

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○小倉 正考
大阪大学大学院工学研究科教授 正会員 矢吹 信喜
大阪大学大学院工学研究科准教授 正会員 福田 知弘
株式会社構造計画研究所 森 俊勝
株式会社構造計画研究所 坂上 裕信

1. はじめに

高度経済成長期に集中整備された公的インフラは、今後一斉に更新時期を迎えるため、効率的・戦略的に新設・維持管理していく必要がある。そこで、将来的な施設の老朽化や発生する費用を予測し、そうした予測に基づいて的確に施設の補修、更新、廃棄を行うアセットマネジメントが導入され始めている。特に公共施設においては、人口減少や少子高齢化、維持保全の頻度や規模、利用状況や利用者の満足度など複数の評価軸を考慮したうえで最も妥当である施策を実施することが望ましい。

しかし、従来の統計分析や多変量解析では住民の施策に対する影響のモデル化とそれが及ぼす状況を扱うことが困難であった。そこで、本研究ではマルチエージェント・シミュレーションのアプローチを用いる。マルチエージェント・シミュレーションは、個々の評価対象にルールを持たせることが可能な「エージェント」を定義し、それらを相互作用させて、全体の振る舞いを包括的に理解する手法である。この手法を用いることにより、施策が社会全体にどのような影響を与えるかを仮想的な社会上でシミュレートすることが可能である。

本研究では、マルチエージェント・シミュレーション技術を公共施設の維持管理に活用することにより、施設の築年数や劣化状態に加え、利用者の動向や満足度の変化、自治体財政への影響を考慮した、長期的な観点で対策を定量的に評価することのできるシミュレーションシステムを開発しようとしている。

2. 提案手法の概要

本研究のシミュレーションシステムでは、市町村規模の対象とする地域をシミュレーション上に構築し、その中に「施設エージェント」と「市民エー

ジェント」を配置する。施設エージェントには、利用料金や設備情報などの属性を設定し、時間の経過とともに施設が劣化するルールを与える。市民エージェントには、年齢や性別などの個人属性を設定し、施設を利用するルールを与える。意思決定者が、予防保全や事後保全などの様々な補修シナリオを選択し実行させると、エージェント同士が相互作用し、利用者数、利用者の満足度、施設維持保全費用などが出力される。本稿では、対象とする施設としてプール施設を選び説明する。

施設エージェントには、混雑度や利用料金など利用者が施設を選択する際に参照する代表的な属性を設定し、各属性には空いている/普通/混んでいる、有/無などの水準を設ける（表1）。

表 1 プール施設の属性と水準

属性	水準1	水準2	水準3	水準4	水準5
施設状況	屋内	屋外	-	-	-
混雑度	空いている	普通	混んでいる	-	-
所要時間	10分	20分	30分	-	-
利用料金	500円/回	1000円/回	1500円/回	5000円/月	10000円/月
水槽	綺麗	普通	劣化が進行している	-	-
プールサイド	綺麗	普通	劣化が進行している	-	-
レジャー設備	有	無	-	-	-
競技設備	有	無	-	-	-
健康設備	有	無	-	-	-
子供用設備	有	無	-	-	-
運動設備	有	無	-	-	-
付随設備	有	無	-	-	-

市民エージェントには、年齢、性別、住所、交通手段などの個人属性と、各個人の施設利用上の嗜好や行動パターンに関するルールを与える。各パラメータを決めるため、「個人属性」「施設利用状況」「施設に対する意識」「施設選択実験」で構成されるWEBアンケート調査を行う。市民エージェントの施設選択モデルのパラメータに関しては、ACA（Adaptive Conjoint Analysis：適応コンジョイント分析）を用いて行い、そのため選択実験を実施する。個人属性は、ACAで得られた効用値の分散が小さいものを採用してグループ分けしセグメントを決定する。施設利用行動は、図1のフロー図に従って決定される。各施設に対する効用値は、式（1）に示す各属性の水準毎の効用値の和 $U(X_j)$ と定義する。

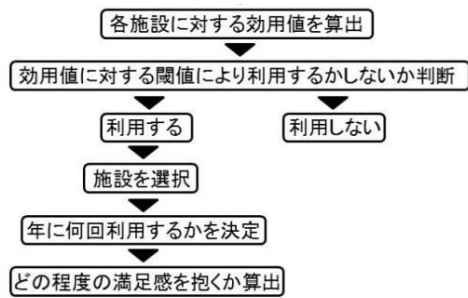


図 1 施設選択モデルのフロー図

$$p_j = U(X_j) / \sum U(X_j) \quad (1)$$

$$U(X_j) = \sum_k \beta_k x_{kj} + \varepsilon \quad (2)$$

ここに、

p_j : 施設 j の選択確率 ($j = 1, 2, \dots$)

X_j : 施設 j の属性

β : 推定されるパラメータ

ε : 誤差項

効用値に対する閾値は、アンケートの質問で、最高水準、中間水準、最低水準の施設を提示し「利用する」か「利用しない」を問い、得られた結果のうち、「利用する」の最低水準と「利用しない」の最高水準の効用値から求めた平均値とする。施設選択確率は、各施設に対する効用値がそれらの合計値に占める割合とする。満足度は、各市民エージェントの選択確率を、利用する施設毎で平均した値とする。

また、市民エージェントを空間に発生される際は、国や自治体が提供している人口動態に関するデータを使用し、出生・死亡・人口移動の3項目をルール化することで人口推移を表現する。

なお、本シミュレータは、(株)構造計画研究所が開発したマルチエージェント・シミュレーションプラットフォームの *artisoc*¹⁾ を用いて構築した。

3. シミュレーションの適用例

今回ケーススタディの対象として、アセットマネジメントに対して先進的な取り組みをしており、必要となるデータの整備が進む東京都調布市を選択した。空間には 100m 四方のセルを東西 71 個×南北 61 個配置した。施設エージェントは、調布市の公共プール施設 3 箇所、民間プール施設 5 箇所を、実際の施設建設位置を想定したセル空間上の位置座標に配置した。施設エージェントに設定する劣化予測式には、既存の小・中学校のプール施設の点検データを用いて作成した。

市民エージェントの個人属性や施設利用行動については、入力情報に必要なアンケート調査が実施途

上であるため、まずは最小限の要素のみを考慮し、一部仮想的に決めた数値を使用してモデル化を行った。個人属性には、男女をそれぞれ年齢により 3 つに分け、6 種類のセグメントを設定した。住所は、各地域の人口密度に従い、ランダムに発生された。交通手段は、徒歩、自転車、自動車のみを考慮した。各施設に対する効用値は、何人かに回答して貰ったアンケート結果に基づく想定値を用いた。人口推移は、全国のデータと調布市の統計データを用いた。

シミュレーションの設定は、1 年を 1 ステップとし、1990～2009 年までの 20 年間をシミュレーションした。また、1 エージェントを 100 人に換算し、3 箇所の公共プール施設の利用者数のみ算出した。補修シナリオは、実際の工事をもとにしたものと、健全度に応じて補修を実行するルールを考慮したケースなどを適用させた。

シミュレーションの結果、人口推移については、実際の人口推移に近いエージェント数を発生出来ていることが解り、利用者数については、補修シナリオに応じて、出力結果に変化が生じることが解った。

4. おわりに

本研究で得られた結論を以下に示す。

- マルチエージェント・シミュレーションを用いた、公共施設のアセットマネジメント手法に関する検討を行った。
- 市民エージェントの人口推移は、実際の人口推移に近い結果となった。
- 利用者数の推移は、補修シナリオに応じて異なる結果となった。

今後の課題は、属性や水準の設定の見直しや、施設選択確率のプログラムの変更を行い、シミュレーションの精度を向上させることである。また、実施途上のアンケート調査の結果を用いて、システムの有効性を検証する必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、調布市から多大なるご協力を頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 山影進：「人工社会構築指南 artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門」, 2007