

アジア航測(株)                      ○中嶋幸宏・前田博敏・斎藤真人・嶋本孝平  
 (株) エックス都市研究所    松本 明・内藤 弘  
 (財) 計量計画研究所        森田哲夫・中野 敦  
 東京農工大学                秋澤 淳・細見正明・柏木孝夫

## 1. はじめに

都市域の環境問題を考えるとき、外部からの資源投入量および外部への環境負荷を最小に抑えた「ゼロ・エミッション」を目指すことが理想であり、循環型かつ持続可能な都市構造といえる。そうした都市構造の実現は自治体等の政策によるが、実現に向けて検討すべき政策分野は多岐にわたり、トレード・オフの関係にある環境指標も少なくない。

例えば、廃棄物発生を抑制することで焼却場からの  $\text{CO}_2$  排出を軽減することができる。実現のための政策としてディスプレイを導入を検討すると、一方では排水や水質について負荷増大が予想される。また、建物の一極集中化は都市のエネルギー効率を改善するが、自動車交通の混雑による大気質の悪化も予想される。公共緑地も不足傾向となり、防災等への配慮も必要だろう。

このように各々の政策は環境効果について相互に影響があり、総合的な視点で試行錯誤を行うには、複合的なシミュレーションソフトウェアが不可欠と考えられる。

我々は政策に対する環境効果の比較検討を行えるソフトウェアを目指し、都市シミュレータの開発を行った。本開発は、科学技術振興事業団 戦略的基礎研究推進事業の助成による「自立型都市をめざした都市代謝システムの開発」プロジェクト（研究代表：東京農工大学教授 柏木孝夫）の一環として、1996年度から5ヶ年で取り組んだものである。

## 2. システム概要

都市シミュレータは、環境低負荷型の都市設計を支援することを目的とする。設計者は都市シミュレータに様々な政策シナリオを入力しながら環境負荷量の予測値を確認でき、別ケースの予測結果と比較することで、総合的に満足度が高い計画を導き出すことができる。

### 2. 1 動作環境

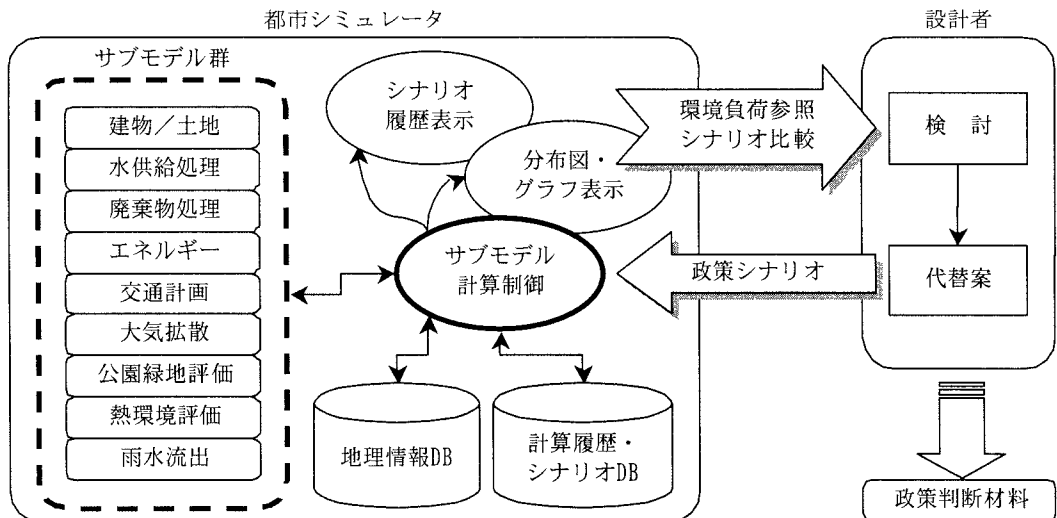
|              |                                                                           |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------|
| オペレーティングシステム | Windows95/98/Me, WindowsNT4, Windows2000                                  |
| プロセッサ        | Intel 製Pentium シリーズまたは互換のもの<br>300MHz 以上を推奨                               |
| ハードディスク      | インストールドライブには 100Mbytes 以上の空き領域が必要<br>運用時、ユーザーDB ドライブには 1Gbytes 以上の空き領域を推奨 |
| メモリー         | 128Mbytes 以上                                                              |
| ディスプレイ出力     | XGA (1024×768) 以上の解像度、フルカラー (24bit) の表示装置<br>3D 対応のグラフィックアクセラレータ機能も有効     |

※Windows95/NT4 は、別途 Microsoft 社製 Internet Explorer のバージョン 4.0 以降が必要。

※初期の Windows95 (OSR2.0 未満) では、別途 OpenGL のランタイムライブラリが必要。

## 2. 2 機能と構成

地理情報システムをベースとして、エネルギー・交通計画・廃棄物処理などの都市代謝システムをモデル化したシミュレーションプログラム群（以下、サブモデル）に対して政策シナリオを入力し、環境負荷量を計算する。そして結果を図や表などビジュアルに表現することで、政策の選択を支援する（下図）。



### （1）政策シナリオの入力

各種政策に対応するサブモデル群（建物分布・土地利用・水供給処理・廃棄物処理・エネルギー・交通計画・大気拡散・公園緑地評価・熱環境評価・雨水流出）をアイコン表示したインターフェースから、任意に政策を設定できる。

### （2）シミュレーション

サブモデル間の関連性を考慮し、再計算を必要とするサブモデルについて、整合性ある計算制御を行う。結果は履歴として管理される。

### （3）結果の表示と出力

計算結果は、サブモデルごとに出力されたのものと指標ごとに集計したものがある。指標は、エネルギー消費量・CO<sub>2</sub>排出量・NO<sub>x</sub>排出量・上水消費量・排水発生量・BOD・廃棄物発生量・廃棄物最終処分量の8項目である。集計された指標は、入力した政策シナリオとともに表示できるほか、履歴間の比較が行える。サブモデルごとの結果は地理情報形式であり、地図上に分布図やグラフとして表示できるほか、GIS機能を用いた集計等の解析に使用することが可能。

## 2. 3 データ

### （1）建物・土地利用

用途別の建物延床面積や土地利用面積について、100mメッシュに集計したデータが必要。人口は、建物延床面積の分布から推定する。

### （2）交通

計算単位であるゾーンデータおよびゾーン間交通量を示すODデータが必要。

### （3）その他

人口推定・廃棄物発生・建物廃熱などの計算には、統計・研究から地域特性にあう原単位を用意しなければならない。また、標高・河川の地形データ、公園施設・廃棄物処理・水供給処理の施設データが必要。

### 3. 計算例

東京都八王子市を対象に、計算を行った。同市では東部の JR 八王子駅周辺に商業施設が集中し、高度利用が進んでいる。この地域に郊外から建物を移動させ一層の高密度集中化を進め、地域エネルギー供給システムとしてコジェネレーションシステム（CGS）導入を検討する。

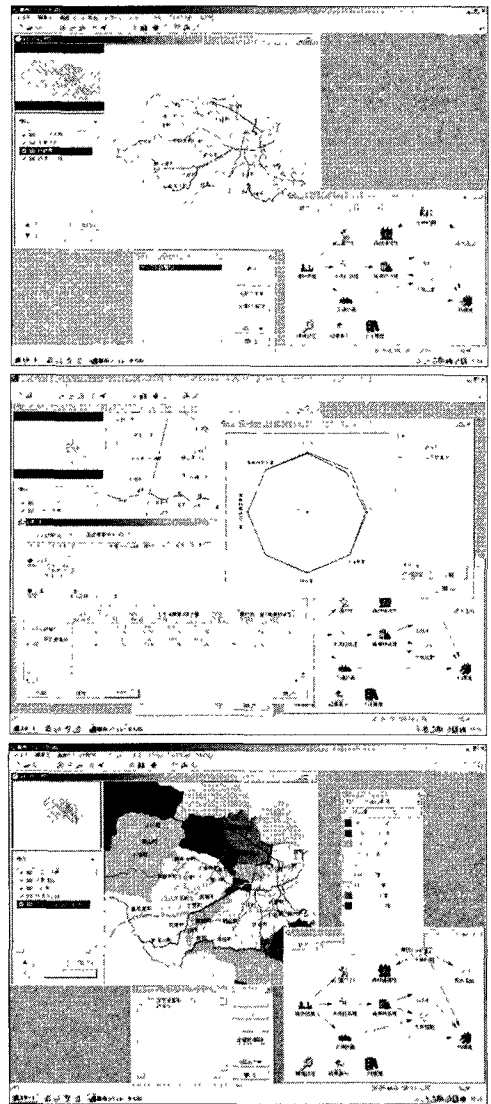
エネルギーサブモデルおよび建物密度サブモデルについて、政策を入力する。

エネルギーサブモデルでは、JR 八王子駅周辺地区に対して CGS 導入を設定する。建物密度サブモデルでは、市中央部から CGS 導入地区へ 50%の建物を移動するように設定する（右上図 シミュレータ画面）。

シミュレーションを開始すると、まず建物密度サブモデルにて建物述床面積とともに人口分布が計算される。つづいて、建物述床面積が人口いずれかの影響を受けるモデルを連続して計算する。例えば人口分布の変化は交通量計算に影響する。このようにして、全てのモデルで整合する計算結果が得られる。

結果は、計算条件である政策内容と環境指標の表が、レポートとして表示される。また指標はレーダーチャートで表示することができ、政策未入力時に対する効果のバランスを見ることができる。エネルギー・ $\text{CO}_2$ ・ $\text{NO}_x$  について改善が見られる（右中図）。

ここで  $\text{NO}_x$  が改善されている背景を考察する。人口集中中は  $\text{NO}_x$  を悪化させる傾向を持つが、計算前提は地域内の人口移動のみであることから地域全体を考慮しなければならない。そこでゾーン別  $\text{NO}_x$  発生量について政策導入前との差分を求めたところ、人口増加地域の  $\text{NO}_x$  発生量の増加はわずかであることがわかる（右下図）。反面、市中央部、特に主要国道（R20）沿線において  $\text{NO}_x$  発生量の減少が大きい。



### 4. おわりに

多岐にわたる分野が、地理情報というデータベースを共有してシミュレーションを行うことが可能となった。サブモデル間で完成度に差があるが、一般的なパーソナルコンピュータで使用でき、社会システムを評価する上で有用なツールに発展する可能性があると言える。

しかしながら、デジタル化された地図情報が整備してきた昨今ではあるが、その状況には地域差が大きく必ずしも十分ではないため、導入時には労力を要する。

### 5. 謝辞

本開発において、東京都からテストサイト八王子市のデータを貸与させていただいた。さらに八王子市からは、各種資料の提供のほか多くの助言をいただいた。ここに記して、感謝の意を表する。