2国間の経済援助に関する交渉モデル

01900730　東京工業大学 社会工学科　渡辺隆裕 WATANABE Takahiro

1　研究の動機と背景

本論文は2国間の経済援助の問題において、非援助国の持つ情報とそれを聞き出して援助額を決める援助国側の交渉の問題について考察をする。ここで考える経済援助はあるプロジェクトに対する援助であり、援助額の選択とプロジェクトの選択は一体して選択される場合を考えている。

経済協力の問題を語る際に、よく「相手の状況と援助額の大きさを考慮した援助を」ということが言われる。例えば工場を建てる場合の被援助国の持つ技術力、橋を架ける場合の被援助国側の需要、これらの状況によって援助する側が選択するプロジェクトと援助の額は変わるべきであろう。しかし、被援助国の技術力や経済状況を援助する側の事前調査のみで把握するのは難しく、被援助国側の正確な情報提供が決定的に重要である。この場合、援助する側はできるだけ経済効率の高い援助を行いたいと思うのに対し、援助される側はついつい効率性よりは金額の大きな援助や大きなプロジェクトにひかれてしまうため、自国の技術力や経済状況を援助国に過大に申告してしまうということがあるのではないだろうか。被援助国より情報を聞き出そうとした場合の被援助国側の誤った申告の行動や援助国の情報提供はどのようにプロジェクトの選択に関わってくるのであろうか、援助国の行動はどのようになるのだろうか。そして交渉の方法等で援助国の正しい申告を引き出すような方法はあるのだろうか。

本論文は上記のような2国間の交渉モデルをゲーム理論の中の不完備情報 (incomplete information) モデルの中の　Sender-Receiver game (または Cheap-Talk game) というクラスのモデルに定式化し分析することを試みる。

2　記号と定義

以下のように記号を定義する。なおここで任意の有限集合 X について ΔX は X 上のすべての確率分布の集合を表すものとする。またここで確率分布 $p \in X$ は X から $[0,1]$ への関数として表現される。すなわち $\Delta X = \{p | p: X \to [0,1], \Sigma_{x\in X} p(x) = 1\}$ とする。まずプレーヤーの集合を $N = \{J, S\}$ とする。J が援助国、S が被援助国である。S国は自分で需要の属性 $T = \{H, L\}$ (高・低) がどちらであるか知っており、J国は援助の代替案 $A = \{a_h, a_l\}$ を選択する。$f \in \Delta T$ をA国の属性に対する事前確率 $(f(H), f(L) > 0)$ とし、「交渉がない」時はJ国はこれのみに従って代替案の選択をする。J国の援助が $a \in A$、S国の属性が $t \in T$ の時のJ国、S国の利得をそれぞれ $u_J(a,t)$, $u_S(a,t)$ とする。

また「交渉があるとき」はS国は $M = \{m_h, m_l\}$ の中からS国の属性を申告 (高・低) し、J国はそれをもとに代替案 $A = \{a_h, a_l\}$ を選択する。J国の交渉戦略はS国の申告が $m \in M$ であったときのJ国が援助案 $a \in A$ を選択する確率である。これを $p(a|m)$ で表す。一方S国の交渉戦略はS国の属性が $t \in T$ であったときの、申告 $m \in M$ を行う確率である。これを $q(m|t)$ で表す。またJ国、S国の交渉戦略は以上のような p,q で表される。p,q の集合を $\mathcal{P}, \mathcal{Q}$ で表すことにする。

両国の交渉戦略の組 (p,q) が与えられたもとで、属性が $t \in T$ であるときのS国の期待利得 $U_S(p,q|t)$ は以下のようになる。

$$U_S(p,q|t) = \Sigma_{a\in A}\Sigma_{m\in M} p(a|m)q(m|t)u_S(a,t)$$

一方、両国の交渉戦略の組 (p,q) が与えられたもとで、事前確率が f であるときのJ国の期待利得 $U_J(p,q|f)$ は以下のようになる。

$$\begin{aligned} &U_J(p,q|f) \\ &= \Sigma_{t\in T}\Sigma_{m\in M}\Sigma_{a\in A} f(t)q(m|t)p(a|m)u_J(a,t) \end{aligned}$$

交渉が起きたときの結果の考え方として Baysian equilibrium を定義しよう。

定義 1 戦略の組 (p^*, q^*) が次の条件を満たすとき、(p^*, q^*) をこのゲームの *Baysian Equilibrium (BE)* であるという：

$$\begin{aligned} &U_J(p^*, q^*|f) \geq U_J(p, q^*|f) \quad \forall p \in \mathcal{P} \\ &U_S(p^*, q^*|t) \geq U_S(p^*, q|t) \quad \forall q \in \mathcal{Q} \quad \forall t \in T \end{aligned}$$

しかしながら一般的には BE では不完全な定義になることがある。そのために perfect Baysian equilibrium を定義する。J国がS国から申告 $m \in M$ を受けたときに、それからS国の需要に対する信念 β を $\beta: M \to \Delta T$ として与える。β は次のような条件を満たすことが要求される。

定義 2 (p,q,β) が任意の $m \in M$ 次の条件を満たすことを *Bayes - Consistent (BC)* であると呼ぶ：

$$\beta(t|m)\Sigma_{s\in T} f(s)q(m|s) = f(t)q(t|m)$$

任意の申告 m を受けた条件のもとでJ国の行動 a が最適になっているという条件は、a が交渉がない場合の $\beta(m)$ における最適戦略になっている条件と考えることができる。この条件を sequential rationality と呼ぶ。

定義 3 (p,q,β) が任意の $m \in M$ で次の条件を満たすとき *Sequential Rational (SR)* であると呼ぶ：

$$\begin{aligned} &\Sigma_{t\in T}\Sigma_{a\in A}\beta(t|m)p(a|m) \\ &\geq \Sigma_{t\in T}\Sigma_{a\in A}\beta(t|m)p'(a|m) \quad \forall p' \in \mathcal{P} \end{aligned}$$

perfect Baysian equilibrium は以下のように定義できる。

定義 4 ある信念βが存在して戦略と信念の組 (p^*, q^*, β) が次の条件を満たすとき、(p^*, q^*) をこのゲームの *Perfect Baysian Equilibrium (PBE)* であるという：

(a) (p^*, q^*) が BE である。
(b) (p^*, q^*, β) が SR である。
(c) (p^*, q^*, β) が BC である。

定義より perfect Baysian equilibrium は BE である。しかしこの逆は一般の不完備情報ゲームでは成立しない。今回の交渉のあるゲームではこの逆も成立する。

命題 1 今回の交渉のあるゲームでは PBE と BE は同値である。

3 結果

まず利得に次のような仮定をおく。

$$u_J(a_H, H) > u_J(a_L, L) > u_J(a_L, H) > u_J(a_H, L)$$

$$u_S(a_H, H) > (u_S(a_L, L), u_S(a_H, L)) > u_S(a_L, H)$$

これは既に説明した援助国と非援助国の内容を表現している。なお $u_S(a_L, L)$ と $u_S(a_L, H)$ の大小関係によって、場合を分け $u_S(a_L, L) > u_S(a_L, H)$ の時を common interests case $u_S(a_L, L) < u_S(a_L, H)$ の時を conflict interests case と呼ぶことにする。

表記を簡単にするため記号 $l_J(L), l_J(H)$ を次のように定める。

$$\begin{aligned} l_J(L) &= u_J(a_l, L) - u_J(a_h, L) \\ l_J(H) &= u_J(a_h, H) - u_J(a_l, H) \end{aligned}$$

$l_A(t)$ はＳ国の需要が本当は t であったときに、Ｊ国が誤った選択をして失われる利益である。

定理 1 交渉のないときのＪ国の最適戦略は
$f(H)l_J(H) > f(L)l_J(L)$ の時 a_hを選択し,
$f(H)l_J(H) < f(L)l_J(L)$ の時 a_lを選択する
ことである。

さて交渉が行われた場合のゲームにおいて結果を分ける要因は２つある。１つは conflict interests か common interests かであり、もう一つは交渉がないときの選択を分ける要因である $f(H)l_J(H) > f(L)l_J(L)$ の大小関係である。ここで記号を簡単にするため、$\phi = \frac{l_J(L)f(L)}{l_J(H)f(H)}$ とする。

定理 2 交渉が行われた場合のゲームの *conflict interests* のケースを考える。このとき $BE\,(p^*, q^*)$ は次のようなものになる。
$f(H)l_J(H) > f(L)l_J(L)$ の時:
$(f(H)l_J(H) > f(L)l_J(L)$ の時):

$$p^*(a|m) = \begin{cases} 1 \quad (0) \quad a = a_h \quad \forall m \in M, \\ 0 \quad (1) \quad a = a_l \quad \forall m \in M. \end{cases}$$

q^* は

$$\phi \cdot q^*(m_h|L) \geq q^*(m_h|H) \geq \phi \cdot q^*(m_h|L) + 1 - \phi$$
$$(\phi \cdot q^*(m_h|L) \leq q^*(m_h|H) \leq \phi \cdot q^*(m_h|L) + 1 - \phi)$$

を満たす任意の q^* で、特に純粋戦略では、

$$q^*(m|t) = \begin{cases} 1 \quad (0) \quad m = m_h \quad \forall t \in T, \\ 0 \quad (1) \quad m = m_l \quad \forall t \in T. \end{cases}$$

のみがこの式を満たす。

混合戦略が入っているので若干ゆらぎがあるが、端的には「conflict interests の場合には交渉の効果はない」事を示している。

定理 3 交渉が行われた場合のゲームの *common interests* のケースを考える。このとき BE は３種類あり、１つは *conflict interests case* と同じである。(よって $f(H)l_J(H), f(L)l_J(L)$ の大小関係によって均衡点は変わる）あとの２種類は $f(H)l_J(H), f(L)l_J(L)$ の大小関係によらず以下のようになる。

$$\begin{array}{llll} (1) & p: & p(a_h|m_h) = 1, & p(a_l|m_h) = 0 \\ & & p(a_h|m_l) = 0, & p(a_l|m_h) = 1 \\ & q: & q(m_h|H) = 1, & q(m_l|H) = 0, \\ & & q(m_h|L) = 0, & q(m_l|L) = 1. \\ (2) & p: & p(a_h|m_h) = 0, & p(a_l|m_h) = 1 \\ & & p(a_h|m_l) = 1, & p(a_l|m_h) = 0 \\ & q: & q(m_h|H) = 0, & q(m_l|H) = 1, \\ & & q(m_h|L) = 1, & q(m_l|L) = 0. \end{array}$$

２つあるうちの一つはＳが自分の type を正直に伝え、Ｊがそれに対し正しく選択を行う場合である。もう一つの均衡は、メッセージm_lが「需要がHである」という事を、m_hが「需要がLである」ということを伝え、それにＳもＪも従うような均衡である。 これは数学的な formulation が言語的な意味を持っていないためでこのような構造を外生的に導入すれば解決できる。(Matthews, Okuno - Fujiwara and Postlewaite (1991), J. Econ Theory 55, 247-273 等を参照のこと)