

ゲーミング・シミュレーションによる立地過程の解析

(財) 電力中央研究所 正会員 ○若 谷 佳 史

(財) 電力中央研究所 天 野 博 正

(株) 三菱総合研究所 正会員 西 宮 良 一

1. はじめに

地域開発の問題や経営問題の解析において、利害の競合する複数主体間の拮抗、調整の過程を分析するために、ゲーミング・シミュレーションの手法は、これまでも広く用いられてきた。近年、^{1), 2), 3), 4)} 公共事業や公益事業の実施は反対運動の激化によって遅延傾向にあるが、事業の円滑な推進策を模索するうえで、今後は地元住民とのコンフリクトの解析にもしばしば用いられるようになる。しかしながら、現在のオール・マンのゲーミング・シミュレーションは、すでに定式化された事象への適用は容易であるが、その過程に未解明の部分を多く含む事象の解析に用いるのにはいくつかの問題点がある。その問題点解決の一つの試みとして、プレイヤーの意志決定過程にコンピュータ・シミュレーションを組み込むことにより、新たなタイプのマン・マシン・ゲーミング・シミュレーション・システムの開発を行なった。

2. 立地過程解析のゲーミング・シミュレーション

立地過程(地域開発過程)解析のゲーミングには大きく分けて2つの方式がある。第一は、計画者の訓練用(教育用)のためのゲーミングであり、これは主にアメリカにおいて盛んな方式である。ここでは、コンフリクト(主体間の利害対立関係)はすでにモデル化されており、プレイヤー(ゲーミングにおいて、ある個人または集団の役割を演ずる人)は、その解決の手順を学習することになる。計算機は用いられることも用いられないこともある。計算機を使用するとき、その用途は自然条件や経済条件に関するシミュレーションであり、プレイヤーに判断のための情報を提供する役割を果たす。第二は、コンフリクトの性質自体の解析やコンフリクトの展開の予測に用いられるゲーミングで、日本で近年行なわれるようになった例はこれに該当する。^{4), 5), 7)} この方式においては、ゲーミングの企画者がコンフリクトの性質を研究するのが目的であるため、プレイヤーは単なるゲーミングの一要素に過ぎない。そしてコンフリクトのモデル化自体が目的であるため、モデルの変更が容易なように、オール・マンで行なわれている。

ところで前者の訓練用ゲーミングは、手法としては一応完成されており、商業化されるまでに至っているが、一方、後者の研究用のゲーミングは、いまだかなり問題点を含んでいる。この問題点について整理すると以下のようになる。

- ① 進行係の裁量によりゲームの進行が大きく左右されるため、結果の信頼性に疑問をもたれる可能性がある。
- ② プレイヤーの個性や知識レベルによって、同じくゲームの進行が大きく異なり、プレイヤーの選定により結果の大略がほぼ決定されてしまう。
- ③ オール・マンのゲーミングは、実施に時間がかかり、プレイヤーが飽きたり、疲労を訴えたりするようになることがある。
- ④ 人間の学習効果を考えた上で、ゲームのパラメータを変化させることがむずかしい。

われわれは、ゲーミング・シミュレーションの手法を現実の立地過程に適用できるような実用的手法にすることを意図して、以上の諸点につき改良を試みることにした。

3. シミュレーションの構造

3-1 本システムのねらい

前節の認識にたち、オール・マンのゲーミングを基本としつつ、進行係とプレイヤーの負担を軽減し、さらに

選択のうちの代替案の提示まで（図中破線内）を計算機でシミュレートする。そして提示された行動代替案のうちから1つを選択する作業は人間の役割となる。

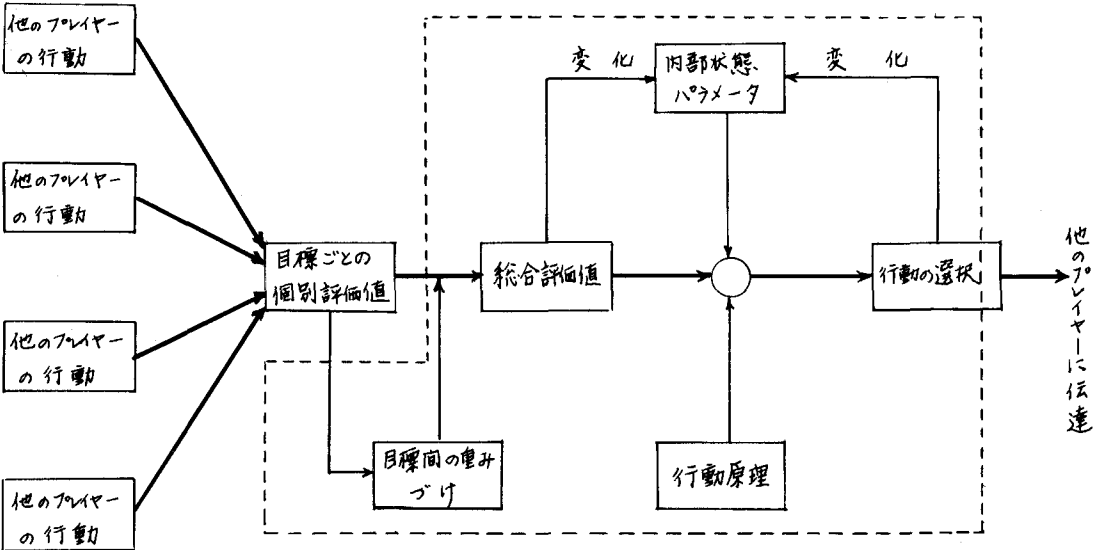


図2 意思決定モデル

4. シミュレーション・システム

4-1 全体構成

本システムにおけるゲーミング・シミュレーションのコントロール・プログラムの最大の特徴は、各プレイヤーの意思決定過程をシミュレートすることである。すなわち、プレイヤーごとに複数の目標と評価尺度を設定し、これらの目標に対する評価値（満足度）をプレイヤーが決め、これに基づいてとることのできるいくつかの行動を計算機が提示するという形になっている。また、プレイヤーに提示する行動は、プレイヤーの特性を表わすパラメータを変化させることにより、選択傾向が変化するようにしている。

以上が本システムの骨子となる部分の構成であるが、次に、システムのメカニズムを説明するために、シミュレーション・プログラムがもつ5つの機能についてふれる。ところで、本プログラムのもっている機能は行動指示機能、ゲーム進行制御機能、行動伝達機能、情報提供機能、その他の機能である。

4-2 行動指示機能

行動指示機能には、プレイヤーの入力した評価値の変換、プレイヤーの内部状態の変更、行動代替案の提示、選択した行動のチェックの4つのサブ機能が含まれている。このうち、評価値の入力から行動代替案の提示までの流れを図3に示す。

(1) 評価値の処理

まず各プレイヤーは、ある時点の競争過程の状態を評価し、プレイヤーごとに設定された各目標についての評価値を手える。その個別評価値は次のようなやり方で総合評価値に変換される。すなわち、プレイヤー i の j 番目の目標についての評価値を x_{ij} とするとき、プレイヤー i の総合評価値 y_i は次式により計算する。

$$y_i = \sum_j w_{ij} \cdot x_{ij}$$

ここで w_{ij} は目標ごとのウェイトで、 $\sum_j w_{ij} = 1$ となるように設定しておく。このウェイトは、ゲーム

開始前にセットしておく。

たとえば今回行った開発過程における紛争を対象とするケースのゲーミング・シミュレーションでは、5人のプレイヤー（事業主体、自治体および反対派住民の主体）のそれぞれについて、行動の目標とそれに関する評価尺度を設定した。

(2) 内部状態の変更

各プレイヤーの内部状態を表すパラメータを設定するが、今回のケースでは表1に示すパラメータを設定した。

表1 各プレイヤーの内部状態パラメータ

プレイヤー	パラメータ
事業主体	情報公開度
自治体	1. 情報公開度
	2. 保守・革新パラメータ
反対派住民 ①②③	組織結合の強さ

(a) 情報公開度パラメータ

情報公開度は、事業主体および自治体が住民側に対して、情報をなるべく公開する方針を採るか、秘密主義で計画を進めるかを表すパラメータである。このパラメータの値はゲーム開始前に初期値としてセットする。

(b) 保守・革新パラメータ

自治体の保守・革新パラメータは、政治的な政策（行動）選択の傾向を示すパラメータであり、保守の場合には開発促進サイド、革新の場合には開発慎重サイドに寄った傾向を示す。このパラメータはゲーム開始前に初期値が与えられ、定期的に行われる選挙結果に基づいて値が変更される。選挙が行われる時期は固定されており、このときに選挙民という架空のプレイヤー（実際にはこの役のプレイヤーは参加せず、プログラム上で設定しているのみである）が評価値を、図3 評価値の処理

入力し、その結果自治体のパラメータが変化する。選挙民は、表2に示す3つの評価尺度を、他のプレイヤーの場合と同様に総合評価値を計算し、これより自治体の新しいパラメータ値が設定される。
括弧内、選挙結果の欄の①は情報度が減り②は保守側になること、③は革新側になることを意味している。これら3つの評価値から、

(c) 組織結合の強さのパラメータ

反対派住民のパラメータは、住民組織の力の強さを表わしており、力が強い場合は強い行動をとり得るようになっていく。このパラメータも初期値としてセットする。

(3) 行動代替案の提示

各プレイヤーに対する行動代替案は、以下の2通りの方法で選ばれる。第一は、「目標追求行動」と呼んでいる行動の選出であり、総合評価値（目標達成度）とパラメータ値により決定されるものである。プレイヤーごとの行動決定要因は、表3に示す項目から構成されていて、行動はこれ



表2 各プレイヤーの行動決定要因

目 標	評価尺度	選挙結果
地域整備	税 収 額	①
公害防止	汚染物排出量	②
所得増加	所 得 増	③

らの要因を軸とした2次元又は3次元の空間上に位置する(図4)。

行動の取り出しは、次のように行なう。図4において総合評価値が a 、パラメータ値が b とすると、図上で座標 (a, b) の点は行動①には含まれず行動②に含まれるので、行動②を取り出す。2次元または3次元の行動決定空間内での各行動の占める範囲は、初期値データとして与える。

行動代替案の提示の第2の方法は、「対応行動」の選定である。対応行動とは、あるプレイヤーの行動の結果、他のプレイヤーがこれに対応して何らかの行動を取らなくてはならなくなったとき、他のプレイヤーのとする行動をいう。例をあげれば、憤闘に対する回答、強行着工に対する突如阻止行動等が対応行動である。

対応行動の選定は、次のように行なう。まず、ゲーミングの開始前に、対応行動を呼び起こす可能性のある行動(これを発端行動と呼ぶ)について予想される対応行動の種類およびその時期(同時期か、ある時間遅れがあるか)をリストアップしておき、発端行動がとられた時にこのリストを検索し、対応行動を選定する。

(4) 選択した行動のチェック

シミュレーション・コントロール・プログラムは、プレイヤーに行動代替案を呈示するが、その呈示の内容は行動の形式のみであり、行動の場合、行動の具体的な内容、行動の働きかけ先については、プレイヤーの判断にゆだねている。そして、プレイヤーは選択の結果を再度プログラムに入力し、行動の場合、働きかけ先のチェックを行なう。

さらに、今回のゲーミングにおいては、各行動をとるのに必要なコストを設定しており、ある行動をとればプレイヤーごとに初期値として設定した資金量より、このコストを差し引くことにしている。そして資金量の残高が負になる場合にはその行動は選択できないので、プログラムよりプレイヤーに再選択を要求する。また、この時点で、プレイヤーが行動のコストおよび自分の資金量の残高を見て、その行動のコストがかかり過ぎると判断した場合には、選択の取り消しが可能である。

図5は、行動指示機能をまとめたものである。

4-3 ゲーム進行制御機能

ゲーム進行制御機能は、つぎのように、プレイヤーの交替、1ラウンド(ゲーム進行の1期)の終了の判定、外生イベントの発生(選挙の実施ほか)、事業進捗率の判定等を行なう。

(1) プレイヤーの交替

進行係からの指示により、シミュレーション・コントロール・プログラムと対話するプレイヤーは順次、交替する。プレイヤーをどのような順序で指名するかは進行係の裁量に任されており、プログラム上の制限はない。プレイヤー交替の指示が入力されたとき、計算機により以下のことが行われる。

- ・1ラウンド終了かどうかの判定
- ・ゲームの状態の記録(各種テーブル類)
- ・外生イベントの発生

(2) 1ラウンド終了の判定

1ラウンドの終了の判定は、以下のどちらかの条件が成立した時に行われる。

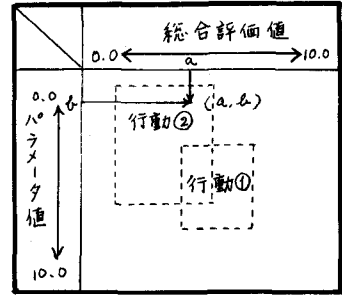


図4 目標追及行動の選定

表3 各プレイヤーの行動決定要因

行動決定 主体別 要因	総合 評価値	組織 結合の強さ	保守革新 パラメータ	情報公開度
事業主体	○	—	—	○
自治体	○	—	○	○
反対派 住民①	○	○	—	—
反対派 住民②	○	○	—	—
反対派 住民③	○	○	—	—

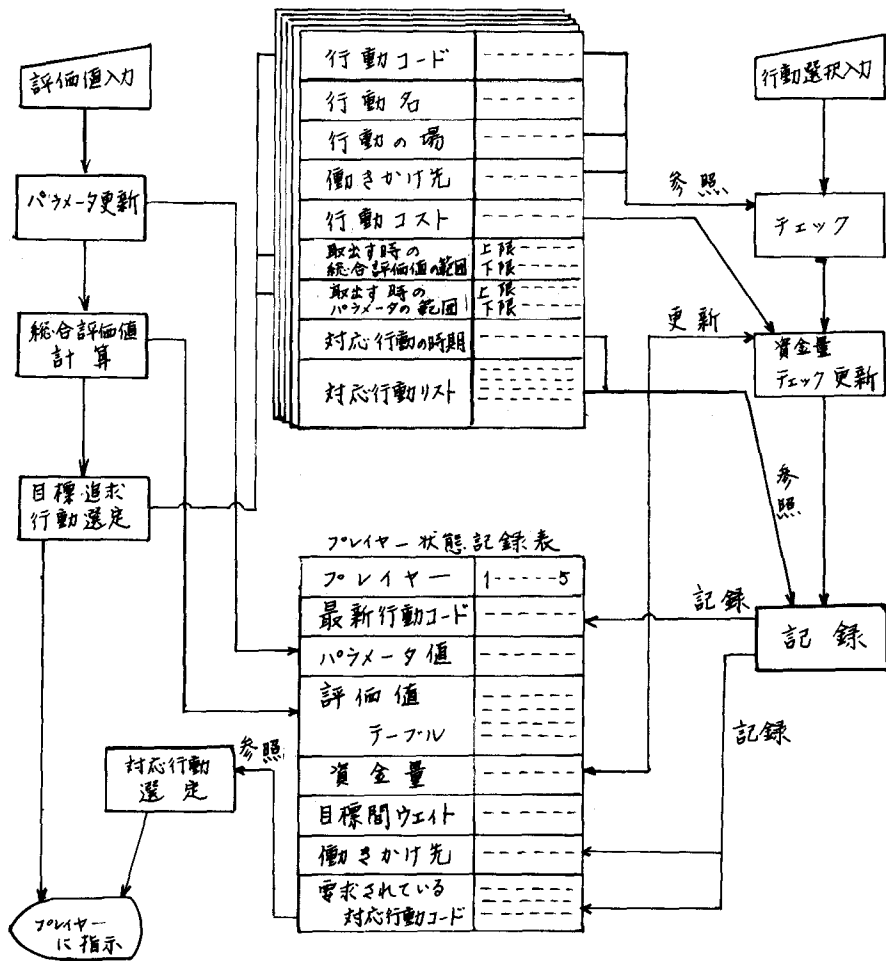


図5 行動指示機能における情報の流れ
(主要な流れのみ表示している)

- ① だれか1人のプレイヤーが、1ラウンド内で規定の回数以上行動を選択した場合。
- ② すべてのプレイヤーが、少なくとも1回行動を選択し、かつそのラウンド内で対応行動を取ることを要求されているプレイヤーがいなくなったとき。1ラウンドが終了したと判定された場合、以下のことが行なわれる。

- ・プレイヤーへのラウンド終了の通知
- ・事業進捗率の通知

(3) 外生イベントの発生

外生イベントは、ゲームの進展状況にかかわらず、特定のラウンド(時期)に発生するイベントであり、ゲームへの影響はその発生事象がプレイヤーに知られることによって生じる。外生イベントは、その発生時期および伝達先を初期値データとしてセットしておき、プレイヤーの交替時にその発生の有無を調べて通知する。

4-4 行動伝達機能

行動の伝達としては、プレイヤーの選択した他の主体への働きかけのほかに、行動代替案のなかにはマスコミによる伝達(全主体に伝達される)が可能なものも用意している。シミュレーション・コントロール・プログラムでは

行動代替案ごとに選ぶことのできる伝達先をプレイヤーに表示する。そしてそのプレイヤーは自分の行動を他のどのプレイヤーに伝達するかをこの指示に従って決定する。行動内容の伝達には、行動伝達用紙と呼ぶ専用の用紙を用い、行動の具体的内容や行動の場等も記入することによって行なう。

なお、ゲーム中に各プレイヤーのとり行動については、いくつかの行動の場を設定しており、各行動はいずれかの行動の場においてなされるものとしている。

4-5 情報提供機能

情報提供機能とは、プレイヤーが行動の選択を行なうときに参照したいと要請した情報を提供するものである。プレイヤーに提供できる情報は2種類あり、それは、①プレイヤーがある行動をとったときにかかる費用と、②計画変更を行なう場合あるいは計画案の評価を行なう場合の判断に必要となるデータである。

前者の情報は、入力した行動のチェック時にプレイヤーに表示されるものと同一である。

後者の計画案に関する情報には、たとえば、開発規模に対応した予定雇用者数の算定などがある。

4-6 その他の機能

シミュレーション・コントロール・プログラムには、これまでに述べた基本的な機能のほかに、サービス機能としてゲームの状態記録および再始動機能がある。

状態記録機能は、ゲームの進行中に変化する変数の値をすべて記録するものであり、各プレイヤーの評価値、パラメータ値、選択した行動の種類・場・働きかけ先等を記録しており、ゲーム終了後にその記録を使って別の解析を行なうこともできる。

さらに再始動機能を利用すると、最初からのゲームのやり直しのほかに、

①前回終了した時点からの再開

②前回のゲームの途中の時点からの再開

が可能である。②の機能を用いれば、ゲームの途中の時点より後をパラメータを変えてくり返しシミュレートすることが可能となる。

5. シミュレーション実施手順

(1) ゲームに必要の人員

今回のケースのゲームを実施するために必要な人員および機器は、以下に示す通りである。

- ・ 進行係 1名
- ・ プレイヤー 5名
- ・ TBS端末機(電話回線用) 1台

プレイヤーおよび進行係は、図6に示す配置とし、プレイヤー間の情報の交換は所定の用紙(行動伝達用紙)によるもの以外は禁止する。

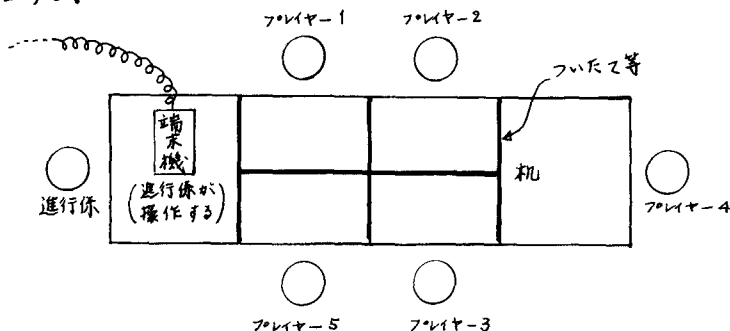


図6 ゲーム実施のレイアウト(平面図)

(2) ゲームの進行の制御

今回作成したシミュレーション・コントロール・プログラムを用いて、ゲームを行なう手順を図7の流水図に従って説明すると次のようになる。なお、以下の説明は、特に明記しない限り、進行係の仕事である。

① ゲームの開始に先立ち、プレイヤーにゲームのルール、事例に関する予備知識等の説明を行なう。

② 各プレイヤーに評価値記入シートを渡し、評価値を記入させる。このとき各プレイヤーは、前回のラウンドでの他のプレイヤーの行動をそれぞれの評価尺度に照して評価し、評価値を決定する。

③ プレイヤーを1人呼び、評価値を入力し、行動代替案を提示する。外生イベントの発生の通知もこの時点で、プレイヤーごとに行なう。プレイヤーの指名は1ラウンドにつき少なくとも各プレイヤーが一度指名され行動を選択できるように進行係が指名を行なう。プレイヤーの選択の順序は進行係がゲームの開始に先立って決定する。各プレイヤーが一通り行動を選択した後、そのラウンド内でさらに他のプレイヤーの行動に対応した行動をとる必要があるときは、プログラムが進行係にその指示を行なうのでこれに従う。

プレイヤーが指名されると計算機は新たにプレイヤーが入力した評価値やそのプレイヤーが最後にとった行動により取るべき行動の案を選び出しプレイヤーに呈示する。また、他のプレイヤーが取った行動が、そのプレイヤーに対応行動を要求していればこれを合せて呈示する。ただし、計算機が呈示するのは行動の形式のみであり、具体的な内容、働きかけ先等はプレイヤーが判断する。

④ プレイヤーから要求があった場合には、情報提供機能を利用し、問合せを行ない、情報を与える。

⑤ プレイヤーに行動を選択させ、これを計算機に入力し、チェックを行なう。この時、プレイヤーが選択した行動を、行動の場、働きかけ先、手持ち資金量の面より可能かどうかのチェックを計算機で行なう。その結果、不適当な場合には、プレイヤーに行動の再選択を要求する。

⑥ 1人のプレイヤーの行動の選択が終ると、そのプレイヤーは行動伝達

用紙に行動の内容、行動の場、働きかけ先等を記入し、他のプレイヤーに回覧する。回覧先は、プレイヤーが指定した働きかけ先のプレイヤーおよび計算機の行動伝達機能により指示されたプレイヤーのみとする。なお、プレイヤー間の会話等による情報の交換は禁止している。

⑦ 次のプレイヤーを選択する。1ラウンド終了の場合には、各プレイヤーに評価値の記入を求める。また、選挙が行われた場合は、この結果を公表する。

⑧ ゲームの終了は2通りの方法で判断される。1つは計算機の判断で所定数のラウンドが終了した場合である。他の1つは進行係の判断によるもので、紛争状態により判定する(解決、膠着化等)。各プレイヤーの内部状態は各ラウンドごとに記録されているので、ゲーム終了後その解析を行なうことが可能である。

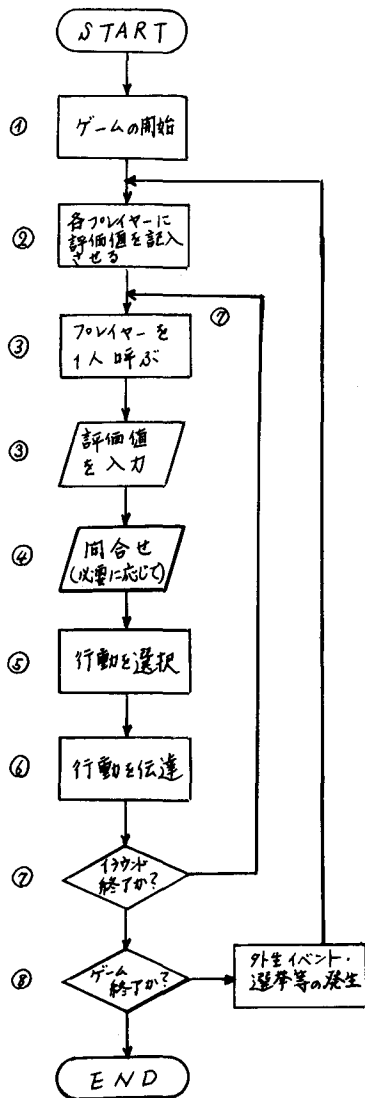


図7 ゲームの実施手順

6. ケース・スタディ

6-1 対象ケース概要

本研究においてモデル化の対象としたケースは、ある地方都市において港湾建設に関連した工業開発の過程で生じた紛争である。この開発は、近年経済的に地盤沈下が著しいこの地方の地域振興を意図したものであり、県および市の主導により計画が進められてきた。

計画の概略は5社クラスの停泊可能なバースをはじめとする港湾整備と、1,100haに及ぶ工業団地の造成、工場誘致であり、最終的にこれらが完工するのを、着工より8年と予定していた。

これに対して、公害の発生を恐れる地元住民の間で反対運動が起こったのである。

6-2 シミュレーション結果と考察

シミュレーションは、まず予備実験(1ラウンドが3ヶ月に相当)を行ない、ゲーミングの設計の不具合な点を洗い出し、改良を行なったのち本実験(1ラウンドが6ヶ月に相当)を行なった。

① 紛争の推移について

今回行ったゲーミングの予備実験および本実験の結果を現実の紛争の推移と比較すると、開発の成否といった面から見れば大局的には同じような経緯をたどった。

すなわち、いずれのケースにおいても開発側と反対派との間でやりとりがあった後、開発側がしびれを切らせて公害防止協定の締結と開発行為を強行しており、その結果、紛争がこじれている。予備実験は時間の盾でここで打ち切ったが、本実験と現実の紛争では反対派が態度を硬化させ、収拾のため事業主体が次々と譲歩を重ね、当初の案より計画規模が後退している。そして、住民がほぼ納得し合意に達した後、開発が進み出した。このように、現実とはほぼ類似の状況がシミュレートされた理由は2つ考えられる。

第1の理由は、当初プレイヤーに与えた状況説明の中で、事業主体および自治体に対しては、現実の紛争の推移が含まれていたことである。第2の理由は、プレイヤーに示した選択可能な行動がすべて現実に行われた行動の中より選定されていた点である。したがって、一般的に、他の事例についても本システムがそのまま適用できるかどうかは疑問がある。しかし、本研究におけるゲーミング・シミュレーションで最初に設定した行動リストの範囲内で、捉えられる同種の立地過程については、さほどおかしくない結果が出るものとも言えよう。さらに今後本システムの実用化を進めるに当たっては、各プレイヤーの行動リストの選定と整備によってモデルの有効性が規定されることに注意しておく必要がある。

② 評価値の変化について

今回のシミュレーション実験においては、相手行動の強さについての評価値と目標達成度の評価値(満足度)とは、負の相関を示して変化するものが多かった。これは当然予想された結果である。しかしいくつかの評価値は変化の傾向がほとんど同じであった。これは、特に反対派住民の場合、そのプレイヤーの目標が8項目にわたっており、この1つ1つを検討して評価を与えるという作業が繁雑であったため、似た性質のいくつかの目標に対して一括して評価したいという心理が働いたためと考えられる。これについては、評価尺度を整理して、たかだか3〜4個にまとめた方がよいものと思われる。

評価値のあるものは上限または下限に張り付いたままの状態が続いている。これは、評価値をつける基準状態の解釈に問題があったためであろう。

評価値記入のガイドラインについては、その文章表現を十分に吟味しておく必要がある。

表4 ゲームの実施にあたって配布する文書

I. プレイヤー記入用シート

- ① 評価値入力シート
- ② 行動伝達用シート
- ③ 行動結果記入用メモ用紙

II. 説明書

- ① モデルの記述(紛争の経緯)
- ② 各プレイヤーの役割
- ③ 開発手続表、ラウンド 年月対表
- ④ 地図

③ フレイヤーの役割設定について

今回の実験では、各フレイヤーの行動目標を数値化せずに、内容を文書で指示した。また計算機からの指示も途中過程をフレイヤーにとってはブラックボックス化して、中を意識せずにすむようにしている。これらはフレイヤーに臨場感を高めるのに効果があったようである。フレイヤーをゲームに熱中させることは、ゲーミング・シミュレーションの成否の鍵といえるわけで、本システムはその点については一歩の成果が得られたと考えている。

7. 今後の展望

本研究において開発を行なったマン・マシンのゲーミング・シミュレーション・システムは今後の実用化の可能性を示すプロトタイプ・システムとしては本ケースのシミュレーション結果から見る限りにおいて、一応成功したものといえる。しかし、今後、ケーススタディを重ね、より使いやすく実用的なものにするためには、次のようにいくつかの改善の方向が考えられる。

① 開発手続パターンの計算機モデルへの組み込み

現在のプログラムでは、立地過程の進行によらず、フレイヤーの内部状態のみによって行動代替案の取出し、呈示を行なっている。そのため、手続面から見て、時期的に取り得ない行動が呈示されることがある。このようなときは、フレイヤーの判断によりそれを取除くことにしている。これについては、立地の際の開発手続をパターンとしてプログラムに組み込むことができれば、呈示される行動の数も減り、フレイヤーの負担を減ずることができよう。

② 将来予測への適用

本研究においては、開発過程について過去の実際にあった例をケースとし、その再現を図ったが、これを将来の開発計画の競争過程の予測に適用することも考えられる。この場合、開発の全過程をシミュレートしようとする、事例ごとの特殊性が大きいこと、とられる行動のなかには手続的なものが多いこと、さらに何も起こらない単調な時期が相当存在することなどが強い制約になると考えられる。このため、ゲーミング・シミュレーションの将来予測への適用では、よりリアルなイメージでゲーミングできるように競争のある限られた局面（サブ・コンフリクト）についてのモデル化を行なうことが有効と考えられる。今後はこの方向でモデルの一般化を図って行く必要があろう。

③ フレイヤーの計算機による代行

現在のシミュレーション方式では、1回の試行に計6人の人員と7時間あまりの時間を要し、特殊な場合を除き費用や参加者のスケジュールの面で多くのシミュレーションケースを実施することが困難である。この点の解決には、1人のフレイヤーを除いて完全に計算機でシミュレートする方式や、対象とする局面で鍵をにぎる2人のフレイヤー以外は計算機でプログラム化してしまう方式等が考えられる。この場合、計算機内に設定されるフレイヤーのモデルでは、人間が判断を行なう本研究のモデルと異なり、他のフレイヤーの取った行動とそのフレイヤーに対して設定されたパラメータ値より決定論的に行動が定まることになる。これは本研究におけるモデル化の方向とは若干異なったものとなるが、本研究での知見の多くはシステムを改良していく場合に生かすことができると思われる。

参 考 文 献

- 1) リチャード・バートン：シミュレーションとゲーミング入門，1971
- 2) Greenblat, Duke : Gaming - Simulation, 1975
- 3) Kdminski, C : Model and Gaming for Regional planning, 1974
- 4) 小幡範彦ほか：ゲーミング手法を利用した計画調整システムに関する基礎研究，土木計画学研究会長講演集，1978
- 5) 松田 弘一ほか：ゲーミング・シミュレーションによる都市における高速道路計画手続の代替比較に関する研究，都市計画，1976
- 6) フジ・テクノシステム：地域開発と住民運動，第5節 地域開発ゲームの理論と手法，1976
- 7) 森田 恒幸ほか：ゲーミング・シミュレーションを用いた電源開発手続の評価への接近，「都市計画」，1975
- 8) 兵庫県，日本IBM：地域整備総合管理システム—共同研究報告書—，1976