

## QOLに準拠した都市・モビリティシステムの自己組織化シミュレーション (1)

## —都市構造・モビリティ・QOL・環境シミュレーションコード RAUM の開発—

(株) 豊田中央研究所 正会員 ○大森 良太

(株) 豊田中央研究所 正会員 小出 智士

(株) 豊田中央研究所 非会員 山崎 哲

## 1. はじめに

少子高齢化問題やエネルギー・環境問題への関心が高まる中、コンパクトシティ論議に代表されるように都市・モビリティシステムの在り方についての議論が活発化している。

本研究では主として規範的な立場から、数理シミュレーションや社会技術アプローチを方法として、  
-サステナブルな都市・モビリティシステムの提案  
-モビリティ技術の根源的価値の探究  
-将来社会におけるモビリティ技術へのニーズ分析  
を実施することを目的としている。

本稿では、本研究の主要ツールとして開発した、人々の QOL に準拠した都市・モビリティシステムの自己組織化シミュレーションコード RAUM の概要、および仮想的都市に対する計算結果について報告する。

## 2. RAUM の分析対象、入出力、計算セル

RAUM が分析の対象とする空間スケールは、半径数 km～数十 km 程度の単一の都市または都市圏である。本コードでは分析対象都市の人口、企業分布、交通インフラを所与として、都市内通勤者の居住位置、居住スペース、通勤モードの選択行動、さらにはこのような個人のミクロ的選択行動の集積として自己組織的に形成される都市・モビリティシステムの構造とその特性（人口密度や地代の空間分布、自動車保有率、交通機関分担率、CO<sub>2</sub>排出量など）を計算する（図1）。

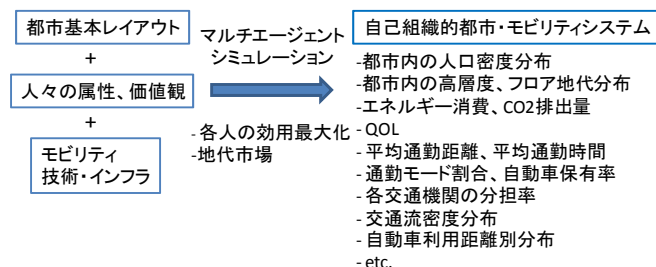


図1 RAUM の入出力

各エージェント（通勤者）は自らの QOL 最大化を原理として自律的、利己的に行動し、「他者」のことは考慮しない存在であるが、これらのミクロ的選択行動の集積結果である「フロア地代市場」「交通渋滞」の2つのメカニズムを通じ他のエージェントと間接的に影響を及ぼしあっている。

RAUM は対象領域を正方形の計算セル（標準では 500m×500m）に分割し、セルごとに離散的な計算を行う。同一計算セル内での人口密度、フロア需要、交通流是集計的に扱われ、セルごとにフロア地代や自動車走行速度が計算される。

## 3. RAUM の構成

図2に RAUM の全体構成を示す。

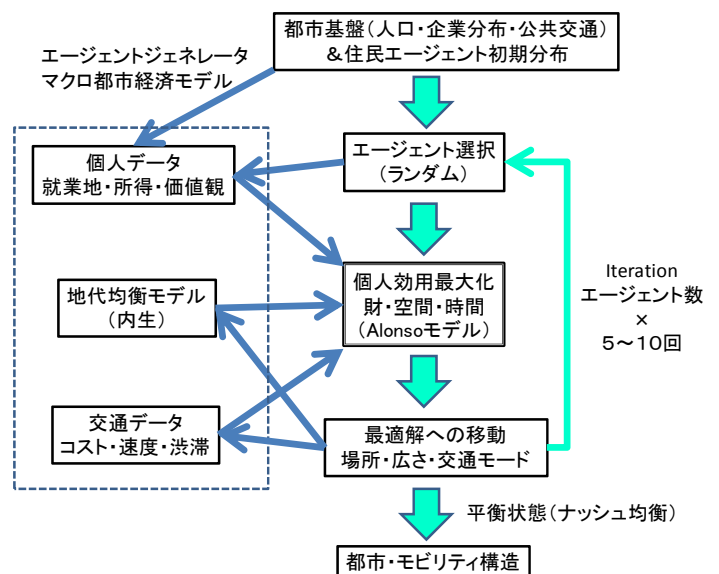


図2 RAUM の全体構成

## ①基本都市レイアウト、交通インフラの設定

対象とする都市空間の人口、就業地の分布、モビリティ手段、公共交通機関を設定。

## ②都市総生産、平均所得の設定

マクロ都市経済モデルにより、都市の総生産と一人あたりの所得を計算。

キーワード QOL, 居住選択、モビリティ選択、マルチエージェントシミュレーション

住所 愛知県長久手町長湫字横道 41-1 電話 0561-71-7007

## ③各エージェントの属性の設定

エージェントジェネレータにより、各エージェントの所得、就業地、価値観などを任意に設定。

## ④移動エージェントの選択

## ⑤移動エージェントの効用最大化

移動時点のフロア地代分布、交通流データに基づき、効用最大化計算を実施し、新しい居住地、スペース広さ、通勤手段・経路を決定し、移動。

## ⑥地代分布や交通流分布の再計算

⑤に伴い、フロア地代分布や交通流分布を再計算。

## ⑦エージェント移動の逐次的繰り返し

④から⑥を逐次的に繰り返す。人口の5-10倍の回数（～数百万回）でマクロ的な平衡状態（疑似的 Nash 均衡状態）に到達した時点で計算打ち切り。

## ⑧平衡状態の分析

マクロ諸量の計算、各エージェントの属性と選択行動の相関分析など、平衡状態の分析。

## 4. エージェント意思決定モデル

エージェント  $i$  はフロア地代市場、交通データ（渋滞、コスト）の情報に基づき（完全情報の仮定）、所得制約と時間制約の下で、以下の効用 (QOL) 関数を最大化するよう居住位置  $r$ 、居住スペース  $S$ 、通勤手段・経路  $m$  を決定する（完全合理性の仮定）。

$$\text{Maximize } U_i = Z_i^{\alpha_i} S_i^{\beta_i} T_{f,i}^{\gamma_i}$$

所得制約：

所得＝財消費＋地代＋モビリティ関連費用

＋広さおよび高層度に関する空間コスト

時間制約：

余暇時間＝総時間－必需時間－通勤時間

効用関数は財消費  $Z$ 、居住空間スペース  $S$ 、余暇時間  $T_f$  の三要素のコブ・ダグラス関数である。選好係数  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  はエージェント毎に任意に設定する。都市総生産および平均所得は都市人口から計算する。

## 5. 仮想都市に対する計算結果例

図3に基本レイアウトを示す。通勤人口は100万人、業務中心地区CBDと4つのサブセンターSC (CBDから距離10km) がある。都市鉄道がCBDを中心に東西、南北、環状に敷設されている（総駅数33）。通勤モードは①徒歩、②自転車、③自動車、④徒歩＋鉄道、⑤自転車＋鉄道、⑥自動車＋鉄道である。

CBDに50%、各SCに12.5%ずつ勤務している場合

（分散型）の人口密度分布を図4に示す。

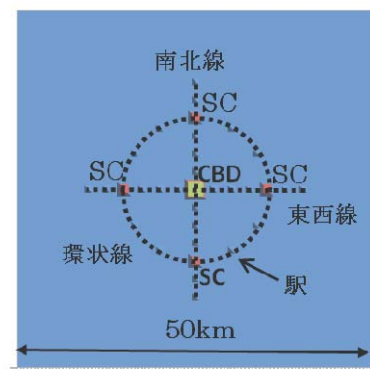


図3 仮想都市レイアウト (101×101 セル)

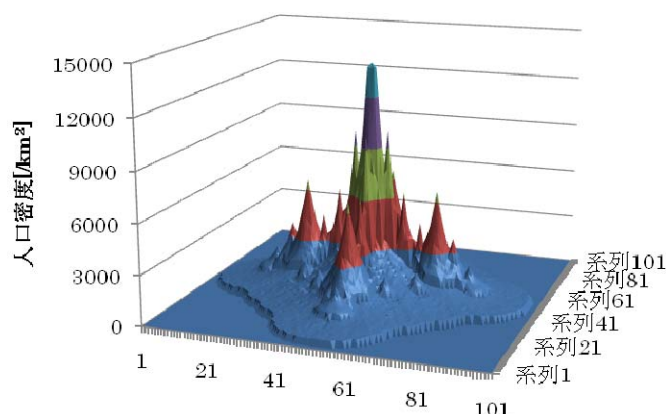


図4 人口密度分布（分散型都市）

表1に単一中心型（全通勤者がCBDに勤務）と分散型の主要マクロ指標を示す。平均居住距離、平均QOL、車利用率は分散型の方が、平均通勤距離、鉄道利用率、CO<sub>2</sub>排出量は単一中心型の方が大きい。

表1 単一中心型都市と分散型都市の比較

|                     | 単一中心型       | 分散型         |
|---------------------|-------------|-------------|
| 通勤者人口               | 100 万人      |             |
| 所得                  | 634 万円（一定）  |             |
| 平均居住距離              | 9.13km      | 10.32km     |
| 平均通勤距離              | 8.76km      | 5.55km      |
| 平均 QOL              | 3.70        | 3.84        |
| 車利用率率               | 40.3%       | 49.3        |
| 鉄道利用率率              | 56.9%       | 26.7        |
| CO <sub>2</sub> 排出量 | 0.95 百万 t/y | 0.86 百万 t/y |

## 6. まとめ

人々の QOL に準拠した都市・モビリティシステムの自己組織化シミュレーションコード RAUM を開発した。今後は、サステナブルな都市・モビリティシステムの分析・提案を多面的に実施していく。