合意形成のためのゲーム型形成過程に関するモデル分析

山口大学大学院　学生会員　○水戸崇文　　　山口大学工学部　正会員　榊原弘之

1．はじめに

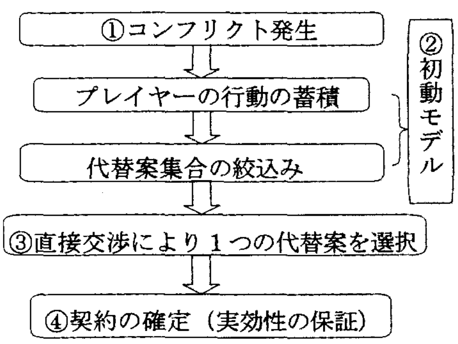
社会基盤整備において、事業者と住民団体、公的機関と民間企業等の間で意見対立が発生することがある。本研究では、このような意見対立を「計画コンフリクト」と呼び、計画コンフリクトが合意に到る過程をモデル分析する。特に当事者（プレイヤー）間の交渉の前提となるゲーム型の形成に着目し、プレイヤーの行動を記述するためのモデルを構築した上で、戦略的な行動規範選択に関する分析を行う。

2．コンフリクトのグラフモデル(Graph Model for Conflict Resolution、GMCR)

Fang *et al.*[1)]によるコンフリクトのグラフモデル（GMCR）を定式化する。$N=\{1,2,\cdots,n\}$をプレイヤーの集合とし、$K=\{k_1,k_2,\cdots,k_u\}$をコンフリクトにおける事象の集合とする。また n 個一組の$\{D_i\}(i=1,2,\cdots,n)$をプレイヤーi が可能な移行を示す有向グラフ $D_i=(K,V_i)$の集合として定義する。k_lk_m を事象 k_l から k_m へのリンクとする。$k_lk_m\in V_i$ であれば、プレイヤーi は事象 k_l から k_m へ自らの意思のみで（一方的に）移行する事ができる。また、利得関数 $P_i:K\rightarrow R$ により、プレイヤーi の事象に対する選好順序が特定される。すなわち $P_i(k_l)>P_i(k_m)$であれば、プレイヤーi は事象 k_m よりも k_l をより高く選好する。以上 GMCR は 4 つ一組の$\{N,K,V,P\}$により定義される。

3．計画コンフリクトの展開

計画コンフリクトの発生から収束（合意）に至る間には、**図－1** のような段階を経ると考えることができる。②で示されている計画コンフリクトの初動段階におけるプレイヤーの行動が、代替案集合の絞り込み（ゲーム型形成）に影響を与えていると考えられる。



図－1　計画コンフリクトの展開過程

4．ケースの想定

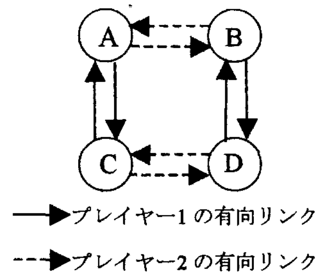
本研究では**表-1** に示す 3 種類の計画コンフリクトの初動段階について分析を行う。いずれのケースも $N=\{1,2\}$(2 人プレイヤー)、$K=\{A,B,C,D\}$(4 事象)である。

表－1　ケースの想定

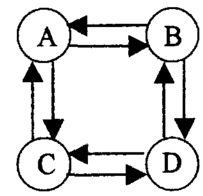
		ケース1	ケース2	ケース3
コンフリクトの概要		合併を目指す 2 都市の新市庁舎の位置を巡る対立	社会基盤整備事業の実行を巡る、事業者対住民団体の対立(事業者は計画通りの事業の実行を最優先)	社会基盤整備事業の実行を巡る、事業者対住民団体の対立(事業者は住民との対話を最優先)
プレイヤー1		都市1	事業者	事業者
プレイヤー2		都市2	住民団体	住民団体
事象	A	両都市とも自らの都市に市庁舎を設けようとする。	事業者は計画を修正し、住民団体は対話に応じる。	事業者は計画を修正し、住民団体は対話に応じる。
	B	両都市とも都市 1 に市庁舎を設けようとする。	事業者は計画を修正し、住民団体は反対運動を激化する。	事業者は計画を修正し、住民団体は反対運動を激化する。
	C	両都市とも都市 2 に市庁舎を設けようとする。	事業者は計画通り実行し、住民団体は対話に応じる。	事業者は計画通り実行し、住民団体は対話に応じる。
	D	両都市とも相手の都市に市庁舎を設けようとする。	事業者は計画通り実行し、住民団体は反対運動を激化する。	事業者は計画通り実行し、住民団体は反対運動を激化する。
選好	プレイヤー1	$P_1(B)>P_1(C)>P_1(A)>P_1(D)$	$P_1(C)>P_1(D)>P_1(A)>P_1(B)$	$P_1(C)>P_1(A)>P_1(D)>P_1(B)$
	プレイヤー2	$P_2(C)>P_2(B)>P_2(A)>P_2(D)$	$P_2(A)>P_2(B)>P_2(D)>P_2(C)$	$P_2(A)>P_2(B)>P_2(D)>P_2(C)$

5．計画コンフリクトの初動モデル

GMCR に基づき代替案絞込みの段階（**図－1** の②）を初動モデルとしてモデル化する。まず**表－1** の各ケースにおいて、各プレイヤーの可能な移行は**図－2** のように示される。また、A～D の事象の遷移関係を表す



図－2　有向リンク



図－3　遷移グラフ

遷移グラフ G は**図－3** のように示される。ここで、プレイヤーi の行動規範 b_i は、K に含まれる任意の事象 k_1 に対して、**図－3** の遷移グラフ G 上で k_1 より到達可能な事象を一意に与える関数として以下のように定義される。

$b_i : k_1 \to k_2, k_2 \in R(k_1, G), R(k_1, G)$: G 上で k_1 から到達可能な事象の集合　(1)

プレイヤーi の行動規範の集合を β_i とする。また $b = (b_1, b_2, ..., b_n)$ を各主体の行動規範の積と呼ぶ。G 上の有向リンクのうち、b の下で実際に生起し得る移行を現す有向リンクのみから構成されるグラフを b の可達グラフと呼び、$G(b)$ と表わす。任意の事象の組 (k_1, k_2) に関して、以下の(2)式～(5)式の条件を満足するように確率 $P(k_1, k_2)$ を設定する。

$P(k_1, k_1) = 1$ ($G(b)$上で k_1 から発する有向リンクが存在しない場合)　(2)

$P(k_1, k_2) \geq 0$ ($G(b)$上で有向リンク $k_1 k_2$ が存在する場合)　(3)

$P(k_1, k_2) = 0$ ($G(b)$上で有向リンク $k_1 k_2$ が存在しない場合)　(4)

$$\sum_{k_2 \in K} P(k_1, k_2) = 1 \qquad \forall k_1 \in K \qquad (5)$$

このとき遷移確率を $P(k_1, k_2)$、状態集合を K とするマルコフ連鎖を定式化することができる。次に以下のように代替案集合を定義する。

定義　$G(b)$上で定義されるマルコフ連鎖の既約な事象により構成される集合を代替案集合とし，$A(b)$ で表す。

表－2　代替案集合に対する選好順序の設定方法

辞書式ルール
事象 k_1, k_2 について $P_i(k_1) > P_i(k_2)$ である場合
$k_1 \in A_1$ かつ $k_1 \notin A_2$ のとき、$A_1 \succ_i A_2$
$k_2 \in A_1$ かつ $k_2 \notin A_2$ のとき、$A_1 \succ_i A_2$
$k_1 \in A_1$，$k_2 \notin A_1$ かつ $k_1 \notin A_2$，$k_2 \in A_2$ のとき、$A_1 \succ_i A_2$
逆辞書式ルール
事象 k_1, k_2 について $P_i(k_1) > P_i(k_2)$ である場合
$k_1 \in A_1$ かつ $k_1 \notin A_2$ のとき、$A_1 \prec_i A_2$
$k_2 \in A_1$ かつ $k_2 \notin A_2$ のとき、$A_1 \prec_i A_2$
$k_1 \in A_1$，$k_2 \notin A_1$ かつ $k_1 \notin A_2$，$k_2 \in A_2$ のとき、$A_1 \succ_i A_2$

6．戦略的な行動規範選択に関する分析

代替案集合に対する選好順位の設定方法として、辞書式ルールと逆辞書式ルール（**表－2** 参照）の 2 種類を組み合わせて用いる。すなわち、プレイヤーi の参照値 r の代替案集合選好順序において、プレイヤーi について事象 k よりも選好の高い事象の数が r-1 以下の場合、事象 k について辞書式ルールを適用し、r 以上の場合、逆辞書式ルールを適用する。非協力ゲーム理論におけるナッシュ均衡の概念を援用して，代替案集合 $A(T,m,b)$ の安定性を以下のように定義する．

定義　行動規範の積 b^* に関して、プレイヤーiのみが行動規範を b_i に変更した場合の行動規範の積を (b_i, b^*_{-i}) と表す．次式が成立する場合，戦略的な行動規範選択の下で代替案集合 $A(b^*)$ は（強）安定であると呼ぶ．

$$A(b^*) \succ_i A((b_i, b^*_{-i})), \quad \forall b_i \in \beta_i, \forall i \in N \qquad (6)$$

ここで、**表－1** の各ケースにおいて参照値 r=0、r=2、r=4 における各プレイヤーの代替案集合に対する選好順位を決定し、代替案集合の安定性を検討する。安定性の検討対象として、全事象集合である{A,B,C,D}と、各ケースにおけるパレート効率的な代替案の集合を取り上げる。また、ケース 3 においては{A,B,C}も取り上げる。**表－3** に各ケースにおける参照値 r=0、r=2、r=4 の場合の安定性を示す。分析結果から、ケース 2 のように、選好順序によっては、調停の有無や、許容度 (r) の設定にかかわらず妥協が困難な場合も存在することが明らかとなった。詳細については講演時に譲る。

表-3　代替案集合の安定性の検討

ケース	代替案集合	r=0 安定性	r=2 安定性	r=4 安定性
1	{ABCD}	×	×	○
	{BC}	×	○	×
2	{ABCD}	×	×	○
	{ACD}	×	×	×
3	{ABCD}	×	×	○
	{AC}	×	×	×
	{ABC}	×	○	×

参考文献 1)Fang,L., K.W. Hipel, and D.M.Kilgour : Interractive Decision Making-The Graph Model for Conflict Resolution、 Wiley-Interscience, 1993.