Ⅳ－182

個人の異質性がミーティング均衡に及ぼす影響に関する研究

京都大学大学院　正会員　松島格也
京都大学大学院　正会員　小林潔司
鳥取大学工学部　正会員　福山　敬

1.　はじめに

本研究では、個人の異質性を考慮したコミュニケーション行動をモデル化する。さらに、異なる個人が互いに相手を代えながら最適なコミュニケーション戦略を採用するようなコミュニケーション過程における、長期的な均衡状態について分析する。

2.　モデル化の基本的な考え方

二種類のタイプに属する個人の集合を考え、それぞれの人数をN_1人、N_2人（$N_1+N_2=N$）とする。離散的な時刻システムを考え、t期の期前に個人は各々ミーティングを行う相手を探索し、出会った相手とミーティングに対する合意が形成されればミーティングを行う。各ミーティングはt期の終わりまでには必ず終了しているものとする。同一の個人が複数のミーティングを行う可能性や、過去にミーティングを行った相手と再びミーティングを形成することを妨げないと考える。

潜在的なミーティング相手に関する情報の利用可能性は人々のミーティング行動に大きな影響を及ぼしうる。相手のタイプに関する情報が利用可能でない場合、探索過程において事前にミーティング相手のタイプが識別できず、異なるミーティング相手に対して同一の探索努力や合意形成行動を採用せざるを得ないという合同均衡（pooling equilibrium）が成立する。一方完全情報が利用できる場合には相手のタイプに応じて探索･合意戦略を差別化した分離均衡（separating equilibrium）が達成される。紙面の都合上本稿では分離均衡のモデル化のみを示すこととする。

3.　ミーティング行動

各個人は日々異なる相手とミーティングを繰り返す。その際各個人は、「タイプi $(i=1,2)$のミーティング相手を探索するか否か」と「タイプi $(i=1,2)$の他人からのミーティングの申し込みを受諾するか否か」を決定する必要がある。したがって、タイプiの個人における純粋戦略η_i^k $(i=1,2;k=1,\cdots,16)$は各タイプに対する探索行動、受諾行動を表すダミー変数の組み合わせ$(u_i^k,w_i^k,\phi_i^k,\psi_i^k)$により記述できる（**表－1**）。いまタイプ1、タイプ2のすべての個人がそれぞれ同一の純粋戦略η_1^k,η_2^lを採用したと考える。ある個人がミーティング相手を探索する際にタイプに関わらず平均α (>0)人の

表－1　完全情報下の純粋戦略

η_i^k	内容	$(u_i^k,w_i^k,\phi_i^k,\psi_i^k)$
η_i^1	（探索、探索、受諾、受諾）	$(1,1,1,1)$
η_i^2	（探索、探索、受諾、拒否）	$(1,1,1,0)$
η_i^3	（探索、探索、拒否、受諾）	$(1,1,0,1)$
η_i^4	（探索、探索、拒否、拒否）	$(1,1,0,0)$
η_i^5	（探索、無策、受諾、受諾）	$(1,0,1,1)$
η_i^6	（探索、無策、受諾、拒否）	$(1,0,1,0)$
η_i^7	（探索、無策、拒否、受諾）	$(1,0,0,1)$
η_i^8	（探索、無策、拒否、拒否）	$(1,0,0,0)$
η_i^9	（無策、探索、受諾、受諾）	$(0,1,1,1)$
η_i^{10}	（無策、探索、受諾、拒否）	$(0,1,1,0)$
η_i^{11}	（無策、探索、拒否、受諾）	$(0,1,0,1)$
η_i^{12}	（無策、探索、拒否、拒否）	$(0,1,0,0)$
η_i^{13}	（無策、無策、受諾、受諾）	$(0,0,1,1)$
η_i^{14}	（無策、無策、受諾、拒否）	$(0,0,1,0)$
η_i^{15}	（無策、無策、拒否、受諾）	$(0,0,0,1)$
η_i^{16}	（無策、無策、拒否、拒否）	$(0,0,0,0)$

交渉相手を発見できるとすると、ミーティングの期待生起頻度は以下のように定義することができる。

$$\left.\begin{aligned}
n_1^1(\eta_1^k,\eta_2^l) &= \overline{a}_1^1+\underline{a}_1^1=\alpha(u_1^k\hat{\phi}_1^k+\hat{u}_1^k\phi_1^k)\\
n_1^2(\eta_1^k,\eta_2^l) &= \overline{a}_1^2+\underline{a}_1^2=\alpha(v_1^k\hat{\phi}_2^l+\hat{u}_2^l\psi_1^k)\\
n_2^1(\eta_1^k,\eta_2^l) &= \overline{a}_2^1+\underline{a}_2^1=\alpha(u_2^l\hat{\psi}_1^k+\hat{w}_1^k\phi_2^l)\\
n_2^2(\eta_1^k,\eta_2^l) &= \overline{a}_2^2+\underline{a}_2^2=\alpha(v_2^l\hat{\psi}_2^l+\hat{w}_2^l\psi_2^l)
\end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

ここに$\overline{a}_i^j,\underline{a}_i^j$，$(i,j=1,2)$はそれぞれ自らミーティング相手を見つけた場合及び相手から見つけられた場合の期待ミーティング数を表す。また記号^は他人が決定する意思決定変数であることを示す。一方、タイプi $(i=1,2)$の個人がタイプj $(j=1,2)$の個人とミーティングを行った場合に得られる一回当たりの効用水準を$\bar{V}_i^j$とする。ミーティングを行わないときの効用水準を$\bar{V}_i^0=0$に規格化し、探索費用及び受諾費用を$1,\varepsilon$と考える。このときタイプiの個人が獲得する利得$v_i(\eta_1^k,\eta_2^l)$を

$$v_1(\eta_1^k,\eta_2^l)=-\{(u_1^k+w_1^k)+\varepsilon(\phi_1^k+\psi_1^k)\}$$
$$+(u_1^k\hat{\phi}_1^k+\hat{u}_1^k\phi_1^k)\bar{v}_1^1+(w_1^k\hat{\phi}_2^l+\hat{u}_2^l\psi_1^k)\bar{v}_1^2 \qquad (2a)$$
$$v_2(\eta_1^k,\eta_2^l)=-\{(u_2^l+w_2^l)+\varepsilon(\phi_2^l+\psi_2^l)\}$$
$$+(u_2^l\hat{\psi}_1^k+\hat{w}_1^k\phi_2^l)\bar{v}_2^1+(w_2^l\hat{\psi}_2^l+\hat{w}_2^l\psi_2^l)\bar{v}_2^2 \qquad (2b)$$

と表すことができる。ここに$\bar{v}_i^j=\bar{V}_i^j/\alpha$は、マッチング費用単位で測定したミーティング効用である。

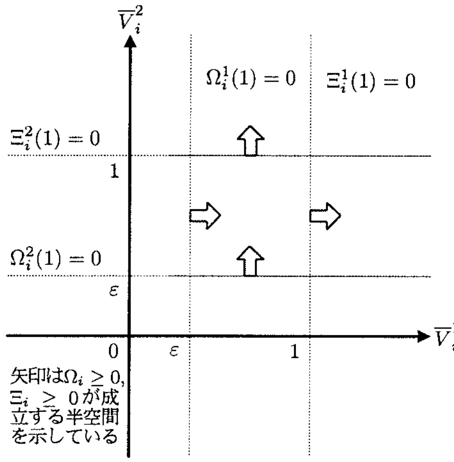
いま、社会において純粋戦略η_i^kを採用する個人がタイプiの個人全体に占める割合を$\xi_i(\eta_i^k)$で表す。各純粋戦略を採用する個人の割合を表すベクトル$\boldsymbol{\xi}_i=\{\xi_i(\eta_i^1),\cdots,\xi_i(\eta_i^{16})\}$を定義する。タイプ1,2のある一人の個人がそれぞれ純粋戦略$\eta_1^{k'},\eta_2^{l'}$を採用したときに得られる期待利得を

$$v_1(\eta_1^{k'};\boldsymbol{\xi}_1,\boldsymbol{\xi}_2)=\sum_{k=1}^{16}\sum_{l=1}^{16}\xi_1(\eta_1^k)\xi_2(\eta_2^l)v_1(\eta_1^{k'};\eta_1^k,\eta_2^l) \qquad (3a)$$

キーワード　ミーティング均衡、情報、フェイス・ツゥ・フェイス
〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL075-753-5073 FAX 075-753-5073

表－2　E.P.W.安定な分離均衡解

	タイプ1 (u_1,w_1,ϕ_1,ψ_1)	タイプ2 (u_2,w_2,ϕ_2,ψ_2)	成立する範囲
A	(1,1,1,1)	(1,1,1,1)	$\Xi_1^1(1)>0,\Xi_1^2(1)>0,\Xi_2^1(1)>0,\Xi_2^2(1)>0,\Omega_1^1(1)>0,\Omega_1^2(1)>0,\Omega_2^1(1)>0,\Omega_2^2(1)>0$
B	(1,1,1,1)	(1,0,1,0)	$\Xi_1^1(1)>0,\Xi_1^2(1)>0,\Xi_2^1(1)>0,\Xi_2^2(0)\leq 0,\Omega_1^1(1)>0,\Omega_1^2(1)>0,\Omega_2^1(1)>0,\Omega_2^2(0)\leq 0$
C	(1,1,1,0)	(0,1,1,1)	$\Xi_1^1(1)>0,\Xi_1^2(1)>0,\Xi_2^1(0)\leq 0,\Xi_2^2(1)>0,\Omega_1^1(1)>0,\Omega_1^2(0)\leq 0,\Omega_2^1(1)>0,\Omega_2^2(1)>0$
D	(1,0,1,1)	(1,1,0,1)	$\Xi_1^1(1)>0,\Xi_1^2(0)\leq 0,\Xi_2^1(1)>0,\Xi_2^2(1)>0,\Omega_1^1(1)>0,\Omega_1^2(1)>0,\Omega_2^1(0)\leq 0,\Omega_2^2(1)>0$
E	(0,1,0,1)	(1,1,1,1)	$\Xi_1^1(0)\leq 0,\Xi_1^2(1)>0,\Xi_2^1(1)>0,\Xi_2^2(1)>0,\Omega_1^1(0)\leq 0,\Omega_1^2(1)>0,\Omega_2^1(1)>0,\Omega_2^2(1)>0$
F	(1,1,1,0)	(0,0,1,0)	$\Xi_1^1(1)>0,\Xi_1^2(1)>0,\Xi_2^1(0)\leq 0,\Xi_2^2(0)\leq 0,\Omega_1^1(1)>0,\Omega_1^2(0)\leq 0,\Omega_2^1(1)>0,\Omega_2^2(0)\leq 0$
G	(1,0,1,1)	(1,0,0,0)	$\Xi_1^1(1)>0,\Xi_1^2(0)\leq 0,\Xi_2^1(1)>0,\Xi_2^2(0)\leq 0,\Omega_1^1(1)>0,\Omega_1^2(1)>0,\Omega_2^1(0)\leq 0,\Omega_2^2(0)\leq 0$
H	(1,0,1,0)	(0,1,0,1)	$\Xi_1^1(1)>0,\Xi_1^2(0)\leq 0,\Xi_2^1(0)\leq 0,\Xi_2^2(1)>0,\Omega_1^1(1)>0,\Omega_1^2(0)\leq 0,\Omega_2^1(0)\leq 0,\Omega_2^2(1)>0$
I	(0,1,0,1)	(1,0,1,0)	$\Xi_1^1(0)\leq 0,\Xi_1^2(1)>0,\Xi_2^1(1)>0,\Xi_2^2(0)\leq 0,\Omega_1^1(0)\leq 0,\Omega_1^2(1)>0,\Omega_2^1(1)>0,\Omega_2^2(0)\leq 0$
J	(0,1,0,0)	(0,1,1,1)	$\Xi_1^1(0)\leq 0,\Xi_1^2(1)>0,\Xi_2^1(0)\leq 0,\Xi_2^2(1)>0,\Omega_1^1(0)\leq 0,\Omega_1^2(0)\leq 0,\Omega_2^1(1)>0,\Omega_2^2(1)>0$
K	(0,0,0,1)	(1,1,0,1)	$\Xi_1^1(0)\leq 0,\Xi_1^2(0)\leq 0,\Xi_2^1(1)>0,\Xi_2^2(1)>0,\Omega_1^1(0)\leq 0,\Omega_1^2(1)>0,\Omega_2^1(0)\leq 0,\Omega_2^2(1)>0$
L	(1,0,1,0)	(0,0,0,0)	$\Xi_1^1(1)>0,\Xi_1^2(0)\leq 0,\Xi_2^1(0)\leq 0,\Xi_2^2(0)\leq 0,\Omega_1^1(1)>0,\Omega_1^2(0)\leq 0,\Omega_2^1(0)\leq 0,\Omega_2^2(0)\leq 0$
M	(0,1,0,0)	(0,0,1,0)	$\Xi_1^1(0)\leq 0,\Xi_1^2(1)>0,\Xi_2^1(0)\leq 0,\Xi_2^2(0)\leq 0,\Omega_1^1(0)\leq 0,\Omega_1^2(0)\leq 0,\Omega_2^1(1)>0,\Omega_2^2(0)\leq 0$
N	(0,0,0,1)	(1,0,0,0)	$\Xi_1^1(0)\leq 0,\Xi_1^2(0)\leq 0,\Xi_2^1(1)>0,\Xi_2^2(0)\leq 0,\Omega_1^1(0)\leq 0,\Omega_1^2(1)>0,\Omega_2^1(0)\leq 0,\Omega_2^2(0)\leq 0$
O	(0,0,0,0)	(0,1,0,1)	$\Xi_1^1(0)\leq 0,\Xi_1^2(0)\leq 0,\Xi_2^1(0)\leq 0,\Xi_2^2(1)>0,\Omega_1^1(0)\leq 0,\Omega_1^2(0)\leq 0,\Omega_2^1(0)\leq 0,\Omega_2^2(1)>0$
P	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	$\Xi_1^1(0)\leq 0,\Xi_1^2(0)\leq 0,\Xi_2^1(0)\leq 0,\Xi_2^2(0)\leq 0,\Omega_1^1(0)\leq 0,\Omega_1^2(0)\leq 0,\Omega_2^1(0)\leq 0,\Omega_2^2(0)\leq 0$



$\Xi_i^1(\hat{\phi}_1^k)=-1+\hat{\phi}_1^k\bar{v}_i^1\quad \Omega_i^1(\hat{u}_1^k)=-\varepsilon+\hat{u}_1^k\bar{v}_i^1$
$\Xi_i^2(\hat{\phi}_2^l)=-1+\hat{\phi}_2^l\bar{v}_i^2\quad \Omega_i^2(\hat{u}_2^l)=-\varepsilon+\hat{u}_2^l\bar{v}_i^2\quad$ (i=1,2)

図－1　効用プロフィルの領域分割

$$v_2(\eta_2^{l'};\boldsymbol{\xi}_1,\boldsymbol{\xi}_2)=\sum_{k=1}^{16}\sum_{l=1}^{16}\xi_1(\eta_1^k)\xi_2(\eta_2^l)v_2(\eta_1^{l'};\eta_1^k,\eta_2^l)\quad(3b)$$

と表す。さらに着目しているタイプiの個人が混合戦略$\boldsymbol{\xi}_i'=\{\xi_i'(\eta_i^1),\cdots,\xi_i'(\eta_i^{16})\}$を採用した場合に当該の個人が獲得できる利得は以下のように表せる。

$$v_1(\boldsymbol{\xi}_1';\boldsymbol{\xi}_1,\boldsymbol{\xi}_2)=\sum_{k=1}^{16}\xi_1'(\eta_1^k)v_1(\eta_1^k;\boldsymbol{\xi}_1,\boldsymbol{\xi}_2)\quad(4a)$$

$$v_2(\boldsymbol{\xi}_2';\boldsymbol{\xi}_1,\boldsymbol{\xi}_2)=\sum_{l=1}^{16}\xi_2'(\eta_2^l)v_2(\eta_2^l;\boldsymbol{\xi}_1,\boldsymbol{\xi}_2)\quad(4b)$$

いま個人の数Nが十分に多いために、ある混合戦略を採用する個人が結果的に採用する純粋戦略を集計化して求めた集団的分布が、その混合戦略の確率分布と一致すると考える。このとき集団均衡として生じるナッシュ均衡は、任意の混合戦略$\boldsymbol{\xi}_1,\boldsymbol{\xi}_2$に対して

$$\left.\begin{array}{l} v_1(\boldsymbol{\xi}_1^*;\boldsymbol{\xi}_1^*,\boldsymbol{\xi}_2^*)\geq v_1(\boldsymbol{\xi}_1;\boldsymbol{\xi}_1^*,\boldsymbol{\xi}_2^*) \\ v_2(\boldsymbol{\xi}_2^*;\boldsymbol{\xi}_1^*,\boldsymbol{\xi}_2^*)\geq v_2(\boldsymbol{\xi}_2;\boldsymbol{\xi}_1^*,\boldsymbol{\xi}_2^*) \end{array}\right\}\quad(5)$$

を同時に満足するような$\boldsymbol{\xi}_1^*,\boldsymbol{\xi}_2^*$として定義できる。

自然淘汰による戦略の安定性を検討するために、ナッシュ均衡戦略が少数のmutantに対して進化的に安定的であるかどうかを分析する。ナッシュ均衡解$\boldsymbol{\xi}_1^*,\boldsymbol{\xi}_2^*$に関して$v_1(\boldsymbol{\xi}_1^*;\boldsymbol{\xi}_1^*,\boldsymbol{\xi}_2^*)=v_1(\boldsymbol{\xi}_1;\boldsymbol{\xi}_1^*,\boldsymbol{\xi}_2^*)$が成立するようなタイプ1の個人の任意の戦略$\boldsymbol{\xi}_1$に対して、

$$v_1(\boldsymbol{\xi}_1^*;\boldsymbol{\xi}_1,\boldsymbol{\xi}_2^*)>v_1(\boldsymbol{\xi}_1;\boldsymbol{\xi}_1,\boldsymbol{\xi}_2^*)\quad(6)$$

が成立する場合、均衡解$\boldsymbol{\xi}_1^*$はタイプ1の任意のmutantに対して進化論的に安定的である。同様にしてタイプ2の任意のmutantに対する均衡解$\boldsymbol{\xi}_2^*$の進化的安定性も定義できる。両タイプの任意の戦略のmutantに対してナッシュ均衡解がpiece wiseに安定的であるとき、均衡解$\boldsymbol{\xi}_1^*,\boldsymbol{\xi}_2^*$は進化論的にpiece wise安定 (evolutionarily piece-wise stable: E.P.W.安定と呼ぶ) であると定義する。

4.　分離均衡

両タイプの個人数を一定と考えてミーティング効用のプロフィル$(\bar{v}_1^1,\bar{v}_1^2),(\bar{v}_2^1,\bar{v}_2^2)$だけを変化させ、それによる合同均衡解のパターンの変化を分析する。効用プロフィル空間はいくつかの排他的な領域に分割され（**図－1**）、両タイプのそれぞれの領域の組み合わせと対応して16通りの均衡解が求まり（**表－2**）、全ての解がE.P.W.安定である。同表においてu_i,w_i,ϕ_i,ψ_iは$u_i=\sum_k\xi_i(\eta_i^k)u_i^k, w_i=\sum_k\xi_i(\eta_i^k)w_i^k,\phi_i=\sum_k\xi_i(\eta_i^k)\phi_i^k,\psi_i=\sum_k\xi_i(\eta_i^k)\psi_i^k$であり、それぞれ探索確率及び受諾確率を意味している。ミーティング相手に関する完全情報が利用できる状況においても、効用プロフィルの値によってはE.P.W.安定な均衡解が複数存在しうる。

5.　おわりに

なお、無情報下の合同均衡に関する分析の説明は省略するが、そこでも複数の安定な均衡解が存在することが判明している。ミーティング相手に関する情報によりミーティングを不必要とする個人に対する申し込みは行われなくなるため、個人レベルでの探索行動を効率化する。しかしマクロレベルでの均衡解の複数性の問題を解決することはできないことが判明した。