

K2

平成 23 年度

修士論文

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研究

大阪大学大学院工学研究科  
環境・エネルギー工学専攻  
共生環境デザイン学講座  
環境設計情報学領域

学生番号：28H10014

小倉正考

## 目次

|       |                         |    |
|-------|-------------------------|----|
| 第1章   | 緒論                      | 1  |
| 1.1   | 研究の背景                   | 1  |
| 1.2   | 研究の目的                   | 2  |
| 1.3   | 論文の構成                   | 3  |
| 第2章   | 既往の手法及び研究               | 5  |
| 2.1   | 建設物における維持保全の現状          | 5  |
| 2.1.1 | 土木構造物におけるアセットマネジメント     | 5  |
| 2.1.2 | 公共建築物の維持保全              | 10 |
| 2.1.3 | ファシリティマネジメントに関する既往の研究   | 12 |
| 2.2   | 選択行動モデル手法               | 14 |
| 2.2.1 | 離散選択モデル                 | 14 |
| 2.2.2 | SP（表明選好）調査              | 14 |
| 2.2.3 | 予測と集計化                  | 16 |
| 2.2.4 | 代表的個人法及びマーケットセグメント      | 17 |
| 2.2.5 | 交通行動の分析                 | 17 |
| 2.2.6 | 非日常交通行動の分析              | 18 |
| 2.3   | 環境経済評価手法                | 19 |
| 2.3.1 | CVM（仮想市場評価法）            | 19 |
| 2.3.2 | コンジョイント分析               | 20 |
| 2.4   | マルチエージェント・シミュレーション      | 25 |
| 2.4.1 | マルチエージェント・シミュレーションの概要   | 25 |
| 2.4.2 | マルチエージェント・シミュレーションの適用事例 | 25 |
| 2.5   | 人口の推計手法                 | 27 |
| 2.6   | 本研究の位置付け                | 30 |
| 第3章   | PAMMAS の概要              | 31 |
| 3.1   | 対象施設（プール施設）             | 31 |
| 3.2   | 施設エージェント                | 32 |
| 3.3   | 市民エージェント                | 34 |
| 3.4   | artisoc                 | 36 |
| 3.5   | InterviewLand           | 36 |
| 第4章   | PAMMAS の詳細              | 37 |
| 4.1   | 対象地域（調布市）               | 37 |
| 4.2   | 劣化予測モデルの作成              | 41 |
| 4.2.1 | 作成方法と結果                 | 41 |

|       |                                  |     |
|-------|----------------------------------|-----|
| 4.2.2 | 考察 .....                         | 47  |
| 4.2.3 | 適用 .....                         | 48  |
| 4.3   | Web アンケート調査 .....                | 51  |
| 4.3.1 | 実施方法 .....                       | 51  |
| 4.3.2 | アンケートの内容 .....                   | 51  |
| 4.3.3 | 集計結果 .....                       | 58  |
| 4.3.4 | 効用値及び重要度の結果 .....                | 64  |
| 4.3.5 | マーケットセグメントの決定 .....              | 73  |
| 4.3.6 | 限界支払意思額の推定 .....                 | 78  |
| 4.4   | 人口推移のモデル化 .....                  | 80  |
| 4.4.1 | 市民エージェントの種類 .....                | 80  |
| 4.4.2 | 出生 .....                         | 81  |
| 4.4.3 | 死亡 .....                         | 83  |
| 4.4.4 | 人口移動 .....                       | 84  |
| 4.4.5 | 居住地位置 .....                      | 85  |
| 4.5   | 交通手段のモデル化 .....                  | 87  |
| 4.6   | 費用算出のモデル化 .....                  | 91  |
| 第5章   | PAMMAS の検証 .....                 | 93  |
| 5.1   | シミュレーションの方法と結果 .....             | 93  |
| 5.1.1 | マップ .....                        | 94  |
| 5.1.2 | 人口の推移 .....                      | 95  |
| 5.1.3 | 施設の劣化状況 .....                    | 96  |
| 5.1.4 | 利用者数の推移 .....                    | 97  |
| 5.1.5 | 各市民エージェントの各施設に対する効用値の推移 .....    | 100 |
| 5.1.6 | 各市民エージェントの各施設の属性に対する効用値の推移 ..... | 102 |
| 5.1.7 | 施設満足度の推移 .....                   | 104 |
| 5.1.8 | 補修回数 .....                       | 105 |
| 5.1.9 | 改修費用 .....                       | 106 |
| 5.2   | 評価と考察 .....                      | 107 |
| 5.2.1 | 人口 .....                         | 108 |
| 5.2.2 | 利用者数 .....                       | 109 |
| 第6章   | PAMMAS の応用事例 .....               | 114 |
| 6.1   | シミュレーションの方法と結果 .....             | 114 |
| 6.1.1 | 予防保全 .....                       | 117 |
| 6.1.2 | 事後保全 .....                       | 121 |
| 6.1.3 | 寿命段階 .....                       | 125 |

|      |                                      |     |
|------|--------------------------------------|-----|
| 6.2  | 考察.....                              | 129 |
| 第7章  | 結論.....                              | 133 |
| 7.1  | 結論.....                              | 133 |
| 7.2  | 今後の課題.....                           | 134 |
| 参考文献 | .....                                | 135 |
| 付録1  | （マルチエージェントシミュレータ「artisoc」について） ..... | 139 |
| 付録2  | （調布市提出依頼文） .....                     | 154 |
| 付録3  | （調布市提出返却書） .....                     | 155 |
| 付録4  | （アンケート調査依頼文） .....                   | 156 |
| 謝辞   | .....                                | 158 |



# 第 1 章 緒論

## 1.1 研究の背景

大量の公共施設を維持管理していくために、アセットマネジメント（AM：Asset Management）が導入され始めている<sup>1)-10)</sup>。AMとは、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，廃棄を行う手法の事である。今後，施設が一斉に更新時期を迎えるに際して，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上で最も妥当である施策を実施する事が望ましい<sup>11)-14)</sup>。しかしながら，施設の更新・修繕と住民の意識や嗜好の変化には，相互作用の関係があるため，十分なシミュレーションが出来ていない。



図 1-1 新潟県の橋梁（両鬼橋）における掛替の事例<sup>15)</sup>

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（MAS：Multi Agent Simulation）のアプローチを用いる。MASは，個々の評価対象にルールを持たせる事が可能な「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<sup>16)-19)</sup>。この手法を用いる事により，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でシミュレートする事が可能である。また，シミュレートしたい要素や項目，及び事象等を，必要に応じてモデルに取捨選択し取り入れる事も可能である。

MASの適用事例として，奥<sup>20)</sup>は，セルオートマトンを適用して土地利用の配置モデルを開発している。瀧澤ら<sup>21)</sup>は，進化的計算方法を応用して土地利用パターンを形成している。川村ら<sup>22)</sup>は，宅地利用と建物形態のシミュレーションモデルを構築している。戸川ら<sup>23)</sup>は，世帯の立地行動のモデル化をベースに土地利用モデルを構築している。池谷ら<sup>24)</sup>は，都市における人口分布の動態性をモデル化している。今尾ら<sup>25)</sup>は，定住人口に着目した地域の

人口モデルを構築している。長崎ら<sup>26)</sup>は、世帯の移動行動モデルをモデル化することで土地利用計画支援システムを開発している。安藤ら<sup>27)</sup>は、空き家の発生と集積および空地の商業への影響に着目して、都市の衰退過程をシミュレーションしている。秋山や奥嶋<sup>28), 29)</sup>は、人工社会型都市モデルを構築することで、まちづくりや交通施策に対する提言を行っている。中野ら<sup>30)</sup>は、ライフサイクルを考慮した世代別のエージェントからなる、都市の人口移動を評価できる都市構造のシミュレーションモデルを開発している。

以上のように、奥<sup>20)</sup>、瀧澤ら<sup>21)</sup>、川村ら<sup>22)</sup>、戸川ら<sup>23)</sup>は土地利用形態の変化を、池谷ら<sup>24)</sup>、今尾ら<sup>25)</sup>は人口移動や分布の変遷を予測しているが、シミュレーションの行動主体は、就業地までの距離や土地代のみを考慮する単純化されたモデルである。また、長崎ら<sup>26)</sup>、安藤ら<sup>27)</sup>は建物形態の予測を、秋山や奥嶋<sup>28), 29)</sup>、中野ら<sup>30)</sup>は人の行動予測を考慮したモデル作成を行っているが、シミュレーションに施設の劣化状況を組み込んで、利用者動向の予測を行い、施設の更新施策について提言を示した研究は見当たらない。



図 1-2 マルチエージェントのイメージ

表 1-1 通常のシミュレーションとマルチエージェント・シミュレーションの比較<sup>19)</sup>

|      | 通常のシミュレーション                                              | マルチエージェント・シミュレーション                                                 |
|------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 内容   | 現象全体を記述する支配方程式を想定し、そうした支配方程式による現象のモデル化を行い、シミュレーションを実行する。 | 個々のエージェントの行動するルールを記述し、それらエージェント同士の相互作用によって、全体としてどのような現象が現れるかに着目する。 |
| 対象   | 現象全体をモデル化                                                | 現象の構成要素(エージェント)1つ1つをモデル化                                           |
| 視点   | 外部から見ている観察者の視点                                           | 現象の構成要素(エージェント)                                                    |
| 特記事項 | 状態量の変化を観察<br>例; T期と(T+1)期の比較                             | 個々のエージェントには、T期といった概念がなく、自分の処理の順番で、自分のルールに従って処理を実行する。               |

## 1.2 研究の目的

前節で説明したように、いずれの既往研究においても、各施設にアセットマネジメントを適用する事で、各施設の劣化状況が時系列的に変化していく様子を表現し、利用者の嗜好や変化を考慮しつつ、複数の施設同士が互いのパラメータに影響を及し合いながら解析

を行う研究は見当たらない。そこで本研究では、マルチエージェント・シミュレーション技術を公共施設の維持管理に活用する事により、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事のできるシミュレーションシステムの開発を目的とする。

このシステムによって、施策の妥当性を可視化することが可能になれば、担当者の勘と経験に基づく意思決定ではない持続可能な施策検討や、行政・住民双方での納得性を確保した合意形成の実現に役立つ事が期待される。なお、本研究では、開発するシステムの名称を PAMMAS (Public Asset Management approach using Multi Agent Simulation) と呼ぶ事とする。

### 1.3 論文の構成

本論文の構成について述べる。

第 1 章では、本研究に関する背景と目的について述べた。

第 2 章では、本研究の目的を達成するのに必要な手法・ツールを説明するため、また、既往の研究と比較して、本研究のどこに新規性があるかを明確にするため、既往の手法及び研究を説明する。具体的には、建設物における維持管理の現状、選択行動モデルに関する手法、環境経済評価法、マルチエージェント・シミュレーション、人口の推計手法について述べる。

第 3 章では、PAMMAS の概要について、公共プール施設を例に取り上げ説明する。

第 4 章では、PAMMAS の詳細について、調布市をケーススタディの対象地域として取り上げ説明する。具体的には、対象地域、劣化予測モデルの作成、Web アンケート調査、人口推移のモデル化、交通手段のモデル化について述べる。

第 5 章では、過去のデータを用いて開発した PAMMAS の出力結果を分析し、システムの妥当性について検証する。

第 6 章では、PAMMAS の応用事例として、将来のシミュレーションの実行の様子について説明し、開発したシステムのメリットや適用方法について述べる。

第 7 章では、まとめとして、結論と今後の課題について述べる。

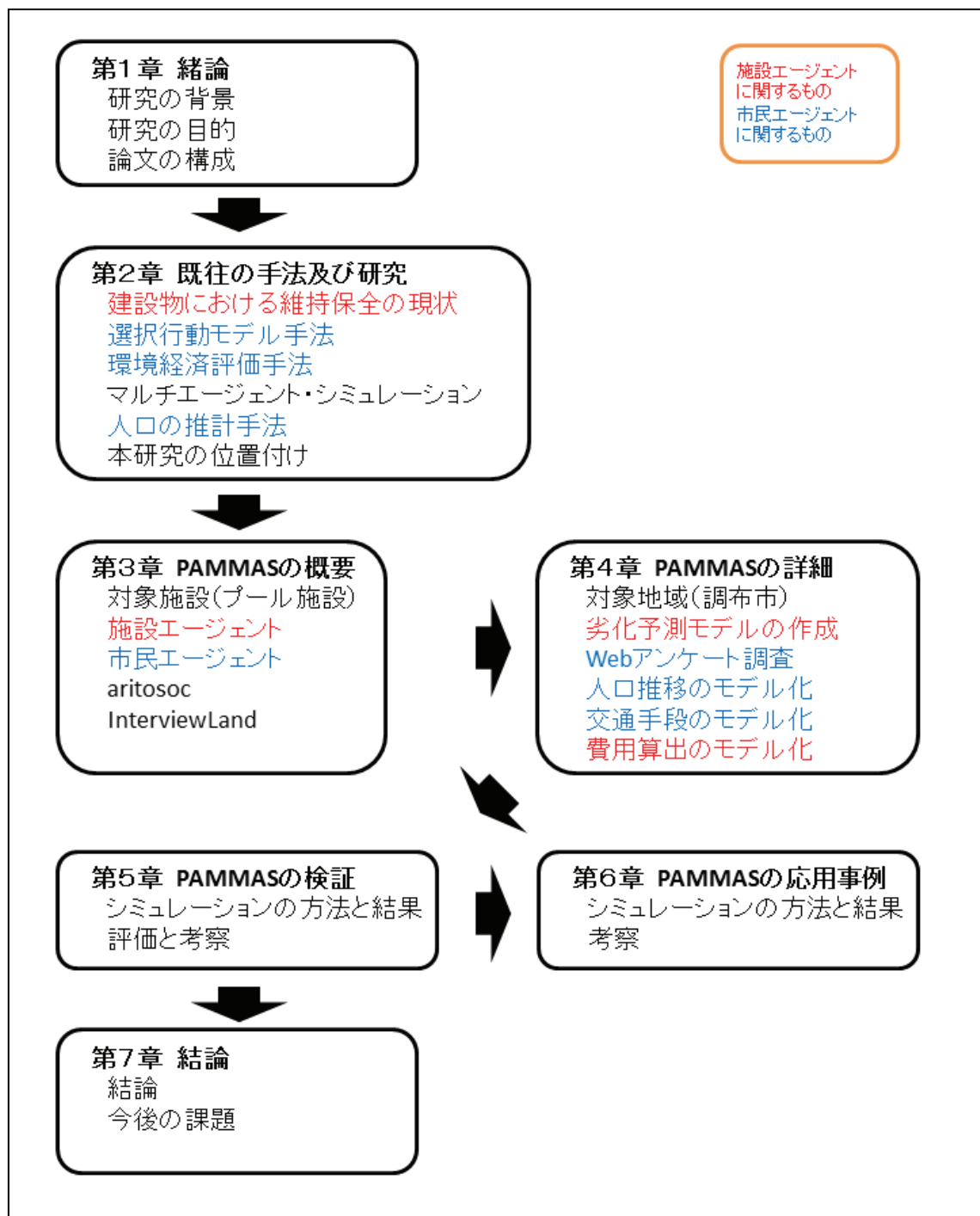


図 1-3 論文の構成

## 第2章 既往の手法及び研究

本章では，本研究の目的を達成するのに必要な手法・ツールを説明するため，既往の手法及び研究について述べる．項目は5つあり，このうち，1つ目の建設物における維持管理の現状は，土木構造物と公共建築物に関する維持管理に関するものである．選択行動モデル手法，環境経済評価法，マルチエージェント・シミュレーションに関する既往の研究，人口推移のモデル化の4つについては，利用者の心理特性や生存に関するものである．

### 2.1 建設物における維持保全の現状

建設物における維持管理の現状として，土木構造物におけるアセットマネジメント，公共建築物の維持保全，ファシリティマネジメントに関する既往の研究について説明する．

#### 2.1.1 土木構造物におけるアセットマネジメント

各自治体においては，厳しい財政状況の下，効率的かつ戦略的に公共施設の延命化を図るため，道路の舗装，橋梁，港湾，及びダム等の土木構造物にアセットマネジメントが適用されている（表2-1）．このうち，比較的既存資料の整備が充実していた北海道建設部の橋梁マネジメントシステム<sup>4)</sup>（BMS：Bridge Manegement System）の事例を取り上げ説明する．

表 2-1 土木構造物におけるアセットマネジメントの事例

| 地方自治体 | 企画・編集            | 資料                                        | 発行時期    |
|-------|------------------|-------------------------------------------|---------|
| 北海道   | 北海道建設部           | 公共土木施設長寿命化検討委員会報告書 <sup>4)</sup>          | 2006年3月 |
| 広島県   | 広島県土木局総務管理部技術企画課 | 広島県におけるアセットマネジメントへの取り組みについて <sup>5)</sup> | 2008年8月 |
| 浜松市   | 浜松市土木部           | 公共施設長寿命基本方針（土木施設編） <sup>6)</sup>          | 2009年2月 |
| 静岡県   | 静岡県建設部道路局道路整備室   | 土木施設長寿命化計画<br>橋梁ガイドライン改訂版 <sup>7)</sup>   | 2009年8月 |
| 鹿児島県  | 鹿児島県土木部道路維持課     | 鹿児島県橋梁長寿命化修繕計画 <sup>8)</sup>              | 2010年3月 |
| 北九州市  | 北九州市建設局道路維持課     | 北九州市橋梁長寿命化修繕計画 <sup>9)</sup>              | 2010年3月 |
| 大阪市   | 大阪市建設局道路部橋梁課     | 大阪市の橋梁長寿命化修繕計画 <sup>10)</sup>             | 2010年3月 |

まず，橋梁を構成する部材には，主桁，床版，橋台，橋脚，支承，伸縮装置，上部工副部材，基礎，橋面工（舗装，地覆，縁石，防護柵），落橋防止装置，その他（排水装置，点検施設，遮音施設，照明施設，添架物）等がある．このうち，BMSが適用されるのは，前者の6つであり，後者5つについては，劣化予測が困難なことや予防保全の効果が比較的

小さい事から，BMSの対象外とする．BMSが適用される各対象部材（主桁，床版，橋台，橋脚，支承，伸縮装置）においては，補修時期及び補修工法・費用を算出する．各部材の点検健全度は，点検から得られた損傷度判定に基づき，表2-2に示す対応付けにより5段階で定性的に評価する．

表 2-2 部材の健全度評価<sup>4)</sup>

| 損傷度<br>判定区分 | 一般的状況                               | 点検健全度 |
|-------------|-------------------------------------|-------|
| I           | 損傷が著しく、交通安全確保の支障となる恐れがある。           | 1     |
| II          | 損傷が大きく、詳細調査を実施し補修・補強の要否の検討を行う必要がある。 | 2     |
| III         | 損傷が認められ、追跡調査を行う必要がある。               | 3     |
| IV          | 損傷が認められ、その程度を記録する必要がある。             | 4     |
| OK          | 点検の結果から、損傷は認められない。                  | 5     |

橋梁単位の健全度である橋梁健全度（BHI：Bridge Health Index）は，定量的な指標として，式（1）に示すように，部材間の重み係数と各部材の点検健全度 $R$ を用いて，加重平均法により計算した値で定義する．部材間の重み係数と，点検健全度 $R$ と健全度係数 $a$ との関係を表2-3に示す．

$$BHI = \sum_i D_i \cdot a(R_i) \quad (1)$$

ここに，

$BHI$ ：部材の点検結果（損傷度）を考慮した橋梁健全度

$i$ ：部材番号

$D_i$ ：部材 $i$ に対する重み係数  $D_1 + D_2 + \cdots + D_n = 1.00$

$a(R_i)$ ：部材 $i$ の点検健全度 $R_i$ に対する健全度評価

表 2-3 部材間の重み係数（左）、点検健全度と健全度係数の関係（右）<sup>4)</sup>

| 北海道 橋梁維持管理マニュアル(案) (2004) |     |    |               |      |      |  |
|---------------------------|-----|----|---------------|------|------|--|
| 部材(部位)                    |     | 重み | 重み係数(割合に変換)Di |      |      |  |
| 上部工                       | 主桁  | 3  | 0.15          | 0.20 | 0.35 |  |
|                           | 副部材 | 1  | 0.05          |      |      |  |
|                           | 床版  | 3  | 0.15          | 0.15 |      |  |
| 下部工                       | 躯体  | 3  | 0.15          | 0.30 | 0.30 |  |
|                           | 基礎工 | 3  | 0.15          |      |      |  |
| 支承                        |     | 2  | 0.10          | 0.10 | 0.10 |  |
| 伸縮装置                      |     | 2  | 0.10          | 0.10 | 0.10 |  |
| 落橋防止装置                    |     | 1  | 0.05          | 0.05 | 0.05 |  |
| 橋面工                       |     | 1  | 0.05          | 0.05 | 0.05 |  |
| 付属部位(部材)                  |     | 1  | 0.05          | 0.05 | 0.05 |  |
|                           |     | 20 | 1.00          | 1.00 | 1.00 |  |

| 点検健全度<br>$R$ | 健全度係数<br>$a$ (%) |
|--------------|------------------|
| 5            | 100              |
| 4            | 75               |
| 3            | 50               |
| 2            | 25               |
| 1            | 0                |

橋梁マネジメントシステムにおける対象部材は、将来の健全度を予測し補修時期を決定する部材に該当する主桁、床版、橋台・橋脚と、交換時期を設定する部材に該当する支承、伸縮装置の 2 つに分類される。対象部材の劣化予測を行うに当たり、考慮すべき材料別の劣化要因を表 2-4 に示す。

表 2-4 考慮すべき劣化要因<sup>4)</sup>

| 材質   | 鋼部材                                                                               | コンクリート部材                                                                                                            | ゴム部材                                                   |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 劣化要因 | <ul style="list-style-type: none"> <li>材料劣化 (塗装劣化・腐食)</li> <li>疲労 (亀裂)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>塩害</li> <li>疲労 (RC 床版)</li> <li>アルカリ骨材反応</li> <li>中性化</li> <li>凍害</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>材料劣化</li> </ul> |

各部材に将来起こりうる劣化損傷の予測には、部材の材質や環境条件（塩害の影響、大型車交通量など）等を考慮した上で、考慮すべき劣化要因を特定し、劣化要因ごとに予測を行う事が望ましい。劣化進行の予測方法には、表 2-5 で示すように、回帰分析手法、寿命設定、理論的手法、格率論的手法の計 4 つの手法が挙げられる。この中から、どの予測手法を採用するかは、使用データ、使用目的等により決定する。

劣化メカニズムに応じた「理論的手法」は、現状の点検方法及び点検結果入力状況から劣化要因を特定する事が困難な場合には採用しない。また、マルコフ過程を代表とする確率論的手法は、個別の橋梁各部材の補修時期、補修工法、補修費用の算定が必要な場合には採用しない。一方、「回帰分析手法」及び「寿命設定」は、部材ごとにそれぞれの点検結果あるいは補修履歴を用いた統計的分析により劣化予測モデルを作成する手法であり、検討の第一段階としても用いられる事から、この 2 つに対象を絞り説明する。

回帰分析手法の場合、まず蓄積された点検健全度データを使用して、点検健全度毎に経過年毎の損傷橋梁数を集計し、各点検健全度への平均到達年を求める。次に、各点検健全度への平均到達年を基に、近似式を設定する。平成 16 年度までに蓄積された北海道全体の橋梁約 4,400 橋分の点検結果のうち、鋼橋 1,910 橋分の主桁の点検健全度データを使用し



て近似式を作成した事例を，図 2-1， 2-2 に示す．これらの図の中で，橋梁\_鋼橋\_主桁とは，対象構造物\_対象構造物の種類\_対象部材という意味である．

寿命設定の場合，鋼橋のライフサイクルコスト<sup>31)</sup>を参考に交換サイクルを設定する．支承の場合の交換サイクルを表 2-6 に示す．

表 2-5 劣化進行の予測手法

|                  | 特徴                                                        | 課題                                                        |
|------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 回帰分析手法           | 点検結果に対応する健全度と経過年の関係を統計分析し，予測直線または曲線を作成する．<br>予測式の理論的根拠が明確 | 精度は点検データの性質に依存<br>十分な量のデータが必要                             |
| 寿命設定             | 部材ごとに寿命を設定することで，補修時期を確定的に算定できる．                           | 寿命設定の根拠付けが困難<br>劣化進行速度の設定が課題                              |
| 理論的手法            | 劣化メカニズムに応じた理論的予測式を使用                                      | メカニズム未解明のものに適用できない．                                       |
| 確立論的手法<br>(遷移確率) | 中期的な計画の立案など，精緻な精度を必要としない予測に適用                             | 劣化要因を特定しないため，<br>正確な対策を取れない．<br>個別構造物ではなく，<br>構造物群を対象とする． |

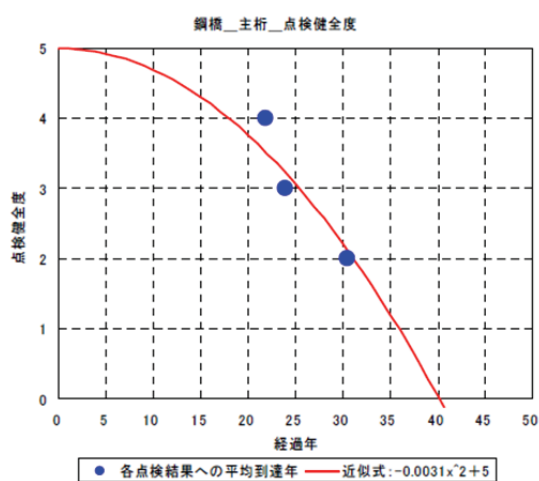


図 2-1 各点検健全度への平均到達年を基に求めた劣化予測式（橋梁\_鋼橋\_主桁）<sup>4)</sup>



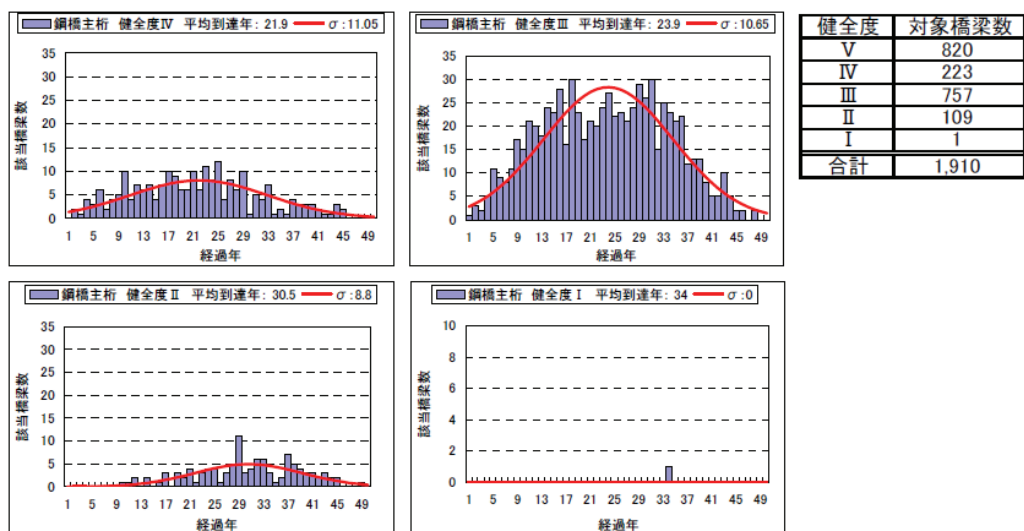


図 2-2 経過年と損傷橋梁数の関係 (橋梁\_鋼橋\_主桁) <sup>4)</sup>

表 2-6 交換サイクル (支承) <sup>4)</sup>

| 部材 | 種類  | 交換サイクル |
|----|-----|--------|
| 支承 | 鋼製  | 30年    |
|    | ゴム製 | 100年   |

作成した劣化予測モデルを基に、ライフサイクルコスト (LCC : Life Cycle Cost) の算定を行う。LCC とは、生涯費用のことをいい、建築物の企画設計段階、建設段階、運用管理段階及び解体再利用段階の各段階の総計として、資本利子と物価変動の影響を加味して、想定される使用年数全体の経済性を検討するために用いる <sup>32)</sup>。LCC は、部材ごとに設定した評価単位ごとに計算する。各部材に対する補修工法・補修工費は、点検健全度ランク毎に代表的な工法及び標準的な単価を設定する (表 2-7)。点検健全度は 3 以下を対象とし (表 2-8)、直接工事費の金額を計上する。LCC の計算期間は、減価償却資産の耐用年数を参考に 60 年を基本値とし、任意に値を設定する。補修後の健全度は、すべて 100%回復 (健全度 5 に回復) するものとし、その後の劣化速度を補修工法の内容に応じて変化させる。単価が決まれば、表 2-9 に示す補修数量計算方法に基づき、補修にかかる費用を求めることが可能である (図 2-3)。

表 2-7 補修補強単価の案 (コンクリート床版) <sup>4)</sup>

| コンクリート床版 |                         |                                               |
|----------|-------------------------|-----------------------------------------------|
| 点検健全度    | 代表的補修補強工法               | 補修補強単価                                        |
| 3        | ・床版防水工<br>・炭素繊維接着工 (2層) | 5.0千円/m <sup>2</sup><br>37.0千円/m <sup>2</sup> |
| 2        | ・上面増厚工 (床版防水含む)         | 45.0千円/m <sup>2</sup>                         |
| 1        | ・打換え (RC床版全面打換え)        | 75.0千円/m <sup>2</sup>                         |

表 2-8 補修案例と設定方法<sup>4)</sup>

| 補修案 | 補修時期                 | 補修工法       |
|-----|----------------------|------------|
| 1   | 点検健全度が1の段階<br>(寿命段階) | 大規模補修または更新 |
| 2   | 点検健全度が2の段階<br>(事後保全) | 中規模補修      |
| 3   | 点検健全度が3の段階<br>(予防保全) | 小規模補修      |

表 2-9 数量計算式 (コンクリート床版)<sup>4)</sup>

| 点検健全度 | 補修工法         | 単位             | 数量計算式   | 備考 |
|-------|--------------|----------------|---------|----|
| 3     | 床版防水工        | m <sup>2</sup> | 全幅員×支間長 |    |
|       | 炭素繊維接着工 (2層) | m <sup>2</sup> | 全幅員×支間長 |    |
| 2     | 上面増厚工        | m <sup>2</sup> | 全幅員×支間長 |    |
| 1     | 打換え          | m <sup>2</sup> | 全幅員×支間長 |    |

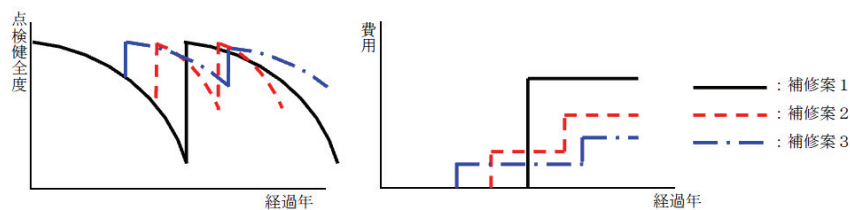


図 2-3 LCC 計算シナリオ<sup>4)</sup>

中長期的に予算・健全度を行う際は、以下の4通りの補修シナリオを用意する。

- 予防保全シナリオ：損傷が顕在化する前に予防保全的に対策を行う（点検健全度2にしない）。
- 事後保全シナリオ：損傷が顕在化した後、事後保全的に対策を行う（点検健全度1にしない）。
- 大規模補修・更新：使用できるだけ使用し、大規模補修・更新を行う（点検健全度1到達後に大規模補修・更新）。
- LCC 最小シナリオ：各補修シナリオ（「予防保全シナリオ」「事後保全シナリオ」「大規模補修・更新」）の中で、評価期間中の LCC が最小となるシナリオ（部材毎に選定）。

### 2.1.2 公共建築物の維持保全

公共建築物の維持保全の事例を、表 2-10 に示す。このうち、調布市がまとめた調布市

公共建築維持保全計画<sup>14)</sup>（以降調布市施設計画と記す）を取り上げ説明する。

表 2-10 公共建築物における維持保全の事例

| 地方自治体 | 企画・編集                       | 資料                                               | 発行時期     |
|-------|-----------------------------|--------------------------------------------------|----------|
| 青森県   | FM調査研究プロジェクトチーム<br>青森県政策推進室 | FMを活用した県有施設の効果的な管理運営手法の導入に関する調査研究 <sup>11)</sup> | 2003年3月  |
| 藤沢市   | 企画部経営企画課                    | 公共施設マネジメント白書 <sup>12)</sup>                      | 2008年11月 |
| 習志野市  | 経営改革推進室                     | 公共施設マネジメント白書 <sup>13)</sup>                      | 2009年3月  |
| 調布市   | 行政経営部公共施設維持保全計画担当           | 調布市公共建築物維持保全計画 <sup>14)</sup>                    | 2010年3月  |

調布市施設計画は、公共建築物の現状・課題、維持保全に向けた基本的な考え方や整備の方針、具体的な改修等のシミュレーション、維持体制等を明らかにする目的で策定された。計画の対象は、市が保有する財産のうち、道路等の都市基盤施設や倉庫・自転車等駐車場などの簡易な構造の建築物等を除く、概ね 50 m<sup>2</sup> 以上の公共建築物であり、学校のプール・校庭など建築物と一体となって機能している構造物等も含んでいる（表 2-11）。安全・安心の観点から、特に耐震化を重点的に進めている。

表 2-11 計画対象施設の分類分け<sup>14)</sup>

単位：建築物数（か所）、延べ床面積（㎡）

| 設置目的<br>による分類 | 大規模<br>（1,000 ㎡以上） |           | 小規模<br>（1,000 ㎡未満） |           | 全市対応<br>公共建築物 |           | 地域対応<br>公共建築物 |           |
|---------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
|               | 建築物数               | 延べ<br>床面積 | 建築物数               | 延べ<br>床面積 | 建築物数          | 延べ<br>床面積 | 建築物数          | 延べ<br>床面積 |
| 事務所施設         | 1                  | 14,123    | 2                  | 914       | 3             | 15,037    | 0             | 0         |
| 福祉施設          | 4                  | 19,963    | 24                 | 11,255    | 7             | 20,918    | 21            | 10,300    |
| コミュニティ施設      | 0                  | 0         | 19                 | 5,798     | 0             | 0         | 19            | 5,798     |
| 市営住宅          | 20                 | 13,056    | 0                  | 0         | 0             | 0         | 20            | 13,056    |
| 文化・教育施設       | 178                | 219,068   | 18                 | 7,126     | 12            | 52,102    | 184           | 174,092   |
| その他           | 0                  | 0         | 19                 | 2,254     | 3             | 799       | 16            | 1,455     |
| 複合施設          | 11                 | 29,371    | 6                  | 5,082     | 0             | 0         | 17            | 34,453    |

維持保全整備方針は、以下のようにまとめられる。

- ① 老朽化対策を基本とし、機能向上に係る改良は、計画における維持保全に合わせ、必要に応じて実施する。
- ② 部位ごとの計画更新年数に基づき、建築や最終改修からの経過年数及び部位の劣化状況に応じて、周期的に改修を行う。なお、計画更新年数は、年度別の維持保全のシミュレーション検討を実施するため、専門機関や東京都の発行する資料<sup>32)</sup>を参考に、施工上の使用や使用部材の材質等を踏まえて策定された耐用年数等に基づき設定する（図 2-4）。

- ③ 改修方法は、部位改修を基本とする。部位改修とは、建築物の外壁、屋上、電気設備、空調設備、機械設備等の部位ごとに設定した計画更新年数に基づき工事を行う工法のこと、従来のスケルトン改修に比べ、計画的・効率的に安全性と機能性の維持を図ることが可能である（図2-5）。
- ④ 各年度に見込まれる改修の規模に応じて、公共建築物の設置目的、施設規模、劣化状況によって優先度を判断し、年度間調整を図る。
- ⑤ 環境負荷の低減に配慮した工法・仕様とする。
- ⑥ 大型の公共建築物については、劣化診断に基づき長期修繕計画を策定し改修する。

|             |   |
|-------------|---|
| 時間計画保全とすべき  | ◎ |
| 時間計画保全が望ましい | ○ |
| 事後保全で構わない   | ● |

【参考】「建築物のライフサイクルコスト(編集・発行：(財)建築保全センター)」、東京都財務局修繕・更新計画標準

| 学校施設(校舎) |    |        |
|----------|----|--------|
| 部位       | 保全 | 計画更新年数 |
| 構造躯体(RC) |    | 65年    |
| 屋上防水     | ◎  | 20年    |
| 外壁       | ○  | 20年    |
| 受変電設備    | ◎  | 25年    |
| 電気設備     | ●  | 20年    |
| 受水槽      | ○  | 20年    |
| 高置水槽     | ○  | 20年    |
| 給排水・衛生   | ○  | 25年    |
| 空調       | ○  | 15年    |
| 防災設備     | ○  | 20年    |
| 内装       | ●  | 20年    |

| 学校施設(体育館) |    |        |
|-----------|----|--------|
| 部位        | 保全 | 計画更新年数 |
| 構造躯体(RC)  |    | 65年    |
| 屋根        | ◎  | 20年    |
| 外壁        | ○  | 20年    |
| 照明        | ●  | —      |
| 床         | ●  | —      |
| 内部        | ●  | —      |

| 学校施設(給食室) |    |        |
|-----------|----|--------|
| 部位        | 保全 | 計画更新年数 |
| 給食設備      | ●  | 20年    |
| 小荷物昇降機    | ●  | 20年    |

| 学校施設(校庭) |    |        |
|----------|----|--------|
| 部位       | 保全 | 計画更新年数 |
| 校庭       | ●  | —      |
| 散水設備・消火栓 | ●  | —      |

| 学校以外施設   |    |        |
|----------|----|--------|
| 部位       | 保全 | 計画更新年数 |
| 構造躯体(RC) |    | 65年    |
| 屋上防水     | ◎  | 20年    |
| 外壁       | ○  | 15年    |
| 外部建具     | ○  | 30年    |
| 給排水・衛生   | ○  | 25年    |
| 空調       | ○  | 15年    |
| 受変電設備    | ◎  | 25年    |
| 電気設備     | ●  | 20年    |
| 内装       | ●  | 20年    |

図 2-4 部位ごとの計画更新年数及び保全の分類<sup>14)</sup>



図 2-5 部位改修の様子<sup>14)</sup>

### 2.1.3 ファシリティマネジメントに関する既往の研究

ファシリティマネジメント（Facility Management：FM）とは、土地、建物、設備等の業務用の施設全てを経営にとって最適な状態、すなわち最少のコストで最大の効果で保有し、使用し、運用し、維持するための総合的な管理手法の事である。AMが不動産などの資産管理に焦点をあてた広い概念のマネジメントを意味するのに対し、FMは資産の対象を施設に絞り、保有から運用の詳細にまで至る経営管理を行うといった、より狭い概念のマネジメントの事を指す。

FMの適用事例として、角田ら<sup>33)</sup>は、費用対効果の観点を踏まえ、施設運営管理の実態かつ公共施設の利用状況を考慮した、公共施設評価手法の提示を目的に研究を行っている。この研究では、公共施設の施設運営管理費を定量的に示し、施設のハードに対する建物維持費と施設のソフトに対する事業運営費の比較を可能にしている。また、各貸し室単位での施設の利用率を明らかにし、施設の利用実態評価において判断基準となる具体的な改善策を提案している。さらに、費用対効果の観点をを用いて、施設運営管理費と利用率を総合的に考慮しながら、各施設・貸室の現状を明らかにし、具体的な改善策の提案を行っている。しかしながら研究のアプローチとしては、現状分析に留まっており、提案した改善案の効果のシミュレーションを行うまでには至っていない。

山下ら<sup>34)</sup>は、東京都の庁舎施設の中から29箇所の都税事務所を対象に、新築・改築工事や改修工事の工事間隔が記された資料を基に、維持保全に関わる施設投資の状況について分析を行っている。各都税事務所の築後年数毎の工事件数や工事金額、各種設備工事の工事間隔、外壁・屋上防水の工事間隔、さらには、各都税事務所の改修工事金額累積と新築・改修工事金額の関係について、特徴を明らかにしている。しかしながらこの研究においても、現状分析に留まっており、最適な将来予測の実施や新しいアルゴリズム構築までには至っていない。

岡田ら<sup>35)</sup>は、AHP（Analytic Hierarchy Process：階層化意思決定法）絶対評価法を用いたLC（Life Cycle）評価シミュレーションを行い、その評価プロセスと意思決定手法によるマネジメントの有効性を検討している。AHPを用いたLC評価手法が、評価者の経験的な意思で決定されていた評価を定量的に表現し、全く尺度が異なっていた経済性評価と一般評価の統合を実現している（図2-6）。また、対象企業の営業所計画方針の重要度を定量的に決定し、これまで感覚的に決定されていた基本方針や施策を数値目標として表現できている。しかしながら、対象施設は某企業の営業所1箇所に限定され、他の複数施設との関わりを考慮した評価は行われていない。

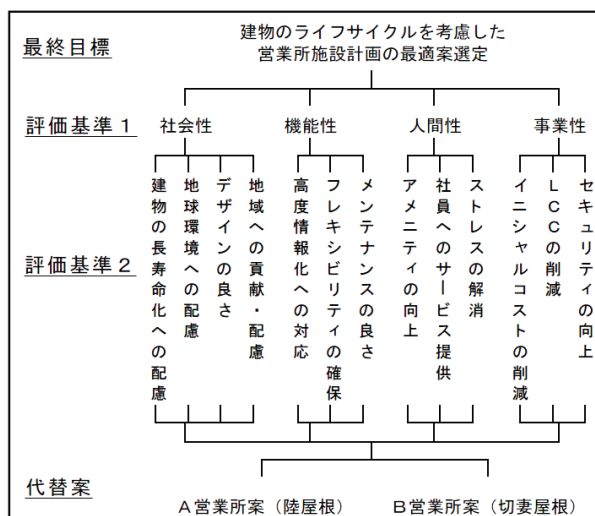


図 2-6 評価構造<sup>35)</sup>

## 2.2 選択行動モデル手法

### 2.2.1 離散選択モデル

離散選択モデルとは、選択肢に対する意思決定者の選好を、確率効用関数で表現し、最大効用を与える選択肢を選択するといった行動をモデル化したものである<sup>36)</sup>。選択肢集合の中から最大の効用を与える選択肢を選択すると仮定してモデル化を行う事を最大化原理という。離散選択モデルを構築するためには、選択問題と選択肢集合の特定化や、各選択肢を特徴付ける選択肢の属性の設定が必要となる。

### 2.2.2 SP（表明選好）調査

選択行動を正確に再現するためには、そのもととなる効用関数を正しく表現する必要があるが、各属性がどのように認知され、どのように意思決定に導入されているかを正確に把握するのは難しい。そこで、選択肢の属性として客観的データにより測定される選択肢の属性データを認知属性値の代理変数として用いる事で、意思決定者が認知した値と分析者が設定する客観値との差を埋める事になる。すなわち、アンケート調査などを行って、意思決定者に選択問題に答えて貰う事でモデルを構築する。

調査の方法には、実際の状況における選択行動を観測する RP（Revealed Preference）調査と、仮想の状況下での選好意思表示を観測する SP（Stated Preference）調査がある。RP 調査では、現存しない新規のサービスの需要分析や、新規の政策の効果などの分析が困難だったが、SP 調査であれば、大規模な社会実験に頼ることなく計測が可能である。SP 調査で得られるデータの特性には、一種の実験的データであるため、制約条件などの外部要因のコントロールが可能であり、属性間のトレードオフの影響が相対的に高まることや、同一個人から多数の情報を得ることが容易であり、個人の嗜好の異質性などが明確になる事等がある。表 2-1 2 に、RP データと SP データの比較を示す。

表 2-1 2 RP データと SP データの比較<sup>36)</sup>

|        | RPデータ                                                       | SPデータ                                                             |
|--------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 選好情報   | 実際の行動に基づく。<br>市場における行動と一致<br>得られる情報は「選択結果」                  | 仮想の状況における意思表示<br>市場での行動と不一致の可能性<br>「順位付け」「評点付け」「選択」など             |
| 選択肢    | 現存しない選択肢は取り扱えない。                                            | 現存しない選択肢も取り扱える。                                                   |
| 選択肢の属性 | 定量的属性のみ<br>測定誤差があることが多い。<br>属性値の範囲が限られている。<br>属性間の重共線性が大きい。 | 定量的および定性的属性<br>測定誤差はないが知覚誤差の可能性<br>属性値の範囲を拡張できる。<br>属性間の相関を制御できる。 |
| 選択肢集合  | 不明瞭                                                         | 明瞭                                                                |

SP 調査において回答者の選好を表現する形式には、①順位付け (ranking)、②選択 (choice)、③評点付け (rating)、④マッチング (matching) がある。

① 順位付け：

回答者に複数の選択肢を示し、望ましさの順序に選択肢を並び替える事を促すという形式で行われる。必ずしもすべての選択肢を並び替える必要性は無い。上位の順位付けは比較的信頼性が高いが、下位の順位付けは信頼性に乏しいとされており、選択肢数が多い場合、必ずしも全体の順位付けは分析の精度を高めない。

② 選択：

順位付けの中で、上位 1 位だけを回答するというもので、仮想の選択肢を 1 つ示し、それを選択するか否かを尋ねる選択意向 (stated intention) と呼ばれる形式が用いられる。

③ 評点付け：

選択肢の評価を一次元尺度上に各選択肢を位置付けてもらう形式の調査。各選択肢に 10 点満点の点数を与える形式がよく用いられるが、より評点付けの信頼性を高めるため、少数の意味付けされたカテゴリーからの選択とする方法もある。例えば、「非常に望ましい」「望ましい」「普通」「あまり望ましくない」からの選択形式にする。

④ マッチング形式：

固定された属性を持つ選択肢 A と 1 つの属性が自由に変動できる選択肢 B の 2 つを示し、2 つの選択肢が選好無差別になるよう被験者が変動可能な属性の値を設定する形式である。

また、選択問題の選択肢を正しく設定して調査を行わないと、選好情報と属性の関係が明確に得られない可能性がある。考慮すべき主な点は、以下の 4 つである。

① 選択肢の提示方法：

選択肢の提示方法には、選択肢を特定せず属性だけを提示する方法と、選択肢と属性を同時に提示する方法がある。前者は、提示可能な属性の効用パラメータのみを求めたい場合に用いられ、後者は、提示可能な属性の効用パラメータだけでなく、観測が困難な要因を考慮して選択肢固有変数を導入した需要予測モデルを構築する場合に用いられる。

② 提示する属性の選択：

提示する属性の選択には、分析者の必要とする情報に基づく選択と、意思決定者の選好に基づく選択がある。前者のように、ある属性の効用を知りたい場合、その属性を提示する内容に入れなければ、そもそも分析は不可能である。ただし、あまりに選択肢を多くし過ぎると、被験者が属性の属性間のトレードオフを明確に認識できなくなり、一部の属性だけを考慮するなどの代替的な思考方法によって選好してしまうため、



通常 3～7 程度の属性が提示されることが望ましい。

③ 属性の水準設定：

選択肢の属性の範囲は、現実的な範囲でばらつかせることが望ましく、属性間の相関は極力小さくするべきである。その上、特定の選択肢だけが選ばれた場合、属性間の代表性に関する情報が明確に得られないことがあり、推定される効用関数の信頼性が低くなる恐れがあるため、提示した選択肢が、ある程度のばらつきを持って選択されることが望ましい。

④ 属性値の提示方法：

属性を提示する際、数字で示せるものに対しは具体的に絶対量で示し、特定の基準が存在する場合には変化を割合で示したりする。また、数字で示せないような属性は、被験者に正確に認識してもらう必要があるため、具体的にかつ視覚的表現をなるべく活用して提示するのが望ましい。

### 2.2.3 予測と集計化

消費者行動に離散選択モデルを適用する主な目的は、個人の行動をシステマティックに理解することと、何らかの施策を取った際の波及効果の予測を行い、施策の効果を定量的に評価し意思決定を支援することである。前者の場合、例えば費用と所要時間のトレードオフ関係から人に時間価値を計測することや、高齢者である事が選択行動にどのような影響を与えるか等を推定されたパラメータから知る事が可能である。後者の場合、個人個人の行動を予測するのではなく、母集団全体やあるサブグループについて集計した予測値が必要となる。このため、非集計レベルで推定したモデルを、予測段階では集計化する必要がある。

また、説明変数に含まれていない要因の影響を予測する事は出来ない。例えば、年齢に関する変数（パラメータ）が含まれていないモデルを用いて、高齢化などの年齢変化を予測する事は出来ない。逆に、時系列的な予測を行う場合、すべての説明変数の将来値をモデルに入力する必要があるため、将来値を得られない説明変数をモデルに入れても無駄である。

推定されたモデルを遠い将来の予測に用いたり、別の地域の予測に用いたりする際には、モデルの移動可能性（transferability）に注意しないといけない。前者を時間的移動可能性と呼び、過去の 2 時点以上のデータがあれば、それぞれのデータから同じモデルを推定してパラメータの同一性を検定する事が出来る。一方、後者を空間的移動可能性と呼び、予測地域における少数のサンプルや集計データが入手可能であれば、モデルによる集計予測値と比較する事でその有効性を大まかに判断する事が出来る。



## 2.2.4 代表的個人法及びマーケットセグメント

代表的個人法とは、母集団の代表的な仮定の個人の説明変数値を計算し、その個人の選択確率をそのセグメントにおけるシェアとするものである。代表的な変数値としては、モデル推定に用いたサンプルにおける平均値を用いる。母集団の中で説明変数のばらつきが大きい場合、なるべく説明変数がばらつかない同質的なグループごとに代表的個人を立てることで、予測の精度を落とさないようにする。このように、母集団を嗜好がおおよそ均一だろうと思われるいくつかのサブグループに分け、サブグループ毎にパラメータを推定する手法をマーケットセグメンテーション（market segmentation）といい、サブグループをマーケットセグメント（market segment）と呼ぶ。セグメントは、個人属性によって定義されることが多く、年齢階層、性別、職業などのセグメント分けが容易なグループを通常用いる。マーケットセグメントを定義する際は、どのような属性でセグメントを定義すればよいか先験的に決めなければいけないことや、限られたサンプル数でセグメントを多くすると、セグメント毎のサンプル数が小さくなり、パラメータ推定に問題が生じる事に注意する必要がある。

## 2.2.5 交通行動の分析

離散選型選択モデルの例として、交通手段選択の場合、定数項、サービスレベル（LOS：Level Of Service）変数、社会経済変数を説明変数として定義する必要がある。LOS 変数とは、各選択肢独自のサービスレベルを表す変数の事で、所要時間や費用（料金）や乗換え回数等がある。社会経済変数とは、各選択肢間で値が変化しない変数の事で、性別や所得や職業や運転免許の有無など個人属性に該当するものがある。定数項とは、説明変数では表せなかった効用のうち、全個人で共有する値の事で、プライバシーの効用や快適性の効用等がある。交通行動分析の主な対象として、交通手段選択、目的地選択、経路選択を取り上げ、そこに用いられる代表的な変数を表 2-13 に示す。

表 2-13 分析対象別の効用関数に用いられる変数の例<sup>36)</sup>

| 選択行動 | 交通手段選択 | 目的地選択         | 経路選択       |
|------|--------|---------------|------------|
| 変数   | 支払い費用  | 出発地と目的地間の交通抵抗 | 経路所要時間     |
|      | 幹線旅行時間 | ゾーンの経済活動指標    | 経路費用       |
|      | 端末旅行時間 | ゾーンの観光魅力指標    | 所要時間の信頼性指標 |
|      | 乗換え回数  |               |            |
|      | 運行頻度   |               |            |

## 2.2.6 非日常交通行動の分析

日常交通が、通勤・通学などの行動を指すのに対し、非日常交通行動とは、観光・レジャー交通（recreational / leisure trip）や買い物交通（shopping trip）などの行動のことを表す。日常交通と非日常交通との比較を表 2-14 に示す。

表 2-14 主な交通の自由度特性による分類<sup>36)</sup>

| 種類    | 特徴                                | 該当する交通                      |
|-------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 日常交通  | 行動の自由度が高い。<br>（目的地、活動時刻、日程が選択可能）  | 買物交通、知人訪問、<br>レジャー交通、観光交通など |
| 非日常交通 | 行動の自由度が低い。<br>（目的地、活動時刻、日程が選択不可能） | お稽古事、業務交通、<br>通勤・通学など       |

自由度の高さに着目した非日常交通の特徴を以下に示す。

- 選択肢の集合の範囲が膨大になりうる。
- 個人の嗜好の異質性が大きく現れる。
- 分析の時間的枠組みが、従来の交通行動分析が対象としてきた 1 日では、十分な分析が行えない。
- 行動の地理的広がりが多様である。非日常交通が行われる範囲を、表 2-15 に示す。
- 意思決定者の過去の経験や持っている情報などの要因が大きな影響を及ぼす。

表 2-15 主な非日常交通の空間特性<sup>36)</sup>

| 日常生活圏       | 都市圏レベル       | 都市圏外     |
|-------------|--------------|----------|
| ・ 買物交通(最寄品) | ・ 都市型観光交通    | ・ 広域観光交通 |
| ・ 身近な娯楽交通   | ・ 買物交通(買回り品) | ・ 海外旅行   |

このように非日常交通は、取扱いが難しい特性を持つ。買物行動、観光行動に着目して、既往研究の成果をもとにその特性や分析上の留意点を明確にする。まずは、買物行動の分析における特性と課題を以下に示す。

- トリップチェーンのなかで他の活動とともになされる場合が多い（なお、トリップとは、人がある目的をもって、ある地点からある地点へと移動する単位のことをいい、1 回の移動でいくつかの交通手段を乗り換えても 1 トリップと数える。1 日の交通の動きは、1 つのトリップだけで完結する事は少なく、いくつかのトリップが連続的に行われることが多い。このような連続的に連鎖するトリップの事を、トリップチェーンという）。
- 過去の行動履歴に大きく依存している。
- 曜日や季節によって変動する。

- 例えば目的地選択を分析する場合、意思決定要因として買物目的地の魅力度を計測・測定することになるが、一般的にそれは容易ではない。
- 買物目的、1回の購入量、交通手段や発生頻度等の活動要素は相互連関性を持つ。
- 家族の構成人数やライフサイクルステージなどの要因をとりこんで、家計を分析の最小単位とする必要がある。

次に、非日常交通の中でも最も分析が進んでいる観光交通の分析における特徴を以下に挙げる。

- 希少性と季節変動が大きく影響する。
- 1つのトリップチェーン内での移動距離などの特性のばらつきが、他の交通と比較して大きくなる。
- 観光地域内での観光地を連続的に移動する地域内周遊行動は、観光交通で多くの割合を占める行動形態であり、解明する必要がある。
- 個人の意思決定の自由度が格段に高く、個人の好みの差が明確に現れる。
- 眺望を求めるなど交通自体が目的となる場合があり、時間価値を単純に評価できない。
- 他の娯楽活動によって代替が可能であり、必須性が無い。

以上を踏まえて、非日常交通分析の課題を挙げる。

- 都市中心部の商業を活性化するための分析需要の増加に対して、都市中心部にある公共空間の魅力度の計測とその向上策などの提案が求められる。
- トリップチェーン全体での意思決定特性の把握と分析手法の確立が必要となる。
- 観光地域の魅力とそれを向上し集客するために必要なサービスを分析する必要がある。
- 社会環境との関連や、分析モデルの時間的な安定性の検討が必要である。
- 習慣や衝動などといった通常の効用最大化の枠外にある要因を考慮する必要がある。

## 2.3 環境経済評価手法

### 2.3.1 CVM（仮想市場評価法）

環境経済評価手法の1つで、SP法にも分類される手法に、仮想市場評価法（Contingent Valuation Method : CVM）がある。CVMとは、ある非市場財について、仮定の状況下での支払い意思額を直接・間接的に尋ね、その財の影響が及ぶ個人全員の支払い意思額の総和を求める事で、その価値を計測する手法である<sup>37)</sup>。等価余剰（Equivalent Surplus : ES）あるいは補償余剰（Compensating Surplus : CS）の定義に基づき、直接的に環境変化に対する支払意思額（Willingness To Pay : WTP）あるいは受取補償額（Willingness To Accept Compensation : WTA）を尋ねる。

環境改善の場合、ES では「環境改善があった場合の効用水準を維持するという条件のもとで、その変化を諦めるために家計が補償して欲しいと考える最小補償額 (WTA)」を尋ねる。CS では「環境改善がなかった場合の効用水準を維持するという条件のもとで、その変化を獲得するために家計が支払うに値すると考える最大支払額 (WTP)」を尋ねる。一方、環境悪化の場合、ES では「環境悪化があった場合の効用水準を維持するという条件のもとで、その変化を避けるために家計が支払うに値すると考える最大支払額 (WTP)」を尋ねる。CS では「環境悪化がなかった場合の効用水準を維持するという条件のもとで、その変化を容認するために家計が補償して欲しいと考える最小補償額 (WTA)」を尋ねる。WTA は、WTP に比べて過大に評価される傾向にあるため、一般的には WTP を調査する。

CVM の質問形式には、①自由回答方式、②付け値ゲーム方式、③支払いカード方式、④二項選択方式がある。

- ① 自由回答方式：  
自由に金額を回答してもらう。
- ② 付け値ゲーム方式：  
提示金額に対して賛成/反対の回答を求め、反対の回答が得られるまで金額を上げていく。
- ③ 支払いカード方式：  
選択肢の中から金額を選択してもらう。
- ④ 二項選択方式：  
提示金額に対して賛成/反対を選択してもらう。

### 2.3.2 コンジョイント分析

コンジョイント分析とは、CVM と同じく SP 法に分類される環境経済評価手法の 1 つであり、プロファイルと呼ばれる仮想的な代替案を回答者に繰り返したずねる事で、評価対象を構成する属性別に価値を評価する手法の事である<sup>38)・41)</sup>。アンケート調査により評価を行うことは CVM と同様であるが、CVM が評価対象の全体の価値を評価するのに対し、コンジョイント分析では属性別に価値を評価する事が可能といった特徴を持つ。コンジョイント分析における調査設計の手順を表 2-16 に示す。

表 2-16 コンジョイント分析の調査手順<sup>37)</sup>

|                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------|
| (1) 評価対象についての情報収集:<br>評価対象の現状把握, 自然科学的データの収集, 専門家の意見収集など                               |
| (2) 属性とレベルの選定:<br>評価対象を構成する多数の属性の中から評価属性を選択, 属性変数のレベル<br>(変数の値)の選択, 支払額レベルの選択, 質問形式の選択 |
| (3) プロファイル・デザイン:<br>推定に影響を及ぼさないようにプロファイルを設計, 直行行列による作成や<br>D効率性による作成方法などがある.           |
| (4) プレテスト(小規模な事前調査):<br>説明内容や支払形態に問題がないかを確認, 属性やレベルの調整                                 |
| (5) 最終調査(大規模な調査):                                                                      |
| (6) 推定:                                                                                |

なお, コンジョイント分析とは, 多属性選好を評価する手法の総称であり, 大別すると  
評定型コンジョイント (Rating-Based Conjoint : RBC) と選択型コンジョイント  
(Choice-Based Conjoint : CBC) の2種類がある.

評定型コンジョイントは, それぞれの商品の好みを点数で採点したり, 望ましい順に週  
品を並び替えたりする事で商品の属性別の選好を推定する. 評定型には, ある1つのプロ  
ファイルに回答者に示して, そのプロフィールの選好を尋ねる完全プロフィール評定型  
(full profile rating), 2つの対立するプロフィールを提示して, どちらがどのくらい好ま  
しいかを尋ねて評価するペアワイズ評定型 (pair-wise rating) 等がある.

完全プロフィール評定では, 商品プロフィールに回答者に示して, その商品の購入確率  
を尋ねて評価を行う. 回答者の効用関数 $U$ が部分効用の加算によって得られる主効果モデル  
に従うと仮定すると, 回答者の商品 $j$ の購入確率 $p_j$ は, 式(2)のように定義される.

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

ここに,

$\beta$  : 推定されるパラメータ

$\varepsilon$  : 誤差項

ペアワイズ評定型では, 2つの対立する商品プロフィールに回答者に提示して, どちらの  
商品がどのくらい望ましいかを尋ねることで評価を行う. プロファイル $j$ とプロフィール $k$ が  
提示されたときの効用をそれぞれ $U_j$ ,  $U_k$ とし, 効用関数は主効果モデルに従うと仮定する  
と, プロファイル $j$ と $k$ の効用差 $dU_{jk}$ は, 式(3)のように定義される.

$$dU_{jk} = dV_{jk} + \varepsilon_{jk} = \beta(X_j - X_k) + \varepsilon_{jk} \quad (3)$$

ここに,

$dV_{jk}$  : 観察可能な効用差関数

$\varepsilon_{jk}$  : 誤差項

$X_j$ および $X_k$  : プロファイル $j$ と $k$ の属性ベクトル

$\beta$  : 属性のパラメータ・ベクトル

誤差項 $\varepsilon_{jk}$ が標準正規分布に従うと仮定し、順序プロビット (ordered probit) により分析すると、回答者に評定 $r_{jk}$ が $s$ となる確率は、式 (4) のように表される。

$$\begin{aligned} P_r\{r_{jk} = s\} &= P_r\{\alpha_{s-1} \leq dU_{jk} \leq \alpha_s\} \\ &= P_r\{\alpha_{s-1} - dU_{jk} \leq \varepsilon_{jk} \leq \alpha_s - dU_{jk}\} \\ &= \phi(\alpha_s - dU_{jk}) - \phi(\alpha_{s-1} - dU_{jk}) \end{aligned} \quad (4)$$

ここに,

$\phi$  : 標準正規分布の分布関数

$\alpha_s$  : 閾値パラメータ,  $s = 1, 2, \dots, 9$

$\alpha_0$ を $-\infty$ ,  $\alpha_9$ を $\infty$ に基準化すると、対数尤度関数は式 (5) のようになる。この式に最尤法を用いることで、部分価値のパラメータ $\beta$ を推定する。

$$\log L = \sum_i \sum_s d_{is} \ln[\phi(\alpha_s - dV_{jk}) - \phi(\alpha_{s-1} - dV_{jk})] \quad (5)$$

ここに,

$d_{is}$  : 個人 $i$ が評定 $s$ を回答したときに 1 となるダミー変数

ペアワイズの質問では、すべての属性を含まなくても、残りの属性は両方のプロファイルで同一とみなす事が出来るので、一部の属性だけを含んだ部分プロファイル (partial profile) を用いる事が出来る。このため、比較的多数の属性でも評価が可能という利点がある。代表的手法は、Johnson<sup>42)</sup>のACA (Adaptive Conjoint Analysis : 適応コンジョイント分析) である。ACA は、コンピュータを用いてアンケートを行うアプリケーションであり、その質問内容は、全部で 4 セクションから構成される。第 1 セクションでは水準の選好度を、第 2 セクションでは水準の重要度を、第 3 セクションではいくつかの属性からなるプロファイルを一対比較で評価してもらい (ペアワイズ評定型)、第 4 セクションではプロファイルの好ましさを 0~100 点で評価してもらう (プロファイル評定型)。

ACA の特徴を以下に挙げる.

- 最大 30 属性まで扱える事から, 重要度の高い属性を発見出来る.
- 個人ごとに, 各属性の水準ごとの効用値を算出出来る.
- 様々な属性の組み合わせについて繰り返し質問が行われるため, 質問項目は一般に 30 ~60 項目に及び, 質問に答えるには 5~15 分が必要とされる.
- 属性の数が増えると, 価格のような重要な属性が過小評価される.
- 2 個または 3 個の属性のみで構成される部分プロファイルを 2 つ提示し, その他の属性は同一であると仮定する形式が, 非現実的であり, 実際の消費行動ではこのような少数の属性のみ異なる商品を選択する事は少ない.

一方, 選択型コンジョイントでは, 複数のプロファイルを回答者に提示して, 最も望ましいものを選択してもらう事で, 属性別の選好を推定する. 選択コンジョイントは, 多項ロジット (multinomial logit : MNL) によって部分価値の推定を行う. ある個人  $n$  が選択肢  $i$  を選択する確率  $P_{in}$  は, 以下のように定義される.

$$P_n(i) = \frac{\exp(V_{in})}{\sum_{i=1}^J \exp(V_{in})} \quad (6)$$

$$V_{in} = \beta_1 X_{1in} + \beta_2 X_{2in} + \cdots + \beta_k X_{kin} \quad (7)$$

ここに,

$V_{in}$  : 個人  $n$  の選択肢  $i$  に対する効用 ( $i = 1, \dots, J$ )

$X_{kin}$  : 個人  $n$  の選択肢  $i$  に対する  $k$  番目の説明変数 ( $i = 1, \dots, J$ )

$J$  : 選択肢の最大数

$\beta_k$  :  $k$  番目の未知パラメータ

1 人の回答者から 1 つの回答結果が, 全体で  $N$  人分得られたと仮定する. 未知パラメータを求める方法としては最尤推定法が最も一般的に用いられる. この方法では, 行動を表す理論モデルが正しいとの仮定のもとで, 観測されたデータが得られるもつともらしさ (尤度) が最大になるようにパラメータを定める. データの尤度  $L$  は, 選択確率を用いて式 (8) のように表される.

$$L = \prod_{n=1}^N \prod_{i=1}^J P_n(i)^{d_{in}} \quad (8)$$

ここに,

$d_{in}$  : 個人 $n$ が選択肢 $i$ を選んだとき 1, そうでないとき 0 を取るダミー変数

係数 $\beta_k$ 以外の値は確定値であるため, 式(8)の両辺の対数を取った対数尤度関数 $\ln L$ を, 式(9)で示すように, 未知パラメータに関して最大化することで,  $\beta_k$ を推定することができる.

$$\ln L = \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^J d_{in} \ln P_n(i) \quad (9)$$

なお, 選択型コンジョイント (CBC) は, 選択型実験 (choice experiment) とも呼ばれている. プロファイルを作成するためには, 各属性をどのような水準に設定すれば特性値がどれくらい望ましくなるかを把握して, 選択肢の組み合わせを構成しなければならない<sup>31)-34)</sup>. このときに用いられるのが, 実験計画法である. 実験計画法とは, 「どのように計画的にデータを採取すればよいのか」「そのデータをどのように解析すればよいのか」についての統計的方法論の総称である<sup>43), 44)</sup>. 1 元配置法, 2 元配置法, 多元配置法, 直行配列表, 乱塊法, 分割法など様々する方法がある. その中でも, 直交配列表 (以下: 直行表) は, 少ない実験回数で多くの要因効果を検定することに長けている. 直行表には,  $L_4(2^3)$ ,  $L_8(2^7)$ ,  $L_{16}(2^{15})$ ,  $L_{32}(2^{31})$ ,  $L_{64}(2^{63})$  など, 2 水準の因子を扱う 2 水準系直行表や,  $L_9(3^4)$ ,  $L_{27}(3^{13})$ ,  $L_{81}(3^{40})$  など, 3 水準の因子を扱う 3 水準系直行表がある. 異なる水準数の因子が存在する場合は, 多水準法や擬水準法などを用いて割り付けを行う.

CBC の特徴を以下に挙げる.

- 現実の消費行動に近いので, 回答者が答えやすい.
- 「どれも選ばない」という選択を入れることが可能である.
- 提示された商品がどちらも同じくらい好きでどれか 1 つを選択することが難しいときや, 面接時間が長くて回答者が疲れているときにも「どれも選ばない」と回答する傾向がある.
- 質問数は一般に 4~12 個で, 質問時間は 2~5 分であり, 回答者にそれほど負担をかけずに調査を行うことができる.
- 多項ロジットモデルを用いて属性の評価を行うため, 最小二乗法に比べて多数のサンプルを必要とし, グループ全体の平均的な値として評価することはできるが, 回答者それぞれの個人別に評価するのは難しい.
- 属性の数が多すぎると, 回答者が混乱して判断不可能になる恐れがあることから, 扱える属性は, 6 個が限度とされている<sup>37)</sup>.

表 2-17 は, ACA と CBC の違いについてまとめたものである. 3.3 節で詳しく説明するが, 本研究では, 最大 30 個までの属性数を扱う事が出来, さらに個人ごとに各属性の水



準ごとの効用値を算出する事が可能である ACA を採用し，施設選択実験を行う事とした．

表 2-17 ACA と CBC の比較 <sup>45)</sup>

|            | ACA         | CBC         |
|------------|-------------|-------------|
| 最大属性数      | 30          | 6           |
| 最大レベル数     | 9           | 9           |
| 属性間の禁止     | 可           | 可           |
| 提示するコンセプト数 | 一対          | 2～9(NONE含む) |
| 回答方法       | Rating(2～9) | Choice      |
| 効用推定方法     | 最小二乗法       | 多項ロジット(最尤法) |
| 効用推定単位     | 個人毎         | 全体またはセグメント毎 |
| 相互作用の推定    | 不可          | 可           |

## 2.4 マルチエージェント・シミュレーション

### 2.4.1 マルチエージェント・シミュレーションの概要

マルチエージェント・シミュレーションは，「環境」「エージェント」「属性」「ルール」により構成される．環境とは，エージェントの外部にあって，エージェントの意思では変更できないもののことである．エージェントとは，周囲の環境の状態を知覚し，自らの判断に基づいて目標達成行動を行う自律主体のことを意味し，内部状態（属性）と行動ルールを持つ．属性は，自律主体を構成する要素の事であり，シミュレーションを通じて一定のものと環境や他のエージェントとの相互作用を通じて変化するものの 2 種類がある．ルールは，エージェントの移動や状態変化，他のエージェントとの相互作用，環境の挙動を規定するため，エージェントや環境に設定する．エージェントに設定した場合，ルールを行動ルールと呼ぶ．これらの構成要素をシミュレーション上の空間に放り込むことによって，複雑な相互作用がコンピュータの中で創発的に展開し予想外の結果をもたらすのが，マルチエージェント・シミュレーションの利点である．

### 2.4.2 マルチエージェント・シミュレーションの適用事例

マルチエージェント・シミュレーションの適用事例として，安藤ら <sup>27)</sup>は，都市の衰退過程を想定したマルチエージェント・シミュレーションにより，空き家の発生，集積，コンヴァージョン，空地の商業への影響に着目している．このモデルでは，1 辺 10～50m のセルを計 400 (=20×20) 個用意し，そこに空地と産業と住宅と商業の 4 種類のエージェントをはめ込むことで，4ha～100ha の敷地面積と 400～10,000 人程度の人口を想定している．産業と住宅と商業のエージェントには，空き地であるかそうでないかといった属性を持たせている．エージェントには初期配置・相互作用・消滅・生成といったアクションを起こ

させている。定式化した要因は、人口の増減・空き家の集積の影響・地代の変化・商業の集積による外部効果の加算・空地が商業に与える影響の 5 つである。しかしながら、このモデルでは、建築物の建て替えを考慮せず簡明なモデルによって空き家の状況を分析している点や、都市規模が 4～100ha と小規模な市街地に留まっている点、シミュレーションの妥当性確認手法の開発が出来ていない点に課題がある。

秋山ら<sup>28)</sup>は既存の交通行動モデルを統合的に利用して、人工社会としての都市モデルを構築している。625 区画（＝南北 25 区画×東西 25 区画）の都市モデルに 10,000 人の市民エージェントを配置し、表 2-18 に示すような個人属性を設定して、商業的魅力度、付加的移動時間費、地域の来訪魅力度に基づく行動原理をモデル化している。この研究の成果は、都市規模の人工社会を形成し、まちづくり政策の効果の波及過程を各現象レベルに対応して分析可能としたことや、市民レベルの動向を踏まえた政策の提案・実施の検討が不可決だと解ったことや、市民のまちづくりに対する意識の相違によって最終的なコンパクトシティ化の成否を規定する場合があるのが解った事等が挙げられる。

表 2-18 エージェントの属性<sup>28)</sup>

| 属性      | 属性値       |        |          |
|---------|-----------|--------|----------|
| 年齢階層    | [1]若年者    | [2]中年者 | [3]高齢者   |
| 性別      | [1]男      | [2]女   | -        |
| 職業      | [1]就業者    | [2]就学者 | [3]主婦・無職 |
| 運転免許    | [0]なし     | [1]あり  | -        |
| 自動車保有   | [0]なし     | [1]あり  | -        |
| 居住地     | [1]都心部    | [2]周辺部 | [3]郊外部   |
| 居住地位置   | (数値座標)    |        |          |
| 勤務地     | [1]都心部    | [2]周辺部 | [3]郊外部   |
| 勤務地位置   | (数値座標)    |        |          |
| 自由活動数   | (数値座標)    |        |          |
| 地域来訪魅力度 | (地域別:整数値) |        |          |

中野ら<sup>30)</sup>は、ライフサイクルを考慮した世代別のエージェントからなる、都市の人口移動を評価できる都市構造のシミュレーションを開発している。50m 程度の正方領域を想定した 900（＝30×30）セルの空間に、人、中心地、病院の種類のエージェントを配置している（図 2-7）。人エージェントは、必要最低限の都市規模を想定して 3000 人とし、young エージェント、family エージェント、elderly エージェントの 3 種類を設定している（図 2-8）。この研究の成果としては、高齢者の日常生活における移動可能距離を広げれば、都市のスプロール化や世代別の居住分離の促進につながることで、高齢者の居住地移動確率を上げて居住地移動を促進させると、都市のコンパクト化や各世代の混住に寄与すること、病院などの高齢者の必要施設は郊外に設置するよりも市街中心部に設置した方が都市のコンパクト化と各世代の居住混合につながる事を明らかにした事にある。しかしながら、デ

イベロッパーや企業などのエージェントをモデルに組み込み、それらとの相互作用の結果を研究する事や、土地の高さの概念、公共交通の普及などを取り入れる事は出来ていない。また、都市が衰退していく様子も表現出来ていない。

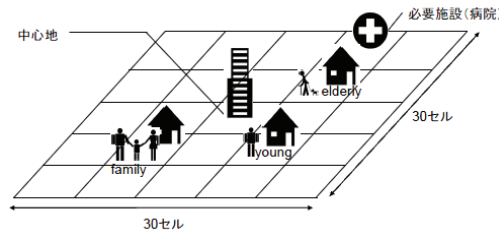


図 2-7 仮想都市の概要<sup>30)</sup>

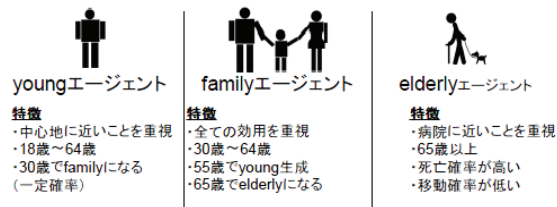


図 2-8 エージェントの内訳<sup>30)</sup>

## 2.5 人口の推計手法

人口変動の要因には、表 2-19 に示すように、出生、死亡、人口移動の 3 つがある<sup>46)</sup>。それぞれにつき、直接要因と間接要因がある。また、人口推計の方法には、表 2-20 に示すように、数学的手法、要因法、社会経済指標の推計値を用いる方法、移動的マトリックス法、世帯年齢分布法、コーホート法などがある。このうち、「コーホート」とは、同年（同期間）に出生した集団の事をいい、例えば、10 歳の人口に対する死亡数と移動数を仮定する事で、1 年後の 11 歳の人口予測が可能である。また、0 歳人口は、母親世代の年齢毎に設定した出生率を乗ずる事で計算できる。このように、集団毎の時間変化を軸として、人口の変化をとらえていく方法を「コーホート法」と呼ぶ。また、人口推計を行う上では、都市の開発や更新、建物の新築や開発の頻度、年代やコミュニティの特性等といった、地域の特性に伴う住民の転出入傾向を考慮する必要がある、これを「移動率」として設定する。移動率には、表 2-21 に示す「高位」「中位」「低位」の 3 つのタイプがあり、このうち、中位が最も平均的な推定の方法である。

表 2-19 人口變動に影響を及ぼす要因<sup>46)</sup>

|        | 出生(変数)                                   | 死亡(変数)                                          | 人口移動(変数)                                         |
|--------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 直接要因   | 女子の結婚、就業、家族状態や個人の意識等が複雑に関連する。            | 医療や医学等の国家的な動向と無関係ではなく、出生の場合の個人的な意識等の要因に比べて比較的単純 | 就業、住宅及び縁事の3要素が主。社会・経済的側面と個人の意識、さらに地理的条件等の影響を受ける。 |
| 主な間接要因 | 1. 人口構造要因<br>性、年齢構造/配偶関係構造/パリティ(既存子供数)構造 | 1. 人口構造要因<br>性、年齢構造                             | 1. 人口構造要因<br>性、年齢構造                              |
|        | 2. 経済的要因<br>所得/育児・教育費用/女子就業機会            | 2. 経済的要因<br>所得/栄養状態(栄養摂取量)                      | 2. 経済的要因<br>就職・転職/住宅/労働力状態/産業構造/就業機会             |
|        | 3. 社会的要因<br>高学歴化/結婚・離婚/家族規範/育児・子供の価値観    | 3. 社会的要因<br>公衆衛生水準/食生活・食習慣                      | 3. 社会的要因<br>結婚・離婚/就学/家族形態/交通/季節労働                |
|        | 4. 文化的要因<br>家族観/社会慣習(後継ぎ・迷信)             | 4. 文化的要因<br>教育・知識水準/社会慣習                        | 4. 文化的要因<br>伝統的家族観/後継ぎ                           |
|        | 5. 政治的要因<br>保育政策/児童手当/女子労働雇用政策           | 5. 政治的要因<br>医療保険制度/医療福祉制度/労務(危険職種)対策            | 5. 政治的要因<br>住宅政策/土地開発/過疎・過密対策/出入国管理/労働対策/産業政策    |
|        | 6. 医療・保健的要因<br>医療(出産)技術/設備/避妊技術/普及       | 6. 医療・保健的要因<br>医療技術革新/設備/予防医学/普及                |                                                  |
|        |                                          | 7. 気候(気温)                                       |                                                  |
|        |                                          | 8. 住環境                                          |                                                  |

表 2-20 人口推計の方法<sup>46)</sup>

| 方法               | 内容                                                                                                                                                                                                                       | メリット                                             | デメリット                                                                                                            |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 数学的手法            | 過去における実績値(人口総数、人口密度、人口増加率など)を用い、過去の年次データに回帰式を当てはめて推計する。<br>回帰式:直線、高次曲線(2次、3次曲線)、指数曲線(代表的な曲線はロジスティック曲線、ゴンバーツ曲線等)を用いる。場合により補完公式により補完する場合がある。                                                                               | 補完推計(5年ごとのデータを用いその間の各年次における推計)をする場合に適する。         | 将来推計はごく短期間なら良いが、中・長期の推計には必ずしも適した方法とは言えない。<br>理由:人口を変化させる原因は、人口の変動要因(出生、死亡、移動)の変化であり、数学的な手法はこれを無視した結果を生じさせる場合がある。 |
| 要因法              | 人口の変動要因である出生数(率)、死亡数(率)、移動数(率)を推計し、その結果をもとにして人口総数を算出する方法。<br>例)国立社会保障・人口問題研究所の『推計人口』はこの方法であり、人口調査が行われていない年次や月別人口の推計等は、既知の出生数、死亡数、移動数を用いて計算されている。                                                                         | 3変数が既知のデータである場合には、この方法が用いられている。                  | 各要因の推計は、数学的手法あるいは相関法によるが、各要因とも人口の年齢構造の影響をうけるため、将来の推計には必ずしも適していない。                                                |
| 社会経済指標の推計値を用いる方法 | 計量経済モデルによる人口推計法であり、社会経済変数と人口(あるいは人口の決定要因)との相互関係を数式化(変数化)し、その変数によって人口を決定させるもの。例えば、地域の産業構造、労働人口、世帯数あるいは経済、社会情勢などと人口との変動を関連させて推計しようとする方法がこれにあたる。また、可住面積、床面積、宅地面積などに分解し、それによって人口推計を行う方法などもこれに含まれる。                           |                                                  | 他の変数との関係によって人口を導き出すため、他の変数の推計も同時に行わなければならない。また、その計算は複雑であるため、推計結果の評価が困難である。                                       |
| 移動マトリックス法        | 特定の地域のための推計ではなく、転出先別または転入元別データにもとづき、全地域について推計する方法。<br>例えば、日本全体で考えるとA県から他の46県への転出率が与えられているとすると、A県以外の46県はA県からの転入数が求められる。それをすべての県について同様に行うことにより、各県の転入者及び転出者が求められ、それをもとに人口を推計することができる。実際には、以上のことを性、年齢別に行い、コーホート法と基本的な考え方は同じ。 | 国レベルなどの全地域について行う場合に適する。                          | 特定の地域で行うには適さない。<br>膨大なデータ量と時間が必要。                                                                                |
| 世帯年齢分布法          | 人口移動は、世帯の変動とその移動によって生じる。そのため、世帯数(住宅戸数)の将来見通しや住宅建設計画のある場合、または別に世帯数の推計がされている場合にそれをもとに人口推計を行うことができる。<br>例えば、団地などの新設に伴い、他地域からどの程度の転入者が見込まれるか、また年齢構造はどのようになるかを推計する方法。                                                         | 世帯数の将来見通しや推計がされている場合に適する。                        | 他の手法と複合して利用する。                                                                                                   |
| コーホート法(年齢つみあげ法)  | コーホート法には①コーホート要因法と②コーホート変化率法の2種類がある。基本的な考え方は同じ。<br>前者は、コーホートの変化分を死亡率(生残率)及び人口移動数、出生数に分離して行う。<br>後者は、2時点のコーホートの変化率を用いる。                                                                                                   | 移動マトリックス法の簡便法として活用できる。<br>用意すべきデータが少なく、計算が比較的容易。 | 移動率、出生率の仮定により結果が異なる。<br>将来の移動率や出生・死亡数を推計するにはコーホート要因法が必要。<br>特に仮定する移動率が結果に与える影響が大きく、推計期間が長期にわたるほど生じる誤差が大きい。       |
| その他              | 地域人口が全国に占める割合をもとに計算する方法等。                                                                                                                                                                                                |                                                  |                                                                                                                  |

表 2-21 移動率タイプの特徴と定義<sup>46)</sup>

| 移動率のタイプ<br>(呼称) | タイプの特徴                                    | 定義                                  |
|-----------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|
| 高 位             | 過去 10 年間の移動率のうち、<br>高い移動率を維持する場合          | 平成16～21年(延べ5カ年)の<br>男女・年齢別移動率の平均値   |
| 中 位             | 過去 10 年間の移動率のうち、<br>平均的な移動率で推移する場合        | 平成11年～21年(延べ10カ年)の<br>男女・年齢別移動率の平均値 |
| 低 位             | 過去 10 年間の移動率のうち、<br>比較的移動率が安定的(低位)に推移する場合 | 平成11年～16年(延べ5カ年)の<br>男女・年齢別移動率の平均値  |

## 2.6 本研究の位置付け

以上，土木構造物，建築物を含めた建設物の維持管理の現状，選択行動モデル，環境経済評価手法，マルチエージェント・シミュレーション，人口の推計手法について，方法論と既往の研究を述べた．

維持管理の現状については，各施設の特徴に応じた部位や劣化の進行度合い，費用等を考慮した適切な補修時期の予測を行う試みは行われているが，そこに利用者の嗜好や意識までを取り入れる事は出来ていない．一方，マルチエージェント・シミュレーション技術を用いた既往の研究においては，施設の部位や劣化の状況，利用者の特性の両方のパラメータを細かく設定した上で，シミュレーション上の空間に取り入れ，解析を行った研究も見当たらない．

本研究では，マルチエージェント・シミュレーションシステムを開発する上で必要な施設と市民のエージェントについて，前者に対しては，既存のアセットマネジメントの概念を用いて，施設の劣化状況を表現し，後者に対しては，コンジョイント分析の手法を用いて，利用者の好みや行動特性をパラメータ化する．そして，両方のエージェントをシミュレーションシステムの中に取り入れた際に，果たしていかなる結果が導き出されるのかを分析・考察する事に新規性があるといえる．以上を踏まえて，本研究の特徴を以下に示す．

- 各公共施設にアセットマネジメントを適用する事で，時系列的に変化する劣化状況を表現している．
- 施設の魅力度を構成する属性を新たに設定し，それに対してコンジョイント分析を行う事で，利用者の施設利用行動をモデル化している．
- マルチエージェント・シミュレーション技術を活用する事で，複数の施設と利用者同士が及し合う影響度を分析している．

## 第3章 PAMMAS の概要

本章では、本研究で開発する手法である PAMMAS について概要を記す。PAMMAS 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。初期設定として、施設エージェントには、利用料金や設備情報などの属性と、劣化状況変化のルールを与えておく。市民エージェントには、性別や年齢や職業などの個人属性と、施設利用行動のルールを与えておく。意思決定者は、このうち施設エージェントに対して、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設定しておく。この時点からシミュレーションを開始すると、エージェント同士が相互作用し、終了時点までの経年毎に、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といったシステムである（図 3-1）。シミュレーション上に構築する地域や、施設や市民エージェントに設定する属性やルールに対し、地域毎に異なる個別情報を入力することで、いかなる地域においてもシミュレーションが可能である。

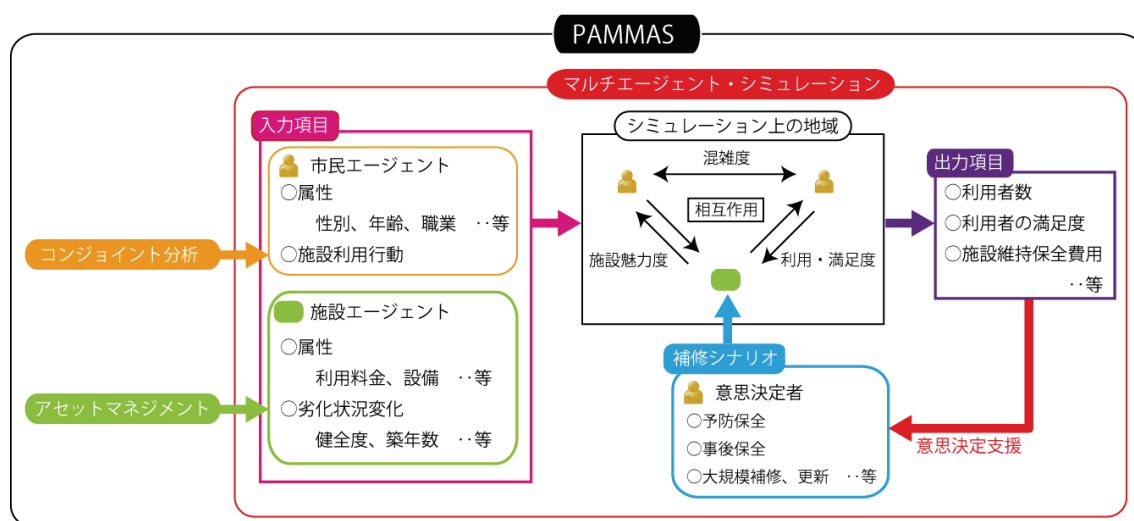


図 3-1 PAMMAS の概観

### 3.1 対象施設（プール施設）

公共施設の種類を表 3-1 に示す。本稿では、その中から対象とする施設としてプール施設を例として取り上げ説明する。建設当初のプール施設は、市内にもあまり多く存在しない施設であったため、自治体が主体となって建設に着手してきたが、現在では民間のプール施設やレジャープールなどが増えてきている。今後老朽化を迎える公共プール施設に対しては、どのような機能や設備を残すべきか、新設すべきか、もしくは廃止すべきか十分検討した上で改修工事を実施し、民間プール施設との明確な分類分けや役割分担を実現す

る必要があるため、プール施設を選択した。

表 3-1 公共施設の種類<sup>47)</sup>

| 種類         | 例                     |
|------------|-----------------------|
| 学校教育施設     | 幼稚園, 小学校, 中学校         |
| 社会教育施設     | 集会所, 公民館, 図書館         |
| 医療保険施設     | 診療所, 病院, 歯科診療所, 保健所   |
| 社会福祉施設     | 保育所, 児童館, 老人福祉センター    |
| 社会体育施設     | 体育所, プール, 運動場         |
| レクリエーション施設 | 児童遊園, 地区公園            |
| 購買施設       | 商店, マーケット, ショッピングセンター |
| 行政管理施設     | 市町村庁舎, 農業協同組合         |

### 3.2 施設エージェント

施設エージェントは、建設位置、健全度、利用料金などの基本属性と、劣化状況変化のルールを有する（表 3-2）。

表 3-2 プールの基本属性

| 属性        | 項目     |      |      |        |      |
|-----------|--------|------|------|--------|------|
| 建設位置      | X座標    | Y座標  | -    | -      | -    |
| 部位        | プールサイド | 水槽   | ろ過機  | -      | -    |
| 健全度       | (実数値)  | -    | -    | -      | -    |
| 築年数       | (整数値)  | -    | -    | -      | -    |
| 補修回数      | (整数値)  | -    | -    | -      | -    |
| 施設状況      | 屋内施設   | 屋外施設 | -    | -      | -    |
| 利用料金      | 回数制    | 月払い制 | -    | -      | -    |
| 設備内容・サービス | レジャー設備 | 温浴設備 | 子供設備 | スポーツ設備 | サービス |
| 床面積       | (整数値)  | -    | -    | -      | -    |
| 営業日数      | (整数値)  | -    | -    | -      | -    |

建設位置は、実際の施設が建設されている位置を想定しており、シミュレーション上の地域の位置座標に施設エージェントを仮想的に配置するため、X座標とY座標にて定義する。部位は、「プールサイド」「水槽」「ろ過機」の3つを用意する。健全度は、部位ごとに設けるもので、劣化予測式に基づいて、最高値5から最低値0まで経年で変化する。築年数は、施設ごとに設けるもので、その施設が竣工されてから何年経つかを表す。補修回数は、部位ごとに設けるもので、更新施策を行い劣化曲線が向上したタイミングで1カウントする。劣化状況変化のルールは、「健全度」「築年数」「補修回数」により規定する。

これらの基本属性及び劣化状況の変化のルールを利用して、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、各属性には水準を設ける（表 3-3）。



表 3-3 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      | 変数   |
|-------------|--------|---------------|-----------------|-----------------|----------|------|
| 施設状況        | 屋内     | 屋外            | -               | -               | -        | 質的変数 |
| 混雑度         | 空いている  | 普通            | 混んでいる           | -               | -        | 量的変数 |
|             | 0.40以下 | 0.40超0.65以下   | 0.65超           | -               | -        |      |
| 所要時間        | 5分     | 10分           | 20分             | 30分             | -        | 量的変数 |
|             | 5以下    | 5超10以下        | 10超20以下         | 20超45以下         | -        |      |
| 利用料金        | 150円/回 | 600円/回        | 1,500円/回        | 6,000円/月        | 9,000円/月 | 量的変数 |
|             | 375円以下 | 375円超1,050円以下 | 1,050円超3,750円以下 | 3,750円超7,500円以下 | 7,500円超  |      |
| 水槽の劣化状況     | 綺麗     | 普通            | 劣化が進行している       | -               | -        | 量的変数 |
|             | 3以上    | 1以上3未満        | 1未満             | -               | -        |      |
| プールサイドの劣化状況 | 綺麗     | 普通            | 劣化が進行している       | -               | -        | 量的変数 |
|             | 3以上    | 1以上3未満        | 1未満             | -               | -        |      |
| レジャー設備      | 有      | 無             | -               | -               | -        | 質的変数 |
| 温浴設備        | 有      | 無             | -               | -               | -        | 質的変数 |
| 子供設備        | 有      | 無             | -               | -               | -        | 質的変数 |
| スポーツ設備      | 有      | 無             | -               | -               | -        | 質的変数 |
| サービス        | 有      | 無             | -               | -               | -        | 質的変数 |

施設状況は、施設が屋内か屋外かの 2 水準で定義される。屋内を好む人と屋外を好む人の両方を考慮して、水準には順位付けをしない。なお屋内施設の場合、室内温水プールも想定している。

混雑度は、年間利用者数を、年間営業日数及び床面積で除した値で定義される。「空いている」「普通」「混んでいる」の 3 水準を設定し、シミュレーション上で算出した混雑度が 0.40 以下であれば「空いている」、混雑度が 0.40 より大きく 0.65 以下であれば「普通」、混雑度が 0.65 より大きければ「混んでいる」とする。なお、混雑度の閾値については、既存のプール施設における定員時の混雑度を計算して求め、その値を基に設定した。

所要時間は、施設エージェントの建設位置から市民エージェントの居住地位置までの最短直線距離を各交通手段の分速で除した値で定義される。「5 分」「10 分」「20 分」「30 分」の 3 水準を設定し、シミュレーション上で算出した所要時間が 5 以下であれば「5 分」、5 より大きく 10 以下であれば「10 分」、10 より大きく 20 以下であれば「20 分」、20 より大きく 45 以下であれば「30 分」とする。45 以上であれば利用しないとする。なお、所要時間の閾値については、市町村規模の範囲を徒歩で移動可能な範囲を考慮して設定した。

利用料金は、実際の施設の料金体系で表現する。水準には、「回数制 150 円/回」「回数制 600 円/回」「回数制 1,500 円/回」「月払い制 6,000 円/月」「月払い制 9,000 円/月」の 5 つを設定する。実際の利用料金が回数制の場合、375 円以下であれば「回数制 150 円/回」、375 円より高く 1,050 円以下であれば「回数制 600 円/回」、1,050 円より高ければ「回数制 1,500 円/回」とする。月払い制の場合、7,500 円以下であれば「月払い制 6,000 円/月」、7,500 円より高ければ「月払い制 9,000 円/月」とする。

劣化状況は、プール施設の点検結果を統計分析して作成した劣化予測モデルにより表現する。劣化予測モデルは、点検結果に対応する健全度と経過年の関係を統計分析することで作成した、予測直線もしくは曲線の事であり、利用者の目に付きやすい「水槽」「プールサイド」の 2 つの部材区分に設定する。水準には「劣化が進行している」「普通」「綺麗」の 3 つを設定する。シミュレーション上で算出した健全度が 1 より小さければ「劣化が進行している」、1 以上 3 より小さければ「普通」、3 以上であれば「綺麗」とする。なお、劣

化状況の閾値については、表 2-2 の健全度評価にある記載内容を考慮し設定した。

設備内容・サービスは、グループ別に分割した設備及びサービスが、設置・開設されているか、されていないかで表現する。水準は「有」「無」の 2 つを設定し、グループは下記 5 項目とした。

- レジャー設備：流れるプール，ウォータースライダー，波のプールなど
- 温浴設備：お風呂，ジャグジー，サウナなど
- 子供設備：子供用プール，子供用滑り台，遊具など
- スポーツ設備：50m プール，トレーニングマシンなど
- サービス：スイミングスクール，フィットネスクラブなど

### 3.3 市民エージェント

市民エージェントは、年齢、性別、住所などの基本属性と、各個人の施設利用上の嗜好や行動パターンに基づく施設利用行動のルールを有する（表 3-4、図 3-2）。

表 3-4 市民エージェントの基本属性

| 属性      | 項目                  |                  |       |           |
|---------|---------------------|------------------|-------|-----------|
| 性別      | 男性                  | 女性               | -     | -         |
| 年齢      | (整数値)               | -                | -     | -         |
| 職業      | 会社員                 | 公務員              | 専業主婦  | パート・アルバイト |
|         | 自営業                 | 学生               | 無職    | その他       |
| 運転免許の有無 | 有                   | 無                | -     | -         |
| 自動車の保持  | 自分専用を持っている          | 家族と共用で持っている      | -     | -         |
| 家族構成    | 配偶者                 | 子供               | 祖母    | 祖父        |
|         | 父(義理の父を含む)          | 母(義理の母を含む)       | 兄弟・姉妹 | 孫         |
|         | 他人・ルームメイト・同僚        | その他              | -     | -         |
| 子供の数    | -                   | -                | -     | -         |
| 交通手段    | 徒歩                  | 自転車              | 自動車   | 路線バス      |
|         | 原動機付自転車<br>(50cc以下) | 自動二輪車<br>(50cc超) | 鉄道    | タクシー・ハイヤー |

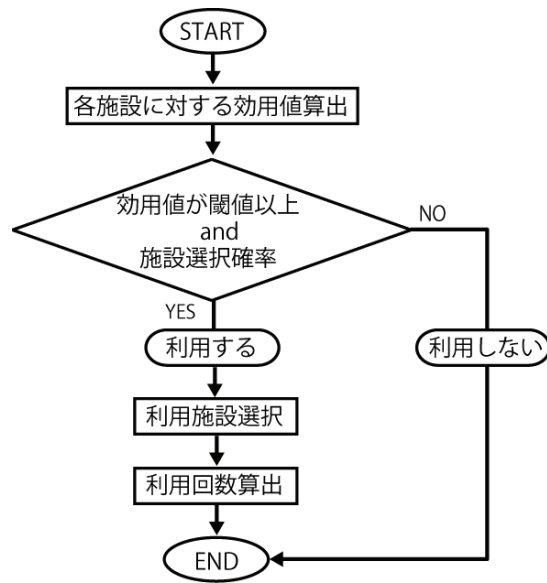


図 3-2 施設選択モデルのフロー図

各パラメータを決定するため、「個人属性」「施設利用状況」「施設選択実験」で構成される Web アンケート調査を行う。個人属性に関する質問では、性別、年齢、職業、免許、自動車の保持、同居人数、家族構成、子どもの数の計 8 項目を問う。施設利用状況に関する質問では、市域内にあるプール施設の中で最も頻繁に利用する施設の利用頻度や交通手段等を問う。施設選択実験には、最大 30 個までの属性数を扱う事ができ、さらに個人ごとに各属性の水準ごとの効用値を算出する事が出来る、ACA を採用し行う。選択確率は、式 (10) に示す  $p_j$ 、各施設に対する効用値は、式 (11) に示す各属性の水準毎の効用値の和  $U(X_j)$  と定義する。

$$p_j = \frac{U(X_j)}{\sum U(X_j)} \quad (10)$$

$$U(X_j) = \sum_k \beta_k x_{kj} + \varepsilon \quad (11)$$

ここに、

$p_j$  : 施設  $j$  の選択確率 ( $j = 1, 2, 3 \dots$ )

$X_j$  : 施設  $j$  の属性

$\beta$  : 推定されるパラメータ

$\varepsilon$  : 誤差項

個人属性については、全て採用するのではなく、効用値の分散が小さいものを採用してグループ分けを行い、マーケットセグメント（以降、セグメント）を決定する。閾値は、

施設利用状況に関する質問で、最高水準、3通りの中間水準、最低水準の施設を提示して「利用する」か「利用しない」を問い、「利用する」の回答が得られた施設のうち最低水準の効用値と「利用しない」の回答が得られた施設のうち最高水準の効用値との平均値とする。利用回数は、セグメント毎の利用頻度の平均値とする。

市民エージェントに設定する交通手段の割合は、アンケート調査にて得られた結果を用いて決める（4.5 節で詳述）。各交通手段の速度（単位：分速）は、既往の研究や既存の調査のデータを用いて決定する（4.5 節で詳述）。市民エージェントを空間に発生させる際は、国や自治体が提供している、普通出生率や死亡確率などの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事で、人口推移を表現する（4.4 節で詳述）。

### 3.4 artisoc

マルチエージェント型シミュレーションを作成するツールとしては、StarLogo, artisoc, RePast, Swarm 等がある<sup>16)・18)</sup>。このうち、Swarm や RePast は、Java ベースのシミュレータであり、この言語を習得するには多くの労力を費やす必要がある。StarLogo は、MIT（マサチューセッツ工科大学）のメディアラボで開発されたシミュレータで、オブジェクト指向の「Logo 言語」をベースとする。artisoc<sup>16)・18)</sup>は、（株）構造計画研究所が制作したマルチエージェント・シミュレーションのプラットフォームで、VisualBasic の文法に準拠している。機能的には、以上4つのツールに大きな差はないが、簡単なプログラミングですぐにモデルを作成でき、結果を視覚的かつ直観的に表現出来る事から、本研究では、artisoc を使用する事とした。

### 3.5 InterviewLand

InterviewLand<sup>48)</sup>は、同研究所が開発したアンケートシステムで、カード単位でシナリオを表示・記述し、質問を作成していくソフトウェアである。ACA, CBC, CVA 形式のコンジョイント分析ツールが組み込まれている事から、WEB アンケート調査の構築には、このソフトウェアを使用する事とした。

## 第4章 PAMMASの詳細

本研究では、PAMMASを開発し検証する事を目的に、プロトタイプ作成の具体的な適用地域として調布市を取り上げ、施設としてはプールを選択した。本章では、PAMMASの詳細設計に関して、調布市を例として、劣化予測モデルの作成、Web アンケート調査、人口推移のモデル化、交通手段のモデル化を行う。

なお PAMMAS では、現施設が今後老朽化を迎える際、利用者の動向や財政の状況等を考慮した上で、どのようなスパン・計画で施設の補修・改修工事を実施していけば、最も効果的かつ適切かを、仮想の空間上で施行錯誤しながらシミュレーションできるところにメリットがある。そういった意味で、将来のシミュレーションの実施に適したツールである。しかしながら、出力された結果に信憑性があるかないかは、将来の事は誰にも解らないので、比較検証する事が出来ない。そこでまず、過去のデータに基づくシミュレーションシステムを開発し、実際のデータを用いた正誤検証を行う。一定の精度が得られている事を確認した後、本来の目的である将来のシミュレーションシステムを開発し、解析・分析を実施する。本研究では、過去のシミュレーションについては1990～2009年の20年間を対象として、将来のシミュレーションについては2010～2029年の20年間を対象として行う事とした。

### 4.1 対象地域（調布市）

プロトタイプの対象には、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、施設の点検結果などのデータ整備が進む東京都調布市を選択した。調布市は、人口221,585人、面積21.53 km<sup>2</sup>（平成22年9月1日時点）の東京都多摩地域に位置する市であり（図4-1）、300か所以上、総延べ床面積328,010 m<sup>2</sup>の公共建築物を整備している。このうち、プール施設については、表4-1、図4-2に示すように、公共区分のものが4つある。その他にも、民間区分のスポーツ施設やジムに含まれるプール施設が5つある。これら全てのプール施設を、表4-2で示すように数値化し、シミュレーションに取り入れた。ただし、武蔵野の森総合スポーツ施設は、平成28年度竣工予定の総合スポーツ施設であり、利用料金はまだ策定されていないため、東京都に建設されている同規模のスポーツプール施設東京辰巳国際水泳場の利用料金を参考にした。

また、民間区分のプール施設に関しては、公共区分のプール施設に比べ、工事履歴や利用者数のデータ蓄積が乏しい、もしくは公開されていない。そこで、ホームページに掲載されている情報や、聞き調査にて取得した情報等といった、手に入る範囲のデータのみを使用してモデル化を行い、不明な部分については、一部仮想的に数値を入力して対応した。また、施設維持保全費用のシミュレーションについては、調布市施設計画において、将来

発生する費用のシミュレーションがすでに行われていたため、本研究では、モデル化しない事とした。

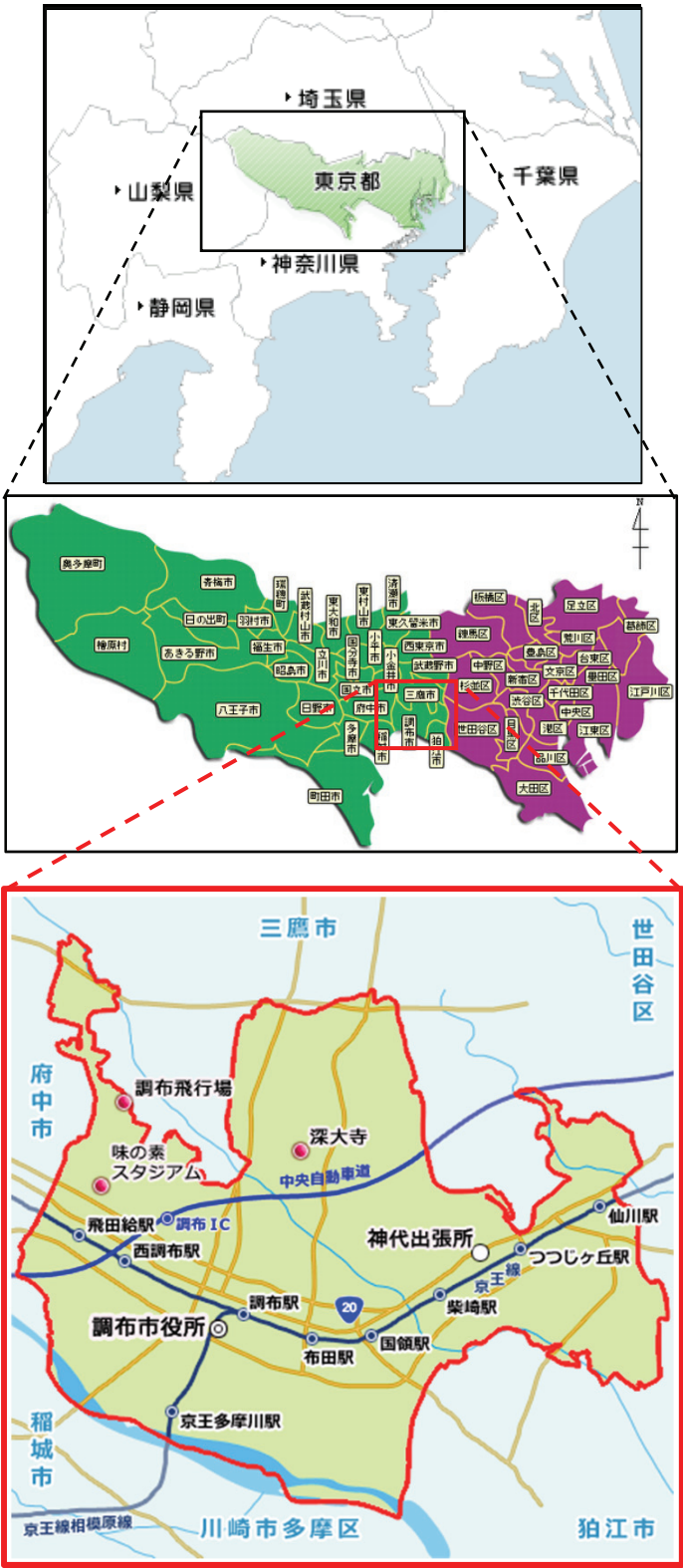


図 4-1 調布市<sup>49)</sup>

表 4-1 調布市のプール施設

| ID | 施設名称                       | 住所        | 区分 | 種類 | 利用料金※                          | 備考                                                                                                                           | 水槽床面積  | 営業日数   | 延床面積           | 建築年                |
|----|----------------------------|-----------|----|----|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|----------------|--------------------|
| 0  | 総合体育館<br>市内プール             | 深大寺北町2丁目  | 公共 | 屋内 | 大人400円、<br>子供(中学生以下)150円       | 25m×6コース、温水、トレーニング室、<br>水泳講習会、スイムセラピー                                                                                        | 325㎡   | 335日/年 | 6,057㎡         | (S.60)<br>1985     |
| 1  | 調布市民プール                    | 染池2丁目     |    | 屋外 | 大人150円、中学生70円、<br>子供(小学生以下)50円 | 50m×8コース、25m×6コース、幼児用、<br>変形子供用                                                                                              | 1,175㎡ | 60日/年  | 1,008㎡         | (S.48)<br>1988     |
| 2  | 調和小学校プール                   | 西つつじヶ丘4丁目 |    |    | 大人400円、小中学生150円<br>、未就学児無料     | 25m×5コース、幼児用(8m×3.5m)、<br>探暖室、医務室、サービスプログラム                                                                                  | 303㎡   | 335日/年 | 299㎡           | (H.14)<br>2002     |
| 3  | アクラブ調布                     | 国領町6丁目    | 民間 | 屋内 | 7,035円/月                       | 25m×6コース、ロッカー、ジャグジー、<br>シャワールーム、ドライヤー、テラス                                                                                    | 325㎡   | 355日/年 | 325㎡           | (S.45)<br>1970     |
| 4  | メガロス調布                     | 小島町1丁目    |    |    | 8,400円/月                       | 25m×5コース、スタジオ、マシニング、<br>ジャグジー、スパ、サウナ、ロッカー、ミストサウナ<br>ジム、スタジオ、お風呂、ジャグジー、ドライサウナ、<br>ゲルマニウム温浴、タンニング、マッサージ、<br>フィットネスクラブ、スイミングクラブ | 275㎡   | 305日/年 | 275㎡           | (H.16)<br>2004     |
| 5  | ルネサンス仙川                    | 仙川町2丁目    |    |    | 6,922円/月                       | 180㎡                                                                                                                         | 308日/年 | 180㎡   | (H.9)<br>1997  |                    |
| 6  | ティップネス国領                   | 国領町2丁目    |    |    | 6,615円/月                       | 275㎡                                                                                                                         | 308日/年 | 275㎡   | (S.62)<br>1987 |                    |
| 7  | 後楽園スポーツ<br>クラブ調布           | 調布ヶ丘3丁目   |    |    | 8,400円/月                       | 25m×15m、マシニングジム、スタジオ、ロッカー、<br>浴室(サウナ)                                                                                        | 375㎡   | 359日/年 | 375㎡           | (S.55)<br>1980     |
| 8  | 武蔵野の森<br>総合スポーツ施設<br>市内プール | 飛田給1丁目    | 公共 |    | 大人:600円/回<br>中学生以下:260円/回      | 50m×8コース、温浴、トレーニングルーム、<br>見学スペース、事務室、役員室                                                                                     | 850㎡   | 335日/年 | 7,500㎡         | (H.28)<br>竣工<br>予定 |

※ 利用料金は、性別や年齢、年度により異なるため、代表的な値段のみ記載した。詳細は、表4・3参照。

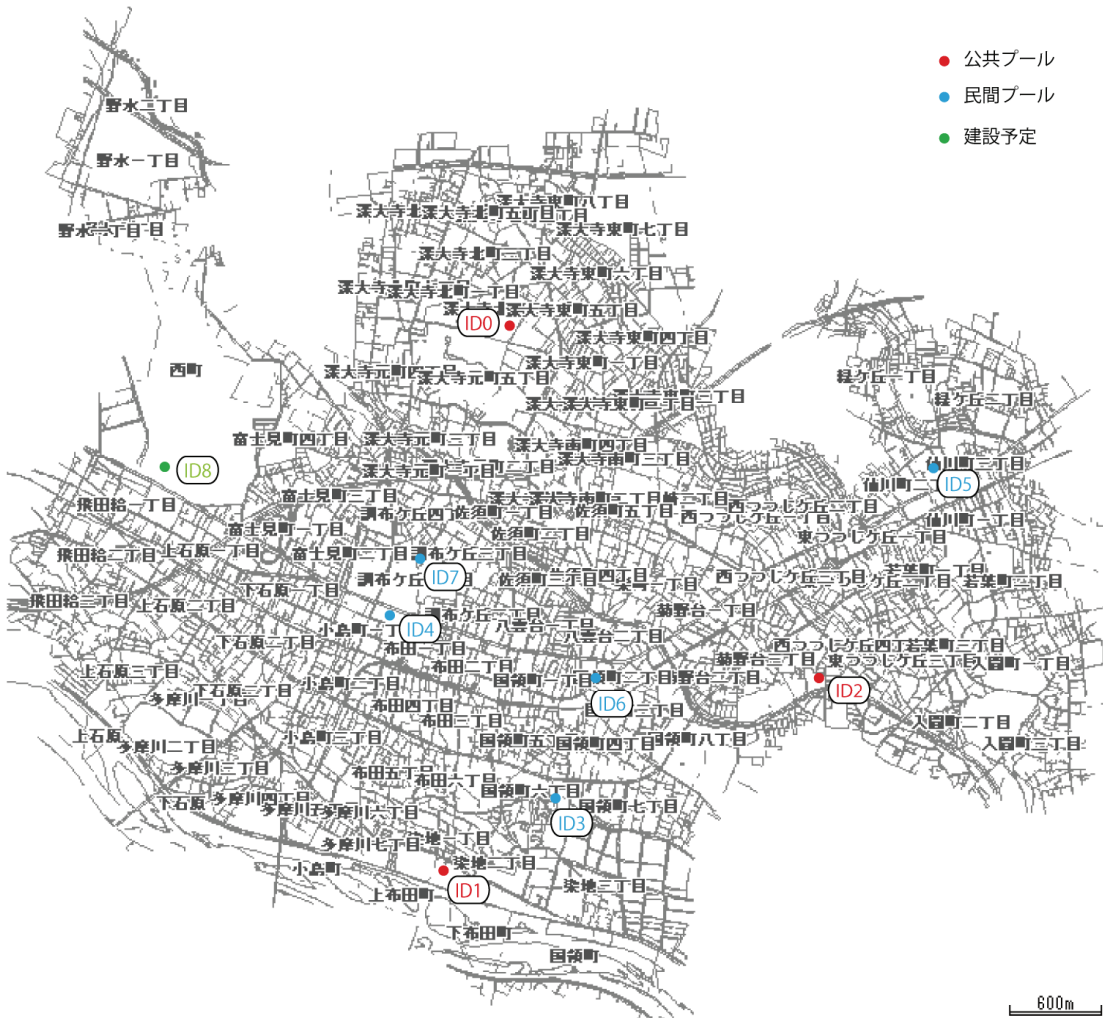


図 4-2 調布市のプール施設の配置図



表 4-2 シミュレーションに入力した施設情報

| ID | X座標<br>(100m) | Y座標<br>(100m) | 料金<br>(円) | 床面積<br>(㎡) | 営業日数<br>(日) | 屋内外 | レジャー | 温浴 | 子供 | スポーツ | サービス |
|----|---------------|---------------|-----------|------------|-------------|-----|------|----|----|------|------|
| 0  | 34            | 43            | 400       | 325        | 335         | 0   | 1    | 0  | 1  | 0    | 0    |
| 1  | 28            | 8             | 150       | 1175       | 60          | 1   | 0    | 1  | 0  | 0    | 1    |
| 2  | 53            | 21            | 400       | 303        | 335         | 0   | 1    | 0  | 0  | 1    | 0    |
| 3  | 36            | 12            | 7035      | 325        | 355         | 0   | 1    | 0  | 1  | 1    | 0    |
| 4  | 25            | 24            | 8400      | 275        | 305         | 0   | 1    | 0  | 1  | 0    | 0    |
| 5  | 62            | 34            | 6922      | 180        | 308         | 0   | 1    | 0  | 1  | 1    | 0    |
| 6  | 38            | 20            | 6615      | 275        | 308         | 0   | 1    | 0  | 1  | 0    | 0    |
| 7  | 27            | 28            | 8400      | 375        | 359         | 0   | 1    | 0  | 1  | 0    | 0    |
| 8  | 7             | 35            | 600       | 850        | 335         | 0   | 1    | 0  | 1  | 0    | 1    |

※ X, Y 座標は、空間のマス上で最左下端を原点 (0,0) とした時の値である。

※ 空間は 1 セルが 100m×100m である事から、X, Y 座標の単位は 100m である。

※ 料金は、表 4-1 と同様、代表的な値段のみ記載。

※ 屋内外は、0 が屋内、1 が屋外。

※ レジャー、温浴、子供、スポーツ、サービスは、0 が有、1 が無。

表 4-3 利用料金の詳細

| No | 施設名                     | 年齢・性別  | 利用料金      | 備考               |
|----|-------------------------|--------|-----------|------------------|
| 0  | 総合体育館<br>屋内プール          | 16歳以上  | 300円／回    | H9年以前 (1997年以前)  |
|    |                         |        | 400円／回    | H10年以後 (1998年以後) |
|    |                         | 15歳以下  | 100円／回    | H9年以前 (1997年以前)  |
|    |                         |        | 150円／回    | H10年以後 (1998年以後) |
| 1  | 市民プール                   | 16歳以上  | 150円／回    | -                |
|    |                         | 13～15歳 | 70円／回     | -                |
|    |                         | 12歳以下  | 50円／回     | -                |
| 2  | 調和小学校<br>室内プール          | 16歳以上  | 400円／回    | -                |
|    |                         | 15歳以下  | 150円／回    | -                |
| 3  | アクラブ調布                  | 15歳以上  | 9,849円／月  | -                |
|    |                         | 15歳未満  | 9,450円／月  | -                |
|    |                         | その他    | 10,500円／月 | -                |
| 4  | メガロス調布                  | 24～25歳 | 8,400円／月  | -                |
|    |                         | 23歳以下  | 7,350円／月  | -                |
|    |                         | 女性     | 8,400円／月  | -                |
|    |                         | その他    | 11,865円／月 | -                |
| 5  | ルネッサンス仙川                | 23～25歳 | 10,290円／月 | -                |
|    |                         | 15～22歳 | 7,665円／月  | -                |
|    |                         | 15歳以下  | 3,150円／月  | -                |
| 6  | ティップネス国領                | その他    | 10,815円／月 | -                |
|    |                         | 30歳以下  | 7,875円／月  | -                |
| 7  | 後樂園スポーツクラブ              | 一般     | 8,400円／月  | -                |
| 8  | 武蔵野森 総合スポーツ<br>施設 屋内プール | 16歳以上  | 600円／回    | -                |
|    |                         | 15歳以下  | 260円／回    | -                |



## 4.2 劣化予測モデルの作成

まず，施設エージェントに設定する劣化状況モデルの作成方法における留意点を述べる．2.1 節で述べた通り，土木構造物の分野においては，データが豊富に蓄積されており，回帰的分析手法を採用して劣化曲線を算出しても，信頼性のある結果が得られる．しかしながら，土木構造物も公共施設も，プール施設のように，これまで定期的な点検・調査が十分に実施されておらず，経年的なデータ量が少ない場合，類似の他施設における調査データを活用する必要がある．そこで現段階では，手に入る範囲のデータを利用して劣化予測式を算出し，今後豊富な調査データが集まった際には，より精度の高い劣化予測式をシミュレーションに設定することとする．また，表 4-4 に示すように，土木構造物における劣化予測式は，通常 1 次直線もしくは 2 次曲線であるが，プール施設の場合，劣化予測式を作成した事例がないため，入手した範囲の点検データを使用して回帰統計分析を行い，どのような劣化式が算出すべきか考察する必要がある．

表 4-4 劣化予測式の種類

| 地方自治体              | 対象    | 劣化予測式    |
|--------------------|-------|----------|
| 北海道 <sup>4)</sup>  | 橋梁    | 2次曲線     |
|                    | 樋門    | 2次曲線     |
| 広島県 <sup>5)</sup>  | 橋梁    | 2次曲線     |
| 浜松市 <sup>6)</sup>  | 土木施設  | 1次直線     |
| 静岡県 <sup>7)</sup>  | 橋梁    | 2次曲線     |
|                    | 係留施設  | 2次曲線     |
|                    | トンネル  | 途中から2次曲線 |
|                    | 水門・陸閘 | 1次直線     |
|                    | 下水道管路 | 1次直線     |
|                    | ダム    | 耐用年数     |
| 鹿児島県 <sup>8)</sup> | 橋梁    | 1次直線     |
| 北九州市 <sup>9)</sup> | 橋梁    | 2次曲線     |

### 4.2.1 作成方法と結果

調布市施設計画には，表 4-5，4-6 に示すように，既存の小・中学校のプール施設の点検データが，「築造」「水槽改修」「ろ過機」の 3 つの部位別に掲載されていたため，このデータを使用し劣化予測モデルを作成する事とした．作成に当たっては，劣化度 A,B,C, D,E を，表 2-2 で示す健全度Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ,V と想定し，A→Ⅰ，B→Ⅱ，C→Ⅲ，D→Ⅳ，E→Ⅴのように対応付けた．3 つの部位と実際の具体的な改修工事との関係性を，表 4-7 に示す．築造に該当する部位を「プールサイド」，水槽改修に該当する部位を「水槽」とした．

表 4-5 調布市小学校のプールの劣化度調査のデータ<sup>14)</sup>

|      |        |      |
|------|--------|------|
| A ←  | 劣化度    | → E  |
| 高い ← | 改修の必要性 | → 不要 |

| プール     |      |     |     |         |     |      |     |     |         |      |     |     |
|---------|------|-----|-----|---------|-----|------|-----|-----|---------|------|-----|-----|
| 築造      |      |     |     | 水槽改修    |     |      |     |     | ろ過機     |      |     |     |
| 学校      | 最終改修 | 経過年 | 劣化度 | 学校      | 構造  | 最終改修 | 経過年 | 劣化度 | 学校      | 最終改修 | 経過年 | 劣化度 |
| 第三小学校   | 1962 | 47  | A   | 布田小学校   | FRP | 1981 | 28  | A   | 国領小学校   | 1979 | 30  | A   |
| 第二小学校   | 1971 | 38  | A   | 石原小学校   | FRP | 1990 | 19  | B   | 柏野小学校   | 1980 | 29  | A   |
| 飛田給小学校  | 1975 | 34  | A   | 染地小学校   | FRP | 1990 | 19  | B   | 第一小学校   | 1986 | 23  | A   |
| 柏野小学校   | 1978 | 31  | B   | 八雲台小学校  | FRP | 1991 | 18  | B   | 滝坂小学校   | 1991 | 18  | C   |
| 国領小学校   | 1979 | 30  | B   | 滝坂小学校   | FRP | 1991 | 18  | B   | 石原小学校   | 1991 | 18  | C   |
| 布田小学校   | 1981 | 28  | C   | 深大寺小学校  | FRP | 1992 | 17  | C   | 染地小学校   | 1991 | 18  | C   |
| 第一小学校   | 1986 | 23  | C   | 多摩川小学校  | FRP | 1992 | 17  | C   | 八雲台小学校  | 1992 | 17  | C   |
| 富士見台小学校 | 1987 | 22  | C   | 若葉小学校   | FRP | 1993 | 16  | C   | 深大寺小学校  | 1992 | 17  | C   |
| 石原小学校   | 1990 | 19  | C   | 上ノ原小学校  | FRP | 1994 | 15  | C   | 多摩川小学校  | 1993 | 16  | C   |
| 染地小学校   | 1990 | 19  | C   | 緑ヶ丘小学校  | FRP | 1995 | 14  | C   | 第三小学校   | 1994 | 15  | D   |
| 八雲台小学校  | 1991 | 18  | C   | 第二小学校   | シート | 1996 | 13  | C   | 若葉小学校   | 1994 | 15  | D   |
| 滝坂小学校   | 1991 | 18  | C   | 第三小学校   | シート | 1996 | 13  | C   | 上ノ原小学校  | 1995 | 14  | D   |
| 深大寺小学校  | 1992 | 17  | D   | 飛田給小学校  | シート | 1997 | 12  | C   | 緑ヶ丘小学校  | 1996 | 13  | D   |
| 多摩川小学校  | 1992 | 17  | D   | 柏野小学校   | シート | 1999 | 10  | C   | 北ノ台小学校  | 1997 | 12  | D   |
| 若葉小学校   | 1993 | 16  | D   | 国領小学校   | シート | 1999 | 10  | C   | 調和小学校   | 2002 | 7   | E   |
| 上ノ原小学校  | 1994 | 15  | E   | 富士見台小学校 | シート | 2001 | 8   | D   | 飛田給小学校  | 2006 | 3   | E   |
| 緑ヶ丘小学校  | 1995 | 14  | E   | 第一小学校   | シート | 2002 | 7   | D   | 布田小学校   | 2006 | 3   | E   |
| 北ノ台小学校  | 1996 | 13  | E   | 北ノ台小学校  | シート | 2002 | 7   | D   | 第二小学校   | 2007 | 2   | E   |
| 調和小学校   | 2002 | 7   | E   | 調和小学校   | FRP | 2002 | 7   | D   | 富士見台小学校 | 2009 | 0   | E   |
| 杉森小学校   | 2009 | 0   | E   | 杉森小学校   | SUS | 2009 | 0   | E   | 杉森小学校   | 2009 | 0   | E   |

表 4-6 調布市中学校のプールの劣化度調査のデータ<sup>14)</sup>

| プール   |      |     |     |       |     |      |     |     |       |      |     |     |
|-------|------|-----|-----|-------|-----|------|-----|-----|-------|------|-----|-----|
| 築造    |      |     |     | 水槽改修  |     |      |     | ろ過機 |       |      |     |     |
| 学校    | 最終改修 | 経過年 | 劣化度 | 学校    | 構造  | 最終改修 | 経過年 | 劣化度 | 学校    | 最終改修 | 経過年 | 劣化度 |
| 第六中学校 | 1974 | 35  | A   | 調布中学校 | FRP | 1989 | 20  | B   | 第八中学校 | 1978 | 31  | A   |
| 第七中学校 | 1977 | 32  | A   | 神代中学校 | FRP | 1989 | 20  | B   | 第五中学校 | 1989 | 20  | B   |
| 第三中学校 | 1978 | 31  | A   | 第五中学校 | FRP | 1991 | 18  | C   | 神代中学校 | 1990 | 19  | C   |
| 第八中学校 | 1986 | 23  | C   | 第七中学校 | シート | 1994 | 15  | C   | 調布中学校 | 1995 | 14  | C   |
| 調布中学校 | 1989 | 20  | C   | 第六中学校 | シート | 1997 | 12  | D   | 第四中学校 | 1999 | 10  | C   |
| 神代中学校 | 1989 | 20  | C   | 第四中学校 | SUS | 1998 | 11  | D   | 第七中学校 | 2007 | 2   | E   |
| 第五中学校 | 1991 | 18  | D   | 第八中学校 | シート | 1999 | 10  | D   | 第三中学校 | 2008 | 1   | E   |
| 第四中学校 | 1998 | 11  | D   | 第三中学校 | シート | 2002 | 7   | E   | 第六中学校 | 2008 | 1   | E   |
|       |      |     |     |       |     |      |     |     |       |      |     |     |
|       |      |     |     |       |     |      |     |     |       |      |     |     |

※ 劣化度の評価時期は 2009 年度である。

表 4-7 3つの部位と具体的な改修工事との関係性

| 種類       | 具体的な改修工事       | 部位  |
|----------|----------------|-----|
| 建築改修工事   | コンクリートプールをFRP化 | 水槽  |
|          | プールサイド撤去新設     | 築造  |
|          | 附属棟改修          | -   |
| 機械設備改修工事 | 給排水設備工事        | -   |
|          | 給油設備工事         | -   |
|          | ろ過装置設備工事       | ろ過機 |
| 電気設備改修工事 | 電気・コンセント設備工事   | -   |
|          | 弱電設備工事         | -   |
|          | 機械警備設備工事       | -   |

まず、蓄積された点検健全度データを使用して、点検健全度Ⅳ、Ⅲ、Ⅱ、Ⅰのそれぞれに経過年毎の損傷プール数を集計し、正規分布のグラフを作成した（図4-3～4-5）。

各点検健全度への平均到達年が求まったので、各平均到達年を式（12）、式（13）に代入し、係数 $a$ を求める。2次曲線と1次直線の各々について、各点検健全度における $a$ の平均値を取り、近似式の係数を求めた。図4-6～4-8にその結果を示す。

$$f(x) = -\alpha x^2 + 5.0 \quad (12)$$

$$g(x) = -\alpha x + 5.0 \quad (13)$$

ここに、

$x$ ：平均到達年

$f(x)$ ：2次曲線の場合の計算式

$g(x)$ ：1次曲線の場合の計算式

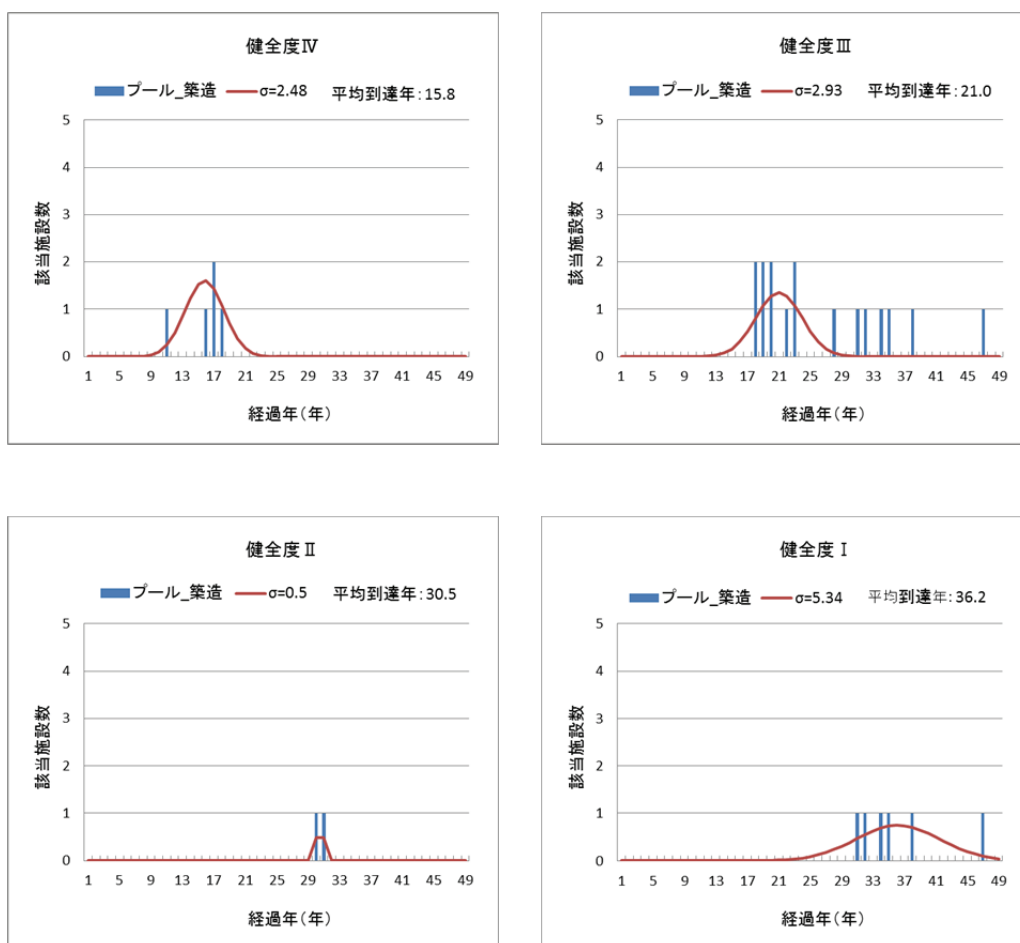


図 4-3 経過年と損傷橋梁数の関係（対象構造物\_対象部材：プール\_築造）

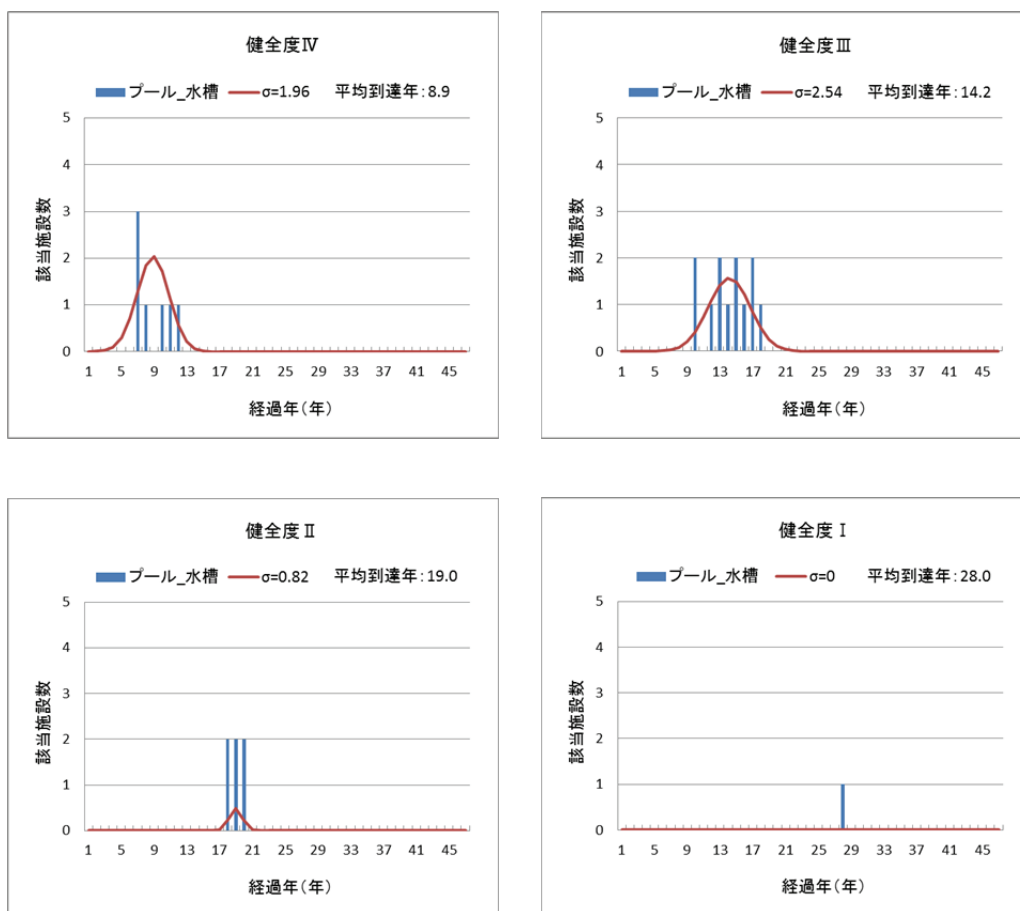


図 4-4 経過年と損傷橋梁数の関係 (対象構造物\_対象部材：プール\_水槽)

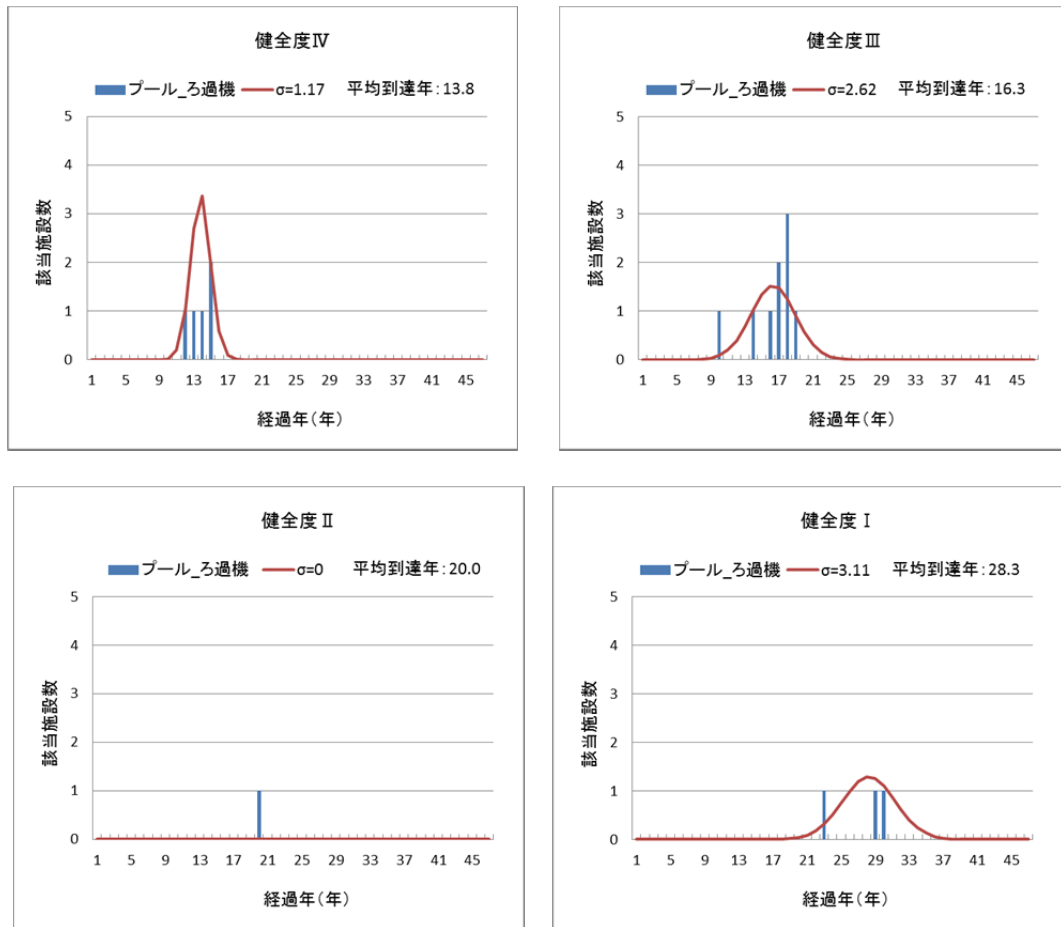


図 4-5 経過年と損傷橋梁数の関係 (対象構造物\_対象部材: プール\_ろ過機)

| 劣化度 | 対象サンプル数 | 平均築年数 |
|-----|---------|-------|
| V   | 5       | 9.8年  |
| IV  | 5       | 15.8年 |
| III | 10      | 21.0年 |
| II  | 2       | 30.5年 |
| I   | 6       | 36.2年 |
| 計   | 28      | -     |

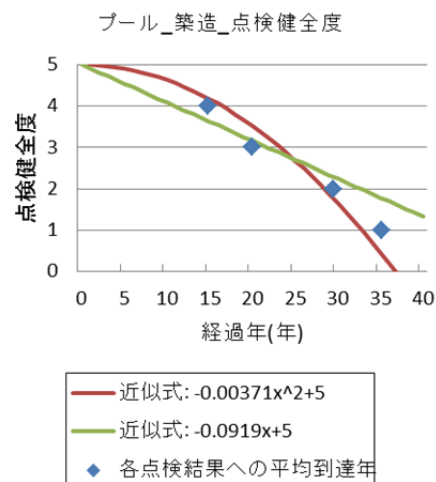


図 4-6 プール\_築造の点検データ (左)、近似式 (右)

| 劣化度 | 対象サンプル数 | 平均築年数 |
|-----|---------|-------|
| V   | 2       | 6年    |
| IV  | 7       | 8.9年  |
| III | 12      | 14.2年 |
| II  | 6       | 19年   |
| I   | 1       | 28年   |
| 計   | 28      | -     |

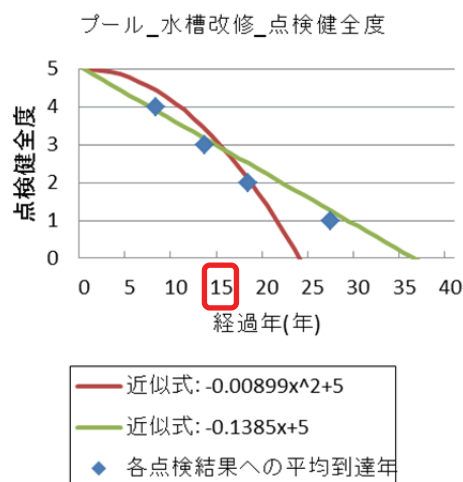


図 4-7 プール\_水槽の点検データ (左)、近似式 (右)

| 劣化度 | 対象サンプル数 | 平均築年数 |
|-----|---------|-------|
| V   | 9       | 2.1年  |
| IV  | 5       | 13.8年 |
| III | 9       | 16.3年 |
| II  | 1       | 20年   |
| I   | 4       | 28.3年 |
| 計   | 28      | -     |

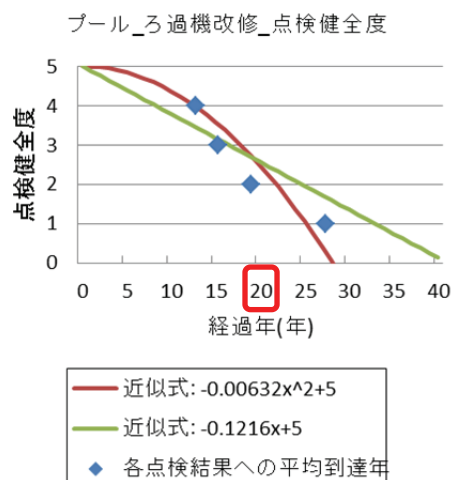


図 4-8 プール\_ろ過機の点検データ (左)、近似式 (右)

#### 4.2.2 考察

築造の場合、1次直線の近似式と比較して、2次曲線の近似式の方が、各平均到達年に近い座標を通っているように見える。実際に、健全度 1,2,3,4,5 の時点における近似式の経過年と前節で求めた平均到達年との差を 2 乗して平均値を求めたところ、2 次曲線の方が 1 次直線より値が小さくなり、より近い座標を通っている事を確認出来た。よって、築造については、2 次曲線の劣化予測式を採用した。

一方、水槽とろ過機の場合、2 次曲線の近似式と比較して、1 次直線の近似式の方が、各平均到達年に近い座標に近い位置を通っているように見える。築造の場合と同様、実際に数値的な差を算出したところ、表 4-8 のような結果となり、水槽とろ過機については、1 次直線の方が 2 次曲線より値が小さくなったため、水槽とろ過機については、1 次曲線の劣化予測式を採用した。

表 4-8 平均到達年に対する各近似式の経過年との差の比較

| 部位    | 築造   |      |                        |      |
|-------|------|------|------------------------|------|
|       | 経過年  |      | (経過年－健全度) <sup>2</sup> |      |
|       | 2次曲線 | 1次直線 | 2次曲線                   | 1次直線 |
| 健全度 5 | 4.64 | 4.10 | 0.13                   | 0.81 |
| 4     | 4.08 | 3.55 | 0.01                   | 0.20 |
| 3     | 3.37 | 3.07 | 0.13                   | 0.01 |
| 2     | 1.55 | 2.20 | 0.20                   | 0.04 |
| 1     | 0.14 | 1.68 | 0.73                   | 0.46 |
|       | 平均値  |      | 0.24                   | 0.30 |

| 部位    | 水槽   |      |                        |      |
|-------|------|------|------------------------|------|
|       | 経過年  |      | (経過年－健全度) <sup>2</sup> |      |
|       | 2次曲線 | 1次直線 | 2次曲線                   | 1次直線 |
| 健全度 5 | 4.87 | 4.45 | 0.02                   | 0.30 |
| 4     | 4.71 | 4.18 | 0.50                   | 0.03 |
| 3     | 4.25 | 3.70 | 1.57                   | 0.48 |
| 2     | 3.66 | 3.25 | 2.76                   | 1.57 |
| 1     | 2.10 | 2.43 | 1.20                   | 2.04 |
|       | 平均値  |      | 1.21                   | 0.89 |

| 部位    | ろ過機  |      |                        |      |
|-------|------|------|------------------------|------|
|       | 経過年  |      | (経過年－健全度) <sup>2</sup> |      |
|       | 2次曲線 | 1次直線 | 2次曲線                   | 1次直線 |
| 健全度 5 | 4.98 | 4.81 | 0.00                   | 0.04 |
| 4     | 4.29 | 3.73 | 0.09                   | 0.07 |
| 3     | 4.02 | 3.50 | 1.03                   | 0.25 |
| 2     | 3.52 | 3.16 | 2.30                   | 1.35 |
| 1     | 2.03 | 2.40 | 1.07                   | 1.96 |
|       | 平均値  |      | 0.90                   | 0.74 |

このような違いが見られた理由として、近似式を作成するのに使用したデータ数が少ないことから、大きな劣化傾向が見られるまでには至らず、部位によって異なる近似式を採用する事になったと考えられる。

また、水槽とろ過機においては、図 4-7、4-8 の赤線四角に示す各々、15 年、20 年の時点から、2 次曲線の近似式における点検健全度が、1 次直線の近似式における点検健全度より低くなり、劣化がより進行している事が解る。図 2-4 に示した計画更新年数を確認したところ、15 年、20 年は、それぞれ水槽とろ過機における計画更新年数であった。このことから、計画更新年数以降の劣化予測式の精度は低いと想定し、必要に応じ寿命設定も行った。

また、部材毎の劣化状況に加えて、施設単位の劣化状況として、施設健全度 (FHI: Facility Health Index) を定義し、シミュレーション上で算出できるようにした。FHI は、式 (14) に示すように、各部材の点検健全度  $R$  と部材間の重み係数を用いて加重平均法により計算して求める。以上の内容を、表 4-9 にまとめる。

$$FHI = \sum_i D_i \cdot a(R_i) \quad (14)$$

ここに、

$FHI$  : 部材の点検結果 (健全度) を考慮した施設健全度

$i$  : 部材番号

$D_i$  : 部材  $i$  に対する重み係数  $D_1 + D_2 + \dots + D_n = 1.00$

$a(R_i)$  : 部材  $i$  の点検健全度  $R_i$  に対する健全度評価

表 4-9 設定した劣化予測モデル

| 部材区分  | 劣化予測式<br>( $Y$ : 点検健全度, $X$ : 経過年数) | データ数 | 寿命設定 | 重み係数 |
|-------|-------------------------------------|------|------|------|
| ① 築造  | $Y = -0.00371X^2 + 5.0$             | 28   | —    | 0.4  |
| ② 水槽  | $Y = -0.1385X + 5.0$                | 28   | 15 年 | 0.3  |
| ③ ろ過機 | $Y = -0.1216X + 5.0$                | 28   | 20 年 | 0.3  |
| 施設健全度 | $FHI = \sum_i D_i \cdot a(R_i)$     | 84   | —    | 1.0  |

#### 4.2.3 適用

調布市施設計画<sup>14)</sup>に掲載されている過去の補修履歴及び将来の維持保全計画の内容、及び聞き取り調査により得た情報を、表 4-10、4-11、4-12 に示す。表 4-10、4-11 は、最も建設年の古い ID3 のプール施設の新築以降の、対象各部材 (築造、水槽、ろ過機) 別補修履歴である。このうち、表 4-11 で示す期間が、過去のシミュレーションに



該当する範囲であり、表 4-1 2 で示す期間が、将来のシミュレーションに該当する範囲である。施設 ID0,1,3,6,7 については、1990 年の過去のシミュレーション開始時点において、すでに建設済みであり、施設 ID2,4,5 については、1990 年の過去のシミュレーション開始以降に建設される施設である。施設 ID8 は、将来建設予定の施設であり、将来のシミュレーションの中で仮想的に登場させる。これらの図に基いて劣化予測モデルを作成し、artisoc 上の各施設エージェントに適用する事とした。

表 4-1 0 過去の補修履歴 (1970～1989 年)

| ID | 施設名称                       | 部位  | 1970<br>S.45<br>-19 | 1971<br>S.46<br>-18 | 1972<br>S.47<br>-17 | 1973<br>S.48<br>-16 | 1974<br>S.49<br>-15 | 1975<br>S.50<br>-14 | 1976<br>S.51<br>-13 | 1977<br>S.52<br>-12 | 1978<br>S.53<br>-11 | 1979<br>S.54<br>-10 | 1980<br>S.55<br>-9 | 1981<br>S.56<br>-8 | 1982<br>S.57<br>-7 | 1983<br>S.58<br>-6 | 1984<br>S.59<br>-5 | 1985<br>S.60<br>-4 | 1986<br>S.61<br>-3 | 1987<br>S.62<br>-2 | 1988<br>S.63<br>-1 | 1989<br>H.1<br>0 |
|----|----------------------------|-----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| 0  | 総合体育館<br>屋内プール             | 築造  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
|    |                            | 水槽  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    | 新築                 |                    |                    |                    | 改修               |
|    |                            | ろ過機 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    | 新築                 |                    |                    |                    | 改修               |
| 1  | 市民プール                      | 築造  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
|    |                            | 水槽  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 改修               |
|    |                            | ろ過機 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 改修               |
| 2  | 調和小学校<br>室内プール             | 築造  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
|    |                            | 水槽  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
|    |                            | ろ過機 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
| 3  | アクリル調布                     | 築造  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
|    |                            | 水槽  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
|    |                            | ろ過機 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
| 4  | メガロス調布                     | 築造  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
|    |                            | 水槽  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
|    |                            | ろ過機 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
| 5  | ルネサンス仙川                    | 築造  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
|    |                            | 水槽  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
|    |                            | ろ過機 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
| 6  | ティップネス国領                   | 築造  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
|    |                            | 水槽  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
|    |                            | ろ過機 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
| 7  | 後楽園スポーツ<br>クラブ調布           | 築造  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
|    |                            | 水槽  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
|    |                            | ろ過機 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
| 8  | 武蔵野の森<br>総合スポーツ施設<br>屋内プール | 築造  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
|    |                            | 水槽  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |
|    |                            | ろ過機 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                  |

※ ID2 は、平成 14 年 9 月に建設された。

※ ID3 は、正確な補修履歴が残っていないため、将来のシミュレーションを行う際は、健全度が 1 になった際、過去に補修が行われていたと想定しモデル化する。

表 4-1 1 過去の補修履歴（1990～2009 年）

|    |                            |     | 過去のシミュレーション開始 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  | 過去のシミュレーション終了 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----|----------------------------|-----|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| ID | 施設名称                       | 部位  | 1990          | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            |     | H.2           | H.3  | H.4  | H.5  | H.6  | H.7  | H.8  | H.9  | H.10 | H.11 | H.12 | H.13 | H.14 | H.15 | H.16 | H.17 | H.18 | H.19 | H.20 | H.21 |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            |     | 1             | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0  | 総合体育館<br>屋内プール             | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1  | 市民プール                      | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2  | 調和小学校<br>室内プール             | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3  | アクリル調布                     | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4  | メガロス調布                     | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5  | ルネサンス仙川                    | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6  | テニッブネ国領                    | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7  | 後楽園スポーツ<br>クラブ調布           | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8  | 武蔵野の森<br>総合スポーツ施設<br>屋内プール | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

表 4-1 2 将来の維持保全計画（2010～2030 年）

|    |                            |     | 将来のシミュレーション開始 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 将来のシミュレーション終了 |  |  |  |  |
|----|----------------------------|-----|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------|--|--|--|--|
| ID | 施設名称                       | 部位  | 2010          | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029          |  |  |  |  |
|    |                            |     | H.22          | H.23 | H.24 | H.25 | H.26 | H.27 | H.28 | H.29 | H.30 | H.31 | H.32 | H.33 | H.34 | H.35 | H.36 | H.37 | H.38 | H.39 | H.40 | H.41          |  |  |  |  |
| 0  | 総合体育館<br>屋内プール             | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
| 1  | 市民プール                      | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
| 2  | 調和小学校<br>室内プール             | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
| 3  | アクリル調布                     | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
| 4  | メガロス調布                     | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
| 5  | ルネサンス仙川                    | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
| 6  | テニッブネ国領                    | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
| 7  | 後楽園スポーツ<br>クラブ調布           | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
| 8  | 武蔵野の森<br>総合スポーツ施設<br>屋内プール | 築造  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | 水槽  |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |
|    |                            | ろ過機 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |  |  |  |  |

### 4.3 Web アンケート調査

市民エージェントの施設選択モデルを作成する際に必要なアンケート調査の方法について、Web アンケートを用いた方法を採用し、その調査方法と結果について説明する。

#### 4.3.1 実施方法

本調査は、IneterviewLand<sup>48)</sup>を用いて作成した Web アンケートシステムをインターネット上に公開し、被験者が各自のパソコンからシステムの URL にアクセスする方法により実施した。アンケートの実施期間は、2011 年 2 月 23 日から 2011 年 3 月 7 日とした。URL は、親戚や知人関係にメールでの呼び掛けや、ビラのポスト投稿もしくは手渡しにて配布した。なお、ビラは 1000 部用意し、大阪府茨木市及び大阪府吹田市の民家・アパート・マンションに、それぞれ 300 部、350 部をポストに投函した。さらに、250 部を 2011 年 2 月 25 日に実施された大阪大学前期試験の際、吹田キャンパスに来学した受験生及び保護者に手渡し、残り 100 部を親戚や知人に手渡しした。

#### 4.3.2 アンケートの内容

アンケートは、「施設利用状況」「施設選択実験」「個人属性」の 3 つで構成され、この順で質問画面が表示される。質問の後半部分に近づくにつれ、回答者の負担が増していく事を考慮して、最も負担なく回答可能である個人属性に関する質問を、アンケートの最後で問う事にした。また、施設選択実験は、2.3.2 で述べたように、第 1 セクションの「水準の選好度」、第 2 セクションの「水準の重要度」、第 3 セクションの「ペアワイズ評定」、第 4 セクションの「プロファイル評定」の 4 構成となっている。

施設利用状況に関する質問で問う内容を、表 4-13 に示す質問票にまとめた。このうち一例として、No.2,3 の交通手段、利用頻度、目的地を問う質問画面を図 4-9 に示す。

表 4-13 調査質問項目一覧（施設利用状況）

| No   | 質問文                                               | 回答者<br>条件 | 質問<br>タイプ  | 選択肢                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------|---------------------------------------------------|-----------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Q1   | 現在お住まいの市内にあるプール施設の中で、最もよく利用するプール施設のご利用頻度をお答えください。 |           | SA         | <input type="checkbox"/> 週に5回以上<br><input type="checkbox"/> 週に3・4回程度<br><input type="checkbox"/> 週に1・2回程度<br><input type="checkbox"/> 月に3・4回程度<br><input type="checkbox"/> 月に1・2回程度<br><input type="checkbox"/> 年に5・6回程度<br><input type="checkbox"/> 年に3・4回程度<br><input type="checkbox"/> 年に1・2回程度<br><input type="checkbox"/> 2年に1回程度<br><input type="checkbox"/> 3年に1回程度<br><input type="checkbox"/> 全く利用しない |
| Q2,3 | ご自宅から最もよく利用するプール施設までの交通手段と所要時間と目的地をご記入ください。       | 利用者       |            | <input type="checkbox"/> 徒歩<br><input type="checkbox"/> 自転車<br><input type="checkbox"/> 原動機付自転車(50cc以下)<br><input type="checkbox"/> 自動二輪車(50cc超)<br><input type="checkbox"/> 自動車<br><input type="checkbox"/> 路線バス<br><input type="checkbox"/> 鉄道<br><input type="checkbox"/> タクシー・ハイヤー                                                                                                                         |
| Q2   | プールを利用しない理由をお答えください。                              | 非利用者      | MA<br>(FA) | <input type="checkbox"/> 泳げないから・苦手だから<br><input type="checkbox"/> 近くにプールがないから<br><input type="checkbox"/> 泳ごうと思わないから<br><input type="checkbox"/> 時間がないから<br><input type="checkbox"/> どこにあるのか解らないから<br><input type="checkbox"/> その他(以下の空欄にご記入下さい。 )                                                                                                                                                             |
| Q3   | ご自宅から何分以内のところにあるプール施設であれば、利用したいと思いますか？            | 非利用者      | FA         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Q4   | あなたのご自宅の住所をお答えください。                               |           | FA         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

- ※ SA (Single Answer) は単一回答型。
- ※ MA (Multiple Answer) は複数回答型。
- ※ OA (Ordered Answer) は順序付け型。
- ※ FA (Free Answer) は自由回答型を表す。

ご自宅から最もよく利用されるプール施設までの交通手段と所要時間と目的地をお答えください。

記入例を参考にして、わかる範囲で空欄に記入してください。移動手段は凡例から数字でお選びください。  
6種類以上の交通手段を使用される際は、その中から最も所要時間の短い交通手段を省略してください。

| ご自宅       | 移動手段 | 所要時間(単位:分) | 目的地(施設名、乗り継ぎ時の駅・バス停名、地名など) |
|-----------|------|------------|----------------------------|
| 1 番目の交通手段 |      |            |                            |
| ↓         |      |            |                            |
| 2 番目の交通手段 |      |            |                            |
| ↓         |      |            |                            |
| 3 番目の交通手段 |      |            |                            |
| ↓         |      |            |                            |
| 4 番目の交通手段 |      |            |                            |
| ↓         |      |            |                            |
| 5 番目の交通手段 |      |            |                            |
| 合計        |      |            |                            |

記入例)

自宅 → 阪急吹田駅 → 阪急南千里駅 → 南千里市民プール

自転車 10分      鉄道 7分      徒歩 10分

| ご自宅       | 移動手段 | 所要時間(単位:分) | 目的地(施設名、乗り継ぎ時の駅・バス停名、地名など) |
|-----------|------|------------|----------------------------|
| 1 番目の交通手段 | 2    | 10         | 阪急吹田駅                      |
| ↓         |      |            |                            |
| 2 番目の交通手段 | 7    | 7          | 阪急南千里駅                     |
| ↓         |      |            |                            |
| 3 番目の交通手段 | 1    | 10         | 南千里市民プール                   |
| ↓         |      |            |                            |
| 4 番目の交通手段 |      |            |                            |
| ↓         |      |            |                            |
| 5 番目の交通手段 |      |            |                            |
| 合計        |      | 27         |                            |

凡例) 移動手段の種類

- 1: 徒歩
- 2: 自転車
- 3: 原動機付自転車(50cc以下)
- 4: 自動二輪車(50cc超)
- 5: 自動車
- 6: 路線バス
- 7: 鉄道
- 8: タクシー・ハイヤー

図 4-9 交通手段、利用頻度、目的地を問う質問画面

次に、施設選択実験について説明する。施設選択実験は、ACA に関する 4 セクションの質問と閾値測定に関する質問の計 5 つで構成される。第 1 セクションでは水準の選好度を、第 2 セクションでは水準の重要度を、第 3 セクションではいくつかの属性からなるプロファイルを一对比較で評価してもらい（ペアワイズ評定）、第 4 セクションではプロファイルの好ましさを 0～100 点で評価してもらう（プロファイル評定）。各例を図 4-10～図 4-13 にそれぞれ示す。閾値測定質問は、3.3 節で説明した通り、最高水準、3 通りの中間水準、最低水準の施設を提示して「利用する」か「利用しない」を問うものである。このうち、中間水準の質問画面を、一例として図 4-14 に示す。

なお、アンケートで質問する属性と水準を表 4-14 に示す。施設状況と利用料金の属性に限り、水準の順位付けを設定していない。つまり、この 2 つの属性についてのみ、選択実験の第 1 セクションである水準の選好度を問うことになる。また、水槽とプールサイドの劣化状況には、図 4-15、図 4-16 に示す通り、被験者が回答しやすいようイメージ写真を表示する質問画面にした。

大阪大学 工学部 / 大学院工学研究科  
School/Graduate School of Engineering Osaka University

他の条件が全て同じと仮定したとき、利用したいと思うプール施設から、順にお選びください。

選択した順に、順位が表示されますので、続けてお選び下さい。  
間違えた場合は、「順位クリア」ボタンを押して選択し直してください。

施設状況: 屋内

施設状況: 屋外

順位クリア

図 4-10 第1セクション：水準の選好度の一例（施設状況の場合）

大阪大学 工学部 / 大学院工学研究科  
School/Graduate School of Engineering Osaka University

次の2つの違いにどれくらいこだわりますか？  
4つの尺度のうちから、最も適当なものを選択してください。

混雑度: 空いている

混雑度: 混んでいる

☐ 非常に重要

☐ やや重要

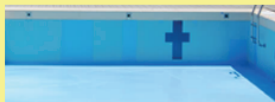
☐ 重要でない

☐ 全く重要でない

図 4-11 第2セクション：水準の重要度の一例（混雑度の場合）

どちらの組み合わせをどの程度お望みですか？

写真は表示される場合とされない場合がございます。



水槽の劣化状況: 綺麗  
流れるプール、ウォータースライダー、波のプールなど: 無



水槽の劣化状況: 普通  
流れるプール、ウォータースライダー、波のプールなど: 有

程度に応じて7段階でお答えください。

左を好む

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7

右を好む

図 4-1 2 第3セクション：ペアワイズ評定の一例（水槽の劣化状況とレジャー設備の2属性が組み合わせられた場合）

下記のプールをどの程度好ましいと思いますか？

写真は表示される場合とされない場合がございます。



プールサイドの劣化状況: 綺麗  
水槽の劣化状況: 老朽化が甚だしい  
流れるプール、ウォータースライダー、波のプールなど: 有  
50mプール、深いプール、飛び込み台など: 無

下の目盛上の適当なところを押してください。

全く好ましくない

☐ 00 ☐ 10 ☐ 20 ☐ 30 ☐ 40 ☐ 50 ☐ 60 ☐ 70 ☐ 80 ☐ 90 ☐ 100

とても好ましい

図 4-1 3 第4セクション：プロフィール評定の一例

下記のプールがあれば、利用したいと思いますか？

写真は、劣化状況の程度を表しています。



到着までの所要時間: 20分  
施設状況: 屋外  
利用料金(回数制): 3000円/回  
混雑度: 普通  
プールサイドの劣化状況: 普通  
水槽の劣化状況: 普通  
流れるプール、ウォータースライダー、波のプールなど : 設置されている  
50mプール、深いプール、飛び込み台など : 設置されている  
体育館、テニスコート、グラウンドなど : 設置されている

☐ 利用したい

☐ 利用したくない

図 4-14 閾値測定の一例（中間水準の場合）

表 4-14 属性と水準

| 属性            | 水準                                                                           |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 施設状況          | 屋内施設<br>屋外施設                                                                 |
| 混雑度           | 空いている<br>普通<br>混んでいる                                                         |
| 到着までの<br>所要時間 | 5分<br>10分<br>20分<br>30分                                                      |
| 利用料金          | 回数制: 150円/回<br>回数制: 600円/回<br>回数制: 1500円/回<br>月払い制: 6000円/月<br>月払い制: 9000円/月 |
| 水槽            | 綺麗 + 写真付<br>普通 + 写真付<br>劣化が進行している + 写真付                                      |
| プールサイド        | 綺麗 + 写真付<br>普通 + 写真付<br>劣化が進行している + 写真付                                      |
| レジャー設備        | 流れるプール、ウォータースライダー、波のプールなど: 有<br>流れるプール、ウォータースライダー、波のプールなど: 無                 |
| 温浴設備          | お風呂、ジャグジー、サウナなど: 有<br>お風呂、ジャグジー、サウナなど: 無                                     |
| 子供設備          | 子供用プール、子供用滑り台、遊具など: 有<br>子供用プール、子供用滑り台、遊具など: 無                               |
| スポーツ設備        | 50mプール、トレーニングマシンなど: 有<br>50mプール、トレーニングマシンなど: 無                               |
| サービス          | スイミングスクール、フィットネスクラブなど: 有<br>スイミングスクール、フィットネスクラブなど: 無                         |





図 4-1 5 使用した水槽のイメージ写真  
(上左：綺麗，上右：普通，下：劣化が進行している)

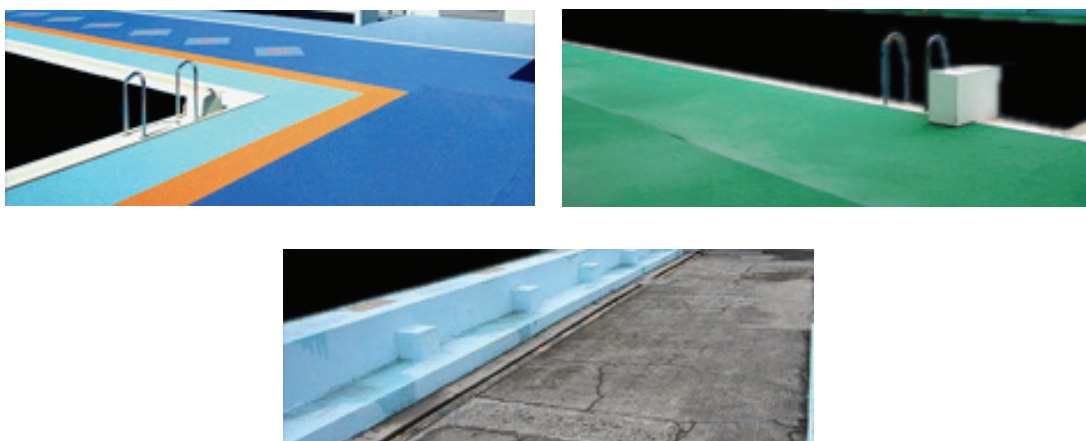


図 4-1 6 使用したプールサイドのイメージ写真  
(上左：綺麗，上右：普通，下：劣化が進行している)

個人属性に関する質問で問う内容を，表 4-15 に示す質問票にまとめた．

表 4-15 調査質問項目一覧（個人属性）

| No | 質問文                                 | 回答者<br>条件   | 質問<br>タイプ | 選択肢                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|-------------------------------------|-------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Q1 | 性別をお答えください．                         |             | SA        | <input type="checkbox"/> 男性<br><input type="checkbox"/> 女性                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Q2 | 年齢はおいくつですか？                         |             | SA        | <input type="checkbox"/> 10歳未満<br><input type="checkbox"/> 10～19歳<br><input type="checkbox"/> 20～29歳<br><input type="checkbox"/> 30～39歳<br><input type="checkbox"/> 40～49歳<br><input type="checkbox"/> 50～59歳<br><input type="checkbox"/> 60～69歳<br><input type="checkbox"/> 70歳以上                                                               |
| Q3 | ご職業をお答えください．                        |             | SA        | <input type="checkbox"/> 会社員<br><input type="checkbox"/> 公務員<br><input type="checkbox"/> 自営業<br><input type="checkbox"/> 学生<br><input type="checkbox"/> 専業主婦<br><input type="checkbox"/> パート・アルバイト<br><input type="checkbox"/> 無職                                                                                                                |
| Q4 | 自動車・二輪車運転免許証はお持ちですか？<br>（原付免許も含みます） |             | SA        | <input type="checkbox"/> 有<br><input type="checkbox"/> 無                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Q5 | 自動車を持っていますか？                        |             | SA        | <input type="checkbox"/> 自分専用の自動車を持っている<br><input type="checkbox"/> 家族と共用の自動車を持っている<br><input type="checkbox"/> 持っていない                                                                                                                                                                                                                           |
| Q6 | 同居されているご家族は，あなたを含めて全<br>員で何名ですか？    |             | SA        | <input type="checkbox"/> 1人<br><input type="checkbox"/> 2人<br><input type="checkbox"/> 3人<br><input type="checkbox"/> 4人<br><input type="checkbox"/> 5人<br><input type="checkbox"/> 6人<br><input type="checkbox"/> 7人<br><input type="checkbox"/> 8人<br><input type="checkbox"/> 9人<br><input type="checkbox"/> 10人以上                            |
| Q7 | 同居されているご家族を，あなたを中心にお<br>答えください．     | 1人暮らし<br>以外 | MA        | <input type="checkbox"/> 配偶者<br><input type="checkbox"/> 子供<br><input type="checkbox"/> 父（義理の父を含む）<br><input type="checkbox"/> 母（義理の母を含む）<br><input type="checkbox"/> 祖父<br><input type="checkbox"/> 祖母<br><input type="checkbox"/> 兄弟・姉妹<br><input type="checkbox"/> 孫<br><input type="checkbox"/> 他人・ルームメイト・同僚<br><input type="checkbox"/> その他 |
| Q8 | 同居されているお子様の人数をお答えくださ<br>い．          | 子供がい<br>る人  | SA        | <input type="checkbox"/> 1人<br><input type="checkbox"/> 2人<br><input type="checkbox"/> 3人<br><input type="checkbox"/> 4人<br><input type="checkbox"/> 5人以上                                                                                                                                                                                        |

#### 4.3.3 集計結果

アンケートの出力結果として得られる項目は，属性毎の水準別の効用値，回答者の嗜好が質問中でどれだけぶれずに維持されていたかを示す指標値の相関，施設利用状況に該当する利用頻度，交通手段，利用しない回答者からは利用しない理由，個人属性に該当する各項目の割合である．

回答結果を集計したところ，全国の10歳以上の男女136名から回答が得られた事が解っ

た．このうち、相関値が 0 のサンプルについては、回答結果に信頼性が低いと判断して省き、有効サンプル 127 名分の回答結果を用いて分析を行った．サンプル構成を表 4-1 6、図 4-1 7 に示す．

表 4-1 6 サンプル（有効回答者）の構成

| 性別    |          | 年齢層    |         | 職業        |         |
|-------|----------|--------|---------|-----------|---------|
| 男性    | 78 (61)  | 19歳以下  | 5 (4)   | 会社員       | 19 (15) |
| 女性    | 49 (39)  | 20～29歳 | 57 (45) | 公務員       | 9 (7)   |
|       |          | 30～39歳 | 17 (13) | 自営業       | 11 (9)  |
|       |          | 40～49歳 | 21 (17) | 学生        | 55 (43) |
|       |          | 50～59歳 | 18 (14) | 専業主婦      | 8 (6)   |
|       |          | 60歳以上  | 9 (8)   | パート・アルバイト | 18 (14) |
|       |          |        |         | 無職・その他    | 7 (6)   |
| 免許の有無 |          | 自動車の保持 |         | 同居人数      |         |
| 有     | 109 (86) | 自分専用車  | 33 (26) | 1人        | 28 (22) |
| 無     | 18 (14)  | 家族共用車  | 44 (35) | 2人        | 22 (17) |
|       |          | 無      | 50 (39) | 3人        | 20 (16) |
|       |          |        |         | 4人        | 37 (29) |
|       |          |        |         | 5人以上      | 20 (16) |
| 子供の有無 |          |        |         |           |         |
| いる    | 37 (71)  |        |         |           |         |
| いない   | 90 (29)  |        |         |           |         |

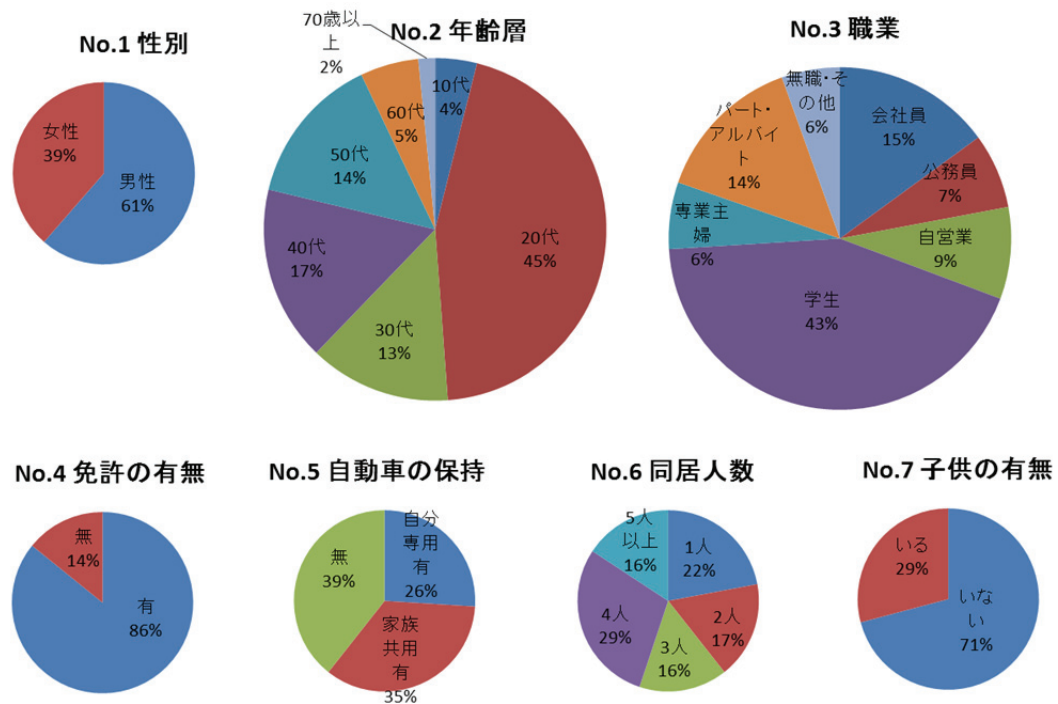


図 4-1 7 サンプル（有効回答者）の構成

内訳として、性別と年齢のクロス集計表を表 4-1 7 に、性年代と職業のクロス集計表を表 4-1 8 に、グループ分けした性年代と職業のクロス集計を表 4-1 9 に示す．29 歳以下においては、男女ともに「学生」が大半を占め、30～59 歳においては、男性は「就業者」

の割合が高く、女性は「その他」の割合が高かった。なお、表 4-19 に示す就業者は、表 4-18 に示す会社員・公務員・自営業に該当し、その他は、専業主婦・パート・アルバイト・無職・その他に該当する。より多くのサンプル数を確保してセグメント分け出来るよう、このようなグループ分けを行った。

表 4-17 性別と年齢のクロス集計表（度数）

単位：人

| 性別 | 年齢    |        |        |        |        |       | 合計  |
|----|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-----|
|    | 19歳未満 | 20～29歳 | 30～39歳 | 40～49歳 | 50～59歳 | 60歳以上 |     |
| 男性 | 4     | 40     | 8      | 10     | 10     | 6     | 78  |
| 女性 | 1     | 17     | 9      | 11     | 8      | 3     | 49  |
| 合計 | 5     | 57     | 17     | 21     | 18     | 9     | 127 |

表 4-18 性年代と職業のクロス集計表（度数）

単位：人

| 性年代     | 職業  |     |     |    |      |           |        | 合計  |
|---------|-----|-----|-----|----|------|-----------|--------|-----|
|         | 会社員 | 公務員 | 自営業 | 学生 | 専業主婦 | パート・アルバイト | 無職・その他 |     |
| 男性10代   | 0   | 0   | 0   | 4  | 0    | 0         | 0      | 4   |
| 男性20代   | 2   | 2   | 0   | 35 | 0    | 0         | 1      | 40  |
| 男性30代   | 3   | 1   | 0   | 3  | 0    | 1         | 0      | 8   |
| 男性40代   | 4   | 2   | 4   | 0  | 0    | 0         | 0      | 10  |
| 男性50代   | 6   | 1   | 2   | 0  | 0    | 0         | 1      | 10  |
| 男性60代以上 | 0   | 0   | 2   | 0  | 0    | 0         | 4      | 6   |
| 女性10代   | 0   | 0   | 0   | 1  | 0    | 0         | 0      | 1   |
| 女性20代   | 2   | 0   | 1   | 12 | 0    | 2         | 0      | 17  |
| 女性30代   | 0   | 1   | 1   | 0  | 1    | 5         | 1      | 9   |
| 女性40代   | 2   | 0   | 0   | 0  | 3    | 6         | 0      | 11  |
| 女性50代   | 0   | 1   | 1   | 0  | 2    | 4         | 0      | 8   |
| 女性60代以上 | 0   | 1   | 0   | 0  | 2    | 0         | 0      | 3   |
| 合計      | 19  | 9   | 11  | 55 | 8    | 18        | 7      | 127 |

表 4-19 グループ分けした性年代と職業のクロス集計表（度数）

単位：人

| 性年代      | 職業  |    |     | 合計  |
|----------|-----|----|-----|-----|
|          | 就業者 | 学生 | その他 |     |
| 男性29歳以下  | 4   | 39 | 1   | 44  |
| 男性30～59歳 | 23  | 3  | 2   | 28  |
| 男性60歳以上  | 2   | 0  | 4   | 6   |
| 女性29歳以下  | 3   | 13 | 2   | 18  |
| 女性30～59歳 | 6   | 0  | 22  | 28  |
| 女性60歳以上  | 1   | 0  | 2   | 3   |
| 合計       | 39  | 55 | 33  | 127 |

利用頻度の集計結果を表 4-20 に示す。「全く利用しない」が最も多く、次に多かったのは、「年に1・2回程度」であった。次に、性年代と利用頻度のクロス集計表を表 4-21、

表 4-2 2 に示す。男性 29 歳以下については、「全く利用しない」に次いで「週に 3・4 回程度」が多くなった。これは、対象被験者に水泳部員が多かった事が原因と考えられる。女性 60 歳以上については、サンプル数が少なかった事もあって、「全く利用しない」と「週に 1・2 回程度」、「3 年に 1 回程度」が同割合となった。ただし、その他の性年代については、いずれも「全く利用しない」の割合が最も高く、次に「年に 1・2 回程度」が続くという結果は同じであったため、市民エージェントの種類全てにおいて、入力する利用頻度は共通とした。表 4-2 3 に示す変換表を使用して、有効サンプルにおける利用頻度の平均値を求めたところ、6.56 回／年という結果が得られた。

表 4-2 0 利用頻度の集計結果

| 利用頻度     | 度数  | 相対度数 |
|----------|-----|------|
| 週に5回以上   | 0   | 0.00 |
| 週に3・4回程度 | 3   | 0.02 |
| 週に1・2回程度 | 3   | 0.02 |
| 月に3・4回程度 | 1   | 0.01 |
| 月に1・2回程度 | 0   | 0.00 |
| 年に5・6回程度 | 5   | 0.04 |
| 年に3・4回程度 | 4   | 0.03 |
| 年に1・2回程度 | 16  | 0.13 |
| 2年に1回程度  | 4   | 0.03 |
| 3年に1回程度  | 6   | 0.05 |
| 全く利用しない  | 85  | 0.67 |
| 計        | 127 | 1.00 |

表 4-2 1 性年代と利用頻度のクロス集計表（度数）

単位：人

| 性年代      | 利用頻度         |              |              |              |              |              |              |             |             |             | 合計  |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-----|
|          | 週に3・4<br>回程度 | 週に1・2<br>回程度 | 月に3・4<br>回程度 | 月に1・2<br>回程度 | 年に5・6<br>回程度 | 年に3・4<br>回程度 | 年に1・2<br>回程度 | 2年に1<br>回程度 | 3年に1<br>回程度 | 全く利用<br>しない |     |
| 男性29歳以下  | 2            | 1            | 1            | 0            | 1            | 1            | 5            | 1           | 0           | 32          | 44  |
| 男性30～59歳 | 1            | 0            | 0            | 0            | 1            | 2            | 3            | 1           | 2           | 18          | 28  |
| 男性60歳以上  | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 2            | 0           | 1           | 3           | 6   |
| 女性29歳以下  | 0            | 0            | 0            | 0            | 1            | 1            | 2            | 1           | 2           | 11          | 18  |
| 女性30～59歳 | 0            | 1            | 0            | 0            | 2            | 0            | 4            | 1           | 0           | 20          | 28  |
| 女性60歳以上  | 0            | 1            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0           | 1           | 1           | 3   |
| 計        | 3            | 3            | 1            | 0            | 5            | 4            | 16           | 4           | 6           | 85          | 127 |

表 4-2 2 性年代と利用頻度のクロス集計表（割合）

単位：%

| 性年代      | 利用頻度         |              |              |              |              |              |              |             |             |             | 計   |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-----|
|          | 週に3・4<br>回程度 | 週に1・2<br>回程度 | 月に3・4<br>回程度 | 月に1・2<br>回程度 | 年に5・6<br>回程度 | 年に3・4<br>回程度 | 年に1・2<br>回程度 | 2年に1<br>回程度 | 3年に1<br>回程度 | 全く利用<br>しない |     |
| 男性29歳以下  | 4.5          | 2.3          | 2.3          | 0.0          | 2.3          | 2.3          | 11.4         | 2.3         | 0.0         | 72.7        | 100 |
| 男性30～59歳 | 3.6          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 3.6          | 7.1          | 10.7         | 3.6         | 7.1         | 64.3        | 100 |
| 男性60歳以上  | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 33.3         | 0.0         | 16.7        | 50.0        | 100 |
| 女性29歳以下  | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 5.6          | 5.6          | 11.1         | 5.6         | 11.1        | 61.1        | 100 |
| 女性30～59歳 | 0.0          | 3.6          | 0.0          | 0.0          | 7.1          | 0.0          | 14.3         | 3.6         | 0.0         | 71.4        | 100 |
| 女性60歳以上  | 0.0          | 33.3         | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0         | 33.3        | 33.3        | 100 |

表 4-23 利用頻度変換計算表

|           | 単位:回 |     |      |
|-----------|------|-----|------|
|           | 週    | 月   | 年    |
| 週に5回      | 5    | 20  | 240  |
| 週に3・4回程度  | 3.5  | 14  | 168  |
| 週に1・2回程度  | 1.5  | 6   | 72   |
| 月に3・4回程度  | —    | 3.5 | 42   |
| 月に1・2回程度  | —    | 1.5 | 18   |
| 年に5・6回程度  | —    | —   | 5.5  |
| 年に3・4回程度  | —    | —   | 3.5  |
| 年に1・2回程度  | —    | —   | 1.5  |
| 2年に1・2回程度 | —    | —   | 0.75 |
| 3年に1・2回程度 | —    | —   | 0.5  |
| 全く利用しない   | —    | —   | 0    |

※ 週から月は、単純に4倍、月から年は、単純に12倍した。

また、利用しない理由の集計結果を、表 4-24、図 4-18に示す。「泳ごうと思わないから」が最も多く、次に多かったのは、「時間がないから」であった。その他に該当する理由には、「一緒に行っていた子供が成長したため、行く機会が無くなったから。」、「旅行の時に行くから。」、「利用料金がかかるから。」、「お金を掛けなくても運動は出来るから。」などがあった。また、「近くにプールがないから」と回答した8名に対して、「ご自宅から何分以内にあるプール施設であれば利用したいと思いますか？」と質問し得られた結果の平均値を計算したところ、24分であった。

表 4-24 利用しない理由の集計結果

| 利用しない理由       | 度数(人) | 相対度数(%) |
|---------------|-------|---------|
| 泳げないから・苦手だから  | 10    | 8.93    |
| 近くにプールがないから   | 8     | 7.14    |
| 泳ごうと思わないから    | 53    | 47.32   |
| 時間がないから       | 27    | 24.11   |
| どこにあるのか解らないから | 8     | 7.14    |
| その他           | 6     | 5.36    |
| 計             | 112   | 100.00  |

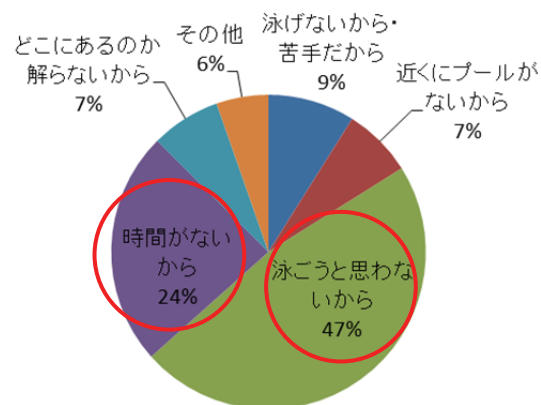


図 4-18 利用しない理由の集計結果

次に、回答者の地域別人数を表 4-25 に示す。回答者の居住地は大阪府が最も多く、次に兵庫県、京都府、滋賀県、奈良県と続き、近畿地方の各都道府県が、大半を占めた。なお、アンケートの回答に要した時間は、全回答者 136 名分における平均値 11 分 55 秒であった。

表 4-25 回答者の地域特性

| 都道府県 | 度数(人) | 相対度数(%) |
|------|-------|---------|
| 大阪府  | 78    | 61.42   |
| 兵庫県  | 7     | 5.51    |
| 京都府  | 6     | 4.72    |
| 滋賀県  | 5     | 3.94    |
| 奈良県  | 4     | 3.15    |
| 東京都  | 3     | 2.36    |
| 静岡県  | 2     | 1.57    |
| 和歌山県 | 1     | 0.79    |
| 愛知県  | 1     | 0.79    |
| 岐阜県  | 1     | 0.79    |
| 北海道  | 1     | 0.79    |
| 不明   | 18    | 14.17   |
| 計    | 127   | 100.00  |

#### 4.3.4 効用値及び重要度の結果

属性毎の水準別の効用値を分析した結果から、各属性の重要度及び各水準の効用値を求めた。重要度とは、属性毎の水準間の効用のレンジ（最大値から最小値を引いた値）を用いて、全属性のレンジの合計に占める各属性のレンジの比率である。コンジョイント分析における効用値は、各水準の選好の強さ（ベクトル）を表しているため、「効用値が高い（小さい）」＝「その水準を選好している（いない）」と判断できる。一方、重要度は、各属性の選好に与える影響の大きさ（スカラー）を表しており、「重要度が大きい（小さい）」＝「その属性が選好に与える影響が大きい（小さい）」と判断する。

全体傾向として、利用料金やプールサイドの劣化の重要度が高く、利用者の関心の高さが窺える。一方、子供設備の重要度は、最も低い値となり、あまり重要視されていない事が解った。また、利用料金 1,500 円／回の効用値は、0 より小さな値となった事から、利用者にとっての平均的な料金設定は、もう少し安くなると予想される。

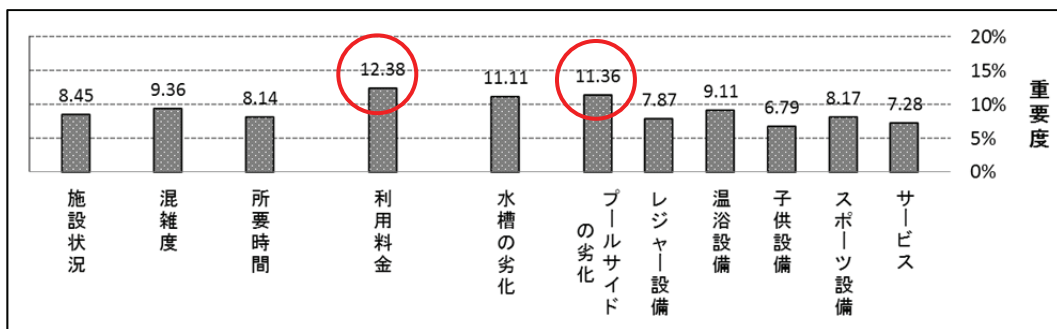


図 4-19 各属性の重要度

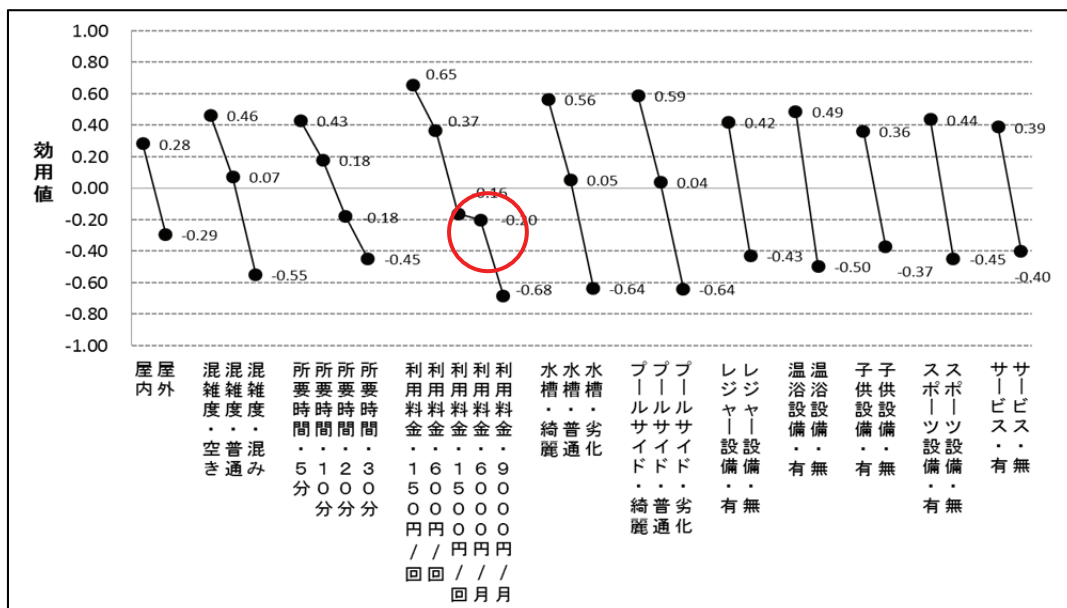


図 4-20 各水準の効用値



以降、各市民エージェント別の、重要度と各水準の効用値の結果を説明する。

まず性別では、利用料金、レジャー設備、子供設備、スポーツ設備で傾向が見られた。利用料金の重要度については、「女性」に比べ「男性」の方が比較的高い値となった。スポーツ設備については、「女性」に比べ「男性」の方が少し高い値となった。一方、レジャー設備や子供設備の重要度については、「男性」に比べ「女性」の方が高い値となった。このことから、女性の方が、多少利用料金が高くても、レジャープール施設を強く希望していることが解る。

効用値に関しては、「男性」に比べ「女性」の方が、屋外より屋内が高い値となった。t検定の結果を見ても、屋外の有意性は高かった。このことから、女性が男性に比べ、より屋内プールを好んでいる事が明らかとなった。

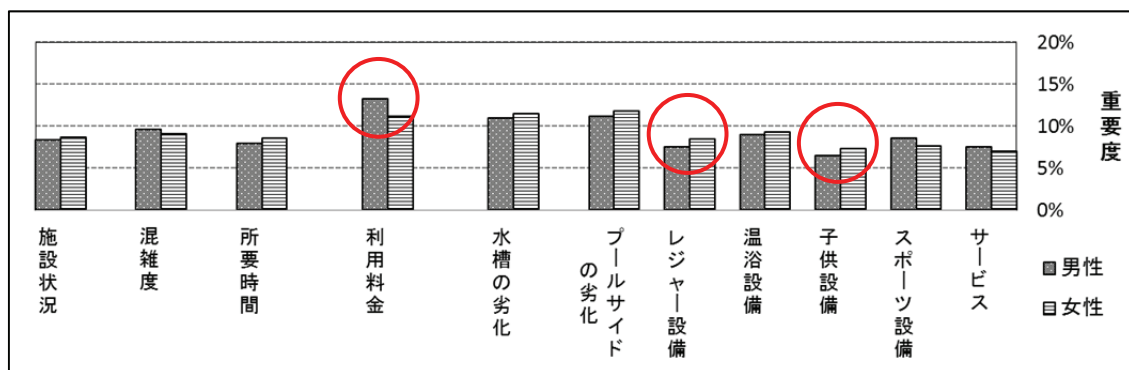


図 4-21 性別の重要度

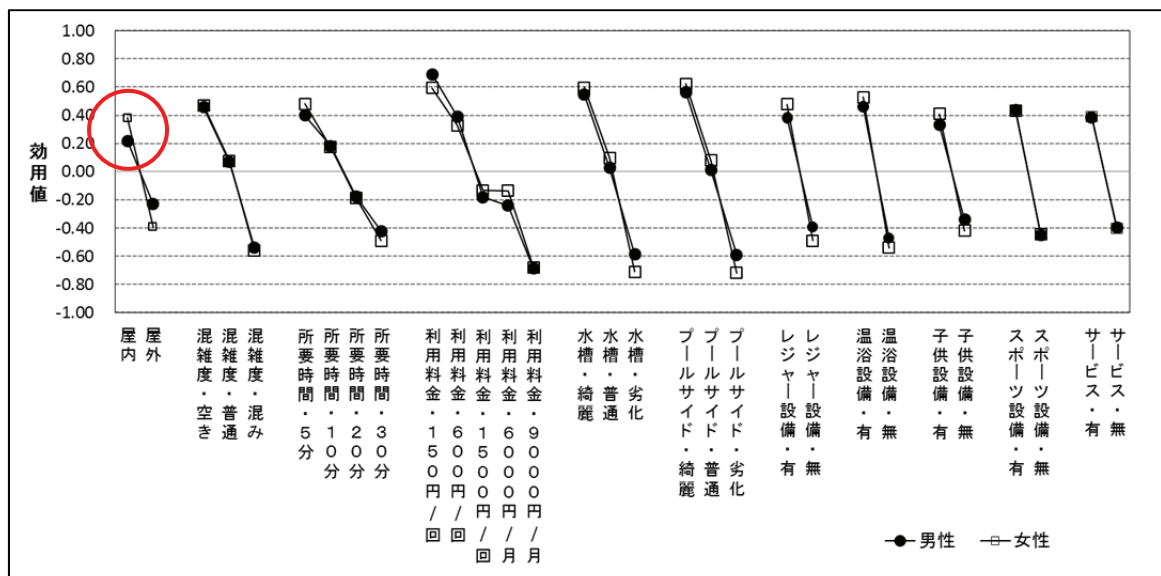


図 4-22 性別の効用値

年齢別では、施設状況、混雑度、所要時間、利用料金、子供設備で傾向が見られた。施設状況の重要度については、「60歳以上」が最も高い値となった。混雑度の重要度については、「60歳以上」が最も高い値となった。所要時間の重要度については、年齢層が上がるにつれ高くなった。利用料金の重要度については、「29歳以下」が最も高い値となり、「30～59歳」が最も低い値となった。子供設備に対する重要度については、「29歳以下」が最も低い値となった。スポーツ設備に対する重要度については、「29歳以下」が最も高い値となった。

効用値に関しては、利用料金と水槽において大きな傾向が見られた。利用料金については、「29歳以下」において、150円／回が他の年代と比較して高い値となり、値段が上がっていくにつれ、効用値も下がっていった。「30～59歳」においては、1,500円／回と6,000円／月との差がほとんど無かった。「60歳以上」においては、6,000円／月の方が1,500円／回より高い値となった。水槽については、「30～59歳」のレンジが最も大きくなり、反対に「60歳以上」のレンジが最も小さくなった。このことから、高齢世代は混雑度や水槽の劣化を我慢し、高い料金を支払ってでも、屋内プールを好むことが解った。

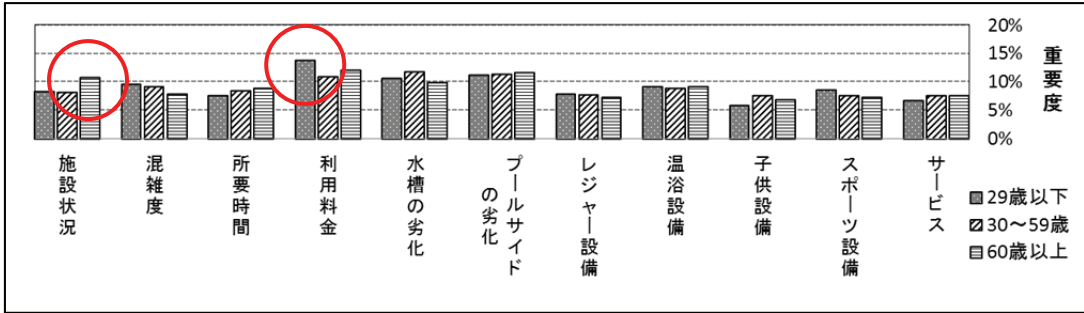


図 4-23 年齢別の重要度

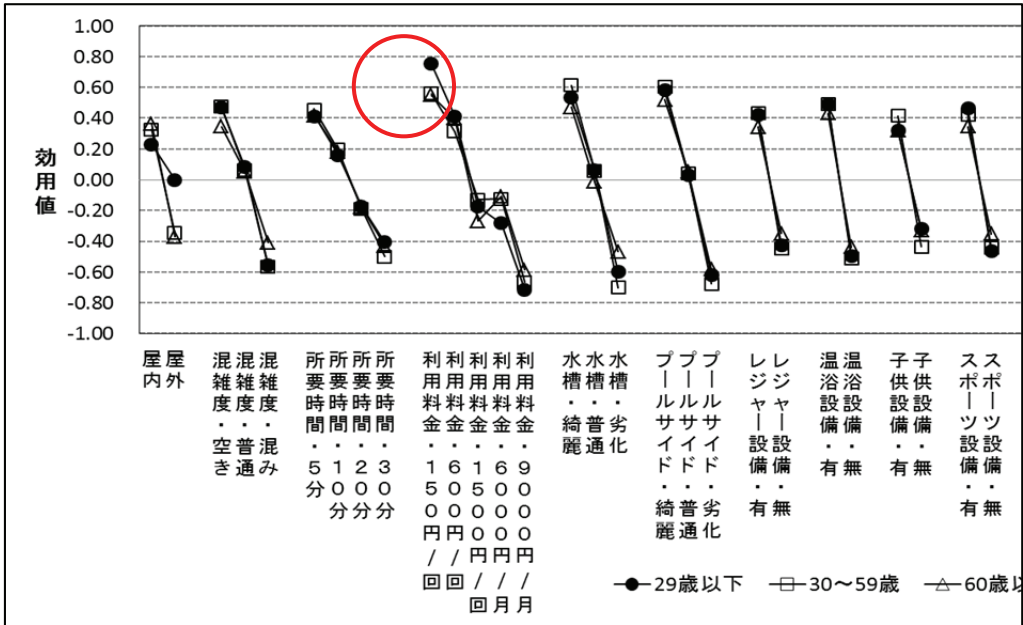


図 4-24 年齢別の効用値

職業別では、利用料金と子供設備において大きな傾向が、プールサイドの劣化において傾向が見られた。利用料金の重要度については、「学生」が最も高い値となり、「その他」が最も低かった。子供設備の重要度については、「学生」が最も低い値となった。プールサイドの劣化については、「その他」が最も高い値となった。

効用値については、施設状況、利用料金、プールサイドにおいて傾向が見られた。利用料金については、「学生」において、150 円/回が高い値となり、値段が上がっていくにつれ、効用値も下がっていったが、「就業者」や「その他」においては、1,500 円/回より 6,000 円/月の方が大きな値となった。

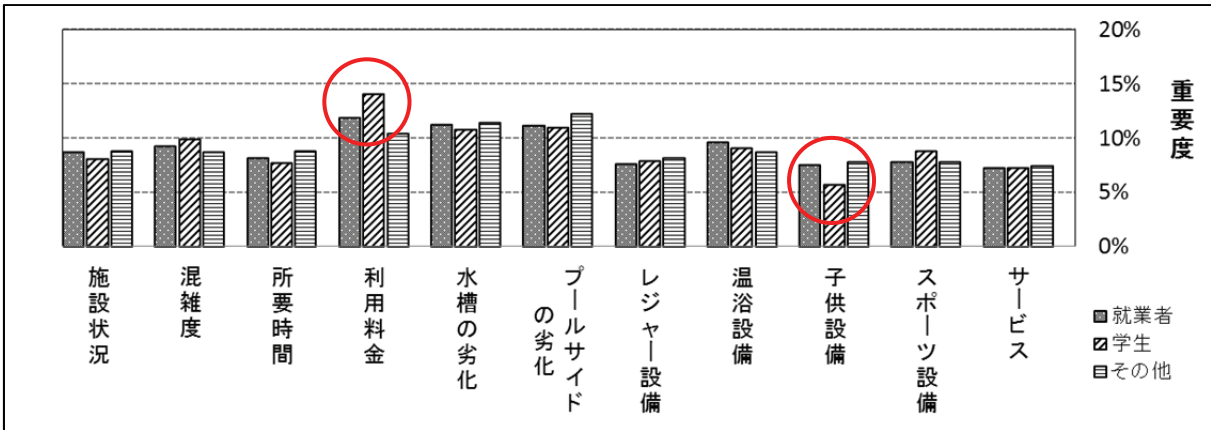


図 4-25 職業別の重要度

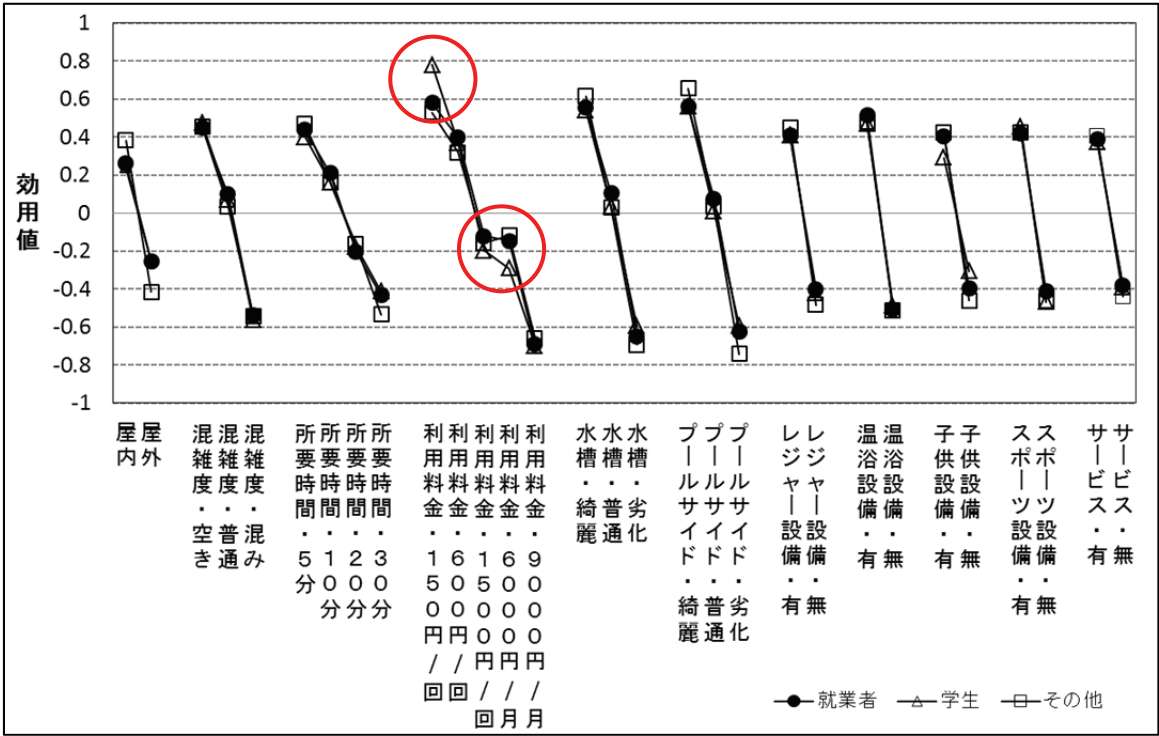


図 4-26 職業別の効用値

免許の有無別では、水槽の劣化、子供設備、サービスにおいて傾向が見られた。水槽の劣化の重要度については、「無」の方が「有」と比較して大きな値となった。子供設備とサービスの重要度については、「有」の方が「無」と比較して大きな値となった。

効用値については、「有」と比較して「無」の方が、屋内と利用料金 150 円／回と水槽・綺麗を好むことが解った。

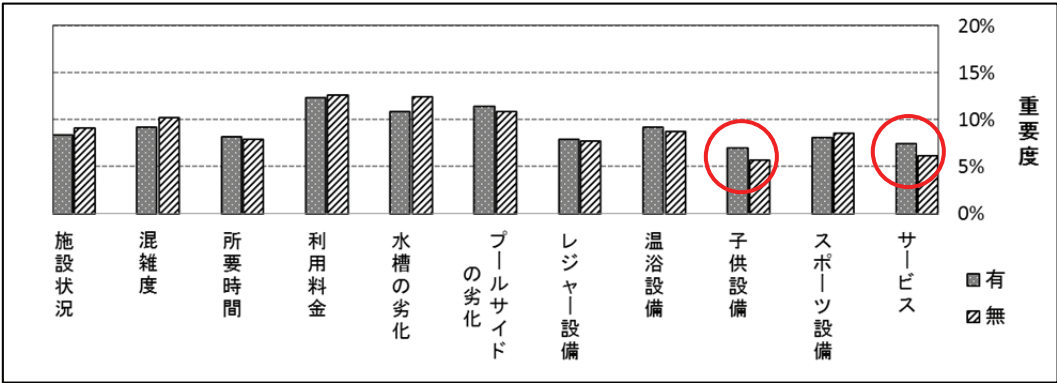


図 4-27 免許の有無別の重要度

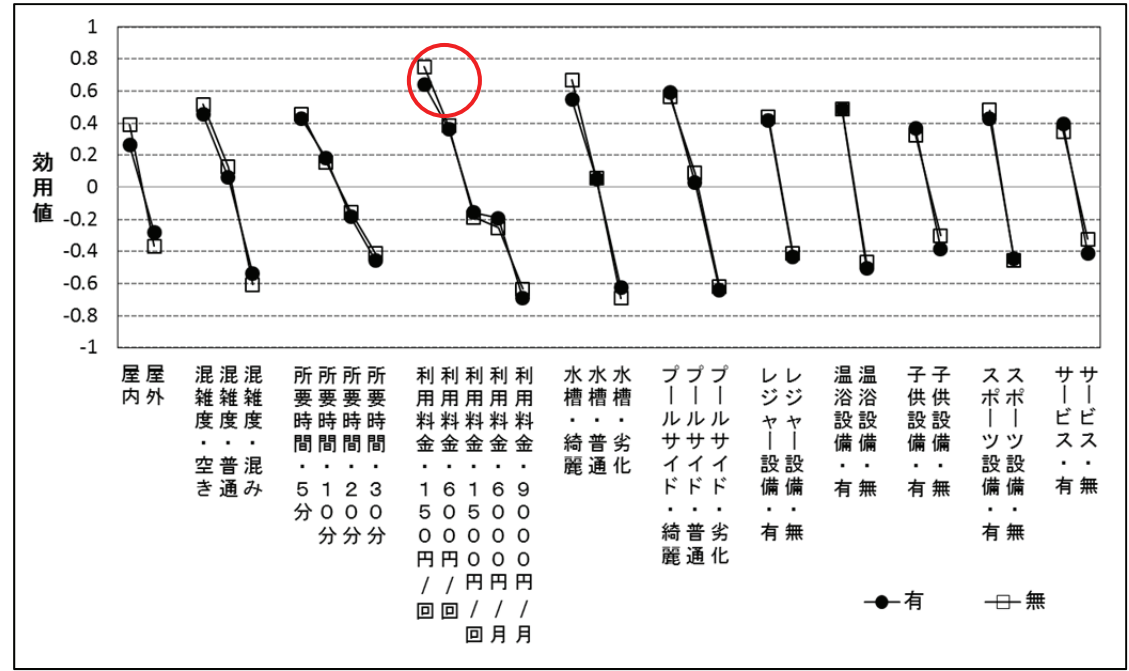


図 4-28 免許の有無別の効用値

自動車の保持別では、施設状況、所要時間、水槽の劣化、プールサイドの劣化、温浴設備、子供設備、スポーツ設備、サービスにおいて傾向が見られた。施設状況の重要度については、「自分専用有」が最も低かった。所要時間と温浴設備と子供設備の重要度については、「無」が最も低かった。利用料金とスポーツ設備の重要度については、「無」が最も高かった。プールサイドの劣化とサービスの重要度については、「自分専用有」が最も高かった。水槽の劣化の重要度については、「家族共用有」が最も低かった。

効用値については、利用料金と水槽の劣化において傾向が見られた。利用料金については、150 円/回において「無」が高く「自分専用有」が最も低かった。6,000 円/月においては、「自分専用有」が最も高かった。これは、自動車を保持していない人は、若い世代が中心だったことが原因と予想される。

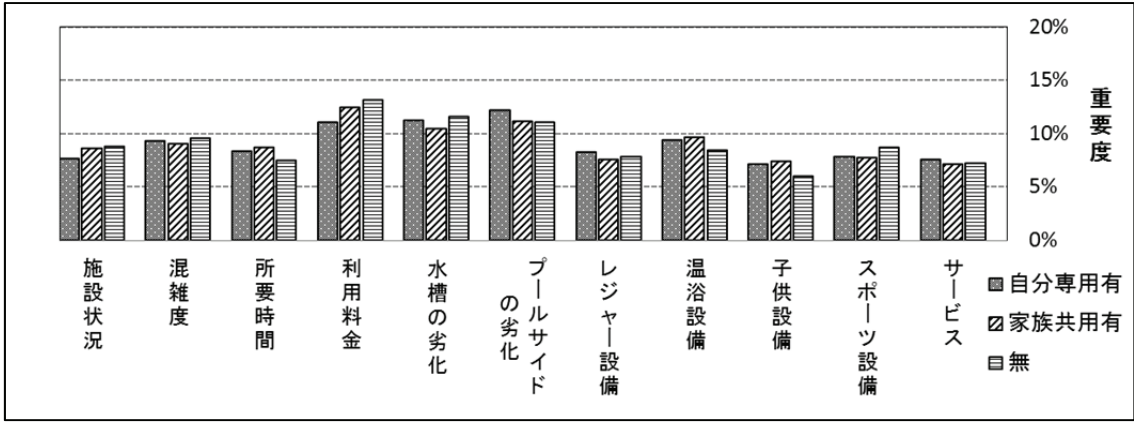


図 4-29 自動車の保持別の重要度

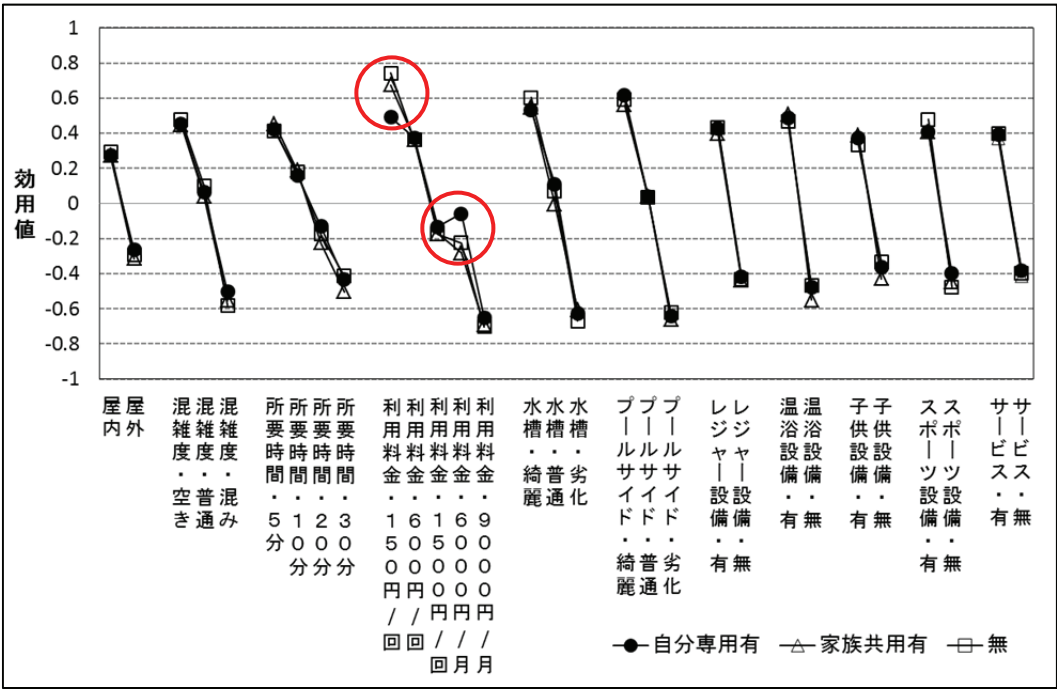


図 4-30 自動車の保持別の効用値



同居人数別では、施設状況、混雑度、利用料金、水槽の劣化、プールサイドの劣化、子供設備、スポーツ設備、サービスにおいて傾向が見られた。施設状況に対する重要度については、「4人」が最も高く、「5人以上」が最も低かった。混雑度に対する重要度については、「4人」が最も高く、「2人」が最も低かった。利用料金に対する重要度については、「1人」と「4人」が高く、「5人以上」が最も低かった。水槽の劣化とプールサイドの劣化に対する重要度については、「4人」が最も高く、「5人以上」が最も低かった。温浴設備に対する重要度については、「5人以上」が最も低かった。子供設備に対する重要度については、「4人」が最も高かった。サービスに対する重要度については、「1人」が最も高く、「5人以上」が最も低かった。

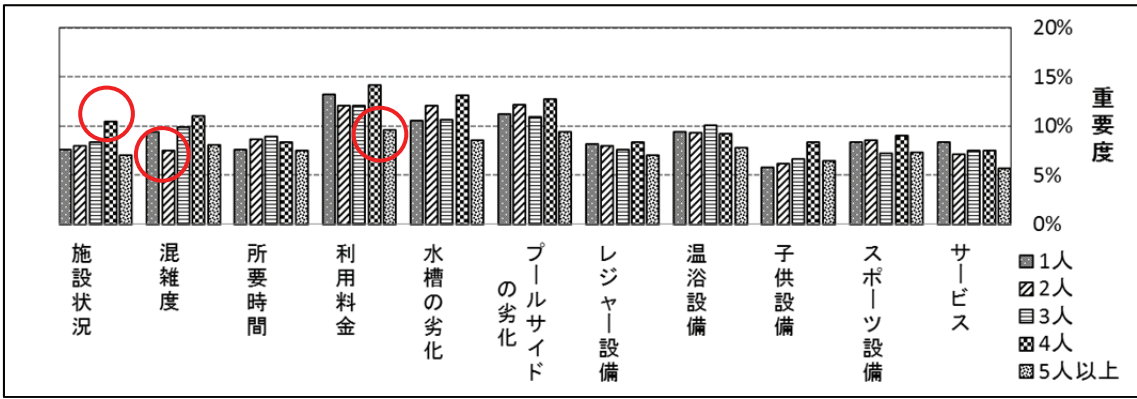


図 4-3 1 同居人数別の重要度

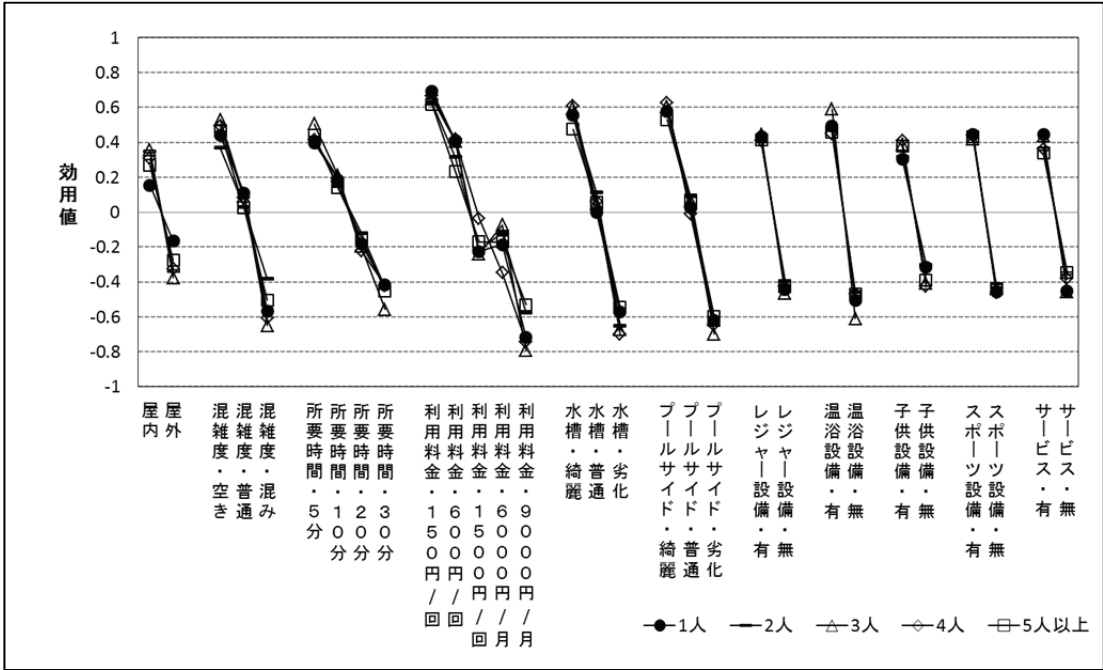


図 4-3 2 同居人数別の効用値

子供の有無別では、「いる」において、子供設備に対する重要度が高く、スポーツ設備に対する重要度は低い。反対に「いない」においては、子供設備に対する重要度が低く、スポーツ設備に対する重要度が高かった。

効用値については、利用料金 1500 円／回の効用値が、「いる」の場合の方がやや大きくなった。

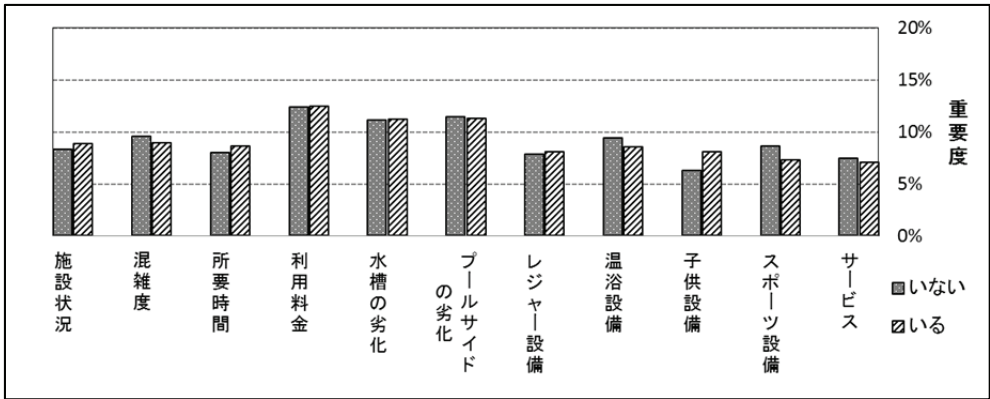


図 4-3 3 子供の有無別の重要度

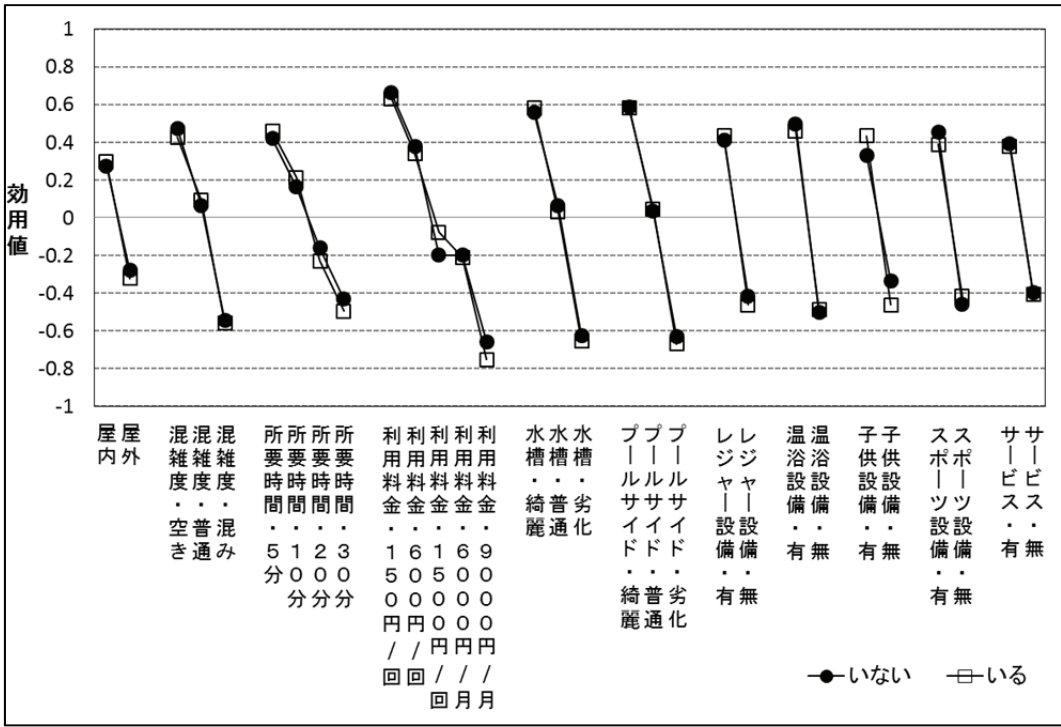


図 4-3 4 子供の有無別の効用値

表 4-25 に示したように、回答者の居住地域は大阪府が多くなったため、調布市のモデルに大阪府在住の回答者が多数を占めるデータを入力することの信頼性を確認する必要がある。そこで、図 4-35、図 4-36 に示すように、地域別における結果の比較も行った。混雑度に対する重要度と、屋内、屋外、所要時間 30 分及び利用料金 600 円／回の効用値において、少しの差は見られたものの、特に顕著な傾向は見られなかった。よって、本調査で得たデータを調布市のモデルに入力する事に問題は無いと判断した。

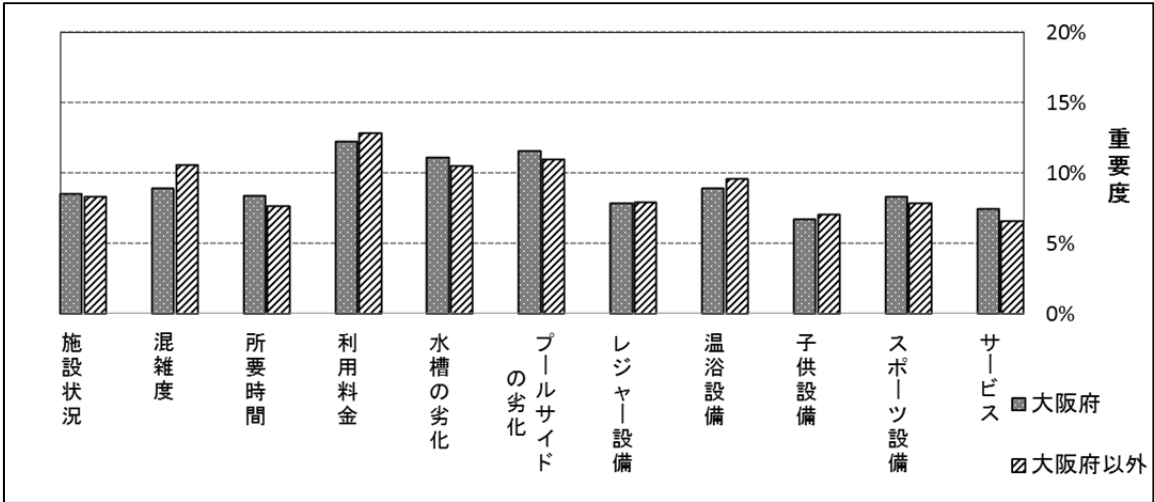


図 4-35 地域別の重要度

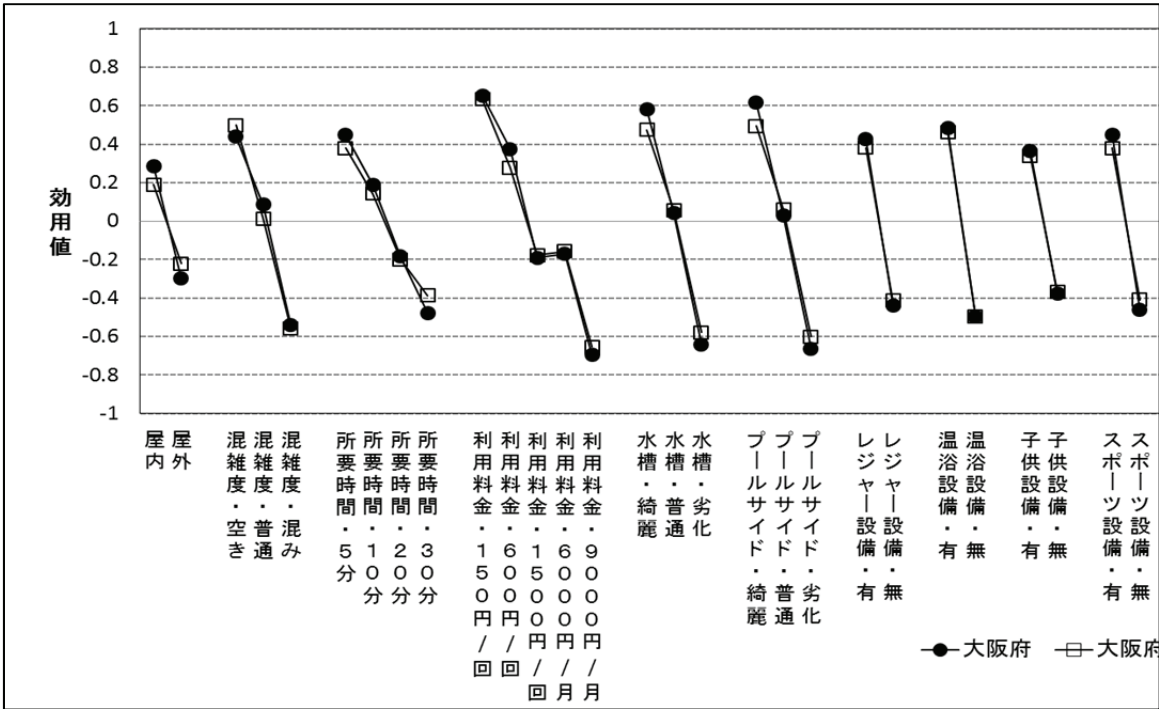


図 4-36 地域別の効用値



#### 4.3.5 マーケットセグメントの決定

市民エージェントの属性別の、効用値の平均値と分散の結果を、表 4-26、表 4-27 にまとめる。

表 4-26 属性別平均値と分散（施設状況から利用料金までの属性）

| 市民エージェントの属性 | 比較条件   | 屋内    | 屋外     | 混雑度・空き | 混雑度・普通 | 混雑度・混み | 所要時間・5分 | 所要時間・10分 | 所要時間・20分 | 所要時間・30分 | 利用料金・150円/回 | 利用料金・600円/回 | 利用料金・1500円/回 | 利用料金・6000円/月 | 利用料金・9000円/月 |
|-------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
|             |        |       |        |        |        |        |         |          |          |          |             |             |              |              |              |
| 性別          | 男性     | 0.219 | -0.230 | 0.457  | 0.068  | -0.542 | 0.398   | 0.180    | -0.177   | -0.424   | 0.690       | 0.391       | -0.181       | -0.242       | -0.688       |
|             |        | 0.198 | 0.216  | 0.070  | 0.064  | 0.088  | 0.056   | 0.026    | 0.031    | 0.055    | 0.260       | 0.139       | 0.240        | 0.233        | 0.189        |
|             | 女性     | 0.380 | -0.393 | 0.469  | 0.075  | -0.563 | 0.481   | 0.172    | -0.187   | -0.492   | 0.590       | 0.327       | -0.135       | -0.138       | -0.681       |
| 年齢          | 29歳以下  | 0.165 | 0.162  | 0.056  | 0.034  | 0.055  | 0.041   | 0.043    | 0.058    | 0.059    | 0.210       | 0.150       | 0.146        | 0.128        | 0.132        |
|             |        | 0.228 | -0.233 | 0.468  | 0.081  | -0.556 | 0.411   | 0.160    | -0.173   | -0.407   | 0.754       | 0.411       | -0.177       | -0.283       | -0.716       |
|             | 30～59歳 | 0.210 | 0.224  | 0.064  | 0.074  | 0.086  | 0.038   | 0.026    | 0.021    | 0.058    | 0.161       | 0.157       | 0.213        | 0.183        | 0.159        |
|             |        | 0.327 | -0.347 | 0.473  | 0.063  | -0.566 | 0.453   | 0.196    | -0.190   | -0.500   | 0.559       | 0.312       | -0.131       | -0.126       | -0.666       |
|             | 60歳以上  | 0.170 | 0.169  | 0.068  | 0.034  | 0.062  | 0.069   | 0.037    | 0.063    | 0.055    | 0.306       | 0.106       | 0.201        | 0.214        | 0.178        |
|             |        | 0.362 | -0.371 | 0.344  | 0.053  | -0.410 | 0.414   | 0.179    | -0.180   | -0.430   | 0.548       | 0.397       | -0.269       | -0.110       | -0.588       |
|             | 就業者    | 0.181 | 0.219  | 0.042  | 0.030  | 0.066  | 0.039   | 0.052    | 0.050    | 0.055    | 0.332       | 0.293       | 0.164        | 0.087        | 0.153        |
|             |        | 0.260 | -0.251 | 0.450  | 0.100  | -0.537 | 0.439   | 0.212    | -0.202   | -0.432   | 0.581       | 0.399       | -0.122       | -0.146       | -0.689       |
|             | 学生     | 0.200 | 0.220  | 0.059  | 0.030  | 0.074  | 0.072   | 0.029    | 0.045    | 0.047    | 0.291       | 0.140       | 0.222        | 0.241        | 0.190        |
| 職業          | その他    | 0.235 | -0.249 | 0.473  | 0.071  | -0.564 | 0.400   | 0.162    | -0.176   | -0.413   | 0.779       | 0.371       | -0.196       | -0.290       | -0.698       |
|             |        | 0.194 | 0.208  | 0.057  | 0.076  | 0.079  | 0.037   | 0.029    | 0.023    | 0.062    | 0.155       | 0.136       | 0.230        | 0.184        | 0.153        |
|             | 有      | 0.382 | -0.415 | 0.456  | 0.036  | -0.541 | 0.469   | 0.162    | -0.164   | -0.533   | 0.530       | 0.321       | -0.157       | -0.119       | -0.657       |
|             |        | 0.170 | 0.155  | 0.085  | 0.041  | 0.071  | 0.051   | 0.042    | 0.068    | 0.057    | 0.297       | 0.166       | 0.143        | 0.143        | 0.166        |
| 免許          | 無      | 0.263 | -0.280 | 0.452  | 0.062  | -0.540 | 0.426   | 0.181    | -0.185   | -0.456   | 0.639       | 0.364       | -0.159       | -0.193       | -0.693       |
|             |        | 0.190 | 0.195  | 0.057  | 0.044  | 0.064  | 0.055   | 0.033    | 0.044    | 0.056    | 0.255       | 0.140       | 0.208        | 0.200        | 0.168        |
|             | 有      | 0.392 | -0.369 | 0.516  | 0.125  | -0.607 | 0.457   | 0.155    | -0.155   | -0.413   | 0.751       | 0.382       | -0.189       | -0.254       | -0.634       |
|             |        | 0.186 | 0.233  | 0.110  | 0.108  | 0.144  | 0.029   | 0.030    | 0.026    | 0.072    | 0.158       | 0.174       | 0.178        | 0.163        | 0.155        |
| 自動車の保持      | 自分専用有  | 0.273 | -0.264 | 0.453  | 0.064  | -0.503 | 0.422   | 0.161    | -0.131   | -0.434   | 0.492       | 0.374       | -0.133       | -0.059       | -0.649       |
|             |        | 0.153 | 0.154  | 0.033  | 0.025  | 0.063  | 0.070   | 0.032    | 0.051    | 0.070    | 0.300       | 0.097       | 0.232        | 0.218        | 0.190        |
|             | 家族共有有  | 0.271 | -0.313 | 0.448  | 0.041  | -0.552 | 0.454   | 0.188    | -0.224   | -0.503   | 0.675       | 0.365       | -0.172       | -0.283       | -0.691       |
|             |        | 0.212 | 0.200  | 0.069  | 0.059  | 0.096  | 0.061   | 0.038    | 0.049    | 0.043    | 0.271       | 0.146       | 0.272        | 0.197        | 0.164        |
|             | 無      | 0.295 | -0.294 | 0.479  | 0.102  | -0.579 | 0.414   | 0.178    | -0.176   | -0.414   | 0.741       | 0.363       | -0.175       | -0.224       | -0.703       |
| 子供          | いる     | 0.203 | 0.237  | 0.083  | 0.065  | 0.063  | 0.033   | 0.029    | 0.026    | 0.060    | 0.163       | 0.177       | 0.131        | 0.163        | 0.157        |
|             |        | 0.275 | -0.280 | 0.475  | 0.063  | -0.546 | 0.419   | 0.163    | -0.160   | -0.431   | 0.663       | 0.378       | -0.198       | -0.198       | -0.657       |
|             | いない    | 0.180 | 0.194  | 0.068  | 0.059  | 0.080  | 0.038   | 0.022    | 0.033    | 0.056    | 0.203       | 0.147       | 0.196        | 0.186        | 0.148        |
|             |        | 0.392 | -0.369 | 0.516  | 0.125  | -0.607 | 0.457   | 0.155    | -0.155   | -0.413   | 0.773       | 0.382       | -0.189       | -0.254       | -0.634       |
|             | 大阪府    | 0.186 | 0.233  | 0.110  | 0.108  | 0.144  | 0.029   | 0.030    | 0.026    | 0.072    | 0.159       | 0.174       | 0.178        | 0.163        | 0.155        |
| 地域別         | 大阪府以外  | 0.287 | -0.299 | 0.439  | 0.086  | -0.542 | 0.448   | 0.190    | -0.184   | -0.477   | 0.654       | 0.375       | -0.191       | -0.171       | -0.697       |
|             |        | 0.193 | 0.211  | 0.066  | 0.057  | 0.074  | 0.056   | 0.036    | 0.052    | 0.064    | 0.223       | 0.150       | 0.218        | 0.207        | 0.153        |
|             | 大阪府    | 0.190 | -0.221 | 0.500  | 0.013  | -0.559 | 0.380   | 0.143    | -0.199   | -0.386   | 0.633       | 0.278       | -0.178       | -0.156       | -0.654       |
|             |        | 0.215 | 0.204  | 0.087  | 0.062  | 0.095  | 0.061   | 0.030    | 0.017    | 0.059    | 0.197       | 0.154       | 0.192        | 0.146        | 0.212        |

※ 上段：属性別平均値

※ 下段：分散

※ 黄色：有意差 5%水準（以降で説明）

表 4-27 属性別平均値と分散（水槽の劣化状況からサービスまでの属性）

| 市民エージェントの属性 | 比較条件   | 属性別平均値と分散 |        |        |           |           |           |          |          |        |        |        |        |          |          |
|-------------|--------|-----------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|
|             |        | 水槽・綺麗     | 水槽・普通  | 水槽・劣化  | プールサイド・綺麗 | プールサイド・普通 | プールサイド・劣化 | レジャー設備・有 | レジャー設備・無 | 温浴設備・有 | 温浴設備・無 | 子供設備・有 | 子供設備・無 | スポーツ設備・有 | スポーツ設備・無 |
| 性別          | 男性     | 0.540     | 0.026  | -0.587 | 0.560     | 0.011     | -0.592    | 0.380    | -0.393   | 0.460  | -0.472 | 0.330  | -0.342 | 0.440    | -0.450   |
|             |        | 0.110     | 0.120  | 0.144  | 0.060     | 0.040     | 0.054     | 0.070    | 0.065    | 0.070  | 0.069  | 0.040  | 0.040  | 0.040    | 0.040    |
| 性別          | 女性     | 0.600     | 0.098  | -0.713 | 0.620     | 0.078     | -0.720    | 0.480    | -0.491   | 0.530  | -0.540 | 0.410  | -0.421 | 0.430    | -0.443   |
|             |        | 0.070     | 0.071  | 0.097  | 0.070     | 0.034     | 0.085     | 0.060    | 0.046    | 0.070  | 0.057  | 0.050  | 0.050  | 0.040    | 0.025    |
| 年齢          | 29歳以下  | 0.534     | 0.060  | -0.600 | 0.580     | 0.031     | -0.618    | 0.421    | -0.426   | 0.492  | -0.496 | 0.317  | -0.322 | 0.462    | -0.467   |
|             |        | 0.100     | 0.130  | 0.163  | 0.055     | 0.033     | 0.073     | 0.088    | 0.084    | 0.056  | 0.056  | 0.035  | 0.033  | 0.045    | 0.049    |
|             | 30～59歳 | 0.614     | 0.058  | -0.702 | 0.605     | 0.041     | -0.676    | 0.429    | -0.450   | 0.490  | -0.510 | 0.415  | -0.436 | 0.420    | -0.441   |
|             |        | 0.076     | 0.080  | 0.090  | 0.073     | 0.046     | 0.067     | 0.049    | 0.038    | 0.095  | 0.078  | 0.063  | 0.053  | 0.035    | 0.029    |
|             | 60歳以上  | 0.470     | -0.016 | -0.467 | 0.518     | 0.052     | -0.584    | 0.341    | -0.350   | 0.430  | -0.439 | 0.321  | -0.330 | 0.346    | -0.354   |
|             |        | 0.109     | 0.055  | 0.091  | 0.031     | 0.033     | 0.058     | 0.018    | 0.026    | 0.054  | 0.062  | 0.036  | 0.041  | 0.011    | 0.016    |
| 職業          | 就業者    | 0.556     | 0.104  | -0.647 | 0.563     | 0.075     | -0.625    | 0.408    | -0.399   | 0.515  | -0.507 | 0.404  | -0.396 | 0.418    | -0.410   |
|             |        | 0.048     | 0.055  | 0.080  | 0.051     | 0.047     | 0.054     | 0.058    | 0.052    | 0.085  | 0.079  | 0.054  | 0.049  | 0.022    | 0.026    |
|             | 学生     | 0.540     | 0.033  | -0.594 | 0.562     | 0.010     | -0.593    | 0.409    | -0.422   | 0.471  | -0.485 | 0.291  | -0.304 | 0.453    | -0.466   |
|             |        | 0.116     | 0.145  | 0.167  | 0.059     | 0.037     | 0.068     | 0.082    | 0.077    | 0.057  | 0.056  | 0.029  | 0.027  | 0.048    | 0.051    |
|             | その他    | 0.615     | 0.028  | -0.693 | 0.656     | 0.035     | -0.740    | 0.450    | -0.483   | 0.478  | -0.511 | 0.426  | -0.459 | 0.427    | -0.459   |
|             |        | 0.100     | 0.086  | 0.125  | 0.075     | 0.029     | 0.080     | 0.049    | 0.040    | 0.086  | 0.068  | 0.064  | 0.056  | 0.044    | 0.030    |
| 免許          | 有      | 0.547     | 0.053  | -0.627 | 0.590     | 0.028     | -0.644    | 0.416    | -0.434   | 0.486  | -0.504 | 0.367  | -0.384 | 0.428    | -0.445   |
|             |        | 0.087     | 0.075  | 0.130  | 0.064     | 0.035     | 0.070     | 0.054    | 0.047    | 0.078  | 0.069  | 0.051  | 0.044  | 0.036    | 0.034    |
|             | 無      | 0.669     | 0.056  | -0.691 | 0.564     | 0.089     | -0.622    | 0.436    | -0.414   | 0.489  | -0.466 | 0.325  | -0.302 | 0.480    | -0.458   |
|             |        | 0.102     | 0.281  | 0.122  | 0.052     | 0.056     | 0.069     | 0.145    | 0.143    | 0.040  | 0.040  | 0.041  | 0.046  | 0.058    | 0.066    |
|             | 自分専用有  | 0.529     | 0.110  | -0.625 | 0.616     | 0.039     | -0.640    | 0.429    | -0.420   | 0.487  | -0.477 | 0.371  | -0.361 | 0.409    | -0.400   |
|             |        | 0.051     | 0.071  | 0.065  | 0.067     | 0.050     | 0.083     | 0.064    | 0.064    | 0.066  | 0.068  | 0.040  | 0.042  | 0.026    | 0.028    |
| 自動車の保持      | 家族共有有  | 0.547     | -0.005 | -0.605 | 0.560     | 0.039     | -0.662    | 0.397    | -0.439   | 0.509  | -0.551 | 0.386  | -0.429 | 0.407    | -0.449   |
|             |        | 0.081     | 0.093  | 0.142  | 0.075     | 0.034     | 0.071     | 0.084    | 0.069    | 0.111  | 0.088  | 0.076  | 0.059  | 0.040    | 0.026    |
|             | 無      | 0.603     | 0.068  | -0.670 | 0.591     | 0.034     | -0.624    | 0.432    | -0.431   | 0.467  | -0.466 | 0.332  | -0.331 | 0.477    | -0.477   |
|             |        | 0.125     | 0.128  | 0.162  | 0.047     | 0.037     | 0.060     | 0.053    | 0.051    | 0.045  | 0.042  | 0.031  | 0.031  | 0.044    | 0.055    |
|             | いる     | 0.557     | 0.063  | -0.628 | 0.589     | 0.033     | -0.630    | 0.413    | -0.418   | 0.497  | -0.503 | 0.331  | -0.336 | 0.454    | -0.460   |
|             |        | 0.099     | 0.110  | 0.148  | 0.060     | 0.039     | 0.078     | 0.070    | 0.066    | 0.054  | 0.052  | 0.040  | 0.038  | 0.041    | 0.044    |
| 子供          | いない    | 0.669     | 0.056  | -0.691 | 0.567     | 0.089     | -0.622    | 0.436    | -0.414   | 0.489  | -0.466 | 0.325  | -0.302 | 0.480    | -0.458   |
|             |        | 0.102     | 0.281  | 0.122  | 0.049     | 0.056     | 0.069     | 0.145    | 0.143    | 0.040  | 0.040  | 0.041  | 0.046  | 0.058    | 0.066    |
|             | 大阪府    | 0.583     | 0.041  | -0.641 | 0.616     | 0.029     | -0.663    | 0.426    | -0.438   | 0.484  | -0.496 | 0.364  | -0.376 | 0.451    | -0.463   |
|             |        | 0.099     | 0.129  | 0.172  | 0.060     | 0.032     | 0.074     | 0.066    | 0.064    | 0.072  | 0.069  | 0.051  | 0.047  | 0.039    | 0.044    |
|             | 大阪府以外  | 0.475     | 0.058  | -0.579 | 0.494     | 0.062     | -0.602    | 0.382    | -0.413   | 0.464  | -0.495 | 0.337  | -0.368 | 0.379    | -0.410   |
|             |        | 0.050     | 0.045  | 0.065  | 0.062     | 0.034     | 0.078     | 0.076    | 0.062    | 0.097  | 0.070  | 0.055  | 0.045  | 0.042    | 0.026    |

市民エージェントの属性別の、施設エージェントの水準別効用値について、t 検定による有意検定を行った。結果を表 4-28 に示す。なお、t 検定とは 2 つのグループの平均値を比較して、有意差があるかどうかを判断する統計手法である。

性別の男性と女性の関係については、屋内、屋外、所要時間 5 分、水槽の劣化状況が進行している、プールサイドの劣化状況が進行している、レジャー設備の有、無、子供設備の無の計 8 項目において、有意であった。このことから、性別によるセグメント分けは非常に有効である事が解った。年齢については、29 歳以下と 30～59 歳との間において、所要時間 30 分、利用料金 150 円/回、子供設備の有、無の計 4 項目で、29 歳以下と 60 歳以上との間においては、スポーツ設備の有、無の計 2 項目で有意差が認められた。職業については、就業者と学生との間で、子供設備の有、無の計 2 項目、学生とその他の間では、所要時間 30 分、利用料金 150 円/回、プールサイドの劣化の計 3 項目で有意差が認められた。免許については、いずれの水準にも有意差が生じなかった。自動車の保持については、計 3 項目、子供の有無と地域別については、それぞれ計 2 項目ずつ有意差が認めれる結果となった。

つまり、性別と年齢の個人属性に、有意差が認められた水準が多かったため、この 2 つを採用し、計 6 (=2×3) 種類のマーケットセグメントを決定した。なお、個人属性毎に、各水準の効用値の分散を求め、それぞれの平均値にて比較したところ、表 4-29 に示す結果となり、この結果を見ても、性別とグループ分けした年齢の平均分散値が小さくなったため、この 2 つの個人属性を採用する事とした。

表 4-28 t 検定の結果

| 属性     | 比較条件   |        | 屋内 | 屋外 | 混雑度・空き | 混雑度・普通 | 混雑度・混み | 所要時間・5分 | 所要時間・10分 | 所要時間・20分 | 所要時間・30分 | 利用料金・1500円／回 | 利用料金・6000円／回 | 利用料金・15000円／回 | 利用料金・60000円／月 | 利用料金・90000円／月 | 水槽・綺麗 | 水槽・普通 | 水槽・劣化 | ブルサイド・綺麗 | ブルサイド・普通 | ブルサイド・劣化 | レジャー設備・有 | レジャー設備・無 | 温浴設備・有 | 温浴設備・無 | 子供設備・有 | 子供設備・無 | スポーツ設備・有 | スポーツ設備・無 | サービス・有 | サービス・無 |
|--------|--------|--------|----|----|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|--------|--------|
| 性別     | 男性     | 女性     | ▼  | ▼  |        |        | ▼      |         |          |          |          |              |              |               |               |               |       | ▼     |       |          |          | △        | ▼        | ▼        |        |        | △      |        |          |          |        |        |
| 年齢     | 29歳以下  | 30～59歳 |    |    |        |        |        |         |          | ▼        | △        |              |              |               |               |               |       |       |       |          |          |          |          |          |        |        | △      | △      |          |          |        |        |
|        | 30～59歳 | 60歳以上  |    |    |        |        |        |         |          |          |          |              |              |               |               |               |       |       |       |          |          |          |          |          |        |        |        |        |          |          |        |        |
|        | 60歳以上  | 29歳以下  |    |    |        |        |        |         |          |          |          |              |              |               |               |               |       |       |       |          |          |          |          |          |        |        |        |        |          | △        | △      |        |
| 職業     | 就業者    | 学生     |    |    |        |        |        |         |          |          |          |              |              |               |               |               |       |       |       |          |          |          |          |          |        |        |        | ▼      | ▼        |          |        |        |
|        | 学生     | その他    |    |    |        |        |        |         |          |          | ▼        | △            |              |               |               |               |       |       |       |          |          |          | △        |          |        |        |        |        |          |          |        |        |
|        | その他    | 就業者    |    |    |        |        |        |         |          |          |          |              |              |               |               |               |       |       |       |          |          |          |          |          |        |        |        |        |          |          |        |        |
| 免許     | 有      | 無      |    |    |        |        |        |         |          |          |          |              |              |               |               |               |       |       |       |          |          |          |          |          |        |        |        |        |          |          |        |        |
| 自動車の保持 | 自分専用有  | 家族共有有  |    |    |        |        |        |         |          |          |          |              |              |               | ▼             |               |       |       |       |          |          |          |          |          |        |        |        |        |          |          |        |        |
|        | 家族共有有  | 無      |    |    |        |        |        |         |          |          |          |              |              |               |               |               |       |       |       |          |          |          |          |          |        |        |        | ▼      |          |          |        |        |
| 子供     | 無      | 自分専用有  |    |    |        |        |        |         |          |          |          | △            |              |               |               |               |       |       |       |          |          |          |          |          |        |        |        |        |          |          |        |        |
|        | いる     | いない    |    |    |        |        |        |         |          |          |          |              |              |               |               |               |       |       |       |          |          |          |          |          |        |        | △      | △      |          |          |        |        |
| 地域別    | 大阪府    | 大阪府以外  |    |    |        |        |        |         |          |          |          |              |              |               |               | ▼             |       |       |       | △        |          |          |          |          |        |        |        |        |          |          |        |        |

- ※ 無印：有意差なし
- ※ △▼：有意差 5%水準
- ※ △：左の条件の方が値が大きい。
- ※ ▼：右の条件の方が値が大きい。

表 4-29 平均分散値の比較

| No.1 |     |      |        |
|------|-----|------|--------|
| 性別   | 度数  | 相対度数 | 分散     |
| 男性   | 78  | 0.61 | 0.0977 |
| 女性   | 49  | 0.39 | 0.0776 |
| 合計   | 127 | 1.00 | 0.1753 |
| 平均   | -   | -    | 0.0877 |
| No.4 |     |      |        |
| 免許   | 度数  | 相対度数 | 分散     |
| 有    | 109 | 0.86 | 0.0890 |
| 無    | 18  | 0.14 | 0.1032 |
| 合計   | 127 | 1.00 | 0.1922 |
| 平均   | -   | -    | 0.0961 |
| No.6 |     |      |        |
| 同居人数 | 度数  | 相対度数 | 分散     |
| 1人   | 28  | 0.22 | 0.1015 |
| 2人   | 22  | 0.17 | 0.0742 |
| 3人   | 20  | 0.16 | 0.1081 |
| 4人   | 37  | 0.29 | 0.0907 |
| 5人以上 | 20  | 0.16 | 0.0767 |
| 合計   | 127 | 1    | 0.4512 |
| 平均   | -   | -    | 0.0902 |
| No.7 |     |      |        |
| 子供   | 度数  | 相対度数 | 分散     |
| いない  | 90  | 0.71 | 0.0882 |
| いる   | 37  | 0.29 | 0.0973 |
| 合計   | 127 | 1    | 0.1855 |
| 平均   | -   | -    | 0.0928 |

| No.2      |     |      |        |     |       |        |
|-----------|-----|------|--------|-----|-------|--------|
| 年齢        | 度数  | 相対度数 | 分散     | 度数2 | 相対度数2 | 分散2    |
| 10～19歳    | 5   | 0.04 | 0.1052 | 62  | 0.49  | 0.0918 |
| 20～29歳    | 57  | 0.45 | 0.0911 |     |       |        |
| 30～39歳    | 17  | 0.13 | 0.0965 |     |       |        |
| 40～49歳    | 21  | 0.17 | 0.0862 | 56  | 0.44  | 0.0900 |
| 50～59歳    | 18  | 0.14 | 0.0876 |     |       |        |
| 60～69歳    | 7   | 0.06 | 0.0827 |     |       |        |
| 70歳以上     | 2   | 0.02 | 0.1025 | 9   | 0.07  | 0.0823 |
| 合計        | 127 | 1.00 | 0.6518 |     |       |        |
| 平均        | -   | -    | 0.0931 |     |       |        |
| No.3      |     |      |        |     |       |        |
| 職業        | 度数  | 相対度数 | 分散     | 度数2 | 相対度数2 | 分散2    |
| 会社員       | 19  | 0.15 | 0.0977 | 39  | 0.31  | 0.0890 |
| 公務員       | 9   | 0.07 | 0.0707 |     |       |        |
| 自営業       | 11  | 0.09 | 0.0928 |     |       |        |
| 学生        | 55  | 0.43 | 0.0912 | 55  | 0.43  | 0.0912 |
| 専業主婦      | 8   | 0.06 | 0.0684 |     |       |        |
| パート・アルバイト | 18  | 0.14 | 0.0941 |     |       |        |
| 無職・その他    | 7   | 0.06 | 0.1035 | 33  | 0.26  | 0.0902 |
| 合計        | 127 | 1.00 | 0.6184 |     |       |        |
| 平均        | -   | -    | 0.0883 |     |       |        |
| No.5      |     |      |        |     |       |        |
| 自動車       | 度数  | 相対度数 | 分散     | 度数2 | 相対度数2 | 分散2    |
| 自分専用有     | 33  | 0.26 | 0.0845 | 77  | 0.61  | 0.0935 |
| 家族共有有     | 44  | 0.35 | 0.1004 |     |       |        |
| 無         | 50  | 0.39 | 0.0869 |     |       |        |
| 合計        | 127 | 1.00 | 0.2718 | 127 | 1.00  | 0.1804 |
| 平均        | -   | -    | 0.0906 |     |       |        |

※ ハッチング部分で示す平均分散値にて比較した。

※ No.2 の年齢、No.3 の職業、No.5 の自動車については、グループ分けしたパターンの平均分散値も求めた。

性別とグループ分けした年齢のクロス集計表を、表 4-30 と図 4-37 に示す。男性 29 歳以下の割合が最も多く、次に男性 30～59 歳と女性 30～59 歳が多くなった。

表 4-30 性別とグループ分けした年齢のクロス集計表（度数）

| 性別   | 年齢    |        |       | 計(人) |
|------|-------|--------|-------|------|
|      | 29歳以下 | 30～59歳 | 60歳以上 |      |
| 男性   | 44    | 28     | 6     | 78   |
| 女性   | 18    | 28     | 3     | 49   |
| 計(人) | 62    | 56     | 9     | 127  |

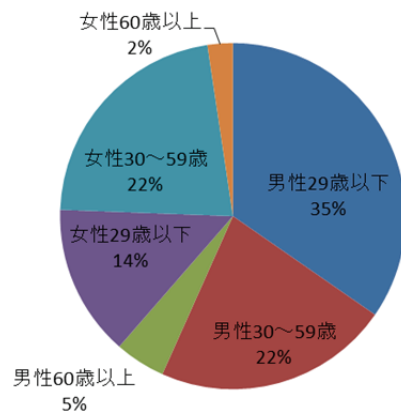


図 4-37 6セグメントの割合

6セグメント別の回答結果を図 4-38、図 4-39に示す。重要度については、水槽とプールサイドの劣化ともに女性30～59歳が最も高く、また施設状況と温浴設備では、女性60歳以上が最も高くなった。効用値については、利用料金の最大効用値と最少効用値において大きな差が見られた。

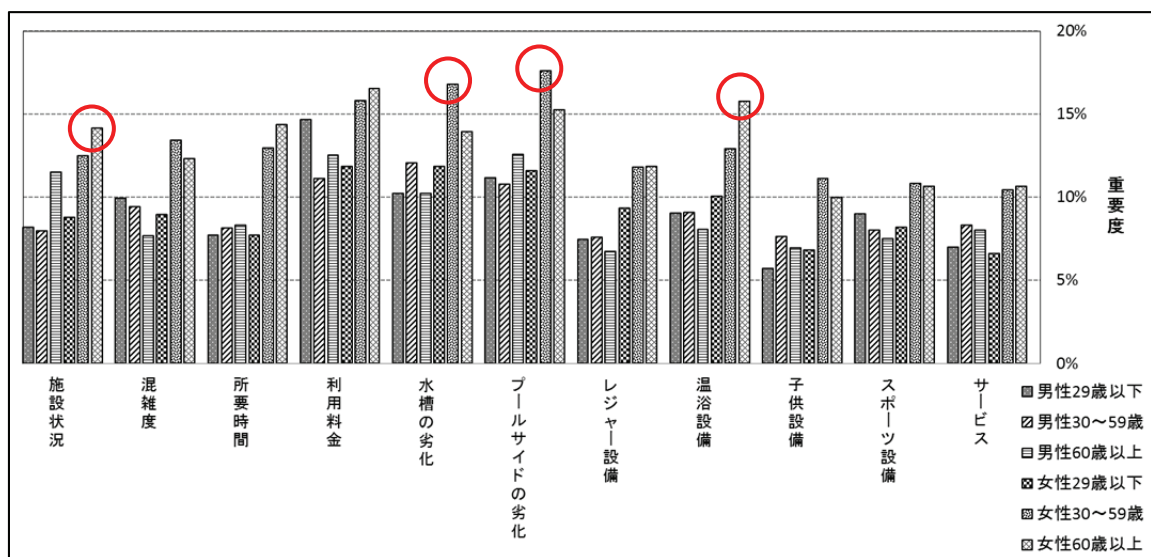


図 4-38 性年代別の重要度

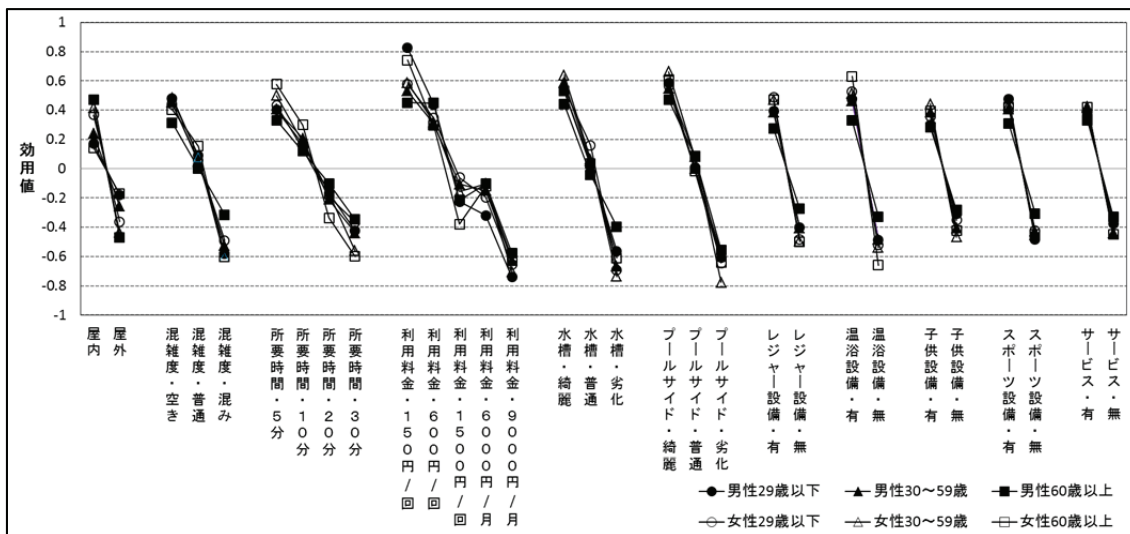


図 4-3-9 性年代別の効用値

求めた各効用値を，artisoC のモデルのパラメータとして入力する事とした．また，性年代別に効用値の閾値と最低水準を求めたところ，表 4-3-1 のような結果となった．閾値は，女性 30～59 歳で最も高く，施設に対して求める水準が高い事が解る．反対に，男性 30～59 歳における閾値は最も低く，施設に対して求める水準が低い事が解った．一方，最低水準が最も高くなったのは，男性 60 歳以上で，最も低かったのは女性 30～59 歳であった．

表 4-3-1 求めた閾値と最低水準

| 性年代別     | 有効サンプル数 | 閾値   | 最低水準  |
|----------|---------|------|-------|
| 男性29歳以下  | 44      | 0.62 | -5.16 |
| 男性30～59歳 | 28      | 0.17 | -5.25 |
| 男性60歳以上  | 6       | 0.25 | -4.18 |
| 女性29歳以下  | 18      | 0.74 | -5.33 |
| 女性30～59歳 | 28      | 0.96 | -6.22 |
| 女性60歳以上  | 3       | 1.87 | -5.71 |

#### 4.3.6 限界支払意思額の推定

各効用値の金銭的な価値を評価するため，6 種類のセグメント別に各属性の限界的な効用として，限界支払意思額を推定した．ここで推定される値は，各属性及び価格の限界効用であり，それぞれの変数が 1 単位もしくは 1 水準上昇する事によって，効用がどれだけ変化するかを示している．

まず利用料金の効用値を用いて，効用値に対する価格の推移を表す 1 次式を求めた．（図 4-4-0）．次に求めた 1 次式を用いて，利用料金以外の各属性における限界支払意思額を表

4・3 2のように求めた．所要時間については，1分あたりの金銭価値を算出する事が出来たが，それ以外の属性については，アンケートの質問内容（表 4・1 4）が質的変数の水準分けになっているため，1水準毎の金額のみの算出となっている．

施設状況では，男性 60 歳以上で屋内と屋外とで最も大きな差が見られた．混雑度では，男性 30～59 歳において大きな差が見られた．所要時間については，女性 30～59 歳の額が最も高くなった．水槽の劣化については，男性 30～59 歳，プールサイドの劣化については，女性 30～59 歳が最も高くなった．

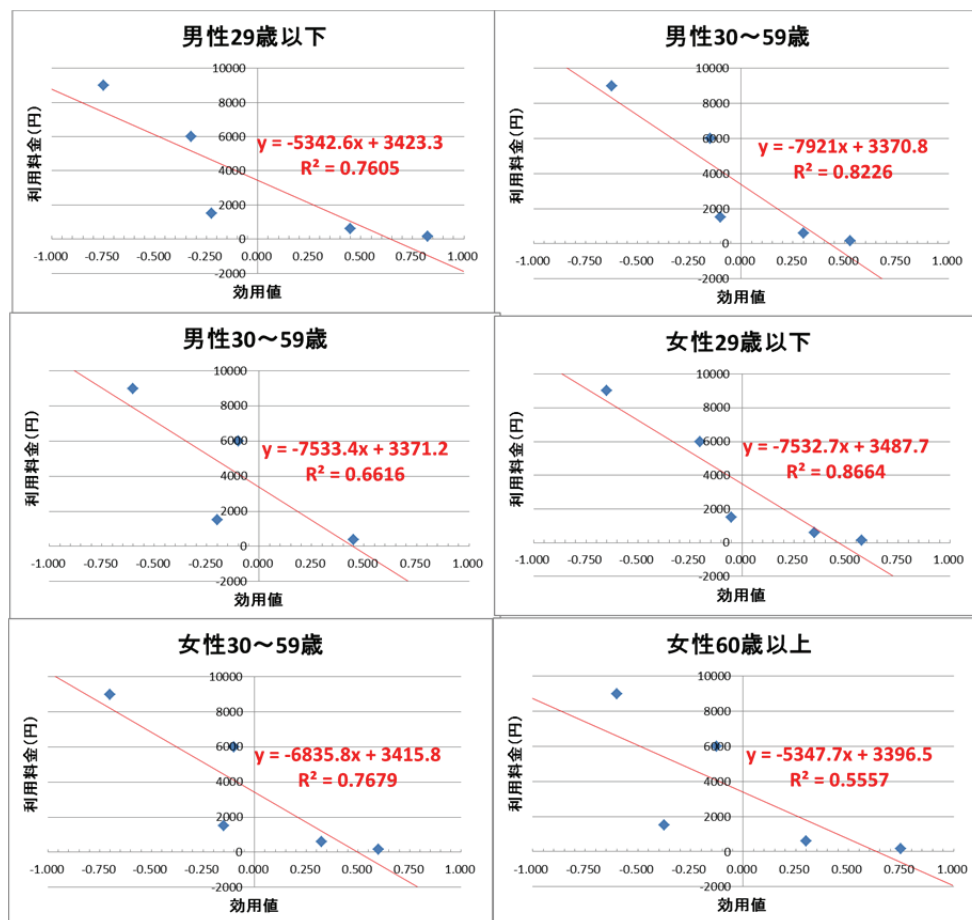


図 4・4 0 効用値に対する価格の推移

表 4-3 2 各属性に対する限界支払意思額

|             |         | 単位:円    |          |         |         |          |         |
|-------------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|
|             |         | 男性29歳以下 | 男性30～59歳 | 男性60歳以上 | 女性29歳以下 | 女性30～59歳 | 女性60歳以上 |
| 施設状況        | 屋内      | 2,492   | 1,479    | -188    | 723     | 582      | 2,635   |
|             | 屋外      | 4,401   | 5,405    | 6,917   | 6,209   | 6,405    | 4,313   |
| 混雑度         | 空き      | 822     | -215     | 1,007   | 160     | 47       | 1,231   |
|             | 普通      | 2,933   | 2,999    | 3,351   | 3,053   | 2,878    | 2,580   |
|             | 混み      | 6,586   | 7,543    | 5,737   | 7,185   | 7,554    | 6,614   |
| 所要時間        | (1分あたり) | 179     | 268      | 204     | 242     | 290      | 252     |
| 水槽の劣化状況     | 綺麗      | 538     | -1,294   | 59      | -582    | -950     | 564     |
|             | 普通      | 3,324   | 2,962    | 3,686   | 2,277   | 2,976    | 3,199   |
|             | 劣化が進行   | 6,478   | 8,659    | 6,351   | 8,701   | 8,455    | 6,660   |
| プールサイドの劣化状況 | 綺麗      | 237     | -964     | -185    | -763    | -1,110   | 133     |
|             | 普通      | 3,384   | 3,366    | 2,727   | 2,824   | 2,859    | 3,475   |
|             | 劣化が進行   | 6,720   | 7,926    | 7,556   | 8,338   | 8,732    | 6,817   |
| レジャー設備      | 有       | 1,284   | 310      | 1,287   | -192    | 186      | 883     |
|             | 無       | 5,610   | 6,573    | 5,442   | 7,124   | 6,801    | 6,065   |
| 温浴設備        | 有       | 828     | -296     | 889     | -477    | -114     | 20      |
|             | 無       | 6,066   | 7,181    | 5,840   | 7,409   | 7,102    | 6,928   |
| 子供設備        | 有       | 1,790   | 299      | 1,223   | 791     | 387      | 1,297   |
|             | 無       | 5,104   | 6,586    | 5,507   | 6,140   | 6,601    | 5,651   |
| スポーツ設備      | 有       | 841     | 131      | 1,050   | 252     | 468      | 1,145   |
|             | 無       | 6,054   | 6,754    | 5,679   | 6,680   | 6,519    | 5,801   |
| サービス        | 有       | 1,418   | 13       | 894     | 874     | 577      | 1,145   |
|             | 無       | 5,476   | 6,872    | 5,835   | 6,058   | 6,411    | 5,801   |

#### 4.4 人口推移のモデル化

2.5 節で説明した人口変動に影響を及ぼす要因のうち、モデルが複雑になり過ぎないように、直接要因のみを考慮し、人口維持のモデル化を行った。マルチエージェント・シミュレーションでは、多数のエージェントや環境に一定のルールを指定し実行させることで、ある行動から発生する現象をシミュレーションし、その結果を次の意志決定にフィードバックして次の行動を決定する事を繰り返すといった特徴がある。このことから、人口推計の方法には、マルチエージェント・シミュレーションの特徴に近いコーホート法（2.5 節）を応用して使用した。

##### 4.4.1 市民エージェントの種類

セグメント分けの結果より、市民エージェントは、図 4-4 1 に示す計 6 種類用意する。各市民エージェントは、毎ステップ 1 歳ずつ年を取り、一定の年齢に達したときにライフサイクルステージが変化する。男性（Men）エージェントについて説明すると、young\_m エージェントは、0～29 歳の男性を表現しており、30 歳になった時点で、middle\_m エージェントに移行する。middle\_m エージェントは、30～59 歳の男性を表現しており、60 歳になった時点で、elderly\_m エージェントに移行する。elderly\_m エージェントは、60 歳以上の男性を表現している。女性（Women）エージェントについては、young\_w エージェントは、0～19 歳の女性を表現しており、30 歳になった時点で、middle\_w エージェントに移行する。middle\_w エージェントは、30～59 歳の女性を表現しており、60 歳になった時



点で, elderly\_w エージェントに移行する. elderly\_w エージェントは, 60 歳以上の女性を表現している.

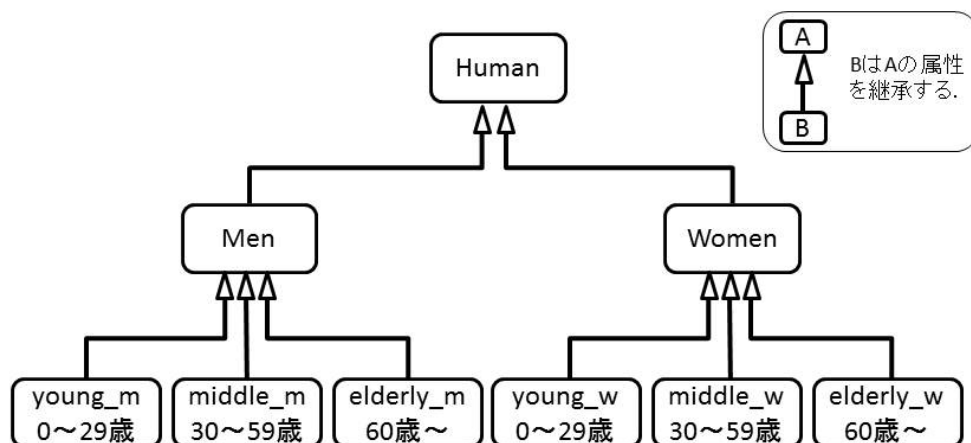


図 4-4 1 市民エージェントの種類

#### 4.4.2 出生

artisoc 上で毎ステップエージェントを発生させる場合, 「シミュレーションの開始直後 1 回だけ発生させる方法」とその後「毎ステップ発生させる方法」の 2 種類両方を設定する必要がある. 1 つ目のシミュレーションの開始直後に 1 回だけ発生させる方法では, まず図 4-4 2 に示すコンソール画面に男女別の総人口を入力し, 発生させる市民エージェントの初期人数を設定する.

ここで, 「縮尺: 100」とは市民エージェント 1 個に該当する実際の人口が 100 人という事である. これは, 実際の人口全てをモデル化すると, シミュレーションを実行した際の解析速度がとても追いつかない. 既往の研究では, 市民エージェント 1 個あたりを実際の人口の 100 人に換算していたため, 本研究でもこのような縮尺を用いる事とした.

過去のシミュレーションについては, 解析の開始が 1990 年からであるため, 0 年目に該当する 1989 年度の男女別総数 (男性: 100,111 人, 女性: 94,154 人) を縮尺で除して四捨五入した値 (男性: 1,001, 女性: 942) を入力した. 将来のシミュレーションについては, 解析の開始が 2010 年からであるため, 0 年目に該当する 2009 年度の男女別総数 (男性: 109,627 人, 女性: 111,248 人) を縮尺で除した値 (男性: 1,096, 女性: 1,112) を入力した.

| 項目        | 過去 (左) | 将来 (右) |
|-----------|--------|--------|
| 初期設定人数(男) | 1001   | 1096   |
| 初期設定人数(女) | 942    | 1112   |
| 縮尺        | 100    | 100    |

図 4-4 2 初期人数の設定 (左：過去，右：将来)

次に，入力した初期人数を男女別の年齢ピラミッドに応じて各年齢階層に割り振り，該当する市民エージェントの種類に格納した．男女別の年齢ピラミッドを作成する際は，調布市統計書に記載されている，1990（平成 2）年度 10 月 1 日現在の年齢，男女別人口のデータと 2010（平成 22）年度 10 月 1 日現在の年齢，男女別人口のデータ<sup>50)</sup>を使用した（図 4-4 3，図 4-4 4）．平成 2 年度については，男女共に 20～24 歳の人口が非常に多くなった．

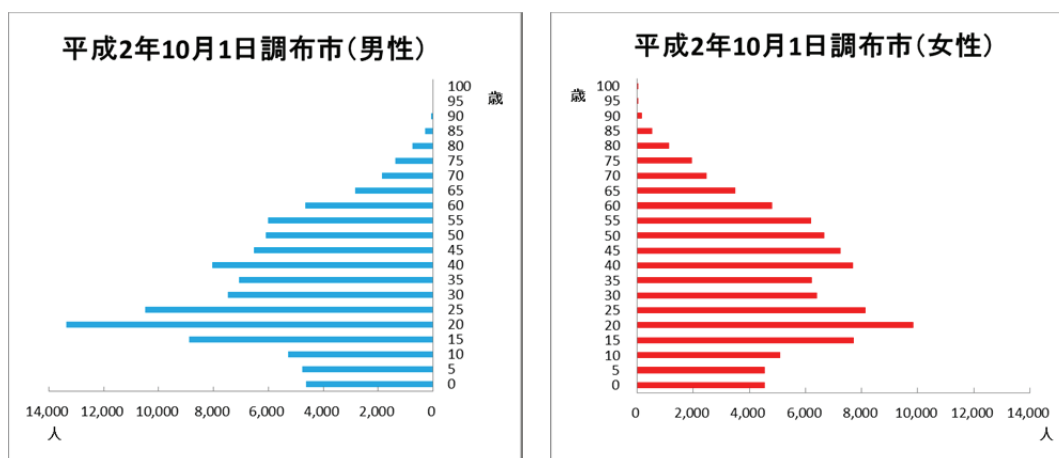


図 4-4 3 調布市の男女別年齢ピラミッド（平成 2 年度 10 月 1 日）

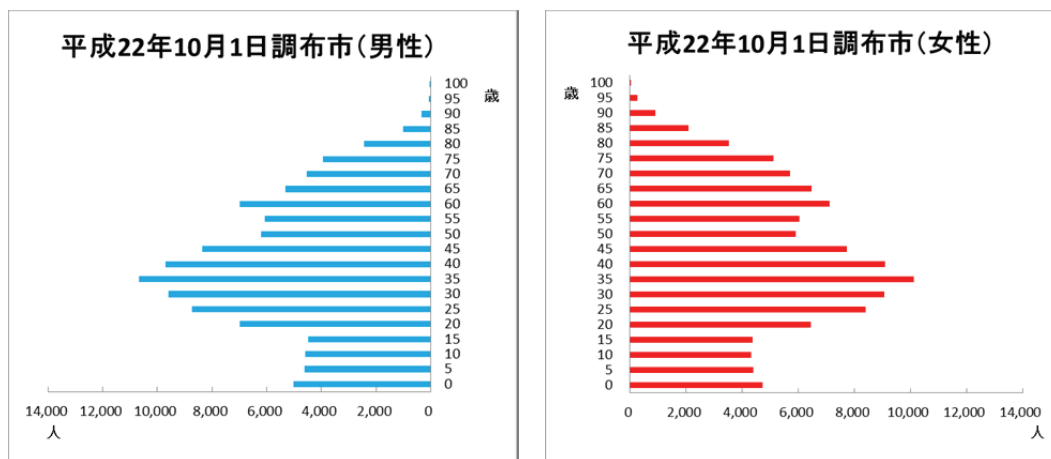


図 4-4 4 調布市の男女別年齢ピラミッド（平成 22 年度 10 月 1 日）

2 つ目の毎ステップ発生させる方法では、普通出生率（Crude Birth Rate : CBR）を設定した。普通出生率とは、一定人口（通常 1,000 人）に対するその年の出生数の割合のことである。年度毎の普通出生率に応じて、毎ステップ市民エージェントを 0 歳で発生させた。出生時の男女性比は、人口推計で一般的に用いられる 105 : 100 とした。調布市統計書に記載されている、1990～2009 年度の人口 1,000 人につき出生率のデータ<sup>49)</sup>を使用した（図 4-4 5）。2010～2030 年度については、1990～2009 年度の値の平均値 9.1 を、毎年度の値として用いた。

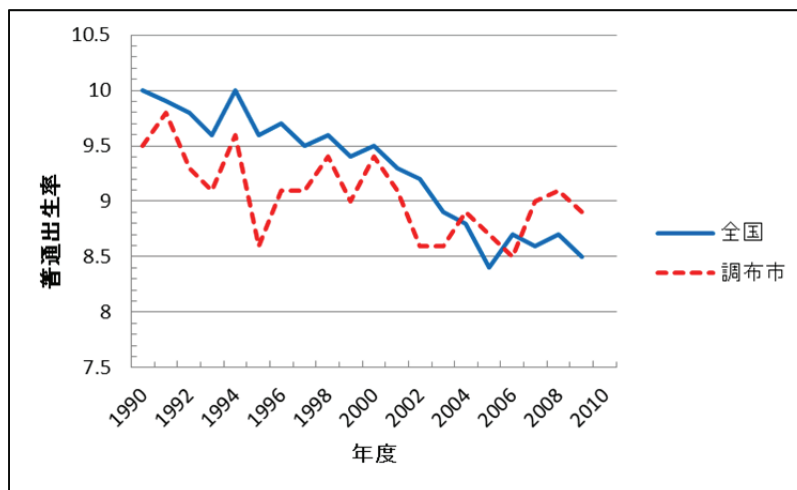


図 4-4 5 年次別出生率

#### 4.4.3 死亡

artisoc 上でエージェントを消滅させる場合は、death 関数を用いる。年齢  $t$  を用いて表現した死亡確率  $g(t)$  を利用することで、市民エージェントの年齢に応じた死亡確率を設定で

きるようにした。平成 22 年度の簡易生命表のデータ<sup>51)</sup>を用いて、式 (15)、式 (16) に示す男女別の死亡確率 (男:  $g1(t)$ , 女:  $g2(t)$ ) を求めて設定した (図 4-46, 図 4-47)。

$$g1(t) = 6.0 \times 10^{-5} e^{0.0822t} \quad (15)$$

$$g2(t) = 4.0 \times 10^{-5} e^{0.0811t} \quad (16)$$

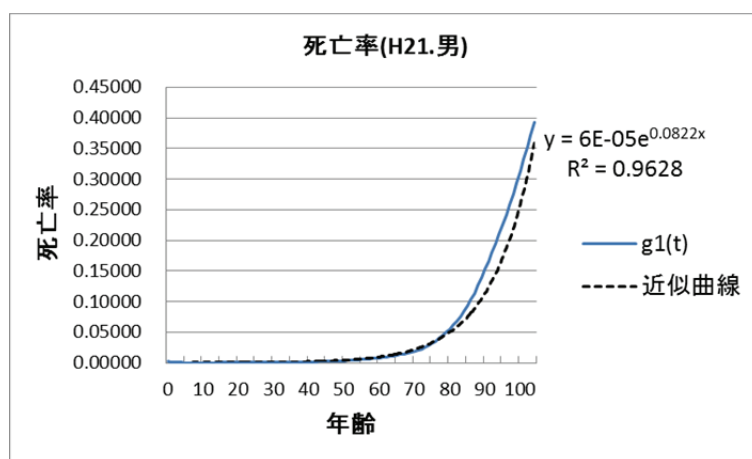


図 4-46 算出した男性の死亡確率

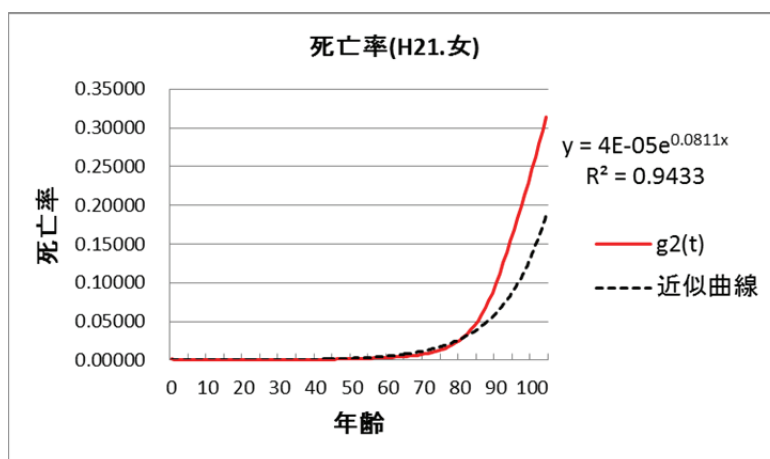


図 4-47 算出した女性の死亡確率

#### 4.4.4 人口移動

人口移動のモデル化には、調布市統計書に記載されている、1990～2009 年度の社会動態の増加数 (= 転入 - 転出) のデータ<sup>50)</sup>を使用した (図 4-48)。増加数がプラス (転入 >

転出)の場合、市民エージェントを発生させ、マイナス(転入<転出)の場合、市民エージェントを消滅させた。なお、発生させる際、シミュレーションの中間年である2000年度の年齢、男女別人口のデータ<sup>50)</sup>を基に、各市民エージェントのセグメントに振り分けた。2010～2009年度については、1990～2009年度の転入数の男女別平均値(男:700人、女:611人)と転出数の男女別平均値(男:419人、女:367人)を、毎年度の値としてそれぞれ用いた。

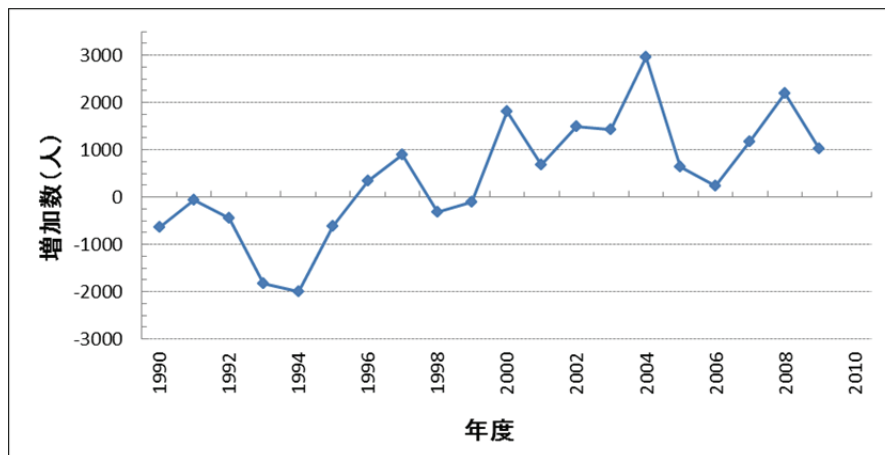


図 4-4 8 調布市の人口移動の増加数の推移

#### 4.4.5 居住地位置

調布市では、都市計画マスタープランに沿って、4つの地域毎に区分し、それぞれの区分地域毎に地域別街づくりの方針が定められている。4つの区分地域は、より細かな街づくり施策策定のため、さらに10個の区分地域に分けられている。調布市の将来の人口推計も、10地域別による地域割りで行われていたことから、この区分地域を用いて、シミュレーション上の地域を10ブロックに分割し、各ブロックに人口の割合に基づいた市民エージェントをランダムで発生させた。各市民エージェントを発生された位置座標は、そのまま市民エージェントの居住地位置とし、シミュレーションの最中には変化させない事とした。人口と割合については、平成22年1月1日現在の町丁別人口を用いた。

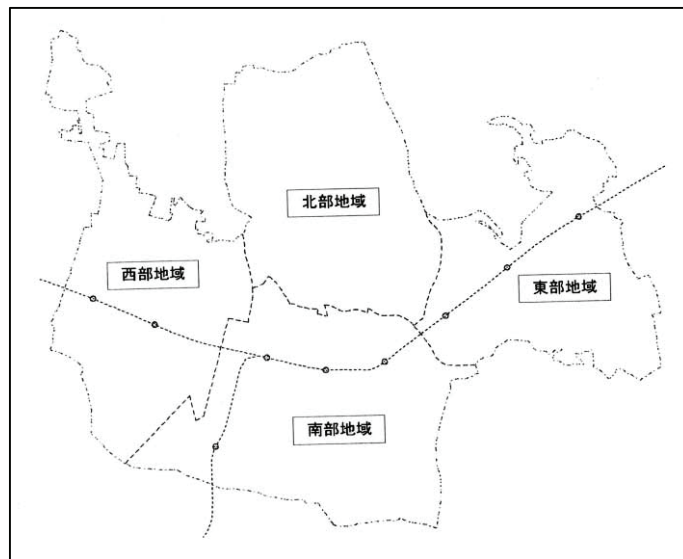


図 4-4 9 調布市の区分地域 (4 地域別) <sup>14)</sup>

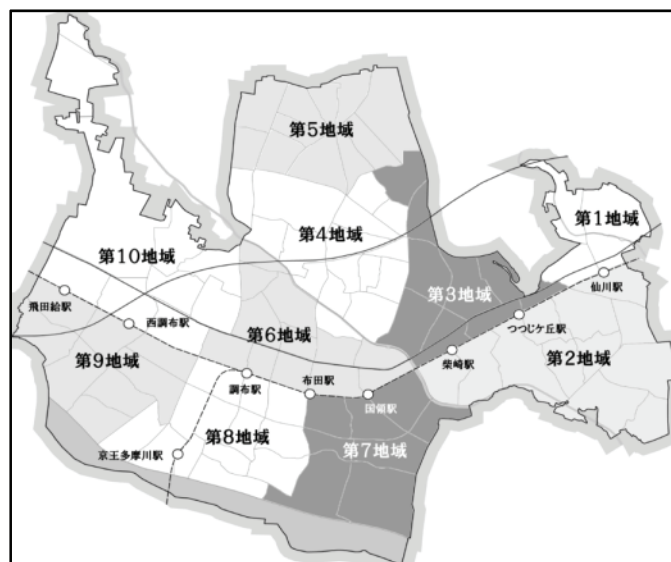


図 4-5 0 調布市の区分地域 (10 地域別) <sup>46)</sup>

表 4-3 3 区分地域別（4 地域）の人口及び割合

| 地域   | 町丁                                           | 面積 (ha) | 人口(人)   |         |         | 人口の割合 |      |      |
|------|----------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|-------|------|------|
|      |                                              |         | 総数      | 男性      | 女性      | 総数    | 男性   | 女性   |
| 西部地域 | 多摩川1・2, 下石原, 上石原, 飛田給, 野水, 西町, 富士見町          | 451.7   | 39,452  | 20,161  | 19,291  | 0.18  | 0.18 | 0.17 |
| 南部地域 | 調布ヶ丘1・2, 八雲台, 国領町, 布田, 小島町, 染地, 多摩川3～7       | 559.2   | 80,348  | 39,642  | 40,706  | 0.36  | 0.36 | 0.37 |
| 北部地域 | 深大寺東町, 深大寺北町, 深大寺南町, 深大寺元町, 佐須町, 柴崎, 調布ヶ丘3・4 | 526.9   | 46,364  | 23,111  | 23,253  | 0.21  | 0.21 | 0.21 |
| 東部地域 | 入間町, 菊野台, 仙川町, 東つつじヶ丘, 西つつじヶ丘, 緑ヶ丘, 若葉町      | 502.6   | 54,593  | 26,591  | 28,002  | 0.25  | 0.24 | 0.25 |
| 計    |                                              | 2,040   | 220,757 | 109,505 | 111,252 | 1.00  | 1.00 | 1.00 |

表 4-3 4 区分地域別（10 地域）の人口及び割合

| 地域    | 町丁                                            | 人口(人)   |         |         | 人口の割合 |      |      |
|-------|-----------------------------------------------|---------|---------|---------|-------|------|------|
|       |                                               | 総数      | 男性      | 女性      | 総数    | 男性   | 女性   |
| 第1地域  | 仙川町2・3, 緑ヶ丘1・2                                | 10,160  | 4,751   | 5,409   | 0.05  | 0.04 | 0.05 |
| 第2地域  | 菊野台2・3, 東つつじヶ丘2. 3, 西つつじヶ丘4, 入間町1～3, 仙川町1, 若葉 | 32,956  | 16,176  | 16,780  | 0.15  | 0.15 | 0.15 |
| 第3地域  | 柴崎1・2, 菊野台1, 東つつじヶ丘1, 西つつじヶ丘1～3, 深大寺東町3・4     | 22,454  | 11,051  | 11,403  | 0.10  | 0.10 | 0.10 |
| 第4地域  | 佐須町1・2・4・5, 深大寺元町2～5, 深大寺東町1・2, 深大寺南町1～5      | 14,759  | 7,398   | 7,361   | 0.07  | 0.07 | 0.07 |
| 第5地域  | 深大寺北町1～7, 深大寺東町5～8                            | 12,736  | 6,319   | 6,417   | 0.06  | 0.06 | 0.06 |
| 第6地域  | 小島町1, 布田1・2, 国領町1・2, 佐須町3, 調布ヶ丘1～4, 深大寺元町1, 八 | 27,693  | 13,797  | 13,896  | 0.13  | 0.13 | 0.12 |
| 第7地域  | 国領町3～8, 染池2・3                                 | 33,479  | 16,136  | 17,343  | 0.15  | 0.15 | 0.16 |
| 第8地域  | 小島町2・3, 布田3～6, 染池1, 多摩川3～7                    | 27,068  | 13,716  | 13,352  | 0.12  | 0.13 | 0.12 |
| 第9地域  | 飛田給2・3, 上石原2・3, 下石原2・3, 多摩川1・2                | 21,981  | 11,298  | 10,683  | 0.10  | 0.10 | 0.10 |
| 第10地域 | 飛田給1, 上石原1, 富士見町1～4, 下石原2・3, 野水1・2, 西町        | 17,471  | 8,863   | 8,608   | 0.08  | 0.08 | 0.08 |
| 計     |                                               | 220,757 | 109,505 | 111,252 | 1.00  | 1.00 | 1.00 |

## 4.5 交通手段のモデル化

市民エージェントに設定する交通手段の割合は、アンケート調査にて得られた結果を用いて決めた。集計した結果を表 4-3 5 と図 4-5 1 に示す。各交通手段の割合は、「自転車」と「自動車」が最も多く、次に「徒歩」、「鉄道」の順で多かった。さらに、性年代と交通手段の割合をクロス集計した結果を、表 4-3 6 に示す。男性 29 歳以下では、自転車の割合が最も大きく、次に鉄道、その次が自動車となった。男性 30～59 歳では、徒歩と自動車が同率で最も割合が高くなった。男性 60 歳以上では、自動車が最も高かった。女性 29 歳以下では、原付と鉄道が同率で最も高く、女性 30～59 歳では、自転車と自動車が最も高かった。

このように、各年代の特性が見られたものの、それらを考慮したパラメータを算出でき

る程のサンプル数を確保するまでには至っていない。例えば、バイクや路線バスは、度数 1 であり、このような少数の値を用いて、パラメータを決定するのは、信頼性に欠ける。そのため、市民エージェントにおける各交通手段の割合は、6 種類の市民エージェント全てにおいて共通とし、表 4-3 5 の結果をそのまま用いた。

表 4-3 5 交通手段の集計結果

| 交通手段 | 度数 | 相対度数 |
|------|----|------|
| 徒歩   | 7  | 0.17 |
| 自転車  | 12 | 0.29 |
| 原付   | 3  | 0.07 |
| バイク  | 1  | 0.02 |
| 自動車  | 12 | 0.29 |
| 路線バス | 1  | 0.02 |
| 鉄道   | 6  | 0.14 |
| 計    | 42 | 1.00 |

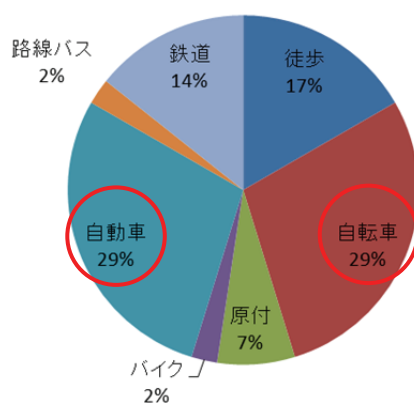


図 4-5 1 各交通手段の割合

表 4-3 6 性年代と交通手段のクロス集計表 (度数)

| 性年代      | 交通手段 |     |    |     |     |      |    | 合計(人) |
|----------|------|-----|----|-----|-----|------|----|-------|
|          | 徒歩   | 自転車 | 原付 | バイク | 自動車 | 路線バス | 鉄道 |       |
| 男性29歳以下  | 0    | 6   | 0  | 0   | 2   | 1    | 3  | 12    |
| 男性30～59歳 | 4    | 1   | 0  | 1   | 4   | 0    | 0  | 10    |
| 男性60歳以上  | 0    | 1   | 0  | 0   | 2   | 0    | 0  | 3     |
| 女性29歳以下  | 1    | 1   | 2  | 0   | 1   | 0    | 2  | 7     |
| 女性30～59歳 | 1    | 3   | 0  | 0   | 3   | 0    | 1  | 8     |
| 女性60歳以上  | 1    | 0   | 1  | 0   | 0   | 0    | 0  | 2     |
| 合計(人)    | 7    | 12  | 3  | 1   | 12  | 1    | 6  | 42    |



表 4-37 性年代と交通手段のクロス集計表（割合）

| 性年代      | 交通手段 |     |    |     |     |      |    | 比率(%) |
|----------|------|-----|----|-----|-----|------|----|-------|
|          | 徒歩   | 自転車 | 原付 | バイク | 自動車 | 路線バス | 鉄道 |       |
| 男性29歳以下  | 0    | 50  | 0  | 0   | 17  | 8    | 25 | 100   |
| 男性30～59歳 | 40   | 10  | 0  | 10  | 40  | 0    | 0  | 100   |
| 男性60歳以上  | 0    | 33  | 0  | 0   | 67  | 0    | 0  | 100   |
| 女性29歳以下  | 14   | 14  | 29 | 0   | 14  | 0    | 29 | 100   |
| 女性30～59歳 | 13   | 38  | 0  | 0   | 38  | 0    | 13 | 100   |
| 女性60歳以上  | 50   | 0   | 50 | 0   | 0   | 0    | 0  | 100   |

各交通手段の速度は、既往の研究や既存の調査のデータを用いて決定した。徒歩については、表 4-38 に示す「歩行の科学」<sup>52)</sup>に掲載されている、性年代別の歩行速度のデータを使用して、市民エージェントの種類毎に速度の平均値を求めた。自転車については、図 4-54 に示す、平成 19 年 11 月に香川県高松市が実施した「自転車・歩行車交通量およびアンケート調査」<sup>53)</sup>のデータを使用して、若者とそれ以外の 2 通りの平均速度を求めた。原動付自転車については、制限速度 30km/h を分速に変換した。自動二輪車、自動車、タクシー・ハイヤーについては、時速 50km/h を想定して、その値を分速に変換した。なお、原動機付自転車、自動二輪車、自動車の速度については、全ての市民エージェントの種類において、一律共通とした。以上の内容を、表 4-39 に示す。

なお、路線バス、鉄道については、居住地位置から施設建設位置までの区間において、駅やバス停などといったいくつかの経由点を通過するため、単純に直線距離にはならない。これらを考慮するには、経由点をノードとして artisoc のモデルに組み込むことなどが考えられるが、モデルがより複雑化され、計算にかかる時間も膨大となるといった問題が生じる。アンケート結果から、路線バス・鉄道を使用すると回答した利用者の、自宅から目的施設到着までにかかる所要時間の平均値を求めたところ、57.57 分であった。そこで、路線バス・鉄道の使用者のプール施設に対する効用値は、基本的に 30 分以上の水準にあると判断し、居住地位置に関わらず、所要時間の水準（表 3-3）が水準 4（30 分）になるよう設定した。

表 4-3 8 男女、年代別の歩行速度<sup>52)</sup>

| Age<br>(years) | Men |                          |                     |                        | Women |                          |                     |                        |
|----------------|-----|--------------------------|---------------------|------------------------|-------|--------------------------|---------------------|------------------------|
|                | N   | Walking Speed<br>(m/min) | Step Length<br>(cm) | Cadence<br>(steps/min) | N     | Walking Speed<br>(m/min) | Step Length<br>(cm) | Cadence<br>(steps/min) |
| 0-4            | 26  | 59.0(7.3)                | 41.7(6.2)           | 146.8(26.9)            | 26    | 54.2(9.2)                | 46.6(3.2)           | 130.2(19.7)            |
| 5-9            | 32  | 59.2(8.1)                | 49.3(7.8)           | 122.1(16.8)            | 32    | 64.9(9.7)                | 49.6(6.0)           | 132.5(16.0)            |
| 10-14          | 26  | 66.5(12.1)               | 57.3(12.1)          | 109.5(19.7)            | 26    | 79.1(9.8)                | 63.0(3.0)           | 125.0(14.7)            |
| 15-19          | 39  | 91.6(13.3)               | 75.2(7.5)           | 124.5(11.6)            | 39    | 72.0(8.1)                | 66.1(7.0)           | 110.2(12.0)            |
| 20-24          | 82  | 87.6(9.9)                | 75.0(7.7)           | 116.8(11.9)            | 82    | 74.1(12.7)               | 64.5(5.8)           | 114.9(10.0)            |
| 25-29          | 92  | 85.2(10.4)               | 74.8(7.1)           | 114.7(10.5)            | 92    | 74.2(9.4)                | 61.3(3.9)           | 120.1(10.0)            |
| 30-34          | 58  | 95.5(13.6)               | 74.4(7.6)           | 128.6(12.4)            | 58    | 72.2(9.3)                | 59.1(5.7)           | 122.2(12.7)            |
| 35-39          | 42  | 85.3(13.5)               | 71.6(6.9)           | 118.2(11.3)            | 42    | 67.2(8.6)                | 59.8(5.8)           | 111.0(13.0)            |
| 40-44          | 42  | 82.3(9.1)                | 71.3(10.6)          | 116.6(8.0)             | 42    | 71.0(9.1)                | 60.1(1.7)           | 118.1(10.2)            |
| 45-49          | 51  | 82.5(12.2)               | 71.5(10.0)          | 116.2(13.4)            | 51    | 78.6(15.1)               | 58.8(6.2)           | 133.6(13.6)            |
| 50-54          | 63  | 77.8(10.5)               | 69.0(7.1)           | 118.5(12.4)            | 63    | 67.2(10.5)               | 58.1(6.8)           | 116.5(13.5)            |
| 55-59          | 82  | 72.6(8.8)                | 65.9(7.7)           | 109.6(11.5)            | 82    | 63.5(6.4)                | 56.3(7.0)           | 114.2(16.3)            |
| 60-64          | 54  | 70.1(9.7)                | 64.4(8.2)           | 109.9(13.7)            | 54    | 59.2(8.1)                | 53.8(5.5)           | 110.0(13.4)            |
| 65-69          | 57  | 63.8(7.7)                | 61.3(6.4)           | 101.7(11.0)            | 57    | 59.8(8.3)                | 53.8(7.7)           | 119.2(12.6)            |
| 70-74          | 32  | 60.7(7.8)                | 58.0(5.9)           | 105.8(10.4)            | 32    | 55.0(6.7)                | 49.7(7.0)           | 112.2(12.8)            |
| 75-79          | 12  | 54.5(6.0)                | 54.0(6.2)           | 108.1(10.5)            | 12    | 50.7(5.0)                | 46.8(7.0)           | 109.2(15.2)            |

Values are means(SD).

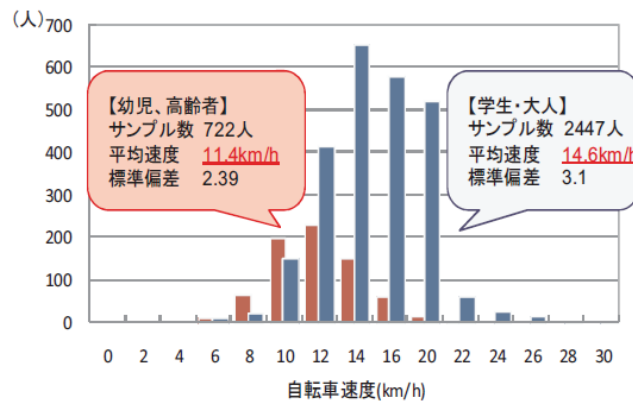


図 4-5 2 香川県高松市が調査した自転車の走行速度<sup>53)</sup>

表 4-3 9 市民エージェントの種類別各交通手段の速度のまとめ

| 交通手段    | 市民エージェントの種類          | 時速(km/h) | 分速(m/min) |
|---------|----------------------|----------|-----------|
| 徒歩      | young_m              | -        | 79.97     |
|         | middle_m             | -        | 81.78     |
|         | elderly_m            | -        | 64.63     |
|         | young_w              | -        | 72.09     |
|         | middle_w             | -        | 70.91     |
|         | elderly_w            | -        | 57.38     |
| 自転車     | young_m, middle_m    | 14.6     | 243.33    |
|         | young_w, middle_w    |          |           |
|         | elderly_m, elderly_w | 11.4     | 190.00    |
| 原動機付自転車 | 共通                   | 30.0     | 500.00    |
| 自動二輪車   | 共通                   |          |           |
| 自動車     | 共通                   | 40.0     | 666.67    |

## 4.6 費用算出のモデル化

施設に対して補修を行う度に掛かる費用・コストを算出するものである。各施設の部位ごとに費用を出力できるようにした。

まず、築造の改修については、実際のプールサイドの面積が明確に解らなかったため、表 4-40 に示すように、2009～2003 年における「吹田市 教育費決算」<sup>54)</sup>の「小中学校プールサイド改修費」を参考に、一律 9,436L\$と設定した。なお本研究では、シミュレーション上で用いる架空の単位として、「L\$」を定義する。

水槽の改修については、コンクリート断面の補修を行うと想定し、表 4-41 に示すように、静岡県「係留施設等ガイドライン（案）」<sup>55)</sup>の「補足-3 ケーススタディによる LCC 算定\_断面補修」を参考に、97 (L\$/m<sup>2</sup>) × 水槽の床面積 (m<sup>2</sup>) と設定した。

ろ過機の改修については、循環ろ過装置の全面更新と想定し、財団法人経済調査会の「公表価格.com」<sup>56)</sup>を参考に、5,127 L\$と設定した。

表 4-40 プールサイド改修費

|      |                         | 単位:円       |            |
|------|-------------------------|------------|------------|
| 年度   | 工事名                     | 決算         | 決算(1/1000) |
| 2009 | 山二小学校プールサイド改修           | 8,967,000  | 8,967      |
| 2008 | 山二小学校プールサイド改修費          | 11,970,000 | 11,970     |
| 2008 | 山田東中学校プールサイド改修費         | 15,907,500 | 15,908     |
| 2006 | 東佐井寺小学校 プールサイド 改修外工事    | 12,169,500 | 12,170     |
| 2006 | 千里 たけみ 小学校 プールサイド 改修外工事 | 15,519,000 | 15,519     |
| 2006 | 佐井寺小学校 プールサイド 改修工事      | 9,870,000  | 9,870      |
| 2006 | 豊津中学校 プールサイド 改修外工事      | 9,292,500  | 9,293      |
| 2004 | 千里第一小学校プールサイド改修         | 5,586,000  | 5,586      |
| 2004 | 山三小学校プールサイド改修           | 11,424,000 | 11,424     |
| 2004 | 北山田小学校プールサイド改修          | 10,500,000 | 10,500     |
| 2004 | 第六中学校プールサイド改修           | 5,880,000  | 5,880      |
| 2004 | 片山中学校プールサイド改修           | 4,179,000  | 4,179      |
| 2004 | 南千里中学校プールサイド改修          | 6,447,000  | 6,447      |
| 2004 | 高野台中学校プールサイド改修          | 7,875,000  | 7,875      |
| 2004 | 古江台中学校プールサイド改修他         | 10,080,000 | 10,080     |
| 2003 | 東山田小学校プールサイド改修          | 9,187,000  | 9,187      |
| 2003 | 古江台小学校プールサイド改修          | 1,617,000  | 1,617      |
| 2003 | 第二中学校プールサイド改修           | 18,459,000 | 18,459     |
| 2003 | 佐井寺中学校プールサイド改修          | 7,129,000  | 7,129      |
| 2003 | 千里丘中学校プールサイド改修          | 6,667,000  | 6,667      |
| 平均   |                         | 9,436,275  | 9,436      |

表 4-4 1 断面補修単価<sup>54)</sup>

CASE1

|                  | 対策     | 単位             | 数量<br>(m or m <sup>2</sup> ) | 単価(円/m<br>or 円/m <sup>2</sup> ) | 費用(円)       |
|------------------|--------|----------------|------------------------------|---------------------------------|-------------|
| 初期コスト            | ひび割れ注入 | m              | 720                          | 10,000                          | 7,200,000   |
|                  | 断面補修   | m <sup>2</sup> | 288                          | 97,000                          | 27,936,000  |
|                  | 電気防食   | m <sup>2</sup> | 4,800                        | 120,000                         | 576,000,000 |
|                  | 合計     |                |                              |                                 | 611,136,000 |
| 1回目・2回目<br>更新コスト | 電気防食   | m <sup>2</sup> | 4,800                        | 18,000                          | 86,400,000  |

CASE2

|                | 対策     | 単位             | 数量<br>(m or m <sup>2</sup> ) | 単価(円/m<br>or 円/m <sup>2</sup> ) | 費用(円)       |
|----------------|--------|----------------|------------------------------|---------------------------------|-------------|
| 初期コスト          | ひび割れ注入 | m              | 720                          | 10,000                          | 7,200,000   |
|                | 断面補修   | m <sup>2</sup> | 288                          | 97,000                          | 27,936,000  |
|                | 表面塗装   | m <sup>2</sup> | 4,800                        | 175,000                         | 84,000,000  |
|                | 合計     |                |                              |                                 | 119,136,000 |
| 1～3回目<br>更新コスト | 表面塗装   | m <sup>2</sup> | 4,800                        | 195,000                         | 93,600,000  |

CASE3

|                | 対策      | 単位             | 数量<br>(m or m <sup>2</sup> ) | 単価(円/m<br>or 円/m <sup>2</sup> ) | 費用(円)       |
|----------------|---------|----------------|------------------------------|---------------------------------|-------------|
| 初期コスト          | ひび割れ注入  | m              | 720                          | 10,000                          | 7,200,000   |
|                | 断面補修    | m <sup>2</sup> | 288                          | 97,000                          | 27,936,000  |
|                | 合計      |                |                              |                                 | 35,136,000  |
| 1～4回目<br>更新コスト | ひび割れ注入  | m              | 720                          | 10,000                          | 7,200,000   |
|                | 断面補修    | m <sup>2</sup> | 288                          | 97,000                          | 27,936,000  |
|                | 合計(4回分) |                |                              |                                 | 140,544,000 |
| 5～7回目<br>更新コスト | ひび割れ注入  | m              | 1,200                        | 10,000                          | 12,000,000  |
|                | 断面補修    | m <sup>2</sup> | 1,200                        | 150,000                         | 180,000,000 |
|                | 合計(3回分) |                |                              |                                 | 576,000,000 |

表 4-4 2 循環ろ過装置の価格一覧

| 品名       | 規格                              | 単位 | 公表単価<br>(円/台) | 公表単価<br>の1/1000<br>(円/台) | メーカー    |
|----------|---------------------------------|----|---------------|--------------------------|---------|
| SBFD-102 | ろ過能力20.0m <sup>3</sup> /h 熱交換器付 | 台  | 5,440,000     | 5,440                    | 昭和鉄工(株) |
| SBFD-142 | ろ過能力28.0m <sup>3</sup> /h 熱交換器付 | 台  | 6,470,000     | 6,470                    | 昭和鉄工(株) |
| SBFD-32  | ろ過能力6.0m <sup>3</sup> /h 熱交換器付  | 台  | 4,340,000     | 4,340                    | 昭和鉄工(株) |
| SBFD-42  | ろ過能力8.0m <sup>3</sup> /h 熱交換器付  | 台  | 4,590,000     | 4,590                    | 昭和鉄工(株) |
| SBFD-62  | ろ過能力12.0m <sup>3</sup> /h 熱交換器付 | 台  | 4,830,000     | 4,830                    | 昭和鉄工(株) |
| SBFD-82  | ろ過能力16.0m <sup>3</sup> /h 熱交換器付 | 台  | 5,090,000     | 5,090                    | 昭和鉄工(株) |
| 平均       |                                 |    | 5,126,667     | 5,127                    | -       |

## 第5章 PAMMAS の検証

PAMMAS の設計・作成方法を説明するため、2 段階に分けて、3 章で PAMMAS の概要（基本設計）、4 章で PAMMAS の詳細（詳細設計）について、調布市を事例に取り上げ述べた。本研究では、PAMMAS の検証を行うために、過去の実際のデータを用いて開発したシミュレーションシステムを実行し、結果を分析した。本章では、その詳細について記す。

### 5.1 シミュレーションの方法と結果

PAMMAS を構築する上で取り扱う項目は、大きく分けて 3 つある。入力項目、変数、出力項目である。入力項目と変数との違いは、前者がある対象地を選定した時点で変化させる事のない項目であるのに対し、後者がシミュレーションの実行の度に、変化させ様々な施策・シナリオを描く際に用いる項目である。

入力項目としては、施設エージェントの基本属性と劣化状況変化のルール、市民エージェントの基本属性と施設利用行動のルールが挙げられる。それらのモデル化手法については、すでに前章で説明した。

変数については、本章で実行する過去のシミュレーションでは、実際の工事履歴通りに、モデル上で改修工事を実施させているだけなので、該当するものはない。仮にあるとすれば、それは、シミュレーションの精度向上までのプロセスで調節したパラメータである。ただし本稿では、予め施行錯誤しつつ解析を行った結果、最も誤差が少なくなったモデル化の方法について、述べてきたので除外する。

出力項目は、マップ、人口の推移、施設の劣化状況、利用者数の推移、各市民エージェントの各施設に対する効用値の推移、各市民エージェントの各施設の属性に対する効用値の推移、施設満足度の推移、補修回数、改修費用の計 9 項目である。

表 5-1 変数の整理一覧

| 入力項目                      |            |              |             | 変数           | 出力項目                           |
|---------------------------|------------|--------------|-------------|--------------|--------------------------------|
| 項目1                       | 項目2        | 項目3          |             |              |                                |
| 施設エージェン<br>ト              | 建設位置       | (XY座標)       |             | 建設年          | 施設の劣化状況                        |
|                           | 建設年        | (整数値)        |             | 健全度          | 補修回数                           |
|                           | 区分         | 公共           | 民間          | 築年数          | 改修費用                           |
|                           | 部位         | プールサイド       | 水槽          | ろ過機          | 補修回数                           |
|                           | 劣化状況       | プールサイド       | 水槽          | ろ過機          | 寿命                             |
|                           | 健全度        | 部位毎の健全度(実数値) | 施設健全度(実数値)  |              | 利用料金                           |
|                           | 築年数        | (整数値)        |             |              | 改修費用                           |
|                           | 補修回数       | (整数値)        |             |              | -                              |
|                           | 寿命         | (整数値)        |             |              | -                              |
|                           | 施設状況       | 屋内施設         | 屋外施設        |              | -                              |
|                           | 利用料金       | 回数制(整数値)     | 月払い制(整数値)   |              | -                              |
|                           | 設備内容・サービス  | レジャー設備       | 温浴設備        | 子供設備         | -                              |
|                           | サービス       | スポーツ設備       | サービス        |              | -                              |
|                           | 床面積        | (実数値)        |             |              | -                              |
| 営業日数                      | (整数値)      |              |             | -            |                                |
| 改修費用                      | 年度別費用(整数値) | 累積費用(整数値)    |             | -            |                                |
| 市民エージェン<br>ト              | 性別         | 男性           | 女性          | 年齢           | 人口の推移                          |
|                           | 年齢         | (整数値)        |             | 死亡率          | -                              |
|                           | 職業         | 会社員          | 公務員         | 専業主婦         | -                              |
|                           |            | パート・アルバイト    | 自営業         | 学生           | -                              |
|                           |            | 無職           | その他         |              | -                              |
|                           | 運転免許の有無    | 有            | 無           | -            | -                              |
|                           | 自動車の保持     | 自分専用を保持      | 家族と共用で保持    | -            | -                              |
|                           |            | 配偶者          | 子供          | 祖母           | -                              |
|                           | 家族構成       | 祖父           | 父(義理の父を含む)  | 母(義理の母を含む)   | -                              |
|                           |            | 兄弟・姉妹        | 孫           | 他人・ルームメイト・同僚 | -                              |
|                           | 子供の数       | (整数値)        | -           | -            | -                              |
|                           |            | 徒歩           | 自転車         | 自動車          | -                              |
|                           | 交通手段       | 路線バス         | 原動機付自転車     | 自動二輪車        | -                              |
|                           |            | 鉄道           | タクシー・ハイヤー   |              | -                              |
| 普通出生率                     | (実数値)      |              | -           | -            |                                |
| 死亡率                       | (実数値)      |              | -           | -            |                                |
| に両エージェン<br>トの間の関係<br>するもの | 混雑度        | (実数値)        |             | 閾値           | 利用者数の推移                        |
|                           | 所要時間       | (整数値)        |             | -            | 各市民エージェン<br>トの各施設に対する効用値の推移    |
|                           | 効用値        | (実数値)        |             | -            | 各市民エージェン<br>トの各施設の属性に対する効用値の推移 |
|                           | 閾値         | (実数値)        |             | -            | 施設満足度の推移                       |
|                           | 利用頻度       | (実数値)        |             | -            | -                              |
|                           | 利用確率       | (実数値)        |             | -            | -                              |
|                           | 利用者数       | 施設利用者数(実数値)  | 全体利用者数(実数値) | -            | -                              |
|                           | 施設満足度      | (実数値)        |             | -            | -                              |
| 限界支払意思額                   | (実数値)      |              | -           | -            |                                |
| 空間                        | 総人口        | 男性(整数値)      | 女性(整数値)     | -            | マップ                            |
|                           | 縮尺         | (整数値)        |             | -            | -                              |
|                           | 初期設定人数     | 男性(整数値)      | 女性(整数値)     | -            | -                              |
|                           | 転入数        | (整数値)        |             | -            | -                              |
|                           | 転出数        | (整数値)        |             | -            | -                              |

### 5.1.1 マップ

MASでは、シミュレーション上に構築した地域を空間と呼び、メッシュで区切った1マス「セル」と呼ぶ。調布市の面積は21.53 km<sup>2</sup>であり、市全域がそのまま収まるような外枠とその区切りを予め設定しておく必要がある。仮に1セルを100m×100mとし、縦に79セル×横に61セル(=4819,000,000 m<sup>2</sup>=48.19 km<sup>2</sup>)配置すると、程よく収まることから、このような空間の設定とした。この空間の1セルの中に、施設エージェントと市民エージェントをそれぞれ配置する。シミュレーションを実行した結果のうち、終了時点での出力状況を図5・1に示す。西部地域である第9、10地域では人口密度が小さいことからあまり市民エージェントは発生せず、第3、4地域では非常に高い人口密度となった。

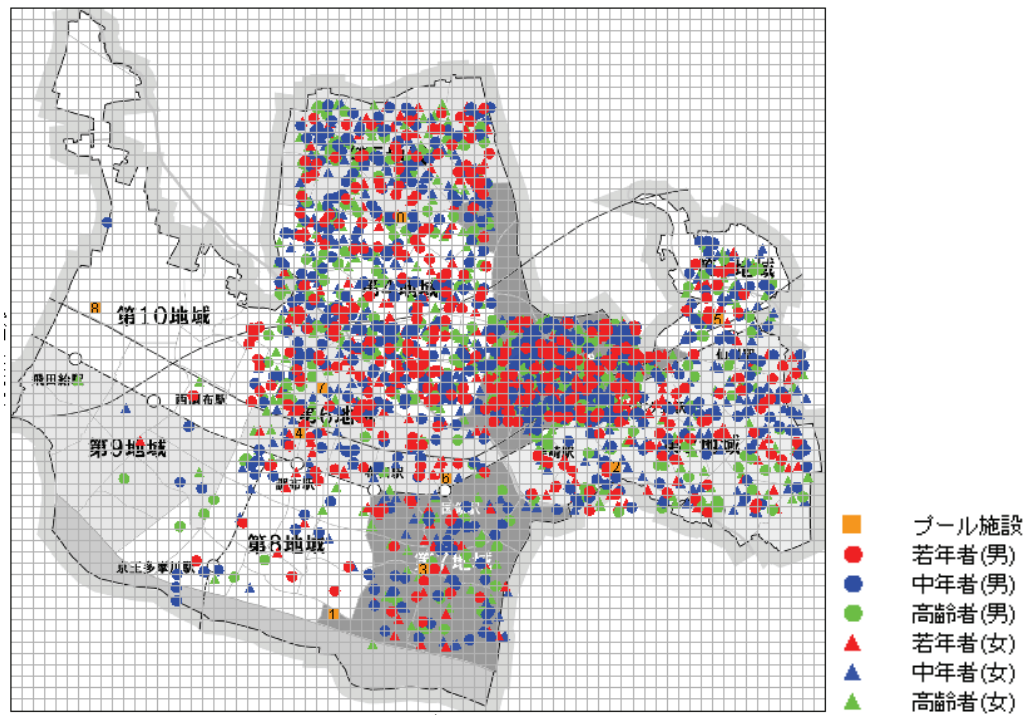


図 5-1 マップ

### 5.1.2 人口の推移

全市民エージェントの数と実際の調布市の人口推移との関係を、20 年間に渡り出力している。図 5-2 で赤線で示したモデル上の総人口を、各市民エージェントの種類別に出力した結果が図 5-3 である。PAMMAS では、経年で施設の劣化の様子を観察する方が解りやすいので、1 ステップを 1 年とした。なお、ステップとはシミュレーションの時間軸における最少単位の事である。

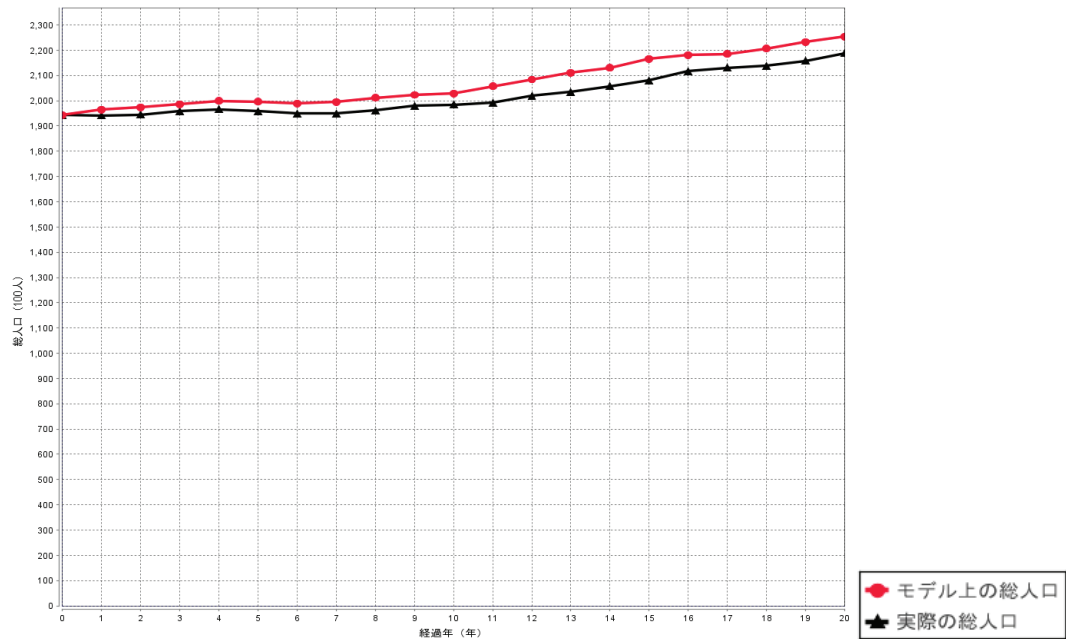


図 5-2 人口の推移

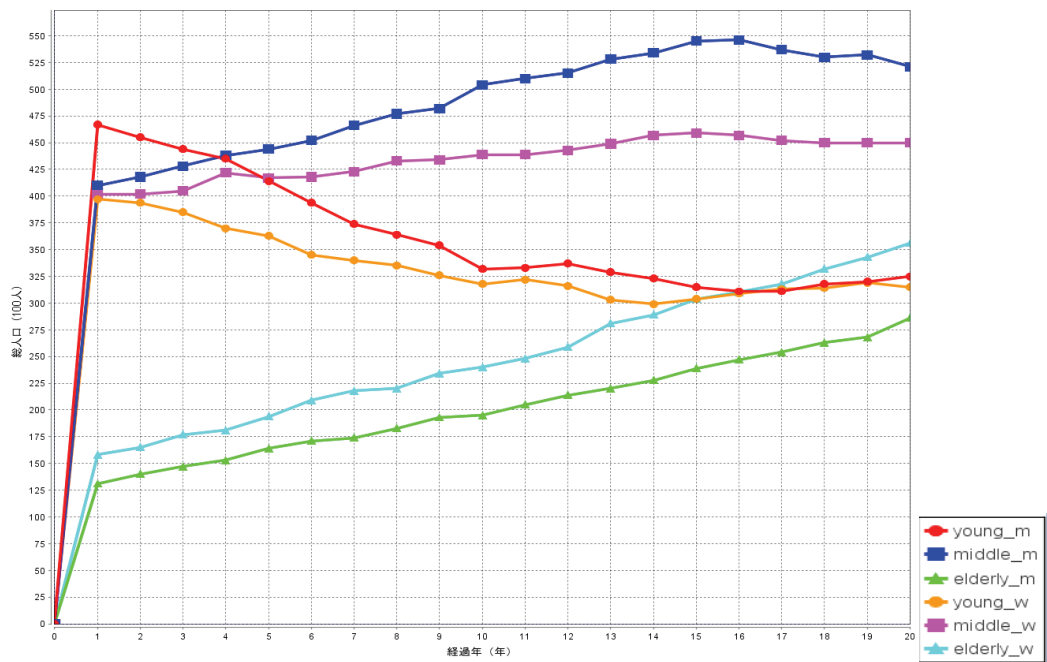


図 5-3 市民エージェント別の人口の推移

### 5.1.3 施設の劣化状況

実際に補修・改修工事が行われた年度に、補修を実行する工事履歴で実行し、その際は、一律健全度を 5 まで向上させた。4.2.2 節で説明した寿命設定は、適用していない。



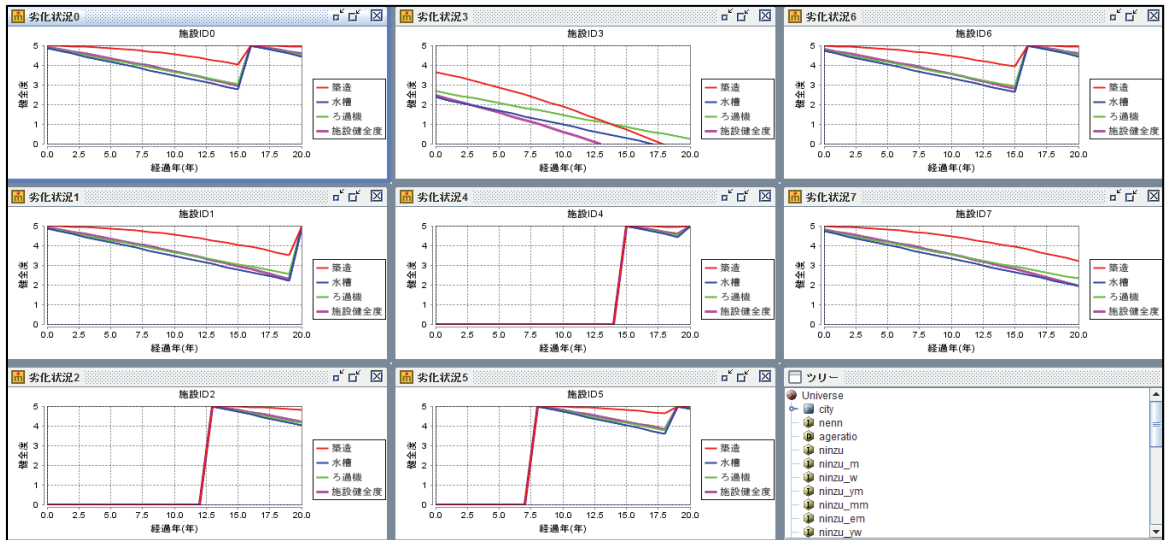


図 5-4 各施設の劣化状況の変化（工事履歴の場合）

#### 5.1.4 利用者数の推移

各施設エージェントを利用すると選択した市民エージェントの数を出力した。図 5-5 は全 8 施設のもので、図 5-6 は公共区分の 3 施設のものである。この 3 つについては、各市民エージェント別の結果も出力出来るようにした（図 5-7：施設 ID0，図 5-8：施設 ID1，図 5-9：施設 ID2）。施設 ID0 において，`young_m` の利用者数が 2002 年以降で大きく減少している。一方，`elderly_m` と `elderly_w` の利用者数はシミュレーションの開始から終了まで一定であり，あまり大きな変化が見られない。施設 ID1 においては，`young_m` の利用者数が 1997 年の時に大きく減少している。また施設 ID2 においては，`young_m` の利用者数が 2005 年の時に大きく減少し，`middle_m` の利用者数が 2006 年の時に大きく減少している。

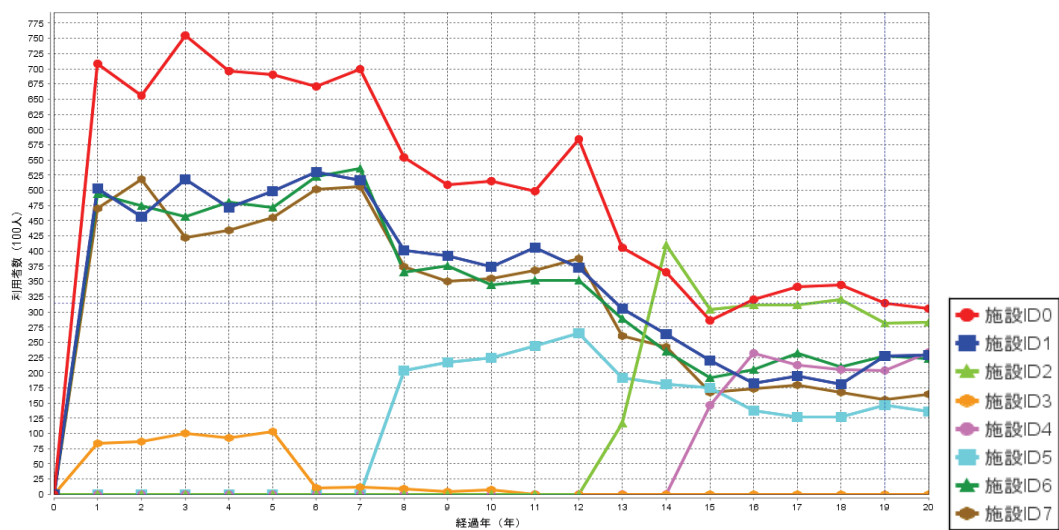


図 5-5 施設利用者数の推移（工事履歴の場合）

※ シミュレーションシステム上、解析開始年は利用者数が 0 人となる。

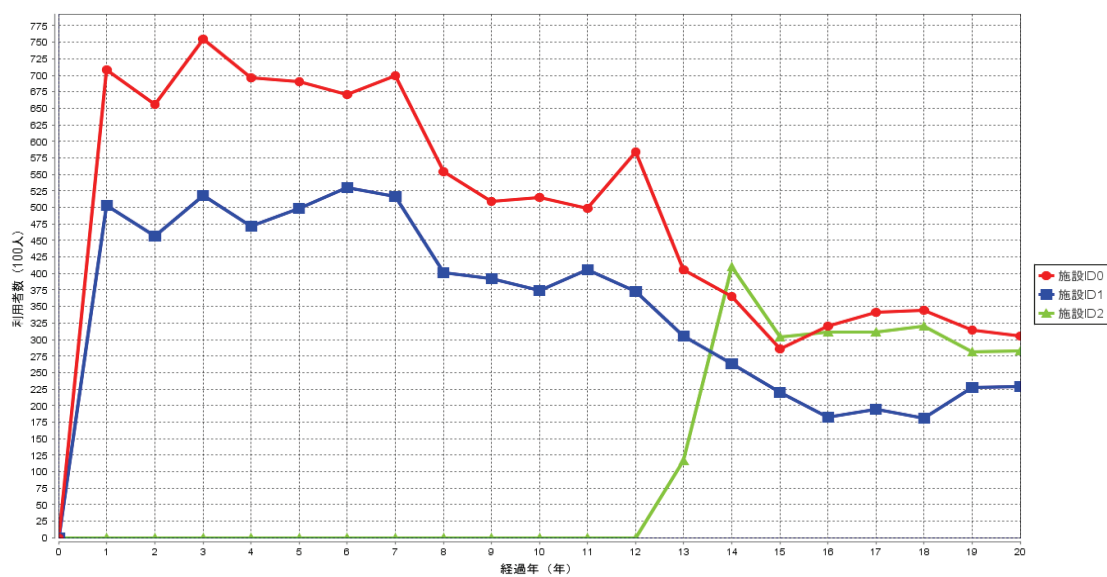


図 5-6 公共プール施設の施設利用者数の推移（工事履歴の場合）

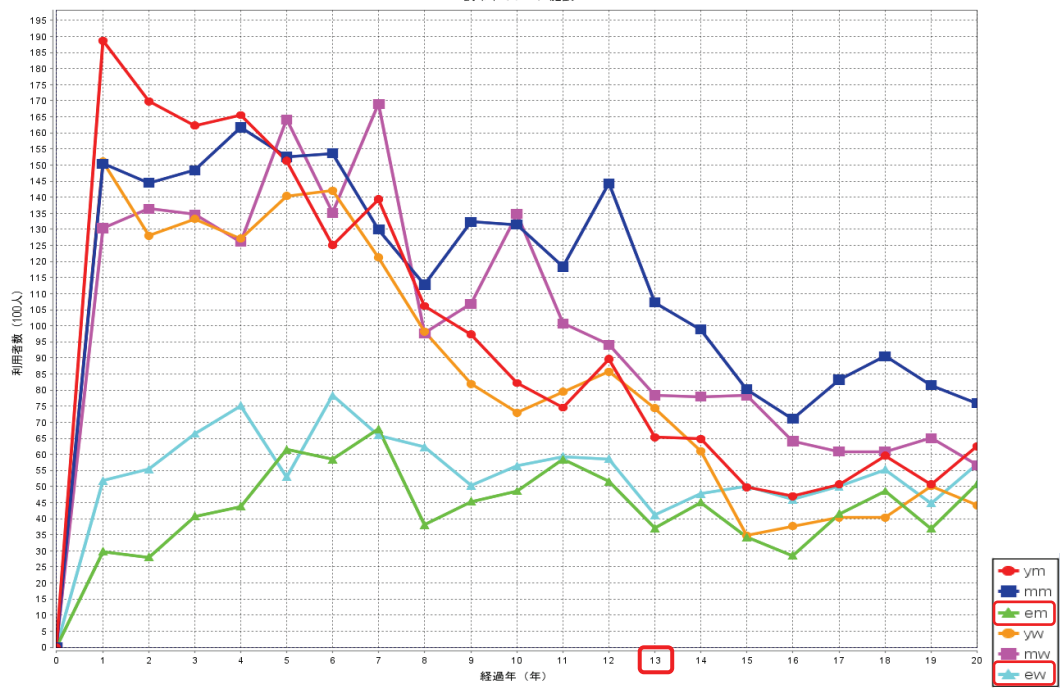


図 5-7 ID0 の施設利用者数の推移

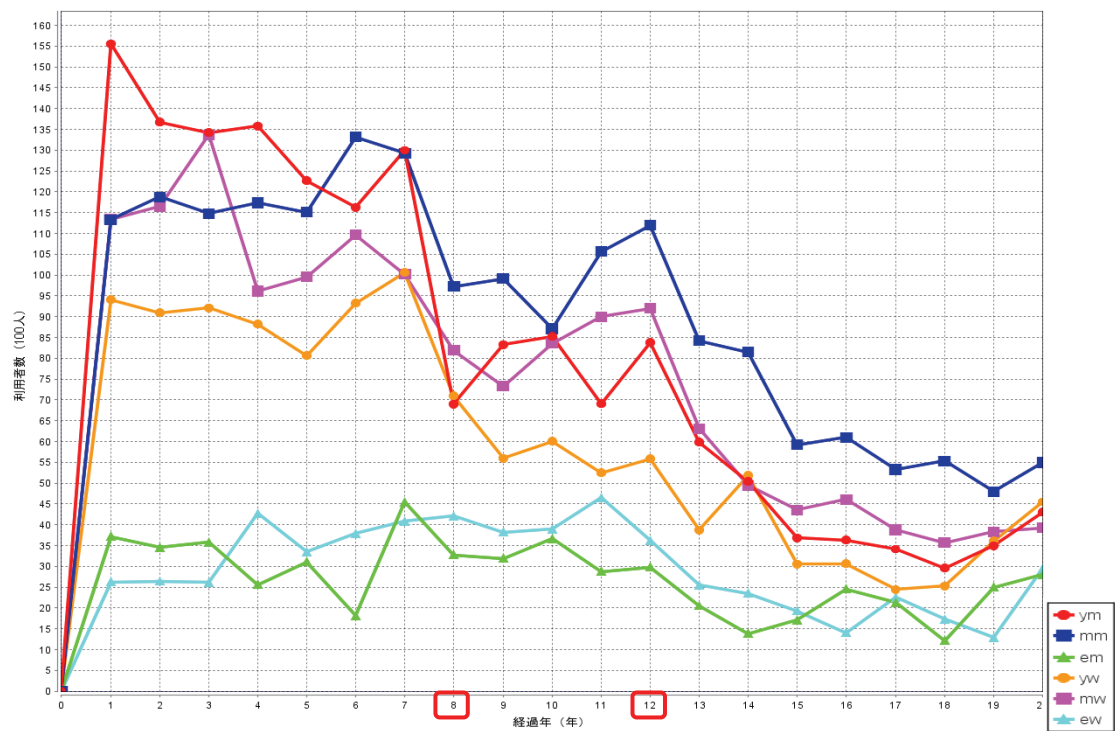


図 5-8 ID1 の施設利用者数の推移

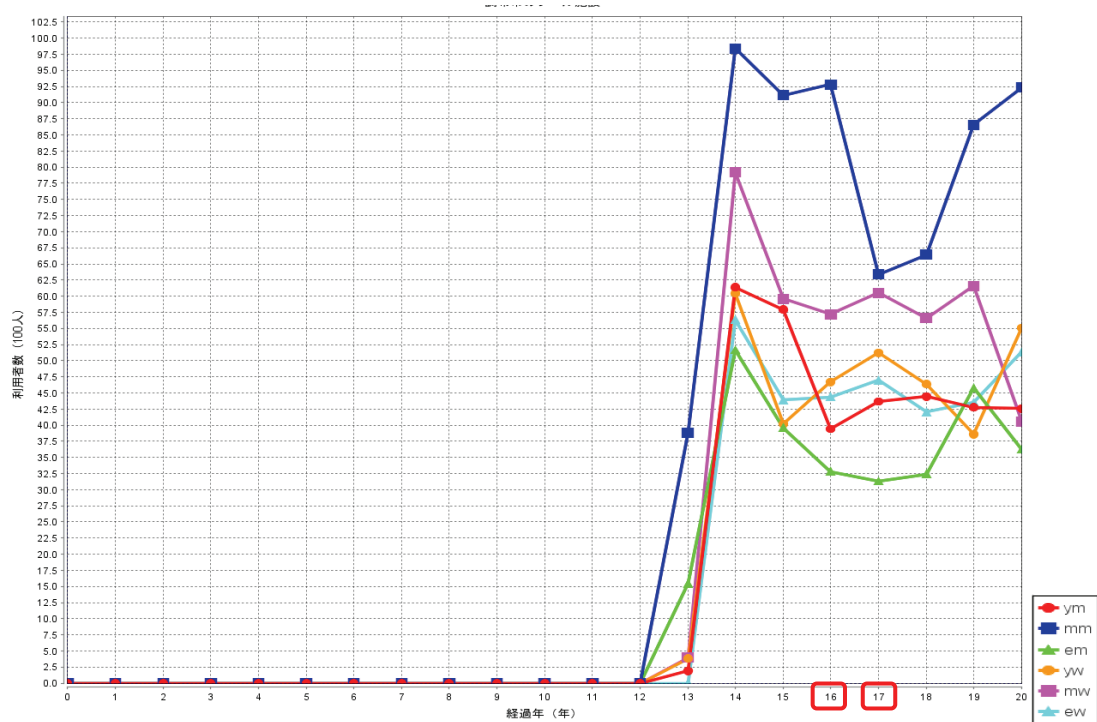


図 5-9 ID2 の施設利用者数の推移

#### 5.1.5 各市民エージェントの各施設に対する効用値の推移

各市民エージェント別に各 7 施設に対する効用値を出力した（図 5-10 : young\_m, 図 5-11 : middle\_m, 図 5-12 : elderly\_m, 図 5-13 : young\_w, 図 5-14 : middle\_w, 図 5-15 : elderly\_w）。効用値が高い施設程，選択確率が高い事を表す。

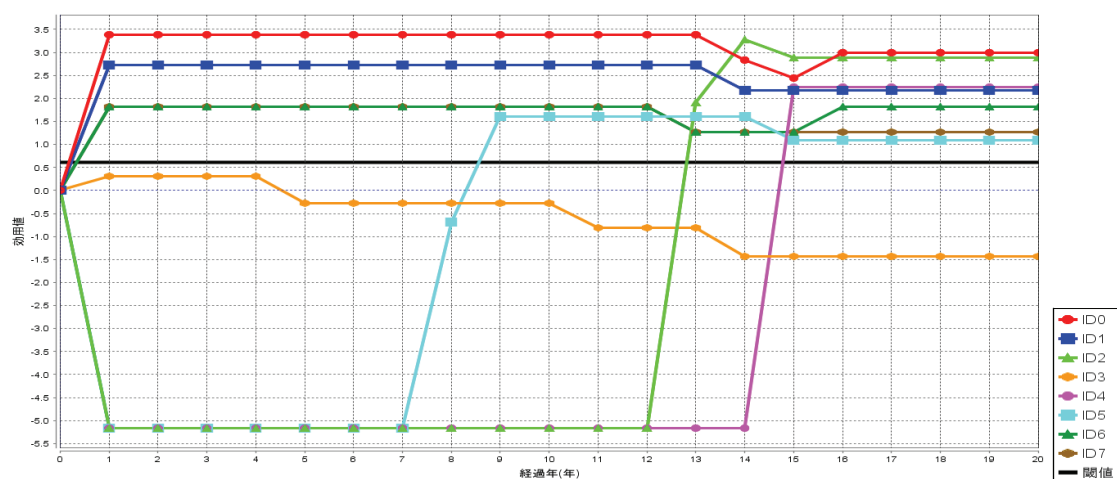


図 5-10 young\_m の各施設に対する効用値の推移

※ シミュレーションシステム上，解析開始年は効用値が 0 となる。

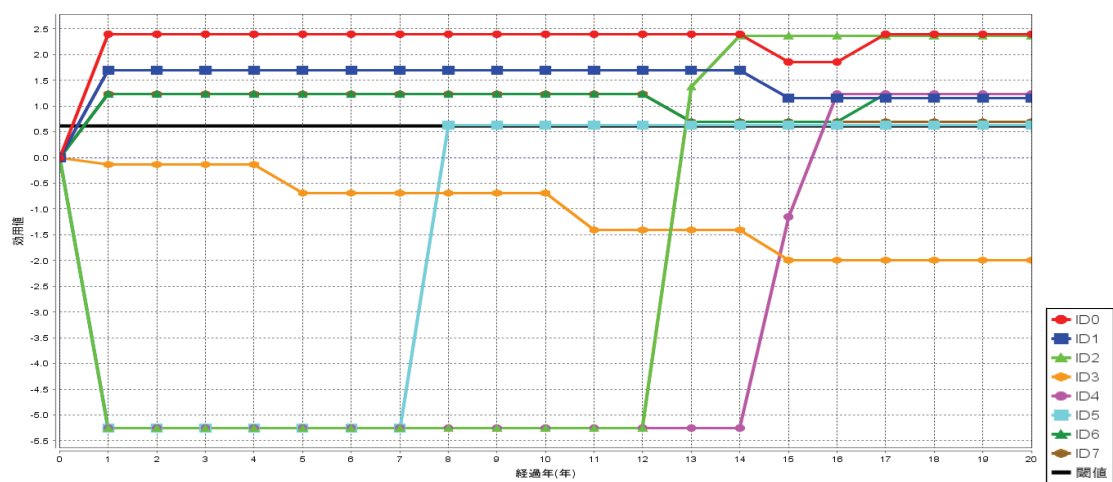


図 5・1 1 middle\_m の各施設に対する効用値の推移

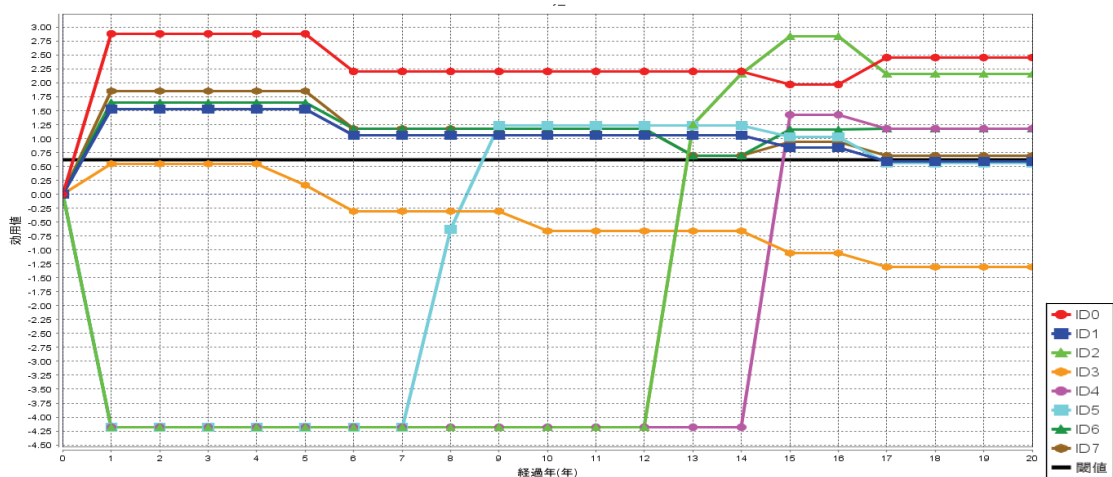


図 5・1 2 elderly\_m の各施設に対する効用値の推移

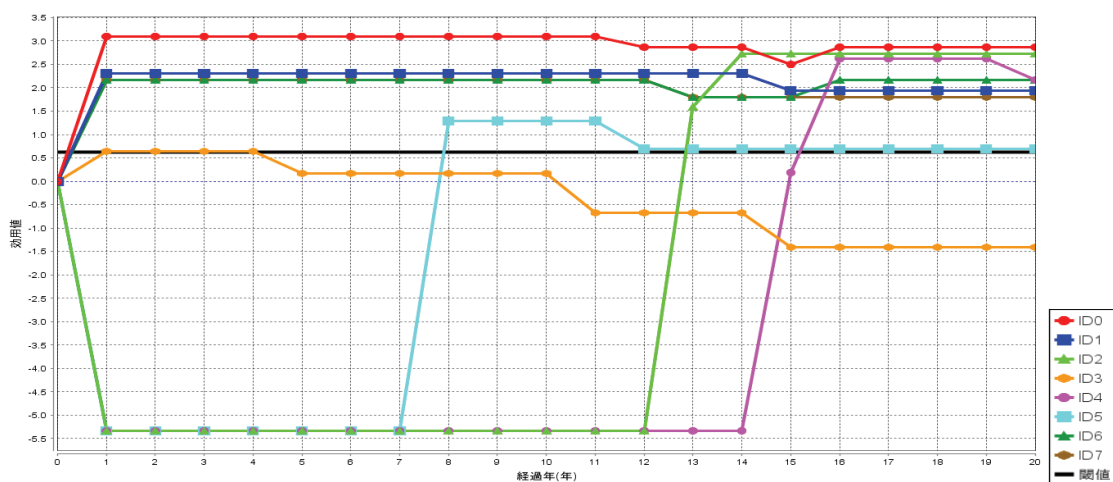


図 5・1 3 young\_w の各施設に対する効用値の推移

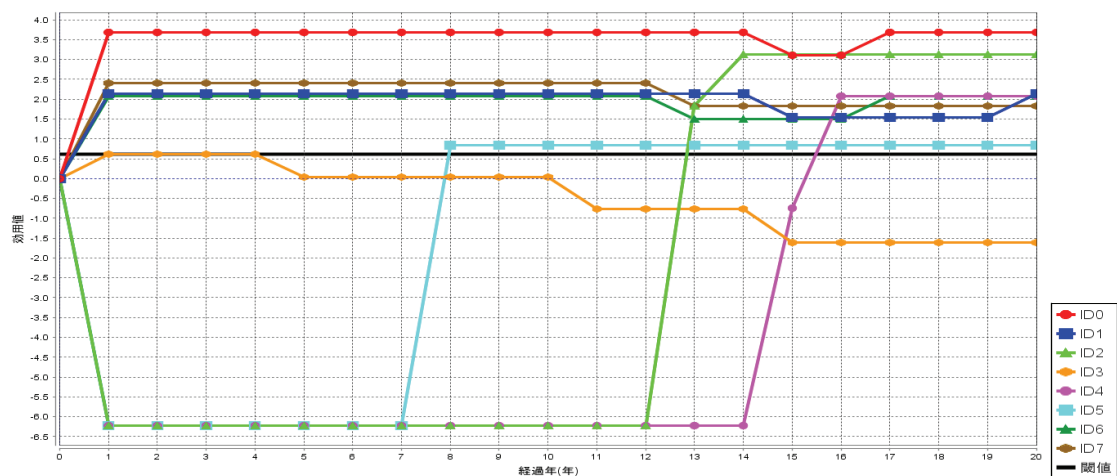


図 5-14 middle\_w の各施設に対する効用値の推移

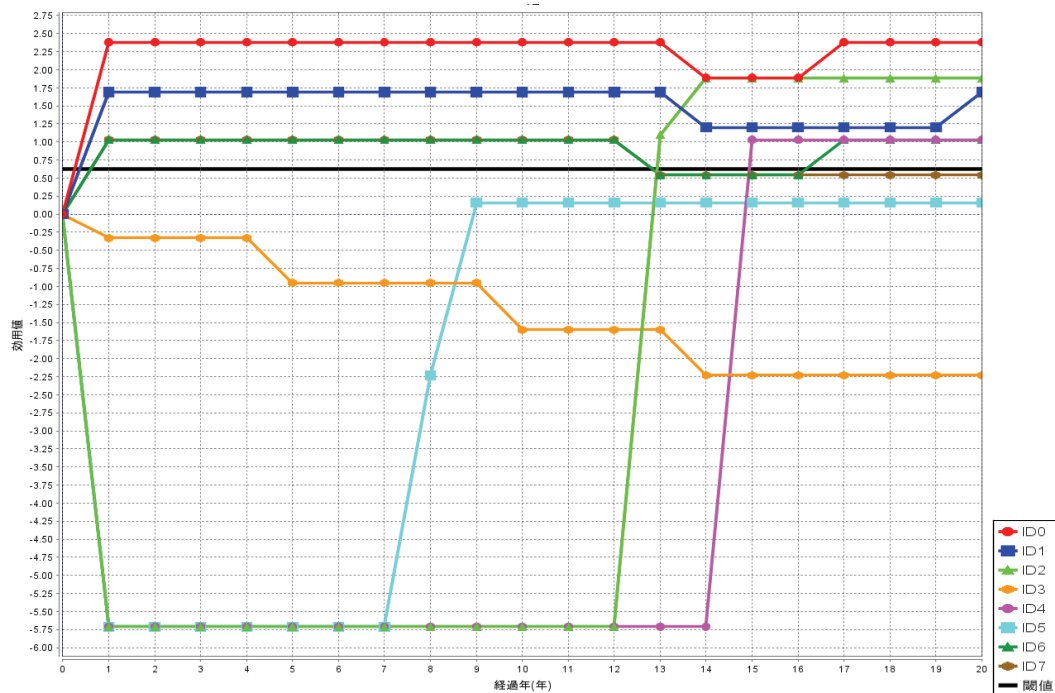


図 5-15 elderly\_w の各施設に対する効用値の推移

### 5.1.6 各市民エージェントの各施設の属性に対する効用値の推移

各市民エージェント別に公共の各 3 施設に対する施設の属性別に対する効用値を出力した (図 5-16 : young\_m の施設 ID0 の各属性に対する効用値の推移, 図 5-17 : young\_m の施設 ID1 の各属性に対する効用値の推移, 図 5-18 : middle\_m の施設 ID1 の各属性に対する効用値の推移). 黒線で示した効用値の和が, グレー線で示した閾値を超えた際は, 図 3-2 で示した「利用する」の条件を 1 つ満たした事になる.



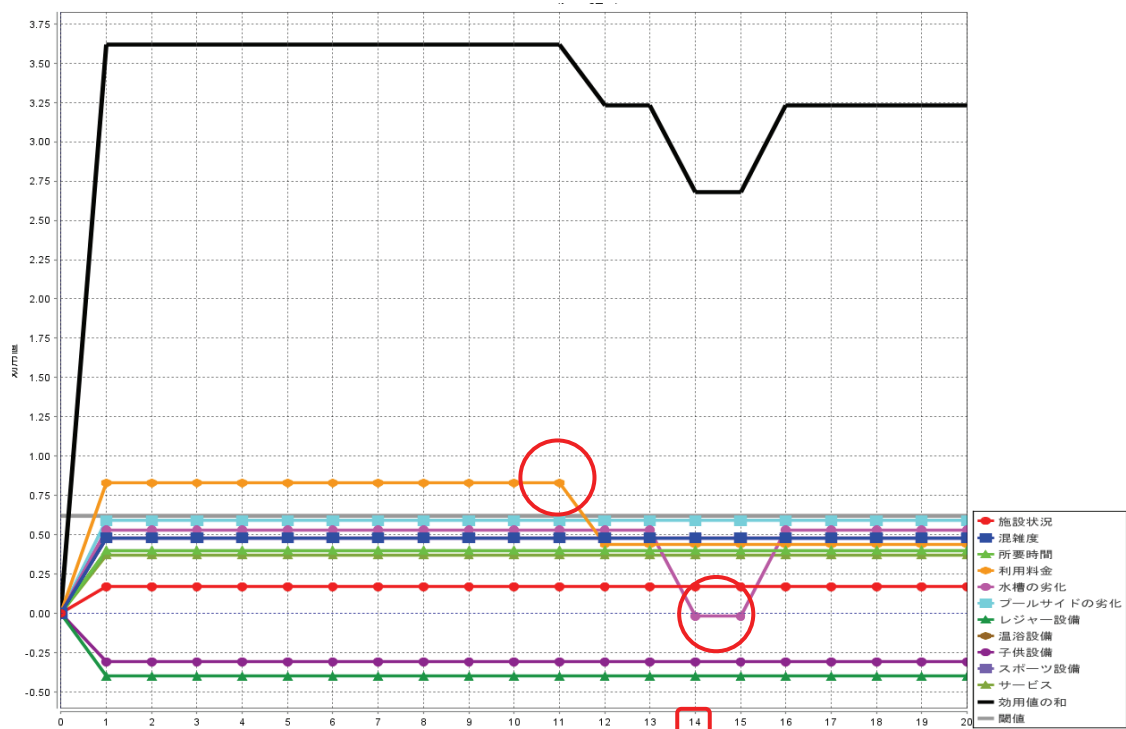


図 5-16 young\_m の施設 ID0 の各属性に対する効用値の推移

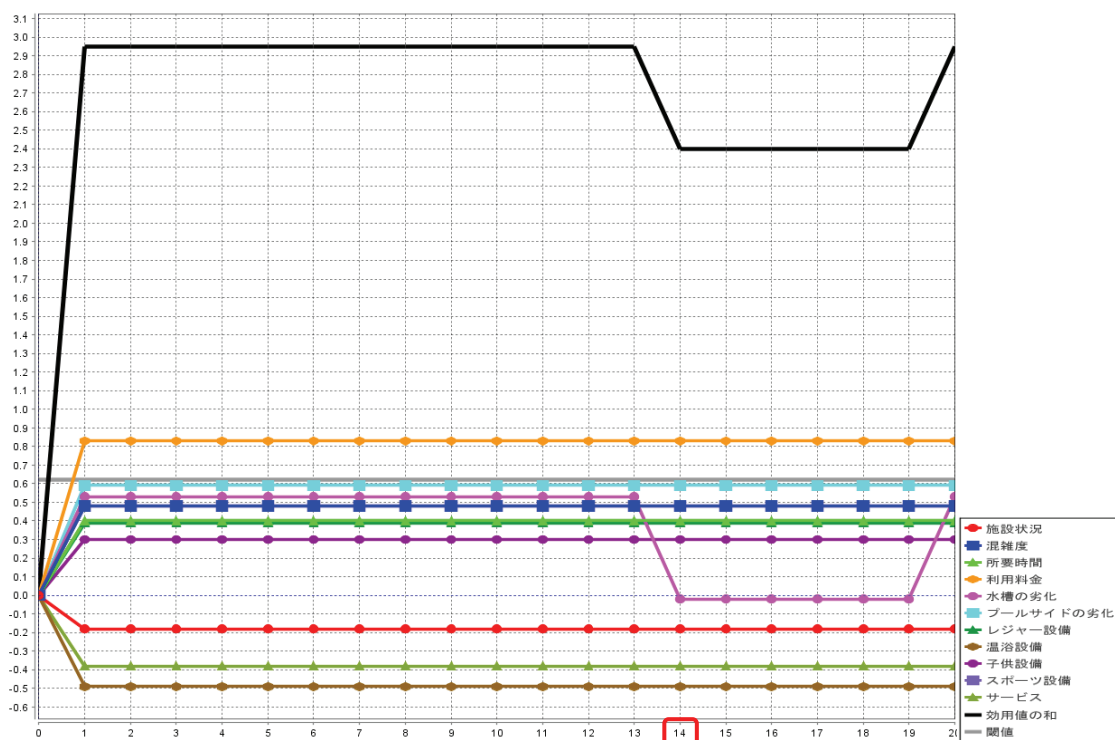


図 5-17 young\_m の施設 ID1 の各属性に対する効用値の推移



図 5-18 middle\_m の施設 ID1 の各属性に対する効用値の推移

### 5.1.7 施設満足度の推移

施設満足度は、各市民エージェントの効用値とその市民エージェントの利用者数との積を市民エージェントの種類分で足し合わせ、その施設の全利用者数で除して求める。出力結果を図 5-19 に示す。

$$m = \sum_{i=1}^n \frac{U_i C_i}{C_i} \quad (17)$$

ここに、

$m$  : 施設満足度

$i$  : 市民エージェントの種類 ( $i = 1, 2, 3, \dots, 6$ )

$D$  : シミュレーションで算出した利用者数

$U$  : 各施設の効用値の和



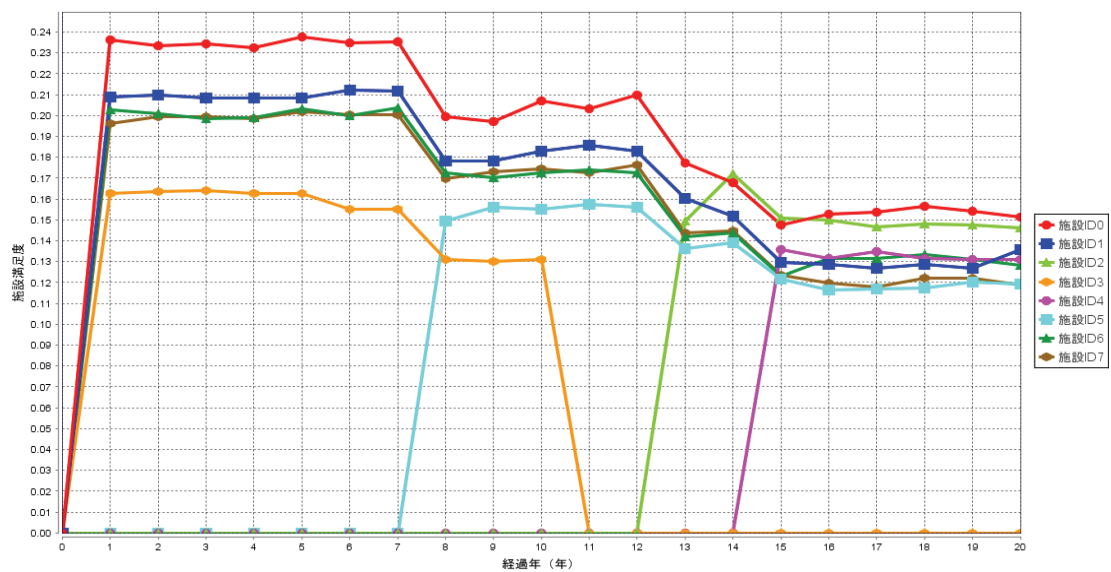


図 5-19 施設満足度の推移（工事履歴の場合）

※ シミュレーションシステム上、解析開始年は満足度が 0 となる。

### 5.1.8 補修回数

補修回数は、各施設エージェントにおいて、補修・改修が行われた回数を出力するものである。図 5-20 が各施設のもので、図 5-21 は各施設における部位毎の補修回数である。施設 ID2,3,7 では補修が行われなかったため、シミュレーションの開始から終了まで補修回数は 0 となった。

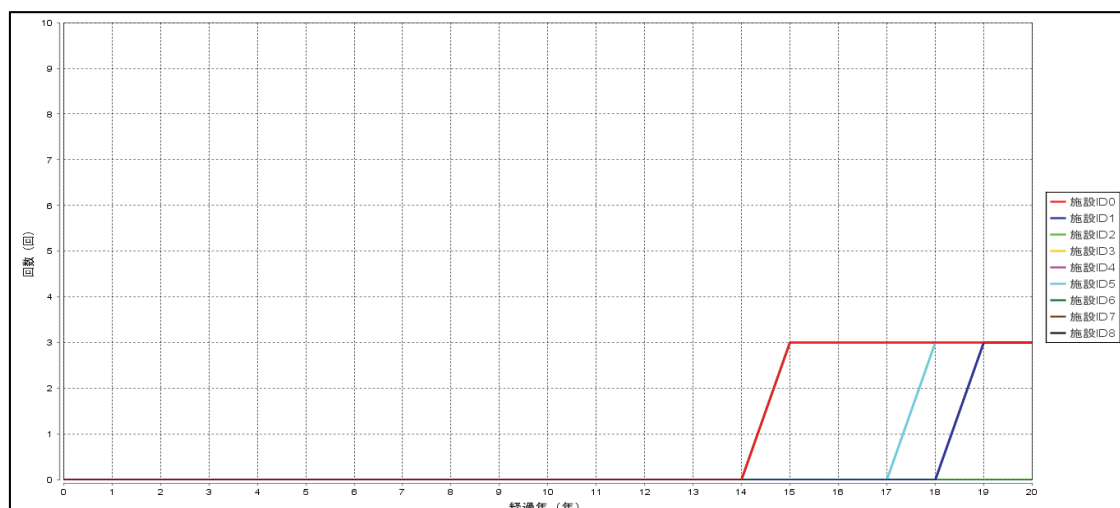


図 5-20 各施設の補修回数

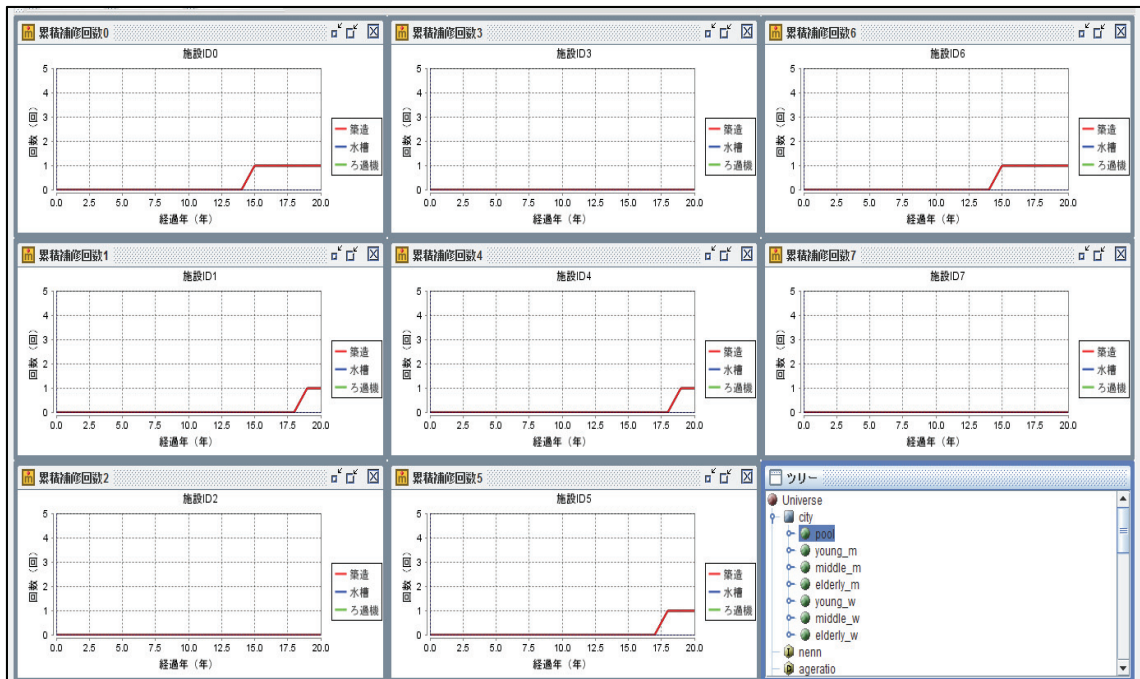


図 5-2 1 各施設の部位毎の補修回数

### 5.1.9 改修費用

改修費用は、4.6 で示した通り、施設に対して改修及び補修工事を実施する度に掛かる費用・コストを算出するものである。各施設の部位ごとに算出した費用を合計し、施設毎の改修費用として、出力出来るようにした。改修費用には、単年度会計の原則の下に単年度毎の改修費用を出力する「単年度費用」と、それらを年度を追う度に累積していく「累積費用」の 2 つを設定し、出力出来るようにした。施設 ID1 の改修費用が最も高くなった。

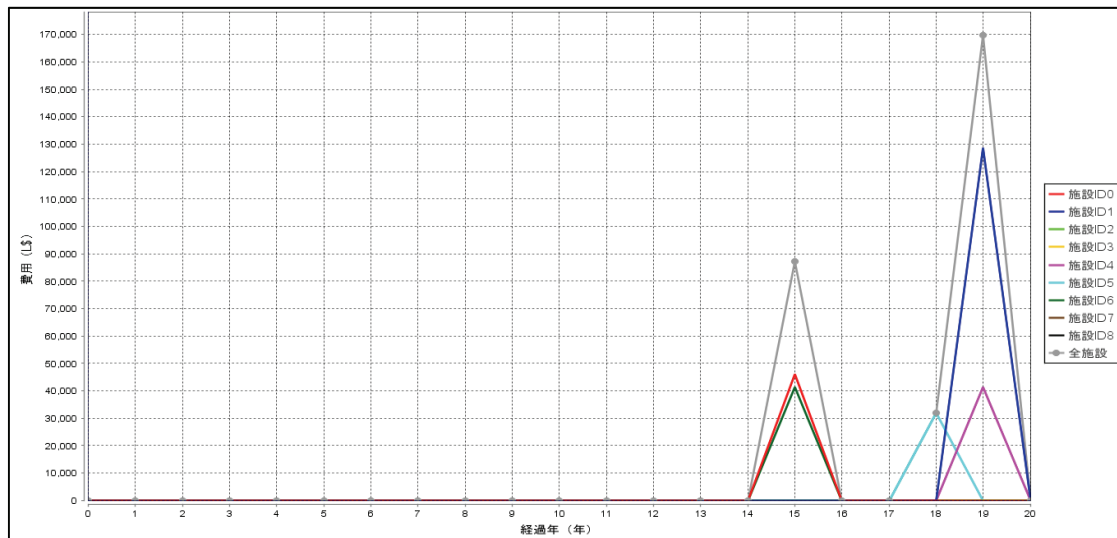


図 5-22 年度別費用

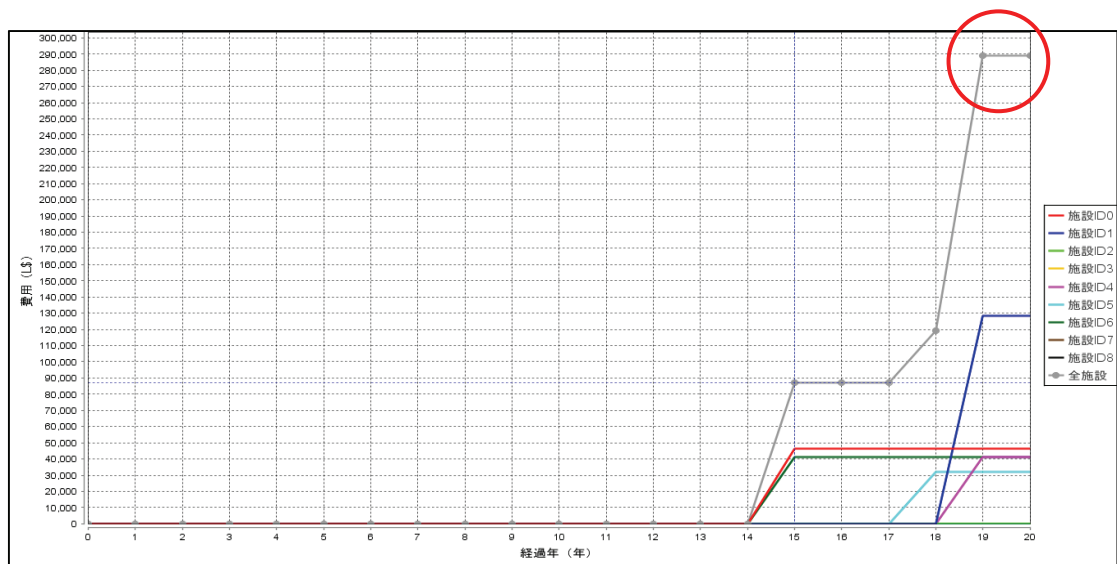


図 5-23 累積費用

## 5.2 評価と考察

シミュレーション結果の信頼性を検証するため、過去のデータと工事履歴のシミュレーション結果が、どの程度一致するか評価する。評価する項目は、前節で出力した項目のうち、人口の推移と利用者数の推移の2つである。

また満足度についても、市民意識調査などに記載されている実際の満足度のデータが、アンケート評価にて4段階もしくは5段階で満足度合いを問い、点数化したものであるため<sup>57)</sup>、計算方法や意味付けが根本的に異なる。施設毎、もしくは地域全体の相対的な満足

度合いを可視化するための指標として位置付け、評価までは行わない事とする。

### 5.2.1 人口

人口については、年度別の実際の人口とシミュレーションで算出した人口との差の絶対値を、実際の人口で除した値から平均値を取り、これを誤差として定義した式（18）にて評価した。なお、シミュレーションは5回実行した。

$$e = \sum_{k=1}^n \frac{|A_k - B_k|}{A_k} \quad (18)$$

ここに、

$e$ ：誤差

$A_k$ ： $k$ 年度の実際の人口（ $k = 1, 2, 3, \dots$ ）

$B_k$ ：シミュレーションで算出した  $k$  年度の人口

$n$ ：シミュレーションの実行年数

実際の人口推移には、調布市統計書の住民基本台帳人口及び外国人登録人口に記載されている人口総数のデータ<sup>50)</sup>を使用した。結果を図 5-24、表 5-2 に示す。誤差の平均値は 5% となり、高い精度が確保されている事が解った。

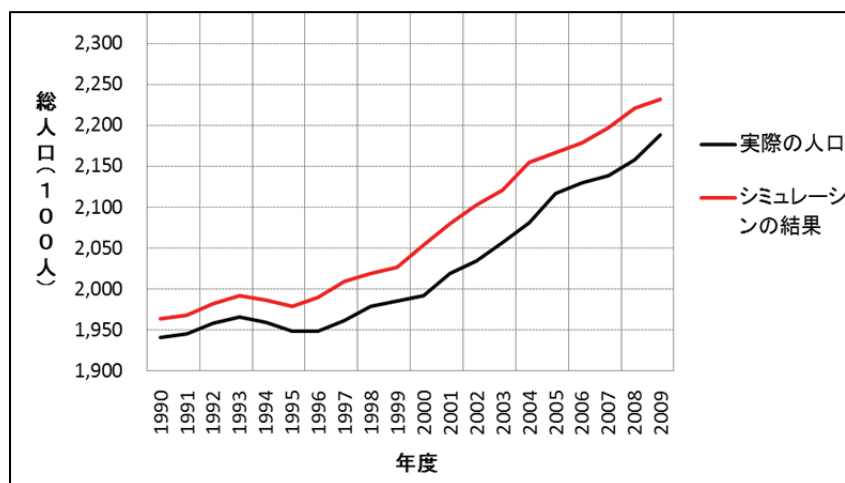


図 5-24 調布市における人口推移（過去）

※ 図 5-2 で示したグラフを、総人口 1,900 人以上を対象に拡大したもの。

表 5-2 人口推移の誤差検出の結果

| 年度 |      |     | A <sub>k</sub><br>実際の人口<br>(100人) | B <sub>k</sub> シミュレーションで算出した人口(100人) |       |       |       |       |       |      | e 誤差 |      |      |      |      |      |          |
|----|------|-----|-----------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| k  | 西暦   | 和暦  |                                   | 1回目                                  | 2回目   | 3回目   | 4回目   | 5回目   | 平均    | 1回目  | 2回目  | 3回目  | 4回目  | 5回目  | 平均   | 分散   | 標準<br>偏差 |
| 1  | 1990 | H2  | 1,941                             | 1,964                                | 1,965 | 1,962 | 1,963 | 1,964 | 1,964 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |
| 2  | 1991 | H3  | 1,945                             | 1,969                                | 1,972 | 1,968 | 1,966 | 1,967 | 1,968 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |
| 3  | 1992 | H4  | 1,958                             | 1,985                                | 1,986 | 1,983 | 1,978 | 1,977 | 1,982 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |
| 4  | 1993 | H5  | 1,966                             | 1,996                                | 1,996 | 1,984 | 1,991 | 1,991 | 1,992 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |
| 5  | 1994 | H6  | 1,959                             | 1,987                                | 1,993 | 1,980 | 1,986 | 1,984 | 1,986 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |
| 6  | 1995 | H7  | 1,949                             | 1,977                                | 1,982 | 1,978 | 1,980 | 1,977 | 1,979 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.00 | 0.00     |
| 7  | 1996 | H8  | 1,949                             | 1,986                                | 1,997 | 1,986 | 1,987 | 1,991 | 1,989 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.00     |
| 8  | 1997 | H9  | 1,961                             | 2,002                                | 2,015 | 2,007 | 2,007 | 2,012 | 2,009 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.00 | 0.00     |
| 9  | 1998 | H10 | 1,979                             | 2,013                                | 2,025 | 2,014 | 2,020 | 2,021 | 2,019 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.00     |
| 10 | 1999 | H11 | 1,985                             | 2,021                                | 2,030 | 2,020 | 2,031 | 2,029 | 2,026 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.00     |
| 11 | 2000 | H12 | 1,992                             | 2,049                                | 2,056 | 2,045 | 2,060 | 2,057 | 2,053 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.00 | 0.00     |
| 12 | 2001 | H13 | 2,019                             | 2,078                                | 2,083 | 2,070 | 2,084 | 2,086 | 2,080 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.00 | 0.00     |
| 13 | 2002 | H14 | 2,034                             | 2,100                                | 2,107 | 2,096 | 2,106 | 2,106 | 2,103 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.00 | 0.00     |
| 14 | 2003 | H15 | 2,057                             | 2,117                                | 2,123 | 2,113 | 2,128 | 2,124 | 2,121 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.00 | 0.00     |
| 15 | 2004 | H16 | 2,080                             | 2,150                                | 2,164 | 2,150 | 2,158 | 2,153 | 2,155 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.00 | 0.00     |
| 16 | 2005 | H17 | 2,117                             | 2,166                                | 2,175 | 2,163 | 2,167 | 2,162 | 2,167 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.00     |
| 17 | 2006 | H18 | 2,130                             | 2,179                                | 2,186 | 2,174 | 2,180 | 2,176 | 2,179 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.00     |
| 18 | 2007 | H19 | 2,138                             | 2,194                                | 2,205 | 2,196 | 2,197 | 2,192 | 2,197 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.00 | 0.00     |
| 19 | 2008 | H20 | 2,158                             | 2,215                                | 2,231 | 2,220 | 2,218 | 2,218 | 2,220 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.00 | 0.00     |
| 20 | 2009 | H21 | 2,188                             | 2,225                                | 2,241 | 2,233 | 2,231 | 2,226 | 2,231 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.00     |
| 平均 |      |     | 2,025                             | 2,069                                | 2,077 | 2,067 | 2,072 | 2,071 | 2,071 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.00     |

### 5.2.2 利用者数

利用者数については、年度別の実際の利用者数とシミュレーションで算出した利用者数との差の絶対値を、実際の利用者数で除した値から平均値を取り、これを誤差として定義した式（19）にて評価した。なお、シミュレーションは5回実行した。

$$e = \sum_{k=1}^n \frac{|C_k - D_k|}{C_k} \quad (19)$$

ここに、

$e$  : 誤差

$C_k$  :  $k$  年度の実際の利用者数 ( $k = 1, 2, 3, \dots$ )

$D_k$  : シミュレーションで算出した  $k$  年度の利用者数

$n$  : シミュレーションの実行年数

実際の利用者数のデータは、調布市事務報告書のデータ<sup>58)</sup>等を使用した。なお、施設 ID0 と ID1 の利用者については、市内在住者・市外在住者の両方であり、施設 ID2 の利用者については、市内在住者のみである。結果を、図 5-25～、図 5-28 及び表 5-3～5-5 に示す。各施設の誤差の平均値は、施設 ID0 が 21%、施設 ID1 が 26%、施設 ID2 が 14% となった。3 施設を合わせた誤差の平均値は、21% となり、比較的高い精度が得られている事が解った。

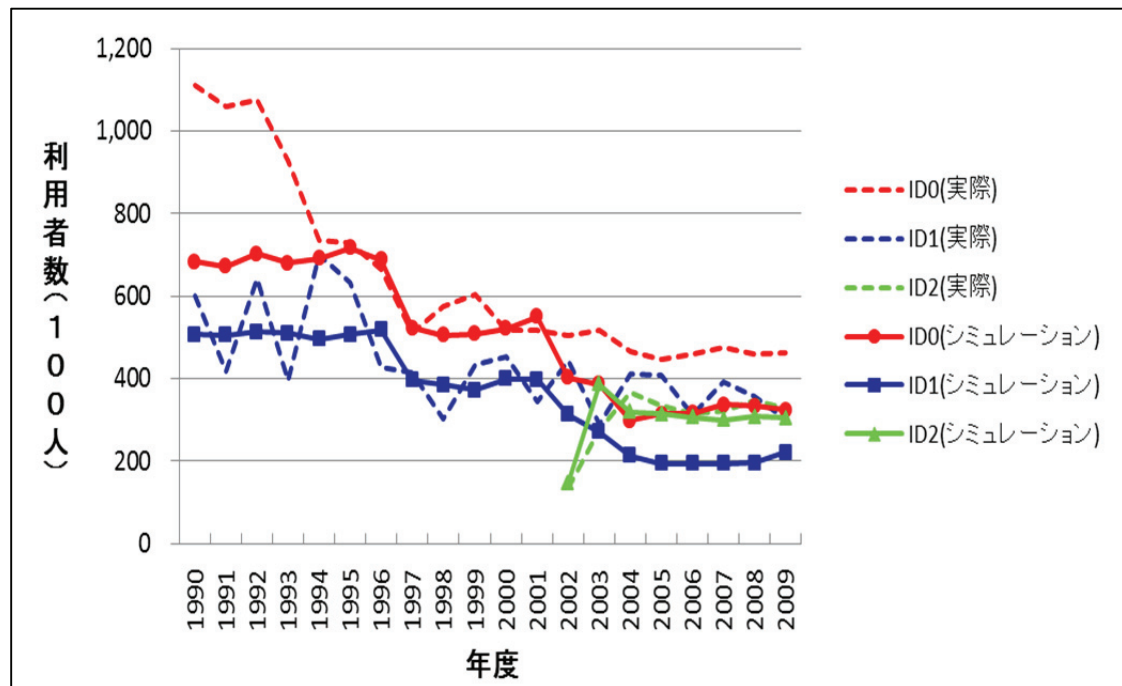


図 5-25 実際の利用者数とシミュレーション結果の比較

※ 図 5-6 で示したグラフに、実際の利用者数を追加したもの。

シミュレーションにおける各施設の利用者数の推移について、実際の利用者数と比較しながら考察を加える。まず、施設 ID0 については、1993 年以前と 2002 年以降で、ともにシミュレーションの結果が実際の利用者数より小さく、やや誤差が大きくなっている。原因としては、新しい施設が何年か経過して古くなった際に及ぼす利用者数への影響が予想以上に大きいのでは、もしくは施設エージェントに設定した各属性以外に、何か影響度の高い項目があったのではといった事が挙げられる。前者に対しては、健全度の閾値設定やアンケートで提示した施設劣化状況の写真の見直しなどを行う必要がある。後者に対しては、「新しい施設をどの程度好みますか？」といった質問を、施設利用状況の質問項目に追加するなどして、パラメータ化する必要がある。

また、図 5-7 で示したとおり、elderly\_m と elderly\_w の利用者数がシミュレーションの開始から終了まで一定で、あまり大きな変化が見られず、これが 1993 年以前におけるシミュレーションの利用者数が実際のものより少なくなった原因の 1 つとして挙げられる。一方で young\_m の利用者数については、2002 年以降で大きく減少している。これは、施設 ID2 の新設が原因ではと推測される。また、図 5-16 で示したとおり、young\_m の ID0 の水槽の劣化に対する各効用値が減少していた事も原因だと考えられる。

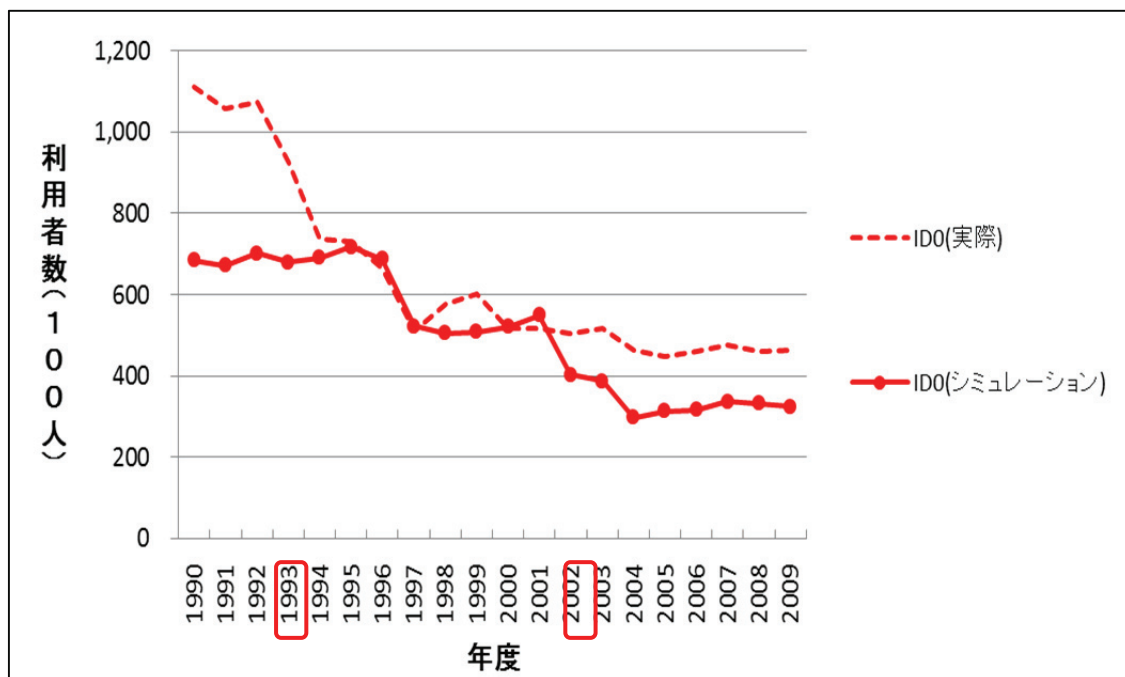


図 5-26 実際の利用者数とシミュレーション結果の比較（施設 ID0）

※ 図 5-25 から施設 ID0 の結果のみを抽出したもの。

表 5-3 誤差検出の結果（施設 ID0）

| 施設<br>ID | 年度 |          | C. 実際の<br>利用者数<br>(100人) | D. シミュレーションで算出した利用者数(100人) |     |     |     |     |     |      | e 誤差 |      |      |      |      |      |          |
|----------|----|----------|--------------------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|----------|
|          | k  | 西暦 和暦    |                          | 1回目                        | 2回目 | 3回目 | 4回目 | 5回目 | 平均  | 1回目  | 2回目  | 3回目  | 4回目  | 5回目  | 平均   | 分散   | 標準<br>偏差 |
| 0        | 1  | 1990 H2  | 1,110                    | 664                        | 703 | 668 | 675 | 708 | 684 | 0.40 | 0.37 | 0.40 | 0.39 | 0.36 | 0.38 | 0.00 | 0.02     |
|          | 2  | 1991 H3  | 1,059                    | 662                        | 677 | 662 | 698 | 656 | 671 | 0.37 | 0.36 | 0.37 | 0.34 | 0.38 | 0.37 | 0.00 | 0.01     |
|          | 3  | 1992 H4  | 1,075                    | 707                        | 684 | 671 | 690 | 755 | 701 | 0.34 | 0.36 | 0.38 | 0.36 | 0.30 | 0.35 | 0.00 | 0.03     |
|          | 4  | 1993 H5  | 926                      | 697                        | 663 | 668 | 673 | 696 | 680 | 0.25 | 0.28 | 0.28 | 0.27 | 0.25 | 0.27 | 0.00 | 0.02     |
|          | 5  | 1994 H6  | 736                      | 688                        | 681 | 703 | 689 | 690 | 690 | 0.07 | 0.08 | 0.04 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.00 | 0.01     |
|          | 6  | 1995 H7  | 730                      | 680                        | 761 | 766 | 707 | 671 | 717 | 0.07 | 0.04 | 0.05 | 0.03 | 0.08 | 0.05 | 0.00 | 0.02     |
|          | 7  | 1996 H8  | 665                      | 638                        | 680 | 707 | 714 | 700 | 688 | 0.04 | 0.02 | 0.06 | 0.07 | 0.05 | 0.05 | 0.00 | 0.02     |
|          | 8  | 1997 H9  | 511                      | 485                        | 539 | 512 | 519 | 554 | 522 | 0.05 | 0.05 | 0.00 | 0.02 | 0.08 | 0.04 | 0.00 | 0.03     |
|          | 9  | 1998 H10 | 576                      | 482                        | 526 | 480 | 528 | 509 | 505 | 0.16 | 0.09 | 0.17 | 0.08 | 0.12 | 0.12 | 0.00 | 0.04     |
|          | 10 | 1999 H11 | 603                      | 495                        | 495 | 517 | 517 | 516 | 508 | 0.18 | 0.18 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.16 | 0.00 | 0.02     |
|          | 11 | 2000 H12 | 516                      | 525                        | 507 | 555 | 518 | 499 | 521 | 0.02 | 0.02 | 0.08 | 0.00 | 0.03 | 0.03 | 0.00 | 0.03     |
|          | 12 | 2001 H13 | 516                      | 560                        | 525 | 506 | 572 | 584 | 550 | 0.09 | 0.02 | 0.02 | 0.11 | 0.13 | 0.07 | 0.00 | 0.05     |
|          | 13 | 2002 H14 | 503                      | 387                        | 416 | 379 | 425 | 405 | 402 | 0.23 | 0.17 | 0.25 | 0.16 | 0.19 | 0.20 | 0.00 | 0.03     |
|          | 14 | 2003 H15 | 518                      | 369                        | 401 | 391 | 408 | 365 | 387 | 0.29 | 0.23 | 0.25 | 0.21 | 0.30 | 0.25 | 0.00 | 0.03     |
|          | 15 | 2004 H16 | 465                      | 303                        | 316 | 309 | 273 | 286 | 297 | 0.35 | 0.32 | 0.33 | 0.41 | 0.39 | 0.36 | 0.00 | 0.03     |
|          | 16 | 2005 H17 | 447                      | 316                        | 301 | 343 | 286 | 320 | 313 | 0.29 | 0.33 | 0.23 | 0.36 | 0.29 | 0.30 | 0.00 | 0.04     |
|          | 17 | 2006 H18 | 460                      | 314                        | 315 | 300 | 308 | 341 | 316 | 0.32 | 0.31 | 0.35 | 0.33 | 0.26 | 0.31 | 0.00 | 0.03     |
|          | 18 | 2007 H19 | 477                      | 339                        | 342 | 326 | 327 | 345 | 336 | 0.29 | 0.28 | 0.32 | 0.31 | 0.28 | 0.30 | 0.00 | 0.02     |
|          | 19 | 2008 H20 | 460                      | 334                        | 328 | 339 | 348 | 315 | 333 | 0.28 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.32 | 0.28 | 0.00 | 0.02     |
|          | 20 | 2009 H21 | 463                      | 338                        | 330 | 311 | 337 | 305 | 324 | 0.27 | 0.29 | 0.33 | 0.27 | 0.34 | 0.30 | 0.00 | 0.03     |
|          | 平均 |          |                          | 641                        | 499 | 510 | 506 | 510 | 511 | 507  | 0.22 | 0.20 | 0.22 | 0.21 | 0.22 | 0.21 | 0.03     |

施設 ID1 については、1995 年以前と 2004 年以降で、ともにシミュレーションの結果が実際の利用者数より小さく、やや誤差が大きくなっている。原因や改善策については、施設 ID0 と同様と思われる。また、図 5-8 で示したとおり、youg\_m の利用者数の減少が 2001 年以降で大きくなり、これも誤差の要因と考えられる。図 5-17、5-18 で示したとおり、その年の付近で、水槽の劣化の効用値が下がっていた事も確認出来た。



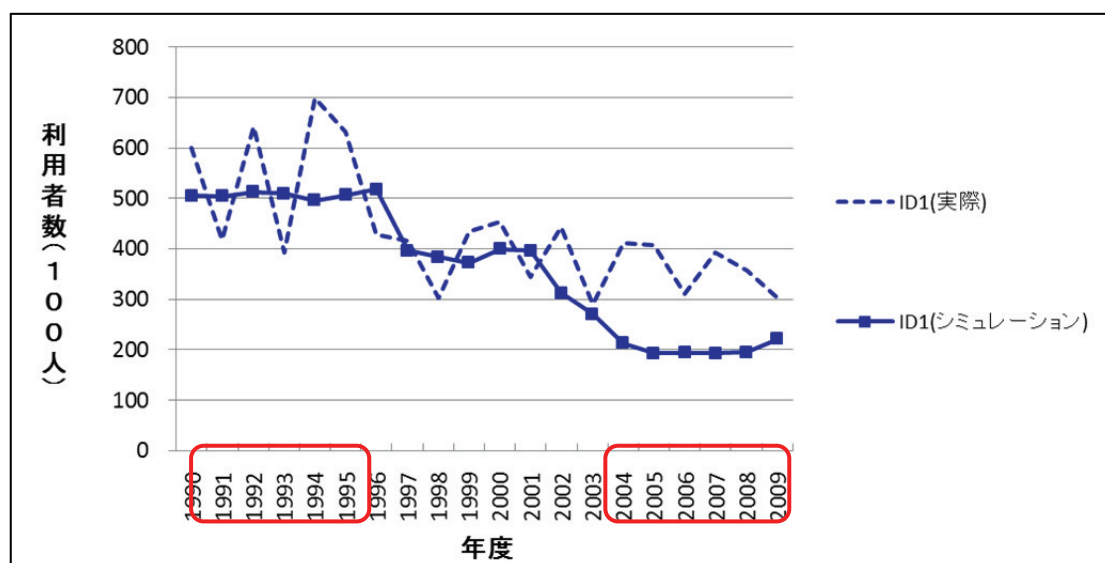


図 5-27 実際の利用者数とシミュレーション結果の比較 (施設 ID1)

※ 図 5-25 から施設 ID1 の結果のみを抽出したもの。

表 5-4 誤差検出の結果 (施設 ID1)

| 施設 ID | k  | 年度   |     | C. 実際の利用者数 (100人) | D. シミュレーションで算出した利用者数(100人) |     |     |     |     |     |      |      | e 誤差 |      |      |      |      | 標準偏差 |
|-------|----|------|-----|-------------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |    | 西暦   | 和暦  |                   | 1回目                        | 2回目 | 3回目 | 4回目 | 5回目 | 平均  | 1回目  | 2回目  | 3回目  | 4回目  | 5回目  | 平均   | 分散   |      |
| 1     | 1  | 1990 | H2  | 601               | 547                        | 508 | 482 | 489 | 502 | 506 | 0.09 | 0.15 | 0.20 | 0.19 | 0.16 | 0.16 | 0.00 | 0.04 |
|       | 2  | 1991 | H3  | 417               | 502                        | 536 | 508 | 522 | 456 | 505 | 0.20 | 0.29 | 0.22 | 0.25 | 0.09 | 0.21 | 0.01 | 0.06 |
|       | 3  | 1992 | H4  | 643               | 472                        | 522 | 492 | 562 | 518 | 513 | 0.27 | 0.19 | 0.24 | 0.13 | 0.19 | 0.20 | 0.00 | 0.05 |
|       | 4  | 1993 | H5  | 394               | 505                        | 480 | 527 | 564 | 471 | 509 | 0.28 | 0.22 | 0.34 | 0.43 | 0.20 | 0.29 | 0.01 | 0.09 |
|       | 5  | 1994 | H6  | 700               | 496                        | 499 | 454 | 531 | 499 | 496 | 0.29 | 0.29 | 0.35 | 0.24 | 0.29 | 0.29 | 0.00 | 0.04 |
|       | 6  | 1995 | H7  | 632               | 471                        | 523 | 469 | 537 | 531 | 506 | 0.25 | 0.17 | 0.26 | 0.15 | 0.16 | 0.20 | 0.00 | 0.05 |
|       | 7  | 1996 | H8  | 428               | 552                        | 480 | 517 | 522 | 517 | 518 | 0.29 | 0.12 | 0.21 | 0.22 | 0.21 | 0.21 | 0.00 | 0.05 |
|       | 8  | 1997 | H9  | 415               | 393                        | 382 | 405 | 400 | 402 | 396 | 0.05 | 0.08 | 0.02 | 0.04 | 0.03 | 0.05 | 0.00 | 0.02 |
|       | 9  | 1998 | H10 | 303               | 382                        | 388 | 388 | 369 | 393 | 384 | 0.26 | 0.28 | 0.28 | 0.22 | 0.30 | 0.27 | 0.00 | 0.03 |
|       | 10 | 1999 | H11 | 434               | 366                        | 342 | 382 | 398 | 374 | 372 | 0.16 | 0.21 | 0.12 | 0.08 | 0.14 | 0.14 | 0.00 | 0.04 |
|       | 11 | 2000 | H12 | 453               | 379                        | 365 | 419 | 427 | 406 | 399 | 0.16 | 0.19 | 0.07 | 0.06 | 0.10 | 0.12 | 0.00 | 0.05 |
|       | 12 | 2001 | H13 | 344               | 412                        | 379 | 434 | 387 | 373 | 397 | 0.20 | 0.10 | 0.26 | 0.13 | 0.08 | 0.15 | 0.01 | 0.07 |
|       | 13 | 2002 | H14 | 443               | 292                        | 329 | 303 | 336 | 306 | 313 | 0.34 | 0.26 | 0.32 | 0.24 | 0.31 | 0.29 | 0.00 | 0.04 |
|       | 14 | 2003 | H15 | 290               | 256                        | 263 | 274 | 294 | 264 | 270 | 0.12 | 0.09 | 0.05 | 0.01 | 0.09 | 0.07 | 0.00 | 0.04 |
|       | 15 | 2004 | H16 | 411               | 209                        | 217 | 221 | 198 | 220 | 213 | 0.49 | 0.47 | 0.46 | 0.52 | 0.46 | 0.48 | 0.00 | 0.02 |
|       | 16 | 2005 | H17 | 407               | 189                        | 194 | 190 | 210 | 182 | 193 | 0.53 | 0.52 | 0.53 | 0.49 | 0.55 | 0.53 | 0.00 | 0.02 |
|       | 17 | 2006 | H18 | 311               | 189                        | 179 | 191 | 214 | 195 | 194 | 0.39 | 0.42 | 0.39 | 0.31 | 0.37 | 0.38 | 0.00 | 0.04 |
|       | 18 | 2007 | H19 | 393               | 209                        | 201 | 187 | 189 | 180 | 193 | 0.47 | 0.49 | 0.52 | 0.52 | 0.54 | 0.51 | 0.00 | 0.03 |
|       | 19 | 2008 | H20 | 358               | 181                        | 184 | 173 | 210 | 227 | 195 | 0.49 | 0.49 | 0.52 | 0.41 | 0.37 | 0.46 | 0.00 | 0.06 |
|       | 20 | 2009 | H21 | 303               | 235                        | 223 | 195 | 225 | 229 | 222 | 0.22 | 0.26 | 0.36 | 0.26 | 0.24 | 0.27 | 0.00 | 0.05 |
|       | 平均 |      |     |                   | 434                        | 362 | 360 | 360 | 379 | 362 | 365  | 0.28 | 0.27 | 0.29 | 0.24 | 0.24 | 0.26 | 0.04 |

施設 ID2 については、建設から 2 年目の 2002 年のシミュレーション結果が、実際の利用者数に比べ、やや大きくなっている。これは先程とは逆に、新しく施設が建設され、利用できるようになった事を市民が認知していなかった事が、1つの原因ではと思われる。これに対しては、市内の住民が、どの程度市内の各施設の存在や位置、施設情報を認知しているかといった要素をパラメータ化する必要がある、これらを考慮しアンケートを再設計し実施する事で、より誤差の低減が可能だと考えられる。



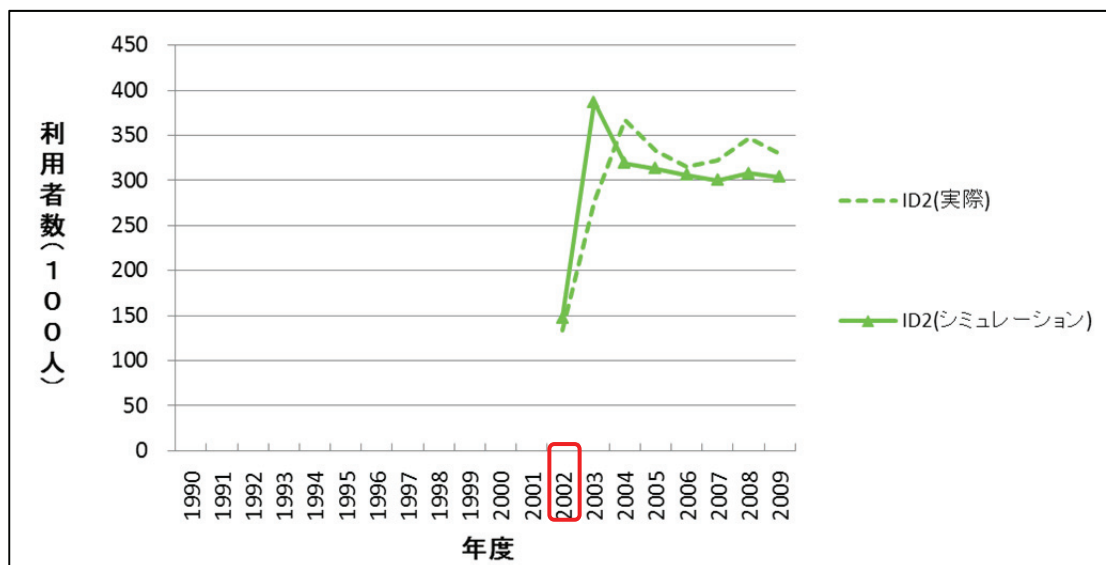


図 5-28 実際の利用者数とシミュレーション結果の比較 (施設 ID2)

※ 図 5-25 から施設 ID2 の結果のみを抽出したもの。

表 5-5 誤差検出の結果 (施設 ID2)

| 施設<br>ID | 年度 |      | C <sub>k</sub> 実際の<br>利用者数<br>(100人) | D <sub>k</sub> シミュレーションで算出した利用者数(100人) |     |     |     |     |     |     | e 誤差 |      |      |      |      |      |      |          |
|----------|----|------|--------------------------------------|----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|----------|
|          | k  | 西暦   |                                      | 和暦                                     | 1回目 | 2回目 | 3回目 | 4回目 | 5回目 | 平均  | 1回目  | 2回目  | 3回目  | 4回目  | 5回目  | 平均   | 分散   | 標準<br>偏差 |
| 2        | 1  | 1990 | H2                                   | -                                      | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |          |
|          | 2  | 1991 | H3                                   | -                                      | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |          |
|          | 3  | 1992 | H4                                   | -                                      | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |          |
|          | 4  | 1993 | H5                                   | -                                      | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |          |
|          | 5  | 1994 | H6                                   | -                                      | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |          |
|          | 6  | 1995 | H7                                   | -                                      | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |          |
|          | 7  | 1996 | H8                                   | -                                      | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |          |
|          | 8  | 1997 | H9                                   | -                                      | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |          |
|          | 9  | 1998 | H10                                  | -                                      | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |          |
|          | 10 | 1999 | H11                                  | -                                      | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |          |
|          | 11 | 2000 | H12                                  | -                                      | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |          |
|          | 12 | 2001 | H13                                  | -                                      | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |          |
|          | 13 | 2002 | H14                                  | 134                                    | 139 | 146 | 111 | 225 | 117 | 148 | 0.04 | 0.09 | 0.17 | 0.68 | 0.13 | 0.22 | 0.07 | 0.23     |
|          | 14 | 2003 | H15                                  | 276                                    | 414 | 373 | 383 | 355 | 409 | 387 | 0.50 | 0.35 | 0.39 | 0.29 | 0.48 | 0.40 | 0.01 | 0.08     |
|          | 15 | 2004 | H16                                  | 367                                    | 338 | 298 | 325 | 331 | 303 | 319 | 0.08 | 0.19 | 0.11 | 0.10 | 0.17 | 0.13 | 0.00 | 0.04     |
|          | 16 | 2005 | H17                                  | 333                                    | 317 | 292 | 331 | 315 | 311 | 313 | 0.05 | 0.12 | 0.00 | 0.05 | 0.07 | 0.06 | 0.00 | 0.04     |
|          | 17 | 2006 | H18                                  | 316                                    | 275 | 312 | 310 | 321 | 311 | 306 | 0.13 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.04 | 0.00 | 0.05     |
|          | 18 | 2007 | H19                                  | 322                                    | 300 | 294 | 285 | 302 | 320 | 300 | 0.07 | 0.09 | 0.12 | 0.06 | 0.01 | 0.07 | 0.00 | 0.04     |
|          | 19 | 2008 | H20                                  | 348                                    | 320 | 325 | 295 | 320 | 281 | 308 | 0.08 | 0.07 | 0.15 | 0.08 | 0.19 | 0.11 | 0.00 | 0.05     |
|          | 20 | 2009 | H21                                  | 329                                    | 291 | 317 | 321 | 309 | 282 | 304 | 0.12 | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.14 | 0.08 | 0.00 | 0.05     |
| 平均       |    |      |                                      | 303                                    | 299 | 295 | 295 | 310 | 292 | 298 | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.01 | 0.07     |

以上を整理すると、要するに誤差の原因は大きく分けて 2 つある。1 つはパラメータ化を試みたが上手くいっていないもの、もう 1 つはパラメータ化が出来なかったものである。前者については、サンプル数を確保出来なかった事による結果のバラつきや、水準分けを行う際に設定した閾値の設定の仕方、アンケートを行った時点が現在の 1 点であるため、時間的移動可能性 (2.2.3 節) を考慮出来ていない事等が挙げられる。後者については、パラメータ化出来ていない要素を数値化・変数化するための方法論の提案・確立や調査方法の検討・実施が必要である。

## 第6章 PAMMAS の応用事例

第5章で述べたように、PAMMAS の出力結果が一定の精度を得ている事を確認出来たため、本研究では、本来の目的である将来のシミュレーションを実行し、その結果を分析した。本章では、応用事例と題して、その詳細について記す。

### 6.1 シミュレーションの方法と結果

将来のシミュレーションは、2010～2029 年の 20 年間を対象として行った。将来のシミュレーションを実行するにあたっては、様々なシナリオを描き、幾つかのパターンを試行した中から、どのシナリオが、行政や施設利用者、及び社会的にも最も望ましいかを選択する事が重要である。ただし、最も望ましい選択肢といっても、それは数も種類も様々であり、全てを実行していく事は難しい。本研究では、数あるシナリオの候補の中から、特に、施設の劣化予測モデルの変数をパラメータとして調節し、どのシナリオが最も妥当か検討する事とした。その際、最も改修費用が少なく、かつ利用者数が多いシナリオが、行政と施設利用者数の双方にとって、最も望ましいと判断する事とした。

作成したシナリオは、「予防保全」「事後保全」「寿命段階」の計 3 つである。

- 予防保全：健全度 3 以下、もしくは寿命設定に基づき、補修を実行する。改修費用は、4.6 節で設定した金額を 1/2 倍した値を用いた。
- 事後保全：健全度 2 以下で補修を実行する。改修費用は、4.6 節で設定した金額をそのまま用いた。
- 寿命段階：健全度 1 以下で補修を実行する。改修費用は、4.6 節で設定した金額を 4 倍した値を用いた。

表 6-1 シナリオ別の改修費用

| 部位        | 改修費用  |       |       |        |
|-----------|-------|-------|-------|--------|
|           | 工事履歴  | 予防保全  | 事後保全  | 寿命段階   |
| 築造        | 9,436 | 4,718 | 9,436 | 37,744 |
| 水槽(1㎡あたり) | 97    | 49    | 97    | 388    |
| ろ過機       | 5,127 | 2,564 | 5,127 | 20,508 |

単位:L\$

シミュレーションの結果として出力する項目は、第5章と同様、計 9 項目である。出力項目のうち、マップと人口の推移については、図 6-1、図 6-2 に示すとおり、シナリオが異なっても結果は同じであった。マップについては、5.1.1 節と同様、シミュレーションの終了時点での出力結果である。西部地域である第 9、10 地域の人口密度が小さく、第 3、4

地域の人口密度が高くなった。人口に推移については、出力した結果にどの程度の信頼性があるかを検証するため、調布市の将来の人口推計<sup>46)</sup>における2010～2029年の中位（2.5節で説明）の結果とシミュレーションの結果を比較検証した。評価の結果を、図6-3、表6-1に示す。調布市の将来の人口推計が本当に正しいかは別にして、誤差の平均値は1%となり、過去のシミュレーションを比較しても、かなり高い精度が確保されている事が解った。

この結果を踏まえて、各シナリオの解析について次節より説明する。

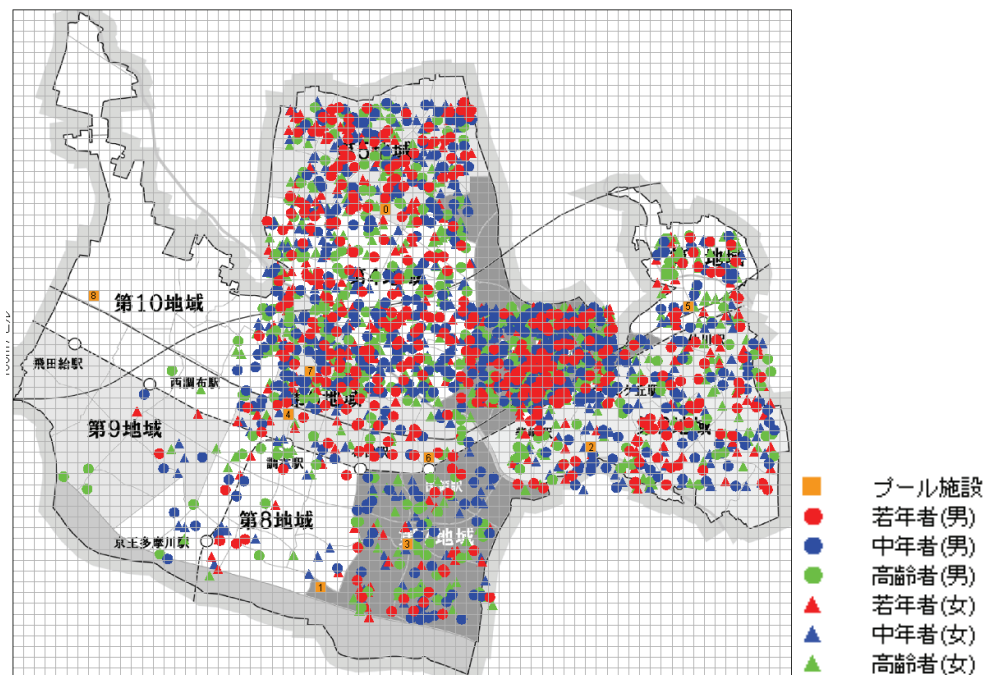


図 6-1 マップ

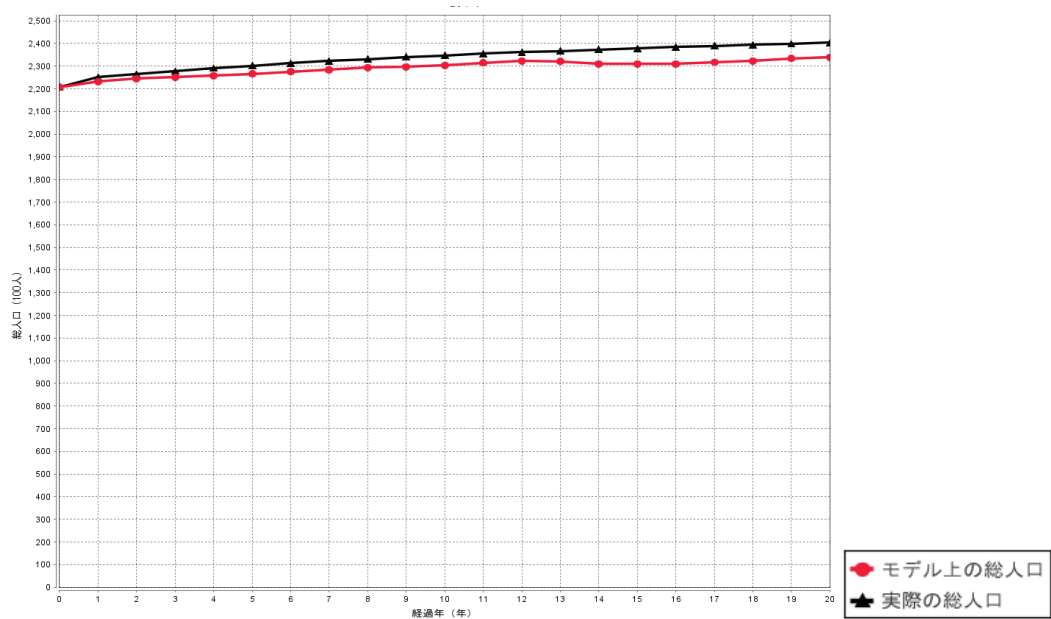


図 6-2 人口の推移

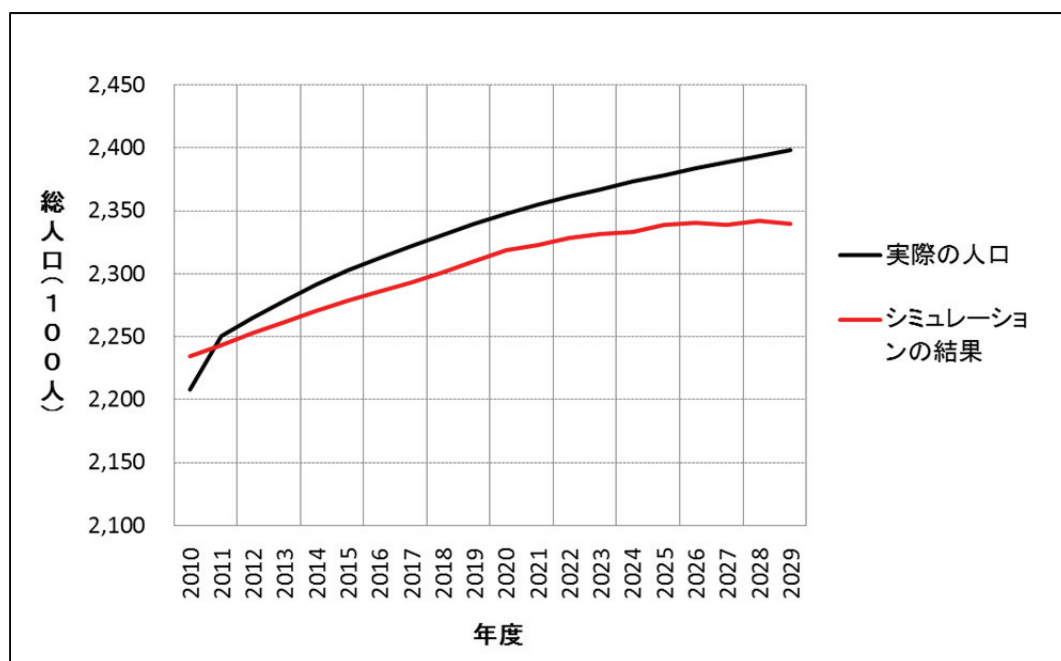


図 6-3 調布市における人口推移 (将来)

※ 図 6-2 で示したグラフを，総人口 2,100 人以上を対象に拡大したもの。

表 6-2 人口推移の誤差検出の結果

| 年度 |      |     | A <sub>k</sub><br>実際の人口<br>(100人) | B <sub>k</sub> シミュレーションで算出した人口(100人) |       |       |       |       |       |      | e 誤差 |      |      |      |      |      |          |
|----|------|-----|-----------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| k  | 西暦   | 和暦  |                                   | 1回目                                  | 2回目   | 3回目   | 4回目   | 5回目   | 平均    | 1回目  | 2回目  | 3回目  | 4回目  | 5回目  | 平均   | 分散   | 標準<br>偏差 |
| 1  | 2010 | H22 | 2,208                             | 2,225                                | 2,240 | 2,233 | 2,234 | 2,240 | 2,234 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |
| 2  | 2011 | H23 | 2,251                             | 2,231                                | 2,246 | 2,243 | 2,250 | 2,247 | 2,243 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00     |
| 3  | 2012 | H24 | 2,265                             | 2,240                                | 2,258 | 2,257 | 2,258 | 2,251 | 2,253 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |
| 4  | 2013 | H25 | 2,278                             | 2,250                                | 2,261 | 2,265 | 2,269 | 2,265 | 2,262 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |
| 5  | 2014 | H26 | 2,291                             | 2,261                                | 2,267 | 2,268 | 2,284 | 2,273 | 2,271 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |
| 6  | 2015 | H27 | 2,302                             | 2,273                                | 2,276 | 2,280 | 2,294 | 2,271 | 2,279 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |
| 7  | 2016 | H28 | 2,313                             | 2,280                                | 2,281 | 2,287 | 2,300 | 2,281 | 2,286 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |
| 8  | 2017 | H29 | 2,322                             | 2,290                                | 2,286 | 2,284 | 2,312 | 2,292 | 2,293 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |
| 9  | 2018 | H30 | 2,331                             | 2,297                                | 2,297 | 2,296 | 2,316 | 2,299 | 2,301 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |
| 10 | 2019 | H31 | 2,340                             | 2,306                                | 2,312 | 2,303 | 2,323 | 2,307 | 2,310 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |
| 11 | 2020 | H32 | 2,347                             | 2,313                                | 2,328 | 2,314 | 2,327 | 2,312 | 2,319 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |
| 12 | 2021 | H33 | 2,355                             | 2,322                                | 2,327 | 2,313 | 2,332 | 2,318 | 2,322 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |
| 13 | 2022 | H34 | 2,361                             | 2,332                                | 2,335 | 2,321 | 2,334 | 2,321 | 2,329 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |
| 14 | 2023 | H35 | 2,367                             | 2,336                                | 2,343 | 2,319 | 2,340 | 2,318 | 2,331 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.00     |
| 15 | 2024 | H36 | 2,373                             | 2,334                                | 2,346 | 2,320 | 2,341 | 2,326 | 2,333 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.00     |
| 16 | 2025 | H37 | 2,378                             | 2,348                                | 2,341 | 2,324 | 2,345 | 2,336 | 2,339 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.00     |
| 17 | 2026 | H38 | 2,384                             | 2,348                                | 2,343 | 2,320 | 2,355 | 2,334 | 2,340 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.01     |
| 18 | 2027 | H39 | 2,389                             | 2,334                                | 2,350 | 2,321 | 2,350 | 2,337 | 2,338 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.00     |
| 19 | 2028 | H40 | 2,394                             | 2,334                                | 2,357 | 2,315 | 2,358 | 2,344 | 2,342 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.01     |
| 20 | 2029 | H41 | 2,398                             | 2,333                                | 2,350 | 2,318 | 2,355 | 2,340 | 2,339 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.00 | 0.01     |
| 平均 |      |     | 2,332                             | 2,299                                | 2,307 | 2,295 | 2,314 | 2,301 | 2,303 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00     |

### 6.1.1 予防保全

予防保全では、健全度 3 以下、もしくは寿命設定に基づき、補修を実行する。まず、施設の劣化状況を図 6-4 に示す。各施設ともに、健全度が 3 になった段階で補修・改修のルールが実行されている事が解る。図 6-5 には、全 8 施設の利用者数の推移を示す。利用者数は、30,000 人前後の最も多いグループ、22,500 人前後の中位のグループ、12,500 人程の最も少ないグループの計 3 つに大きく分かれた。図 6-6 に公共区分の 3 施設の利用者数の推移を、図 6-7 に満足度の推移を、図 6-8 に全 8 施設の補修回数を、図 6-9 に各施設の部位毎の補修回数を、図 6-10 に年度別費用を、図 6-11 に累積費用を示す。累積費用は、最終年度で 240,000L\$となった。

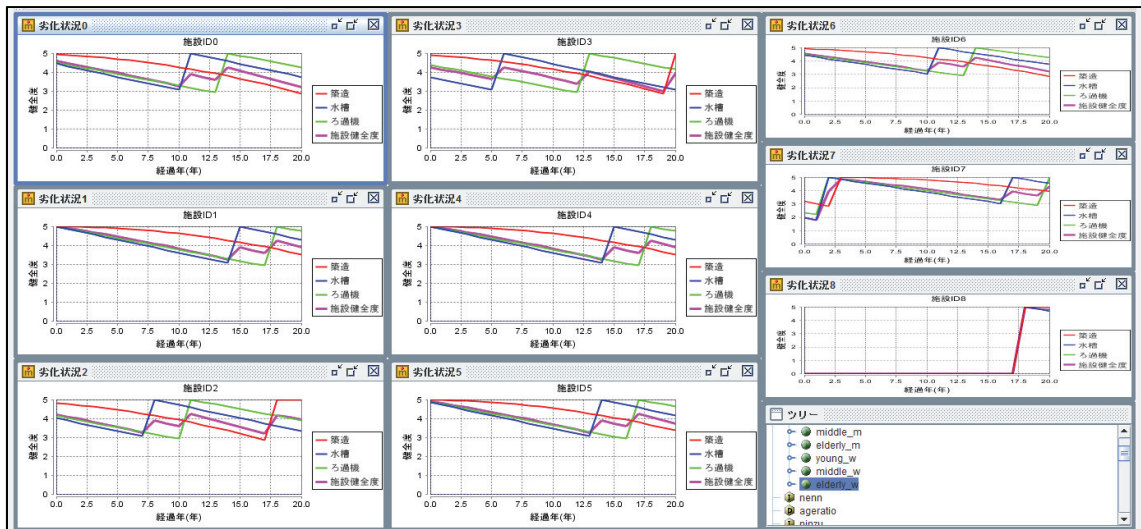


図 6-4 各施設の劣化状況の変化（予防保全の場合）

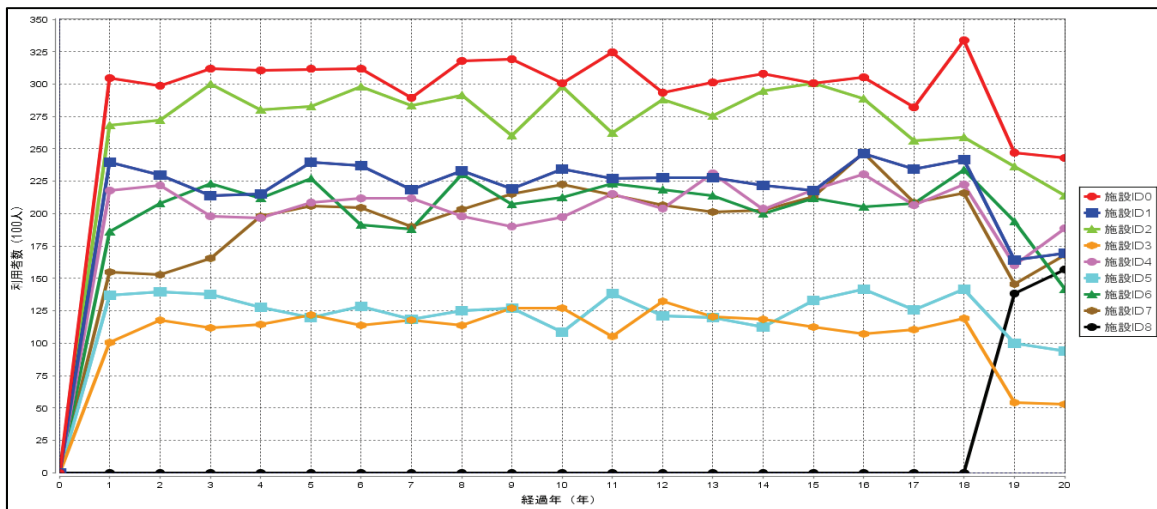


図 6-5 全施設の利用者数の推移（予防保全の場合）

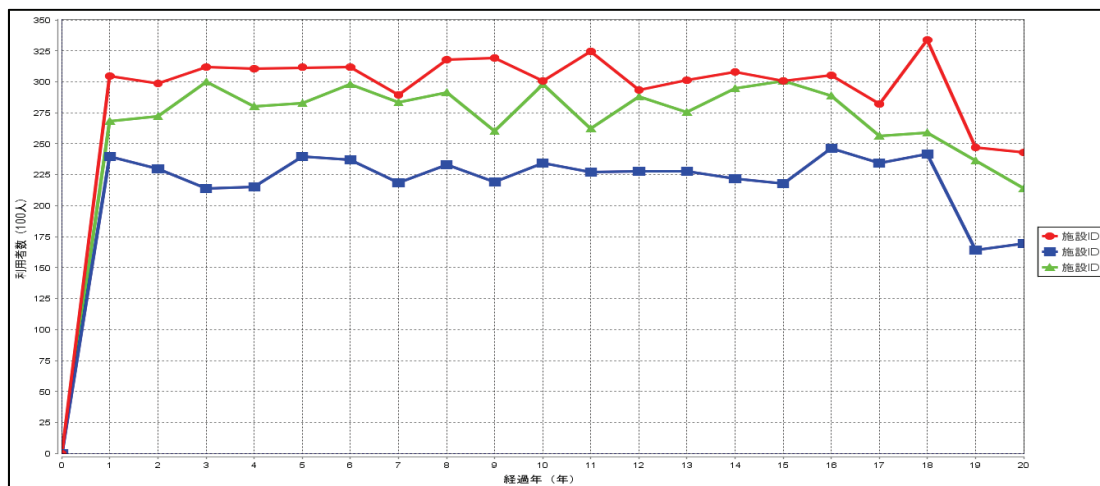


図 6-6 公共プール施設の利用者数の推移（予防保全の場合）

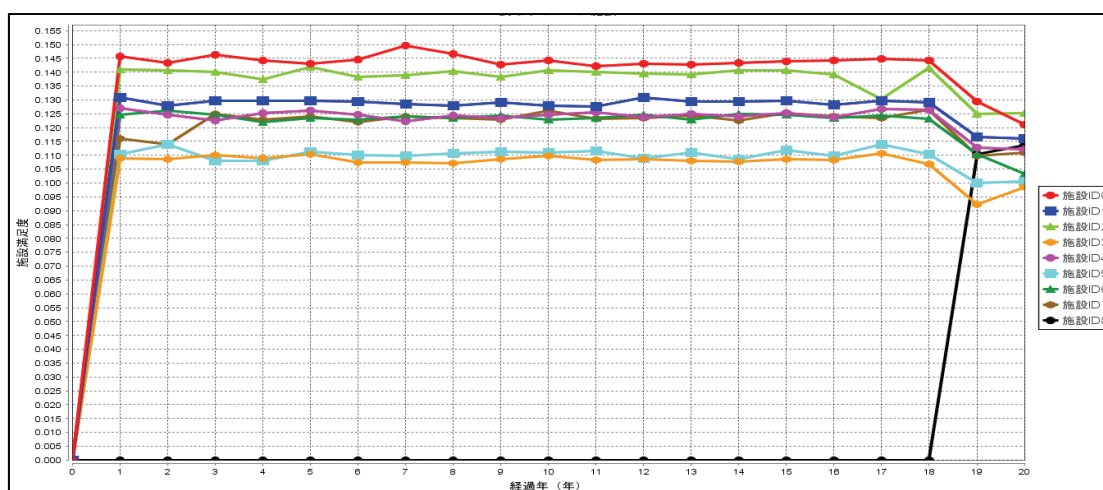


図 6-7 満足度の推移（予防保全の場合）



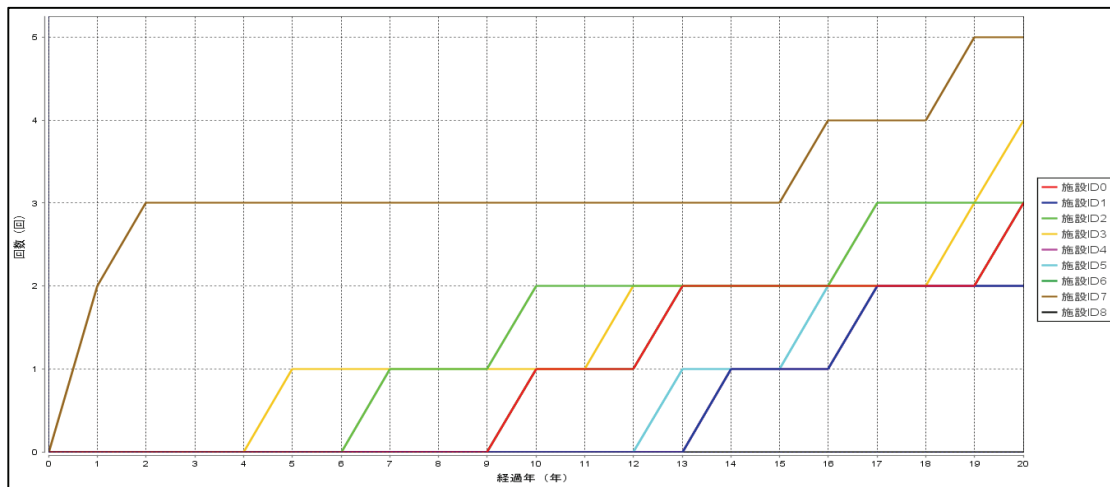


図 6-8 各施設の補修回数（予防保全の場合）

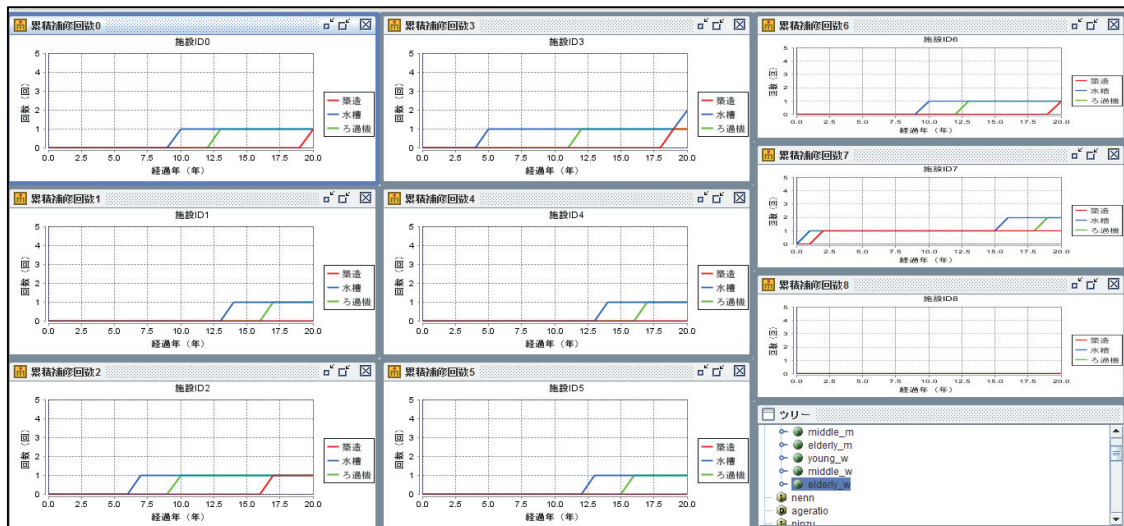


図 6-9 各施設の部位毎の補修回数（予防保全の場合）



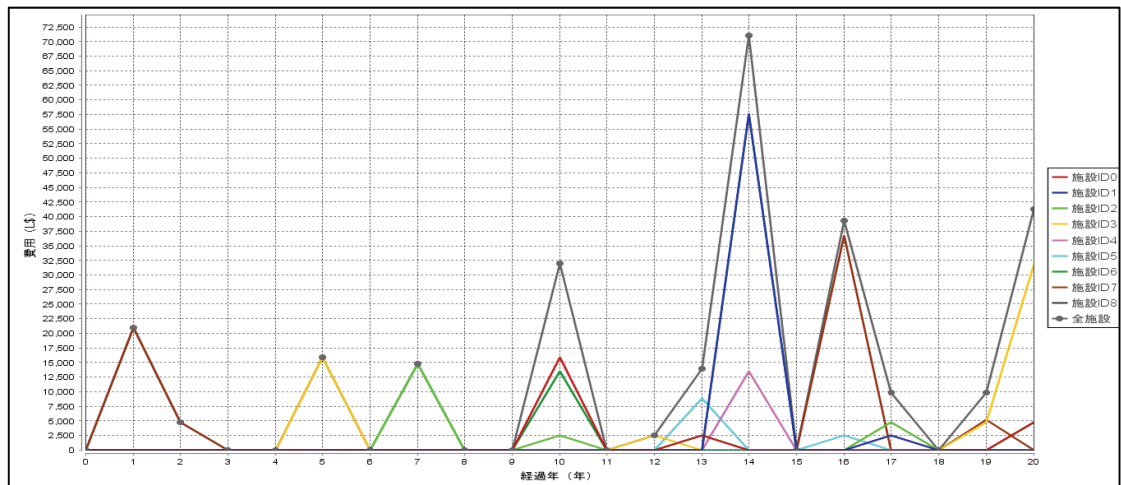


図 6-10 年度別費用（予防保全の場合）

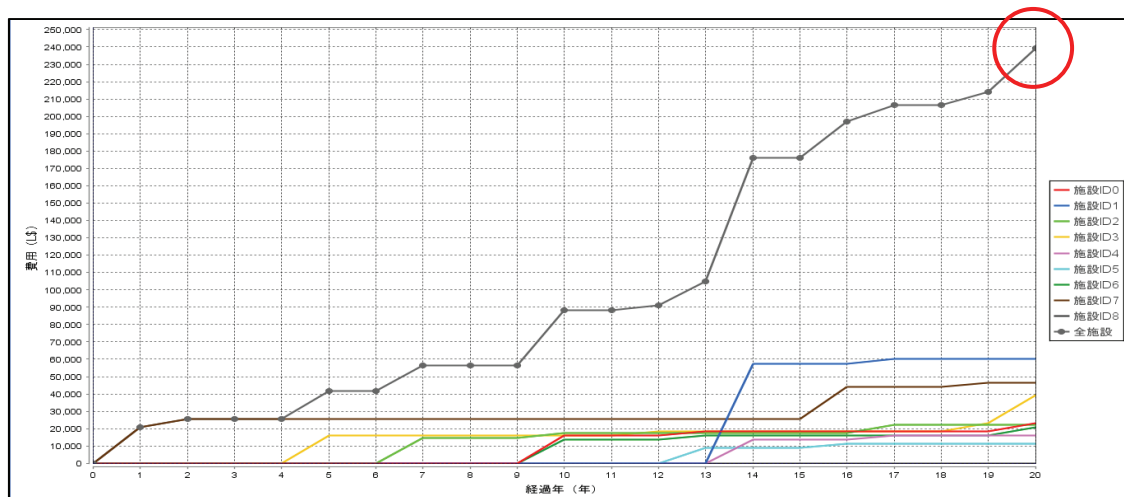


図 6-11 累積費用（予防保全の場合）

### 6.1.2 事後保全

事後保全は、寿命を設定せず、かつ健全度 2 以下で補修を実行するシナリオである。まず、施設の劣化状況を図 6-1 2 に示す。各施設ともに、健全度が 2 になった段階で補修・改修のルールが実行されている事が解る。図 6-1 3 に全 8 施設の利用者数の推移を示す。予防保全と比べ、施設 ID2 の利用者数が 25,000 人前後と、大きく減少した。同様に、施設 ID3 の利用者数も 500 人程減少し、7,500 となった。図 6-1 4 に公共区分の 3 施設の利用者数の推移を、図 6-1 5 に満足度の推移を、図 6-1 6 に全 8 施設の補修回数を、図 6-1 7 に各施設の部位毎の補修回数を、図 6-1 8 に年度別費用を、図 6-1 9 に累積費用を示す。累積費用は、最終年度で 180,000L\$ となった。

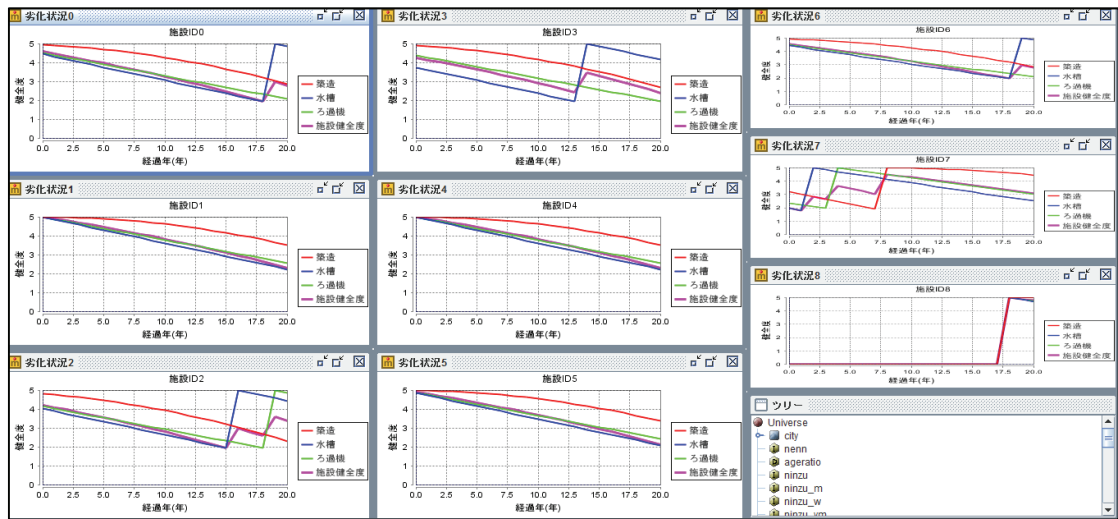


図 6-1 2 各施設の劣化状況の変化（事後保全の場合）

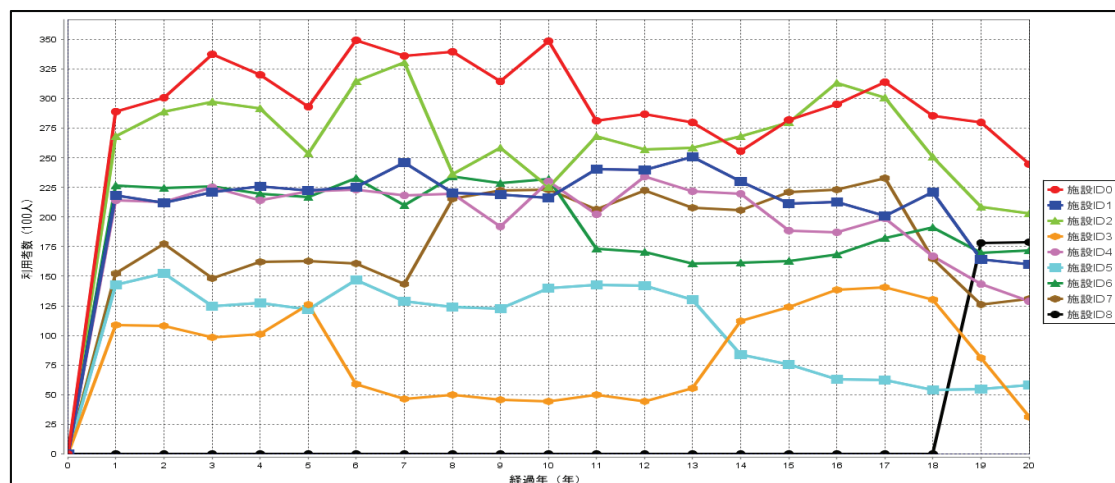


図 6-1 3 全施設の利用者数の推移（事後保全の場合）

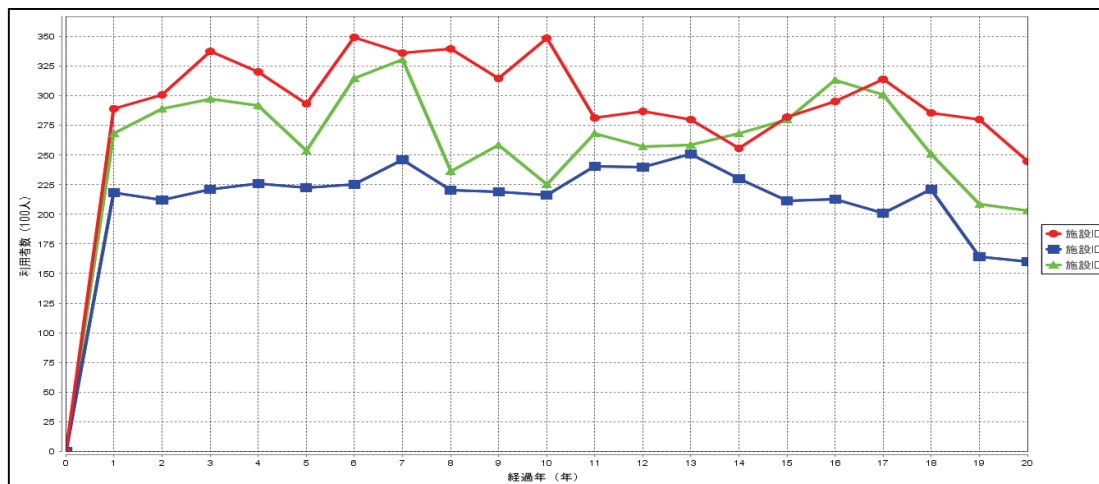


図 6-1 4 公共プール施設の利用者数の推移 (事後保全の場合)

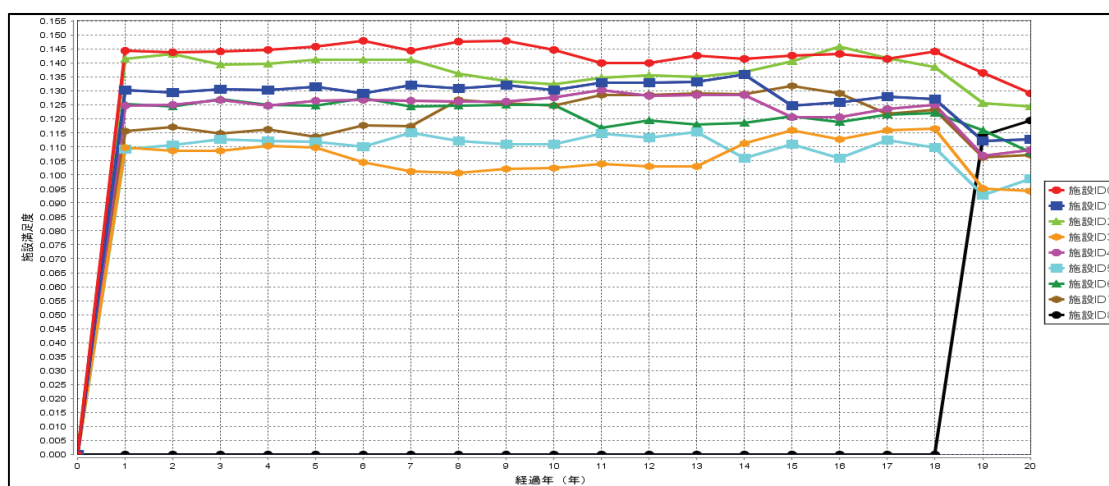


図 6-1 5 満足度の推移 (事後保全の場合)

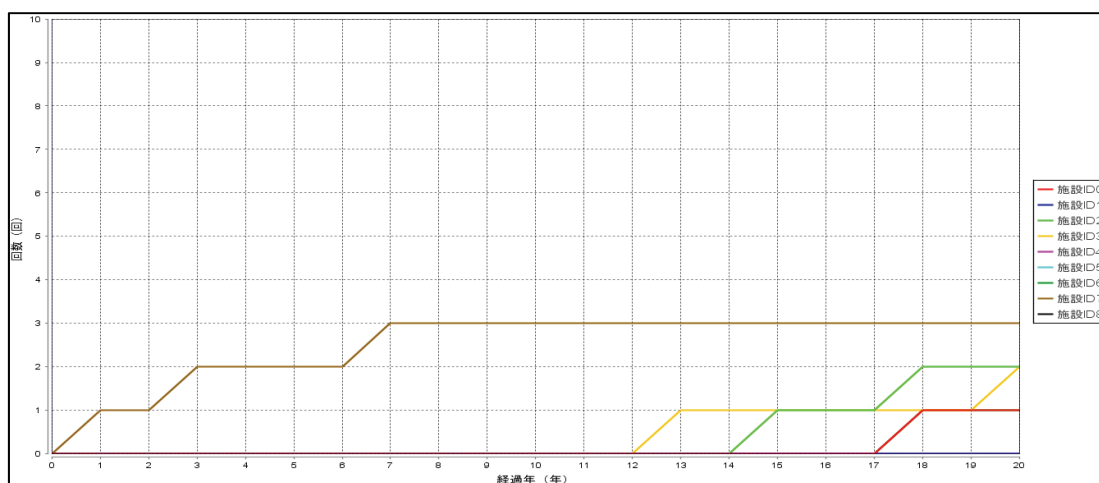


図 6-1 6 各施設の補修回数 (事後保全の場合)

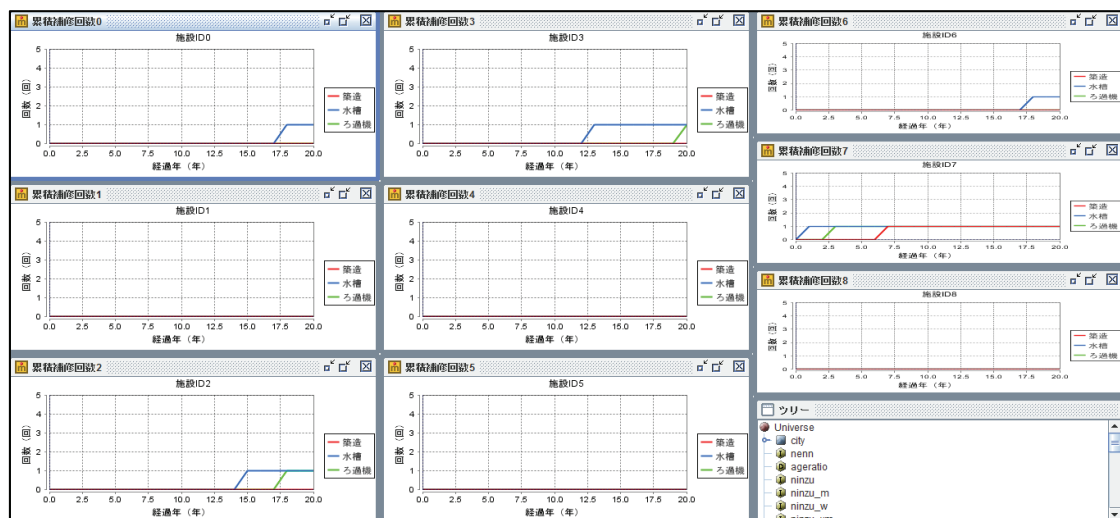


図 6-17 各施設の部位毎の補修回数（事後保全の場合）

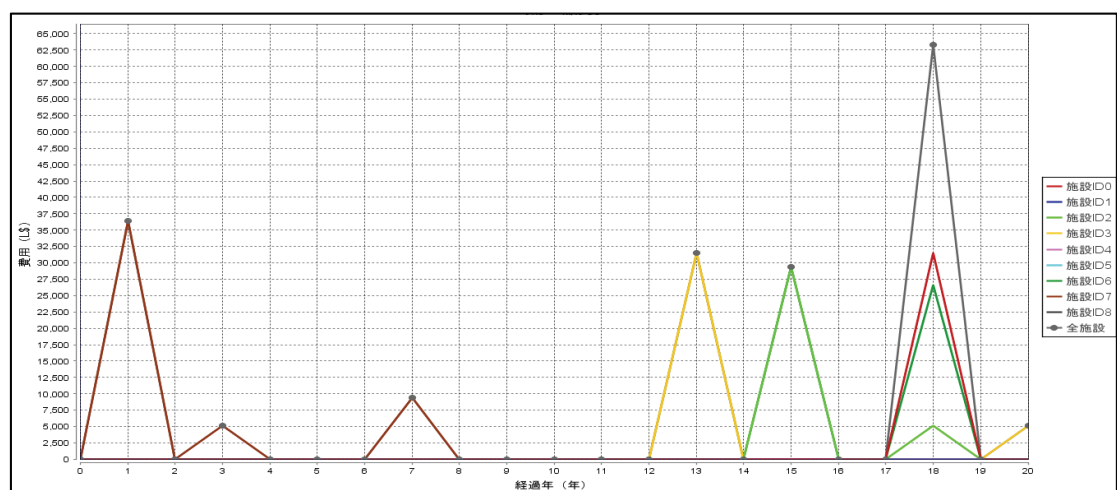


図 6-18 年度別費用（事後保全の場合）

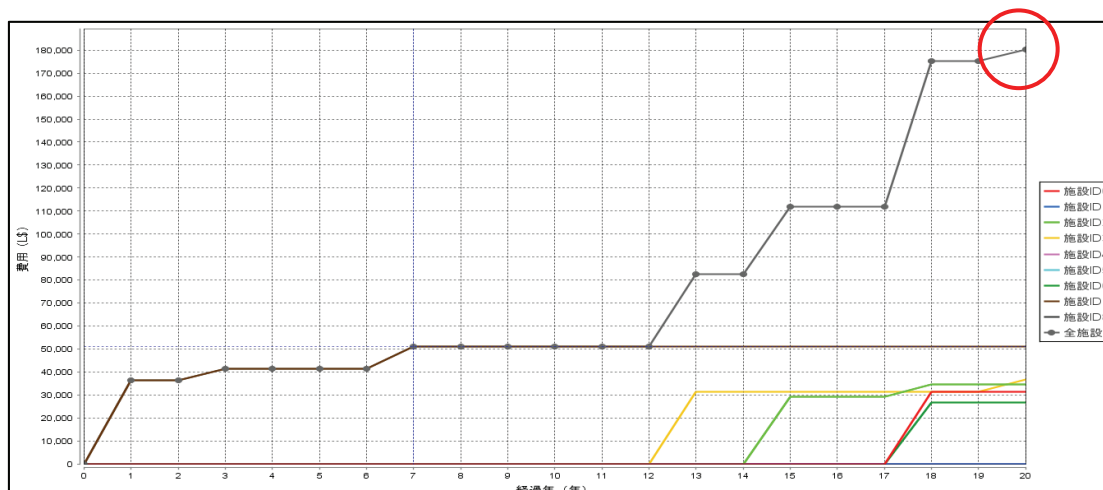


図 6-19 累積費用（事後保全の場合）

### 6.1.3 寿命段階

寿命段階は、寿命を設定せず、かつ健全度 1 以下で補修を実行するシナリオである。まず、施設の劣化状況を図 6-20 に示す。各施設ともに、健全度が 1 になった段階で補修・改修のルールが実行されている。図 6-21 に全 8 施設の利用者数の推移を示す。施設 ID3 では、予防保全の時には行われた改修工事がなくなっている事から、利用者数も次第に減少した。図 6-22 に公共区分の 3 施設の利用者数の推移を、図 6-23 に満足度の推移を、図 6-24 に全 8 施設の補修回数を、図 6-25 に各施設の部位毎の補修回数を、図 6-26 に年度別費用を、図 6-27 に累積費用を示す。累積費用は、最終年度で 325,000\$ となった。

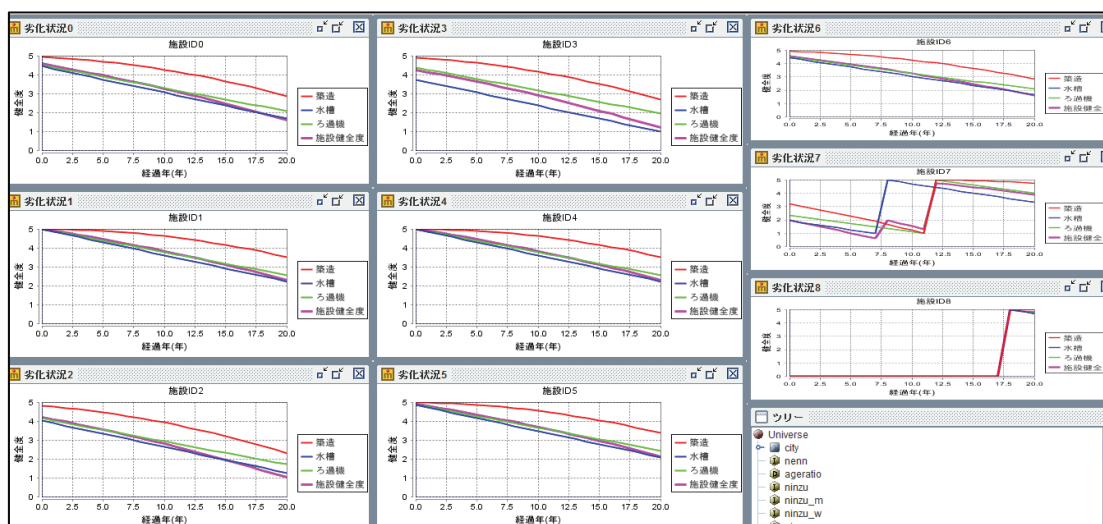


図 6-20 各施設の劣化状況の変化（寿命段階の場合）

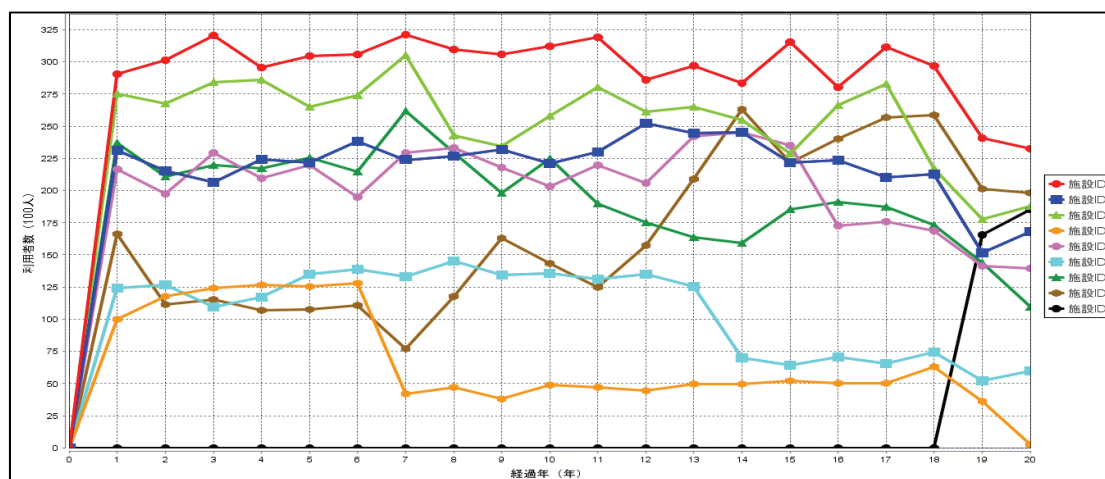


図 6-2 1 全施設の利用者数の推移（寿命段階の場合）

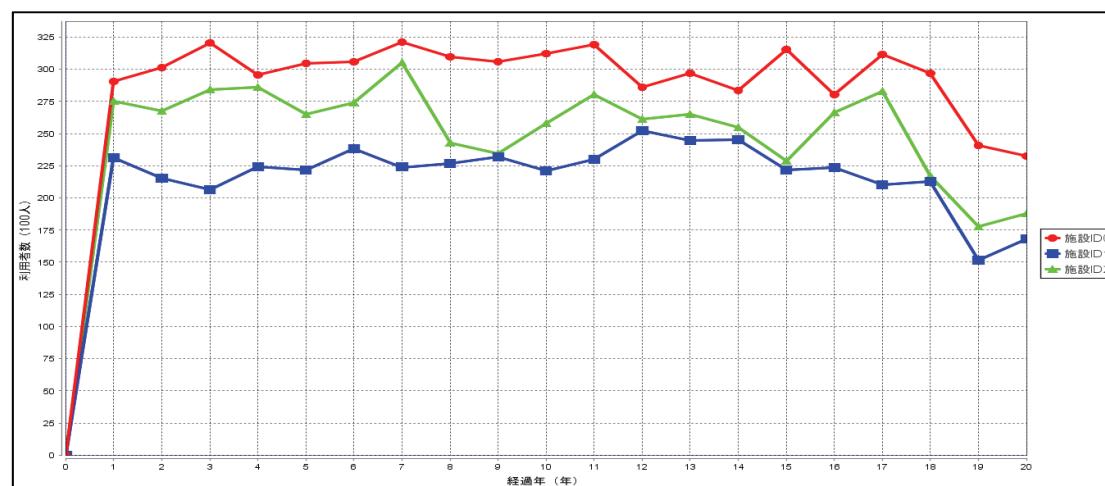


図 6-2 2 公共プール施設の利用者数の推移（寿命段階の場合）



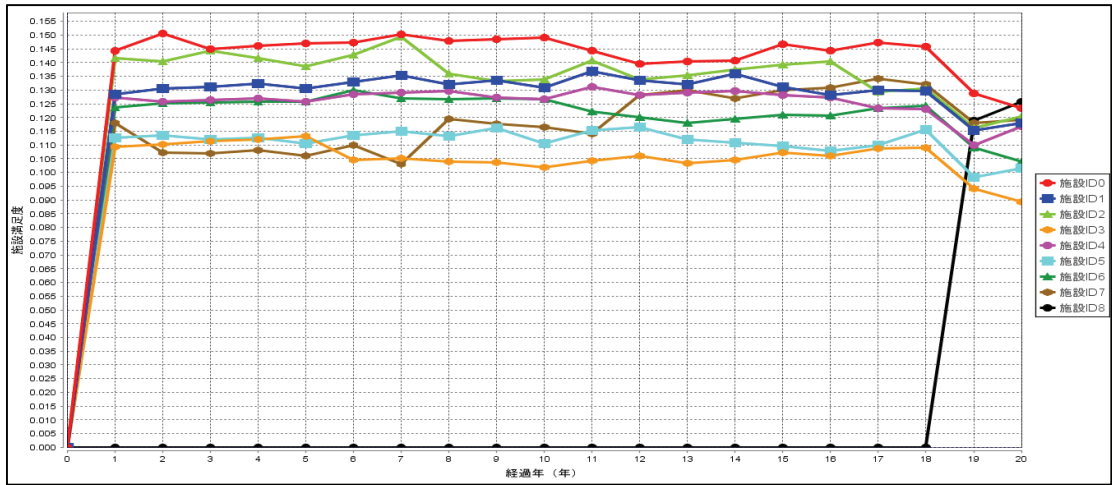


図 6-23 満足度の推移（寿命段階の場合）

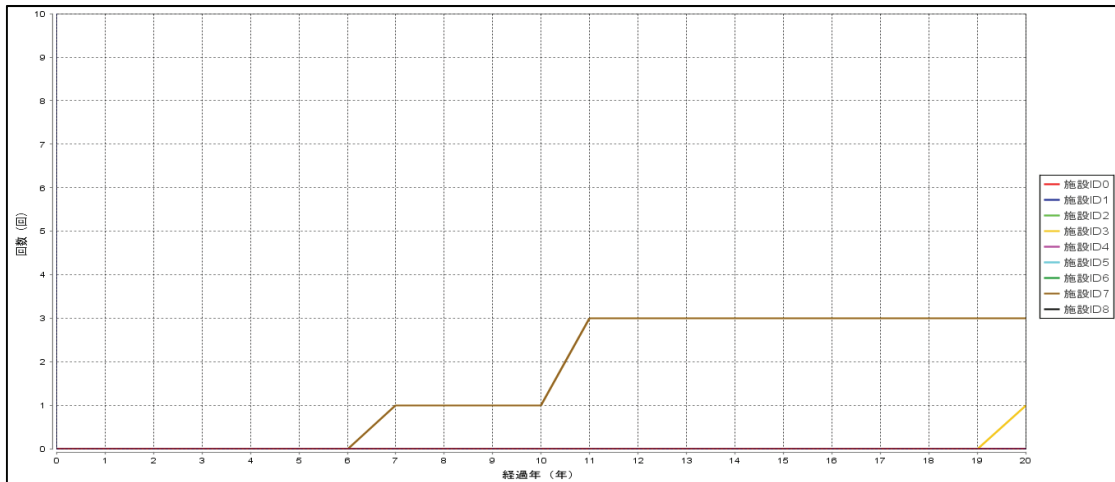


図 6-24 各施設の補修回数（寿命段階の場合）



図 6-25 各施設の部位毎の補修回数（寿命段階の場合）

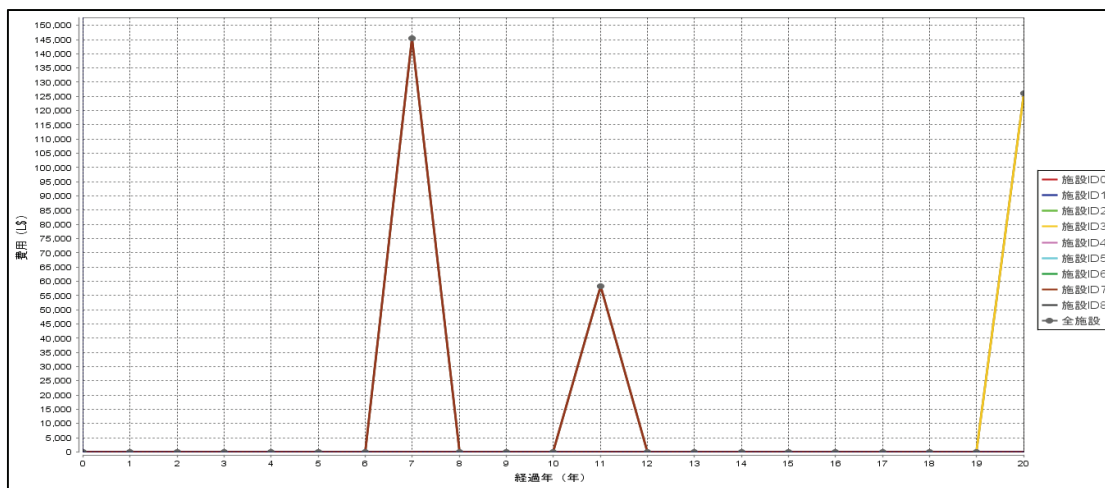


図 6-26 年度別費用（寿命段階の場合）



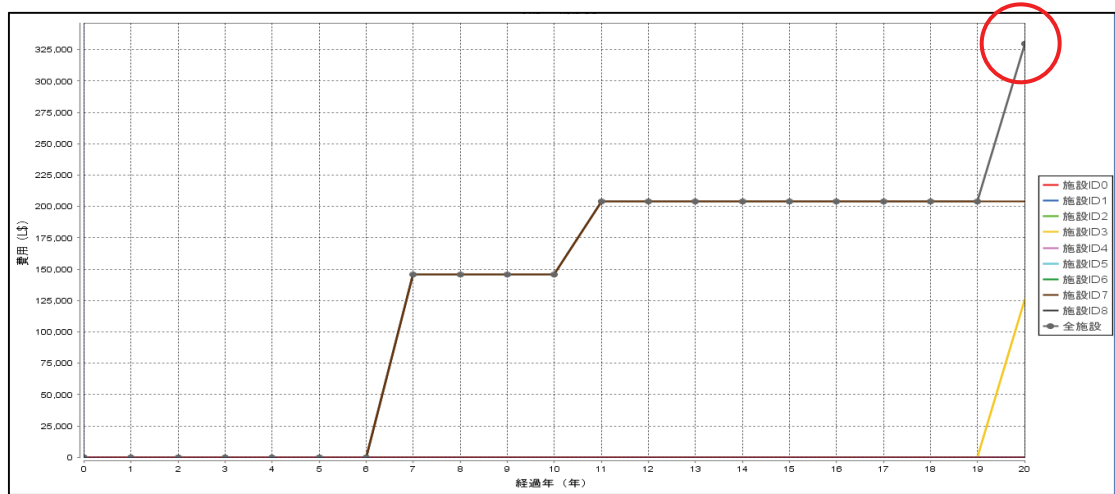


図 6-27 累積費用（寿命段階の場合）

## 6.2 考察

6.1 節で最も改修費用が少なく、かつ利用者数が最も多いシナリオを、最も望ましいと判断すると述べたが、実際に 3 つのシナリオの結果を比較した。比較項目は、施設利用者数、全体利用者数の平均、全体利用者数の合計、累積費用の 4 つである。ここで、「施設利用者数」とは、施設毎に求める利用者数で、「全体利用者数」とは、地域全体として求める施設利用者数の合計である。全体利用者数については、平均と合計を算出した。平均は、年度別の各全体利用者数の平均値を算出したものであり、合計は、年度別の各全体利用者数の合計を算出したものである。

まず施設利用者数について、3 つのシナリオを比較したところ、早期に対策を施すシナリオ程、利用者数の推移が平準化されている事が解った。公共プール施設のみを対象に絞ると、施設 ID2 は、予防保全では施設 ID0 と変わらない程の利用者数を確保していたが、その他のシナリオでは健全度の低下と共に、利用者数も減少していた。施設 ID0 については、いずれのシナリオにおいても、比較的多い利用者数を維持出来ていた。また、シナリオ別に分析すると、予防保全では、各施設の効用値を基に、利用者数が一定の水準で推移していく事が解った。この結果を基に、施設建設時にかかるイニシャルコストによって、どの程度の利用者数を見込めるか予め予測する事が可能であると期待される。事後保全では、20 年間のスパンで改修工事が行われた施設が ID0,2,3,6,7 の計 5 施設ある内、ID2,3,7 の計 3 施設で工事後の利用者数の増加を実現出来ていた。寿命段階では、施設 ID7 のみ、20 年間で改修工事が実施されるという結果になり、利用者数も唯一増加していた。1 施設のみ補修が行われた場合、工事の効果が利用者数増加にどの程度繋がったかを分析しやすいといえる。

次に、全体利用者数の推移を図 6-28 に、シナリオ別の結果を表 6-3（予防保全）、

表 6-4（事後保全）、表 6-5（寿命段階）に示す。シミュレーション開始前は、予防保全が最も多く、寿命段階が最も少なくなると予想していたが、寿命段階が最も少なく、予防保全が最も多くなった。

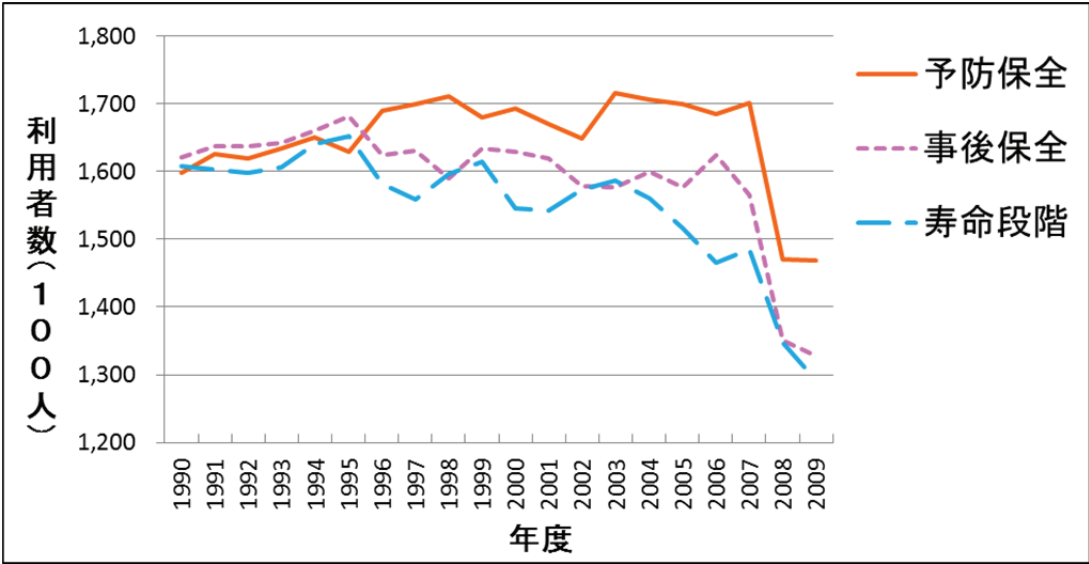


図 6-28 全体利用者数の推移

※ 全体利用者数は、3回の平均値をとった。

表 6-3 予防保全における全体利用者数

| k  | 年度   |     | 全体利用者数 |        |        | 平均     |
|----|------|-----|--------|--------|--------|--------|
|    | 西暦   | 和暦  | 1回目    | 2回目    | 3回目    |        |
| 1  | 2010 | H22 | 1,581  | 1,578  | 1,634  | 1,598  |
| 2  | 2011 | H23 | 1,617  | 1,668  | 1,590  | 1,625  |
| 3  | 2012 | H24 | 1,658  | 1,624  | 1,576  | 1,619  |
| 4  | 2013 | H25 | 1,638  | 1,650  | 1,614  | 1,634  |
| 5  | 2014 | H26 | 1,611  | 1,647  | 1,691  | 1,650  |
| 6  | 2015 | H27 | 1,676  | 1,606  | 1,604  | 1,629  |
| 7  | 2016 | H28 | 1,705  | 1,690  | 1,674  | 1,690  |
| 8  | 2017 | H29 | 1,691  | 1,684  | 1,725  | 1,700  |
| 9  | 2018 | H30 | 1,678  | 1,714  | 1,741  | 1,711  |
| 10 | 2019 | H31 | 1,677  | 1,715  | 1,647  | 1,680  |
| 11 | 2020 | H32 | 1,680  | 1,751  | 1,650  | 1,693  |
| 12 | 2021 | H33 | 1,665  | 1,697  | 1,650  | 1,671  |
| 13 | 2022 | H34 | 1,632  | 1,703  | 1,610  | 1,648  |
| 14 | 2023 | H35 | 1,720  | 1,653  | 1,775  | 1,716  |
| 15 | 2024 | H36 | 1,720  | 1,709  | 1,689  | 1,706  |
| 16 | 2025 | H37 | 1,728  | 1,651  | 1,721  | 1,700  |
| 17 | 2026 | H38 | 1,645  | 1,681  | 1,729  | 1,685  |
| 18 | 2027 | H39 | 1,712  | 1,673  | 1,721  | 1,702  |
| 19 | 2028 | H40 | 1,501  | 1,408  | 1,500  | 1,470  |
| 20 | 2029 | H41 | 1,474  | 1,470  | 1,461  | 1,468  |
| 平均 |      |     | 1,650  | 1,649  | 1,650  | 1,650  |
| 合計 |      |     | 33,008 | 32,971 | 33,003 | 32,994 |

表 6-4 事後保全における全体利用者数

| k  | 年度   |     | 全体利用者数 |        |        | 平均     |
|----|------|-----|--------|--------|--------|--------|
|    | 西暦   | 和暦  | 1回目    | 2回目    | 3回目    |        |
| 1  | 1990 | H2  | 1,636  | 1,646  | 1,583  | 1,622  |
| 2  | 1991 | H3  | 1,669  | 1,603  | 1,638  | 1,637  |
| 3  | 1992 | H4  | 1,641  | 1,643  | 1,626  | 1,637  |
| 4  | 1993 | H5  | 1,689  | 1,587  | 1,649  | 1,642  |
| 5  | 1994 | H6  | 1,639  | 1,645  | 1,694  | 1,659  |
| 6  | 1995 | H7  | 1,738  | 1,647  | 1,661  | 1,682  |
| 7  | 1996 | H8  | 1,575  | 1,663  | 1,636  | 1,625  |
| 8  | 1997 | H9  | 1,688  | 1,609  | 1,594  | 1,630  |
| 9  | 1998 | H10 | 1,641  | 1,552  | 1,577  | 1,590  |
| 10 | 1999 | H11 | 1,619  | 1,636  | 1,647  | 1,634  |
| 11 | 2000 | H12 | 1,622  | 1,647  | 1,618  | 1,629  |
| 12 | 2001 | H13 | 1,646  | 1,633  | 1,581  | 1,620  |
| 13 | 2002 | H14 | 1,616  | 1,540  | 1,581  | 1,579  |
| 14 | 2003 | H15 | 1,650  | 1,529  | 1,551  | 1,576  |
| 15 | 2004 | H16 | 1,620  | 1,601  | 1,580  | 1,600  |
| 16 | 2005 | H17 | 1,608  | 1,527  | 1,597  | 1,577  |
| 17 | 2006 | H18 | 1,597  | 1,641  | 1,634  | 1,624  |
| 18 | 2007 | H19 | 1,582  | 1,595  | 1,517  | 1,565  |
| 19 | 2008 | H20 | 1,356  | 1,352  | 1,347  | 1,351  |
| 20 | 2009 | H21 | 1,341  | 1,321  | 1,320  | 1,327  |
| 平均 |      |     | 1,609  | 1,581  | 1,581  | 1,590  |
| 合計 |      |     | 32,173 | 31,615 | 31,629 | 31,806 |

表 6-5 寿命段階における全体利用者数

| k  | 年度   |     | 全体利用者数 |        |        | 平均     |
|----|------|-----|--------|--------|--------|--------|
|    | 西暦   | 和暦  | 1回目    | 2回目    | 3回目    |        |
| 1  | 1990 | H2  | 1,612  | 1,625  | 1,589  | 1,609  |
| 2  | 1991 | H3  | 1,603  | 1,598  | 1,607  | 1,603  |
| 3  | 1992 | H4  | 1,542  | 1,610  | 1,642  | 1,598  |
| 4  | 1993 | H5  | 1,577  | 1,626  | 1,617  | 1,607  |
| 5  | 1994 | H6  | 1,684  | 1,637  | 1,601  | 1,641  |
| 6  | 1995 | H7  | 1,643  | 1,645  | 1,666  | 1,651  |
| 7  | 1996 | H8  | 1,578  | 1,580  | 1,586  | 1,581  |
| 8  | 1997 | H9  | 1,561  | 1,558  | 1,558  | 1,559  |
| 9  | 1998 | H10 | 1,612  | 1,596  | 1,580  | 1,596  |
| 10 | 1999 | H11 | 1,595  | 1,600  | 1,648  | 1,615  |
| 11 | 2000 | H12 | 1,493  | 1,564  | 1,581  | 1,546  |
| 12 | 2001 | H13 | 1,593  | 1,562  | 1,472  | 1,542  |
| 13 | 2002 | H14 | 1,586  | 1,577  | 1,558  | 1,574  |
| 14 | 2003 | H15 | 1,617  | 1,572  | 1,573  | 1,587  |
| 15 | 2004 | H16 | 1,544  | 1,558  | 1,579  | 1,560  |
| 16 | 2005 | H17 | 1,555  | 1,543  | 1,449  | 1,516  |
| 17 | 2006 | H18 | 1,434  | 1,461  | 1,500  | 1,465  |
| 18 | 2007 | H19 | 1,487  | 1,453  | 1,513  | 1,484  |
| 19 | 2008 | H20 | 1,331  | 1,340  | 1,373  | 1,348  |
| 20 | 2009 | H21 | 1,295  | 1,267  | 1,313  | 1,292  |
| 平均 |      |     | 1,547  | 1,549  | 1,550  | 1,549  |
| 合計 |      |     | 30,941 | 30,971 | 31,004 | 30,972 |

累積改修費用の結果を図 6-29 に示す。シミュレーション開始前は、予防保全が最も安く、寿命段階が最も高くなると予想していたが、シミュレーションの結果、事後保全が最も安く、寿命段階が最も高くなった。以上をまとめた結果を表 6-6 に示す。

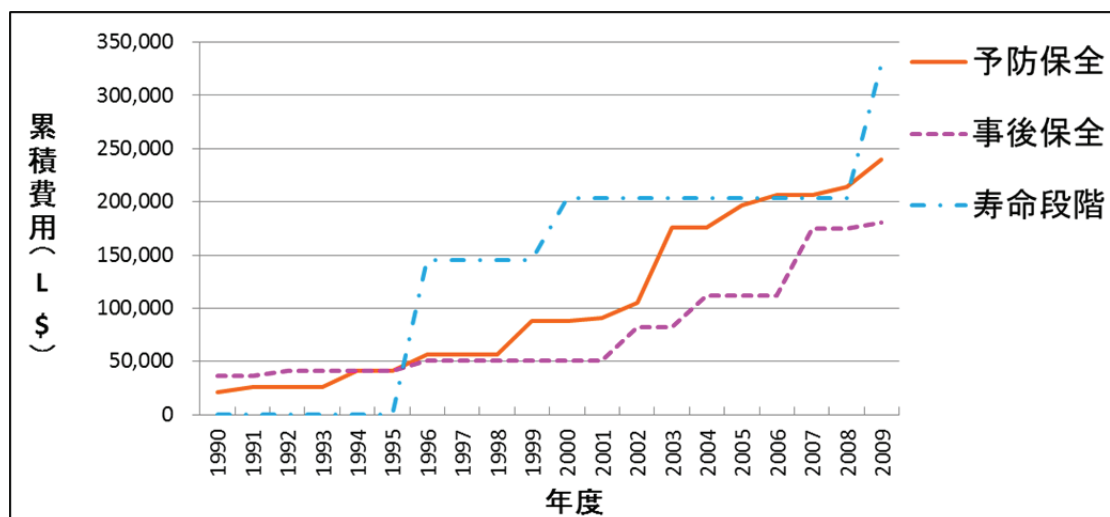


図 6-29 累積改修費用

表 6-6 シナリオ別の評価

|           | シナリオ       |            |            |            |
|-----------|------------|------------|------------|------------|
|           | 工事履歴       | 予防保全       | 事後保全       | 寿命段階       |
| 累積費用      | 290,000L\$ | 239,383L\$ | 180,308L\$ | 329,852L\$ |
| 全体利用者数の平均 | -          | 165,000人   | 159,000人   | 154,900人   |
| 全体利用者数の合計 | -          | 3,299,400人 | 3,180,600人 | 3,097,200人 |

累積費用については、予め設定しておいた単価の設定によるところが大きく、より妥当な値を出力するためには、建設単価や積算根拠等の調査を行い、適切に設定した値を用いて、解析を繰り返し実行する必要がある。一方で、利用者数は、第5章の結果から、信頼性のある指標である事が解ったため、本章で出力した全体利用者数の結果も妥当であると思われる。

このように、PAMMAS は、費用算出モデルについて課題は残ったものの、施設の劣化予測モデルに限定すると、最も望ましいシナリオがどれか判定する事は可能であり、FM に用いるツールとして、一定の評価と価値を得られたといえる。ただし、寿命段階や事後保全と比較して、予防保全の方が、費用も少なくかつ利用者数も多くなれば、なお良かった。今後は、さらに他のシナリオ、例えば施設の統廃合や市民の移転、道路の整備や電車の建設等のシナリオを作成し、解析を実施する事で、よりシステムの効果的な検証や利用の発展性に繋がると考える。

## 第7章 結論

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事で、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事のできるシミュレーションシステム（PAMMAS）を提案した。そして、提案した PAMMAS の開発を目的に、まず、建設物の維持保全の現状やマルチエージェントを用いた既往の研究について、調査及び整理を行い、本研究の有用性と新規性を確認した。また、システムを開発する上で必要な手法である、選択行動モデル手法や環境経済評価手法、人口の推計手法について説明した。

次に、PAMMAS の概要として、公共施設の対象をプールに絞り、その方法論を述べた後、実際にシステムで用いる要素のパラメータ化方法を、調布市のプール施設を事例に取り上げ説明した。変数化を行うにあたっては、既存のプール施設の点検データを使用して、劣化予測モデルを作成し、また、Web アンケートを実施する事で、利用頻度や交通手段等といった市民のプール施設の利用状況を把握し、プール施設を構成する各属性のどの項目を利用者が重要視しているか、どの程度の水準を妥当と考えているかを定量的に分析した。さらに、これら一連の方法論や結果を用いて、マルチエージェント・シミュレーションシステムの開発を行った。その際、まず過去のデータに基づくシミュレーションシステムを開発して、実際のデータを用いた正誤検証を行い、一定の精度が得られている事を確認した後、本来の目的である将来のシミュレーションシステムを開発し、解析・分析を実施した。その結果解った事を、結論と今後の課題として次節で述べる。

### 7.1 結論

本研究の結論を以下に示す。1,2 は PAMMAS の検証として過去のシミュレーションを行った結果、解った事であり、3～5 は、PAMMAS の応用事例として将来のシミュレーションを実行した結果、得られた結果である。6 は、システムとしての評価である。

1. PAMMAS を用いて人口の推移を算出した結果、過去の解析においては、誤差の平均値は 5%、将来の解析においては、誤差の平均値は 1%となり、非常に高い精度を確保出来ている事が解った。
2. PAMMAS を用いて利用者数の推移を算出した結果、施設 ID0 の誤差の平均値は 21%、施設 ID1 の誤差の平均値は 26%、施設 ID2 の誤差の平均値は 14%、3 施設の誤差平均値は、21%となり、比較的高い精度を得られている事が解った。
3. PAMMAS では、早い段階で補修を実行するシナリオ程、施設利用者数の値が、平準化される事が解った
4. 累積費用については、予想とは異なり、事後保全が最も安く、寿命段階が最も高くな

った。

5. 全体利用者数については、平均と合計ともに、寿命段階が最も少なく、予防保全が最も大きくなり、健全度が高い段階で補修・改修を実施するシナリオ程、高くなる事が解った。
6. PAMMAS は、費用算出モデルについての課題は残ったものの、施設の劣化予測モデルによるシナリオに限ると、最も望ましいシナリオがどれかを判断する事は可能となり、AM・FM に用いるツールとして、一定の評価を得られた。

## 7.2 今後の課題

今後の課題としては、PAMMAS における誤差の原因となった事項等が挙げられる。1,2 が、パラメータ化を試みたものの課題が残ったものであり、3,4 がパラメータ化する事が出来なかったものである。

1. アンケートのサンプル数を確保出来なかったため、結果にバラつきが生じた。
2. アンケートの実施が現在の 1 時点であり、時間的移動可能性を考慮出来ていない可能性がある。5 年後などに再度アンケートを実施し、本研究で取得したデータと比較整合を図る事で新たな知見が得られると考える。
3. 利用者に関するものとして、建設当初の真新しい施設を好む傾向や、施設に対する認知度、金銭価値の変化等を、考慮したモデル化を行う必要がある。
4. 環境条件に関するものとして、施設の統廃合や廃止、市民の移転や転居、道路の整備や電車の敷設等のシナリオを作成し、解析を実施する必要がある。

以上の項目について、今後詳細に調査、分析、設計及び開発する事で、PAMMAS の効果的な検証や研究成果の向上、利用発展に繋がると考える。

## 参考文献

- 1) 貝戸清之, 青木一也, 小林潔司: 実践的アセットマネジメントと第2世代研究への展望, 土木技術者実践論文集, Vol.1, pp67-82, 2010
- 2) 宮川豊章, 保田敬一, 岩城一郎, 横田弘, 服部篤史: 土木技術者のためのアセットマネジメント, 土木学会論文集 F, Vol.64, No.1, pp24-43, 2008
- 3) (社)日本コンクリート工学協会: 技術者向け よくわかるアセットマネジメント, 2006
- 4) 北海道建設部: 公共土木施設長寿命化検討委員会 報告書, 2006
- 5) 広島県土木局総務管理部技術企画課: 広島県におけるアセットマネジメントへの取り組みについて, 2008
- 6) 浜松市土木部: 公共施設長寿命化基本方針(土木施設編), 2009
- 7) 静岡県建設部道路局道路整備室: 土木施設長寿命化計画橋梁ガイドライン, 2009
- 8) 鹿児島県土木部道路維持課: 鹿児島県橋梁長寿命化修繕計画 ～鹿児島県の橋を長持ちさせる計画～, 2010
- 9) 北九州市建設局道路維持課: 北九州市橋梁長寿命化修繕計画, 2010
- 10) 大阪市建設局道路部橋梁課: 大阪市の橋梁長寿命化修繕計画, 2010
- 11) FM調査研究プロジェクトチーム 青森県: FM(ファシリティマネジメント)を活用した県有施設の効果的な管理運営手法の導入に関する調査研究, 2003
- 12) 藤沢市: 公共施設マネジメント白書 一施設を通じた行政サービスの現状と分析一, 2008, <http://www.city.fujisawa.kanagawa.jp/kikaku/page100157.shtml> (2010.6.10 アクセス)
- 13) 習志野市: 公共施設マネジメント白書 一施設の現状と運営状況の分析一, 2009, <http://www.city.narashino.chiba.jp/joho/keieikaikaku/torikumi/hakusho/index.html> (2010.6.10 アクセス)
- 14) 調布市: 調布市公共建築維持保全計画, 2010  
<http://www.city.chofu.tokyo.jp/www/contents/1269414853805/index.html> (2010.6.10 アクセス)
- 15) 日経コンストラクション (2010-12-10), pp.51, 2010
- 16) 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
- 17) 山影進, 服部正太: コンピュータの中の人工社会 マルチエージェントシミュレーションモデルと複雑系, 2003
- 18) 兼田敏之: artisocで始める歩行者エージェントシミュレーション 原理・方法論から安全・賑わい空間のデザイン・マネジメントまで, 2010
- 19) 北中英明: 複雑系マーケティング入門 ―マルチエージェント・シミュレーションによ

るマーケティングー, 2005

- 20) 奥俊信：主に空地を介した土地利用移転によって形成される土地利用パターンの特徴, 日本建築学会環境系論文集, 第 617 号, pp87-94, 2007
- 21) 瀧澤重志：適応的マルチエージェントシステムによる都市の土地利用パターンの形成, 日本建築学会計画系論文集, 第 525 号, pp267-275, 2000
- 22) 川村一平, 沈振江：MAS を用いたミクロな土地利用計画支援システムの開発と適用～ エージェントの意志決定による建物形態シミュレーション～, 日本建築学会・情報システム技術委員会, 第 31 回情報・システム・利用・技術シンポジウム, 2008
- 23) 戸川卓哉, 林良嗣, 加藤博和：マルチエージェントアプローチによる均衡型土地利用モデルの拡張, 第 37 回土木計画学研究発表会投稿原稿, 2008
- 24) 池谷直樹, 谷本潤, 荻島理, 相良博善：マルチエージェント・シミュレーションに基づく都市部における人口分布の過渡的動態モデルに関する研究, 日本建築学会技術報告集, 第 13 巻, 第 26 号, pp845-848, 2007
- 25) 今尾洋平, 塚田健人, 田村亨, 有村幹治：マルチエージェント・シミュレーションを用いた人口移動分析への適用可能性, 土木計画学研究・論文集 32 号, 論文 No.76, 2005
- 26) 長崎浩紀, 渡辺公次郎, 近藤光男：世帯の空間分布予測モデルを用いた土地利用計画支援システムの開発, 日本建築学会計画系論文集, 第 74 巻, 第 636 号, pp409-416, 2009
- 27) 安藤陽介, 横田敬司, 吉川徹：都市衰退過程での空き家の発生と集積および空地の商業への影響に着目したマルチエージェントによる都市シミュレーション, 日本都市計画学会 都市計画論文集, No40-1, pp51-59, 2005
- 28) 秋山孝正, 奥嶋政嗣：人工社会型都市モデルを用いたまちづくり政策の検討, 土木計画学研究・論文集, Vol.25, No.3, pp709-716, 2008
- 29) 奥嶋政嗣, 秋山孝正：人工社会モデルを用いた地方都市コミュニティバスの交通需要喚起策の検討, 土木計画学研究・論文集, Vol.24, No.3, pp509-516, 2007
- 30) 中野友道, 中野冠：ライフサイクルを考慮した都市構造シミュレーションモデル, 第 10 回 MAS コンペティション, 2010, <http://mas.kke.co.jp/modules/tinyd3/> (2010.6.10 アクセス)
- 31) 社団法人日本橋梁建設協会：鋼橋のライフサイクルコスト —鋼橋における耐久性向上への取り組み—, 技術短信, No.10, 2009
- 32) 財団法人建築保全センター：建築物のライフサイクルコスト, 2005
- 33) 謝秉銓, 角田誠：「施設運営管理費と施設の利用実態に着目した公共施設マネジメント手法に関する研究 —東京都多摩市をモデルとして—」, 日本建築学会計画系論文集, 第 74 巻, 第 638 号, pp.911-977, 2009
- 34) 山下光博, 吉田倬朗, 山本康友：「庁舎施設への維持保全投資の実態に関する研究」, 日本建築学会計画系論文集, 第 73 巻, 第 628 号, pp.1313-1319, 2008
- 35) 岡田真幸, 位寄和久, 下田貞幸：「AHP を用いた定量的 LC 評価手法に関する研究 —日



- 本型ファシリティマネジメント業務モデルに関する研究―」, 日本建築学会九州支部研究報告, 第 43 号, pp.1-4, 2004
- 36) 北村隆一, 森川高行: 交通行動の分析とモデリング, 2002
  - 37) 大野栄治: 「環境経済評価の実務」, 2000
  - 38) 鷺田豊明, 栗山幸一: 環境評価ワークショップ, 1999
  - 39) 合崎英男: MS Excel を利用した選択実験データの統計分析マクロ・プログラムの開発, 農業情報研究 16(3), 2007
  - 40) 独立行政法人 農業工学研究所 農村計画部: 表計算ソフトを利用した選択実験の計測手順, 2004
  - 41) 合崎英男: 直行配列表を用いたプロファイル作成の手順, 農業工学研究所技報 第 200 号, 2002
  - 42) Johnson, F. Reed, and William H. Desvousges, “Estimating Stated Preferences with Rated-Pair Data: Environmental, Health, and Employment Effects of Energy Programs,” Journal of Environmental Economics and Management, Vol.34, pp.79-99, 1997
  - 43) 永田靖: 入門 実験計画法, 2008
  - 44) 田口玄一: 新版 実験計画法 上, 1967
  - 45) 木村香代子: Rating Based Conjoint と Choice Based Conjoint, マーケティング・サイエンス, Vol.5, No.1・2, pp.56-69, 1997
  - 46) 調布市: 調布市の将来人口推計, 2010
  - 47) 彰国社刊: 新建築学大系 21 地域施設計画, 1984
  - 48) (株) 構造計画研究所: InterviewLand,  
[http://www.kke.co.jp/product/catalogue/detail/72\\_index\\_msg.html](http://www.kke.co.jp/product/catalogue/detail/72_index_msg.html) (2011.5.8 アクセス)
  - 49) 調布マップ, <http://www2.wagamachi-guide.com/chofu/> (2010.6.10 アクセス)
  - 50) 調布市総務部総務課: 調布市統計書,  
<http://www.city.chofu.tokyo.jp/www/genre/00000000000000/1273194662134/index.html> (2010.12.01 アクセス)
  - 51) 厚生労働省: 平成 21 年簡易生命表の概況について, 2010
  - 52) 阿久津邦男: 歩行の科学, pp.56-57, 1975
  - 53) 香川県高松市: 自転車・歩行者交通量およびアンケート調査の結果, 2007
  - 54) 吹田市: 2008 年教育費決算,  
<http://www.ne.jp/asahi/suita/kyouiku-kankyoku/21koujimeisai.html> (2011.12.15 アクセス)
  - 55) 静岡県 土木部 港湾整備室: 係留施設等ガイドライン (案) 【実践資料編】
  - 56) 財団法人経済調査会: 公表価格.com,

<http://kohyo.kensetsu-plaza.com/search/price/H05040050000610/> (2011.12.15 アクセス)

57) 調布市行政経営部政策企画課：調布市民意識調査報告書 平成 21 年度版, 2010

58) 調布市総務部総務課：事務報告書

# 付録1（マルチエージェントシミュレータ「artisoc」について）

## 1. はじめに

「マルチエージェント」とは、人間行動や経済現象・社会現象について局所的な情報に基づき自律的に行動する「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のことである。多数のエージェントや環境に一定のルールを指定し実行させることで、ある行動から発生する現象をシミュレーションし、その結果を次の意志決定にフィードバックして次の行動を決定することを繰り返す。この手法を用いれば、いつ・何を行うと、社会全体に対してどのような影響が起こりうるかを人工社会上で試行錯誤することができる<sup>1),2)</sup>。

マルチエージェント型シミュレーションを作成するツールとしては、StarLogo、artisoc、RePast、Swarm 等がある。このうち、Swarm や RePast は、Java ベースのシミュレータであり、この言語を習得するには多くの労力を費やす必要がある。「artisoc」は（株）構造計画研究所が制作したマルチエージェント・シミュレーションのプラットフォームで、VisualBasic の文法に準拠している。機能的には、以上 4 つのツールに大きな差はないが、簡単なプログラミングですぐにモデルを作成でき、結果を視覚的かつ直観的に表現できる事、及び、ソフトを入手できた事から、artisoc を使用することとした。

## 2. artisoc のモデルについて

artisoc のモデルは、以下に示す基本的要素により構成されている。

- 「エージェント」と呼ばれる行動主体
- 個々のエージェントの属性（性質や役割）を表す「変数」
- エージェントが行動する（他のエージェントと関係する）「ルール」
- エージェントが行動（相互作用）する「空間」ないし「場」
- シミュレーションやモデル全体に関わる「変数」や「ルール」

これらの基本要素を次のようにまとめている。

### ① ツリー画面

Universe と呼ばれる「全体」、「空間」、「エージェント（種）」という 3 階層からなる。

### ② 変数

Universe、空間、エージェント種の各々について指定する。数値や文字列。

### ③ ルールエディタ

Universe とエージェント（種）にシミュレーションのルールを書き込む。

④ ルール

エージェントの行動ルールだけでなく、シミュレーションを管理するルールや観察するための集計方法なども含む。

3. artisoc のプログラミング環境について

artisoc のモデルを構築していく際の、ユーザインタフェースについて説明する。

■ コンポーネントツリー

シミュレーションに用いる要素のことを全て含めて「コンポーネント（構成物）」と呼ぶ。コンポーネントツリーは、この階層構造を樹形図のように表したもので、最上位に Universe が存在する。この下に、空間やエージェント、変数を配置していく。

■ Universe

すべてのコンポーネントは、Universe の下階層に配置してシミュレーションを構成する。空間を伴わないモデルも構築可能。

■ 空間

エージェントや変数を配置する空間。格子モデルと六角形モデルがあり、レイヤを使用する事で、3次元空間にもなる。

■ エージェント

シミュレーションの中で、一定のルールに従って行動・相互作用するコンポーネントをエージェントと呼ぶ。他のエージェントに働きかけたり、他のコンポーネントから影響を受けたりする。値を入力することで、X,Y 座標など変数の初期値を設定できる。

■ 変数

各コンポーネントが持っている情報や状態を数値や文字の形で格納しておく箱のようなもの。必ず型を持ち、使う前に宣言する必要がある。Universe、空間、エージェントの各々について指定できる。空間の下にエージェントを作成すると、自動的に変数 ID、X、Y、Layer、Direction が生成される。

- ID : エージェント種別毎にエージェントの 1 つずつを見分けるためにつけられる番号。
- X、Y : 2次元上のエージェント位置座標。実数型である。
- Layer : 空間の階層で、X、Yに加えてもうひとつの軸。整数型である。
- Direction : エージェントの向きを度数で示したもの

#### 4. モデル構築の手順

artisoc のモデル作りの手順を説明する。通常次のような手順で進める。

[コンポーネントの配置と設定] ⇒ [出力設定]

⇒ [エージェントルールの記述] ⇒ [実行とデバック]

##### 1) コンポーネントの配置と設定

まず、コンポーネントツリーの Universe の下に、空間を追加する。この際、「空間プロパティ」画面が表示されるので、「空間名」を入力し、「空間種別」から、「格子モデル」または「六角モデル」を選択する。さらに、「空間の大きさ」を決定し、「ループする」または「ループしない」を選択する。

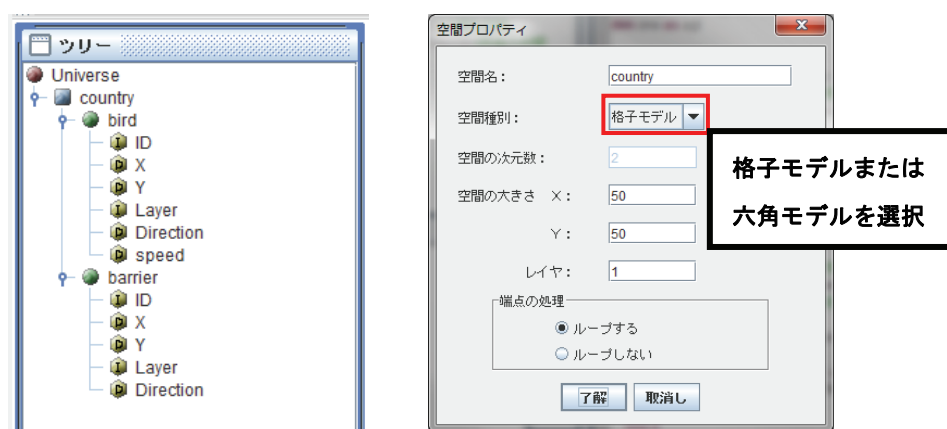


図 7-1 ツリー画面 (左)、空間プロパティ (右)

- 格子モデル :

空間が連続的でエージェントが自由に動ける場合と、空間が格子のかたちをしていてエージェントは格子をとびとびにしか動けない場合がある。

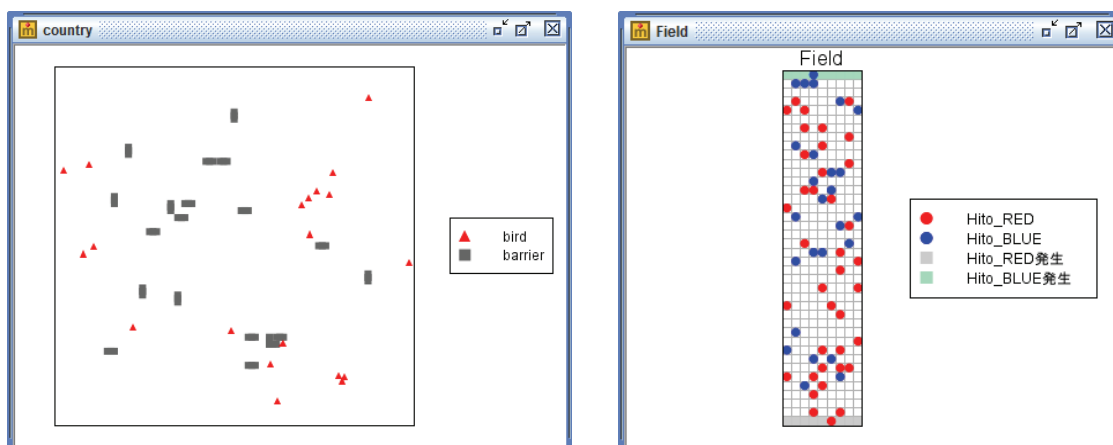


図 7-2 自由空間 (左)、格子空間 (右)

- 六角モデル：

格子型の空間を六角形のセルにする方法。エージェント同士が6辺で接するため、エージェントがマス目に沿って動いたり、地理的単位をエージェントとするモデルに適している。特に、複数のエージェントがさまざまな配置でまとまり、地域社会とか国家のような領域を構成し、複雑な空間的近隣関係を生み出すような現象のモデル化に便利である。

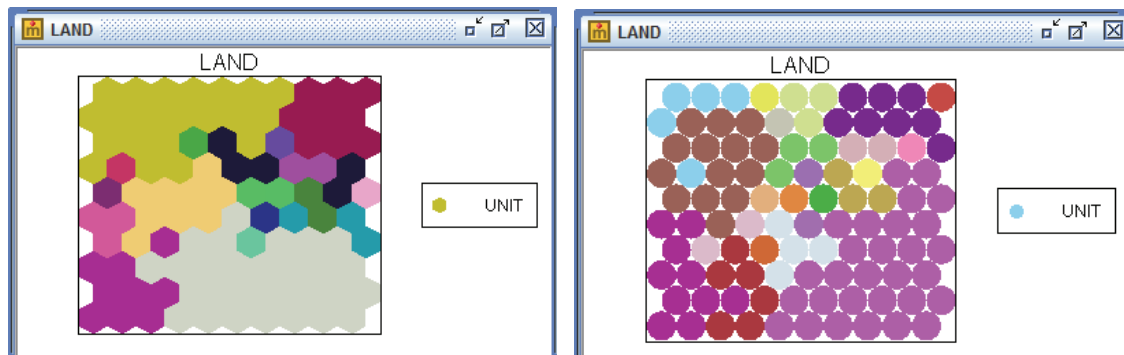


図 7-3 六角モデル（左）、エージェントが丸の場合（右）

次に、空間の下に、エージェントを追加する。この際、「エージェント型プロパティ」画面が表示されるので、「エージェント名」と「エージェント数」を入力する。コントロールパネルを使用して、エージェント数を変更できるようにするときは、生成エージェント数を0にしておく。また、初期値を設定することで、シミュレーション開始時の各エージェントの位置、進む方向、スピード等の変数の各値を決めることができる。

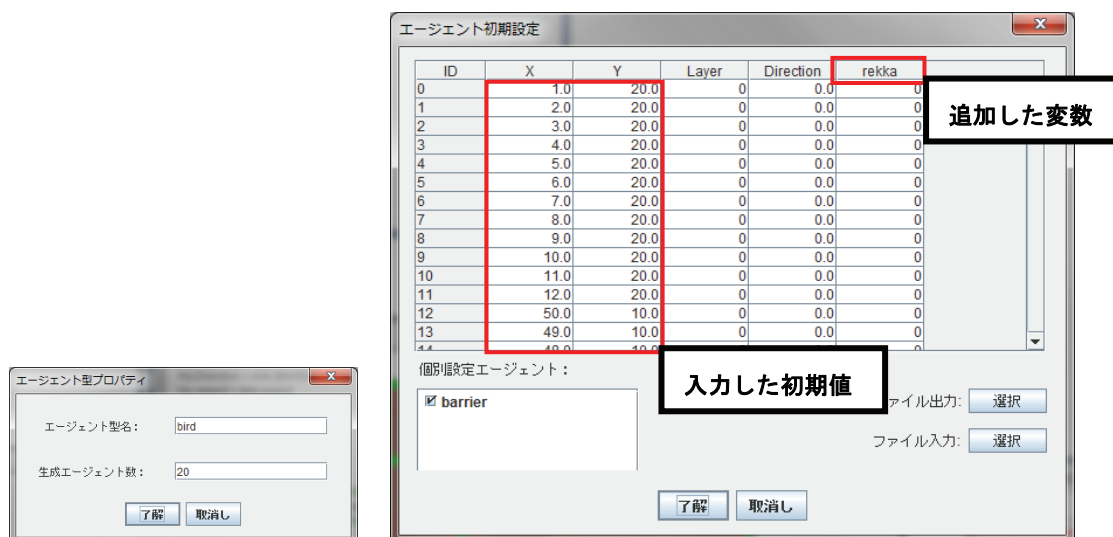


図 7-4 エージェント型プロパティ（左）、初期設定（右）

また、Universe、空間、エージェントには、変数を追加することができる。それぞれにカーソルを合わせて、右クリックを押すと、変数プロパティ画面が表示されるので、変数名を入力し、変数の型を選択する。記憶数、次元数を入力することも出来る。

- 記憶数：  
変数の過去の状態（値）を記憶する。何ステップ分の状態を残すか指定し、GetHistory 関数で所得できる。最大記憶数は、10000 である。
- 次元数：  
変数に格納するデータの数を増やしたいときに使用する。1 次元の場合、0 から配列数で指定した数  $n$  までの  $n+1$  個のデータを格納できる。2 次元の場合、1 次元の配列数を  $m$ 、2 次元の配列数を  $n$  とすると、 $(m+1) \times (n+1)$  個のデータを格納できる。

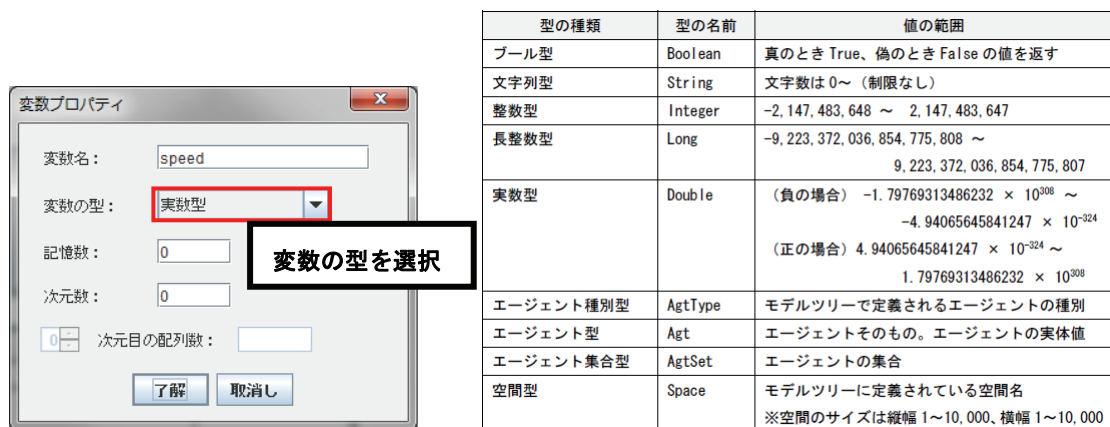


図 7-5 変数プロパティ (左)、変数の型 (右)

## 2) 出力設定

「設定」メニューから「出力設定」を選択すると、「出力個目リスト」を選択できる。

- マップ出力：  
X と Y からなる二次元空間を表示。横軸 X と縦軸 Y のグラフとみなすことも可能
- 時系列グラフ：  
X 軸には、最大表示ステップ数と目盛り間隔、Y 軸には目盛り間隔と最大値・最小値を設定。ステップを刻むに従い、値の推移を動的に観察。
- 値画面出力：  
変数の値や、計算後の値を画面上に表示
- ファイル出力：  
シミュレーションのログをファイルとして任意のフォルダへ出力。ファイル名や出力間隔（何ステップ毎に出力するか）を設定。
- その他：  
棒グラフ、円グラフ、散布図、折れ線グラフ、対数グラフ、ヒストグラムがある。

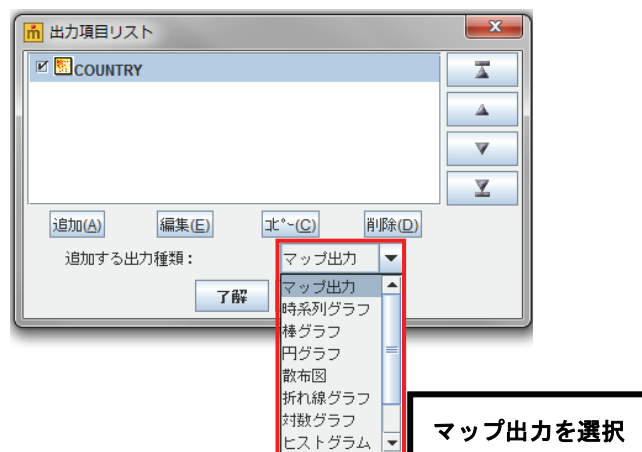


図 7-6 出力項目リスト

ここでは、「マップ出力」を選択する。「マップ出力設定」画面が表示されるので、マップ名とマップタイトルを入力し、「マップ要素リスト」にて、「追加」ボタンから追加したいエージェントを選択する。「要素設定」画面が表示されるので、「要素名」を入力し、「エージェント表示色」を決定する。「変数指定」を選択すれば、変数によってエージェントの色を変化させることができる。

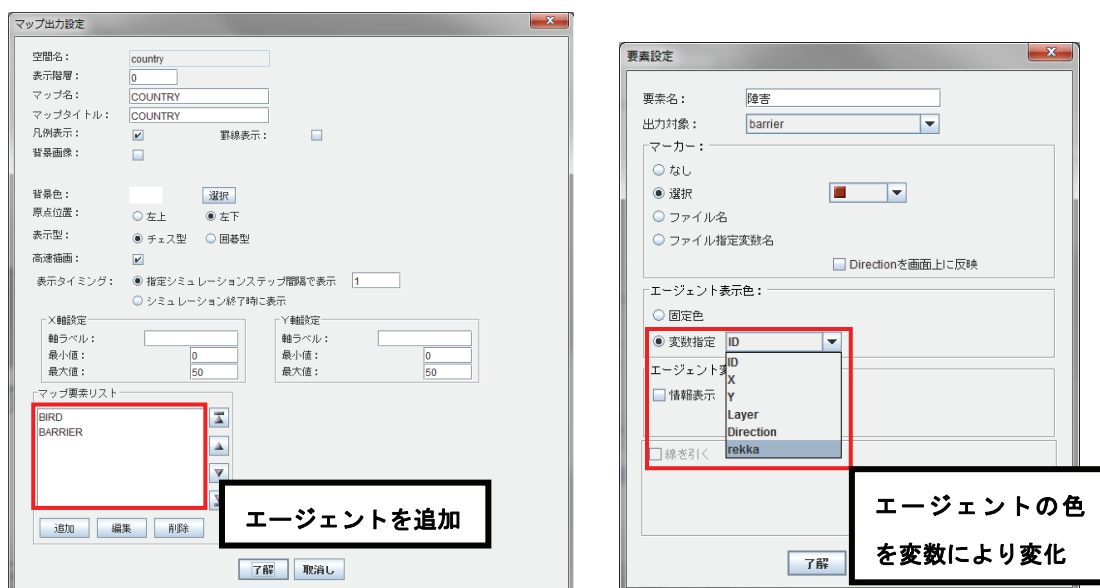


図 7-7 マップ出力設定 (左)、要素設定 (右)

### 3) エージェントルールの記述

シミュレーションを動かすためには、Universe とエージェントに、ルールを記述しなければならない。それぞれの項目上でダブルクリックすると、ルールエディタが開かれるので、ここにルールを記述する。各ルールについて説明する。



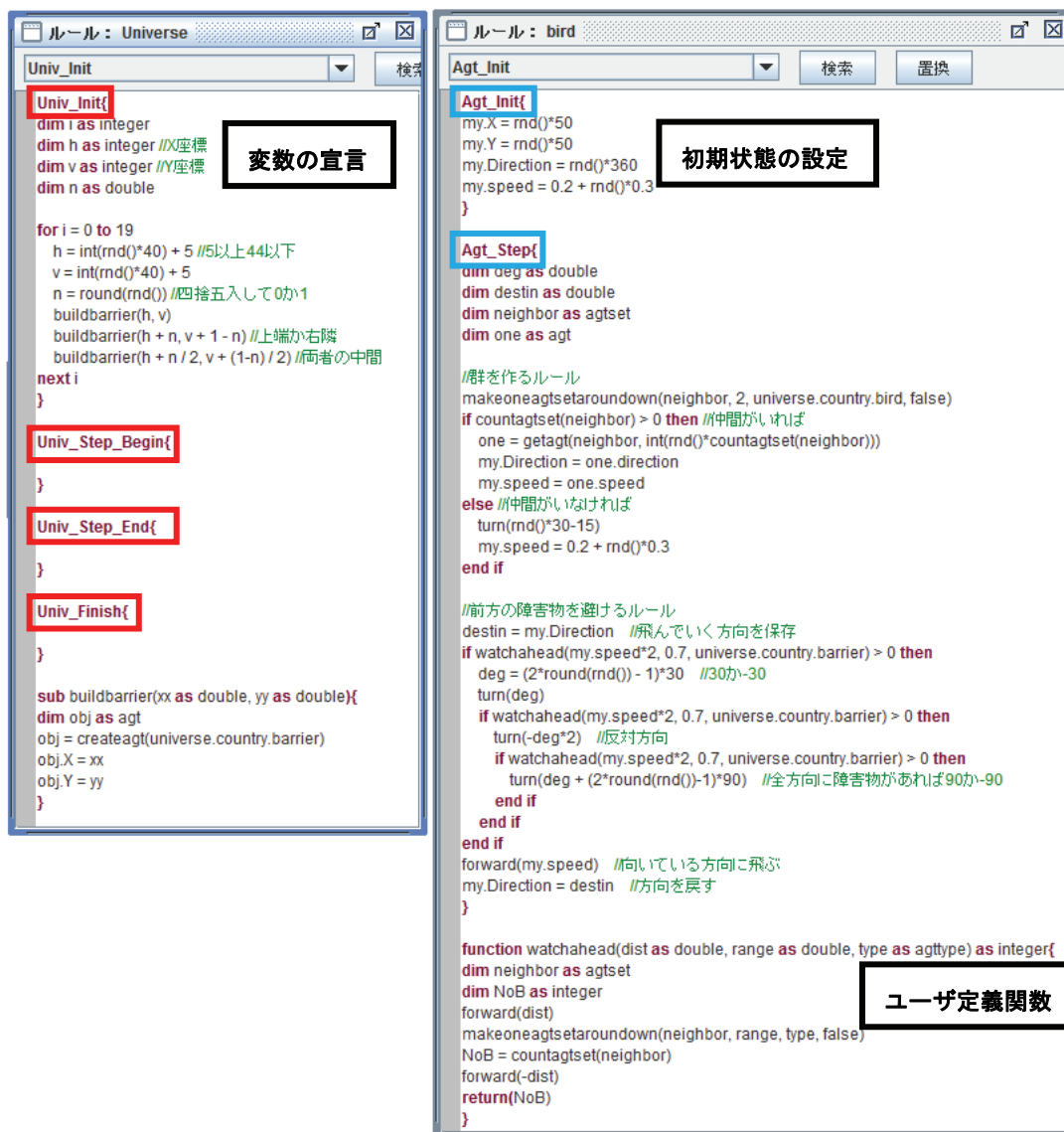


図 7-8 ルールエディタ

#### ■ 特殊関数

- **Agt\_Init{}** :  
シミュレーションの実行に際して、エージェントが生成されるとき 1 回だけ実行させる関数。
- **Agt\_Step{}** :  
シミュレーションが終了するまで毎ステップ実行させる関数。
- **Univ\_Init{}** :  
Universe のルール内で用いる関数で、シミュレーションの最初に 1 度だけ実行させる関数。
- **Univ\_Step\_Begin{}** :

シミュレーションが終了するまで毎ステップ繰り返し実行させる関数。各ステップで、他のどのルールよりも最初に実行される。

- **Univ\_Step\_End{}** :

シミュレーションが終了するまで毎ステップ繰り返し実行させる関数。各ステップで、他のどのルールよりも最後に実行される。

- **Univ\_Finish{}** :

シミュレーションが終了する直前に 1 度だけ実行される関数。

- ユーザ定義関数

ユーザが自由に定義できる関数。

- **Function** 型 : 戻り値を返す
- **Sub** 型 : 戻り値を返さない

- 変数宣言

その関数の中だけで使用する変数を宣言する部分。ローカル変数と呼ぶ。

- **Dim** 変数指定子 **As** 変数の型

- 実行部

ブロックと呼ばれる一連の実行文で構成され、エージェントの動作を記述する。

- 代入文 :  
変数に値をセットする。 変数指定子 = 式
- 条件判断文 :  
条件によって処理を分岐させる。If 文を使用。
- 繰り返し文 :  
処理を繰り返す。For 文、Do While 文、Do Until 文がある。
- 飛び越し文 :  
制御の流れを変更する。Goto 文、Break 文がある。
- インクルード文 :  
外部ファイルに定義した関数を読み込むための文。include 文を使用。
- **Return** 文 :  
関数の実行を終了して、呼び出し側に実行の制御を戻すための文。

- 組み込み関数

特定の行動をさせるため、**artisoc** に予め用意されているルール。自分で作成することもできる。

- エージェント操作 :

エージェントを動かし、操作するために使用する組み込み関数。エージェントルールエディタに書き込む。ここでは、いくつか例を取り上げる。

➤ **GetAgt :**

エージェント集合型変数の指定位置にあるエージェント数を取得する。

➤ **MakeAgtSet :**

指定したエージェント種別のエージェント全てを、エージェント集合型変数に格納する。

➤ **MakeAgtSetAroundOwnCell :**

指定したエージェント集合の中から、エージェント自身の周りにいるエージェントを選び、指定したエージェント集合型変数に格納する。

● **空間操作 :**

Universe ルールエディタに書き込む。ここでもいくつか例を取り上げる。

➤ **GetHeightSpaceOwn :**

エージェント自身が乗っている空間の横幅を取得する。

➤ **GetWidthSpace0 :**

指定された空間の横幅を取得する。

4) 実行とデバック

■ **コントロールパネル**

Universe の直下にある変数を、マウスやキーボードを用いて、実行中に変更する。「コントロールパネル設定」を選択し、以下の項目を追加する。

● **ボタン :**

ボタンを押した時、on の状態になり、対応する変数を任意の値にする。

● **トグルボタン :**

ボタンを押す度に、on/off を切り替え、それぞれの時に、対応する変数の値を設定した値にする。

● **スライダー :**

ダイアログに入力した「範囲」内をマウスのドラッグによって任意に動かせる。

● **直接入力 :**

キーボードで直接数値等を入力できる。

● **ドロップダウンリスト :**

表示セルの右ボタンをクリックするとリスト一覧が表示され、その中から選択した値を変数に代入する。

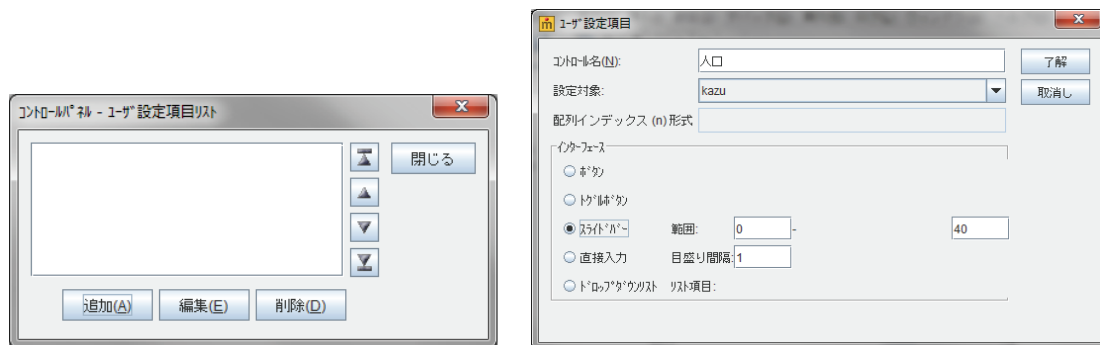


図 7-9 コントロールパネル設定画面（左）、追加項目（右）

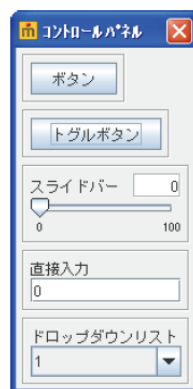


図 7-10 コントロールパネル一覧

## ■ 実行機能

ユーザがシミュレーションを開始したり、途中で一時停止したり、終了させたりする場合は、実行パネルを使う。「実行」ボタンを押すと、出力設定で追加した項目が表示され、シミュレーションの実行状況を確認することができる。

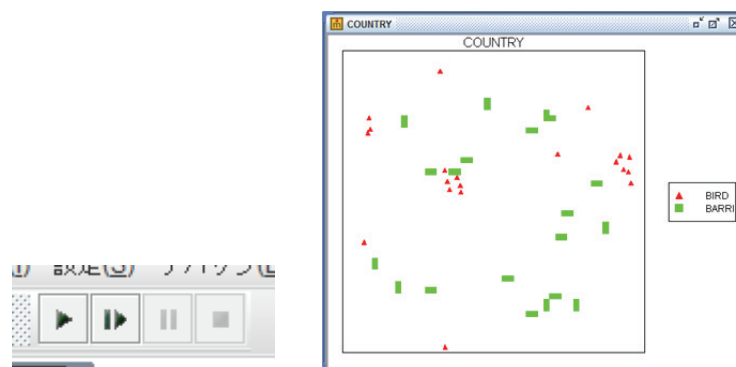


図 7-11 実行パネル（左）、マップ出力（右）

## 5. 事例紹介<sup>3)</sup>

### 例 1：商業施設の賑わいとイベント効果

#### ■ 概要

人気のある商業施設の場合、それぞれの店の中だけでなく、外の通路や広場に多く人がいて、同じ通りでも人通りの多い場所と少ない場所がある。人通りの少ない場所をもっと賑やかにするためには、配布物やイベントを催すことが考えられる。しかし、これによってより多くの人が集まってきてしまい、他の人の通行の妨げや怪我の発生の心配が生じれば、どこで配布やイベントを行えばいいのか検討し直さなければならない。そのような状況をシミュレーションしたモデル。

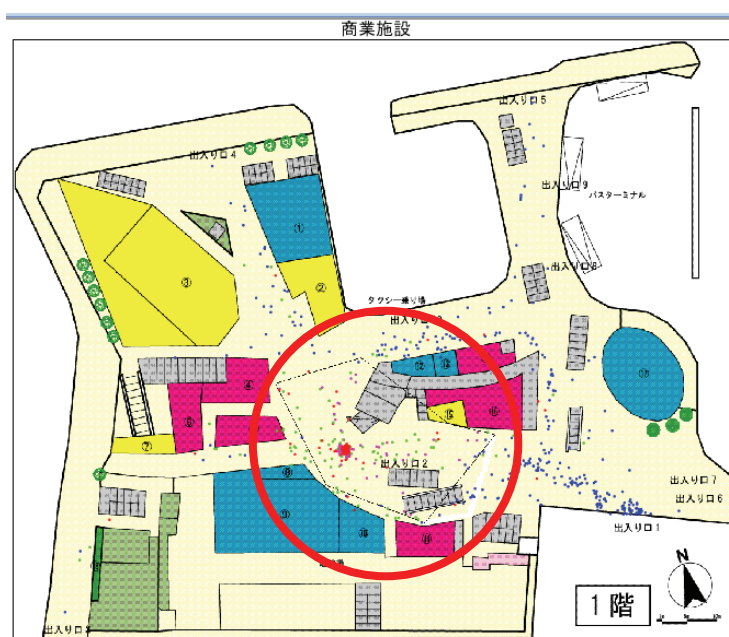


図 7-1 2 シミュレーション画面

#### ■ 使用ルール

##### ● 歩行目標維持機能：

歩行者エージェントが、他の歩行者エージェントや壁などの障害物を回避するために自身の進行方向を修正した場合、そのままの方向では、大きく目標地点とずれてしまう。そこで、自身のステップ数を数えておき、数ステップに 1 回の割合で目標地点の方向を進行方向として向き直すもの。

##### ➤ GetDirection()：

A 地点から B 地点への角度を求める。

##### ➤ MeasureDistance()：

X 座標と Y 座標で表される 2 点間の最短距離を測定する組み込み関数。

- 歩行目標更新機能：  
空間に経路通過点を配置し、歩行経路のネットワークを構成する。歩行者エージェントは、この歩行経路ネットワークに沿って移動する。大規模かつ複雑な形状で、目的地が常に目に見える範囲にあるとは限らない空間で有効である。
- イベント参加ルール：  
多角形領域を設定し、ここに進入した歩行者エージェントは、イベントを視認して（コントロールパネルでのイベント誘引率で与えられた割合に従って）、イベントに参加するかどうかの決定を行う。
  - AddAgt0：  
エージェント集合型変数にエージェントを追加する。
  - CountAgt：  
指定されたエージェント種別のエージェント数を取得する。
  - QuadraticX0、QuadraticY0：

#### ■ パラメータ

- 自由歩行者発生とイベント発生ボタン
- 発生率
- イベント誘引率
- イベント離脱率



図 7-13 パラメータの項目

## ■ シミュレーションの結果

イベントを発生させる箇所を 2 か所用意している。

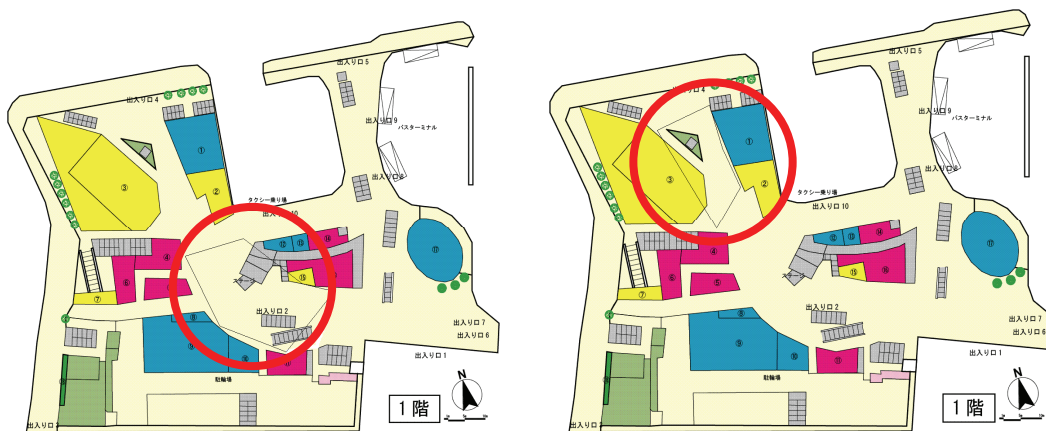


図 7-14 イベントを発生させる箇所の違い

赤丸で囲んだ領域に、群衆密度を計測する領域を 3 か所設け、時系列グラフにて表示している。また、経過時間、総歩行者数、入場者数、退場者数、領域 1~3 の群衆密度、イベント視認者数、イベント誘引者数、イベント視認者率、イベント誘引者率、イベント参加者数を数値出力している。

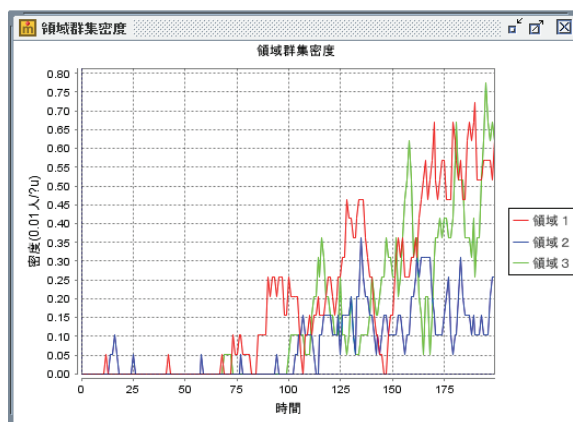


図 7-15 領域群衆密度

| 数値          |        |
|-------------|--------|
| 経過時間        | = 99.5 |
| 総歩行者数       | = 596  |
| 入場者数        | = 730  |
| 退場者数        | = 134  |
| 領域 1        | = 0.62 |
| 領域 2        | = 0.26 |
| 領域 3        | = 0.62 |
| イベント接触者数    | = 249  |
| イベント誘引者     | = 108  |
| イベント接触者率    | = 0.34 |
| イベント誘引者率    | = 0.15 |
| イベント参加者(延べ) | = 111  |

図 7-16 数値出力

## 例 2：遊園地のアトラクションの混雑と効果的なアナウンス

### ■ 概要

アトラクションに乗るためには、待たないと乗れないが、待つことや並ぶことが嫌いな人は他の空いているアトラクションに行く。しかし、これを繰り返していると、アトラクションに乗れる回数は減り、顧客満足度は低くなるかもしれない。そこで、混雑情報を知ることができる情報機器の導入が検討されているが、実際の効果は解らない。このモデルでは、入場者の満足度が、混雑情報を知る事で、どのように向上するかシミュレーションしている。



図 7-17 シミュレーション画面

### ■ 使用ルール

#### ● 効用値による行動決定ルール：

入場者エージェントは、アトラクション退出後に帰宅するか、別のアトラクションに移動するかの決定を行う。満足度パラメータを持っていて、満足度が一定の値になるか、全てのアトラクションを巡回した場合、帰宅を選択。別のアトラクションに移動する場合、「アトラクション効用値」と「現在地とアトラクション間の距離」、「アトラクション混雑状況」で算出される総合効用値によって、次のアトラクションを決定。ID を使用。

#### ➤ CountAgtSet() :

指定されたエージェント種別のエージェント数を取得する。



- アトラクション入場・退出ルール：

アトラクションは、一定時間、入場者エージェントを収容した後、収容された入場者エージェントを解放。解放された入場者エージェントは、行動決定ルールに戻り、次のアトラクション、または帰宅を選択。AddAgt0、CountAgtSet0を使用。

- RemoveAgt0：

エージェント集合型変数から指定エージェントを削除する。

- パラメータ

混雑情報保持率： 0～1 の 0.1 ごと

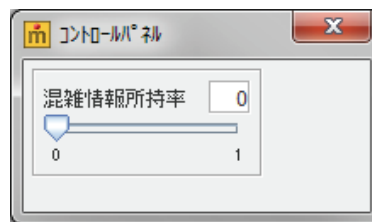


図 7-18 コントロールパネル

- シミュレーションの結果

各アトラクションに並ぶ人エージェントの数を、行列数として時系列グラフにて表示している。

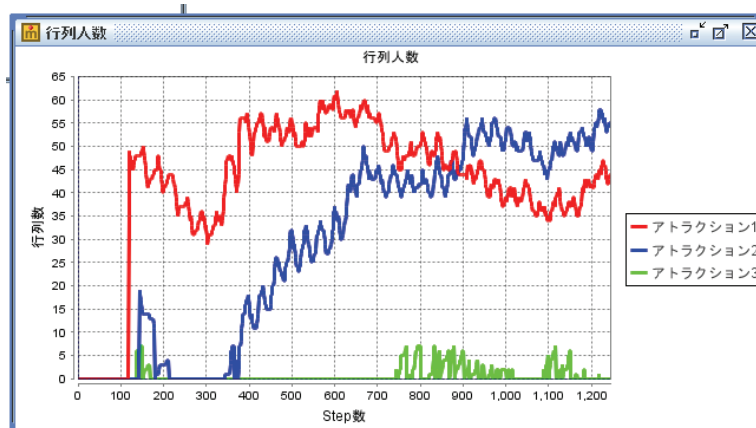


図 7-19 行列人数

6. 参考文献

- 1) 山影進：「人工社会構築指南」，2007
- 2) 山影進，服部正太：「コンピュータの中の人工社会 マルチエージェントシミュレーションモデルと複雑系」，2003
- 3) 兼田敏之：「artisoc で始める歩行者エージェントシミュレーション 原理・方法論から安全・賑わい空間のデザイン・マネジメントまで」，2010

## 付録 2（調布市提出依頼文）

平成 23 年 1 月 28 日

調布市様

大阪大学大学院工学研究科  
環境・エネルギー工学専攻  
環境設計情報学領域  
矢吹信喜

研究に使用するデータご提供のお願い

拝啓 ますますご清祥のこととお慶び申し上げます。

さて、当研究室では、公共施設の維持管理について、マルチエージェント・シミュレーション技術を活用することで、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することを目的とした研究に取り組んでおります。このような背景の下、去る 12 月 21 日に（株）構造計画研究所と共に、研究の内容と進捗状況についてご説明させて頂きました。その際、これまで他の自治体の公共施設を対象に進めておりました研究の検証を行う必要があることを申し上げました。調布市様は、HP 上で開示しているデータが多く、施設維持保全計画の面で他の自治体より先進的な取り組みをされておいでです。

そこで、調布市様には保持されておられますデータのご提供にご協力頂き、研究のレベル向上に努めたいと存じます。

つきましては、後日調布市役所にお伺いして、データの収集作業を行わせて頂きたいと思っておりますので、よろしくその節はお願い申し上げます。

敬具

## 付録 3（調布市提出返却書）

平成 23 年 2 月 9 日

調布市行政経営部政策企画課主査

廣瀬 郷 様

大阪大学大学院工学研究科

環境・エネルギー工学専攻

環境設計情報学領域

修士 1 年 小倉 正考

拝啓 時下ますますご清栄のこととお喜び申し上げます。

私の研究におきまして、人口推計の分析を行うために、平成 22 年 12 月 21 日付けでお借りしておりました CD-ROM（H21 年度 調布市人口推計調査業務委託）を、返却させていただきます。ご検収の程をよろしくお願い申し上げます。

敬具

### 記

1. CD-ROM（H21 年度 調布市人口推計調査業務委託）

1 枚

連絡先

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1

大阪大学大学院工学研究科

環境・エネルギー工学専攻

環境設計情報学領域

修士 1 年 小倉 正考

Tel 06-6877-5111（内線 3543）

E-mail ogura@it.see.eng.osaka-u.ac.jp

以上

## 付録 4（アンケート調査依頼文）

平成 23 年 2 月吉日

大阪大学ご受験の学生様とそこそ親族の皆様へ

大阪大学 大学院工学研究科  
環境・エネルギー工学専攻  
博士前期課程 小倉正考

### 「公共施設のご利用」に関するアンケートご協力のお願い

拝啓 時下ますますご清栄のこととお喜び申し上げます。

さて私は、大阪大学 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 矢吹信喜教授の下で、公共施設の維持管理に関する研究に取り組んでおります。具体的には、施設の築年数や劣化状態に加えて、利用者の動向や満足度の変化、管理団体の財務状況などを考慮した、長期的な観点で定量的にアセットマネジメントを行える方法論を構築しようとしております。

研究を進める中で、一般市民の方々のプール施設の利用状況と意識を調査する必要がある、アンケートへのご協力をお願いする次第です。

つきましては、下記の要領にて、お使いのパソコンでインターネットに接続して頂き、ご回答下さいますようお願い申し上げます。アンケートは、ほとんどが選択式となっており、ご回答頂く時間は、約 10 分程度です。インターネットに接続できない方は、ご回答頂くことができません。ご容赦ください。

なお、ご回答頂いた内容につきましては、研究目的以外に使用することはございません。なにとぞご協力の程、よろしくお願い申し上げます。

敬具

記

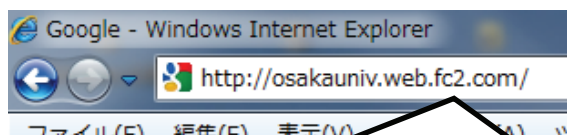
1. 裏面の詳しい回答方法をご覧ください。
2. アンケートの回収期限は、3 月 7 日（月）の 23 時 59 分までです。
3. お 1 人様 1 回までの回答とさせていただきます。
4. 違う人であれば、何人回答して下さっても構いません。
5. このアンケート調査に関して不明な点がございましたら、下記までお問合わせ下さい。

住所 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1  
大阪大学 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻  
環境設計情報学領域 博士前期課程 小倉正考  
電話 06-6877-5111（内線 3543）  
E-mail ogura@it.see.eng.osaka-u.ac.jp

## アンケート回答方法

- ① お使いのパソコンでインターネットに接続してください。
- ② インターネットブラウザ (Internet Explorer, Mozilla Firefox など) を起動してください。
- ③ <http://osakauniv.web.fc2.com/> にアクセスしてください。
- ④ アンケート接続ボタンを押してください。
- ⑤ ユーザ名 : osaka パスワード : osaka を入力してください。
- ⑥ アンケート開始ボタンを押してください。
- ⑦ アンケートが始まりますので、画面の指示に従ってお答えください。
- ⑧ 終了画面が表示されれば、アンケート終了です。

### ③URL 入力



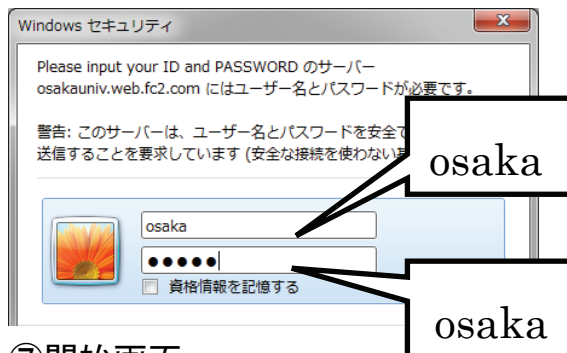
<http://osakauniv.web.fc2.com/>

### ④アンケート接続ボタン

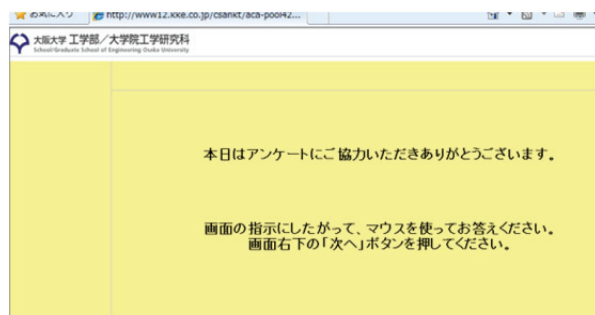


クリック

### ⑤ユーザ名・パスワード入力



### ⑦開始画面



### ⑥アンケート開始ボタン



クリック

### ⑧終了画面



## 謝辞

まず、本研究を遂行するにあたり、常日頃からのご指導に加え、論文執筆における綿密なるご指導までを頂いた、大阪大学大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻矢吹信喜教授、ならびに同専攻福田知弘准教授に深く感謝申し上げます。両先生方には、大学院に籍を残した状態で地方公務員に就業した私の身勝手を許して頂いただけでなく、休日にも面談のお時間を割いて頂き、厚く御礼申し上げます。今後とも末永くご指導の程、お願い申し上げます。

また、本稿の査読をして頂き、研究における成果、目的の達成に至るまでの論理的構成等に関し、有益なご助言を頂いた同専攻の山口容平助教に、厚く御礼申し上げます。

また、研究遂行に際し、調布市行政経営部の柏原公毅次長、今井隆司課長補佐、廣瀬郷主査、総務部の佐藤裕哉課長、海老澤昌子主任、生活文化スポーツ部の涌田俊幸課長、池澤良太主事、窪田秀文係長には、施設や統計に関するデータ提供に多大なるご協力を頂きました。公務員といった職業に興味を持つきっかけも頂きました。深く感謝申し上げます。

株式会社 構造計画研究所の為広尚起氏、北上靖大氏、坂上裕信氏、森俊勝氏には、システムの開発に際し、技術サポートや関係機関との調整に多大なるご尽力を頂きました。森俊勝氏には、本専攻で実施しているメンター制度のメンターとしても、様々なご助言、ご協力を頂きました。皆様のご厚意に心より感謝申し上げます。

また、秘書の藤田和子氏、大川まり氏、本研究室の OB であり社会人として活躍されている、川口貴之氏、梶村一弘氏、丸橋温美氏、宮下京子氏、吉川泰代氏、Torres Yuri Queiroz Abreu 氏、吉田善博氏、菊重有輝氏、外国人招聘研究員の Phatsaphan Charnwasununth 氏、Petcharat Limsupreeyarat 氏、特任研究員の田口正晴氏、清水彩子氏には、研究生活に関するご助言を賜るのみでなく、進路や私生活などに関してもご相談に乗って頂き、公私共に大変お世話になりました。ここに感謝申し上げます。

また、同時期に修士論文を執筆した仲間である、尾上拓也氏、北川憲佑氏、張田氏、徳原俊樹氏、林緯政氏とは、研究室での 3 年間を共に過ごし、互いに切磋琢磨し、苦しいときには幾度も助けて頂きました。

また、同専攻博士後期課程 3 年の松永直美氏、博士後期課程 2 年の太田直希氏、有賀貴志氏、博士後期課程 1 年の藤澤泰雄氏、孫磊氏、博士前期課程 1 年の江端夢歌氏、小森絵未氏、高奥信豪氏、塚本祥太氏、周奇氏、ならびに学部 4 年生の芦田雄太氏、濱田悠樹氏、古林修平氏、山田敏規氏、研究生の李世一氏、白勇氏には、研究室の仲間として日頃から大変お世話になりました。

最後に、大学・大学院での計 6 年間、金銭的な環境を整えて下さり、私の成長をあたたく見守り、いつも心の支えとなっていた祖母和子、祖父信雄、祖母道子、父正樹、母弘恵、弟弘貴には、心から深く感謝の意を表します。有難う御座いました。