

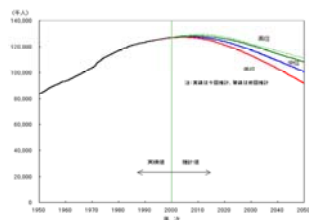
複層化セルオートマトン法と地理情報システムを利用した都市の解析

An analysis of Local Municipality Using Multi-Layered Cellular Automata and Geographic Information System

鹿児島大学 雪丸 久徳

研究の背景

人口減少社会の到来



国立社会保障・人口問題研究所
平成14年1月推計

2006年

日本の総人口は減少に転じる



**地方都市
地域活力の低下**

人口の減少に如何に対応するか

従来の都市計画
市などの各自治体を最小フレームと設定し、
それに見合う都市施設整備量を定める

↓
都市計画の
重大な局面

持続可能な都市計画・開発

||

需要の正確な把握

小地域毎の人口変動や人口構造の予測

⇒都市の需要を把握

研究の目的

既往の研究

都市内の人口変動に対して

計量地理学の観点から自律規則と5つの近傍規則を設定した

複層化セルオートマトンによる人口変動予測モデル

都市解析モデル



都市内の人口変動を伴う一定の地域内の人口変動を再現することが可能なモデルとして有効性が確認されている。

※ 汎用性の問題上、その有効性は都市の中心部でしか示されていない

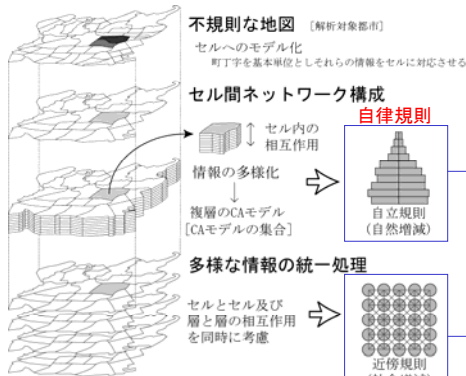
複層化CAモデルと地理情報システムの融合

汎用性を有した人口変動予測システムの開発

解析対象範囲を都市全域に拡大して適用した際のモデルのモデルの評価・考察

解析モデル

複層化CA(セルオートマトン)による人口変動予測モデル



複層化CAの概念図

	女性	男性	
21層	100歳～	100歳～	100歳～
20層	95～99歳	95～99歳	90～99歳
19層	90～94歳	90～94歳	85～99歳
18層	85～89歳	85～89歳	80～89歳
17層	80～84歳	80～84歳	75～89歳
16層	75～79歳	75～79歳	70～79歳
15層	70～74歳	70～74歳	65～79歳
14層	65～69歳	65～69歳	60～69歳
13層	60～64歳	60～64歳	55～69歳
12層	55～59歳	55～59歳	50～59歳
11層	50～54歳	50～54歳	45～59歳
10層	45～49歳	45～49歳	40～49歳
9層	40～44歳	40～44歳	35～49歳
8層	35～39歳	35～39歳	30～39歳
7層	30～34歳	30～34歳	25～39歳
6層	25～29歳	25～29歳	20～29歳
5層	20～24歳	20～24歳	15～29歳
4層	15～19歳	15～19歳	10～19歳
3層	10～14歳	10～14歳	5～19歳
2層	5～9歳	5～9歳	0～19歳
1層	0～4歳	0～4歳	0～9歳

人口ピラミッド

状態遷移規則

- 自律規則 —
- ① 出生
 - ② 死亡
 - ③ 成長
- 近傍規則 —
- ① 遠距離移動
 - ② 近接移動
 - ③ 家族移動
 - ④ 結婚移動
 - ⑤ 魅力移動

21×2層

人口変動予測システム



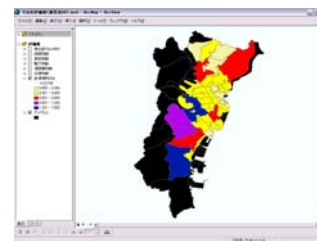
評価 システム操作メインパネル



パラメータパネル



結果出力サブパネル



GIS画面

都市解析(人口変動予測)シミュレーション手順について

対象都市

鹿児島市 114セル



- ① 1975年の人口データ(5歳年齢階級男女別人口)を初期値として1975年から2000年までの5年おきのシミュレーションを行う。
- ② 様々なパラメータパターンで試し、実データとの再現性が最も高いパラメータパターンを探し出す。

※実データの再現性を表す指標として評価値を用いて判断する。

シミュレーションは、自律規則・各移動規則単独試行・複合試行の順で行う。

- ③ 結果の考察

パラメータについて

近傍規則式

$$P_{i(k)}^{n+1} = P_{i(k)}^n + \frac{KP_{i(k)}^n}{P_i^n} \sum_{j \in \phi} \left(\frac{P_j^n}{P_i^n} \right) d_{ij}^{\beta} \quad (i \in \phi, \beta \leq 0)$$

$$P_{j(k)}^{n+1} = P_{j(k)}^n - \frac{KP_{j(k)}^n}{P_j^n} \sum_{i \in \phi} \left(\frac{P_i^n}{P_j^n} \right) d_{ij}^{\beta} \quad (i \notin \phi, \beta \leq 0)$$

近接移動

$$P_{i(k)}^{n+1} = P_{i(k)}^n + \frac{P_{i(k)}^n}{P_i^n} \left[\left(P_j^n \right) - \left(P_i^n \right) \right]$$

$$P_{i(k)}^{n+1} = P_{i(k)}^n + \left[\left(P_{j(k)}^n \right) - \left(P_{i(k)}^n \right) \right]$$

随伴移動

$$P_{i(k)}^{n+1} = P_{i(k)}^n + \alpha_k M_{i(m)}^n \quad (k \neq m)$$

$$P_{i(k)}^{n+1} = P_{i(k)}^n + \rho \sum_{j \neq \phi} P_{j(k)}^n d_{ij}^{\beta}$$

$$P_{j(k)}^{n+1} = P_{j(k)}^n - \rho \sum_{i \neq \phi} P_{i(k)}^n d_{ij}^{\beta} \quad (j \neq \phi)$$

$$H = 1 - (t/T)^2$$

適用品年齢幅

距離パラメータ

人口比パラメータ

集中パラメータ

<input type="checkbox"/> 近接移動	男	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
	女	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
<input type="checkbox"/> 随伴移動	男	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
	女	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
人口密度の1番大きいセル【セル5】を1に次いでセルまでを対象 距離の1番近いセルから【セル5】を1に次いでセルまでを対象							
<input type="checkbox"/> 近接移動	男	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
	女	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
<input type="checkbox"/> 随伴移動	男	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
	女	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
<input type="checkbox"/> 近接移動	男	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
	女	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
<input type="checkbox"/> 随伴移動	男	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
	女	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
<input type="checkbox"/> 近接移動	男	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
	女	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
<input type="checkbox"/> 随伴移動	男	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
	女	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
<input type="checkbox"/> 近接移動	男	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
	女	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
<input type="checkbox"/> 随伴移動	男	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
	女	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
<input type="checkbox"/> 近接移動	男	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
	女	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
<input type="checkbox"/> 随伴移動	男	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ
	女	0-4(100)	歳から	0-4(100)	歳まで	0-1	人口比パラメータ

$P_{i(k)}^n$: iセルk層の男女別一統計データ

$\tilde{P}_{i(k)}^n$: iセルk層の男女別一解析結果

K : 5歳階級年齢層数(=42)

A_i : iセル1層あたりの平均人口

L : 性別(=2)

評価の方法について

実データとの適合度を表す評価値

一尺度(セル毎の評価)

$$\sigma_i^n = \frac{1}{A_i^n} \sqrt{\frac{1}{KL} \sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^L \left(P_{i(k,r)}^n - \tilde{P}_{i(k,r)}^n \right)^2}$$

評価値(年一ステップ毎の評価)

$$\delta^n = \left(\sum_{i=1}^N \sigma_i^n \right) / N$$

ペナルティ

$$\lambda_{i(k,r)}^n = \frac{KL}{P_i^n} \sqrt{\left(P_{i(k,r)}^n - \tilde{P}_{i(k,r)}^n \right)^2}$$

σ : セルの評価値

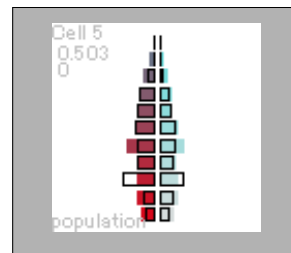
$P_{i(k)}^n$: iセルk層の男女別一統計データ

$\tilde{P}_{i(k)}^n$: iセルk層の男女別一解析結果

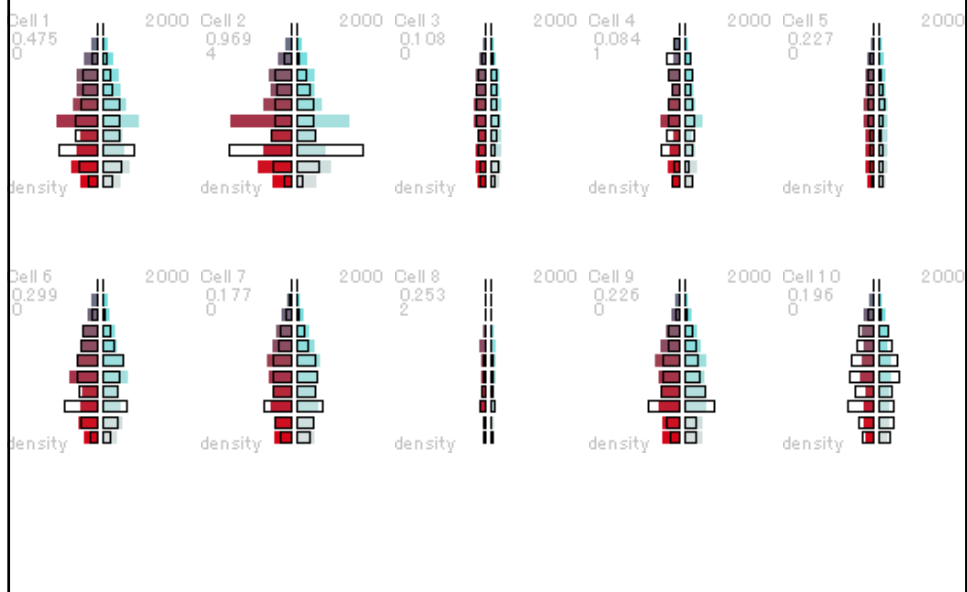
K : 5歳階級年齢層数(=42)

A_i : iセル1層あたりの平均人口

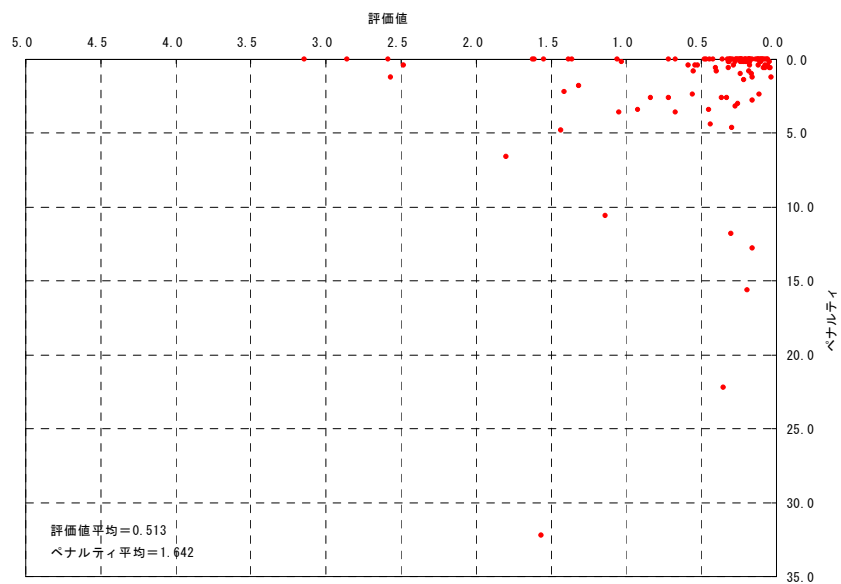
L : 性別(=2)



最適パラメータを用いた2000年の人口予測シミュレーション



最適解における各セルの評価値とペナルティの関係



まとめ

複層化CAとGISを用いたシステムの開発 ⇒ **都市レベルでの試行が可能**

従来の都市全体を対象とした人口推計だけでなく、都市における地域毎の人口分布・人口構造の把握が可能

評価値 実データの人口ピラミッドとの比較

人口分布・人口構造の再現性を確認

各移動規則で評価のよい移動パラメータを探り、それらを組み合わせ最適解を導くことで、**1次近似として未来の都市の人口変動をある程度再現できる。**

今後の課題

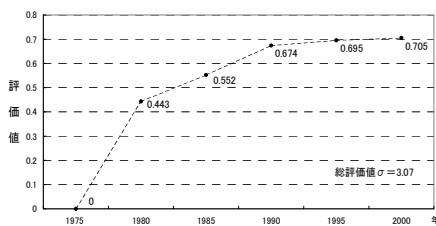
- ① ルールの挙動性の確認・移動式の妥当性の検討
- ② セル設定に関する問題解決
- ③ 内外移動補正量の割り振り方の検討
- ④ 地理的条件の異なる都市での試行



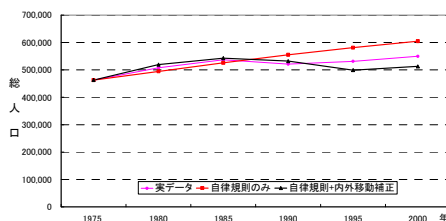
無駄のない都市計画・施設配置計画を立案する際の基礎データを導き出せる
ある特定の年齢層(例えば高齢者)に着目した人口分布を把握できる

高い将来性

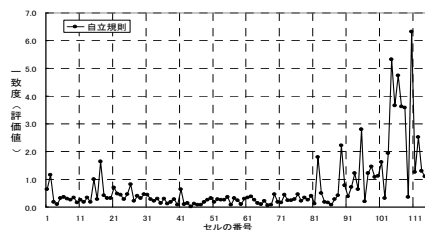
シミュレーション結果



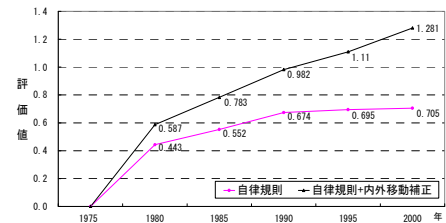
自律規則のみ適用時の時系列評価値



内外移動補正適用時総人口の変化

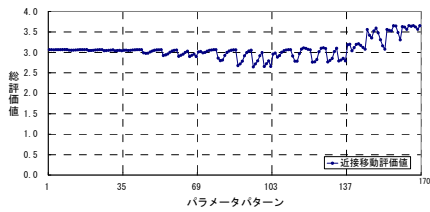


自律規則のみ適用時の各セルの評価値

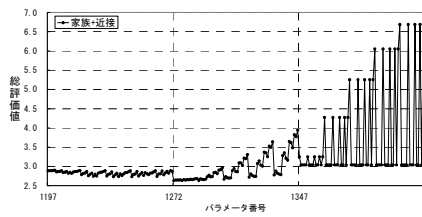
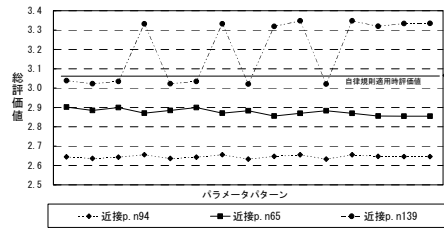


内外移動補正適用時評価値の時系列変化

シミュレーション結果



単独試行・近接移動の総評価



随伴移動(家族+近接)による総評価