を行い，ある種の社会現象をモデル的なアプローチで考えることを可能にしようという目的で書かれたものである．

われわれはしばしば，学生が高い教育を受けようとしたりする行動がシグナリング行動という言葉で説明されるのを耳にすることがある．これはどういうことなのだろうか．いま，高い教育を受けても，社会に出てから役に立つような知識や技術を得ることはないものと仮定しよう．このとき，なぜ高い教育をうけようとする者がいるのだろうか．もし，社会に出て高い生産力を示すことのできるものが，そうでない者より高い教育を容易に（低コストで）受けられるのだとしたら，高い教育を受けることは，自分が高い能力をもつ者であることを示す効果があると考えられるだろう．このような効果をねらった行動がシグナリング行動とよばれるのである．この種のシグナリング行動としては，他にも，高い広告費を払ってまで自社の製品を宣伝しようとする企業の行動などさまざまなものが考えられる．

本稿では，このようなシグナリング行動・シグナリング効果を数理的に記述，説明するモデルを解説する．次節では，シグナリング・ゲームのゲーム理論の中での位置付けを行い，このモデルを説明するのに必要な準備的知識である，完備情報ゲーム，不完備情報ゲームについての定式化と解説を行う．3節で，これらの準備をふまえて，シグナリング・ゲームを定式化する．シグナリング・ゲームの解概念はかなり複雑なものである．4節では，理解を助けるための具体例を二つほどあげる．ここで，解を実際に計算し吟味することで，このモデルについての理解が深まることを期待している．

なお，情報集合，ゲーム・トリーといったゲーム理論の基本的な用語については知っているものと仮定しているので，これらの用語についての知識がない方は末尾の文献を参考にしていただきたい．

2. ゲームの分類

まず2章では，シグナリング・ゲームがゲーム理論の中でどのように位置付けられるのかを理解するために，ゲームの分類を行う．（非協力）ゲーム理論で扱うゲームには様々なものがあるが，以下の観点からいくつかのタイプに分けることが可能である．

(1) プレイヤーの持つ情報による分類

(a) 完備情報…すべてのプレイヤーはゲームの構成要素（プレイヤー，利得関数 etc.）について完全な知識を持っており，かつ他のプレイヤーも完全な知識を持っていることを知っている．さらに，自分が他のプレイヤーが完全な知識を持っていることを知っていることを他のすべてのプレイヤーが知っている，というような連鎖がすべて成り立つケース．この事をゲームの構造がすべてのプレイヤーに共有知識となっている，と言う．

(b) 不完備情報…ゲームの構成要素が共有知識になっていないケース．この不完備情報ゲームの中の特別なクラスとして，非対称情報ゲームがある．これは，情報優位に立つプレイヤーが存在するようなゲームのことである．

(2) 手番による分類

(a) 同時手番（静学ゲーム）…すべてのプレイヤーが同時に手番を取るケース．このクラスのゲームの解概念としてはナッシュ均衡が代表的である（完備情報の場合）．

(b) 逐次手番（動学ゲーム）…すべてのプレイヤーが逐次的に手番を取るケース．このクラスのゲームの解概念としてはサブ・ゲーム完全均衡が代表的である（完備情報の場合）．

まつむら　りょうへい
東京工業大学
〒152-8550 目黒区大岡山 2-12-1

シグナリング・ゲームは非対称情報，逐次手番のゲームのクラスとして位置付けられる．

次に，シグナリング・ゲームとそこでの解概念を定式化するために，完備情報ゲームの定式化，不完備情報ゲームの定式化という順番に説明していきたい．ここでは簡単のため，2プレイヤー・ゲームを考えることにする（本稿では以後基本的に2プレイヤー・ゲームのみを考えることにする）．

2.1 完備情報ゲーム

完備情報ゲームはプレイヤーの集合 $N=\{i|i=1, 2\}$，プレイヤー i の行動集合 A_i，プレイヤー i の利得関数 U_i という三要素から構成される．$A=A_1\times A_2$, $U(a)=(U_1(a), U_2(a))$，ただし $a\in A$ とするとき，完備情報ゲーム Γ は一般に $\Gamma=(N, A, U)$ と表せる．

情報が完備である，すなわちすべての情報が共有知識であるということは，プレイヤー1，2ともに N, A, U を知っている，そしてプレイヤー1，2ともに，二人とも N, A, U を知っていることを知っている…というような連鎖がすべて成り立つということである．このゲームでの解概念は次のように表せる．

定義[ナッシュ均衡]　行動の組 $a^*=(a_1^*, a_2^*)$ が次の条件をみたすとき a^* はゲーム Γ のナッシュ均衡であるという．

$$u_1(a_1^*, a_2^*)=\max\{u_1(a_1, a_2^*)|a_1\in A_1\}$$
$$u_2(a_1^*, a_2^*)=\max\{u_2(a_1^*, a_2)|a_2\in A_2\}$$

2.2 不完備情報ゲーム

次に，プレイヤーの利得関数が共有知識になっていないケースを考える．ここでは，プレイヤー1，2にともに二種類のタイプがあり（ここでタイプとは，プレイヤーのいわば特性を表すものと考えられたい），相手がどちらのタイプであるのかについて正確にはわからないという状況を考えよう．プレイヤー i の可能な利得関数を $u_i(a, t)$ とする．ここで，$a\in A$, $A=A_1\times A_2$，ただし A_i はプレイヤー i の行動集合，$t\in T$, $T=T_1\times T_2$，ただし T_i はプレイヤー i のタイプ集合とする．利得関数はタイプごとに定義されていることに注意されたい．さらに，プレイヤー i が自分のタイプ t_i を知っているときにもつ，他のプレイヤーのタイプ（これを t_{-i} で表す）に関する信念を確率分布 $p_i(t_{-i}|t_i)$ で表す．通常は，$p_i(t_{-i}|t_i)$ が t_i に依存しないものと考えることが多い．不完備情報ゲームでは，戦略というものはタイプから行動への関数として定義される．例えば，プレイヤー1の戦略集合 S_1 は定義域 $T_1=\{t_{11}, t_{12}\}$ から値域 A_1 への関数全体の集合のことである．

プレイヤーの集合を $N=\{i|i=1, 2\}$，プレイヤー i のもつ，プレイヤー j のタイプに関する信念を p_i，プレイヤー i のタイプの集合を T_i，プレーヤー i の戦略集合を S_i，プレーヤー i の利得関数を U_i とする．さらに，$S=S_1\times S_2$, $T=T_1\times T_2$, $U=U_1\times U_2$ としたとき，不完備情報（静学）ゲームは一般に $\Gamma'=(N, S, T, U, (p_i))$ と表せる．

ハルサーニは，このような不完備情報ゲームに次のような解釈を与えた．

(1)　自然がまず T 上の確率分布 $p(t)$ に従って $t=(t_1, t_2)$ を決定するという手番を持つ．

(2)　このとき，プレイヤー i は自分のタイプ t_i は知るが，他のプレイヤーのタイプ t_{-i} についてはわからない．

(3)　次に，各プレイヤーは，それぞれの行動集合から同時にある行動を選択する．

(4)　各プレイヤーが利得 $u_i(s_1, s_2, t)$ を得る．

ただし，各プレイヤーの信念に次のような仮定を置く．すなわち，(2)において，各プレイヤーが自分のタイプを知る際，そのプレイヤーは信念 $p_i(t_{-i}|t_i)$ をベイズルール

$$p_i(t_{-i}|t_i)=\frac{p(t_{-i}, t_i)}{\sum_{t_{-i}\in T_{-i}}p(t_{-i}, t_i)}$$

を用いて更新する．

ここで $p(t)$ がプレイヤー間の共有知識になっていることに注意されたい．

このようなゲームの解概念として，ベイジアンナッシュ均衡がある．

定義[ベイジアン・ナッシュ均衡]

戦略の組 $s^*=(s_1^*, s_2^*)$ が次の条件をみたすとき s^* はゲーム Γ' のベイジアン・ナッシュ均衡であるという．

任意の $t=(t_1, t_2)$ に対して

$$u_1(s_1^*(t_1), s_2^*(t_2))$$
$$=\max\{\sum_{t_2\in T_2}u_1(a_1', s_2^*(t_2), t)p_1(t_2|t_1)|a_1'\in A_1\}$$
$$u_2(s_1^*(t_1), s_2^*(t_2))$$
$$=\max\{\sum_{t_1\in T_1}u_2(s_1^*(t_1), a_2', t)p_2(t_1|t_2)|a_2'\in A_2\}$$

例　ある財の複占市場を考える．需要関数は $D=a-P$（D は総需要量，P は価格，a は定数）であるとする．企業1の費用関数は $C_1(q_1)=b_1q_1$ であるが（q_1 は企業1の生産量），企業2の費用関数には不確実性があり，確率 p で $C_2(q_2)=b_hq_2$，確率 $1-p$ で $C_2(q_2)=b_lq_2$ であるものとする（q_2 は企業2の生産量）．こ

のとき企業1の費用関数については両企業とも正確な知識を持っているが，企業2のそれについては企業2自身のみが正確な知識を持ち，企業1は確率分布しかわからないものとし，そしてこれらのことは，共有知識であるものとする．行動が(q_1, q_2)，タイプが(b_1, b_2)のときの企業iの利得を$u_i((q_1, q_2), (b_1, b_2))$とする．

このとき，$T_1=\{b_1\}$, $T_2=\{b_h, b_l\}$, $p_2(b_1|b_h)=p_2(b_1|b_l)=1$, $p_1(b_h|b_1)=p$, $p_1(b_l|b_1)=1-p$とかける．企業2の戦略は二つのタイプのそれぞれのケースでの生産量のベクトル$(q_2(b_l), q_2(b_h))$で表現できる．ただし，$q_2(b_l)$は費用関数が$C_2=b_lq_2$であるようなタイプの企業の生産量を，$q_2(b_h)$は費用関数が$C_2=b_hq_2$であるようなタイプの企業の生産量をそれぞれ表している．

この問題の均衡解を求めてみよう．ベイジアン・ナッシュ均衡を$(q_1^*, (q_2^*(b_l), q_2^*(b_h)))$とする．

$q_1+q_2=D$であるから，企業2の戦略が$q_2^*=(q_2^*(b_l), q_2^*(b_h))$のときの企業1の期待利得は$p((a-q_1-q_2^*(b_h)-b_1)q_1+(1-p)(a-q_1-q_2^*(b_l)-b_1)q_1$である．一方，企業1の戦略が$q_1^*$ときの企業2の期待利得は，タイプが$b_l$のとき$((a-q_1^*-q_2)-b_l)q_2$，タイプが$b_h$のとき$((a-q_1^*-q_2)-b_h)q_2$である．よって，これらの最大化問題を解いて

$$q_1^*=(a-2b_1+pb_h+(1-p)b_l)/3$$
$$q_2^*(b_l)=(a-2b_l+b_1)/3-p(b_hb_l)/6$$
$$q_2^*(b_h)=(a-2b_h+b_1)/3+(1-p)(b_h-b_l)/6$$

となる．

3. シグナリング・ゲーム

次に，プレイヤー達が逐次的に手番をとっていくという動学的ゲームを考える．シグナリング・ゲームは不完備動学ゲームの中でも最も代表的なクラスのゲームである．シグナリング・ゲームとは標準的には次のようなゲームである．

(1) 自然が，シグナルの送り手のタイプtを，ある確率分布$p(t)$に従ってタイプの集合Tから選ぶ．この時，送り手は自分のタイプを知るが，受け手は確率分布$p(t)$しかわからない．

(2) 送り手はtを知った後，あるシグナル（メッセージ）mをシグナルの集合Mから選び，受け手に送る．

(3) 受け手はシグナルmを知った後（タイプは正確には知らない），ある行動aを行動集合Aから選ぶ．

(4) 送り手の利得$U_s(t, m, a)$と，受け手の利得$U_r(t, m, a)$が決まる．

シグナリング・ゲームにおける完全ベイジアン均衡と呼ばれる均衡概念は以下のとおりである．

定義[完全ベイジアン均衡] シグナリング・ゲームにおける完全ベイジアン均衡とは，次の条件1から3を満たす$m^*(t), a^*(m), p(t|m)$の組のことである．

条件1 各シグナル$m\in M$のそれぞれについて，受け手はそのシグナルを送ったプレイヤーがどんなタイプであるのかについての信念$p(t|m)$を持っており，これ以降のゲームでは，この信念のもとで自らの期待効用を最大化する行動$a^*(m)$をとる．

$$U_r(t, m, a^*(m))$$
$$=\max\{\sum_{t\in T}p(t|m)U_r(t, m, a')|a'\in A\}$$

条件2 各タイプ$t\in T$のそれぞれについて，送り手は$a(m)$を所与として自らの効用を最大化するようなシグナルm^*を送る．

$$U_s(t, m^*, a(m^*))$$
$$=\max\{U_s(t, m', a(m'))|m'\in M\}$$

条件3 各シグナル$m\in M$それぞれについて，もし$m(t)=m$となるようなタイプtが存在したとき，そのようなタイプの集合をT^*とする．そのmに対応する情報集合上では，受け手は次のようなルールで信念を更新する．

$$p(t|m)=\frac{p(t)}{\sum_{t\in T^*}p(t)}$$

4. 具体例

例 就職と学歴のモデル

シグナルの送り手は労働者（就職希望者），受け手

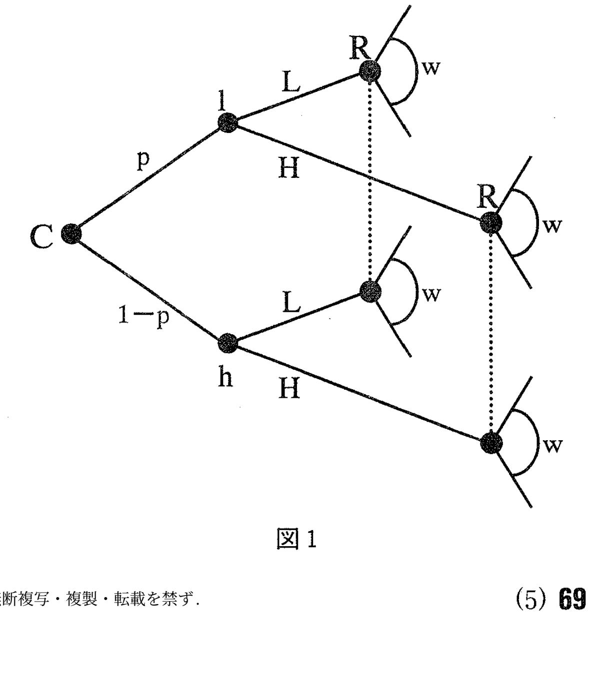

図1

は雇用を検討している企業，タイプは労働者の生産能力，シグナルは労働者の教育水準の選択，行動は支払われる賃金とする．ここでは，多数の企業が一人の労働者をめぐって競争しているものとし，また，教育を受けることで労働者の生産性がアップすることはないものと考える．

(a) 自然は労働者の生産能力 t を $\{l, h\}$ という（ただし，l は低い生産能力を，h は高い生産能力を表す実数値で，$l<h$ をみたしている）タイプ集合 T の中からそれぞれ確率 $p, 1-p$ で選ぶ．労働者本人は自分の能力が l か h かについて正確にわかっているが，企業の方は確率 p で l ということがわかっているだけである．

(b) 労働者は自分の受ける教育水準 e を $\{L, H\}$ という（ただし，L は低い教育水準を，H は高い教育水準を表す実数値で，$L<H$ をみたしている．）シグナル集合 M の中から選ぶ．労働者の利得を $U_s=w-e/t$ と設定することは自然であろう．ここで，w は企業が労働者に支払う賃金を表す．第二項は教育を受けることの不効用（コスト）であるが，生産能力の高いものほど教育にかかるコストは小さいという訳である．

(c) 企業は就職希望者の出したシグナル e を観察し，彼（彼女）に提示する賃金 w を A の中から決定する．企業の利得は $U_r=t-w$ とする．

(d) 両者が利得を得る．

このゲームにおいて送り手の純粋戦略は下記の四通りある．ただし，各順序対の一番目の要素はタイプ $t=l$ の送り手のとるシグナルを，二番目の要素はタイプ $t=h$ の送り手のとるシグナルを表す．(1), (2)のように，どのタイプのプレイヤーも同じシグナルを送る場合の戦略を一括型戦略，(3), (4)のように，タイプによって，送るシグナルが異なる場合の戦略を分離型戦略という．一括型戦略，分離型戦略が均衡をなすとき，これらの戦略よりなる均衡を，それぞれ一括均衡，および分離均衡という．

(1) (L, L)

(2) (H, H)

(3) (L, H)

(4) (H, L)

これらの戦略が均衡戦略となりうるかについて検討することで均衡概念の理解を深めてみたい．

(1) 送り手が均衡外の手をとった場合の情報集合における受け手のタイプに関する信念を，$p(l|H)=q$, $p(h|H)=1-q$ としよう．

受け手の戦略について…受け手がシグナル L を観察したとき，タイプ l もタイプ h もともに均衡戦略として L をとりうるので，$p(l|L)=p/(p+(1-p))=p$ となる．このとき受け手の期待利得は $U_r=\{pl+(1-p)h\}-w$ で，競争を仮定しているので，$w=pl+(1-p)h$ となる．一方，シグナル H を観察したとき，これは均衡上にない．$p(l|H)=q, p(h|H)=1-q$ と仮定したので，受け手の期待利得は $U_r=\{ql+(1-q)h\}-w$ で，$w=ql+(1-q)h$ となる．よって，受け手の最適行動は $(pl+(1-p)h, ql+(1-q)h)$ となる．

送り手の戦略について…受け手の行動が上で与えられたような形になるとき，送り手の送るシグナル (L, L) は最適反応になっているだろうか？　タイプ l のプレイヤーは L を送ることで期待利得 $U_{lL}=pl+(1-p)h-L/l$ を，H を送ることで期待利得 $U_{lH}=ql+(1-q)h-H/l$ を得る．タイプ h のプレイヤーは L を送ることで期待利得 $U_{hL}=pl+(1-p)h-L/h$ を，H を送ることで期待利得 $U_{hH}=ql+(1-q)h-H/h$ を得る．$U_{lL}-U_{lH}, U_{hL}-U_{hH}$ がともに正のとき (L, L) は最適反応となる．

ここで，$p=0.5$ としてみよう．$U_{lL}-U_{lH}=(p-q)l-(p-q)h-(L-H)/l, U_{hL}-U_{hH}=(p-q)l-(p-q)h-(L-H)/h$ となるので，たとえば，$q=0.5$ のとき，ほかのパラメーターの値にかかわらず，(L, L) が均衡となることがわかる．

(2) 送り手が均衡外の手をとった場合の情報集合における受け手のタイプに関する信念を，$p(l|L)=q'$, $p(h|L)=1-q'$ としよう．

(1)のときと同様にして，受け手の最適行動は $(q'l+(1-q')h, pl+(1-p)h)$ と計算できる．

一方，タイプ l のプレイヤーは L を送ることで期待利得 $U_{lL}=q'l+(1-q')h-L/l$ を，H を送ることで期待利得 $U_{lH}=pl+(1-p)h-H/l$ を得る．タイプ h のプレイヤーは L を送ることで期待利得 $U_{hL}=q'l+(1-q')h-L/h$ を，H を送ることで期待利得 $U_{hH}=pl+(1-p)h-H/h$ を得る．今度は $U_{lL}-U_{lH}, U_{hL}-U_{hH}$ がともに負のとき，(H, H) が均衡戦略になるのだが，たとえば，$p=0.5, q'=1$ のとき，これは成り立つ．

(3) 受け手の戦略について…受け手がシグナル L を観察したとき，均衡戦略として L をとりうるのはタイプ l だけなので $p(l|L)=p/p=1$ となる．このとき受け手の期待利得は $U_r=\{1l+(1-1)h\}-w=0$ ゆ

え $w=l$ となる．

一方，シグナル H を観察したとき，$p(h|H)=(1-p)/(1-p)=1$ となるので，受け手の期待利得は $U_r=\{0l+(1-0)h\}-w=0$ で，$w=h$ となる．

受け手の行動が (l, h) になるとき，送り手の送るシグナル (L, H) は最適反応になっているだろうか？タイプ l のプレイヤーは L を送ることで期待利得 $U_{lL}=l-L/l$ を，H を送ることで期待利得 $U_{lH}=h-H/l$ を得る．タイプ h のプレイヤーは L を送ることで期待利得 $U_{hL}=l-L/h$ を，H を送ることで期待利得 $U_{hH}=h-H/h$ を得る．$U_{lL}-U_{lH}>0, U_{hL}-U_{hH}<0$ のとき (L, H) は最適反応となる．$(l-h)-(L-H)/l>0, (l-h)-(L-H)/h<0$ のときに，この分離型戦略が均衡をなす．

(4) (3)と同様に考えて，受け手の最適行動は (h, l) となる．この行動に対して，タイプ l の送り手は L を送ることで，H を送るときよりも高い期待利得を得ることができるので，均衡にならない．

分離均衡では，どちらの手も均衡戦略としてとられたものと解釈されるので，均衡外での信念を特定化する必要はない．企業は高い（低い）教育水準を受けた労働者をみれば，高い（低い）生産能力をもつものと判断する．労働者が均衡戦略から逸脱することが禁じられているわけではないが，低い生産能力の者が高い教育を受けて企業をだまそうとしても，高いコストがかかるし，逆に高い能力のものが低い教育をうけても企業から低い評価を受けるだけなので，いずれにしても均衡から外れた戦略をとるインセンティブをもたない．このようにして，教育がたとえ生産能力を増大させることがなくても，高い能力をもつものにとって，高い教育を受けるということは，自分の能力を社会に示すことができるという意味をもつのである．また，企業の方も教育水準を観察することで，労働者のタイプを選別することができる．これらがシグナリング効果とよばれているものである．

一方，一括均衡が成り立つようなケースでは，教育はシグナリング効果をもたないわけである．

例　勇者ゲーム

少し複雑な例として次のようなゲームを考えよう．これは，自分が勇者であることを人々に示そうとして危険な行為（高いところから飛び降りる，猛獣と格闘するetc.）をしようとしている人間（送り手）とその周囲の人間（受け手）とのシグナリング・ゲームである．送り手には真の勇者で，死をもいとわないというbrave typeとそれほど死を望んでいるわけではないが周囲の人間からの賞賛を欲しているnormal typeの二つのタイプがある．両タイプとも受け手からの賞賛を望んでいる．また受け手は，送り手がbrave typeとわかれば賞賛を，normal typeとわかれば無関心を選択しようと望んでいる．ゲームの手順は以下のとおりである．

(1) まず，自然が確率 p でbrave typeを，$1-p$ でnormal typeを選ぶ．

(2) 次に，送り手がattemptの強さ α（実数値，$0\leq\alpha\leq1$）を選択する．α はケガに至る確率で $\alpha=0$ なら100パーセントケガをする可能性のない行為を，$\alpha=0.5$ なら50パーセントの確率でケガをするような行為を選択するということになる．

(3) ここでまた，自然が確率 α で送り手にケガを $1-\alpha$ で無事をもたらすような手をとる．

(4) 受け手は，送り手がケガをしているかどうか，そしてどの程度の強さのシグナル α を取ったのかについては確認できるが，タイプについては正確にはわからない．このような状況のもとで賞賛 s または無関心 u をとる．

(5) 両者は図にあるような利得を得る．

各順序対の第一番目の要素は送り手の利得である．ここで，$a>b>0, c>d, c>0$ を仮定する．つまり，

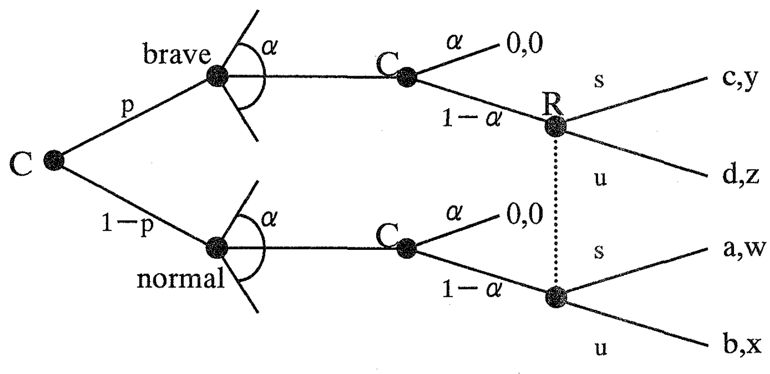

図2

送り手は両タイプとも賞賛を望み，normal typeはたとえ無関心な態度を取られても，ケガをするよりはましだと思っている．brave typeは無関心な態度をとられるよりはケガをすることを選ぶかもしれない．しかしここでは，$d<0$という仮定は置かず，その代わり，それよりやや弱い制約式$ad-bc\leq 0$を仮定する．一方，各順序対の第二番目の要素は受け手の利得である．ここで$0<w<x, 0<z<y$を仮定する．つまり，受け手はnormal typeには賞賛より無関心を，brave typeには無関心より賞賛をとることを好むが，どんなケースでもとにかく送り手の無事を望んでいる．このゲームにはいくつかのベイジアン・ナッシュ均衡が存在するが，Grossman-Perry, cho-Krepsの提案した精緻化の方法を用いていることで望ましくない(unreasonableな）均衡を排除することができる（このような精緻化の方法としては様々なものが提唱されているが，「これを用いれば完全」，というようなものは存在しない．完全ベイジアン均衡などもすべて精緻化の一つの方法であるが，これによっても望ましくない均衡が残ってしまう場合もある．上に述べた精緻化の方法も，今回のモデル分析では望ましくないと考えられる均衡を排除することに成功したが，いつも成功するとは限らない)．

最終的には次の均衡のみが排除されずに残ることになる．

$p\geq(x-w)/\{(x-w)+(y-z)\}$の時，送り手は両タイプとも$a=0$をとり，受け手はどんな場合でも$s$をとる．

$p<(x-w)/\{(x-w)+(y-z)\}$の時，normal typeは$a=0$を，brave typeは$a=a/(a-b)$をとり，受け手は$a\geq a/(a-b)$を観察したとき，sを，それ以外はuをとる．

これはつまりこういうことである．

送り手がbrave typeであるという事前確率が（他のパラメータに比べて）十分低いとき，受け手はある強度より強いattemptを観察したときのみに賞賛を取る．一方，真の勇者は自分のタイプを明かすようにシグナリング行動をとり，そうでないものは何も起こさない．

5. おわりに

シグナルは，不完備情報ゲームの主体が，情報の不完備性を取り除こうとした結果生ずるものと解釈することもできる．たとえば，学歴というものがなかったときに比べて，学歴というシグナルを導入することによって，労働者の能力を選別しやすくなった，すなわち情報不完備性が減少したと考えられる．

しかし，一般にどんな不完備情報でもこのやり方で対処できるわけではないだろう．このようなとき，どのように不完備情報に対処すればよいのだろうか．もちろん，ハルサーニの方法に従い，通常の不完備情報ゲームとして扱うこともできる．しかし，一般に情報不完備性が主体間の共有知識であるとは限らない．このように，状況に関する認識が主観的である場合の多主体意思決定問題を扱う理論としてハイパーゲーム理論がある．また，主体が情報不完備性を取り除こうとしたとき，シグナルを導入する以外にも方法があるかもしれない．プレーヤーがより良い状況を達成するべくゲームを書き換えていくプロセスを扱う理論にドラマ理論がある．これらの理論についてはこの特集の他の記事を参考にしていただきたい．

参考文献

[1] Rosenthal R. W.: "Suicide attempts and signalling games", Mathematical Social Sciences, 26, pp. 25-33 (1993).

[2] エリック・ラスムセン（細江他訳）: "ゲームと情報の経済分析 I, II", 九州大学出版会 (1991).

[3] ロバート・ギボンズ（福岡他訳）: "経済学のためのゲーム理論", 創文社 (1995).

[4] 有定愛展: "ゲームと情報の経済理論", 勁草書房 (2000).