

GIS を用いた CA による宅地単位の市街地形成シミュレーションシステムの開発と評価

— 土地区画整理事業施行地区における事例研究 —

Study on development of urban growth simulation system of each building lots by CA using GIS and its evaluation

- Case study of a Land Readjustment Project area -

山下 智*・沈 振江**・川上 光彦**

Satoshi Yamashita, Zhenjiang SHEN and Mitsuhiko Kawakami

In this paper, a prototype simulator using ArcGIS is discussed regarding how to simulate land use patterns and building use types after Land Readjustment Project area. For this simulation, we suggested several basic functions that are land use pattern simulation using CA and building use type simulation using NN, for which scenario configuration, geo-processing and calculation of spatial features' attributes and geo-database process are necessary for simulation implementation. The components of ArcToolbox in ArcGIS as model and script are employed as a development tool for our simulator. As a result, the simulation outcomes of land use patterns and building use types are evaluated based on an example area in Kanazawa City and the tool is easy to be operated by planners who can use ArcGIS.

Keywords: cellular automata, land use, building use, ArcGIS

セル・オートマトン、土地利用、建物用途、ArcGIS

1. 研究の背景と目的

近年、インターネットと GIS 技術の発達により、電子化された地理情報や調査統計データの公開が進んでいる。特に平成 19 年に制定された地理空間情報活用推進基本法により、政府の取り組みが一層加速し、インターネットを介して様々な空間情報を閲覧・ダウンロードできるようになった。中には複数時点の情報が公開されているものもあり、過去の経年変化を捉えることができる。それらの情報を活用し、土地利用や建物用途について、宅地の計画設計条件などに基づいて、市街地形成シミュレーションを行い、地区レベルでの市街地像を視覚化することができれば、よりよい市街地形成へと導くことができると考えられる。

市街地の形成における研究では、上出ら¹⁾と沈ら²⁾が土地区画整理事業施行地区における宅地の計画設計条件等の影響による市街化メカニズムの考察を行っている。

また、計画的な市街地形成を検討するための手段として、渡辺ら³⁾と瀧澤ら⁴⁾は、都市全域を対象にセル・オートマトン（以下 CA）を用いたミクロな都市モデルを扱い、セル単位で都市の成長シミュレーションを行っている。さらに、沈ら⁵⁾は、不規則な街区や宅地を扱えるモデルを提案している。

GIS 上で CA モデルを扱った Benenson⁶⁾ の OBEUS は、評価ルールや行動ルールを利用者がプログラムする必要がある。また、Ivan⁷⁾ の CAGE ではフローチャートと独自に定義されている関数を用いてシミュレーションモデルを構築する必要がある。そのため、利用者にとってはシステムが複雑で操作が困難であることや、用いられている CA モデルを簡単には変更できないため、汎用性に乏しいと言える。

本研究では、ArcGIS をベースとして、CA やニューラル

ネットワーク（以下 NN）の手法を統合し、計画担当者らがプログラム構築や複雑な設定を意識することなく操作できるシステムとする。そこで、土地区画整理事業施行地区を対象に、計画担当者らが計画設計段階やワークショップにおいて宅地の計画設計条件に基づき、将来市街地像を示すことができるシステムの開発を試みる。本稿では、市街地像を宅地用途と建物用途に限定して考え、将来市街地像のシミュレーションに必要なシステムの機能と構成について説明する。

2. 研究の方法

本システムでは将来の市街地像を表現するために、宅地用途のシミュレーションにおいて、既存研究においても有効性が確認されている沈ら⁵⁾の CA の手法を活用する。また、建物用途のシミュレーションでは NN の手法を活用する。NN を用いることにより、宅地の幾何的特性や前面道路と用途地域などの計画設計条件などから適切な学習を行い、将来の建物用途を推計することができると考えられる。システムの構築では、操作性と汎用性を考慮し、既に広範に利用されている ESRI 社の ArcGIS Desktop を用いる。モデル式は、ArcGIS Desktop の ArcToolbox 内で「Python」を用いて記述した Script をモデルとして組み合わせることにより実現した。「Python」とは、フリーなオブジェクト指向プログラミング言語である。

3. ミクロな市街地形成シミュレーションに必要な GIS 機能

3-1 宅地用途シミュレーションの考え方

CA を用いたシミュレーションを行うためには、宅地間の近傍関係と遷移ルールを定義する必要がある。

従来のモデルの多くは格子状のセルを対象に CA を適用

* 正会員 株式会社 GIS 東海 北陸技術所 (Institute of Hokuriku Technology, GIS Tokai)

** 正会員 金沢大学理工研究域環境デザイン学系 (School of Environment design, Kanazawa University)

したものであったが、本システムでは、図1のように不規則な形状の宅地に対してもCAを適用できるものとする。

また、対象とする宅地用途は詳細に設定するほどよりリアルなシミュレーションになると考えられるが、CAの遷移条件が複雑となる。そのため、本研究では便宜的に商業、住居、工業、未利用地、公共用地の5つの用途に分類する。しかし公園、病院、学校などの公共的用地に関しては、その後の変化が起こりにくい用途であり、計画段階で配置が決定されるべきものであるため、シミュレーションでは公共用地を組み込まないこととする。

(1) 近傍の概念

ある場所における土地利用は隣接する土地の影響だけでなく、周辺の影響も受けると考えられる。そこで、本稿では街区内部においては図1のように対象宅地と辺を共有する宅地を近傍宅地と定義する。この考えは一般的なCAの概念におけるノイマン近傍と同様である。また、より広範囲な概念として、街区単位での近傍街区という概念を定義する。ここでは対象宅地が存在する街区を対象街区とし、対象街区と道路中心線を共有する街区を近傍街区とする。このように本稿では、多階層的に近傍関係を設定している。



図-1 対象宅地や対象街区と近傍宅地や近傍街区

(2) 状態量の計算

一般的に宅地の用途は単一であると考えられるが、本システムでは、滝澤ら⁴⁾や沈ら⁵⁾を参考に、宅地用途を状態量と遷移条件の関係で表現することとする。状態量とは、1つの宅地に潜在する用途別(住居・商業・工業)のポテンシャルであり、宅地用途は式(1)で求める宅地内部の状態量の総和と次節に示す閾値との関係で決定するものとする。

また、状態量の変化は周辺の土地利用だけではなく、宅地の幾何的特性(宅地面積や周長)や地区的特性(用途地域などの計画設計条件)も考慮する。本稿で用いた状態量の計算式(1)~(7)は、沈ら⁵⁾が用いた状態量の計算式と同様である^{注1)}。式(1)はCAの遷移条件による対象宅地の状態量変化を表した式である。

$$x_i^{(m)}(t+1) = \{x_i^{(m)}(t) + \Delta x_i^{(m)}(t) + \Delta x_I^{(m)}(t) + Metab_i^{(m)}(t) + GloTransp_i^{(m)}(t)\} \cdot \left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 P_j^{(m)} \right)^q \quad (1)$$

- $x_i^{(m)}(t)$: 宅地iの時期tにおける用途m状態量
- $\Delta x_i^{(m)}(t)$: 宅地iの時期tにおける近隣宅地の用途mの影響
- $\Delta x_I^{(m)}(t)$: 宅地iが存在する街区の時期tにおける近隣街区の用途m影響
- $Metab_i^{(m)}(t)$: 宅地iの時期tにおける用途mの宅地内部と全体の影響
- $GloTransp_i^{(m)}(t)$: 宅地iが存在する地区全体の時期tにおける影響

$$\Delta x_i^{(m)}(t) = G^{(m)} \cdot \left\{ \frac{1}{N_i} \sum_{k=1}^{N_i(t)} x_k^{(m)}(t) - x_i^{(m)}(t) \right\} \quad (2)$$

k : 近傍宅地の番号

$G^{(m)}$: 用途mの近傍宅地による変化補正係数

N_i : 宅地iの近傍宅地数

$$\Delta x_I^{(m)}(t) = G^{(m)} \cdot \left\{ \frac{1}{N_I} \sum_{l=1}^{N_I(t)} x_l^{(m)}(t) - x_I^{(m)}(t) \right\} \quad (3)$$

l : 近傍街区の番号

$G^{(m)}$: 用途mの近傍街区による変化補正係数

N_I : 街区Iの近傍街区数

$$Metab_i^{(m)}(t) = \frac{D^{(m)} \cdot x_i^{(m)}(t) \cdot x_i^{(m+)}(t)}{1 + H \cdot x_i^{(m+)}(t)} - \frac{S^{(m)} \cdot x_i^{(m)}(t) \cdot x_i^{(m-)}(t)}{1 + H \cdot x_i^{(m)}(t)} \quad (4)$$

$m+$: 用途mの状態量を増やす用途

$m-$: 用途mの状態量を減らす用途

$D^{(m)}$: 状態量流入パラメータ

$S^{(m)}$: 状態量流出パラメータ

H : 状態量の増加速度抑制の調整パラメータ

$$GloTransp_i^{(m)}(t) = \frac{GT^{(m)} \cdot x_i^{(m)}(t) \cdot \frac{X^{(m)}(t)}{N_{all}}}{1 + H \cdot \frac{X^{(m)}(t)}{N_{all}}} \quad (5)$$

$GT^{(m)}$: 用途mの地区全体の調整パラメータ

N_{all} : 画地総数

$X^{(m)}(t)$: 時刻tにおける用途mの状態量の総和

H : 状態量の増加速度抑制の調整パラメータ

$$\sum_{j=1}^3 P_j^{(m)} = P_{1u}^{(m)} + P_{2r}^{(m)} + P_{3c}^{(m)} \quad (6)$$

$P_j^{(m)}$: 用途mの計画設計条件パラメータ

j : 計画設計条件数(1,2,3)

$P_{1u}^{(m)}$: 用途地域パラメータ

$P_{2r}^{(m)}$: 前面道路パラメータ

$P_{3c}^{(m)}$: 角地非角地パラメータ

u : 用途地域

r : 前面道路の種類(1=幹線道路、2=補助幹線道路、3=区画道路)

c : 角地の種類(1=角地、2=非角地)

$$q = c^2 = \left(2 \frac{\sqrt{\pi a}}{p} \right)^2 \quad (7)$$

c : Compactness Index

p : 周長

a : 宅地面積

式(2)~(7)は式(1)の各項に対応している。式(2)は対象宅地が近傍宅地から受ける影響を表した式である。式(3)は対象街区が近傍街区から受ける影響を表した式である。近傍宅地と近傍街区から受ける影響を取得するためには、GISの隣接検索のための空間解析機能が必要となる。式(4)は対象宅地内部での状態量の循環を表し、式(5)は地区全体から

受ける影響を表している。対象宅地内部の影響は、その宅地自身が持つ用途別の状態量を用いるため、近傍検索のための空間解析機能は不要であり、データベースによる演算機能だけで対応することができる。同様に、地区全体から受ける影響は、対象地区の全宅地の状態量を用いるため、近傍検索のための空間解析機能は不要であり、データベースによる演算機能だけで対応することができる。式(6)では、計画設計条件による影響として用途地域、前面道路及び角地・非角地の影響を表し、式(7)では宅地の幾何的特性による影響として宅地面積や周長の影響を表す。地区的特性と幾何的特性による影響は対象宅地自身が持つ属性であるため、近傍検索のための空間解析機能は不要であり、データベースによる演算機能だけで対応することができる。

(3) 遷移条件

宅地用途は、式(1)で求める宅地内部の状態量の総和と宅地用途が遷移するために必要な状態量の閾値 (X_{max} と X_{min}) との関係^(注1)により決定する。その遷移条件を以下のように設定する。

- ・用途形成；宅地内部の状態量の総和が閾値 X_{max} 以上の場合に、住居、商業、工業のいずれかの状態量のうち最も大きいものがその宅地の用途として表れる。
- ・未利用地化；宅地内部の状態量の総和が閾値 X_{min} 未満の場合には、その宅地の用途は無くなり、未利用地となる。
- ・現状維持；宅地内部の状態量の総和が閾値 X_{min} 以上、閾値 X_{max} 未満の場合、宅地用途は変化せず、前シミュレーションステップの宅地用途を維持する。

遷移条件については、通常のデータベースシステムの分岐条件 (If-then) などの計算機能で対応できる。

このように、CAを用いたシミュレーションを実行する際、「近傍」を認定するためにGISが持つ隣接検索の空間解析機能を活用して周辺から受ける影響を計算する。また、計画設計条件や宅地内部の状態循環、地区全体の影響による遷移ルールの実現についてはデータベース機能を用いて対応する。ここでの入出力データについて以下に示す。

表-1 CAIによる宅地用途シミュレーションの入出力データ

入力データ		出力データ
・宅地・街区の属性	面積、周長、角地、前面道路	宅地用途
・用途地域テーブル (用途地域別)	各種状態量の計算用パラメータ ・ $G^{(m)}$ 、 $D^{(m)}$ 、 $H^{(m)}$ 、 $S^{(m)}$ 、 $GT^{(m)}$ 計画条件関連パラメータ ・ $P^{(m)}$	

3-2 建物用途シミュレーションの考え方

CAを用いて決定された宅地用途に対して、NNを用いて宅地の幾何的特性と地区的特性から表2に示す建物用途を推定する。NN学習段階では、商業、住居、工業のそれぞれに対して宅地と建物の幾何的特性と地区的特性から学習を行い、予測用パラメータを算出し、建物用途の決定に用いる。建物用途パラメータの算出には、学習のアルゴリズムも必要であるため、GISの機能だけでは対応できず、図2に示すように、PythonにRpy (統計解析システム Rのパッケージ) を取り込んで学習ツールを作成した。

本システムでは、CAで確定した宅地用途に応じて、式(8)のNN数式に基づいて、Rpyを用いて建物用途を予測する。本稿では、開発者側が用途地域ごとに学習地区を決定し、学習用の地区データを空間データではなく、建物用途テーブルとして、データベースのテーブルを予め用意した。

$$y_k = \phi_0 \left(\alpha_k + \sum_k w_{hk} \phi_k \left(\alpha_k + \sum_i w_{hi} x_i \right) \right) \quad (8)$$

- x: 入力データ (宅地の幾何的特性と地区的特性)
- y: 出力データ (住宅、商業、工業の建物用途)
- w: シナプスの結合の重み
- α : パラメータ
- ϕ : ロジスティック関数

表-2 NNによる建物用途シミュレーションの入出力データ

対象宅地 CAIによる 宅地用途	入力データ 建物用途テーブル (用途地域別)	NN	出力データ(※)		
商業	学習地区データ (宅地面積・周長・ 角地・前面道路・ 建物用途・構造・ 階数)	→	商業系建物用途 (業務・商業・ 宿泊・娯楽)	住居の宅地	工業の宅地
住居		→	-	住居系建物用途 (住宅・共同住宅・ 併用住宅)	-
工業		→	-	-	工業系建物用途 (重工業・軽工業・ その他工業・危険物 貯蔵処理・農林漁業)

※CAIによるシミュレーションで、その土地がそれぞれの用途になった際にとりうる建物用途を示す。

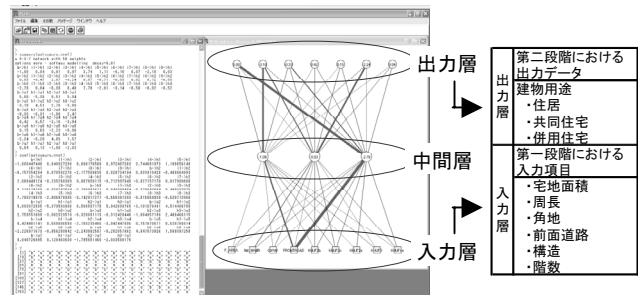


図-2 Python+Rpyによる建物用途の予測 (住居用途)

4. GISを用いた市街地形成シミュレーションシステム

4-1 システムの概要

本システムの主な構成を図3に示す。前述した仮定に基づき、ArcMapをベースに、ArcToolbox、ArcCatalog、ArcSceneなどのアプリケーション群を用いてシステムを構築し、ArcToolboxでは、Pythonで作成した式(1)～(8)の計算プログラムをScriptとして取り込み、Modelを用いてScriptを実行させ、計算結果をジオデータベースによってAccessに保存させるものとする。ジオデータベースとは、ESRI社のArcGISに付属するデータベース機能で、DBMS内部に図形と属性とまとめて格納することができるものである。また、建物用途の学習ツールは、Python+Rpyを用いて作成したものをScriptとして取り込み、CAと同じModelに組み込んでいる。そのため、利用者は開発者が用意した建物用途テーブルを指定することでシミュレーションを実行することができる。図4はArcToolBoxのModelを実行した時のインターフェースの様子である。

本システムは、Benenson⁶⁾やIvan⁷⁾のツールとは異なり、システム利用者は面積、周長、角地、前面道路の属性を持つ宅地と街区のShapeファイルを用意することで、図4に示すArcMapのGUIを利用して必要な情報を選択・指定す

ることによって利用できる。Shape は、ArcGIS の標準フォーマットであり、多くの GIS ソフトで利用可能なものである。

シミュレーションを実行する際は、①対象地区の宅地と街区の Shape ファイルを読み込み、②ArcToolbox にある「シミュレーションの実行」ツールを起動し、③用途地域テーブル、④結果の保存先、⑤対象地区、⑥対象街区、⑦建物用途テーブルを順に選択し、⑧OK ボタンを押すことで実行できる。本システムでは、利用者が用途地域テーブルと建物用途テーブルを指定することにより、表 1 に示すパラメータと表 2 に示す学習用の地区データを読み込み、シミュレーションを実行することができる。そのため、利用者がシミュレーションの実行に必要なパラメータを用意したり、値を直接入力したりする必要はない。

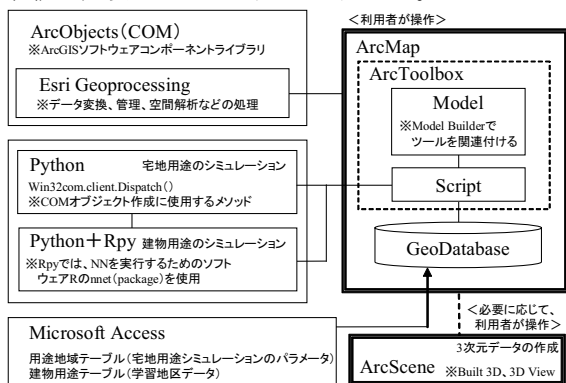


図-3 システムの構成

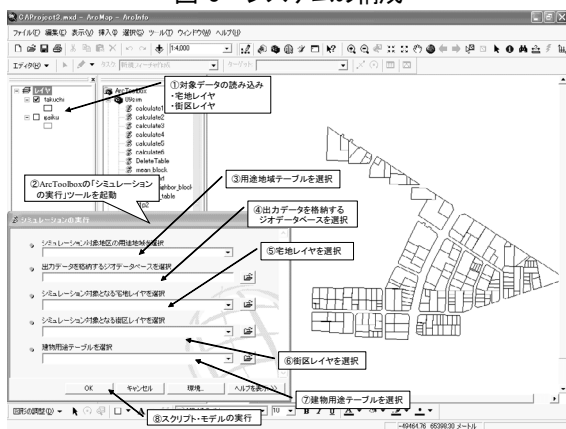


図-4 システムのインターフェース

4-2 GIS の空間解析を用いた「近傍」の取得

CA の適用には近傍の概念が要求されることは前述した通りである。近傍のセルを特定する方法として、Benenson⁶⁾ や Ivan⁷⁾ のように予め設定した属性で求める方法もあるが、本稿では図 1 のように当該宅地と辺を共有する近傍宅地を取得するために、ArcMap の空間検索を活用する。ArcMap の空間検索ではフィーチャを選択する条件として、入力レイヤと選択レイヤのフィーチャ間の空間的位置関係を指定しなければならない。システムではまず、近傍宅地の影響を計算するために一つの宅地を選択する。次に、「空間検索」(Boundary_Touches) により選択された宅地と敷地境界線を共有する宅地を全て選択する。そして、「要約統計量」

(Summary Statistics) により、選択された宅地の状態量の総和を計算する。

このように、宅地の数だけ、この過程をループすることにより、全ての宅地において隣接する宅地の影響を考慮した状態量を求めることができる。この結果を Microsoft Access の「テーブル」として出力する。近傍街区の影響も、「空間検索」(Within_A_Distance) と、「要約統計量」(Summary Statistics) を用いて算出することができる。

4-3 ジオデータベース機能を用いた遷移ルールの実現

本稿では、連携のデータベースシステムに Microsoft Access を用いる。当該宅地の幾何的特性や地区的特性による影響量は、前提条件として宅地ごとの属性として属性テーブルに入力されているため、ArcMap における属性の演算処理であるフィールド演算を行うことで次期状態量を求めることができる。そのため、空間検索は不要であり、フィールド演算だけを用いて対応できる。

このように「フィールド演算」を用いて状態量を求め、遷移ルールによって宅地用途を確定してジオデータベース内に「テーブル」として出力する。上記手順の 1 サイクルを 1 ステップ (1 年間) とし、これを繰り返すことにより、宅地用途をシミュレーションする。

4-4 建物用途の計算処理

図 5 に示す建物用途のフローは、宅地用途と建物用途テーブルのパラメータを用いてシミュレーションの中で実行されている。対象宅地に建物用途を割り当てる処理は、空間解析機能などの GIS 特有の機能を利用することなく、データベースの演算機能で対応することができる。

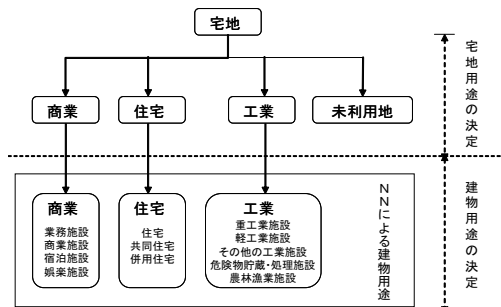


図-5 建物用途シミュレーションのフロー図

なお、建物用途のシミュレーションについては、CA による宅地用途の各ステップに対応しているため、ステップごとに宅地用途が変わった宅



図-6 シミュレーションの事例地区

地に対して、個別に建物用途を予測する必要がある。

5. 事例地区におけるシミュレーションシステムの適用

本稿では、金沢市の都市計画基礎調査の土地利用データと住宅地図を元に事例地区の宅地形状を作成し、シミュレーションを行った。

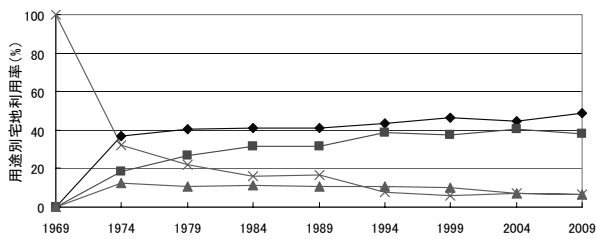
事例地区として、図6に示す主要地方道金沢・港線を含む松村第一地区（施行年度 1969～1973）を選定した。シミュレーションを行うため、対象地区に合わせて、宅地用途の予測には、準工業地域の用途地域テーブルを選択し、建物用途の予測には、建物用途テーブルとして、開発者側が用意した準工業地域の学習用の地区データを選択した。

5-1 シミュレーション結果

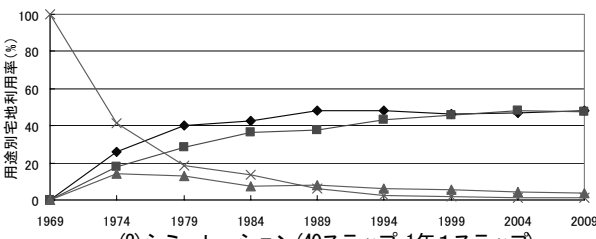
ここでは、本稿で構築したシステムの動作を確認するためにシミュレーションを行う。図2の対象地区において、金沢市の住宅地図^{注2)}を参考に宅地用途をデータ化したものと、シミュレーションを実行した結果を図7と図8に示す。また、宅地用途決定後の建物用途シミュレーション結果を図9に示す。

本システムは、プログラミング等の複雑な操作をすることなく実行することができた。本システムでは、Shape形式のデータを用いてシミュレーションを行い、実行結果もShape形式のデータとして保存される。土地利用データの属性には宅地面積と宅地用途を持ち、建物用途データの属性には建物用途と建物階数を持っている。なお、本システムでは、宅地用途、建物用途の順でシミュレーションを行うため、宅地用途のシミュレーション結果が建物用途の精度に大きな影響を与えることが想定される。

しかし、本稿では、GISを用いて計画担当者らがプログラミング等の複雑な操作をせずに実行可能なシミュレーションシステムを構築することが目的である。そのため、表3に実行結果を示すだけにとどめ、宅地用途及び建物用途の現況再現性の議論は今後の課題とする。

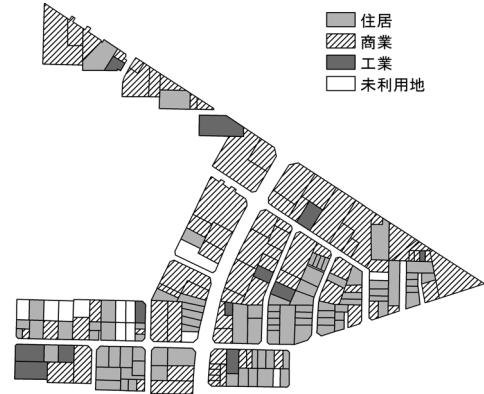


(1) 事例地区の実態(1969-2009年, 40年)

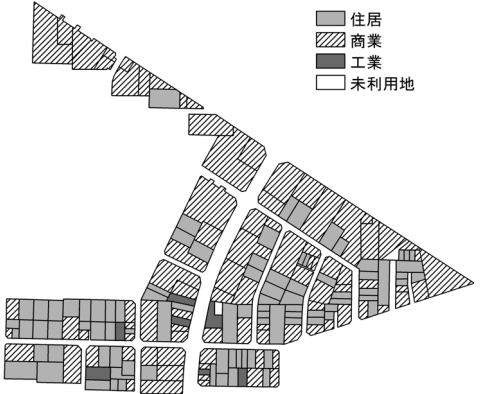


(2) シミュレーション(40ステップ, 1年1ステップ)

図7 シミュレーションの挙動分析

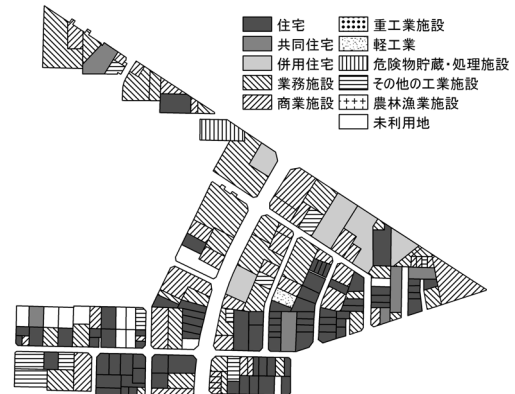


実際の宅地用途 (2009年)

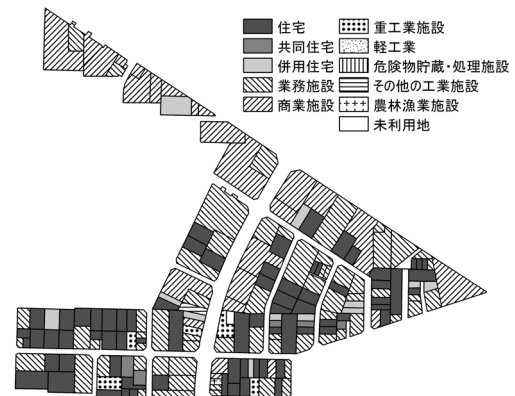


シミュレーションによる宅地用途 (2009年)

図8 宅地用途シミュレーションの結果と実態



実際の建物用途 (2009年)



シミュレーションによる建物用途 (2009年)

図9 建物用途シミュレーションの結果と実態

表-3 シミュレーションによる用途構成と実態 (2009年)

宅地用途	建物用途	事例地区の実態				シミュレーションによる結果				
		宅地用途構成		建物用途構成		宅地用途構成		建物用途構成		
		件数	(%)	件数	(%)	件数	(%)	件数	(%)	
商業	業務施設			33	(17.6)			63	(33.5)	
	商業施設	72	(38.3)	39	(20.7)	89	(47.3)	26	(13.8)	
	宿泊施設			0	(0.0)			0	(0.0)	
	娯楽施設			0	(0.0)			0	(0.0)	
住居	81			(43.1)	73			(38.8)		
住居	共同住宅	92	(48.9)	6	(3.2)	90	(47.9)	5	(2.7)	
	併用住宅			5	(2.7)			12	(6.4)	
	重工業施設			0	(0.0)			5	(2.7)	
工業	軽工業施設	12	(6.4)	1	(0.5)	7	(3.7)	0	(0.0)	
	その他の工業施設			10	(5.3)			0	(0.0)	
	危険物貯蔵・処理施設			1	(0.5)			1	(0.5)	
	農林漁業施設			0	(0.0)			1	(0.5)	
	未利用地			12	(6.4)			12	(6.4)	2
合計			188	(100.0)	188	(100.0)	188	(100.0)	188	(100.0)

5-2 シミュレーション結果の活用

本システムは、ArcGIS Desktop を用いているため、図8や図9に示すシミュレーション結果として得られるShape形式のデータをもとに、ArcGIS Desktop のArcSceneを用いて簡易的ではあるものの、3次元的に市街地像を示すことができる。図10は、宅地形状を元にArcToolboxのバッファ機能を用いて仮建物形状を作成し、与えられた高さをもとに3次元的に表現したものである。ArcSceneとは、設定された高さの値によって建物や地形などを3次元的に表現することができるアプリケーションである。この3次元モデルは建物ボリュームの検討や、形態規制による建築物を建築可能な空間を検討する際には効果的があると考えられるが、市街地の景観やまちづくりの視点からはさらに詳細な建築物モデルが必要であると考えられる。

そこで、VRMLやGoogleSketchUpで作成した建築物の3次元データをStyleシンボルとして取り込むことで、図11に示す詳細な市街地像の3次元表示が可能となる。これは、ワークショップ等の住民参加型まちづくり活動の支援として、町並みの検討に活用できると考える。

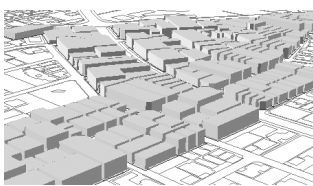


図-10 建物の簡易3次元表示

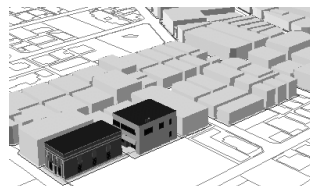


図-11 VRを用いた建物の詳細3次元表示

6. おわりに

本稿で述べた一連の流れにより、不規則な形状の宅地に対して宅地用途の変遷シミュレーションモデルを実行し、その宅地に建築される建物用途のシミュレーションを実行することができた。

利用者は、シミュレーション地区の宅地と街区のShapeファイルを用意しなければならないものの、シミュレーションツール自体はArcMapのGUIを利用して、必要な情報を選択・指定することで実行することができる。

そのため、ArcMapの基本操作が要求されるものの、既存のBenenson⁶⁾やIVAN⁷⁾のツールに比べて、近傍関係の定

義やプログラムを書くことがなく実行できることから、既存のツールより使いやすいものであると考える。

また、ArcGIS Desktopを用いる利点を活かし、シミュレーション結果の宅地用途や建物用途のデータを他データと重ね合わせることができる。さらに、ArcSceneを用いることで、5-2節に示す3次元への展開が図れるものとする。

今後の課題として、シミュレーション精度と現況再現性を検証することや、マルチエージェントの方法論により各段階の意思決定を統合させることが有効と考えられる。このため、理論モデルの再考とともに、マルチエージェントシステムをArcGISに導入する必要がある。また、宅地の分合筆を考慮できるようにシステムを構築し、事例地区において、より現実に近い形での検証ができるようにすることも必要である。

なお、ワークショップ等において実際にシステムを利用した有効性の検証を行うことも必要である。

【謝辞】

本研究は、日本学術振興会基盤研究C(課題番号19560613)の研究助成を受けている。

【脚注】

注1: 下記の文献5)のpp. 251-252参考。

注2: 金沢市住宅明細図、刊広社 1969年, 1974年, 1979年, 1984年, 1989年, 1994年, 1999年, 2004年, 2009年を参考にした。

【参考文献】

- 1) 上出邦弘・川上光彦・木谷弘司(1998)、土地区画整理事業施行区域にける市街化の実態-金沢市における組合施行の事例報告-、都市計画学会学術研究論文集 第33号、pp. 145-150
- 2) 沈振江・石丸紀興(2000)、広島市段原地区における土地区画整理事業後の街区画地の幾何的特性からみた宅地用途の形成-コミュニティ住環境整備事業との合併施行による土地区画整理事業の事例的考察-、日本建築学会計画系論文集 No. 536、pp. 191-198
- 3) 渡辺公次郎・大貝彰・五十嵐誠(2000)、セルラーオートマタを用いた市街地形態変化のモデル開発、日本建築学会計画系論文集 No. 533、pp. 105-110
- 4) 瀧澤重志・川村廣・谷明勲(1998)、セルオートマトンとしての都市(その1)CAの応用性と土地利用パターンの形成、日本建築学会計画系論文集 No. 506、pp. 203-209
- 5) 沈振江・川上光彦・川村一平・加藤千智(2007)、CAを用いたミクロな宅地用途シミュレーションモデルの開発と適用、日本建築学会計画系論文集 No. 620、pp. 249-256
- 6) Itzhak Benenson, Paul M. Torrens (2004), Geosimulation Automata-based modeling of urban phenomena. Wiley, England, 2004.
- 7) Ivan Blečić, Arnaldo Cecchini, Paola Rizzi, Giuseppe A. Tronfio (2003), Playing with Automata. An Innovative Perspective for Gaming Simulation (With CAGE-Cellular Automata General Environment), 5C-3, CUPUM' 03, Sendai, Japan, May 2003.

(2010年5月1日 受付)