

(株)大林組 正員 ○中瀬 大祐 京都大学防災研究所 正員 岡田 憲夫
京都大学防災研究所 正員 多々納 裕一 山口大学工学部 正員 榊原 弘之

1 はじめに 本研究では2人の事業者（以下プレイヤー）による水資源共同事業のための計画プロセスにおける，中立的な調整者の役割について分析を行う。プレイヤーの選好に関する情報が十分に明らかになっていない（不完備情報）状況下で，調整者が調整案を提示するための必要最小限の条件を特定するとともに，提示された調整案がプレイヤーに受容されるか否かをゲーム論的に分析する。

2 コンフリクト調整システムの概要 本研究におけるコンフリクト調整システムを図1で示す。ここで，調整者が，実現すべき事業形態（施設及び費用配分）としてプレイヤーに提示する事象を調整案(A)と呼ぶ。調整案は，「安定性」（プレイヤーが離脱しない），「パレート効率性」の二つの性質を有していなければならないものとする。調整者は事前にはプレイヤーの選好に関して十分な情報を持たないので，調整案として想定した事象が安定性及びパレート効率性を満足しているかを調査，確認した上で，プレイヤーに提示しなければならない。その際，調査によって明らかとなった選好に関する情報も同時に提示するものとする。なお図1中の「情報構造の更新」とは，安定性及びパレート効率性を確認する際に選好に関する情報が順次明らかになることを示している。 $\Phi_i^+(k), \Phi_i^*(k), \Phi_i^-(k)$ はそれぞれ，コンフリクト調整の開始時点においてプレイヤー*i*にとって事象*k*よりも選好が高いことが明らかになっている事象，*k*との選好関係が明らかでない事象，選好が低いことが明らかになっている事象の集合を意味する。安定性，パレート効率性を確認する際に，新たな情報が追加されることにより，これらの集合は，順次 $(\phi_i^+(k), \phi_i^*(k), \phi_i^-(k))$ ， $(\tilde{\phi}_i^+(k), \tilde{\phi}_i^*(k), \tilde{\phi}_i^-(k))$ に更新される。

3 拡張型ロバストネス分析 図1のコンフリクト調整システムにおける下位問題として，事象の安定性，パレート効率性を確認するために必要最小限な

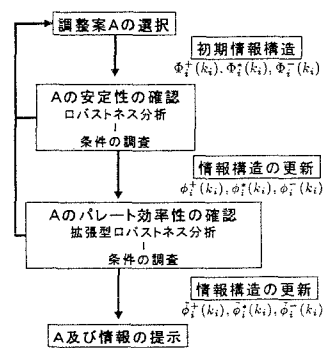


図1：コンフリクト調整システム

選好関係を特定する必要がある。ロバストネス分析¹⁾は，不完備情報下で，任意の発生事象が安定であるための十分条件を得る分析法である。本研究では，これを拡張し，事象がパレート効率的であるための条件を特定する。

$P_i(k)$ はプレイヤー*i*の事象*k*におけるペイオフを示し， $S_i(k)$ はプレイヤー*i*が事象*k*から移行できる事象の集合とする。対象事象がパレート効率的であるための十分条件は，少なくとも一方のプレイヤーにとって，他の全ての事象が対象事象よりも選好が低いことである。従って，事象*k*がパレート効率的であることを確認するための特定すべき条件は以下に示される。

- $k_1 \in \{\phi_i^+(k) \cap \phi_j^*(k)\}$ について

$$P_j(k) > P_j(k_1) \quad (1)$$
- $k_1 \in \{\phi_i^*(k) \cap \phi_j^+(k)\}$ について

$$P_i(k) > P_i(k_1) \quad (2)$$
- $k_1 \in \{\phi_i^*(k) \cap \phi_j^*(k)\}$ について

$$P_i(k) > P_i(k_1) \quad \text{or} \quad P_j(k) > P_j(k_1) \quad (3)$$

4 コンフリクト調整システムの有効性 図1のコンフリクト調整システムの有効性を検討するために，調整者が調整案を関係主体に提示した後のプレイヤーの行動をゲーム理論によりモデル化する。ここで，プレイヤーの選択する戦略として *Myopic* 戦略と *Compromise* 戦略を仮定する。

まず, *Myopic*戦略は, 選好が高い事象に順次移行する戦略とする。

k_n 個の事象を考えると, プレイヤー i の*Myopic*戦略を表す行列 M_i を, $k_n \times k_n$ の行列で表し, k_i 行 k_j 列の行列の要素を, $m_{i,k_i k_j}$ として表わす。

$$m_{i,k_i k_j} = 1 \quad \text{iff} \quad k_j \in S_i(k_i) \cap \tilde{\phi}_i^+(k_i)$$

$$m_{i,k_i k_j} = a \quad \text{iff} \quad k_j \in S_i(k_i) \cap \tilde{\phi}_i^*(k_i)$$

$$m_{i,k_i k_j} = 0 \quad \text{otherwise}$$

$m_{i,k_i k_j} = 1$ ならば, 事象 k_i から事象 k_j に移行し, $m_{i,k_i k_j} = 0$ ならば, 移行しないものとする。調整者の有する情報で, 1か0が明らかでない場合を a とする。

次に, *Compromise*戦略は, 調整案からは移行せず, 調整案以外の事象においては, 自身にとって選好が高い事象に移行する戦略であるとする。

*Compromise*戦略を表す行列 C_i を $k_n \times k_n$ の行列で表わし, k_i 行 k_j 列の行列の要素を, $c_{i,k_i k_j}$ として表わす。

事象 A に対しては

$$c_{i,A k_j} = 0$$

事象 A 以外の事象に対しては

$$c_{i,k_i k_j} = 1 \quad \text{iff} \quad k_j \in S_i(k_i) \cap \tilde{\phi}_i^+(k_i)$$

$$c_{i,k_i k_j} = a \quad \text{iff} \quad k_j \in S_i(k_i) \cap \tilde{\phi}_i^*(k_i)$$

$$c_{i,k_i k_j} = 0 \quad \text{otherwise}$$

そこで, これらの戦略を組み合わせたときに最終的に到達する事象は, (M_1, M_2) のときNash安定解, (M_1, C_2) のときNash安定解, (C_1, M_2) のときNash安定解, そして (C_1, C_2) のとき調整案となる。

5 事例分析 自治体(プレイヤー1)と電力事業者(プレイヤー2)の間での河川環境改善を目的とした共同事業を例に, 想定する事象を図2に示す。また, 事象 MO を調整案とする。ロバストネス分析及び拡張型ロバストネス分析により特定され, 調査により明らかとなったプレイヤーの事象に対する選好関係の一例を図3に示す。矢印の先の事象の方が選好が高いものとする。

このとき, プレイヤーが*Myopic*戦略を選択した場合に最終的に到達する事象(Nash安定解)となり得るのは LU と LD である。電力事業者にとってはどちらの事象も調整案 MO よりも選好が低いいため, *Myopic*戦略を選択する動機は存在しない。一方自治体については, 以下の3ケースが存在する。

$$a) P_1(LD) < P_1(MO) :$$

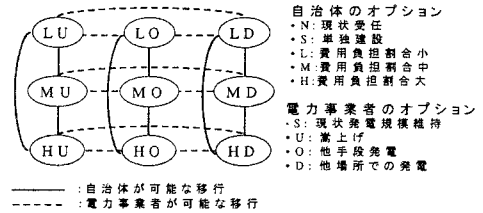


図2: 対象事象

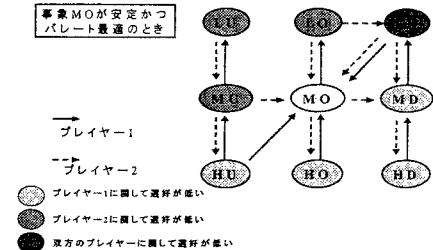


図3: 事象 MO が安定かつパレート最適のとき

自治体は*Compromise*戦略を選択し, 調整案が受容される。

$$b) P_1(MO) < P_1(LU), P_2(LU) < P_2(LD) :$$

*Myopic*戦略を選択した場合に到達する事象は LD であり, これは自治体にとって MO よりも選好が低い。自治体が $P_2(LD) < P_2(LU)$ であることを情報として得ていれば, 自治体は*Compromise*戦略を選択する。一方この情報を有していなければ, LU に到達することを期待して*Myopic*戦略を採ってしまう可能性が存在する。

$$c) P_1(MO) < P_1(LU), P_2(LD) < P_2(LU) :$$

*Myopic*戦略を選択した場合に到達する事象は LU である。自治体にとって LU は MO よりも選好が高く, 従って MO にパレート支配されていない。この場合, 調整者が当初想定した調整案 MO が受容されなくとも, 安定性とパレート効率性を満たした事象が実現することになる。

以上より, ロバストネス分析及び拡張型ロバストネス分析によって特定された情報に加え, 電力事業者の LU , LD の間の選好関係を調査し, 情報をプレイヤーに提示すれば, 少なくとも調整案に対してパレート劣位な事象は実現しないことが保証される。

[参考文献] 1) 榊原弘之, 中瀬大祐, 岡田憲夫: 新規・既存需要間の調整を伴う水配分コンフリクトのモデル分析—水力発電と河川環境を巡って, 土木計画学研究・論文集, No.15, pp79-88, 1998.