

# 連続 Cost sharing game における提携形成実現のための提携形成の時間差を再現したシミュレータ機構の検討

堀江 将章<sup>†</sup> 福田 直樹<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 静岡大学情報学部

<sup>‡</sup> 静岡大学大学院情報学領域

## 1 はじめに

本研究では、MC-nets による協力ゲームの提携構造表現 [1] を使用して定義した Cost sharing game において、提携構造がシミュレーション中に変化する状況を再現し提携構造に慣性を導入したときに、提携を安定させるために必要なパラメータについて検討する。本研究で扱う Cost sharing game は複数のプレイヤーが参加し、複数のタイムステップで構成されており、提携構造は変動する可能性がある。提携構造が形成されるとそれに含まれる提携に属しているプレイヤーはタイムステップの経過とともにその提携に収束することで提携構造の変更に対してコストを発生させる。一度提携に参加したプレイヤーは新たな提携に参加する際に提携構造を変化させるためのコストを必要とし、新たな提携形成が阻害できることが予想されるため、提携構造の慣性を再現できることを検証する。本研究の意義は最適な提携構造が存在しないゲーム、例えば図1に示すような同じ価値を持つ矛盾した提携を持つゲームを解決する手法を提案したことである。Lesca らの報告 [3] によると MC-nets によって表現された矛盾したルールが三つ以上同じゲームに存在するとそのゲームは NP-hard になることが示されている。

## 2 協力ゲームにおける提携構造形成

協力ゲームの分野において、Coalition Structure Generation(CSG) はある状況下での最適な提携構造を生成することを目的としている。提携構造とは全てのプレイヤーがどれか一つの提携に属している状態であり、N 人のプレイヤーからなるゲームにおいて提携構造は  $2^N$  個存在する。最適な提携構造とは、あるプレイヤー

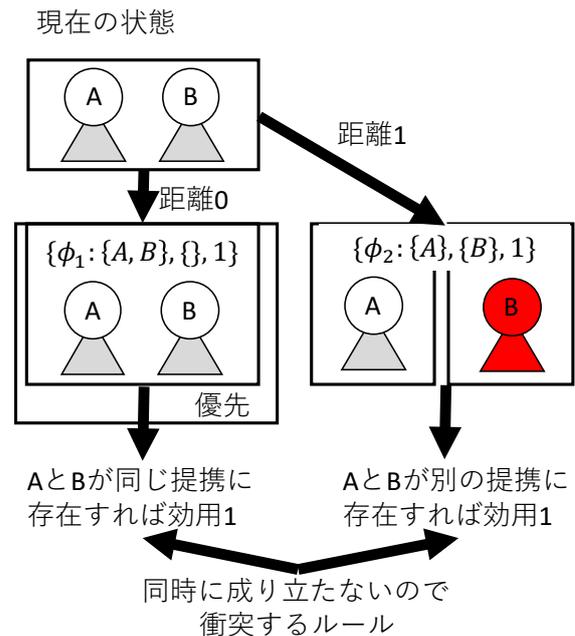


図 1: 時間差を考慮した提携構造形成の例

が他の提携に移動することでその提携から得られる利得が減少してしまう提携構造のことである。Jain らによれば Cost sharing game のモデルは TU(Transferrable Utility), NTU(Non-Transferrable Utility) モデルのどちらにでも適用可能である [2]。本研究では TU モデルで表される Cost sharing game を対象に提携形成シミュレータを試作し検証を行なう。例えば、インターネット接続サービスのサービスプロバイダが顧客をインターネットに接続するネットワークを構築するとき、そのコストを顧客間で分割する必要がある、それは TU モデルに適用された Cost sharing game といえる。

本研究で検討するシミュレータ機構は、図2に示し提携構造の評価器と進化的学習モジュールを実装したマルチエージェントによる提携構造生成器からなる。ゲームの表現は MC-nets[1] に沿って、提携に存在するプレイヤーの集合とそれに対する提携の価値の組のルール

### A Preliminary Coalition Formation Simulator with Inertia on Continuous Cost Sharing Games

Masaaki HORIE<sup>†</sup> and Naoki FUKUTA<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>Faculty of Information, Shizuoka University  
432-8011, Hamamatsu, Japan

<sup>‡</sup>College of Informatics, Academic Institute, Shizuoka University  
432-8011, Hamamatsu, Japan

cs14091@s.inf.shizuoka.ac.jp, fukuta@inf.shizuoka.ac.jp

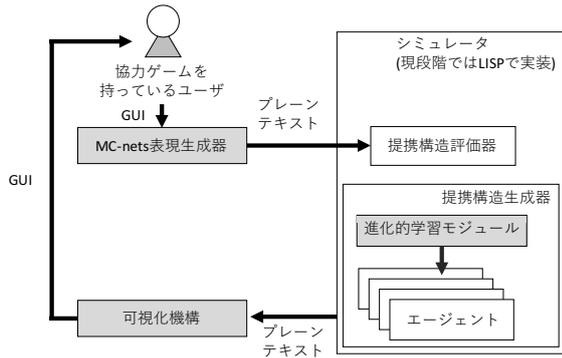


図 2: 提携形成シミュレータの構成

集合として表される。協力ゲームを持っているユーザは GUI を利用して協力ゲームの設定を入力し、裏で動く MC-net による提携ルール生成器がその設定を LISP のリストに変換する。シミュレータは提携ルールと参加するエージェントのリストを LISP の形式で読み込みシミュレーションを行なう。シミュレーションが収束した、もしくは指定した世代を越えた場合にシミュレーションを停止させて最終的な提携構造を出力する。

### 3 本研究のアプローチ

この問題を解決するため、提携構造の慣性を導入したマルチエージェントによるシミュレーションを用いる。本シミュレータのエージェントは初期状態においてランダムに提携を組み、それを提携構造とする。その後、生成された提携構造を予め与えられたゲームの設定に従って評価を行ない各エージェントに効用を伝えるか、複数の提携構造を生成し効用の高いエージェントを選び出し、次の世代とする。新たな提携構造を次状態としてエージェントが新たに提携のオファーを生成し、提携構造を出力する。この時に提携構造間の距離を計算してコストとしてエージェントにフィードバックする。

### 4 検討と考察

本研究で提案した提携構造形成は、エージェント間のオファーによる提携形成と提携構造の効用評価をもとにしたものであり、Lesca らの手法 [3] に挙げられるアルゴリズムによる提携形成とは別のアプローチをとっている。マルチエージェントによる学習を提携構造形成に利用することで協力ゲームの計算不能性を軽減できると考えられる。

本研究では、Cost sharing game における提携形成問題に対して進化的学習を適用することで、適切な提携

### Procedure 1 マルチエージェントによる提携生成の手順 (適当)

**Input:** エージェントの集合  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$

**Output:** 提携構造  $CS_{ret}$

提案の集合  $OSet$  を初期化

提携構造  $CS_{ret}$  を初期化

**for all** A **do**

$Offer \leftarrow$  エージェント  $A_n$  の提携提案  $Offer_n$

$OSet \leftarrow OSet \cup \{A_n, Offer_n\}$

**end for**

**for all**  $OSet$  **do**

提携の提案を元に提携を  $CS_{ret}$  に加え入れていく

**end for**

**return**  $CS_{ret}$

構造を近似的に求める手法について検討を行なった。これにより組み合わせ最適化問題の一つである協力ゲームを実用的な時間で近似的な解を求める手法を検討した。本研究で提案したマルチエージェント提携形成シミュレータでは、エージェントの方策が一つだけであるため、異なる方策を持つエージェントが存在する場合についても検討を進める。

今後の課題としては、エージェントの数を増やした場合の実験時間と実験結果の影響の分析、提案した手法では望ましい提携構造が出力されないようなゲームの種類や性質の調査が挙げられる。

### 参考文献

- [1] Jeong, S. and Shoham, Y.: Marginal Contribution Nets: A Compact Representation Scheme for Coalitional Games, *Proceedings of the 6th ACM Conference on Electronic Commerce, EC '05*, New York, NY, USA, ACM, pp. 193-202 (online), <http://dx.doi.org/10.1145/1064009.1064030> (2005).
- [2] Jain, K. and Mahdian, M.: Cost Sharing (2007).
- [3] Lesca, J., Perny, P. and Yokoo, M.: Coalition Structure Generation and CS-core: Results on the Tractability Frontier for games represented by MC-nets, *Proceedings of the 16th Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems*, International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, pp. 308-316 (2017).