

学習に基づいた代替案集合の決定過程に関するゲーム論的分析

山口大学工学部 正員 〇榊原弘之

国土交通省中国地方整備局 非会員 河上伸一

1. はじめに 本研究では、社会基盤整備を巡る合意形成の過程において、代替案の集合が絞り込まれ、合意に至る過程をゲーム論的に分析し、自発的に効率的な合意が実現されるための条件について検討する。

2. 合意形成過程のモデル化 本研究では、社会基盤整備を巡る以下のようなコンフリクトを想定する。

Case P：事業者と住民運動のコンフリクト

事業者は常に計画通りの事業の実行を望むのに対し、住民運動は計画の修正を求めている。計画が修正された場合、住民運動側は反対行動を激化させるよりも対話を選好するが、事業が計画通り実行される場合は反対行動を激化させる方を選好する。

この Case P において、実現する可能性のある事象を以下の4通りとする。

- A 計画は修正される。 住民運動は対話に応じる。
- B 計画が修正される。 住民運動は激化する。
- C 計画通り実行。 住民運動は対話に応じる。
- D 計画通り実行。 住民運動は激化する。

事業者をプレイヤー1、住民団体をプレイヤー2 とする。プレイヤー*i* の事象*k* に対する選好を利得関数 $P_i(k)$ により表す。Case P においては以下のように選好順序を仮定する。

プレイヤー1 $P_1(C) > P_1(A) > P_1(D) > P_1(B)$ (1)

プレイヤー2 $P_2(A) > P_2(B) > P_2(D) > P_2(C)$ (2)

事象 A~D は、Case P における合意形成のための代替案と考えることができる。ここで各プレイヤーが4つの代替案のうち1つを相手プレイヤーに提案する状況を想定する。この状況は、4つの提案を各プレイヤーが有する戦略とみなすことより、4つのナッシュ均衡を有するコーディネーションゲーム（図1）としてモデル化可能である。

Young¹⁾は、このようなコーディネーションゲームが多数回繰り返された場合、各プレイヤーの適合学習の結果として、一方のプレイヤーのみが有利とはならない代替案が採択される可能性が高まることを示している。しかし、コーディネーションゲームが成立するためには、プレイヤー間で代替案の集合に関する共通認識が成立している必要がある。実際のコンフリクトに

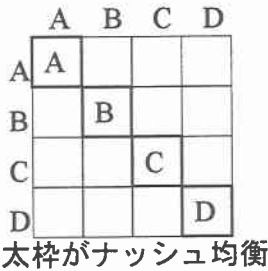


図1 4×4 コーディネーションゲーム

においては、各プレイヤーが想定する代替案が異なり、共通認識が形成されるまでに時間を要することが多い。さらに、ある段階までは代替案となり得たものが、あるプレイヤーの行動以降は代替案として認知されなくなることも起こり得る。すなわち、コンフリクトの時間的推移の中でのプレイヤーの行動が、代替案となり得る事象を絞り込んでいくプロセスに影響を与えていると考えられる。

3. 事前交渉ゲーム 本研究では代替案絞り込みの過程を「事前交渉ゲーム」としてモデル化する。その際、Fang, et al.²⁾によるコンフリクトのグラフモデル(Graph Model for Conflict Resolution, GMCR)と、Young¹⁾の適合学習モデルを適用する。 $N=\{1,2,\dots,n\}$ をプレイヤーの集合とし、 K 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 $\{D_i\}(i=1,2,\dots,n)$ を有向グラフ $D_i=(K,V_i)$ の集合として定義する。 D_i のノードは事象の集合 K の要素である。また、リンクの集合 V_i はプレイヤー i が事象間で可能な移行を示す。さらに、利得関数 $P=\{P_i|K \rightarrow R\}$ 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。GMCR は以上の4つ一組の $\{N,K,V,P\}$ により定義される。GMCR 上で、次のようなグラフを定義する。

定義 遷移グラフ T $T=\{K,V\} \quad V=\bigcup_{i=1}^n V_i$ (3)

遷移グラフは、コンフリクトに関与するいずれかのプレイヤーによって可能となる移行を表現したグラフである。図2に Case P における遷移グラフ T を示す。

T 上の長さ $m-1$ の道(m 個のノードを含む)のことを、長さ m のメモリーと呼ぶ。メモリーの集合 M は、遷移グラフ T に依存する。 T によって規定されたメモリーの

相互関係を示すグラフを、メモリーグラフ $G_M(T,m)$ と呼ぶこととする。明らかに $G_M(T,1)=T$ である。図3は、Case P における $G_M(T,2)$ を示す。

過去の経過に関して共有されている有限長さのメモリーをもとに、いずれかのプレイヤーが意思決定を行う状況を想定する。 $G_M(T,m)$ 上でプレイヤーはある行動規範に基づいて行動する。 $G_M(T,m)$ 上にリンクが存在していても、プレイヤーの行動規範に合致しなければその移行は起こり得ないものとする。各プレイヤーの行動規範の積を B とする。 $G_M(T,m)$ 上のリンクのうち、 B の下で実際に生起し得る移行を示す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、 $G_M(T,m,B)$ と表わす。 $G_M(T,m,B)$ は $G_M(T,m)$ の部分グラフである。各プレイヤーが常に自らにとっての利得が最大となる事象へ移行しようとする行動規範を最適応答行動規範と呼ぶ。また、すべてのプレイヤーが最適応答行動規範を選択した場合の可達グラフを $G_M(T,m,BR)$ と表わす。

Case P の(1),(2)式で表される選好順序における $G_M(T,2,BR)$ は図4のように与えられる。

$G_M(T,m,B)$ 上のリンクで表される、任意のメモリー間の移行が正の確率で生起するとき、事前交渉ゲームは M を状態の集合とするマルコフ連鎖として解釈可能である。このとき代替案集合を以下のように定義する。

定義 代替案集合

$G_M(T,m,B)$ で表わされるマルコフ連鎖の再帰的な集合の要素である各メモリーにおける末尾の事象により構成される集合を代替案集合 $A(T,m,B)$ とする。

代替案集合の定義は次のように解釈可能である。事前交渉ゲームでは、相手プレイヤーの反応をあらかじめ予測する事は困難であり、試行錯誤を繰り返しつつ代替案を絞り込んでゆくと考えられる。当初は多数の代替案が存在していても、プレイヤー間で提案と応答を繰り返すうちに一部の代替案は捨象され、採択される可能性のある代替案の集合が絞り込まれてゆくと考えられる。最終的にある規模の代替案の集合に収束した後は、事前交渉のみで1つに絞り込むことは困難で、図1のコーディネーションゲームが必要となる。

最適応答行動規範(図3)の下では、再帰的な集合は $\{BD, CD\}$ であり、代替案集合は $\{D\}$ である。これは、プレイヤー1(事業者)が自らの望む行動を選択し、プレイヤー2(住民団体)が非協力的な行動を選択する事象 D のみが代替案となることを示している。

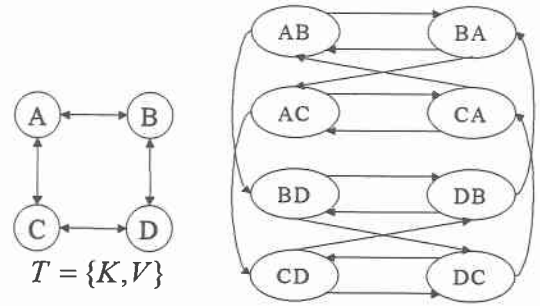


図2 遷移グラフ T

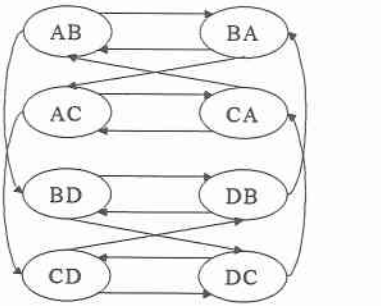


図3 Case P における $G_M(T,2)$

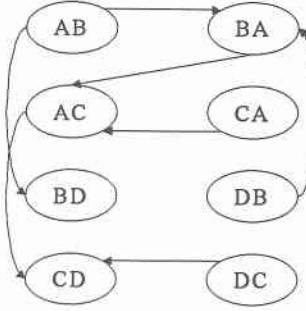


図4 $G_M(T,2,BR)$

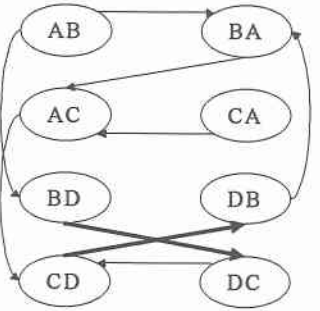


図5 $G_M(T,2,R)$

次に、以下の行動規範を新たに定義する。

定義 融和行動規範 R

$m \geq 2$ のメモリーグラフに関して

- ・現在事象 k に関して $S_i^+(k) \neq \{\phi\}$ の場合は最適応答行動規範と同じ行動をとる。
- ・ $S_i^+(k) = \{\phi\}$ の場合、メモリー末尾の2事象 k, k に関して $P_i(k) > P_i(k)$ かつ $k \notin V_i$ のとき、 $S_i^+(k)$ に含まれる事象に等確率で遷移する。

融和行動規範においては、相手プレイヤーによる自らの利得を引き下げる行動に対し、現状打開のために利得の減少する事象へ移行する行動を許容している。

Case P において、両プレイヤーが融和行動規範を選択した場合の可達グラフ $G_M(T,2,R)$ を図5に示す。図4と比較すると、BD から DC, CD から DB に至るパスが新たに加わり、再帰的な集合は $\{BA, AC, BD, DB, CD, DC\}$ 、代替案集合は $\{A, B, C, D\}$ となる。このとき、D をパレート支配する C が新たに代替案集合に含まれている。

以上の結果から、プレイヤーが最適応答行動規範以外の行動規範を選択することにより、代替案集合が拡大し、最終的な合意形成の結果をパレート改善することができる可能性が存在することが明らかとなった。

参考文献 1) Young, H. P.: Individual Strategy and Social Structure, Princeton University Press, 1998. 2) Fang, L., K. W. Hipel, and D. M. Kilgour: Interactive Decision Making — the Graph Model for Conflict Resolution, Wiley-Interscience, 1993.