

データベースを用いた多エージェント系のシミュレーション方式

7P-5

大森 匡 星 守

電気通信大学 大学院 情報システム学研究所*

1 はじめに

近年、ログデータベースなどの活動履歴データが大規模化するにつれ、こうした大規模データベースを用いた知識獲得などの応用が注目されている。我々はこうした大規模なログデータベースの利用方法の一つとして、多エージェント型システムの行動をその履歴データを使ってシミュレートする、という応用を提案している [1]。本稿では我々が扱っている多エージェント系のモデルと、その行動シミュレーションをゲーム形式で大規模データベース上で行なう方式とを概説する。

2 シミュレーションの方式

2.1 多エージェント系のモデル

本研究では、複数のエージェント達から構成され、かつ共有データベースの上でそれらが同時並行的に動作するようなシステムを扱う。これには次の二種類がある (図1参照)。

場合1 [データ流モデル]: 個々のエージェント X_1, X_2, \dots は内部変数としてデータベースを持っており、エージェント間ではある制約の下でデータ流が存在するモデルである。このデータ流によって各 X_i のデータベースの値は変化していく。図1-aにその構成を示す。図中、共有DBは X_i の内部状態を表すデータベースも含んでいる。

場合1は、業務プロセスモデルや都市活動のシミュレーションモデルなど本質的にデータフロー図で動作記述できるような多エージェント系に対応している。当然、エージェントの間には制約下でのデータ流の出し方によってフィードバックが生じている。都市成長のシミュレーションなどゲームによく出てくる応用はこのモデルで記述できる。

場合2 [分散計画モデル]: 個々のエージェント X_1, X_2, \dots が共有データベース (以下、DBと略記する) から無矛盾な計画を作るよう行動するモデルである。一般には元の共有DBから部分的な (かつエージェント間で無矛盾な) 計画を一時データベースとして作り、その一時データベース (系のある一時的な状態を表す) を元に次の部分計画を作る、という形で系の状態が変化していく。

図1-bにその構成を示す。このモデルはデータベースを資源の集まりと見立て、その上でエージェント間の制約を満たすように資源割り当て問題を解くことを単位として系が進行するような事例が典型的である。いわゆる陣とりゲームや Building Block 問題などがあげられる。

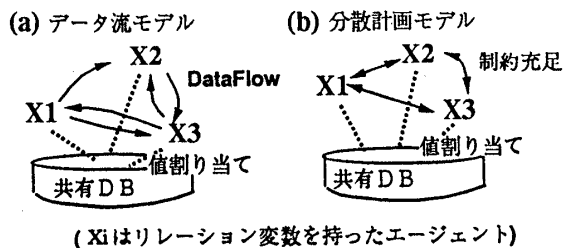


図1: 多エージェントモデル

2.2 DB-DCSP と Evolution による一般化

場合2を一般モデルとして形式化すると、「各エージェント X_i の内部変数 (これは Relation 変数である。エージェント名と同じ X_i で表記する。) ヘタブル集合を共有DBから割り当てるとして、それらの間の関係式 (Relation 変数 X_i を使ったプール式) によって記述された制約を満たすように値を割り当てること」である¹。すなわち場合2は共有データベースを用いた多エージェントによる分散制約充足問題 (DCSP) である。(DB上のDCSPという意味でDB-DCSPと我々呼んでいる。)

DB-DCSPは適用領域が広く、場合1のモデルもDB-DCSPを基本単位として系の進行を記述できる。つまり、各エージェントの内部リレーション変数 X_i を現在値 $X_i\text{-OUT}$ と新しく入力してくる値 $X_i\text{-IN}$ とにわけ、全ての $X_i\text{-OUT}$ からなるデータベースを共有DBと見立てて、制約を満たすように共有DBからデータ流を出し新しい $X_i\text{-IN}$ をエージェント間で決めるようなDB-DCSP、とみなすのである。こうすると、場合1のモデルはこのDB-DCSPを複数ラウンドに渡り実行することで表現できる。(一回の実行を1ラウンドと呼んでいる。) ただし、第 i 回目のラウンドで生成された $X_i\text{-IN}$ とこのラウンドで使われた $X_i\text{-OUT}$ とから次のラウンド ($i+1$) における X_i の値を生成することになる。この新しい X_i の値の生成はゲーム設計という進化 (Evolution) に対応するため、本稿ではこの操作を Evolution と呼ぶ。

図2にこの設計方法の例を示す。図2-aでは各エージェントの内部 relation 変数 X_1, X_2, X_3 の間にはデータ流が存在し、与えられた制約を満たす条件下でその値が変わっていく。このとき、各変数の現在値を $X_1\text{out}, X_2\text{out}, X_3\text{out}$ とし、図2-aのデータ流モデルは図2-bに示すようなDB-DCSP問題に変換できる。図2-bでは共有DBから出てくるデータ流をエージェントと見立ててお

*A Method to Simulate Multi-Agent Systems using a Large Database. T.Ohmori, M.Hoshi (The Univ. Electro-Communication)

¹エージェントごとにタブルを排他的に割り当てる場合とエージェント間で共有する場合とがある。また、通常個々のエージェントは系全体に関する知識は持たない。

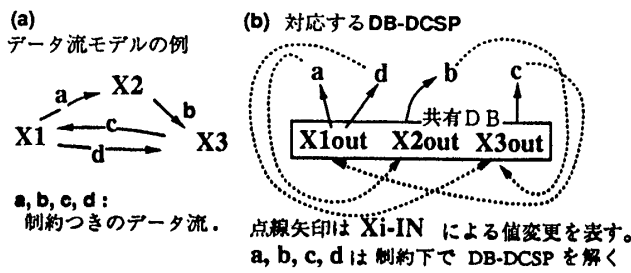


図 2: データ流モデルの DB-DCSP 表現

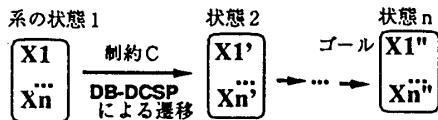


図 3: 一般的なシミュレーションモデル

り、これらエージェントが 共有 DB から出すべきデータ流を 相互の制約を満たすように生成している。

このように、場合 1 のモデルの行動は「ラウンド i において DB-DCSP を解き、その結果によって共有 DB の値を変更して次のラウンド $i+1$ へ移る」という形を 実行単位 (ラウンド一回) とし、これを複数ラウンドに渡り (進化しながら) 実行することで記述できる。当然、場合 2 のモデルの行動もこの方式で記述できる。

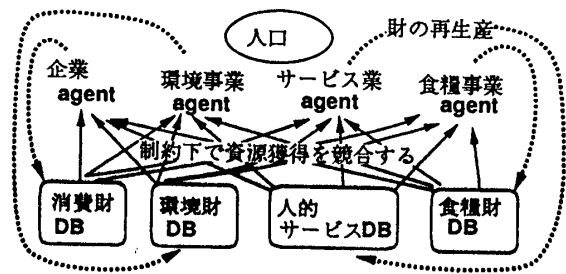
すなわち、上述した記述方式とは：

- ・ ラウンド i における系の状態 S_i をデータベース変数 $\{X1, \dots, Xn\}$ で記述し、
- ・ 系の状態遷移 $S_i \rightarrow S_{i+1}$ を制約 C を満たすように多エージェント間で自律分散的に決め (つまり DB-DCSP を解いて) その結果により次状態へ系を進化させることで系全体の進行を記述することに他ならない。多エージェント系は通常、与えられたゴールを満たすように状態変化していく。(図 3 にこの様子を示した。)

本稿では、対象となる多エージェント系の履歴データを図 1 でいう共有 DB の初期値として与え、その上で上述した方針に沿ってシミュレーションを行なう。当然、履歴データとしてはシミュレートしたい状況を適切に表現するデータを選ぶ。また、本研究ではできるだけ生の (つまり集計加工していない) ログデータを直接シミュレーションで用いることにしている。その理由は、ログデータを直接使うことにより、実データに基づいてエージェントの行動モデルを検証・改良できるからである。この点で、本研究は従来の数式モデルを使った社会システムのシミュレーションなどの前段階に位置づけられる。

2.3 ゲーム形式シミュレーションへの適用

上述した枠組は 大規模ログ・データベースを使ったシミュレーションゲーム (Gaming-Simulation) にも適用できる。本来のゲームでは人間のプレイヤーが対話的に戦略指定を行ったり、外部イベントによって系の状態が勝手に変化する、などの要素をいれてゲーム性を出している。こうした要素を我々の方式に適用すると、図 3 における系



Note: agent は都市資源を使って財を再生産する都市の活動主体。
 点線矢印は資源の再生産を示すデータ流。
 各資源の量によって人口増減や外部事象が起きる。

図 4: 都市開発シミュレーション

の状態 i での実行は 次の手順でなされる：

- (1) 最初に 外部イベントを発生させ プレイヤに対策を決めさせる。次に、プレイヤは 個々のエージェントの行動戦略や お互いの協調戦略を意思決定する。
- (2) 与えられた戦略の下で DB $_i$ を用い DB-DCSP を実行。(DB $_i$ は状態 i を表すデータベース。)
- (3) 実行結果により DB $(i+1)$ へ DB $_i$ を進化させる。

この手順をラウンド 1 回の実行とし、複数ラウンド実行することで全体のシミュレーションが進行する。

例 上述した方針に沿った 都市開発シミュレーションゲームのモデルを図 4 に示す。図 4 では、都市の資源 (環境財、消費財、人的サービス、食糧の 4 種類) が 地域、品目、客層、時間帯などの特徴別のデータベースとして与えられている。都市開発エージェント 4 人は ラウンド一回あたり次の DB-DCSP を行なう：「各エージェントは、これら資源を制約の下で競合して獲得し、それらを使ってある投資量の下で 都市活動を行ない、その利得に応じて 対応する都市資源を増産する²⁾」。事故など外部イベントへの対策やエージェント間の協力戦略によって都市の総資源量を (複数回ラウンドの実行に伴い) 大きくすることがゲームの目的である。詳細は省略するが、当然エージェント間で 資源の再生産を協力した方が お互いに無視しあうよりも都市の財総量は 増えていく。本研究では、こうした都市データベースの変化を 大規模ログデータを使って直接シミュレートできるわけで、従来のような数式モデルによるシミュレーションとは異なる。

3 おわりに

本稿では 多エージェント型組織の行動シミュレーションをそのログデータベースを使って実行するモデルを概説した。大規模データベース上での効率的な処理算法は 文献 1 で提案している。デモを含めた提案方式の評価は別稿 [2] で行ないたい。文献 1：大森 DASFAA'95 (情処)。2：通信学会データ工学ワークショップ 96。(投稿中)

²⁾この例では、各エージェントは それぞれ種類の資源のみを増産する。ラウンドあたりの投資額が多過ぎて損をすると、対応する資源は次には減少してしまう。また、エージェントはラウンド i で得た利得を全て次ラウンドで投資する、とした。そのため都市の資源総量は 単調的には増加できない。(最初は増えるがそのうちに過剰投資で損を出すため減少し始める。フィードバックがかかるので、一度減少してから増加に転じるにはかなりがんばらないとだめ。)