

複層化セルオートマトン法とGISによる人口変動予測モデルの評価(その2)

—モデル化の評価と今後の展開—

都市・地域計画 都市解析 人口移動 シミュレーション

正会員 ○御手洗政和*1
同 友清 貴和*2
同 吉原 昌也*1
同 本間 俊雄*3

1. はじめに

前稿(その1)では、著者らが開発した人口変動予測システム(以降、本システムと呼ぶ)の概要と鹿児島市・長崎市を例に取り上げてセルのモデル化の内容を報告した。本稿では、このモデル化を用いたシミュレーション結果により、2つのセル分割モデルの評価と取り上げた2つの都市の傾向の違いを示す。最後に、都市の設定問題に応じたシステムの利用方法の展開について記述する。

2. シミュレーションについて

本システムは、複層化CAによる人口変動予測モデルに組み込まれた5つの移動ルール(近傍規則)に含まれる39個のパラメータを変化させ、1975年~2000年(5年おき)の人口変動シミュレーションを行う(規則・パラメータの詳細は文献1参照のこと)。これらのパラメータの値はそれぞれの移動ルールの発現強度や適用範囲に関係し、シミュレーション結果に影響する。パラメータの許容範囲は、5つの移動ルールを単独に試行して決定する。各パラメータ値は、得られた許容範囲を等間隔の適当な離散量で与える。シミュレーション結果の評価は、平均偏差量と類似の計算を基準とした評価値(年齢層毎、セル毎、5年毎の各評価値の合計)を用いる。ただし、各モデルにおける評価値は、絶対的な評価を表す訳ではない。

図1は本稿のシミュレーション手順である。まず自律規則適用時のみの試行を行う。次に各移動ルールの単独試行を実施する。単独試行により、各パラメータの最良解を求め、その組み合わせ試行から、鹿児島市と長崎市の大雑把な移動傾向を把握する。なお、複合試行による最良解における異なった都市の比較に関しては、説明が煩雑になるため、省略する。

- ① 自然増減[自律規則]
- ② 単独試行
 - 近接移動, 遠距離移動, 魅力移動
 - 家族移動, 結婚移動-(随伴移動)
- ③ 複合試行
 - ルールの挙動, 《パラメータの挙動》

図1. シミュレーション手順

3. シミュレーション結果

表1、図2はシミュレーション結果である。表1は、自律規則並びに各移動ルールの最良解における評価値である。自律規則による評価値を基準とした各移動ルールの評価割合も示している。この評価割合は、各移動ルールの効果の指標となっている。図2は、各移動ルールに関

表1. 自律規則及び各移動規則最良パラメータの評価値

モデル	最良解	次数	評価値	評価値	
				a ※3	A ※4
鹿児島市モデルA	自律規則	pn. 0	-	-	-
	近接移動	pn. 94	1	2.645	0.425
	遠距離移動	pn. 246	4	3.064	0.006
	魅力移動	pn. 845	3	2.952	0.118
	家族移動	pn. 1294	1	2.630	0.440
	結婚移動	pn. 1397	1	2.636	0.434
	複合(最良解)	pn. 3008	-	2.563	0.507
鹿児島市モデルB	自律規則	pn. 0	-	2.683	0.000
	近接移動	pn. 128	1	2.338	0.345
	遠距離移動	pn. 421	2	2.683	0.000
	魅力移動	pn. 636	1	2.574	0.109
	家族移動	pn. 1294	1	2.339	0.344
	結婚移動	pn. 2198	1	2.337	0.346
	複合(最良解)	pn. 3002	-	2.268	0.415
長崎市モデルA	自律規則	pn. 0	-	2.394	0.000
	近接移動	pn. 19	2	2.247	0.147
	遠距離移動	pn. 287	2	2.394	0.000
	魅力移動	pn. 825	3	2.365	0.029
	家族移動	pn. 1350	1	2.246	0.148
	結婚移動	pn. 2203	1	2.246	0.148
	複合(最良解)	pn. 3002	-	2.219	0.175
長崎市モデルB	自律規則	pn. 0	-	2.021	0.000
	近接移動	pn. 21	2	2.003	0.018
	遠距離移動	pn. 230	1	2.022	-0.001
	魅力移動	pn. 1023	1	1.993	0.028
	家族移動	pn. 1533	1	1.992	0.029
	結婚移動	pn. 2371	1	1.992	0.029
	複合(最良解)	pn. 3002	-	1.976	0.045

※1: pn. (パラメータナンバー) とは、39のパラメータの組み合わせパターンにおける認識番号である。
 ※2: 次数 は各移動規則のパラメータ範囲を決定するまでに行った試行回数
 ※3: a は自律規則の総評価値を基準としてみたときの各評価値の変化率
 ※4: A は自律規則を基準としてみたときの各移動規則のルール適用効果

鹿児島市A				鹿児島市B			
CASE	pn	ルール	評価値	CASE	pn	ルール	評価値
8	3008	近接	2.563	2	3002	近接	2.268
11	3011	遠距	2.564	8	3008	魅力	2.268
9	3009	魅力	2.567	11	3011	家族	2.268
21	3021	結婚	2.568	5	3005	結婚	2.269
3	3003	近接	2.569	14	3014	遠距	2.282
12	3012	遠距	2.569	9	3009	魅力	2.283
14	3014	魅力	2.577	12	3012	家族	2.283
15	3015	結婚	2.579	15	3015	結婚	2.283
4	3004	近接	2.630	3	3003	近接	2.337
7	3007	遠距	2.632	1	3001	魅力	2.338
10	3010	魅力	2.633	6	3006	家族	2.338
13	3013	結婚	2.635	4	3004	結婚	2.350
3	3003	近接	2.636	7	3007	遠距	2.350
6	3006	魅力	2.638	10	3010	魅力	2.350
1	3001	遠距	2.647	13	3013	結婚	2.351
16	3016	結婚	2.954	20	3020	近接	2.572
23	3023	遠距	2.956	22	3022	魅力	2.572
19	3019	魅力	2.958	24	3024	家族	2.572
24	3024	結婚	2.964	25	3025	結婚	2.572
20	3020	近接	2.966	16	3016	遠距	2.574
25	3025	魅力	2.973	19	3019	魅力	2.574
22	3022	遠距	2.975	23	3023	結婚	2.574
17	3017	魅力	3.071	17	3017	遠距	2.683
18	3018	魅力	3.071	18	3018	魅力	2.683
21	3021	遠距	3.071	21	3021	魅力	2.683

図2-1 鹿児島市モデルA

長崎市A				長崎市B			
CASE	pn	ルール	評価値	CASE	pn	ルール	評価値
2	3002	近接	2.219	2	3002	近接	1.976
8	3008	遠距	2.219	8	3008	魅力	1.976
9	3009	魅力	2.219	5	3005	家族	1.977
11	3011	結婚	2.219	11	3011	結婚	1.977
12	3012	近接	2.219	9	3009	遠距	1.982
14	3014	遠距	2.219	12	3012	魅力	1.983
15	3015	魅力	2.219	14	3014	家族	1.983
5	3005	結婚	2.220	15	3015	結婚	1.984
3	3003	近接	2.246	23	3023	遠距	1.992
4	3004	遠距	2.246	25	3025	魅力	1.992
1	3001	魅力	2.247	19	3019	家族	1.993
6	3006	結婚	2.247	22	3022	近接	1.993
7	3007	遠距	2.247	24	3024	魅力	1.993
10	3010	魅力	2.247	16	3016	遠距	1.994
13	3013	結婚	2.247	20	3020	近接	1.994
23	3023	遠距	2.365	1	3001	魅力	2.004
24	3024	魅力	2.365	3	3003	遠距	2.004
25	3025	魅力	2.365	6	3006	結婚	2.005
15	3015	遠距	2.366	4	3004	魅力	2.010
19	3019	魅力	2.366	7	3007	遠距	2.010
20	3020	近接	2.366	10	3010	魅力	2.011
22	3022	遠距	2.366	13	3013	結婚	2.012
17	3017	魅力	2.394	17	3017	遠距	2.022
18	3018	魅力	2.394	18	3018	魅力	2.022
21	3021	遠距	2.394	21	3021	魅力	2.022

図2-3 長崎市モデルA

長崎市B			
CASE	pn	ルール	評価値
2	3002	近接	1.976
8	3008	遠距	1.976
5	3005	魅力	1.977
11	3011	結婚	1.977
9	3009	遠距	1.982
12	3012	魅力	1.983
14	3014	家族	1.983
15	3015	結婚	1.984
23	3023	遠距	1.992
25	3025	魅力	1.992
19	3019	家族	1.993
22	3022	近接	1.993
24	3024	魅力	1.993
16	3016	遠距	1.994
20	3020	近接	1.994
1	3001	魅力	2.004
3	3003	遠距	2.004
6	3006	結婚	2.005
4	3004	魅力	2.010
7	3007	遠距	2.010
10	3010	魅力	2.011
13	3013	結婚	2.012
17	3017	遠距	2.022
18	3018	魅力	2.022
21	3021	魅力	2.022

図2-4 長崎市モデルB

ルール組合せ: ON OFF 近: 近接, 遠: 遠距離, 魅: 魅力, 結: 結婚, 家: 家族

図2. 複合試行ルールの挙動(評価値順)

Evaluation of Population Fluctuation Prediction Model by Using Multi-Layered Cellular Automata and GIS -Part 2-
-Evaluation of a Model, and Future Prospects-

MITARAI Masakazu, TOMOKIYO Takakazu, YOSHIHARA Masaya, HONMA Toshio

する単独試行の最良解の組み合わせによる評価値をまとめたものである。CASE 欄毎のハッチング部が用いた移動ルールを意味し、全25通りの組み合わせを計算した。なお、複合試行のシミュレーション結果は、最良解を求めるものではなく、セル分割モデルにおける支配的な移動規則を特定し、セル分割モデルと地方都市の地域特性の把握に利用する。単独試行の内容は、近接移動170通り、遠距離移動456通り、魅力移動570通り、家族移動900通り、結婚移動600通りである。

4. シミュレーション結果の比較・考察

4.1 セル分割モデル

両都市共、モデルAとモデルBにおける人口推移のシミュレーション結果は、セルの大きさに伴う違いはあるものの同じ傾向を示す。ただし、最良解は違う値である。つまり、モデルAとモデルBは同じ都市を対象とした解析であるが、異なるモデルをシミュレーションしたことを意味する。

モデルAとモデルBはセル分割のモデル化から単純に一つのセル領域の大きさが異なる。移動ルールの定義内容より、大きいセルであると、小さなセルの近接移動が無視されてしまう。すなわちモデルAの近接移動が、モデルBでは自律規則に吸収される。一方、都市の人口分布が中心市街地から放射状に広がっている場合、セルの面積が大きくなることで近傍のセルとの人口密度の差が大きくなり、近接移動の動態が多くなる。

これらのことは、セル分割が細かいモデルがよいモデルと云うのではなく、モデルAとモデルBの利用形態をシミュレーション目的に応じて変えなければならないことを示している。例えば、少子化現象に伴う小学校の再編を考える。まず、現在の配置計画を持続した場合の近未来における状況を把握する必要性が生じる。つまり、モデルBのように問題に直接関わる小学校区を基準としたセル分割モデルによって、将来の人口構造を導くことが合理的である。これに対し、モデルAは、小学校区内のある特定の町丁字の人口構造が把握できる。さらに、小学校区内における児童の人口分布とそれに伴う学校の配置計画が密接に関係していることから、実際の再編計画、あるいは配置計画を問題とする場合、セル領域の小さいセル分割モデルの方がよいと考える。このように、適切なセル分割モデルを与えることで様々な問題に柔軟に対処できると予想される。

4.2 都市の比較

両都市の最良解は、近接移動・魅力移動の比率が他の移動ルールに比べ共通して高い。自律規則を基準に近接移動の評価割合を見ると、鹿児島市の方がより卓越している。丘陵地や山に囲まれた鹿児島市には、都市の拡大と共に総人口が増加し、平野部に位置する市街地中心部の人口が年々減少するという分散化現象がある。近接移

動の効果が大きくなった理由は、この実際に起こった人口分散化傾向を再現した結果であると考えている。

近接移動は、世帯主(移動者)が良好な居住環境を求め、比較的近距离内に移動をすると仮定したものである。ここで定義する良好な居住環境は、人口が集中していない(地価の安い)近隣の地区である。長崎市は市街地の7割が斜面地という地理的条件である。このことを踏まえると、人口密度が低い近隣のセルが周辺にあったとしても、そのセルが斜面地であれば、住環境の改善に繋がるとは考えにくい。事実、非斜面地での顕著な高齢化や交通の便の悪さ、防災上の安全性について問題になっている³⁾。すなわち、斜面地から非斜面地への移動の方が現実的に住環境の改善に繋がる可能性がある。つまり、長崎市では、近傍地域への人口の分散化が起こりにくく、近接移動で実際の人口変動を捉えることができなかったと云える。

魅力移動に関しては両市における大きな違いは見られない。ただし、両市民の魅力移動に関する行動特性が把握できたと考えている。

5. まとめ

構築した人口変動予測モデルを用い、2都市、2種類のセル分割モデルを用いたシミュレーションを行い、セル分割モデルの評価と都市の比較の考察を行った。

セル分割モデルの評価では、問題設定に応じたモデル構築の必要性を示した。具体的な都市の比較では、鹿児島市と長崎市の地理的特徴を踏まえた人口変動の特徴を示すことができた。以上のことから、セルのモデル化の評価が次のように与えられる。

- 1) 最良解を用いることで、1次近似として近未来の都市の人口変動をある程度再現できる。
- 2) パラメータの内容より、都市毎の人口変動の特徴が示せる可能性がある。
- 3) 都市活性化の利用目的に応じた人口変動予測モデルの利用目的により、近未来における都市の問題を的確に把握し、柔軟に対処できることが期待できる。

今後の課題として、まず各種移動規則の見直しが挙げられる。これは、地方都市の人口変動を、より反映できるシステムを目指すためである。次に現実に起こる都市内外の人口転出入の現象を捉えるために、規則導入を検討しなければならない。今後、持続可能で活性化した都市を実現するために、様々な視点より問題点を見据え、システムの利用目的に応じたセルモデルでのシミュレーションを実施する。

【参考文献】

- 1) 本間俊雄, 友清貴和, 松永安光, 豊田星二郎, 福永知哉:「複層化オートマトンによる地方都市の解析モデル」, 日本建築学会計画論文集, 第538号, 2003.6
- 2) 雪丸久徳, 吉原昌也, 友清貴和, 本間俊雄, : GISを用いた複層化セルオートマトンによる地方都市の解析システム(その1, 2) 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 2003, 7419-7420
- 3) 『よかまちづくり長崎』, 長崎市役所まちづくり部
(URL: <http://www.city.nagasaki.nagasaki.jp/machidukuri/index.html>)

*1 鹿児島大学大学院 博士前期過程
*2 鹿児島大学工学部建築学科 教授・工博
*3 鹿児島大学工学部建築学科 助教授・工博

*1 Graduate school, Dept. of Architecture, Kagoshima University
*2 Prof., Dept. of Architecture, Kagoshima University
*3 Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Kagoshima Univ., Dr. Eng