

セル・オートマトン法による地方解析モデルの構築 と地理情報システムの活用

著者	友清 貴和, 本間 俊雄, 松永 安光
別言語のタイトル	An Analysis Procedure of Local Municipality by Using a Multi-Layered Cellular Automata and Geographic Information System
URL	http://hdl.handle.net/10232/00001011

セル・オートマトン法による地方都市解析モデルの構築と
地理情報システムの活用

課題番号 14550616

平成14年度～平成16年度科学研究費補助金

基盤研究(C)(2)

研究成果報告書

平成17年3月

研究代表者 友清貴和

鹿児島大学工学部教授

研究の目的

少子・高齢化の続く我が国では、2010年をピークに人口の減少に向かう^{註1)}。今後は従来のハード主体の都市計画に替わって、都市環境・都市施設と人口との関係、すなわち「居住ニーズ」を盛り込んだ計画づくりが必要である。特に、人口規模がさほど大きくなく人口密度も低い地方都市では、このことがより重要である。

注1) 平成13年当時は2010年がピークと言われていたが、平成16年には2007年がピークと言う意見が多数を占めてきた。

本研究は、これら地方都市の都市環境を構成する各種需要の予測を可能とする数理モデルの構築を目指している。このため、都市を構成する特徴的な要素・要因を抽出して、各種需要の予測に反映させる数理モデルを考える。特に各種需要に影響を与える基本要因として、人口変動に注目する。人口変動は自然増減と社会増減により構成されており、各々推計する方法が既に種々確立されている。しかし、現在広く使われているコーホートモデルなどは、経年変化を近似式としてトレンドした従来型の経験的な人口推計手法であるため、年齢別人口など家族構成や人口構成に見合った社会の創造には対応が困難である。

上述の内容を踏まえ、地方都市に対する解析モデル構築の基本的な考え方をセル・オートマトン(CA)を用いて構成し、地方都市の把握を目的とした数理モデルを提案する。CAでは、系全体で統一した規則を持たず、部分が分散的かつ自律的な規則(局所規則)を適用し、結果的に系全体を構築しようとする考え方である。局所規則においては、過去の統計データに基づいて、計量地理学で構成された方法論により、近傍規則式を提案する。また、自律規則には、人口変動におけるコーホート要因法を採用する。これらの考え方を導入した数理モデルを用いて、地方都市における行政事業や大規模開発などの計画による近未来を予想する。人口変動の予測は、年齢構成を地域別に正確に把握できるため、都市計画の基礎データとして重要である。

少子高齢化に伴う人口減少と縮小経済に対して質の高い住民生活を守ってゆくには、総合的に、これに見合った社会資本の整備と新しい社会概念の確立が必要である。これを地域において実践するには、地域の原単位であった市町村という既存の行政圏域にとらわれず、もっと住民に密着した町丁字区や小学校区・中学校区などの狭域圏と複数の市町村が集聚して経済効率化を目標とする広域圏との複眼的思考が必要である。

本研究全体では、この考えに基づき、コーホート要因法及び計量地理学と、複層化セルオートマトン法(以下CA法)を組み合わせた人口変動予測システムを開発し、CA法の汎用性・利便性を高めるために、GIS(地理情報システム)と融合させ、様々な問題に対処できる解析システムの基礎モデルを開発し、解析システムの有効性と妥当性を示そうとしたものである。

研究結果の概要

平成 14 年度

本研究は、地方都市に対する解析モデル構築の基本的考え方として複層化セルオートマトン（以下複層化 CA）を用いている。しかし、セルを格子状に分割した従来の複層化 CA では複雑で多面的な情報をもつ人口をより正確に扱い、ユーザーに分かりやすく提供することは困難である。この問題を解決するため、GIS（地理情報システム）を用いる。GIS はレイヤー構造になっており、この複層化 CA と考え方が同じであるため、複層化 CA とリンクさせることは有効であると考えられ、本研究の目的である汎用性と利便性の高いシステムを作成することができ、さらに地理的条件の異なる他地域の解析も速やかに実施することが可能になる。本システムは、以下に示すように 4 つの部門から構成される。1. データ変換部：GIS から得られる人口データや面積データ等を数値解析のように、Excel 形式に変換しシステムに取り込む。2. 解析部：1975 年データから Excel の関数機能およびマクロを用いてパラメータに応じて解析を行う。結果は一時 Excel 内に格納され、グラフや総人口などの表示に用いられる。3. ユーザーインターフェース部：システムの操作パネル部分にあたる。GUI（Graphical User Interface 以下 GUI）を有し、簡単なシステムアクセスとグラフィックス表示を可能としている。4. 結果表示部：解析結果を詳細グラフと時系列グラフとして描画し、ユーザーに視覚的に提示する。以上、本システムでは GIS（ArcView8.1）と Excel を新たに導入した。これによってデータの正確性、加工のしやすさなどの向上があった。データがあれば他のどの地域にも対応することができ、ユーザーが簡単に解析できる利便性の高いシステムとなった。

平成 15 年度

本研究では、地方都市に対する解析モデル構築の基本的考え方として複層化セルオートマトン法（以下複層化 CA）を用いている。このため、複層化 CA と GIS（地理情報システム）の融合を図り、汎用性を有した都市解析システムを考える。GIS によるシステム化は、正確な地域情報の把握と利便性を高め、広範囲における都市の解析が可能であることは昨年度の研究で明らかにした。しかし、本解析モデルの解析対象範囲を都市全域に拡大して適用した際の、解析モデルや解析結果の信頼性を確立するには至っていない。

このため、本年度は、複層化 CA と GIS を利用した地方都市の解析システムを開発し、実際に鹿児島市全域（114 セル）をモデルとする小規模な地域ごと（町丁別）の人口推計による都市解析を行った事例を示し、解析対象範囲を拡大したときの複層化 CA による都市解析モデルの評価・考察を行なった。同時に類似都市として、長崎市と大分市の人口データを入手し、Excel 上に入力し GIS とリンクさせモデルを構築した。

本年度の解析手順は以下の通りである。①複層化 CA と GIS による解析システムを開発② GIS を用いた詳細な行政区域毎の人口・面積を集計ならびに、解析対象範囲とセルの設定。③過去 25 年間の人口データ、出生率・死亡率及び転出入率を初期値とした解析モデルの構築。④ 1975 年から 2000 年までの 5 ステップ 25 年間をシミュレート期間とした人口分布の変化予測。⑤解析結果の有効性を確認するために、再現性が時系列で確認できる「評価値」という数値的指標を用い解析結果と統計〔実〕データを比較した、適合度の高いパラメータパターンを抽出。⑥解析結果の考察。なお本年度は、市（解析対象範囲内）全体の人口転出入を考慮し、新たに「内外移動補正」ルールを設定した。

平成 16 年度

研究の総括としては、CA 法の汎用性・利便性を高めるために、GIS(地理情報システム)と融合させ、様々な問題に対処できる解析システムの基礎モデルを開発し、解析システムの有効性と妥当性は鹿児島市を例に示した。しかし、地理条件、人口構造、交通などの要素が異なる他の地方都市での解析と結果の比較検討をする必要がある。

本年度は、これまでに開発した解析システムを都市・地域計画の実務に応用させるため、3つの地方都市(鹿児島市・長崎市・大分市)を取り上げ、構築した人口変動予測モデルによる3都市・2種類のセル分割モデルを用いた解析を実行した。結果、問題設定に応じたモデル構築の必要性と3都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は次のようにまとめることができる。

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. 最良解の値から都市毎の人口変動の特徴を提示できる。
3. 都市活性化に対応し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。

研究組織

研究代表者：友清 貴和 (鹿児島大学工学部教授)

研究分担者：本間 俊雄 (鹿児島大学工学部助教授)

研究分担者：松永 安光 (鹿児島大学工学部教授)

研究経費

平成 14 年度	1,300	千円
平成 15 年度	800	千円
平成 16 年度	900	千円
合 計	3,000	千円

研究発表

1. 印刷論文

- 1) 本間俊雄, 友清貴和, 松永安光, 豊田星二郎, 福永知哉: 複層化セル・オートマトンによる地方都市の解析モデル, 日本建築学会計画系論文集, 第 568 号, pp.93-100, 2003.6(査読論文)
- 2) 友清貴和, 雪丸久徳, 吉原昌也, 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, 鹿児島大学工学部研究報告, 第 45 号, pp.39-44, 2003.9
- 3) 友清貴和, 吉原昌也, 御手洗政和, 本間俊雄: 複層化セルオートマトン法と GIS による地方都市の人口変動予測システムと評価, 鹿児島大学工学部研究報告, 第 46 号, pp.61-66, 2004.9

2. 口頭発表

- 1) 松永安光, 本間俊雄, 友清貴和, 福永知哉, 豊田星二郎: セル・オートマトン法を用いた地方都市解析モデルの評価, 日本建築学会学術講演梗概集(北陸), F-1, pp.565-566, 2002.9
- 2) 雪丸久徳, 友清貴和, 本間俊雄: 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, 日本建築学会九州支部研究発表会, 第 52・2 号計画系, pp.325-328, 2003.3
- 3) 雪丸久徳, 友清貴和, 吉原昌也, 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) - 基本的な考え方とシステム化 -, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), F-1, pp.867-868, 2003.9
- 4) 吉原昌也, 友清貴和, 雪丸久徳, 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 2) - 鹿児島市への適用例 -, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), F-1, pp.869-870, 2003.9
- 5) 雪丸久徳, 友清貴和, 吉原昌也, 本間俊雄: 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 - 鹿児島市の事例 -, 日本建築学会九州支部研究発表会, 第 43・3 号, pp.365-368, 2004.3
- 6) 吉原昌也, 友清貴和, 御手洗政和, 本間俊雄: 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 1) - システム構築と地方都市のモデル化について -, 日本建築学会学術講演梗概集(北海道), F-1, pp.541-542, 2004.9
- 7) 御手洗政和, 友清貴和, 吉原昌也, 本間俊雄: 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 -, 日本建築学会学術講演梗概集(北海道), F-1, pp.543-544, 2004.9
- 8) 吉原昌也, 友清貴和, 御手洗政和, 本間俊雄: 複層化セルオートマトン法と GIS による地方都市の人口変動予測システムとその評価, 日本建築学会九州支部研究発表会, 第 43・4 号, 印刷中

目次

第1章 序論	
1.1 研究の背景と目的	1
1.2 研究の方法	1
第2章 人口変動予測モデル・システムについて	
2.1 はじめに	3
2.2 解析モデル	3
2.3 システムについて	16
第3章 解析手順	
3.1 はじめに	27
3.2 解析手順	27
3.3 事前準備について	28
3.4 解析対象	29
3.5 解析方法	36
第4章 モデルAの解析結果	
4.1 鹿児島市モデルA	38
4.2 長崎市モデルA	48
第5章 モデルBの解析結果	
5.1 鹿児島市モデルB	58
5.2 長崎市モデルB	68
5.3 大分市モデルB	78
第6章 解析結果の比較・考察	
6.1 はじめに	88
6.2 都市の比較	89
6.3 セルモデルの比較	91
6.4 結論	93
第7章 総括	
7.1 まとめ	94
7.2 今後の展望	95
参考論文・文献・資料	96

第1章 研究の目的と方法

1.1 研究の背景と目的

我が国では、生産年齢人口が既にピークを過ぎており、総人口は2006年(中位推計)をピークに減少に向かと言われている。こうした中、人口規模のさほど大きくない地方都市の人口移動や人口構造の変化に伴う都市の衰退は大きな問題となる。

従来の都市計画では、一般に市町村等の自治体を最小単位とするエリアを1つの人口フレームとして設定し、そのエリアにおける各種需要に見合う都市施設の整備量を決定するという手法が取られてきた。この手法を続ける限り、人口フレームが衰退することは、都市の各種需要の減少を意味し、近い将来訪れる人口減少社会に対する展望はない。もちろん、都市の各種需要は経済的要因にも依存する。人口の減少が都市や社会に対して大きな影響を与えることは確かである。しかし、都市計画並びに社会全体にとって重要な問題は、人口減少にどう対応するかである。実際、都市における各種需要は、都市全体の人口フレームにだけでなく、狭い地域における人口構造の変化や人口移動に深く関連しており、大きく影響を受けると考えられる。すなわち、人口減少に直面している現況において、小規模な地域毎の人口変動を予測し、それに見合った都市における各種需要を予測・推定することは、持続可能な活性化した都市・地域計画を進めるに当たり重要なポイントとなる。

本研究では、まず人口変動を伴う一定地域内の人口分布と人口構造を複雑系と捉え、地方都市に対する人口変動予測モデルとして複層化セルオートマトン法を提案する。複層化CAとは、多様性を許容するCAと人口変動を結びつけ、さらに層の概念を組み込んだものである。また、計量地理学の観点から人口変動に着目し、状態遷移規則による人口変動予測モデルを構築する。既往の人口変動予測モデルは、地図上の領域を格子状に分割したものをセルとして扱っているため、汎用性に乏しく、その有効性は中心市街地という非常に狭い地域に限られたものである。したがって、複層化CAと地理情報システム(Geographic Information System:以下、GIS)の融合による汎用性と利便性を有した都市解析システムを開発し、複層化CAによる人口変動予測モデルを構築し、これを本研究の目的とする。

GISによるシステム化は、正確な地域情報の把握と利便性を高め、広範囲における都市の解析を可能とすると考える。開発したシステムを実際の都市全域に適用し、人口変動の解析を行うことでその有効性を確認し、複層化CAによる人口変動予測モデルを構築する。

1.2 研究の方法

本研究は、既往の研究により構築された複層化CAによる人口変動予測モデルを、人口変動を伴う都市内の人口分布・人口構造を再現することが可能な基礎モデルとして認識する。この人口変動予測モデルとGISとの融合を図り、汎用性と利便性の高いシステムを構築し、人口変動予測モデルを構築することを目的とする。

- (1) 既往の複層化CAモデルについて検証し、問題点を改善しモデルに改良を加える。
- (2) 複層化CAとGISによる人口変動予測システムを開発する。開発には、Excel2000^{註1)}、Visual Basic6.0^{註2)}及びArcView8.1.2^{註3)}を用いる。

(3) 開発したシステムを実際の都市に適用し、人口変動予測解析を行う。解析対象都市としては鹿児島市・長崎市・大分市を選定し、それぞれの都市で、二つのセル分割モデルを設定し、解析を実行する。

- ① 解析対象都市の人口データやGISで表示するための地図を入手し、入力・確認・編集を行う。人口データは、1975年から2000年までの5年おき、各町丁字・5歳年齢階級男女別人口データを用いる。
- ② GISを用いて地図上の地域をセルへモデル化し、属性値として人口データを関連つける。セルモデルは1975年の町丁字を基本とするモデルAと複数の町丁字で構成されるモデルBの2種類とする。
- ③ GISにより各セルの重心座標・面積・隣接するセルの情報を取得し、解析用データとしてエクセルに表形式で格納する。
- ④ 解析初期値として1975年の人口データ、出生率、死亡率を与え、1ステップを5年とし1975年から2000年までの5ステップを解析する。様々なパラメータパターンにて試行し、評価値(実データとの適合度)の高いパラメータパターン(最良解)を抽出し、人口変動の傾向を探る。

(4) 各都市・各セルモデルの解析結果を比較・分析し、人口変動予測モデルの有効性の確認する。

まず、既往の研究により構築された複層化CAモデルの検証を行い、複層化CAに組み込まれている各移動規則の規則式・パラメータ及び評価方法に改良を加えたうえで、モデルの汎用性の向上を目指し、複層化CAモデルとGISの融合を図る。その際、プログラム面・データ面での正確性・加工性を高めるために、データ管理部にエクセルを導入する。データ管理部については、後の2章で述べることにする。システムの開発には、Visual Basicを用いる。そして、開発した人口変動予測システムを実際の地方都市に適用する。開発したシステムは、解析に必要な基本データさえ揃えば、基本的には如何なる都市にも応用可能である。今回、解析の対象都市は、人口規模30～60万人程度の地方都市という選定基準の下、鹿児島市・長崎市・大分市の3つの都市とする。また、解析結果に大きく影響を与えると考えられるセル分割モデルについては、それぞれの都市で2つ設定する。1975年の町丁字を基本とするモデルAと、それらを複数組み合わせたモデルBである。今回用いるセル分割モデルは、1つのモデルに過ぎず、実際には、利用形態に応じたセルの大きさを定めて解析をする必要がある。選定した各都市、各モデルにおいて移動規則の発現強度や適用年齢層を規定する各種パラメータを様々変化させ人口予測を行い、複層化CAの有効性を確認し、複層化CAによる人口変動予測モデルを構築する。また、解析結果から、都市の違いやセルモデルの違いについて分析する。

本研究で用いる複層化CAモデル及び開発したシステムについては、2章「都市人口変動モデル・システムについて」にて詳しく述べる。また、解析対象都市の概要及びセル分割モデルについても後の3章「解析手順」で詳述する。

第2章 都市人口変動モデル・システムについて

2.1 はじめに

本章では複層化 CA による都市人口変動モデル及びシステムについて述べる。本研究で用いる複層化 CA によるモデルは、2次元 CA に層の概念を組み込んだものである。CA では、系全体で統一した規則を持たず、部分が分散的かつ自律的に規則(局所規則)を適用し、結果的に系全体を構築しようとする考え方である。2次元 CA の一般事項の説明は既往の研究論文に任せ、本論では省略する。本章では、複層化 CA 及び状態遷移規則、計算パラメータ、結果と実データとの一致度を表す評価値等について述べ、後に GIS を用いたシステム化の基本的考え方や実際のシステムの詳細を説明する。

2.2 解析モデル

2.2.1 複層化 CA の概念

都市人口変動モデルとして複層化 CA を用いる。図 2.2.1 に複層化 CA モデルの概念図を示す。セル間を結んだネットワーク全体が通常の 2次元 CA モデルである。この 2次元 CA は複雑な解析法の 1つでその定義の拡張性が特徴である。また CA は相互作用を基本に組み立てるモデルであり、他の要素を追加し、それらの相互作用を可能とするため、他の要素を導入する際の利便性と再現性を向上させることができる。

ここで、モデル化されたセル群は、互いにネットワーク関係(状態遷移規則)を持つものとする。この状態遷移規則は自律規則・近傍規則という独自の 2つの規則から成り立っており、セル内・セル間の事象を支配する。この複層化 CA により多様な要素・要因からなる都市の人口変動をモデル化する。

このモデルは幅広い一般性の中から、一部の可能性を具体的にしたモデルである。CA の複層化という概念は、もっと広い拡張性を有しており、他の理論を導入することにより別の形態を取りうるものである。状態遷移規則(自律規則・近傍規則)については後に詳述する。

■自律規則：

セルが自身の状態量を自身の層間で相互作用させ、自律的に状態遷移を行う際に適用されるセル内ルール。

■近傍規則：

セルが自身と他のセルの各層の状態量を相互作用させ、状態遷移を行う際に適用されるセル間ルール。

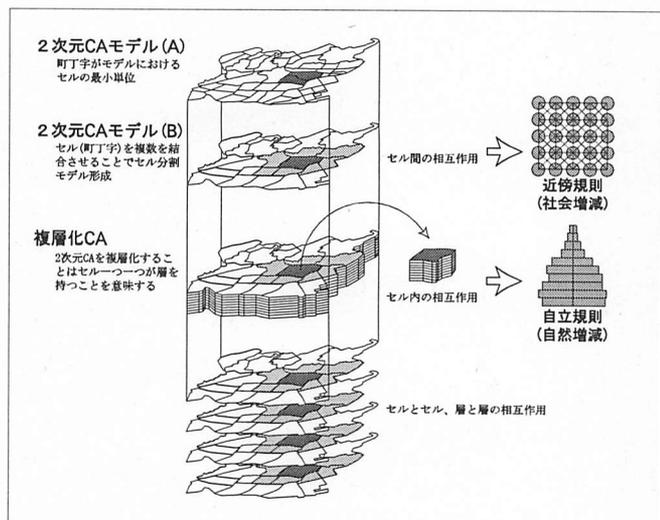


図 2.2.1 複層化 CA モデルの概念図

2.2.2 状態遷移規則

人口は出生と転入によって増加し、死亡と転出によって減少する。これを式に表すと人口学方程式りという次式で表せる。

$$\begin{aligned}
 \text{増加人口} &= (\text{出生} - \text{死亡}) + (\text{転入} - \text{転出}) \\
 &= \text{自然増加} + \text{社会増加} \\
 &= [\text{自律規則}] + [\text{近傍規則}] \quad (1)
 \end{aligned}$$

通常、5年後の人口は、現在の人口に5年間の人口増加を加えることで求めることができる。5年間の増減人口は、自律規則（出生と死亡の差、すなわち自然増減）及び近傍規則（転入と転出の差、すなわち社会増減）の予測から得られる。本研究における状態遷移規則は、基本的には自律規則とフィールド内の近傍規則のみで考え、それぞれ切り離して考える。

2.2.2.1 自然増減[自律規則]

■コーホート要因法

もともとコーホート要因法とは人口学において確立された人口推計の方法で、人口の変動要因である出生数・死亡数・移動数を推計し、その結果を元にして人口総数を計算する^{*)}。コーホートとは、同年または同期間に出生した年齢階級集団のことをいい、コーホート法とは、その集団毎の時間変化を軸に人口変化を捉える方法である。図2.2.2にコーホート要因法を用いた場合の流れを示す。本研究ではこのコーホートを5才間隔、つまり5年間に出生した子供を1つの集団とする。各コーホートには男女の別がある。コーホートは、人口が時間の経過と共に変化する要因である死亡数と移動数によって変化し、コーホートの発生は出生による。就学・就職する時期のコーホートであれば、それに伴う居住地の移動を行ない、各町の年齢構成が変化する。また各階級はそれ相応の確率で死亡し人口は減少する。コーホートの約半分が女性であり、ある率に従って子供を出産し、その子供たちが新たな0～4歳というコーホートになる。このような自然・社会増減を全てのコーホートに関して5年間隔で推計していく。また、全てのコーホートは5年後に1つ上の年齢階級に繰り上がり、別の要因に従って増減する。

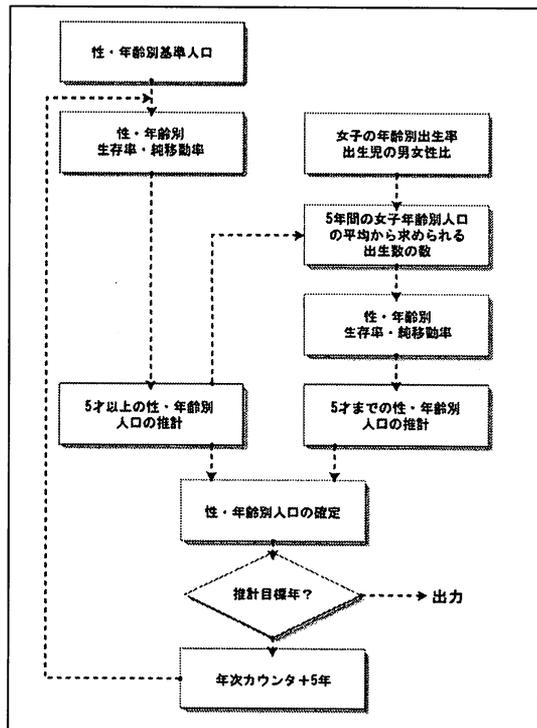


図2.2.2 コーホート要因法・フローチャート

■セル内の状態遷移規則

今回提案するモデルでは、このコーホート法の手順がセル内でCAの状態遷移規則として振舞う。個々のセルは人口ピラミッドと同じく、5才階級年齢別・男女別人口という21×2の層状の情報を持っている。自然増減を想定した状態遷移として、セルは5年毎にコーホート要因法のルールに従ってセル内の情報を更新する。つまり各層は1つ上の層に繰り上がり、次ステップの各層になる。この状態遷移はセル内で行われ、他のセルから独立している。そのためこのルールだけを適応した場合、周囲のセルの数、その状態に関係なく、セルは人口減少をし続ける。これは人口予測に用いる出生率・死亡率（生存率）により計算された新生児の数が、死亡者を上回ったからで、セルは典型的な高齢化をたどる。このような人口変動のことを封鎖人口という。

このルールは人口の自然増加を忠実に再現するだけでなく、層を入れ替えることにより、次に触れるセル間ルールによる状態遷移をより複雑にしている。今回は1ステップ（5年）毎に、このセル内ルールとセル間ルールを適応したが、これは解析プログラムをコーホート要因法のフローチャートに合わせたためで、セル内ルールを5ステップ（5年）毎に、セル間ルールを1ステップ（1年）毎に行うことも可能である（図2.2.4）。

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

セル間の距離
セルの面積

図2.2.3 セルの持つ情報

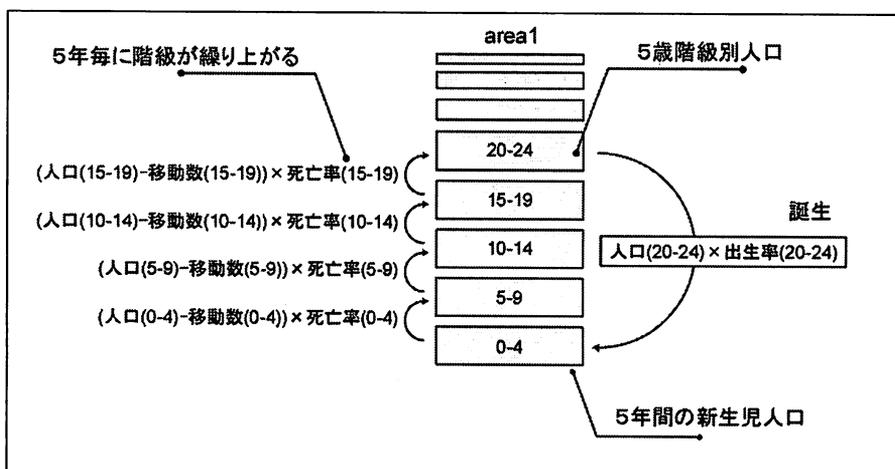


図2.2.4 セル内のルール

2.2.2.2 社会増減 [セル間のルール]

社会増減の当事者である移動者は、目的地選択行動を複雑な条件と不完全な情報の元に行っている。その全てを把握し定式化することは非常に困難である。これらの条件に関わる主な物理的要因として、商業・会社・学校・住宅などが挙げられるが、これらを建設した事業者は、需要つまり人口密度を指標に建設地を選択していると考えられる。つまり移動者が指標にしている多数の条件の根底には、全て人口密度という指標が存在しており、移動者は事業者が行った「人口密度を指標に目的地を選択する」という過程を踏襲していると思える²⁾。このような計量地理学の視点のもと、人口密度を指標とする独自の状態遷移規則を定義する(図2.2.5)。

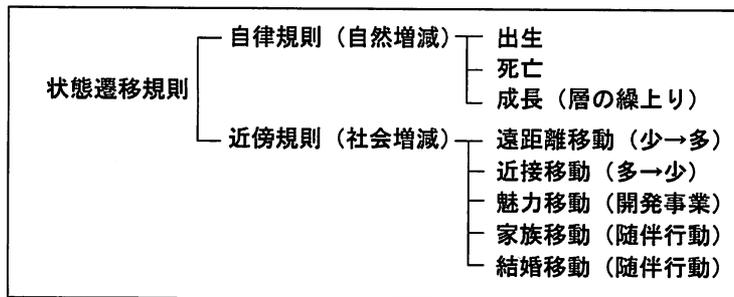


図2.2.5 状態遷移規則一覧

なお、全国の移動理由別の移動者数によると、県内移動に関して、住宅事情・結婚・転勤の順に多いことが分かる(表2.2.1)。これらの移動全てを間接的に表現するために、以下の5個のルールを仮定している。

- ①近接移動
- ②遠距離移動
- ③魅力移動
- ④家族移動
- ⑤結婚移動

表2.2.1 移動類型・移動理由・移動者数

移動理由	%			
	県内	地域内	地域間	計
転勤・就職・転職	9.72	4.00	6.28	20.00
進学	0.47	0.37	1.00	1.84
家業継承	0.52	0.11	0.21	0.84
結婚	13.73	1.28	0.34	15.35
離婚・配偶者死亡	1.34	0.40	0.16	1.90
親・子と同居	1.89	0.50	0.47	2.86
住宅事情	39.22	3.39	0.34	42.95
子の学校・教育	0.92	0.08	0.10	1.10
その他	10.26	1.58	1.32	13.17
計	78.07	11.72	10.22	100.00

間接的に表現したのは、それぞれの移動には共通する行動があり、それらを重複させると、CAの状態遷移規則としては複雑になり過ぎ、その特性が低下するだけでなく、プログラムの効率が下がるためである。そこで右表に分類された移動をさらに単純な行動に分解し、それらの行動ルールが複合・自己組織化した結果として右表に挙げられた移動形態になるようにルールの定義を試みた。ルールは分類すると①と②、③、そして④と⑤の5種類に分けられる。それぞれは人口の集中化と分散化、魅力による吸引行動、随伴行動を表現している。このような違いはあるが、①②④⑤に関して大まかには、セルは自身の各層と、近接もしくは遠方のセルの

各層を比べ、その大小関係を元に計量地理学から導き出したルールに従って、お互いの各層の人口を増減させている（図2.2.6）。

従来のコーホート要因法では、人口移動を純移動率という値を用いて計算しており、人口移動の変化もこの純移動率の経年変化を予想することで間接的に求めていた。しかしこの純移動は社会移動の転入と転出の差であり、どのような地域であれ実際にはこの2つが同時進行している。つまり人口集中地区のように転入超過の地区であろうと、UIJターンに代表されるように転出が起きているのである。また転入先と転出先という2つの地域は考慮されていない。このような点でいえば、このCAのセル間ルールは計量地理学で行われる人口移動の移動マトリックス法に近く、実際の出と入の移動量を考慮したものとなっている²⁾。この移動行動とコーホート要因法が相互リンクすることで、ある程度現実に近い形で現象が再現できるものと思われる。以下に仮定した各移動規則について記す。

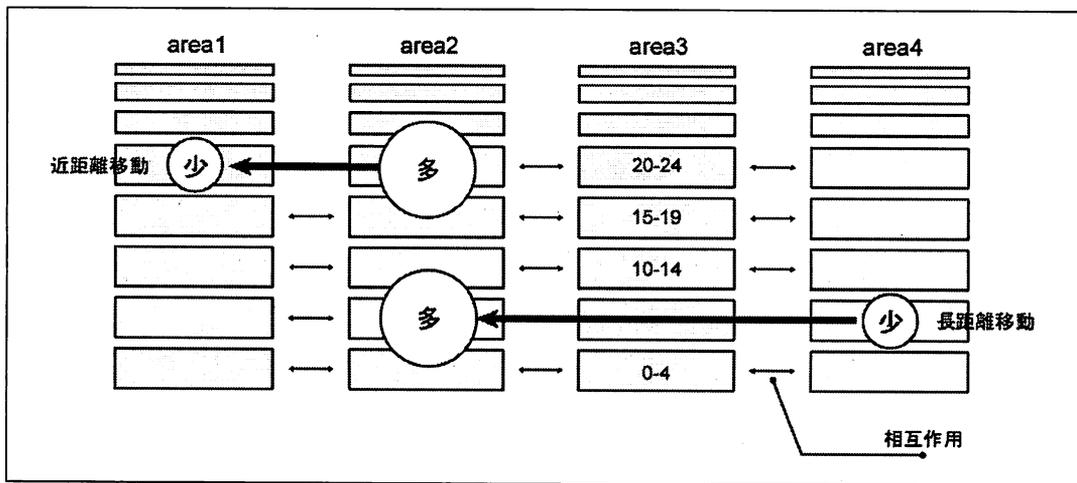


図2.2.6 セル間のルール

(1) 一次移動

① 近接移動

人々は安定した日常生活を望み、よりよい生活を求めて居住地の移動を行う。戦後、日本における人口移動は、主として農村から都市への人口移動と、郊外への住宅移動の2つによるものであったといえる。つまりこれは雇用環境を求め移動と住宅環境を求め移動である。しかし、居住環境を悪化させる極端な人口の集中や分散が起これないよう、この2形態の移動は均衡が保たれてきた。

この2つのうち、郊外への住宅移動については、移動者は可能な限りコストが低くなる選択行動を行うことが考えられる。つまり、移動先の地価とそこまで生活を移動させるのに必要なコストである。地価は、需要が少ない地域では安くなるという市場原理があり、間接的に移動者は人口が少ない地域を選択する。また、移動者は、全ての移動候補先の情報を知っているわけではなく、移動元から比較的近い場所の情報をより多く有している。

以上の観点から、以下のような本研究独自のルールを設定する。

$$P_{i(k)}^{n+1} = P_{i(k)}^n + \left[\left(\overline{P_{j(k)}^n} \right)^\gamma - \left(P_{i(k)}^n \right)^\gamma \right] \quad \text{式(2)}$$

γ : 人口比パラメータ K : 年齢層数 (=21)

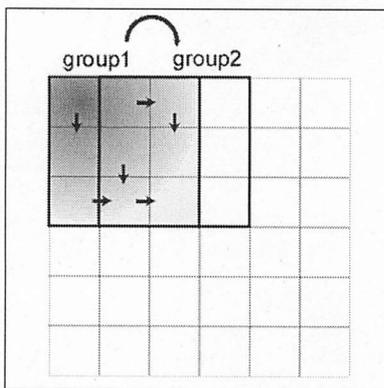


図2.2.7 人口の分散化概念図

近接するセルによって作られたグループφにおいて、セルiのk層の人口密度 $P_{i(k)}^n$ はその γ 乗に比例する速度で、そのグループのk層の平均人口密度 $\left(\overline{P_{j(k)}^n} \right)$ に近づいていく。

このルールは、ある任意の範囲の層を決め、全てのセルに適用する。移動者が不完全な情報・限定された条件の元に、安価な土地を求めて近距離移動をすることを意味する。ここでは安価な土地を人口が集中していない地区としている。 γ は、移動者の目的地選択に対する地価の安さへの意識の程度を表現している。

②遠距離移動

現実の人の動きを考えると、例えば転職に際しては勤務先組織の出先機関や支所の立地展開、就職に際しては雇用機会の分布、就学に際しては高等教育機関の分布、住み替えに際しては住宅市場のあり方、などに大きく規制されて具体的な目的地を選択せざるをえない。むしろ、目的地選択に際して完全な自由が保証されているというケース自体が極めて少ない²⁾。しかし、これらの要素が人口の集中しているところに多く存在するという点に関しては、疑いの余地はない。戦後の農村部から都市部への移動がそうであったように、選択の自由度とは関係なく、移動者の多くは人口の集中地区を目的地として選択する。ここで問題になるのが転職に代表されるように、時には長距離の移動を伴うという点である。特に、住宅移動・結婚などは距離減衰傾向が顕著であり、人口集中地区の魅力と移動距離の両方を考慮に入れた選択をしている。つまり、人口密度が高く、魅力のある複数の目的地が存在した場合、距離が遠い目的地ほど選択される確率が減少するというものである。これらを踏まえ、以下のような独自のルールを設定する。

$$P_{i(k)}^{t_{n+1}} = P_{i(k)}^{t_n} + \frac{K P_{i(k)}^{t_n}}{P_i^{t_n}} \sum_{j \in \phi} \left(\frac{P_j^{t_n}}{P_i^{t_n}} \right)^\delta d_{ij}^\beta \quad (i \in \phi, \beta \leq 0) \quad \text{式(3)}$$

$$P_{j(k)}^{t_{n+1}} = P_{j(k)}^{t_n} - \frac{K P_{j(k)}^{t_n}}{P_j^{t_n}} \sum_{j \in \phi} \left(\frac{P_j^{t_n}}{P_i^{t_n}} \right)^\delta d_{ij}^\beta \quad (i \notin \phi, \beta \leq 0) \quad \text{式(4)}$$

δ : 人口比パラメータ β : 距離パラメータ K : 層数 (=21)

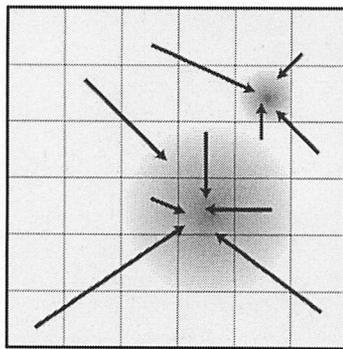


図2.2.8 人口の集中化概念図

流失するセルのk層の人口密度 $P_{j(k)}^{t_n}$ と流入するセルのk層の人口密度 $P_{i(k)}^{t_n}$ の比の δ 乗、両セル間の距離 $d_{ij}(k)$ の β 乗の積に比例した人口がお互いのk層間で移動する。 ϕ は人口が流入するセルの集合である。近接移動と同様に、任意の範囲の層に適用する。

近接移動と同様に、任意の範囲の層に適用する。出発地の放出性と目的地の吸引力の積は、それぞれの人口の除算の γ 乗で表現される。また人口が流入するセルと流出するセルをグループにして定義することで移動者の総和が0になるよう保障している。

このルールは、移動者が比較的広い視野で、なるべく移動距離を少なくしつつ、人口密度の高い地域に移動することを意味している。つまり δ は移動者の労働条件への意識、 β は移動距離への敬遠の程度を表す。

③魅力移動

人口移動に強く影響を及ぼす要因の中には、人口密度で置換えが出来ない要因も存在する。その一つである行政による大型団地の建設である。大型団地がどのような経路で居住者を引き寄せているか、魅力进行评估するにはどうすればいいかなどの研究が行われており、今後それらを参考により現実な定式化を行う。本論では簡易的に、建設されると同時に大量の人間が移り住むということ、その魅力は時間と共に減少する、という観点からルールを設定する。しかし団地は、ただ居住地の拡張であり町で日常的に行われている空地・空家に移動者が移り住むという現象が大規模に発生しているだけなのか、イベントとしてあるいは流行としての流入現象が発生しているのかを調査する必要がある。遠距離移動と同様に多項ロジットモデルを用いてルールを設定した。

$$P_{i(k)}^{t+1} = P_{i(k)}^t + \rho H \sum_{j \neq \phi} P_{j(k)}^t d_{ij}^\beta \quad \text{式(5)}$$

$$P_{j(k)}^{t+1} = P_{j(k)}^t - \rho H P_{j(k)}^t d_{ij}^\beta \quad (j \neq \phi) \quad \text{式(6)}$$

$$H = 1 - (t/T)^2 \quad \text{式(7)}$$

ρ : 集中パラメータ β : 距離パラメータ

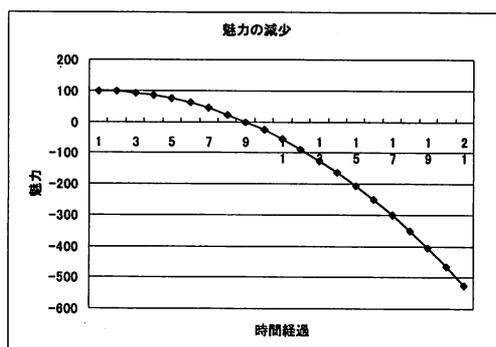


図2.2.9 魅力の減少

全セルのk層の人口 $P_{j(k)}^t$ から $\rho\%$ と魅力セルまでの距離 $d_{ij}(k)$ の β 乗の積に比例した人口がこの団地のk層 $P_{i(k)}^t$ に移り住む。建設当初を1として拡張計画が続くT年の間、魅力 H は指数関数的に減っていくものとした。

遠距離移動ルールでは、多項ロジットモデルの出発地の放出性と目的地の吸引力の積が、それぞれの人口の除算の γ 乗で表現されていたのに対し、それぞれの人口に左右されない、魅力という別の関数を用いている。また距離減衰を考慮している。

(2) 随伴移動

④ 家族移動

日本の人口の92%にあたる1億1000万人が家族生活をしており、人口移動においても家族のことを無視するわけにはいかない。転勤など、移動の主体が世帯主であったとしても、その両親・配偶者・子供などの扶養家族がそれに随伴する形で移動していると考えられる。統計によると、転勤における単身赴任の率は、全体のそれに比べ半分以下である。近接移動と遠距離移動が、移動者本人に注目したルールであったのに対し、このルールは本質的に異なる。世帯主に該当する層の移動に随伴する形で、他の層の人口が変化する受身的な変化であり、このルールにより移動する子供や老人などは、自身の層の変化に注目するのではなく、間接的に世帯主の層の人口分布を参照して行動を起こしていることになる。ここで、世帯主の移動は一次移動(近接、遠距離、魅力)によって発生する。したがって、このルールのみでは、移動現象は発生しないが、近接移動・遠距離移動などと複合して作用した場合は、複数の層に影響を与える。よって以下のようにルールを設定する。

$$P_{i(k)}^{n+1} = P_{i(k)}^n + \alpha_k M_{i(m)}^n \quad (k \neq m) \tag{8}$$

α_k : 移動パラメータ

表2.2.2 移動理由と家族同伴の関係²⁾

	転勤	その他	計
単身	0.64	14.68	15.33
家族と一緒に	8.05	76.63	84.67
計	8.69	91.31	100.00

セル*i*のある層の男性 $P_{i(m)}^n$ の5年間における移動数 $M_{i(m)}^n$ に比例して、そのセルの妻・子供・親にあたる層の人口 $P_{i(k)}^n$ が増減する。妻・子供・親にはそれぞれ移動率 α_k が設定でき、男性の移動数 $M_{i(m)}^n$ に対する引越し・転勤、単身赴任の割合を考慮することで、家族単位での移動を想定することができる。

男性の移動数の総和が0になることは他のルールで保障されているため、このルールによって発生する男性の移動数に移動率 α_k を乗じた値の総和も0になることが保障される。

⑤結婚移動

家族移動と本質的に同じ現象であり、CAの状態遷移ルールも同じ式を用いるが、家族移動と別の範囲の層を対象とする。女性の転勤による移動数は男性の14分の1程度であるのにもかかわらず、地域によって男女の人口構成にそれ程差が出ない。これは転勤など、移動理由は男性にあるが、女性がそれに随伴する形で移動しているからである。特に男女が共に移動する結婚は住宅事情について県内移動の第2位の理由である。また女性の場合は7割が県内以内に集中していることからこの2つの事象に相関は強いと思われる。結婚による新婚夫婦の親世帯からの分離は、家族移動とは異なり、必ずしも世帯主が主体というわけではないが、便宜的に男性に女性が随伴するという視点で、男性移動者に対する結婚移動者の割合を式の移動率に使用しルールを設定した。

$$P_{i(k)}^{n+1} = P_{i(k)}^n + \alpha_k M_{i(m)}^n \quad (k \neq m) \quad \text{式(9)}$$

α_k : 移動パラメータ

表2.2.3 移動理由と男女差²⁾

	転勤	その他	計
男	7.35	76.45	83.80
女	0.53	15.67	16.20
計	7.87	92.13	100.00

セル*i*のある層の男性 $P_{i(m)}^n$ の5年間における移動数 $M_{i(m)}^n$ に比例して、その妻にあたる層の人口 $P_{i(k)}^n$ が増減する。妻には移動率 α_k が設定できる。

2.2.3 パラメータ

以上の5つのルールには、合計39個のパラメータが導入されており、それぞれのルールの発現強度や適用範囲を制御し、結果に影響を与えている。現実に合致するパラメータは地域によって異なり、解析結果の実データに対する適合度を比較することで最良解を見つける。しかし、現実に近い挙動をするパラメータを見つけることが目的ではなく、パラメータの影響によりルールがどのように振舞うかを観察し、ルールを制動する手段をみつけることにある。実際のパラメータは連続的で、その候補は無数にあるが、その全てを試行することは不可能かつ無意味である。本研究においては、ルールの特性が観察できる範囲内で、パラメータの上限と下限を設定し、離散的な値で試行を行う。

図2.2.10にパラメータ一覧とその有効と考えられる範囲を示す。

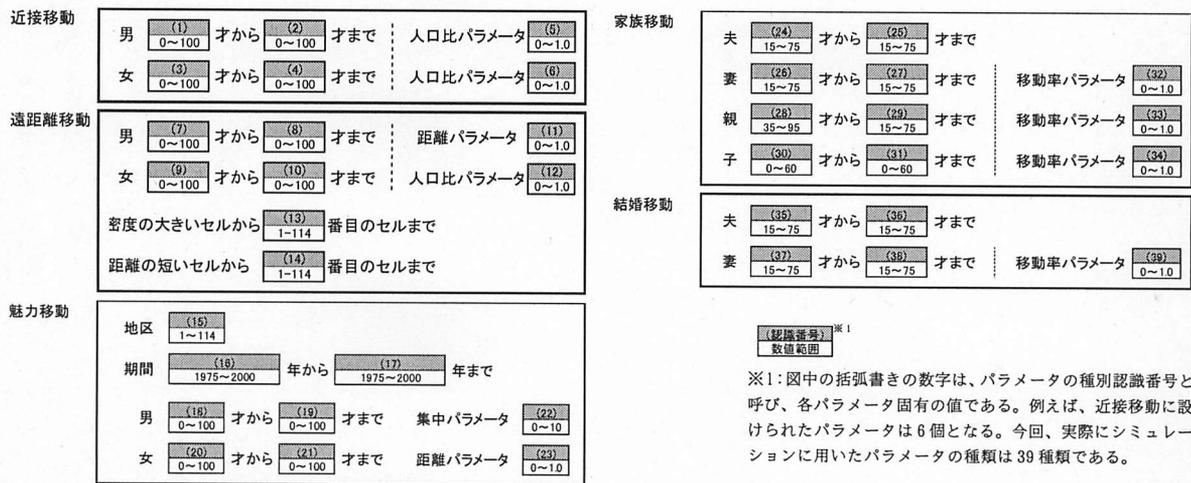


図2.2.10 パラメータ一覧

2.2.4 評価値

解析結果の適合度を示す評価方法を設定し、解析結果の適合度を示すとともに、提案した都市活性化モデルの都市計画に対する有効性を確認する。

解析結果は個々のセルに人口分布が与えられ、各地域の人口分布は男女別に5歳間隔の層状にあり、それが時系列で提示される。よって評価方法として解析結果と実人口データから数式式により、適合度として評価値という確立された指標を解析結果に与え、時系列に沿った評価値の判断により、ルール・パラメータの持つ挙動性を明確にする。評価値は、その値が低いほど評価が良いことを表す。

□セルの評価値

解析結果の各セルの人口分布を1ステップごとに評価し、各セルに評価値を与える。この評価方法としては統計学で確立されている標準偏差の考え方を基に、平均値に実データ、標本数にセルが持つ男女の層(42層)を対比させている。また、各ステップ、各セル平均層人口 A_i (各セルの総人口/114/42)で無次元化する。tステップ後のiセルの評価値 σ_{it} は次式で与える。

$$\sigma_i^{tn} = \frac{1}{A_i^{tn}} \sqrt{\frac{1}{KL} \sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^L \left(P_i^{r(\omega)^{tn}} - \bar{P}_i^{r(\omega)^{tn}} \right)^2} \quad \text{式(10)}$$

σ : セルの評価値

$P_i^{r(\omega)^{tn}}$: iセルk層の男女別—統計データ

$\bar{P}_i^{r(\omega)^{tn}}$: iセルk層の男女別—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)

□ステップの評価値

Nセルの評価値 σ の平均をそのステップの評価値 δ とする。各ステップにおいてこの評価値は得られるので、1ステップ5年とし1975～2000年を試行したとき、1つのパラメータパターンで5つの評価値 δ が得られることになる。解析結果と実データが一致する場合 $\delta^m=0$ となる。

$$\delta^{tn} = \left(\sum_{i=1}^N \sigma_i^{tn} \right) / N \quad \text{式(11)}$$

□総評価値

各ステップの評価値の合計を総評価値とする。ステップの評価値を時系列で総合的に判断する際の指標である。総評価値は式(12)で与える。

$$\delta_{\text{sum}} = \sum_{i=1}^5 \delta^{tn} \tag{式(12)}$$

□ペナルティ

セルが評価において評価値が小さいほど再現性の高いパラメータパターンであるが、評価値の低いパラメータパターンのある層において解析結果と統計データとが人口ピラミッドにより視覚的に極端にずれていると判断できる場合がある(図2.2.11)。このときのためにセルの男女別各層ごとの評価を行い、セルの評価値にペナルティを与える必要がある。このペナルティ付加はセルの男女42層における解析結果、統計データの差とそのセルにおける層の平均人口との比がある値を超えた場合に実行する。ペナルティ付加判断は式(11)で与える。

本研究では $\lambda > 2$ を満たした層数 $\times 0.01$ のペナルティをセルの評価値 σ に付加する。

$$\lambda_{i(k,r)}^{tn} = \frac{KL}{\tilde{P}_i^{tn}} \sqrt{\sum_{k=1}^K (P_i^{r(k)tn} - \tilde{P}_i^{r(k)tn})^2} \tag{式(13)}$$

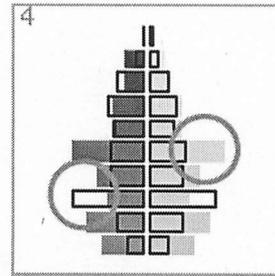


図2.2.11 誤差が大きい年齢層を持つ人口ピラミッド

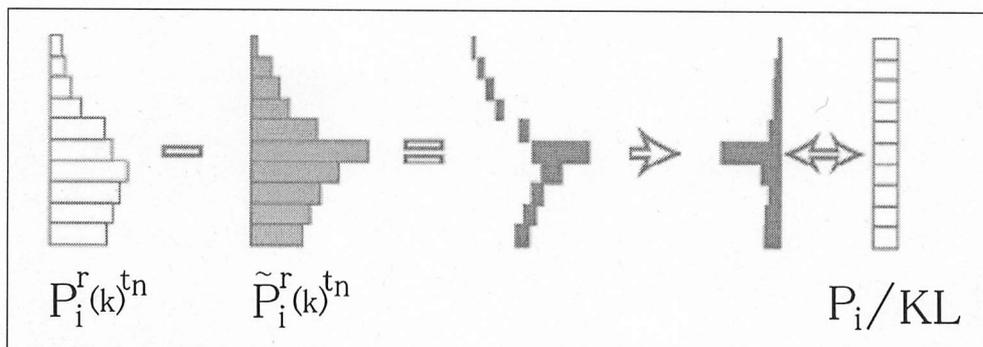


図2.2.12 ペナルティの算出方法

2.3 システムについて

2.3.1 はじめに

既往の研究における解析モデルは、地図上の領域を格子状に分割したものをセルとして扱っているためモデルの汎用性がなく、地域情報の正確な把握が困難である。この問題点を解決するために、GIS(geographic information system)を利用する。ここでは、本研究で用いるGISの概要について述べた後、GISを用いた汎用性・利便性の高い複層化CAによる地方都市の解析システムの開発に主眼をおき、システムの考え方をまとめる。また、開発したシステムの概要やその内容、機能、操作方法についても実際の表示画面を用いて詳細に述べる。

なお、本システムは、ArcView8.1.2^{注1)}、Visual Basic6.0^{注2)}および、Excel2000^{注3)}を用いて開発した。GIS (ArcView8.1.2)について以下に簡単に説明する。

2.3.2 GIS (地理情報システム)

GISはコンピュータに取り込んだ地図データや属性データを効率的に蓄積・検索・変換して、地図出力や空間解析、更には意思決定の支援ができるように設計されたアプリケーションソフトである。

GISとは、Geographic Information Systemの略で、広義には、「実世界を空間的に管理することにより、より合理的な意思決定を行おうとするアプローチ全般」を意味するが、狭義には、「空間情報を作成、加工、管理、分析、表現、共有するための情報テクノロジー」を意味する。

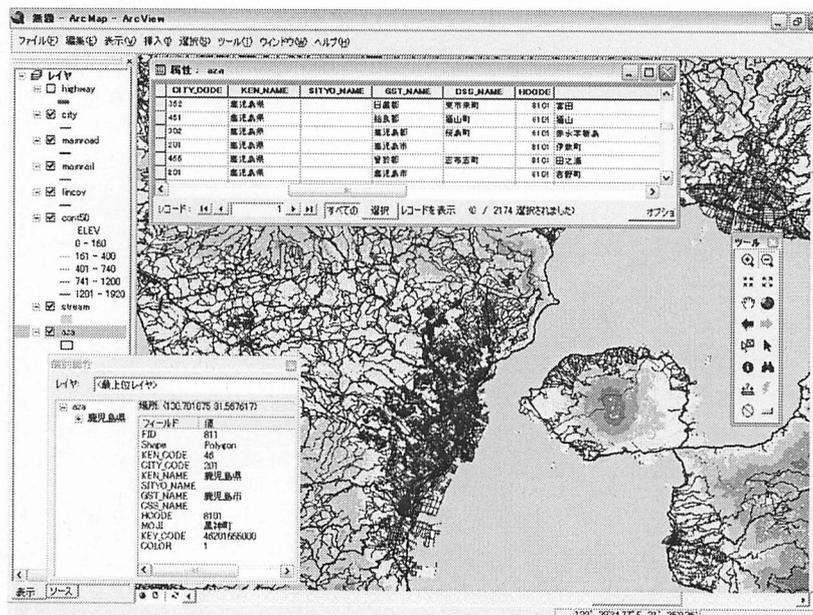


図 2.3.1 GIS のイメージ図

本研究では ESRI 社の ArcView8.1.2 を使用する。ArcView は ArcMap (図 2.3.3)・ArcCatalog・ArcToolbox の 3 つのアプリケーションから構成されている。各アプリケーションは様々な機能を有しているが、ここでは簡単に説明する (図 2.3.2)。ArcMap は、中心となるソフトで、地図生成、マップ解析、編集を含むあらゆるマップ操作が可能である。ArcCatalog は、任意のデータセットを手軽に表示でき、主にデータの整理と管理に用いられる。ArcToolbox (簡易バージョン) は、空間データ処理に使用される様々なツールで構成され、主にマップのデータ形式変換等を行うアプリケーションである。これらのアプリケーションは、VBA、VB、VC++、及びその他の ActiveX 言語による業界標準のアプリケーション開発が可能となっている。

次に、複層化 CA による都市解析モデルと GIS をリンクさせる基本的な考え方について述べる。

- ① Arcmap
 - 表示、検索、編集、解析のための ArcGIS Desktop のメインのアプリケーション
 - マップベースの作業
 - ・表示、マップ作成、修正
 - ・検索と解析
 - ・グラフ作成
 - ・レポート作成
- ② ArcCatalog
 - データ管理用アプリケーション
 - データ閲覧、管理、検索
 - データや属性プレビュー
 - メタデータの作成、表示
- ③ ArcToolbox
 - データ処理用アプリケーション
 - 地理データの加工、処理
 - データ変換
 - ツール (一括設定)
 - ウィザード (対話設定)

図 2.3.2 Arc View 機能一覧

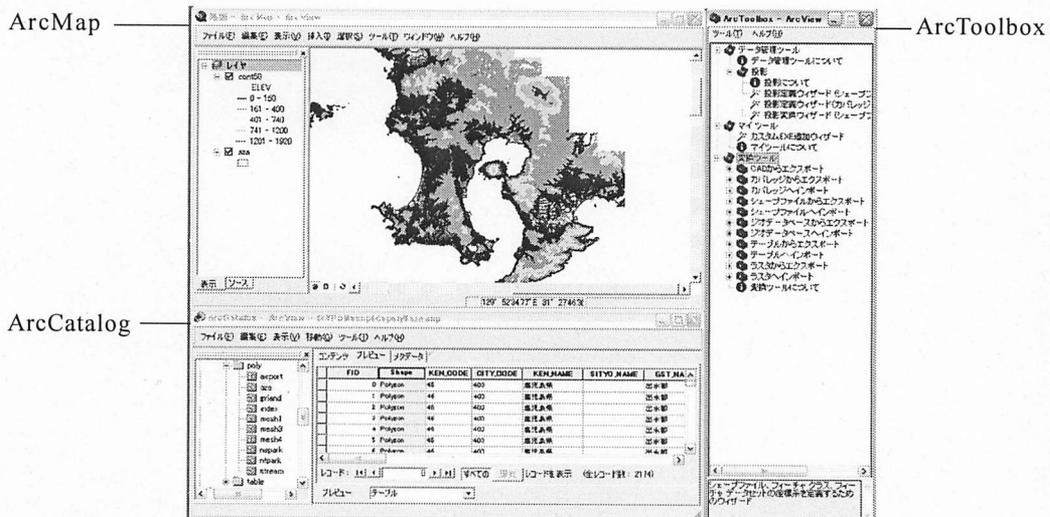


図 2.3.3 Arc View 各種ウィンドウ

2.3.3 GISによるシステム化の基本的な考え方

GISの機能は多岐にわたっているが、中でも複層化CAによる都市解析モデルとリンクするにあたり有効と思われる機能については大きく以下のことが上げられる。

- ①「位置」情報と異種の情報とを統合することができる。つまり、地図に大量の情報を格納することが可能であり、町丁字毎の5歳間隔年齢別・男女別人口など大量のデータを地図上で扱える。
- ②「位置」情報（各町丁字）に関連する各空間属性データ（人口データ等）を、表形式で格納できる。このデータ構造は、複層化CAのそれと同じであるため、都市解析モデルとGIS間で簡単にデータをやりとりすることが可能である。
- ③大量の情報を地図上で視覚的に扱うことができるため、地域情報の正確な把握を助けるとともに、データ処理面での作業効率や正確性が高まる。
- ④複数の空間情報をレイヤとして関連付けすることができる。様々な情報を統合し、分析し、表示することが可能であり、合理的な意思決定の支援が可能になる。解析対象範囲やセルの設定の自由度は大きく、合理的に作業を進められる。

次にGISを用いたシステム化により拡張された具体的な考え方について以下に示す。

(1) セルの構成

既往の複層化CAモデルでは、地図上の領域を格子状に分割したものを基準にセルを扱っており、モデルの汎用性がなく、地域情報の正確な把握が困難である。しかし、GISを用いることにより、地図上の領域を、町丁字を基本とするセルに分割することができる。これにより、地域情報の正確な把握が可能となり、より現実的な解析ができる。

(2) データ構造

GISにおいて、地図上の各セル（各町丁字）に関連する属性データ（人口データ等）は表形式で格納される。それらを基に、本システムでは全てのデータを表形式で保持する。これにより属性データの変更・追加、複層化CAモデル式の追加・変更に伴うプログラムの修正・加工などにも正確かつ迅速に対応できる。解析対象都市を変更する際、都市解析に用いる基礎データの設定や各種条件の設定等に多少の手間を要するが、解析の基本となるデータは全てデータ管理部にて表形式で保持しているため、簡単な操作で解析対象都市の変更にも対応できる。

2.3.4 システム内容

2.3.4.1 システム概要

システム構成図を図2.3.4に示す。本システムは、GIS及び、独自に開発したデータ管理部、インターフェース部、解析部、表示部の4つの部門からなる。GISから得られるセルのデータを解析用にデータ変換した後、データ管理部に保管する。インターフェース部で解析年やパラメータ等の条件を設定し、解析を実行する。解析部は、先に設定した各種条件やデータ管理部の基礎データを読み込み、それに準じて解析結果を導き出す。得られた解析結果を表示部にて表示する。以下に5つの部門について記す。

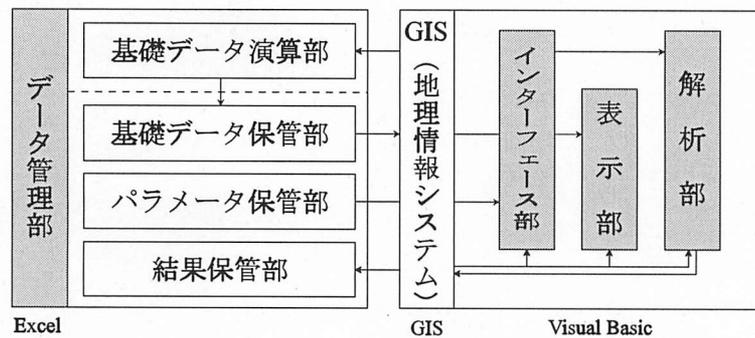


図2.3.4 システム構成図

(1) GIS

本システムでは主に解析用基礎データの取得と解析結果の表示の役割を担う。

■解析用基礎データの取得

地図上の領域をセルにモデル化し、セル番号・町丁字名・人口・面積などの属性値を取得する。これらの情報を、表形式で保持し、後に解析基礎データとして用いられる。

■解析結果の表示

解析により得られた数値結果を再び地図上のセルにリンクし、視覚的に表示する。これにより、地理的条件を踏まえた考察を可能とする。

(2) インターフェース部

システムの操作パネルやパラメータパネル部分にあたる。GUI(Graphical User Interface 以下GUI)を有し、簡単なシステムアクセスを可能にしている。各種解析条件設定などを行うことができる。基本的にユーザー側からのアクセスに使用される部門である。

(3) 表示部

インターフェース部同様、GUIを有し解析結果を数値データでテキストで表示することと人口ピラミッドや時系列グラフとして視覚的に提示することができる。また、これらの情報は解析後、保存することも可能である。

(4) データ管理部

データ管理部門は GIS より得た解析基礎データを一時格納する。データは Excel 形式で格納される。主に GIS と解析部を中継する役割を持つ。データ管理部門において管理するデータは以下の通りである。

① シミュレーション用基礎データ

- 統計人口データ：男女・5歳階級別人口(国勢調査：(1975,80,85,90,95,2000年) (図2.3.5)
- 町丁字名：セルが含む2000年当時の町丁字名
- セル面積：GIS から算出されるセル実面積
- セル間距離：GIS から算出されるセル重心間距離
- 男女・5歳階級別生存率：全国平均(国勢調査)の生存率、適用範囲([0~4]~[100~])
- 5歳階級別出生率：全国平均(国勢調査)の女性に対する出生率、適用範囲([15~19]~[45~49])
- 近傍情報：隣接するセル情報(セル番号)

② パラメータデータ

パラメータのパターンをあらかじめ多数設定し、配列する。解析部門が値を読み込み自動解析を行なう。

(5) 解析部

データ管理部門より解析用基礎データ及びパラメータを読み込み、パラメータに応じてNステップ(N×5年)後の解析を行う。解析結果を保持し、次のステップを計算する際の基礎データ及び、推定人口グラフや総人口などの結果表示に用いられる。結果は CSV 形式での出力・保存が可能である。

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

セル間の距離
セルの面積

図 2.3.5 セルの持つ情報

2.3.4.2 データ管理部の構成

データ管理部は Excel で構成する。データ管理部には、シミュレーション用基礎データを管理するデータベース管理部と、移動規則の各パラメータを多数配列したパラメータ管理部の2つがある。データベース管理部には、シミュレーション用基礎データ(前項参照)がシート別に格納されており、システム起動時に読み込まれ、一旦変数に格納され、人口予測の計算に用いられる。パラメータ管理部は、各移動ルール毎にパラメータパターンが格納されており、シミュレーション開始と同時に読み込まれる。このパラメータ管理部は主に、パラメータの挙動を探る際の自動計算の時に用いられる。パラメータパターンは無数に存在し、その挙動を探るには、多くのパターンでシミュレーションする必要がある。パラメータ管理部を設定することで、パラメータを手動で設定する手間が省け、効率的にシミュレーションが実行できる。

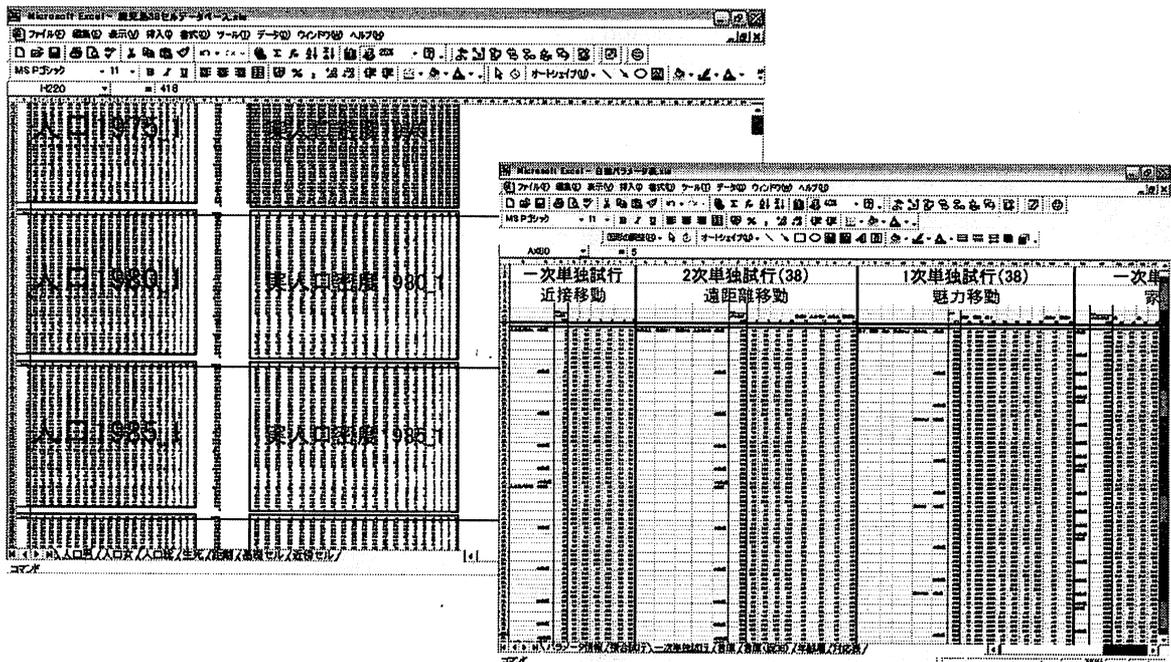


図2.3.6 データ管理部

2.3.4.2 解析部におけるデータの流れ

解析部におけるデータの一連の流れは図2.3.7の通りである。

1ステップ（5年後）の人口推計は、近傍規則、誤差修正、自律規則、再現性の評価の順で計算される。この一連の計算過程を経て得られた人口は、次のステップの人口を推計する際に用いられる。

前述のとおり、近傍規則には5つの移動ルールが用意されている。近接・遠距離・魅力の3つを一次移動とし、残りの家族・結婚移動を随伴移動として、一次移動に連動させて計算を行う。ここで得られた計算結果は、フィールド内における人口移動推計であるが、計算前と後で誤差が生じる。本論では、解析対象フィールド内外の移動を無視しているため、近傍規則計算後の人口は計算前と等しいものと仮定し、近傍規則適用後に誤差修正を行う。誤差補正後、5歳未満の人口の算出と各層の繰り上がり処理を行い、自律規則による推定人口が導かれる。この一連の仮定で1ステップ後の人口が推計され、これらと実データとの再現性の評価が行われた後に、次ステップの計算に移る。

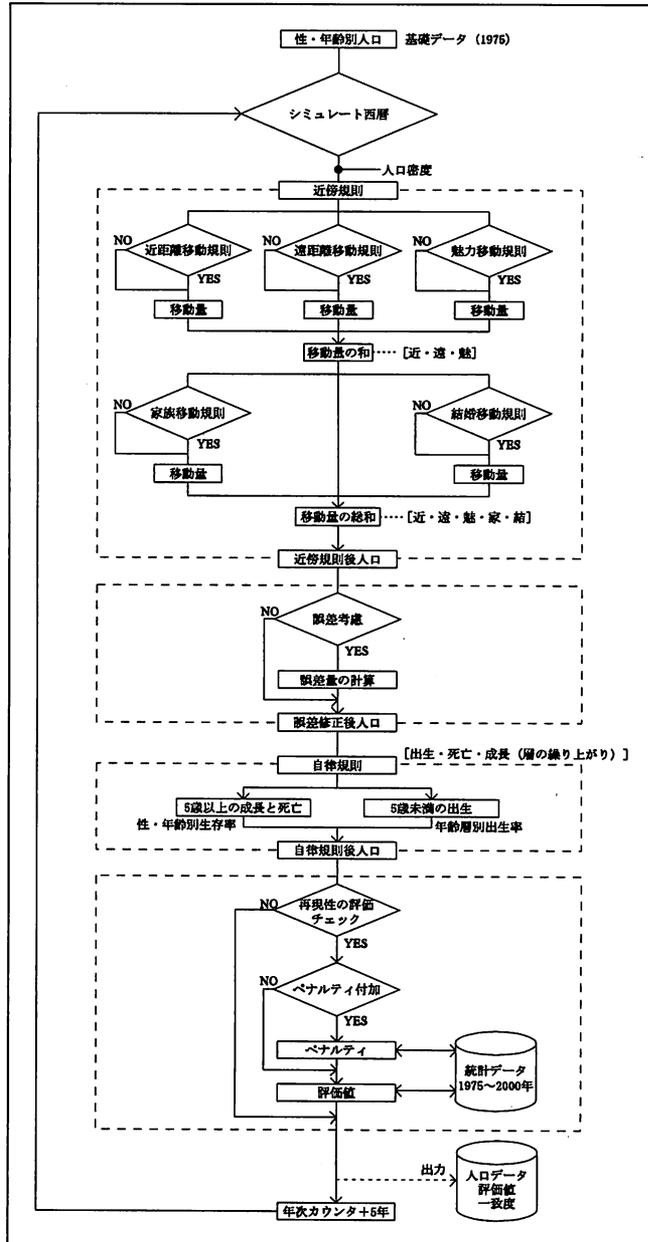


図2.3.7 解析部におけるデータフローチャート

2.3.4.3 画面構成とシステム機能

本システムは、システムメイン操作パネル及びパラメータパネル等の5つのサブパネルで構成されている。以下に各パネルについて述べる。

(1) システムメイン操作パネル

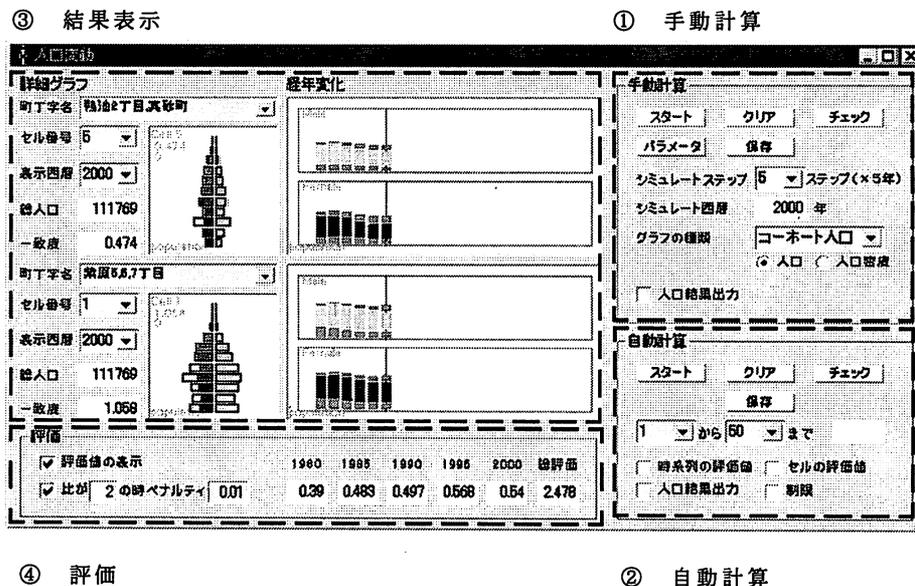


図 2.3.8 システムメインパネル

システムメイン操作パネルは、本システムの中心となるパネルで、4つのカテゴリーで構成される。これらは、GUIを有し、簡単な操作で解析が可能である。また、対話形式で操作が行われるため、各種パラメータや解析条件を変更するたびにプログラムを書き直しコンパイルする必要がなく、ソフトウェア上で変更できるため解析事前の入力ミス等を防ぐことができる。

システムメイン操作パネルの機能

- ① 手動計算 ユーザーが手動で、各種パラメータ値の設定やシミュレートステップ（シミュレート西暦）を設定し、解析を実行する。
- ② 自動計算 データ管理部において、多数のパラメータパターンをあらかじめ配列しておき、それらのパターンについて連続で計算を行うことが出来る。移動の挙動性・パラメータ挙動性を確認する場合、パラメータの同定を行う際に効率的に結果を導くことが可能である。
- ③ 結果表示 計算結果の詳細グラフ（人口ピラミッド）・時系列変化グラフをグラフィックスにて表示する。これらは、表示する町丁字名、セル番号、表示西暦などの設定を切り替えることで、各セル、各ステップにおける全ての結果を表示可能である。セルの比較やステップの比較を容易にするため、二つの表示枠を設けた。
- ④ 評価 ペナルティの設定や実データとの再現性を表す評価値を時系列で表示することが可能である。

(2) パラメータパネル (図 2.3.10)

パラメータパネルは、各移動式と連動しており、各移動式の変数を制御可能となっている。また、パネル左にあるチェックボックスで各異動規則を有効・無効にすることができる。基本的に簡単なマウス操作のみでパラメータの設定は可能であるが、コンボボックスに用意されていないパラメータ値を使用したいときは、キーボードより直接入力することもできる。



図 2.3.10 パラメータパネル

(3) 解析結果出力パネル (図 2.3.11)

システムメイン操作パネルの「人口結果出力」、「時系列の評価値」、「セルの評価値」のいずれかにチェックを入れ解析実行した場合に、各種結果をテキスト形式で書き出し、表示することが可能である。また、それらを CSV 形式で保存することもできる。

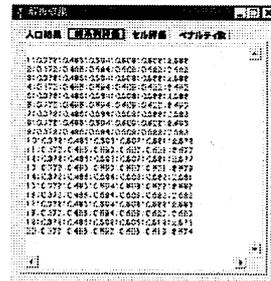


図 2.3.11 解析結果出力パネル

(4) 近傍移動数チェックパネル (図 2.3.12)

近傍各移動ルールにおける各セルの人口移動数を確認できる。移動規則の効果の程度をチェックする際に用いる。



図 2.3.12 近傍移動数チェックパネル

■システムメインパネルの詳細な操作内容

実際の解析結果の画面表示例を図に示す。本システムにより得られる解析結果は、人口分布(2次元)が層状(3次元)であり、しかも時系列で得られるため、データが膨大な量になり、数字では非常に扱いづらいため、その評価も困難である。そこで、結果をCGで表示することでユーザーが視覚的に評価することができるよう努めた。特定の地域の人口構造を人口ピラミッドで表示できるほか、その地域の人口の経年変化を視覚的に把握できるようになっている(図2.3.13)。また、年少人口・生産人口・老齢人口規模を把握することも可能である。

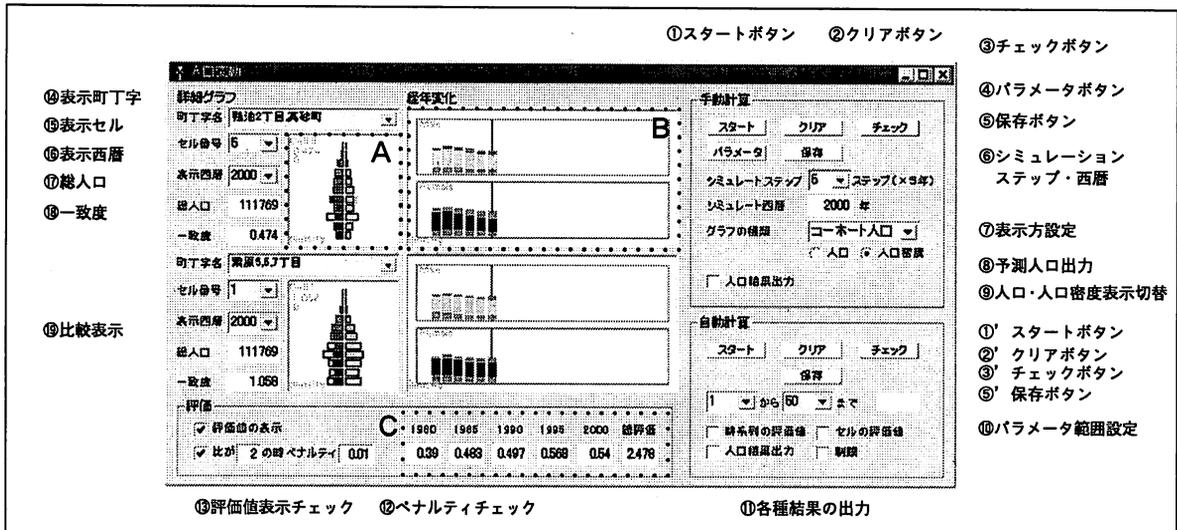


図 2.3.15 システムメイン操作パネル

[A]: 詳細グラフ(人口ピラミッド)

[B]: 人口の経年変化

選択した西暦とセルの人口ピラミッド及び、セルの人口増減の時系列変化をそれぞれ男と女に分けて表示できる。詳細グラフは赤(左)が女、青(右)が男を表す。人口ピラミッドのほかに、年少人口・生産年齢人口・老齢人口の人口規模の表示も可能である。経年変化グラフの途中に縦に引かれた赤い線は選択した西暦の場所を指す。棒グラフは、下から黄緑色が年少人口、赤と青が男女の生産年齢人口、一番上の灰色が老年人口である。

[C]: 評価値

シミュレーション期間の各ステップでの評価値を表示できる。総評価値はそれらの合計であり、実データの再現性を判断する際に用いる。

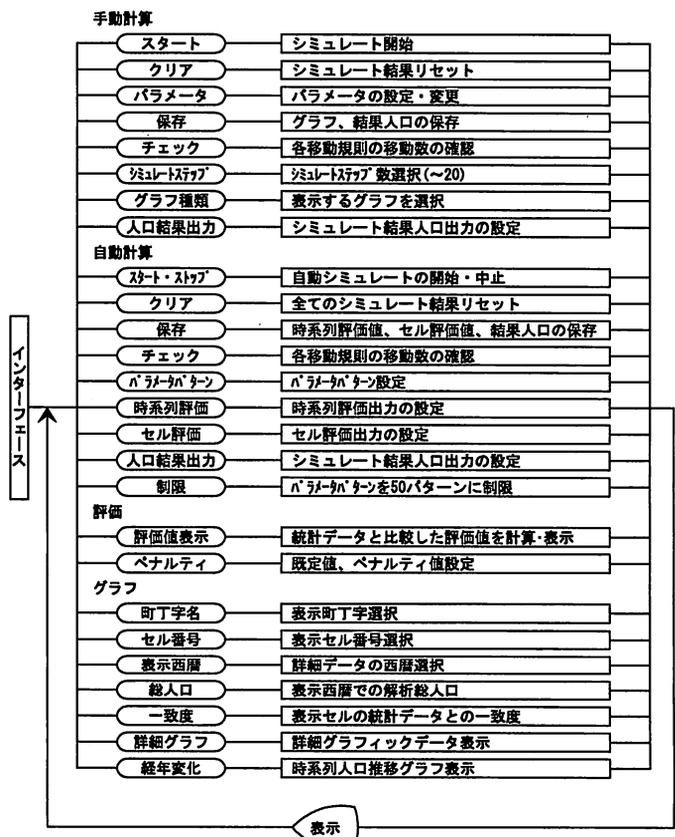


図 2.3.10 機能概略図

- ① スタートボタン (手動計算)・・・ これを押すとシミュレーションが始まる。
- ①' スタートボタン (自動計算)・・・ 自動 (連続) 計算が始まる。
- ② クリアボタン (手動計算)・・・ クリアボタンを押すと、結果がクリアされる。初期設定状態に
- ②' クリアボタン (自動計算)・・・ 戻る。
- ③ チェックボタン (手動計算)・・・ 自動計算の結果が全てクリアされる。
- ③' チェックボタン (自動計算)・・・ チェックボタンを押すと、各セルの移動数をチェックすることが可能な別ウィンドウが開く。
- ④ パラメータボタン・・・・・・・・・・ 手動計算と同じパラメータ制御ウィンドウを表示する。表示前は、全てのルールを使用せずに自然増減のみでシミュレーションされる。
- ⑤ 保存ボタン・・・・・・・・・・ 最終的なシミュレーション結果を保存することができる。A、BをBMP形式の画像として保存できる。
- ⑤' 保存ボタン・・・・・・・・・・ 自動 (連続) 計算の最終的なシミュレーション結果を保存することができる。A、BをBMP形式の画像として保存できるほか、⑩各結果の保存が可能である。
- ⑥ シミュレーション・・・・・・・・・・ 1975年から何ステップ先までシミュレーションを行うかを決定する。1ステップは5年である。1～20ステップの中から選ぶことができる。20ステップであれば100年である。シミュレーション西暦は、シミュレーションを開始すると、1975年からシミュレーションステップで選ばれた西暦まで順次変わっていく。
- ⑦ 詳細表示方法・・・・・・・・・・ 初期状態は「コーホート人口」表示に設定してあるが、他に「年少人口」「生産年齢人口」「老年人口」が用意されており、その表示を切り替えることができる。
- ⑧ 予測人口出力・・・・・・・・・・ シミュレーション結果で得られた予測人口を数値として出力可能である。
- ⑨ 人口・人口密度表示切替・・・・・・ A、Bの表示は、初期状態では人口データを下に作成されるが、これを切り替えることによって、人口密度を元とした人口ピラミッド・経年変化を表示できる。
- ⑩ パラメータ範囲設定・・・・・・・・・・ 自動計算において、どの範囲で連続で計算させるかを設定する。
- ⑪ 各種結果の出力・・・・・・・・・・ 時系列評価・セルの評価値・人口結果をCSV形式で出力することが可能である。
- ⑫ ペナルティチェック・・・・・・・・・・ 評価計算を実行するときに自動的にペナルティ計算を行う。またペナルティの条件やペナルティの大きさも設定することができる。
- ⑬ 評価値チェック・・・・・・・・・・ 評価計算を行う機能であり、チェックした後試行すると設定した評価計算を各ステップごとに自動的にを行い、パターンの評価をCに表示する。
- ⑭ 表示町丁字・・・・・・・・・・ A、Bに結果表示するセルを町丁字名から選択する。
- ⑮ 表示セル・・・・・・・・・・ 詳細データ⑩に表示するセルをセル番号から選択する。
- ⑯ データ表示西暦・・・・・・・・・・ 詳細データ⑩に表示する西暦を選択する。
- ⑰ 総人口・・・・・・・・・・ データ表示西暦⑯で選択された西暦の全人口を表示する。
- ⑱ 一致度・・・・・・・・・・ 各セルのシミュレーション結果と実データとの再現性を表す一致度を確認できる。
- ⑲ 比較表示・・・・・・・・・・ 比較表示用に⑭～⑱をもう1セット設けた。それにより、セルの比較やシミュレーション年毎の比較を可能とした。

第3章 解析手順

3.1 はじめに

本章では、人口変動予測システムを用いた解析の手順について述べる。

解析対象都市は、人口規模30～60万人の地方都市という選定基準の基、鹿児島市、長崎市、大分市とする。解析結果に大きく影響を与えると思われるセルの分割モデルに関しては、各都市でモデルA、モデルBの2つを設定し、解析を行う。

3.2 解析手順

解析の大まかな流れを以下に示す。

事前に、まず、解析対象都市の基本データの作成・セルの設定を行う。それらを用いてシ解析し、結果を評価する。これが解析の簡単な流れである。

■事前準備 *****

00 解析対象都市の決定⇒

01 解析基本データの作成

- ・各町丁字・5歳年齢階級男女別人口データの作成
(1975年～2000年の5年おきのデータ)

02 セルのモデル化

A：1975年の町丁字を基本とするセルモデル

B：学校区に準じたセルモデル

■解析実行 *****

03 各都市・各モデルに対する人口変動シミュレーション

1. 単独試行

自律規則(自然増減)

自律規則 + 一次移動

随伴移動

2. 複合試行

■解析結果の考察 *****

04 評価値を用いて結果の分析を行う。

3.3 事前準備について

解析を行うにあたっての事前の準備としては大きく2つの作業がある。解析対象都市決定後に行う、①シミュレーション用基本データの作成と②セル分割モデルを作成する、の2つである。

基本データは、各丁町字・5歳年齢階級男女別人口(1975年から2000年の間に、5年おきに行われた国勢調査のデータ)を用いる。これらは、各自治体によって管理されており、その形式は都市毎に異なっている。また、住居表示の変更や、丁町字境界の変更により、人口データの欠落がある。これらのデータをより正確に扱う必要があるが、情報に限りがあるため、ある程度の予測をやむをえないものとする。ただし、基本的にはセルに与える情報の正確さを重視し、セルに与える人口データの編集を行う。

人口の編集に関しては、他の都市にシステムを適用する際も同様な問題が生じると考えられる。そこで、効率的に人口データ編集からセルへ情報を与えることができるように、その流れをフローチャートにまとめる(図3.2.1)。

なお、セルへモデル化の方法については、後にとりあげ詳述する。

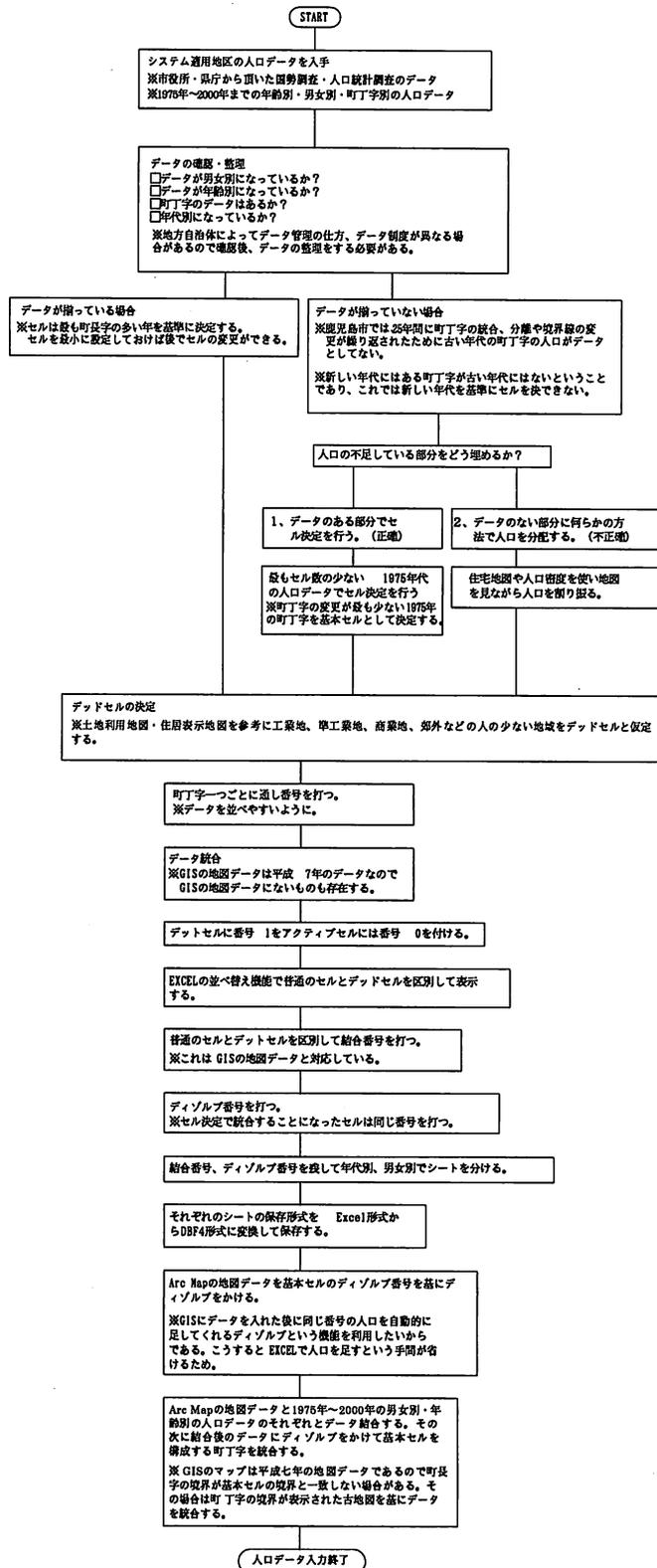


図3.2.1 人口データ編集からセルに情報を与えるまでの流れ

3.4 解析対象

3.4.1 対象都市

解析の対象都市の選定にあたり、「人口規模がさほど大きくない地方都市（人口30万～60万人程度）」という選定基準のもと、九州内から鹿児島市、長崎市、大分市を選定する。

都市の概要

■鹿児島市

鹿児島市の市街地は小平野部にあり、周囲を山と海に挟まれている。面積は289.92km²(平成16年10月1日現在)で、市全体としては南北に細長い形となっている。臨海部は埋立地が多くそのほとんどは、工業地域、準工業地域、商業地域となっている。

また、鹿児島市の人口は平成16年7月1日時点で55万4,984人に達しており、1975年45万6,827人(第12回国勢調査)と比較すると約10万人増加している。

■長崎市

長崎市の面積は241.32km²(平成16年10月1日現在)である。市街地の7割が斜面地という「坂のまち」で知られている。人口は平成16年7月1日時点で41万7,127人であり、1975年45万194人(第12回国勢調査)と比較すると3万人以上減少している。

■大分市

大分市の面積は360.97km²(平成16年10月1日現在)で、比較的平野部が広い。

3.4.2 セル分割モデル

セルの設定(セルの分割)は、人口変動予測の結果に大きく影響を与えると思われる。そこで、本研究ではセルの分割のモデルを2つ用意する。本来、セルの設定(セルの分割)は、将来何を目的として人口変動予測をするかという後のシステム利用形態で決まるが、ここでセルの設定の妥当性を検討することは、実用的なセル設定をする際の参考となるため大きな意味があるといえる。設定した2つモデルについて以下に示す。

① モデルA(基本モデル)

モデルAは、行政区画の最小単位である町丁字を1個のセルと捉えたモデルである。人口データの精度を優先し、住居表示変更に伴う人口データの欠落、町丁字境界の変更を考慮したうえで、住居表示変更前の1975年の町丁字を基本とするセルを設定した。よって、開発事業により新たに生まれた町丁字は、1975年時の町丁字名で扱われる。

モデルAは、最も詳細な行政区画を基本としたモデルであるため、最小のセル設定といえる。利用形態にあわせたセル設定を行う際の基準となるものである。

② モデルB

モデルAを基に、複数の町丁字を結合させることで、小学校区に準じた面積を持つセルで構成されるモデル。町丁字を基準としたモデルAに対して1セル当たりの面積が大きくなり、全体のセル数は少なくなる。

3.4.3 解析対象外セル（デッドセル）について

本予測モデルは、各セルの人口密度を基に移動の量が決定する。このため、解析対象都市に人口密度が極端に低いセルや、人口転出入がほとんどない地区を含む場合、移動量に大きな誤差が生まれる。そういったセルは、人口の転出入がほとんどないと仮定し、解析対象外とし、これを「デッドセル」と定義する。デッドセルは以下のような基準に沿って決定する。

[デッドセル選定基準]

[モデルA]

- 他の丁町字と比べて人口が少ない地区
 - ・全領域が工業地域・順工業地域と設定されている町丁字
 - ・人口が少なく面積の大きい山間部の町丁字

[モデルB]

- モデルAの選定基準でデッドセルと設定されたセル
- 山や崖など、居住地として考えにくい地区

※ 山や崖など居住地として考えにくい地区は、等高線や地図を参考とし、ある程度の目測はやむをえないものとし、決定した。

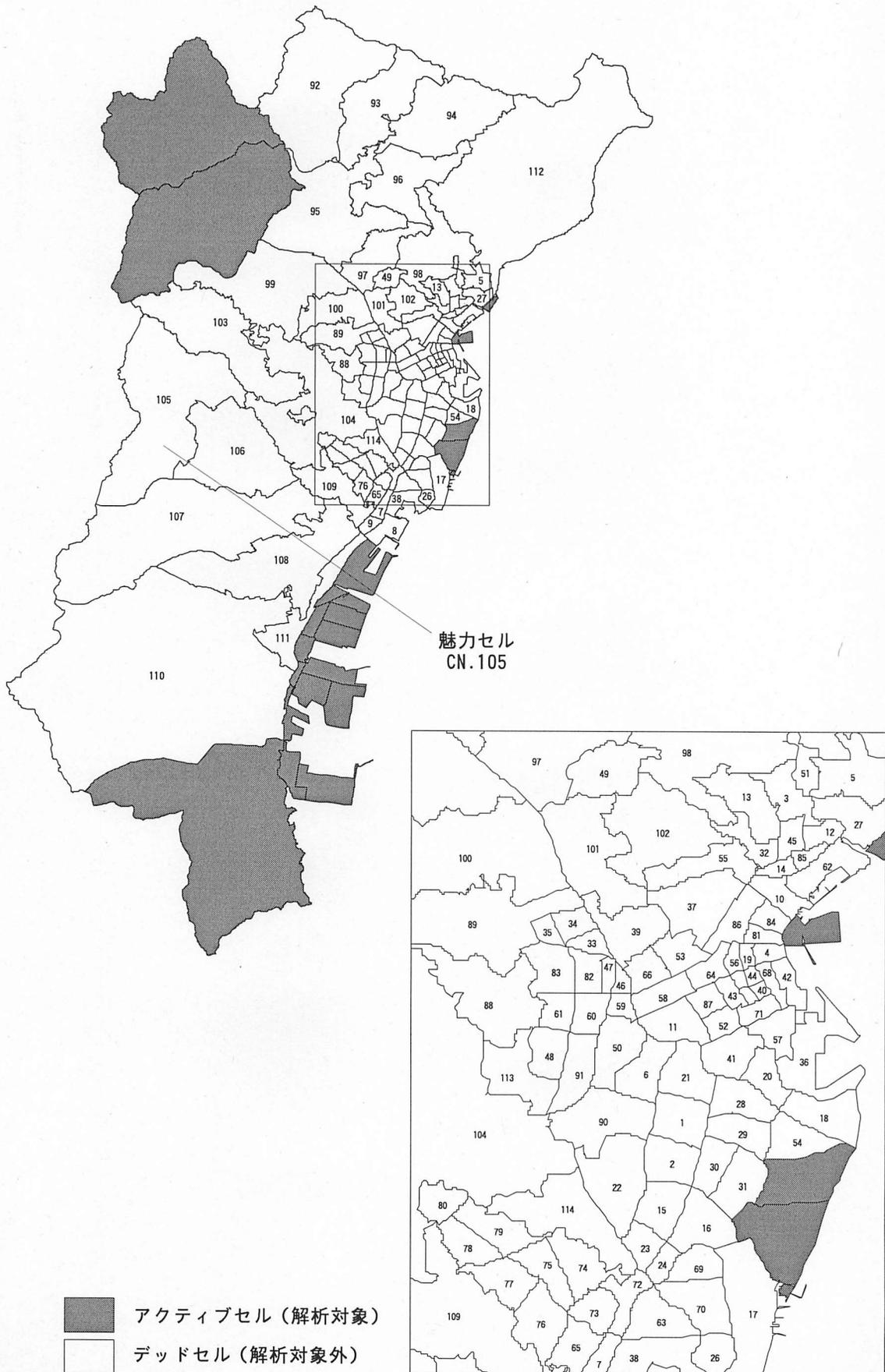
3.4.4 開発地区の設定について

本予測モデルで設定している魅力移動において、開発が行われ、移動者の移動対象先となる地区を開発地区として選定する。開発地区は、新市街地開発事業(鹿児島市)及び開発行為[住宅団地]一覧表(長崎市)の資料を参考に、開発規模の最も大きい地区とする(関連資料)。大分市に関しては、資料が存在しないため住宅地図の大規模団地地域とする。開発地区は以下のように設定する。

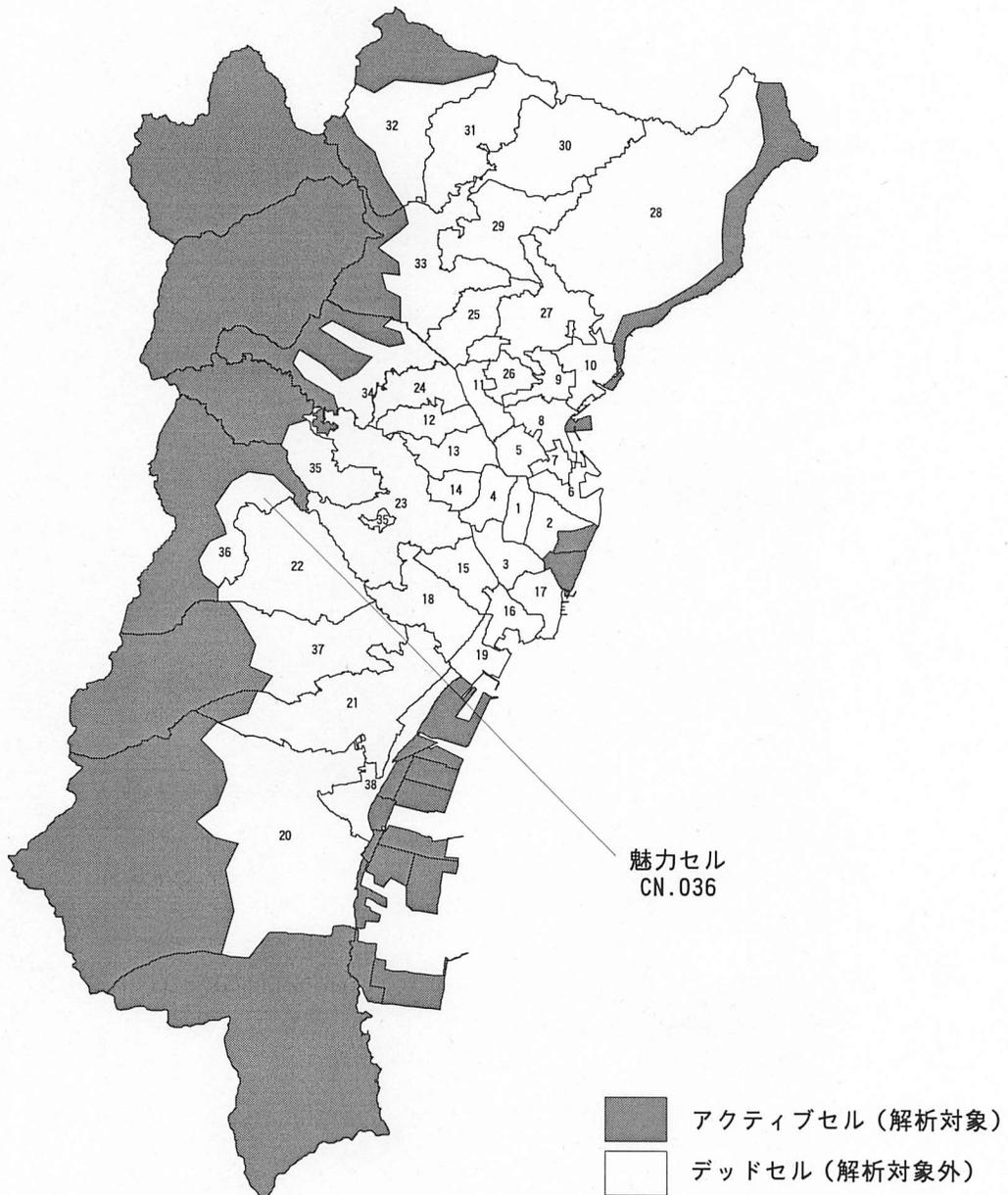
■鹿児島市	星ヶ峰ニュータウン	開発面積	171.11(ha),	計画戸数	4,300戸
■長崎市	矢上団地	開発面積	102.7(ha),	計画戸数	2,557戸
■大分市	富士見が丘ニュータウン 緑ヶ丘団地				

3.4.5 シミュレーションモデル

(1) 鹿児島市モデル A

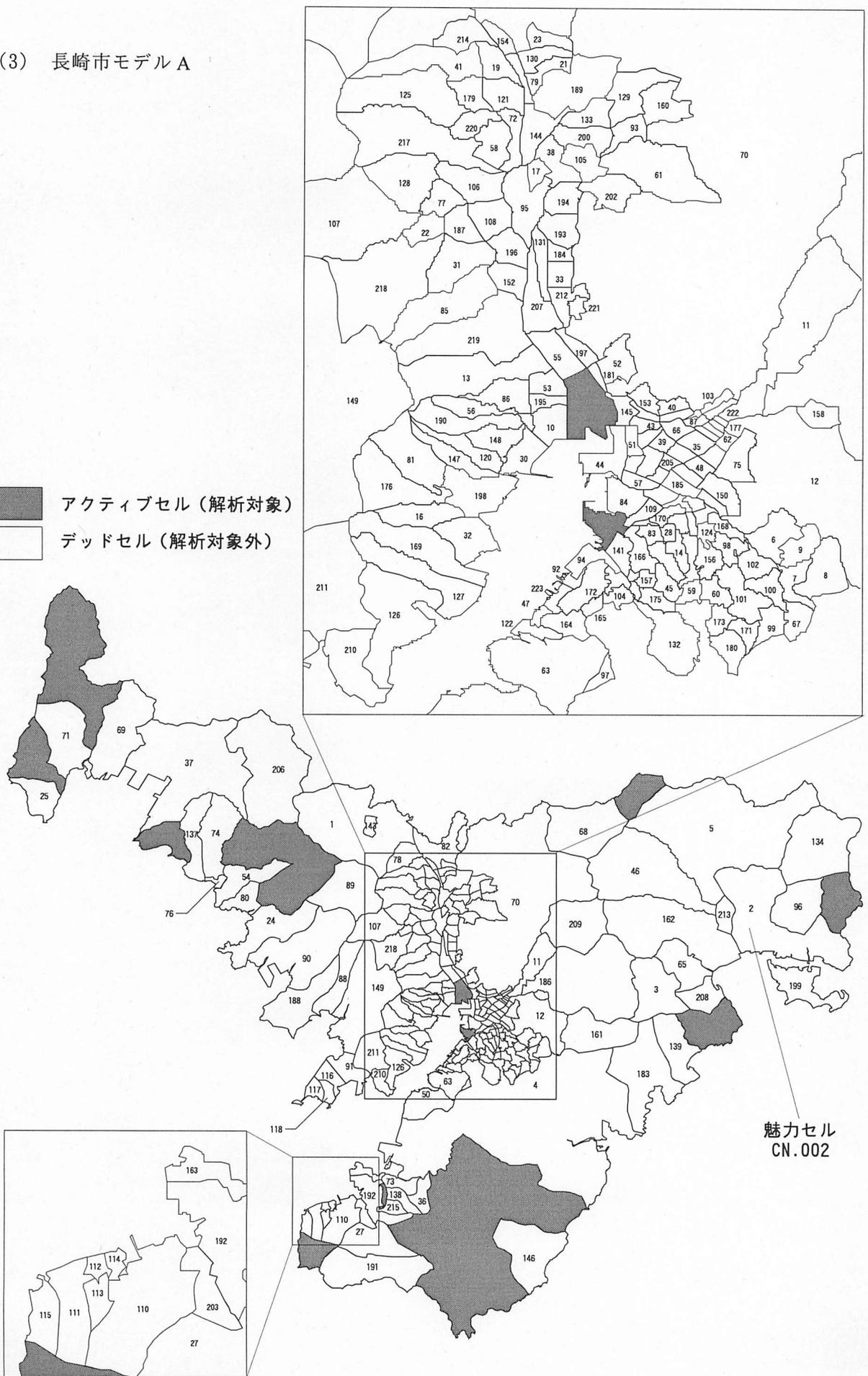


(2) 鹿児島市モデルB

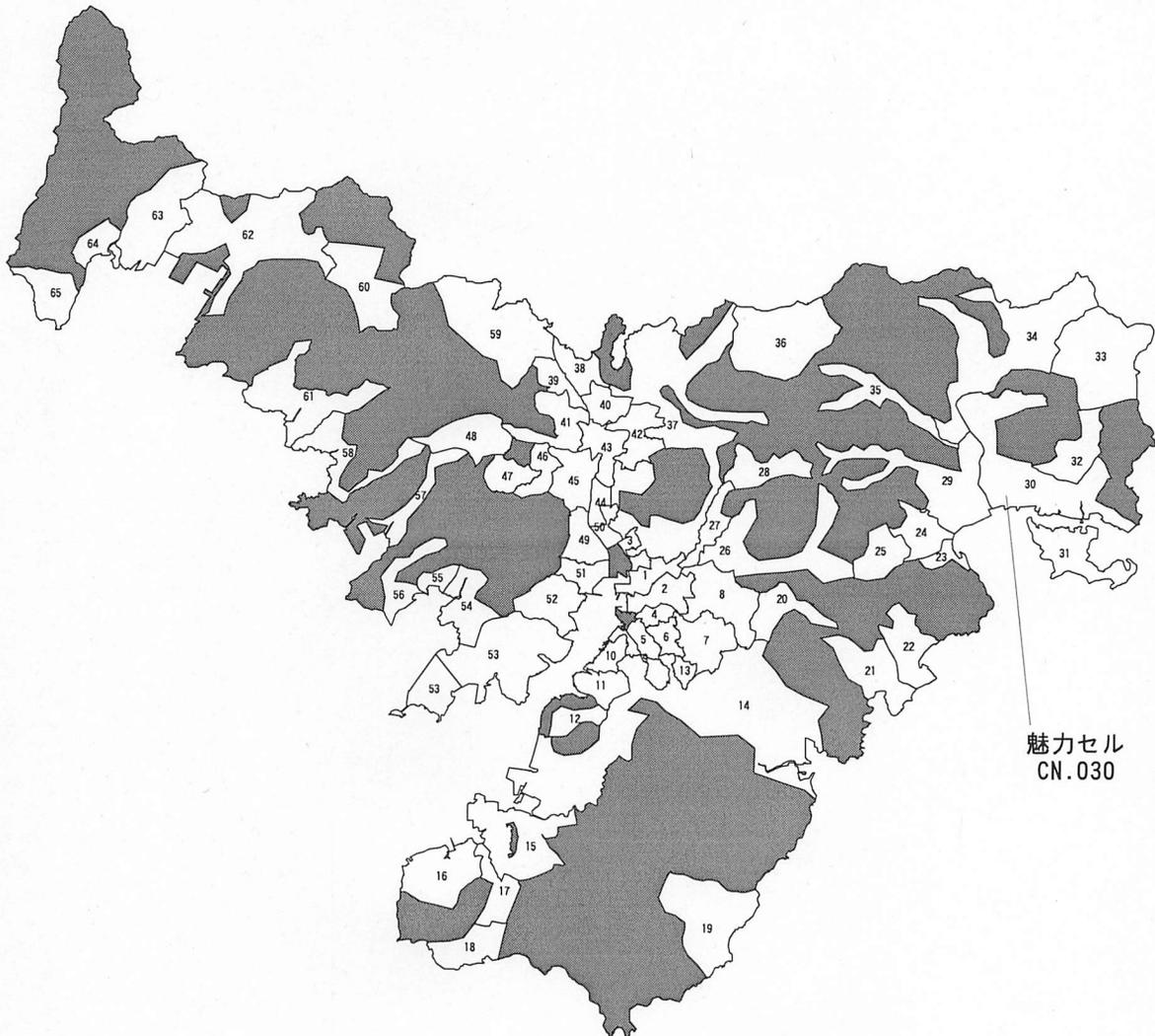


(3) 長崎市モデル A

アクティブセル (解析対象)
 デッドセル (解析対象外)



(4) 長崎市モデルB



-  アクティブセル (解析対象)
-  デッドセル (解析対象外)

(5) 大分市モデル B



3.5 解析方法

各都市、各モデルにおける人口変動予測は、1975年の実データを初期値とし、1975年から1ステップ5年として5ステップ、つまり1975年から5年おきに2000年までの期間を対象に試行する。このことで、解析結果と実際の人口変動との比較・評価が可能になる。解析では、各移動規則に設けられたパラメータ（『2.2.3 パラメータ』参照）を変化させ、実データとの再現性が最も高くなるパラメータの組合わせ（最良解）を抽出する。その際、再現性を表す指標として独自に設定した評価値という評価指標を用いる。評価値は、実データとの再現性が高いほど、その値はゼロに近づく。

解析は、[自律規則（自然増減）のみの試行]、[近傍規則の単独試行]、[近傍規則の複合試行]の順に行う。

①自律規則のみの試行

自律規則は、セル内での人口の増減であり、他のセルに人口が移動することはなく、セル内で寿命を終えるといったものである。この概念的な人口動態は封鎖人口と呼ばれ、人口推計を行ううえでの基本である。よって、自律規則を基準に他の近傍規則の単独試行が行われる。

②近傍規則の単独試行

自律規則と他の5つの移動規則の内1つを適用する。移動規則1つのみを適用することから「単独試行」と呼ぶ。単独試行では、それぞれの移動規則のパラメータを変化させ、有効なパラメータ範囲を同定することで移動特性を探る。1度目の試行（一次試行）において有効な範囲を探ることが出来ない場合は、2度目の試行（二次試行）、3度目の試行（三次試行）の様に、そのつど範囲を絞りながら試行を繰り返すことで、有効なパラメータ範囲を絞り込む。近傍規則のうち、家族移動・結婚移動の両随伴移動は、近傍1次移動（近接移動・遠距離移動・魅力移動）に連動させて行う。ただし、近傍1次移動のうち、自律規則適用時の評価より良くならないルールに関しては、併用させても無意味なため随伴移動には用いないこととする。単独試行の一次試行で用いる各移動規則のパラメータとパラメータ一覧を図3.5.1、図3.5.2に示す。一次試行における適用するパラメータは全モデルで共通である。また本研究では、5つの移動規則を通してパラメータの組み合わせに番号をつけ、pn.1（Parameter Number.1の略）などのように表す。

③近傍規則の複合試行

近傍規則の単独試行による結果から絞り込まれた各パラメータの有効な範囲内の離散的な値に対する全ての組み合わせでシミュレーションを行う。

3.6 シミュレーション結果の考察について

結果の考察は、人口変動シミュレーションにより得られる人口と実データとの適合度を表す評価値（2.2.3 表価値 参照）を基に行う。本研究で用いる評価値は、その値が小さいほど実データとの差が小さく、再現性が高いことを意味する。様々なパラメータパターンでの試行により得られた結果から、評価のよいパラメータパターンを抽出する。そのパラメータパターンの特徴や評価値について考察する。

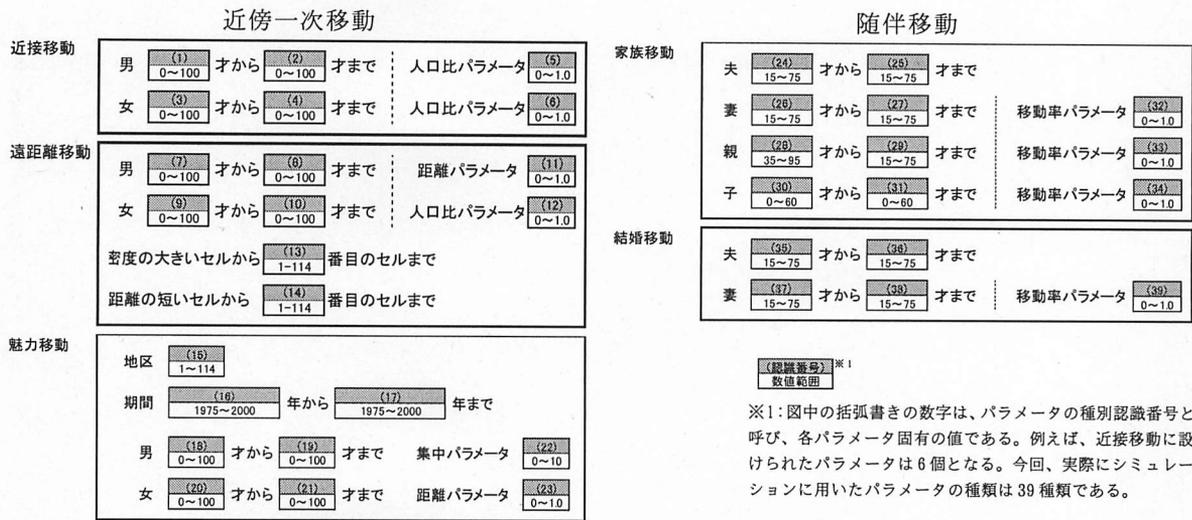


図 3.5.1 パラメータとパラメータ番号一覧

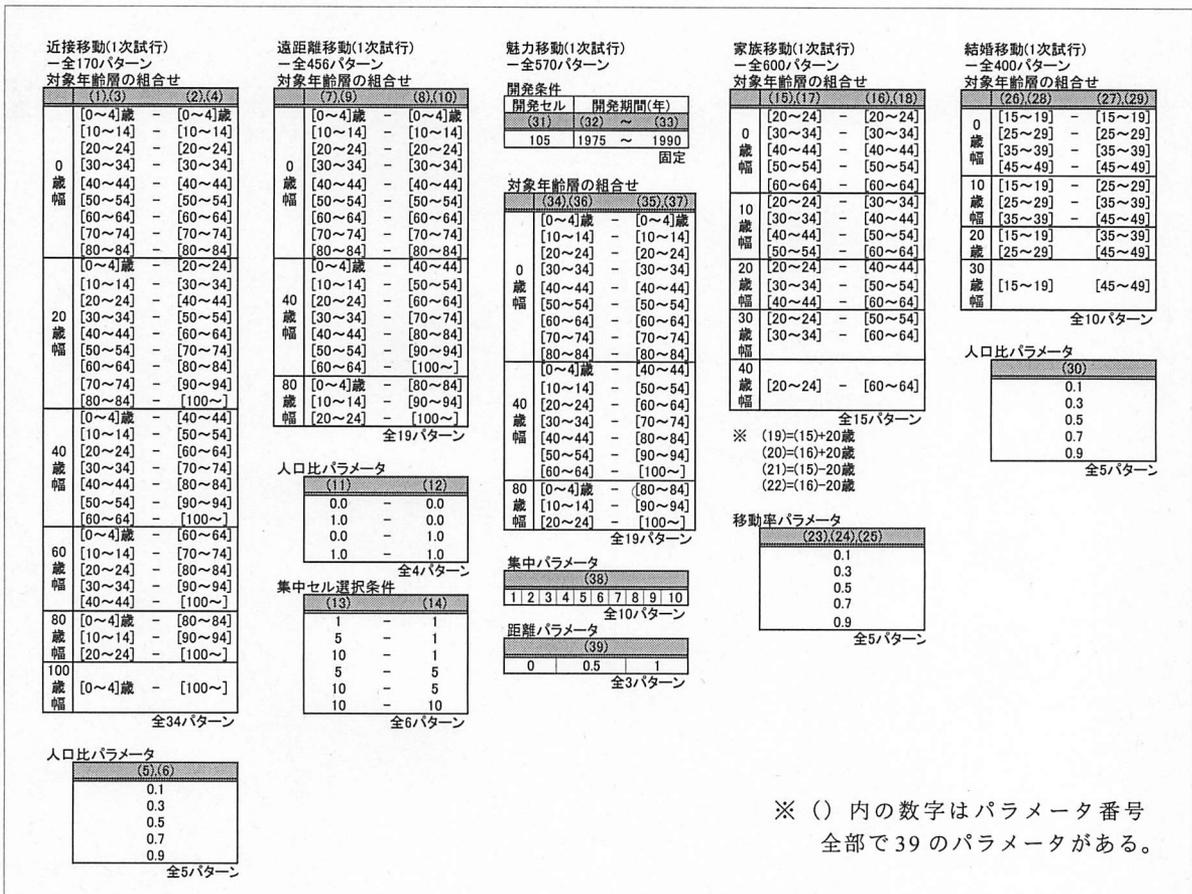


図 3.5.2 単独試行の一次試行で適用するパラメータ

第4章 シミュレーションA

4.1 鹿児島市モデルA (114セル)

4.1.1 自律規則 (自然動態)

解析対象セル114セルで、自律規則 (自然動態) のみでシミュレーションを実行した場合のセルおよびステップ毎の評価を行う。

自律規則適用時の評価値の時系列推移を図4.1.1に示す。1975年において評価値がゼロとなっているのはシミュレート初期値として1975年のデータを用いているためである。自律規則のみでは114セルの人口変動は再現できないことから、シミュレーション年が進むにつれて、実データとの一致度を表す評価が悪くなっている。

図4.1.2は、セルの評価値を地図上のセル領域に関連づけ、数値分類によって等級別に表示したものである。ただし、評価値はステップ5(2000年)の値を用いている。評価は鹿児島市中心部に比べ山間部のセルで悪くなっている。山間部のセルは、多くの町丁字を統合して構成されているということと、中心市街地のセルと比べて面積が大きい点で共通している。

セル番号105、106、107等は、シミュレーション開始年度1975年から2000年に至るまでに、大規模な開発事業が行われた地区である。それらを含むセルは、実データと結果(推計人口)に大きな誤差が生じている。原因としては、ある一定の期間に人口密度の低い山間部で住宅開発が行われ、一度に大量の人口が流入したためと考えられる。全114セルの平均評価値0.614という結果となった。

この自律規則による人口変動で得られた評価値及び時系列変化を基準として、以後のシミュレーション結果との比較を行う。

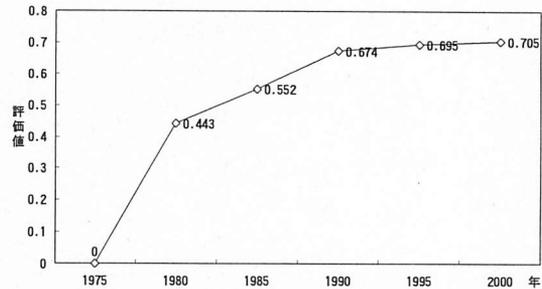


図4.1.1 時系列評価値推移 (自律規則のみ適用時)

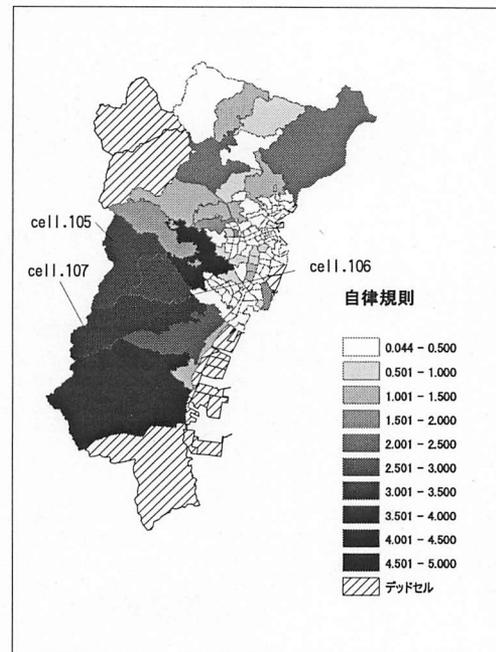


図4.1.2 評価値等級分類 (自律規則のみ適用時)

4.1.2 単独試行

以下の節は、自律規則に加えて他の5つの移動規則の内1つを適用したシミュレーション結果を示す。

4.1.2.1 一次移動

■近接移動

近接移動の単独試行を実行するにあたり、移動させる男女の年齢層を34通り、人口比パラメータを5種類用意し、合計170通り(pn.1～pn.170)のパラメータパターンを試行する(p41 図3.5.2)。

図4.1.3に近接移動全パラメータパターンの総評価値の動向を示す。図より、人口比パラメータ0.5付近で評価がよくなり、年齢層[0～60歳]に対して適用する場合が最も良い値となっている。また、人口比パラメータが0.9以上で試行した場合は、極端に評価が悪くなっている。

全パラメータパターンのうち、最も評価の良い組み合わせを1つ抽出し、その時系列の評価値を自律規則のみ適用時の時系列評価と共に図4.1.4に示す。図より1980年以降は自律規則と比べて徐々に評価が良くなっていることが分かる。

図4.1.5は近接移動の単独試行のうち、最も評価がよいパラメータの組み合わせ(pn.94)を適用した場合における各セルの評価値を地図上のセル領域に関連づけ、数値分類によって等級別に表示したものである。図4.1.5より、自律規則のみ適用時(図4.1.2)と比べ、地図左側にある山間部のセルの評価が良くなっている。特にセル番号110は、自律規則のみ適用時評価値4.301に対して、評価値1.831まで評価値が下がり、評価が良くなっている。全セルの評価値の平均値は、自律規則のみ適用時0.614に対して0.538となり、全体的に評価が良くなった。

近接移動適用により評価値は全体的に下がる結果となった。近接移動により鹿児島市114セルにおける中心部から周辺部への人口の分散化をある程度再現しているといえる。

以上の結果より、随伴移動の単独試行に併用するパラメータおよび、複合試行で用いるパラメータの値を表4.1.1に示す。

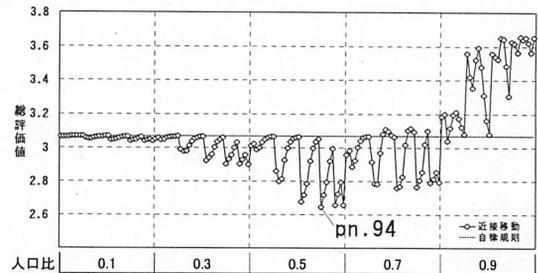


図4.1.3 近接移動(単独1次試行)の総評価値

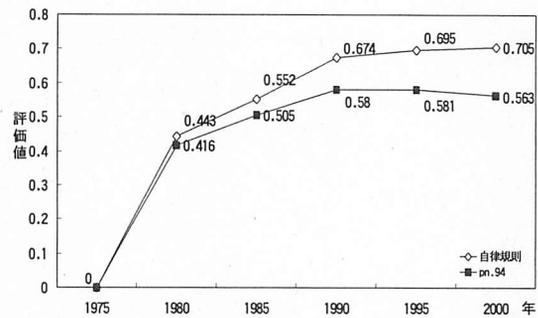


図4.1.4 時系列評価値推移 (pn.94 適用時)

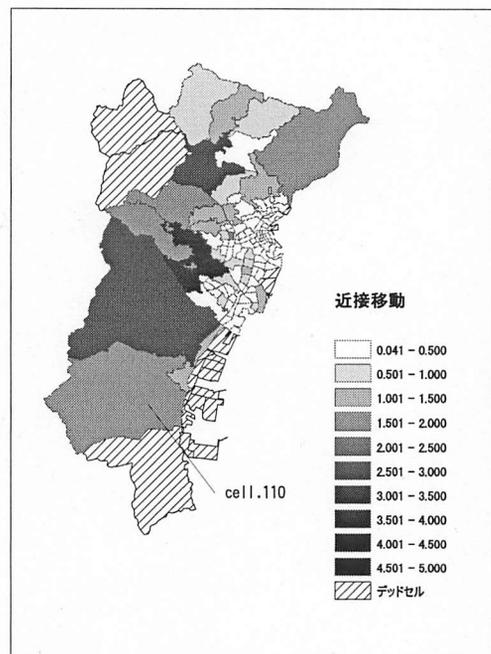


図4.1.5 評価値等級分類 (pn.94 適用時)

表4.1.1

パラメータ 種別	番号	随伴移動と併用するパラメータ				複合試行で用いるパラメータの値	
		pn.87	pn.88	pn.94	pn.95		
年齢層 (歳)	1	0～4	10～14	0～4	10～14	0～4	
	2	40～44	50～55	60～64	70～74	40～44	60～64
	3	0～4	10～14	0～4	10～14	0～4	
	4	40～44	50～55	60～64	70～74	40～44	60～64
人口比	5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
	6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7

■ 遠距離移動

遠距離移動を試行するにあたり、男女の移動年齢幅の組み合わせを19通り、集中セルの組み合わせを6通り、距離パラメータと人口比パラメータの組み合わせを4通り用意し、 $19 \times 6 \times 4$ の合計456通り(pn.171~pn.626)を試行する(p41 図3.5.2)。さらに、集中セル・距離パラメータ・人口比パラメータの組み合わせを変えて4次試行まで行った。

図4.1.6に4次試行(最終試行)の総評価値の動向を示す。図は、年齢層パラメータを最も評価が良くなる傾向にある値に限定し、グラフ化したものである。図4.1.6より遠距離移動の効果はあまり見られず、自律規則適用時評価値3.07より評価が悪くなるか、もしくは微小な値で良くなっている程度である。

4回の試行を通して、人口比パラメータ4.5から5.0、距離パラメータ4.0あたりで極わずかに評価がよくなる傾向を確認した。密度・距離(集中セル)パラメータは、1.0あるいは2.0が適し、年齢層については、[20~60歳]、[20~100歳]において評価が良くなることが分かる。

遠距離移動4次試行、最も評価の良いパラメータパターン(pn246)適用時の時系列の評価値を図4.1.7、セル毎の評価値を地図上のセル領域に関連づけ、数値分類によって等級別に表示したものを図4.1.8に示す。いずれの図を見ても、自律規則のみ適用時(図4.1.1~4.1.2)とほとんど変わりがなく、鹿児島市モデルA(114セル)において、遠距離移動は単独では効果を表さないといえる。

以上の結果より、複合試行で用いるパラメータの値を表4.1.2に示す。評価の良くなる傾向がみられなかったことから、随伴移動の単独試行との併用は行わない。

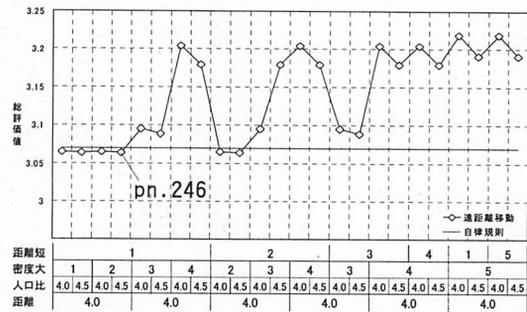


図4.1.6 遠距離移動(単独4次試行)の総評価値

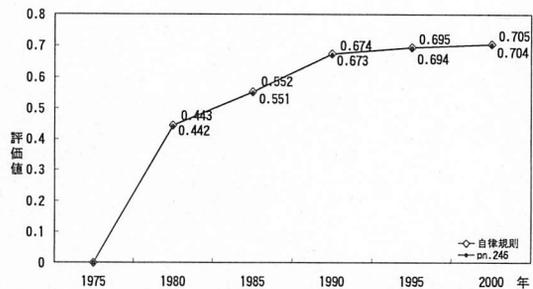


図4.1.7 時系列評価値推移 (pn.248適用時)

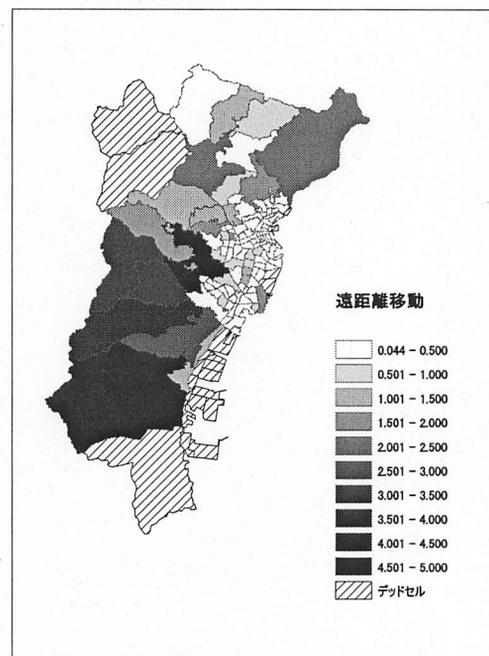


図4.1.8 評価値等級分類(pn.248適用時)

表4.1.2

パラメータ	随伴移動と併用するパラメータ	複合試行で用いるパラメータの値
種別	番号	
年齢層(歳)	7	20~24
	8	60~64
	9	20~24
	10	60~64
距離	11	4.0
人口比	12	4.5
密度順位	13	1
距離順位	14	1

■魅力移動

魅力移動を試行するにあたり、男女の移動年齢層の組み合わせを19通り、集中パラメータと距離パラメータの組み合わせを30通り用意し、19×30の合計570通り(pn.627～pn.1196)を試行する。さらに、集中パラメータ・距離パラメータの組み合わせを変えて3次試行まで行った(p41 図3.5.2)。

図4.1.9に3次試行(最終試行)の魅力移動における総評価値の動向を示す。1次試行では魅力移動の効果があまり見られなかったため、2次試行で集中パラメータを1.0～3.0に絞り、0.5ずつ変化させた。2次試行では、距離パラメータが2.0付近で評価値がよくなっている。さらに3次試行では、距離パラメータ2.0付近に絞り、1.5～2.5の間を0.2刻みで変化させて試行した。3次試行では、集中パラメータが小さいときは距離パラメータも小さい値を組み合わせると評価がよくなり、逆に集中パラメータが大きいときは距離パラメータも大きい値を組み合わせると評価値が良くなっている。集中パラメータ、距離パラメータがともに2.0付近の組み合わせの時、また年齢幅が40歳幅[0～40歳]の時に評価が良くなることを確認した。

魅力移動3次試行、最も評価の良いパラメータパターン(pn.845)適用時の時系列の評価値を図4.1.10に示す。1980年においては、二つのグラフがほぼ重なっているが、1985年以降は、魅力移動が自律規則よりも評価が良くなっている。これは、魅力移動が効果的に行われ魅力セルへの人口の集中化が起こったため、自律規則のみでは再現できない人口の変動を魅力移動が補完したといえる。

各セル評価値を地図上のセル領域に関連付け、数値分類することで等級別に表示したものを図4.1.11に示す。

以上の結果より、随伴移動の単独試行に併用するパラメータおよび、複合試行で用いるパラメータの値を表4.1.3に示す。

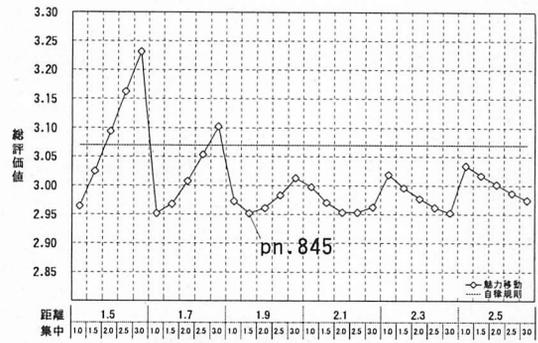


図4.1.9 遠距離移動(単独3次試行)の総評価値

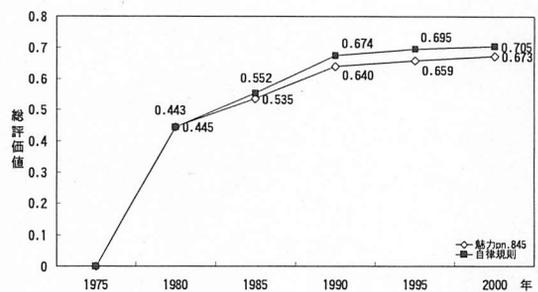


図4.1.10 時系列評価値推移(pn.845適用時)

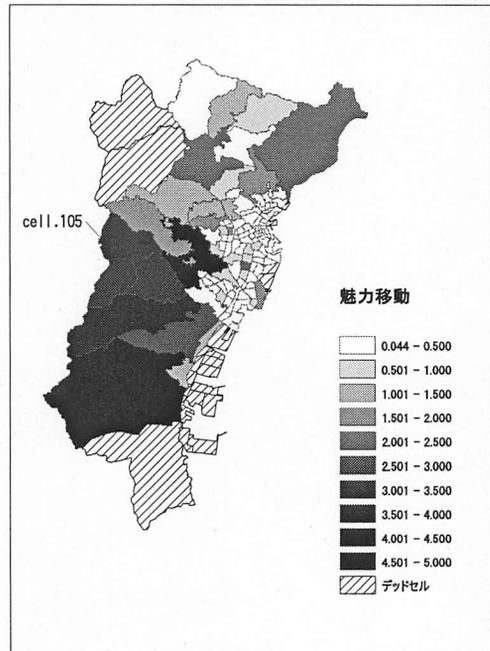


図4.1.11 評価値等級分類(pn.845適用時)

表4.1.3

パラメータ	随伴移動と併用するパラメータ					複合試行で用いるパラメータの値			
種別	番号	pn.731	pn.845	pn.978	pn.1092				
開発地区	15	105	105	105	105				
開発期間(年)	16	1975	1975	1975	1975				
	17	2000	2000	2000	2000				
	18	0~4	0~4	0~4	0~4				
年齢層(歳)	19	40~44	40~44	40~44	40~44				
	20	0~4	0~4	0~4	0~4				
	21	40~44	40~44	40~44	40~44				
集中	22	1.0	1.5	2.5	3.0	1.0	1.5	2.0	2.5
距離	23	1.5	2.0	2.5	3.0	1.7	1.9	2.1	2.3

4.1.2.2 随伴移動

随伴移動（家族移動・結婚移動）は、世帯主(男性)の転勤や結婚に伴う形でその家族や結婚相手となる女性が移動することを想定している。そのためこの移動規則を単独で試行しても移動は発生しない。よって、パラメータを固定した一次移動と併用することで移動の特性を探る。併用する一次規則は、自律規則適用時の評価値と比較して移動規則による効果がほとんどみられない遠距離移動を除いた、近接移動・魅力移動とする。これは一次移動において効果が見られなければ、随伴においても効果が得られる見込みがないためである。併用する近接移動・魅力移動のパラメータを表4.1.4に記す。

表 4.1.4

近傍規則	パラメータ		随伴移動と併用するパラメータ			
	種別	番号	pn.87	pn.88	pn.94	pn.95
近接移動 1次試行	年齢層 (歳)	1	0~4	10~14	0~4	10~14
		2	40~44	50~55	60~64	70~74
		3	0~4	10~14	0~4	10~14
		4	40~44	50~55	60~64	70~74
	人口比	5	0.5	0.5	0.5	0.5
		6	0.5	0.5	0.5	0.5

近傍規則	パラメータ		随伴移動と併用するパラメータ			
	種別	番号	pn.731	pn.845	pn.978	pn.1092
魅力移動 3次試行	開発地区	15	105	105	105	105
		16	1975	1975	1975	1975
		17	2000	2000	2000	2000
	開発期間 (年)	18	0~4	0~4	0~4	0~4
		19	40~44	40~44	40~44	40~44
		20	0~4	0~4	0~4	0~4
		21	40~44	40~44	40~44	40~44
	集中 距離	22	1.0	1.5	2.5	3.0
		23	1.5	2.0	2.5	3.0

■家族移動

家族移動の試行にあたり、移動年齢層の組み合わせを15通り、移動率パラメータの組み合わせを5通り、併用する近傍規則を各4通り、合計600通り(pn.1197~pn.1796)を用いる(p41 図3.5.2)。

(1) 近接移動+家族移動

図4.1.12は、近接移動(pn.94)に随伴させた家族移動の総評価値を示したものである。家族移動を随伴させた場合の方が近接移動単独試行の評価よりも全体的に値が良くなっている。移動率パラメータ0.7付近で評価値が良くなり、年齢層【夫:妻:[20~30歳]、親:[40~50歳]、子:[0~10歳]】で効果がよく表れることを確認した。ここでは、pn.1397において最も良い評価となった。

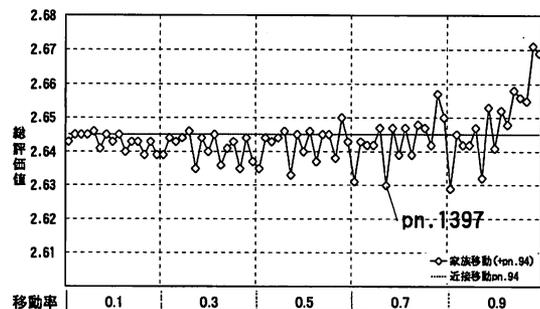


図 4.1.12 家族移動（随伴1次試行）の総評価値（近接随伴）

(2) 魅力移動+家族移動

図4.1.13は、魅力移動(pn.1092)に随伴させた家族移動の総評価値を示したものであり、併用した魅力移動を単独試行した場合の評価値と合わせて表示している。図4.1.13より、単独での魅力移動の評価値を家族移動の評価値が下回ることはなく、魅力移動との組み合わせによる家族移動の効果を確認することができない。家族移動は、一次移動の移動量に連動して移動が起るため、一時移動において全体の移動量が少ない魅力移動との

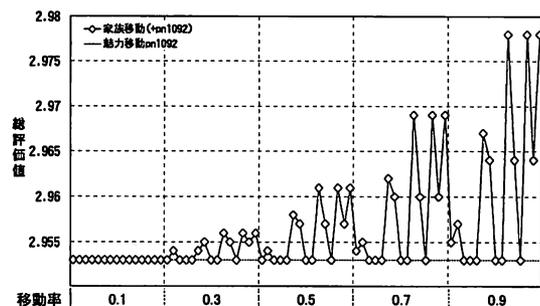


図 4.1.13 家族移動（随伴1次試行）の総評価値（魅力随伴）

組み合わせでは、効果が総評価値に反映されないといえる。

家族移動1次試行、最も評価の良いパラメータパターン(pn.1397)適用時の時系列の評価値を図4.1.10に示す。家族移動の評価値が随伴した近接移動よりも僅かに下回っており、1990年をピークにそれ以降は低下している。

各セルの評価値を地図上のセル領域に関連付け、数値分類によって等級別に表示してものを図4.1.11に示す。図から、近接移動と比べて部分的に評価値が良くなっていることが分かる。

以上の結果より、複合試行に用いるパラメータの値を表4.1.5に示す。

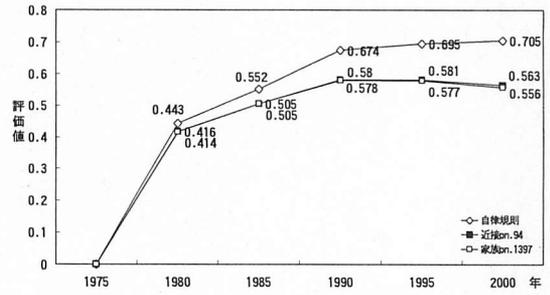


図4.1.14 時系列評価値推移 (pn.1397, pn.94 適用時)

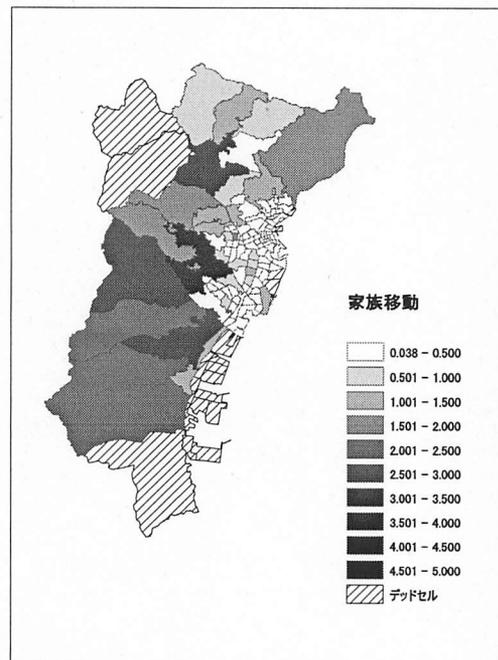


図4.1.15 評価値等級分類 (pn.1397 適用時)

表4.1.5

パラメータ種別	番号	複合試行で用いるパラメータの値				
年齢層 (歳)	24	20~24				
	25	30~34	40~44	50~54		
	26	20~24				
	27	30~34	40~44	50~54		
	28	40~44				
	29	50~54	60~64	70~74		
	30	0~4				
	31	10~14	20~24	30~34		
	移動率 (%)	32	0.5	0.7	0.9	
		33	0.5	0.7	0.9	
34		0.5	0.7	0.9		

■結婚移動

結婚移動は、新婚夫婦が親世帯から分離して新しい家に移り住むという行動を便宜的に男性に女性が随伴して移動することを想定している。結婚移動の試行にあたり、移動年齢層の組み合わせを10通り、移動率パラメータの組み合わせを5通り、併用する近傍規則を各4通り、合計400通り(pn.1797～pn.2196)を用いる(p41 図3.5.2)。

(1) 近接移動+結婚移動

図4.1.16は、近接移動(pn.94)に随伴させた場合の結婚移動の総評価値を示したものである。移動数パラメータ0.5～0.7付近で評価が良い。年齢層は、[15～25歳]のときルールの効果がよく表れることがわかった。ここでは、pn.1921のとき最も良い評価となった。

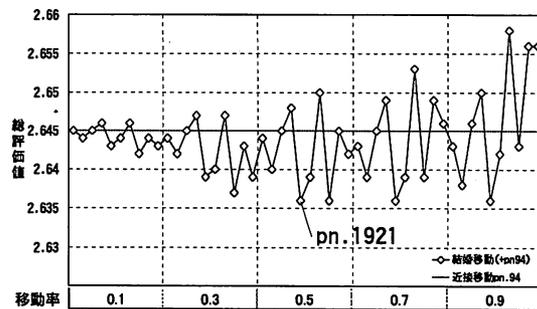


図4.1.16 結婚移動(随伴1次試行)の総評価値(近接随伴)

(2) 魅力移動+結婚移動

図4.1.17は、魅力移動(pn.1092)に随伴させた場合の結婚移動の総評価値を示したものである。魅力移動との組み合わせにおいても評価値が基準となる一次移動の値を下回ることがなく、魅力移動との組み合わせによる家族移動の効果を確認することができない。結婚移動は、一次移動の移動量に連動して移動が起るため、一次移動において全体の移動量が少ない魅力移動との組み合わせでは、効果が総評価値に反映されにくい。また、結婚移動は夫婦を対象とした移動であるため、結婚移動単体での移動量が家族移動と比べても少ないことから、その効果は表面的に表れなかった。

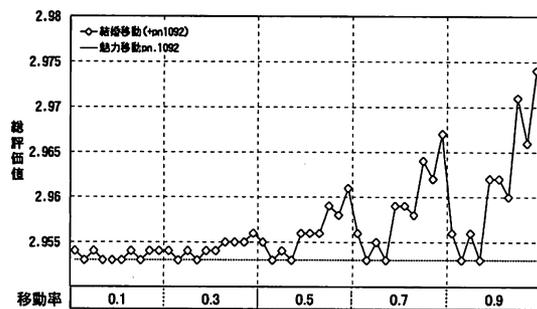


図4.1.17 結婚移動(随伴1次試行)の総評価値(魅力随伴)

結婚移動1次試行、最も評価の良いパラメータパターン(pn.1921)適用時の時系列の評価値を図4.1.18に示す。家族移動の評価値が随伴した近接移動よりも僅かに下回っており、1990と2000年をピークに低下している。

各セルの評価値を地図上のセル領域に関連付け、数値分類によって等級別に表示してものを図4.1.19に示す。図4.1.5(近接移動)と比較するとほとんど変化がないことが分かる。

以上の結果より、複合試行に用いるパラメータの値を表4.1.6に示す。

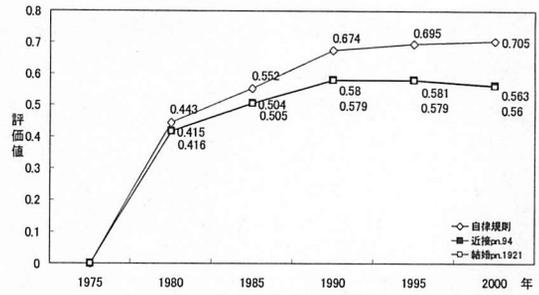


図4.1.18 時系列評価値推移 (pn.1921, pn.94 適用時)

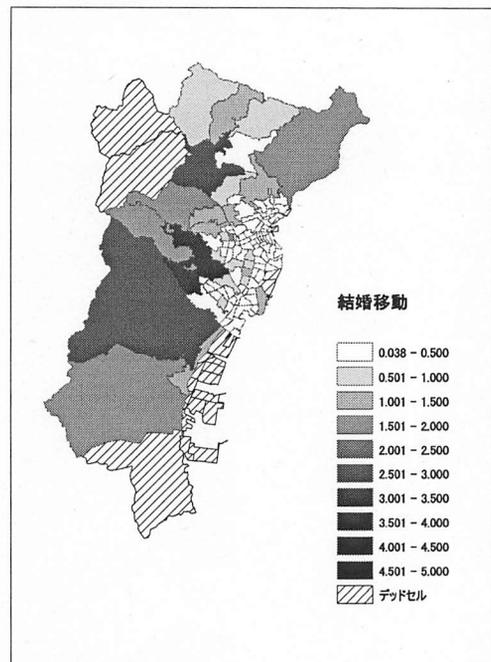


図4.1.19 評価値等級分類 (pn.1921 適用時)

表4.1.6

パラメータ	複合試行で用いるパラメータの値			
種別	番号			
年齢層 (歳)	35	15~19		
	36	25~29	35~39	
	37	15~19		
	38	25~29	35~39	
移動率(%)	39	0.5	0.7	0.9

4.1.3 複合試行

表4.1.7

近傍規則	パラメータ		代入する値				総評価値上位十傑										
	種別	番号					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
近接移動	年齢層 (歳)	1	0~4					0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4
		2	40~44	60~64				60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64
		3	0~4					0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4
	人口比	4	40~44	60~64				60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64
		5	0.5	0.6	0.7			0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5
		6	0.5	0.6	0.7			0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5
遠距離移動	年齢層 (歳)	7	20~24									20~24	20~24	20~24			
		8	60~64	100~								60~64	60~64	60~64			
		9	20~24									20~24	20~24	20~24			
	距離	10	60~64	100~								60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	
		11	4.0									4.0	4.0	4.0			
		12	4.5	5.0								5.0	5.0	5.0			
魅力移動	開発地区 開発期間 (年)	13	1	2								1	2	2			
		14	1	2								1	2	2			
		15	105									105	105	105	105	105	
	年齢層 (歳)	16	1975									1975	1975	1975	1975	1975	
		17	2000									1990	1990	1990	1990	1990	
		18	0~4									0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	
集中 距離	19	40~44									40~44	40~44	40~44	40~44	40~44		
	20	0~4									0~4	0~4	0~4	0~4	0~4		
	21	40~44									40~44	40~44	40~44	40~44	40~44		
家族移動	移動率 (%)	22	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	1.5	2.0	2.5	3.0	2.0	1.5	1.5	1.5	2.5	3.0
		23	1.7	1.9	2.1	2.3		1.7	1.9	1.9	2.1	1.9	1.7	1.7	1.7	2.1	2.1
		24	20~24														
	年齢層 (歳)	25	30~34	40~44	50~54												
		26	20~24														
		27	30~34	40~44	50~54												
移動率 (%)	28	40~44															
	29	50~54	60~64	70~74													
	30	0~4															
結婚移動	年齢層 (歳)	31	10~14	20~24	30~34												
		32	0.5	0.7	0.9												
		33	0.5	0.7	0.9												
	移動率 (%)	34	0.5	0.7	0.9												
		35	15~19									15~19			15~19	15~19	
		36	25~29	35~39								25~29			25~29	25~29	
移動率 (%)	37	15~19									15~19			15~19	15~19		
	38	25~29	35~39								25~29			25~29	25~29		
	39	0.5	0.7	0.9							0.5			0.5	0.5		
パターン番号						19,487	19,492	19,496	19,501	19,717	33,627	33,707	33,787	19,747	19,771		
総評価値						2,566	2,567	2,567	2,567	2,567	2,567	2,567	2,567	2,568	2,568		

単独試行の結果の評価によりそれぞれの移動規則が持つパラメータの挙動性や発現強度、有効なパラメータ範囲を探ることができた。次に、各移動規則の有効なパラメータ範囲における離散的な値に対するすべての組み合わせで試行を行う。組み合わせのパターン数は133,663通りである。

各パラメータに代入する値の一覧と結果から得られた総評価値の良いパラメータの上位十傑を表4.1.7に示す。評価の最も良いパラメータのパターン(最良解)が一つ得られた。また、移動規則の組み合わせをみると近接移動、魅力移動は上位10通りの中に全て含まれているのに対し、家族移動は一つも含まれない。遠距離移動においても遠距離移動のパラメータ以外は最良解のパラメータと一致していて、遠距離移動のパラメータが評価に良い影響を与えていないことが分かる。

図4.1.20に最良解における評価値の推移を示す。近接移動や魅力移動の評価よりも複合試行の評価がさらに良く、1995年をピークにして2000年には低下していることが分かる。

図4.1.21は最良解におけるセルの評価値を地図上のセル領域に関連付け、数値分類によって等級別に表示したものである。セル番号105、106、107等の評価値が低下している。

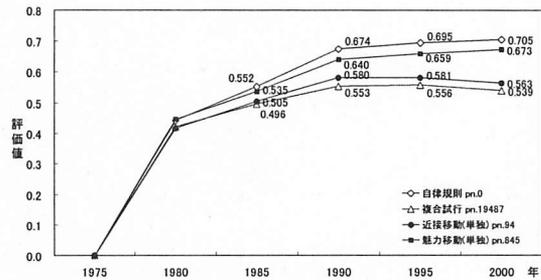


図4.1.20 時系列評価値推移 (複合試行pn.19487適用時)

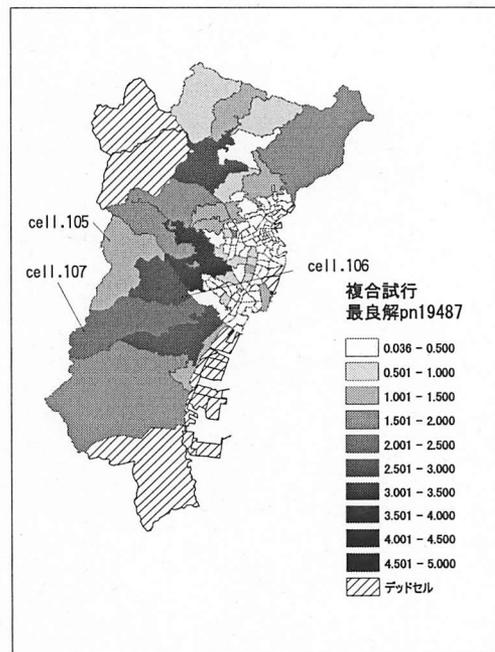


図4.1.21 評価値等級分類 (複合試行pn.19487適用時)

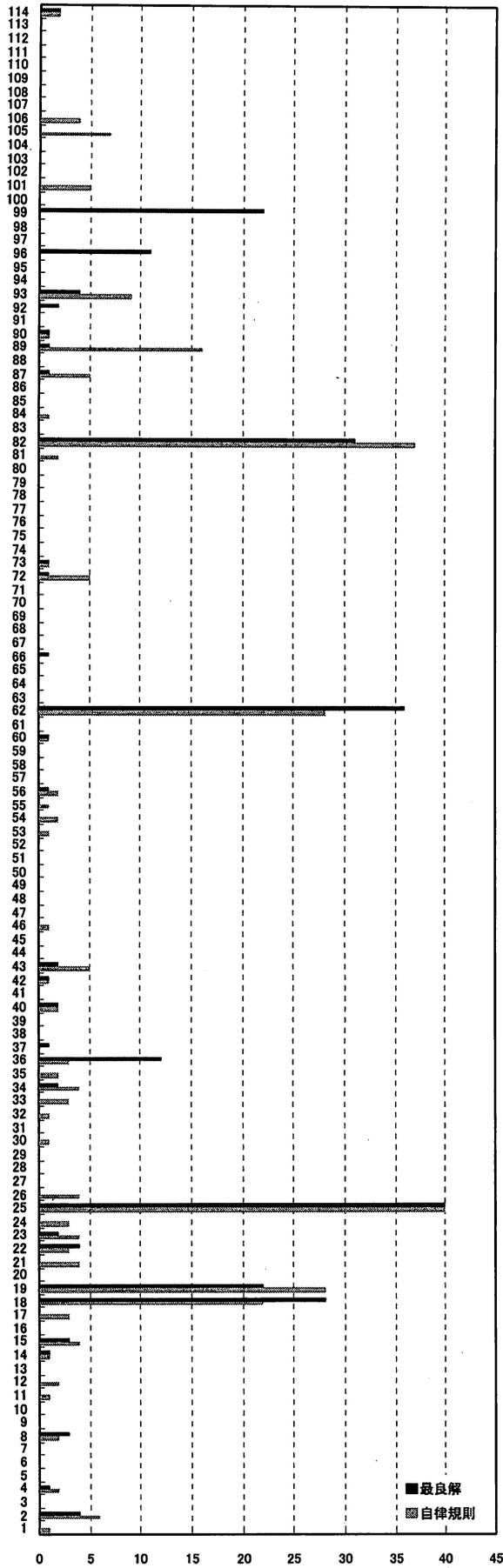


図 4.1.22 2000年のペナルティ数
(複合試行 pn.19487 適用時)

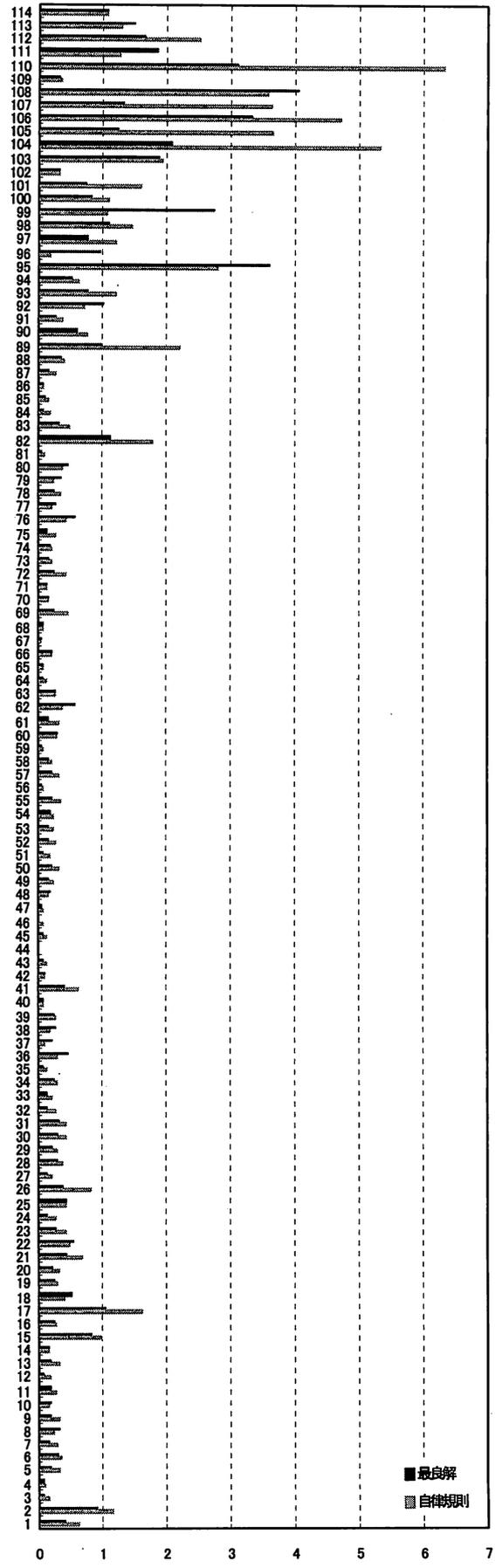


図 4.1.23 2000年のセル評価値
(複合試行 pn.19487 適用時)

4.2 長崎市モデルA (224セル)

4.2.1 自律規則(自然動態)

解析対象セル224セルで、自律規則(自然動態)のみでシミュレーションした場合のセルの評価を行う。

自律規則適用時の評価値の時系列推移を図4.2.1に示す。自律規則のみでは224セルの人口変動は再現できないことから、シミュレーション年が進むにつれて、実データとの一致度を表す評価が悪くなっている。また、鹿児島市での自律規則の試行と比べても評価が悪くなっていることを確認した。

図4.2.2は各セルの評価値を地図上のセル領域に関連づけ、数値分類によって等級別に表示したものである。評価は長崎市中心部の面積の小さいセルと比べ面積の大きい山間部のセルで悪くなっている。特にセル番号1、4、70で極端に悪くなっている。これらは、多くの町丁字を統合して構成したセルという共通点を持っている。長崎市では、セル番号2、37、107などの多くの地区で、シミュレート開始年度1975年から2000年に至るまでに開発事業が行われた。それらを含むセルは、実データと結果(推計人口)に大きな誤差が生じており、評価が悪くなっている。原因としては、ある一定の期間に人口密度の低い山間部で住宅開発が行われ、一度に大量の人口が流入したためと考えられる。

全114セルの平均評価値0.750という結果となった。鹿児島市モデルBの場合と比較して、評価値平均は良くなっている。

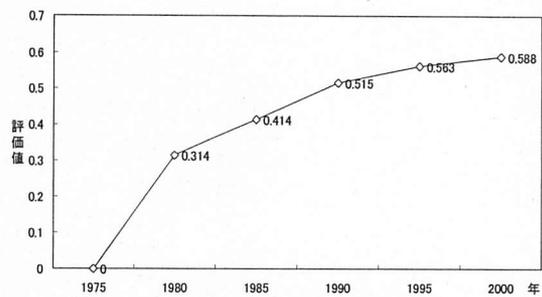


図4.2.1 時系列評価値推移(自律規則のみ適用時)

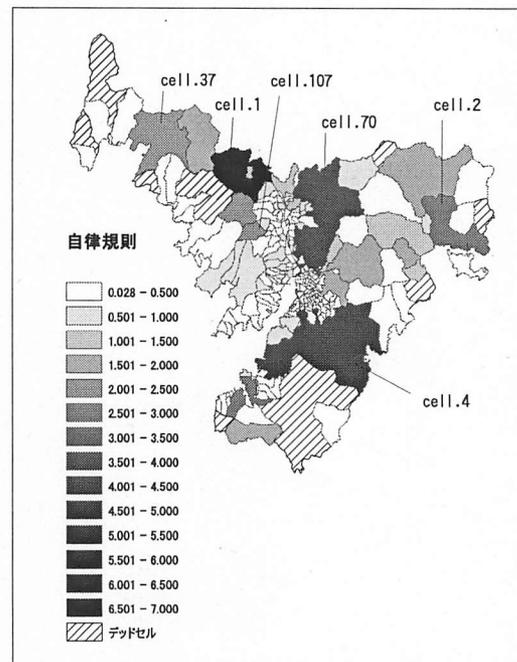


図4.2.2 評価値等級分類(自律規則のみ適用時)

4.2.2 単独試行

4.2.2.1 一次移動

■近接移動

近接移動の単独試行を実行するにあたり、移動させる男女の年齢幅を変え34通り、人口比パラメータを5種類用意し、合計170通り(pn.1~pn.170)のパラメータパターンを試行する。ここでは年齢幅と人口比パラメータの範囲を変えて2回の試行を行った(p41 図3.5.2)。

図4.2.3に2次試行の近接移動全パラメータパターンにおける総評価値の動向を示す。2次試行で、0.5を中心に±1.5の間に絞込みパラメータを0.05ずつ変動させた結果、人口比パラメータ0.45、年齢層[0~60歳]で最も評価がよくなった。人口比パラメータが0.6以上で試行した場合は、極端に評価が悪くなっている。全パラメータパターンのうち評価値の良いパラメータパターンを1つ抽出し、その時系列の評価値を図4.2.4に示す。1985年までは、ほぼ自律規則と近似しているが、1985年以降は自律規則と比べて徐々に評価が良くなっていることがわかる。

図4.2.5は、近接移動の単独試行のうち、最も評価がよいパラメータの組み合わせ(pn.19)を適用した場合における各セルの評価値を地図上のセル領域に関連づけ、数値分類によって等級別に表示したものである。ただし、評価値はステップ5(2000年)の値を用いている。図4.2.5より、セル206、セル12の評価値が近接移動の効果により良くなっている。全セルの評価値の平均値は、自律規則のみ適用時が0.479であるのに対して0.449となり、全体的に評価が良くなっていることより、近接移動適用によって、人口変動の再現性が高まっているといえる。

以上の結果より、随伴移動の単独試行に併用するパラメータおよび、複合試行で用いるパラメータの値を表4.2.1に示す。

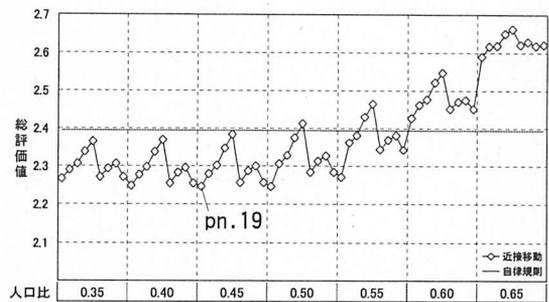


図4.2.3 近接移動(単独2次試行)の総評価値

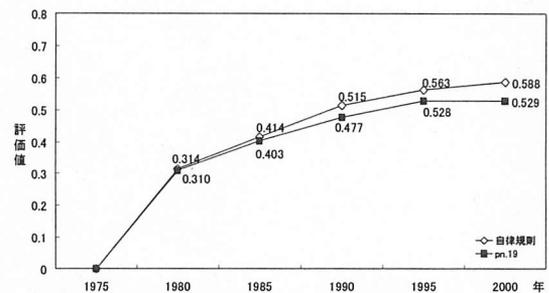


図4.2.4 時系列評価値推移(pn.19適用時)

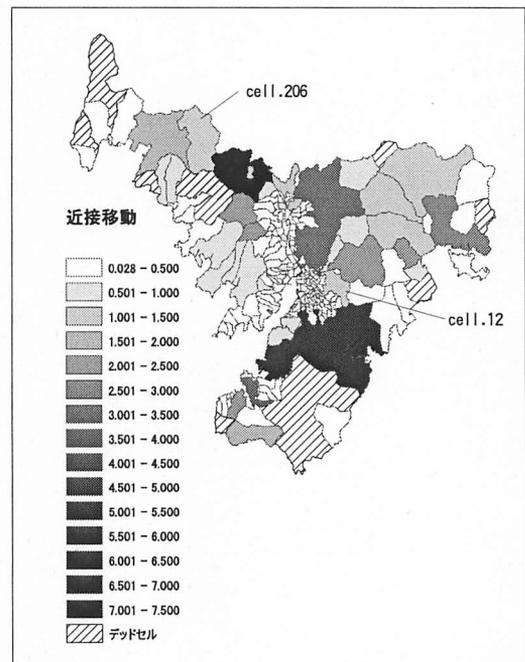


図4.2.5 評価値等級分類(pn.19適用時)

表4.2.1

パラメータ 種別	番号	随伴移動と併用するパラメータ				複合試行で用いるパラメータの値		
		pn.10	pn.15	pn.19	pn.28			
年齢層 (歳)	1	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4		
	2	60~64	80~84	60~64	70~74	40~44	60~64	
	3	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4		
	4	60~64	80~84	60~64	70~74	40~44	60~64	
人口比	5	0.40	0.40	0.45	0.50	0.3	0.4	0.5
	6	0.40	0.40	0.45	0.50	0.3	0.4	0.5

■ 遠距離移動

遠距離移動を試行するにあたり、男女の移動年齢幅の組み合わせを19通り、集中セルの組み合わせを6通り、距離パラメータと人口比パラメータの組み合わせを4通り用意し、 $19 \times 6 \times 4$ の合計456通り(pn.171~pn.626)を試行する(p41 図3.5.2)。さらに、集中セル・距離パラメータ・人口比パラメータの組み合わせを変えて2次試行まで行った。

図4.2.6に2次試行(最終試行)の総評価値の動向を示す。図は、年齢層パラメータを最も評価が良くなる傾向にある値に限定し、グラフ化したものである。図4.2.6より、遠距離移動の効果はあまり見られず、自律規則適用時評価値2.394より評価が悪くなるか、もしくは同じ値になっている。

2回の試行を通して、人口比パラメータ0.8、距離パラメータ0.2~0.4あたりで極わずかに評価がよくなる傾向を確認した。この場合、密度・距離(集中セル)パラメータは、10と1の組合せが、年齢層は、[10~90歳]のときに評価が良くなるのが分かった。

遠距離移動2次試行、最も評価の良いパラメータパターン(pn287)適用時の時系列の評価値を図4.2.7、セル毎の評価値を地図上のセル領域に関連づけ、数値分類によって等級別に表示したものを図4.2.8に示す。また、各セルの評価値の平均0.479となり、自律規則と同じ値であった。いずれの図を見ても、自律規則のみ適用時(図4.2.1、4.2.2)とほとんど変わりがなく、鹿児島市と同様に長崎市モデルA(224セル)においても、遠距離移動は効果を表さないといえる。

以上の結果より、複合試行で用いるパラメータの値を表4.2.2に示す。評価の良くなる傾向がみられなかったことから、随伴移動の単独試行との併用は行わない。

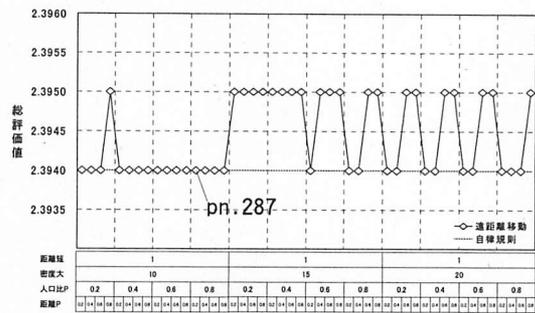


図4.2.6 遠距離移動(単独2次試行)の総評価値

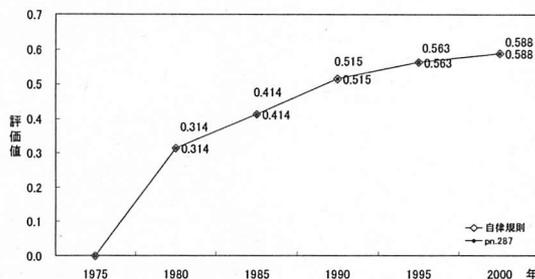


図4.2.7 時系列評価値推移(pn.287適用時)

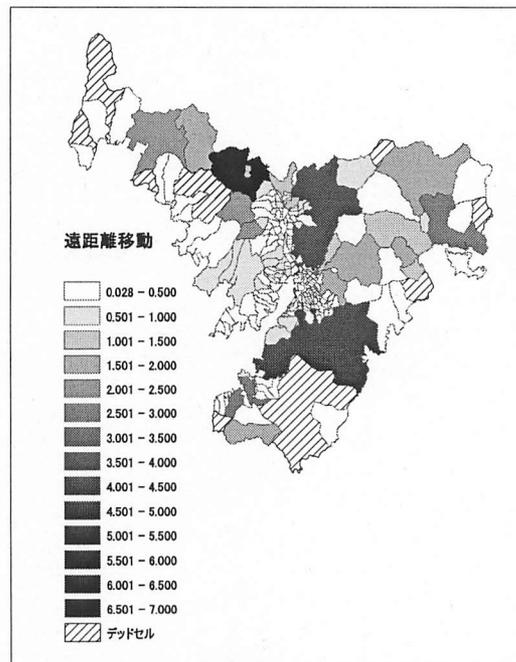


図4.2.8 評価値等級分類(pn.287適用時)

表4.2.2

パラメータ 種別	番号	随伴移動と併用するパラメータ	複合試行で用いるパラメータの値		
年齢層 (歳)	7		10~14		
	8		50~54	90~94	
	9		10~14		
	10		50~54	90~94	
距離	11		1.0	2.0	
人口比	12		10.0	11.0	12.0
密度順位	13				
距離順位	14		1		

■魅力移動

魅力移動を試行するにあたり、男女の移動年齢幅の組み合わせを19通り、集中パラメータと距離パラメータの組み合わせを30通り用意し、19×30の合計570通り(pn.627～pn.1196)を試行する。さらに、集中パラメータ・距離パラメータの組み合わせを変えて3次試行まで行った(p41 図3.5.2)。

1次試行では魅力移動の効果があまり見られなかったため、2次試行で距離パラメータを2、4、6に設定した。この結果、距離パラメータは2.0～4.0の時に、特に4.0の場合に評価値がよく、年齢層では[0～40歳]と[0～80歳]で顕著に良くなっている。距離パラメータは、集中パラメータとの組合せで評価値も大きく変化することが分かった。さらに3次試行では、年齢層を[0～40歳]と[0～80歳]のみとし、集中パラメータを1.0～10.0の0.5刻みとし、距離パラメータを1.0～4.5の0.25刻みで変化させた。図4.2.9に3次試行(最終試行)の総評価値の動向を示す。ただし、年齢層[0～40歳]、距離パラメータ3.0に限定している。3次試行では、集中パラメータが小さいときは距離パラメータも小さい値を組み合わせると評価がよくなり、逆に集中パラメータが大きいときは距離パラメータも大きい値を組み合わせると評価値が良くなることが確認された。

魅力移動3次試行、最も評価の良いパラメータパターン(pn825)適用時の時系列の評価値を図4.2.10に示す。図4.2.11より、1990年までは自律規則のみ適用時の総評価値と近似しているが、1990年以降は自律規則より評価が微妙に上がっている。これは、魅力移動が効果的に行われ魅力セルに人口が流入したためであり、自律規則のみでは再現できない人口の変動を魅力移動が補完したといえる。各セルの評価値を地図上のセル領域に関連づけ、数値分類によって等級別に表示したものを図4.2.11に示す。

以上の結果より、随伴移動の単独試行に併用するパラメータおよび、複合試行で用いるパラメータの値を表4.2.3に示す。

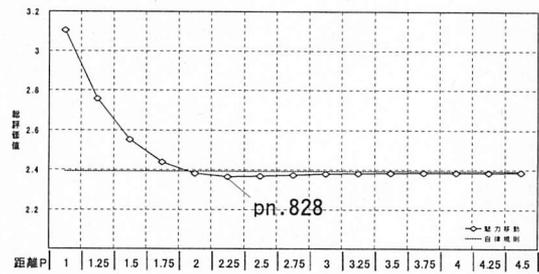


図4.2.9 魅力移動(単独3次試行)の総評価値

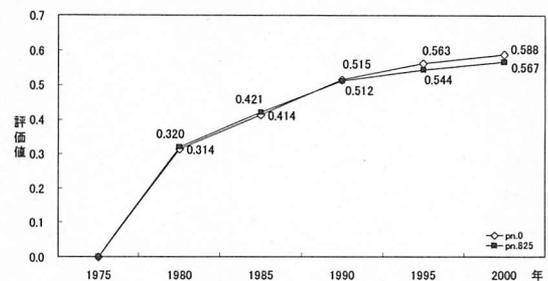


図4.2.10 時系列評価値推移(pn.825適用時)

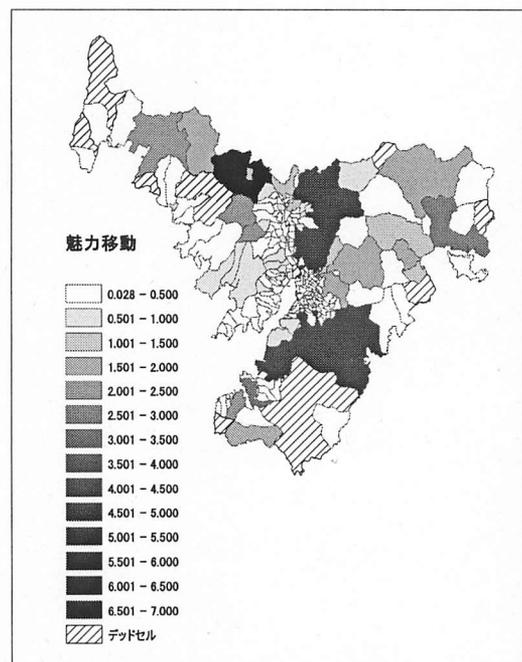


図4.2.11 評価値等級分類(pn.825適用時)

表4.2.3

パラメータ 種別	番号	随伴移動と併用するパラメータ				複合試行で用いるパラメータの値			
		pn.741	pn.783	pn.825	pn.866				
開発地区	15	2	2	2	2				
開発期間 (年)	16	1975	1975	1975	1975				
	17	1990	1990	1990	1990				
年齢層 (歳)	18	0~4	0~4	0~4	0~4				
	19	40~44	40~44	40~44	80~84				
	20	0~4	0~4	0~4	0~4				
	21	40~44	40~44	40~44	80~84				
集中	22	1.0	2.0	3.0	3.5	1.0	1.5	2.0	2.5
	23	1.8	2.0	2.3	2.5	2.1	2.2	2.3	2.4

4.2.2.2 随伴移動

併用する近接移動・魅力移動・遠距離のパラメータを表4.2.4に記す。

表4.2.4

近傍規則	パラメータ		随伴移動と併用するパラメータ			
	種別	番号	pn.10	pn.15	pn.19	pn.28
近接移動 2次試行	年齢層 (歳)	1	0~4	0~4	0~4	0~4
		2	60~64	80~84	60~64	70~74
		3	0~4	0~4	0~4	0~4
		4	60~64	80~84	60~64	70~74
	人口比	5	0.40	0.40	0.45	0.50
		6	0.40	0.40	0.45	0.50

近傍規則	パラメータ		随伴移動と併用するパラメータ			
	種別	番号	pn.741	pn.783	pn.825	pn.866
魅力移動 3次試行	開発地区	15	2	2	2	2
	開発期間 (年)	16	1975	1975	1975	1975
		17	1990	1990	1990	1990
		18	0~4	0~4	0~4	0~4
	年齢層 (歳)	19	40~44	40~44	40~44	80~84
		20	0~4	0~4	0~4	0~4
		21	40~44	40~44	40~44	80~84
		22	1.0	2.0	3.0	3.5
	集中 距離	23	1.8	2.0	2.3	2.5

■家族移動

家族移動の試行をするにあたり、移動年齢層の組み合わせを15通り、移動率パラメータの組み合わせを5通り、併用する近傍規則を各4通り、合計600通りを用いる(p41 図3.5.2)。

(1) 近接移動+家族移動

図4.2.12は、近接移動(pn.19)に随伴させた家族移動の総評価値を示したものである。近接移動を単独試行したときの評価値を基準としてみると、移動数パラメータが上がるにつれて評価値が悪くなっている。年齢層で比較すると、【夫・妻:[20~25歳], 親:[40~45歳], 子:[0~5歳]】、【夫・妻:[20~30歳], 親:[40~50歳], 子:[0~10歳]】、のように年齢層の幅を狭めて適用したほうが、評価が良くなっている。

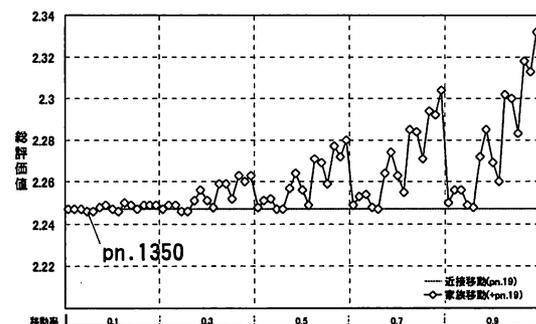


図4.2.12 家族移動(随伴1次試行)の総評価値(近接随伴)

(2) 魅力移動+家族移動

図4.2.13は、魅力移動(pn.741)に随伴させた家族移動の総評価値を示したものである。魅力移動を単独試行したときの評価値を基準としてみると、基準を下回らない組み合わせもあり、下回ったとしてもごくわずかであった。このように魅力移動との組み合わせによる家族移動の効果をここでは確認することができない。この傾向は、鹿児島市114セルの試行と同様で、一次移動において全体の移動量が少ない魅力移動との組み合わせでは、効果が総評価値に反映されにくいと考えられる。

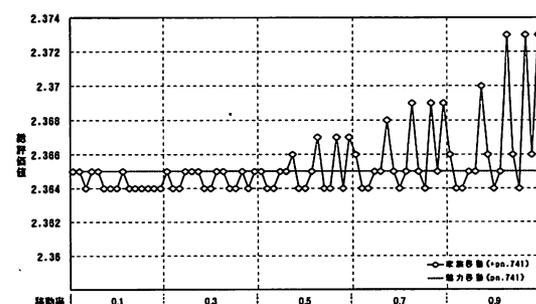


図4.2.13 家族移動(随伴1次試行)の総評価値(魅力随伴)

最も評価の良いパラメータパターン(pn1350)適用時の時系列の評価値を図4.2.14に示す。pn1350は、近接移動 pn.19 に連動させたものである。

併用した近接移動を単独試行したときの評価値とほとんど変わりがなく、近似している。各セルの評価値の平均は0.449となった。これは、近接移動単独試行と同じ結果である。

家族移動は、随伴する形で移動するため、近接移動では再現しきれない箇所を補う役目を持っている。ここで組み合わせた近接移動のパラメータはいずれも評価値の高いものを選択しており、近接移動においてある程度まで人口変動を再現していると考えられる。これが近接移動の評価値と比べても大きく評価がよくなることのない理由だと思われる。

以上の結果より、複合試行で用いるパラメータの値を表4.2.5に示す。

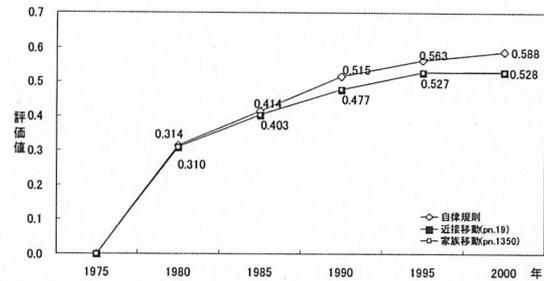


図4.2.14 時系列評価値推移 (pn.1350, pn.19 適用時)

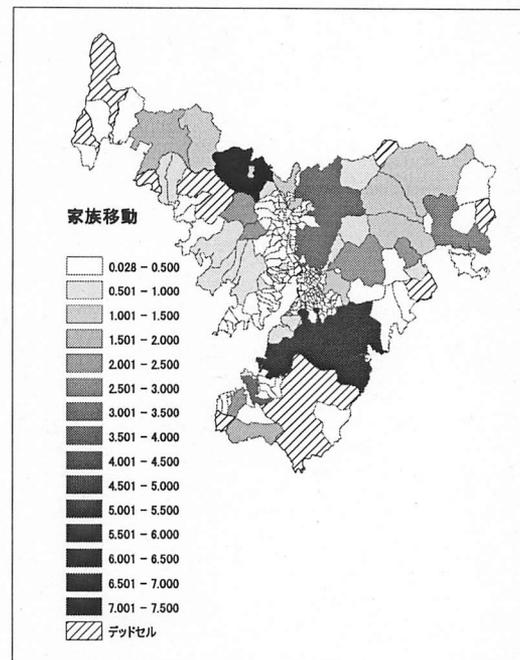


図4.2.15 評価値等級分類 (pn.1350 適用時)

表4.2.5

パラメータ 種別	番号	複合試行で用いるパラメータの値			
年齢層 (歳)	24	20~24			
	25	20~24	30~34	40~44	
	26	20~24			
	27	20~24	30~34	40~44	
	28	40~44			
	29	40~44	50~54	60~64	
	30	0~4			
	31	0~4	10~14	20~24	
移動率 (%)	32	0.1	0.1	0.2	
	33	0.1	0.1	0.2	
	34	0.1	0.1	0.2	

■結婚移動

結婚移動を試行するにあたり、移動年齢層の組み合わせを10通り、移動率パラメータの組み合わせを5通り、併用する近傍規則を各4通り、合計400通り(pn.1797～pn.2196)を用いる(p41図3.5.2)。

(1) 近接移動+結婚移動

図4.2.16は、近接移動(pn.19)に随伴させた結婚移動の総評価値を示したものである。近接移動を単独試行したときの評価値を基準としてみると、集中パラメータが上がるにつれて評価値が悪くなっており、家族移動と同じような傾向を示している。

年齢層で比較すると、[35～45歳]を対象としたときに、近接移動を単独で試行したときの評価より良くなっている。

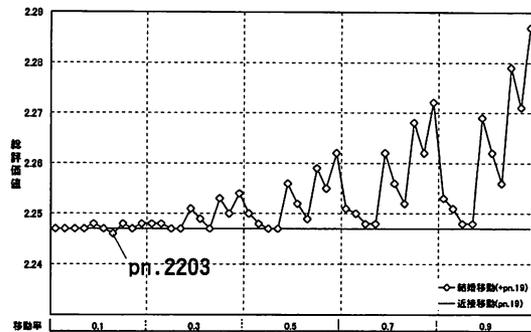


図4.2.16 結婚移動(随伴1次試行)の総評価値(近接随伴)

(2) 魅力移動+結婚移動

図4.2.17に魅力移動(pn.741)に随伴させた結婚移動の総評価値を示す。併用した各魅力移動を単独で試行した場合の評価値を基準としてみると、ほんのわずかに下回っただけで、魅力移動との組み合わせによる家族移動の効果をここでは確認することができなかった。

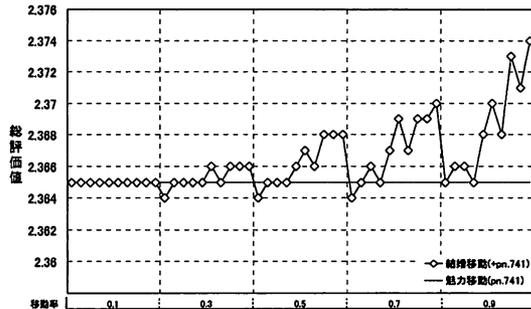


図4.2.17 結婚移動(随伴1次試行)の総評価値(魅力随伴)

最も評価の良いパラメータパターン(pn.2203)適用時の時系列の評価値を図4.2.18に示す。pn.2203は、近接移動pn.19に連動させたものである。家族移動のときと同様、併用した近接移動を単独試行したときの評価値とほとんど変わらない。各セルの評価値は平均0.449で、近接移動適用時とほぼ等しい結果である。

以上の結果より、複合試行で用いるパラメータの値を表4.2.6に示す。

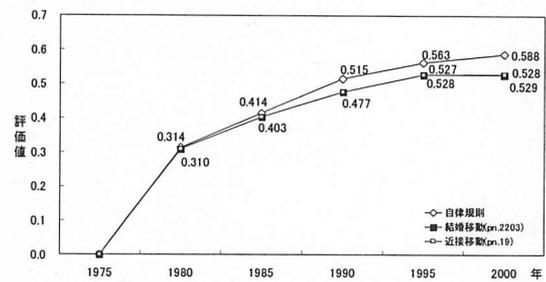


図4.2.18 時系列評価値推移 (pn.2203, pn.19適用時)

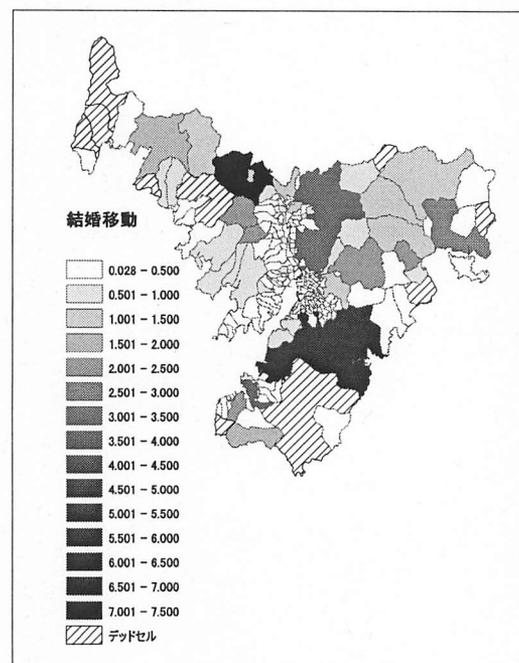


図4.2.19 評価値等級分類 (pn.2203適用時)

表4.2.6

パラメータ		複合試行で用いるパラメータの値			
種別	番号	35~39	25~29		
年齢層 (歳)	35	35~39	25~29		
	36	45~49			
	37	35~39	25~29		
	38	45~49			
移動率(%)	39	0.3	0.4	0.5	

4.2.3 複合試行

表4.2.7

近傍規則 種別	パラメータ 番号		代入する値				総評価値上位十傑														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
近接移動	年齢層 (歳)	1	0~4				0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	
		2	40~44	60~64				60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64
		3	0~4					0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	
	人口比	4	40~44	60~64				60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64
		5	0.3	0.4	0.5			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
		6	0.3	0.4	0.5			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
遠距離移動	年齢層 (歳)	7	10~14				10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	
		8	50~54	90~94				90~94	90~94	90~94	90~94	50~54	50~54	90~94	90~94	90~94	90~94	90~94	90~94	90~94	90~94
		9	10~14					10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14
	距離	10	50~54	90~94				90~94	90~94	90~94	90~94	50~54	50~54	90~94	90~94	90~94	90~94	90~94	90~94	90~94	90~94
		11	1.0	2.0				1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
		12	10.0	12.0	12.0			12.0	11.0	12.0	12.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
魅力移動	開発地区 期間(年)	13	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		14	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		15	2					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	年齢層 (歳)	16	1975					1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975
		17	1990					1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
		18	0~4					0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4
集中	19	40~44					40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	
	20	0~4					0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	
	21	40~44					40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	
家族移動	距離	22	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	2.0	2.5	2.5	3.0	2.5	3.0	2.5	3.0	2.5	3.0	2.5	3.0	2.5	
		23	2.1	2.2	2.3	2.4		2.1	2.2	2.2	2.2	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	
		24	20~24					20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24
	年齢層 (歳)	25	20~24	30~34	40~44			20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24
		26	20~24					20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24
		27	20~24	30~34	40~44			20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24
移動率 (%)	28	40~44					40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	
	29	40~44	50~54	60~64			40~44	40~44	40~44	40~44	50~54	50~54	50~54	50~54	50~54	50~54	50~54	50~54	50~54		
	30	0~4					0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	
結婚移動	年齢層 (歳)	31	0~4	10~14	20~24			0~4				10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	10~14	
		32	0.1	0.1	0.2			0.2				0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
		33	0.1	0.1	0.2			0.2				0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
	移動率(%)	34	0.1	0.1	0.2			0.2				0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
		35	35~39	25~29				35~39	35~39	35~39	35~39										
		36	45~49					45~49	45~49	45~49	45~49										
37	35~39	25~29				35~39	35~39	35~39	35~39												
38	45~49					45~49	45~49	45~49	45~49												
39	0.3	0.4	0.5			0.3	0.4	0.4	0.3												
パターン番号						104,647	39,273	39,753	39,757	49,457	49,511	49,637	49,691	49,997	50,177						
総評価値						2,216	2,217	2,217	2,217	2,217	2,217	2,217	2,217	2,217	2,217	2,217					

単独試行の結果の評価により、それぞれの移動規則が持つパラメータの挙動性や発現強度、有効なパラメータ範囲を探ることができた。次に、各移動規則の有効なパラメータ範囲における離散的な値に対するすべての組み合わせで試行を行う。組み合わせのパターン数は133,663通りである。

各パラメータに代入する値の一覧と結果から得られた総評価値の良いパラメータの上位十傑を表4.2.7に示す。ただし、11番目以降も10番目の評価値と同じ値であるが、数が膨大であるのでここでは省略する。表の最も良いパラメータのパターン(最良解)は一つで、5つの移動規則が全て含まれている。また、移動規則の組み合わせをみると近接移動、魅力移動、遠距離移動が上位10通りの中に全て含まれている。その中でも、近接移動は上位10通りのパラメータが全て同じである。これは、5つの移動規則で近接移動が人口移動を最も強く支配していることを表している。

図4.2.20に最良解における評価値の推移を示す。複合試行の評価値が近接移動や魅力移動の評価値を下回っており、評価値の上昇の程度も緩やかになっている。

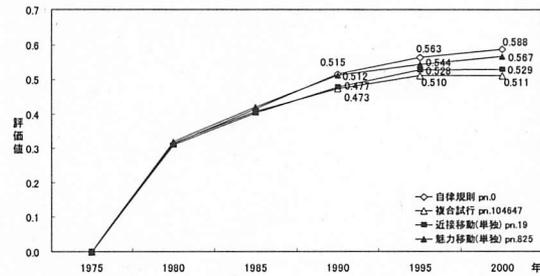


図4.2.20 時系列評価値推移 (複合試行pn.104647適用時)

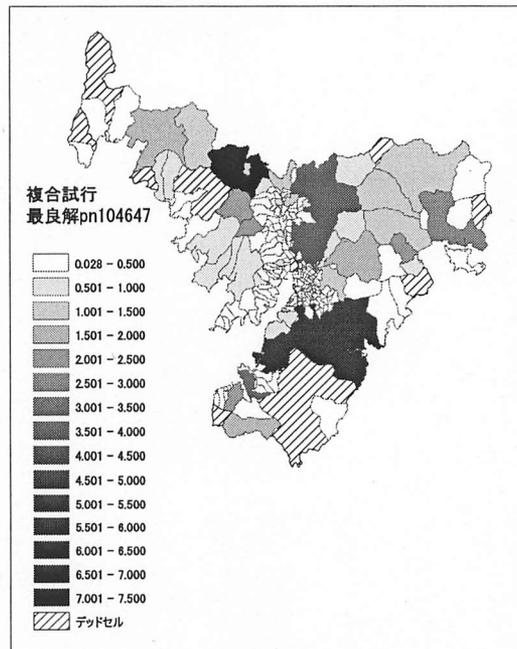


図4.2.21 評価値等級分類 (複合試行pn.104647適用時)

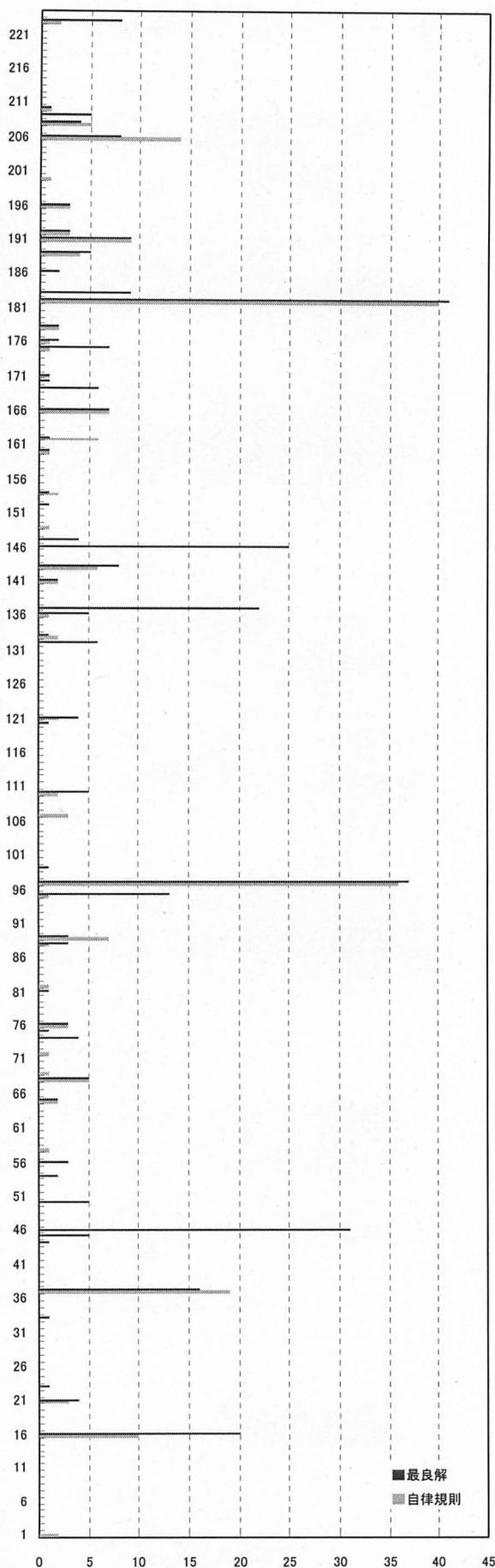


図4.2.22 2000年のペナルティ数
(複合試行pn.104647適用時)

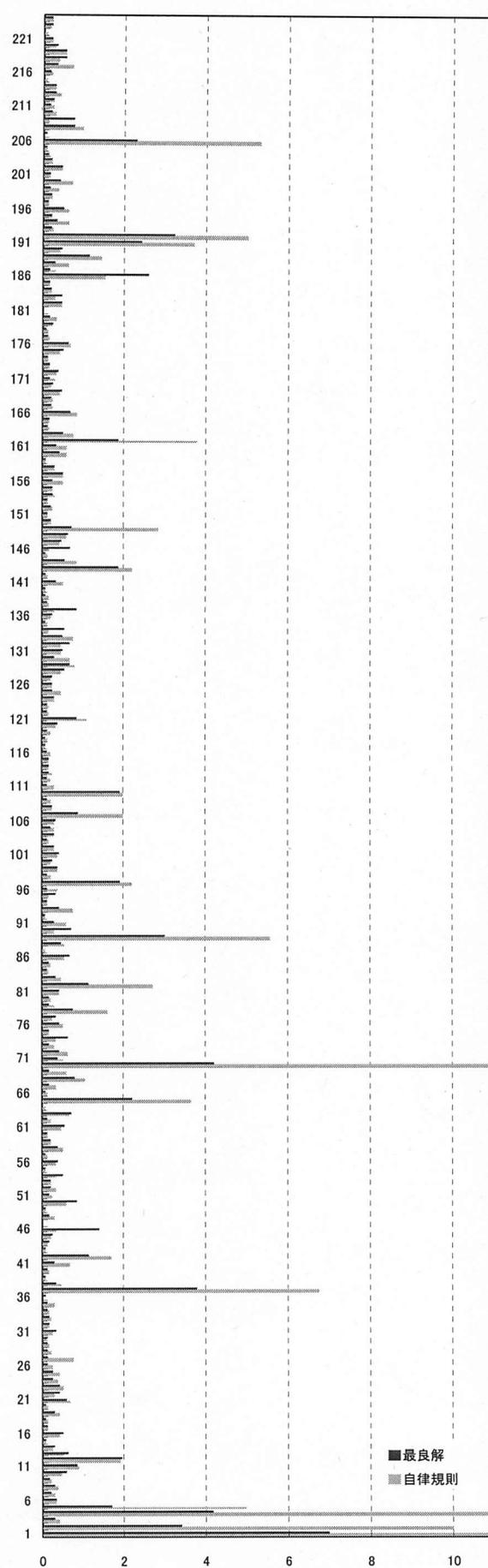


図4.2.23 2000年のセル評価値
(複合試行pn.104647適用時)

第5章 モデルB

5.1 鹿児島市モデルB (38セル)

5.1.1 自律規則(自然動態)

解析対象セル38セルで、自律規則(自然動態)のみでシミュレーションを実行した場合のセルおよびステップ毎の評価を行う。

自律規則適用時の評価値の時系列推移を図5.1.1に示す。モデルAにおいても、自律規則のみでは人口変動は再現できないことからシミュレート年が進むにつれて、実データとの一致度を表す評価が悪くなっている。

図5.1.2は、セルの評価値を地図上のセル領域に関連付け、数値分類によって等級別に表示したものである。ただし、評価値はステップ5(2000年)の値を用いている。

鹿児島市中心部の面積の小さいセルと比べ、セル番号20のように面積が大きく周辺部に位置するセルで評価が悪くなっている。これらは、多くの町丁字を統合して構成したセルか、シミュレート開始年度1975年から2000年に至るまでに開発事業が行われた地域を含むセルである。

全38セルの平均評価値0.537となり、鹿児島市モデルA(114セル)と比較して、評価値平均は低下し評価が良くなる結果となっている。このことから、町丁字を基本とするセルモデルより、複数の町丁字で構成したモデルBにおけるシミュレーションのほうが、人口変動の再現性が高いといえる。

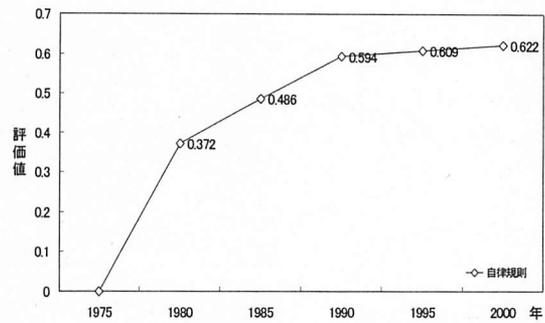


図5.1.1 時系列評価値推移 (自律規則のみ適用時)

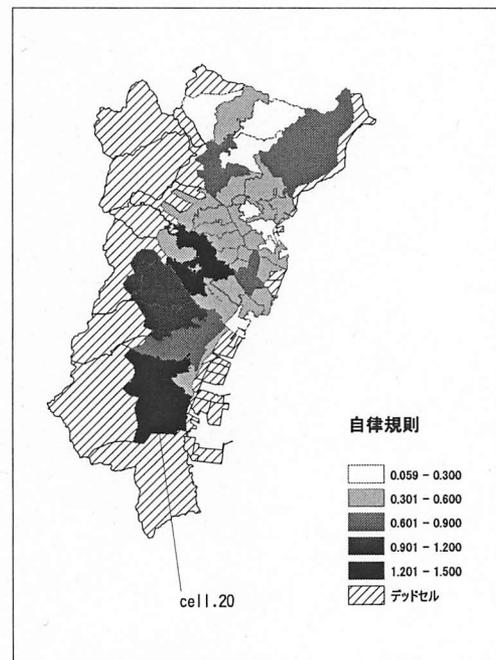


図5.1.2 評価値等級分類 (自律規則のみ適用時)

5.1.2 単独試行

5.1.2.1 一次移動

■近接移動

近接移動の単独試行を実行するにあたり、移動させる男女の年齢層を変え34通り、人口比パラメータを5種類用意し、合計170通り(pn.1~pn.170)のパラメータパターンを試行する(p41 図3.5.2)。

図5.1.3に近接移動全パラメータパターンにおける総評価値の動向を示す。図より、人口比パラメータ0.7付近で評価値がよくなり、年齢層[0~60歳]での試行がもっとも良い評価となっている。一方、人口比パラメータ0.9で試行した場合は極端に評価が悪くなっている。

最も評価の良い組み合わせ(pn128)の時系列の評価値を図5.1.4に示す。1980年以降、ルールの効果によりは自律規則と比べて徐々に評価が良くなり、1990年以降は評価が徐々に良くなっている。

図5.1.5は、各セルの評価値を地図上のセル領域に関連づけ、数値分類によって等級別に表示したものである。図より、自律規則のみ適用時に評価が悪かったセル20、22等の周辺部に位置するセルが近接移動によって評価を良くしていることがわかる。全セルの評価値の平均値は0.468となり、自律規則のみ適用時0.537に対して全体的に評価が良くなっている。

モデルA同様、近接移動適用により評価値は良くなり、人口変動の再現性は高まった。モデルBにおいても、鹿児島市の人口の分散化傾向をある程度捉えることが出来たといえる。

以上の結果より、随伴移動の単独試行に併用するパラメータおよび、複合試行で用いるパラメータの値を表5.1.1に示す。

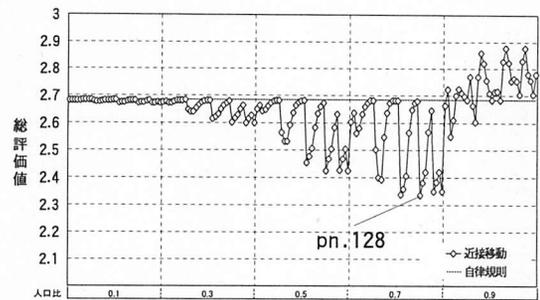


図5.1.3 近接移動(単独1次試行)の総評価値

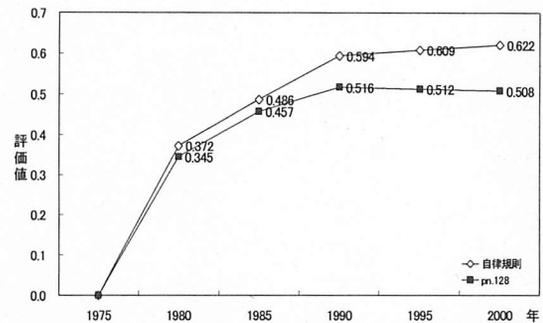


図5.1.4 時系列評価値推移(pn.128適用時)

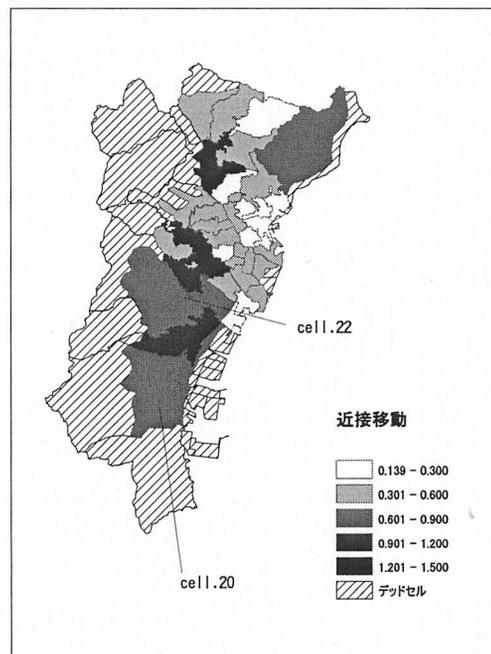


図5.1.5 評価値等級分類(pn.128適用時)

表5.1.1

パラメータ 種別	番号	随伴移動と併用するパラメータ				複合試行で用いるパラメータの値		
		pn.114	pn.121	pn.128	pn.133			
年齢層 (歳)	1	20~24	0~4	0~4	0~4			
	2	40~44	40~44	60~64	80~84	40~44	60~64	
	3	20~24	0~4	0~4	0~4			
	4	40~44	40~44	60~64	80~84	40~44	60~64	
人口比	5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.8
	6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.8

■ 遠距離移動

遠距離移動を試行するにあたり、男女の移動年齢層の組み合わせを19通り、集中セルの組み合わせを6通り、距離パラメータと人口比パラメータの組み合わせを4通り用意し、 $19 \times 6 \times 4$ の合計456通り(pn.171~pn.626)を試行する(p41 図3.5.2)。さらに、集中セル・距離パラメータ・人口比パラメータの組み合わせを変えて3次試行まで行った。

図5.1.6に2次試行の総評価値の動向を示す。図は、年齢層パラメータを最も評価が良くなる傾向にある値に限定し、グラフ化したものである。全パラメータパターンで遠距離移動の効果は見られず、自律規則適用時評価値2.683と等しいか悪くなっている。

遠距離移動2次試行、最も評価の良いパラメータパターン(pn421)適用時の時系列の評価値を図5.1.14に示す。自律規則(自然動態)のみ適用時と近似している。各セルの評価値をみても自律規則のみ適用時と等しいことが確認されたため、鹿児島市38セルにおいても、遠距離移動は効果を表さないこといえる。

以上の結果より、複合試行で用いるパラメータの値を表5.1.2に示す。評価の良くなる傾向がみられなかったことから、随伴移動の単独試行との併用は行わない。

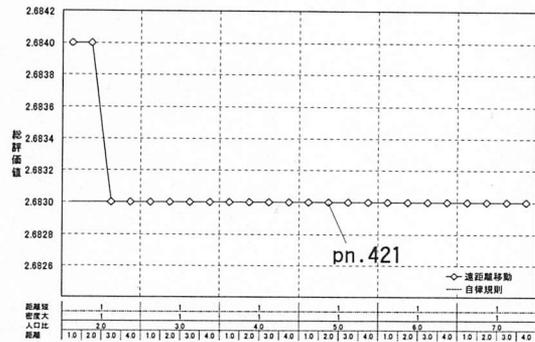


図5.1.6 遠距離移動(単独2次試行)の総評価値

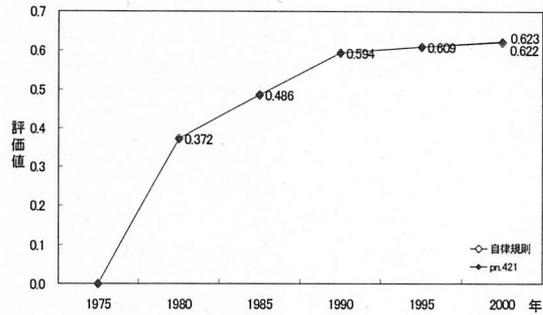


図5.1.7 時系列評価値推移(pn. 421)

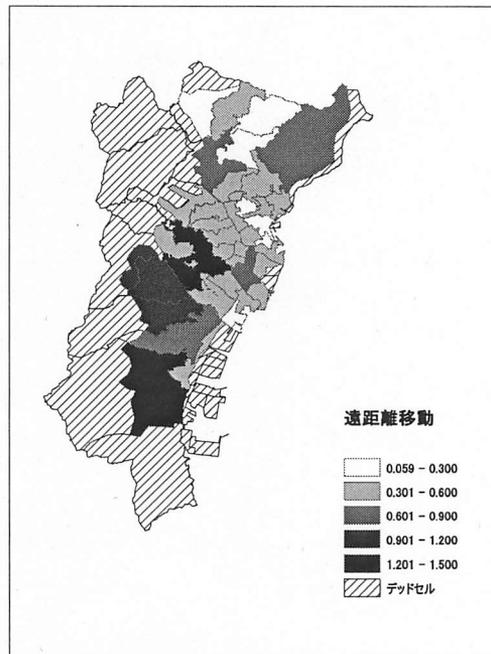


図5.1.8 評価値等級分類(pn. 421 適用時)

表5.1.2

パラメータ	随伴移動と併用するパラメータ	複合試行で用いるパラメータの値
種別	番号	
年齢層	7	30~34
	8	30~34 70~74
	9	30~34
	10	30~34 70~74
距離	11	1.0 2.0
人口比	12	4.0 5.0 6.0
密度順位	13	1
距離順位	14	1

■魅力移動

遠距離移動を試行するにあたり、男女の移動年齢層の組み合わせを19通り、集中パラメータと距離パラメータの組み合わせを30通り用意し、19×30の合計570通り (pn.627~pn.1196)を試行する (p41 図3.5.2)。

図5.1.9に1次試行(最終試行)の魅力移動における総評価値の動向を示す。図は、年齢層パラメータを最も評価が良くなる傾向にある値に限定し、グラフ化したものである。図より、距離パラメータが低い場合は集中パラメータも低い値を組み合わせると評価が良く、逆に集中パラメータが高い場合は距離パラメータも高い値を組み合わせると評価が良くなっている。年齢層で見ると[0~40歳]で試行した場合に評価が良くなっている。

魅力移動1次試行、最も評価の良いパラメータパターン (pn636) 適用時の時系列の評価値を図5.1.20に示す。1980年までは自律規則と近似しているが、それ以降ルールの効果により、評価値が良くなっている。

各セルの評価値を地図上のセル領域に関連づけ、数値分類によって等級別に表示したものを図5.1.11に示す。魅力セルとして設定したセル (cell.36)は、自律規則のみ適用時の評価値1.099であったのに対して魅力移動の効果により0.473となり評価が大幅に良くなっている。

自律規則適用時の評価値0.537に対して、評価値0.515となり、よい評価が得られた。開発事業が行われた地域への人口集中をある程度再現できたといえる。

以上の結果より、随伴移動の単独試行に併用するパラメータおよび、複合試行で用いるパラメータの値を表5.1.3に示す。

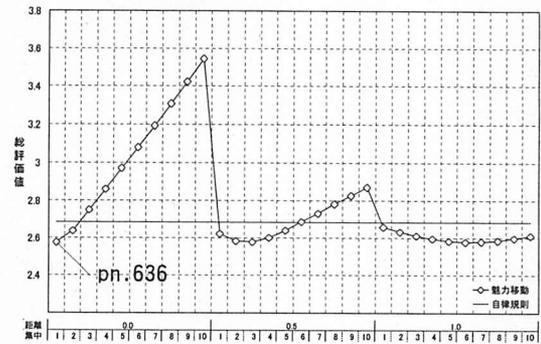


図5.1.9 魅力移動(単独1次試行)の総評価値

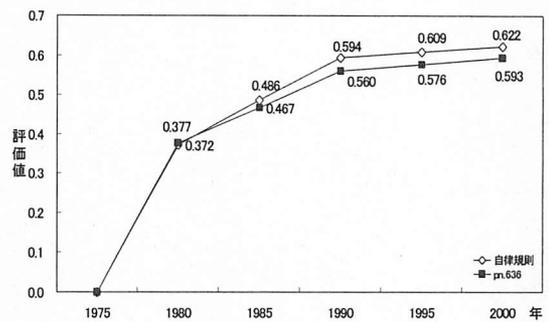


図5.1.10 時系列評価値推移 (pn.636)

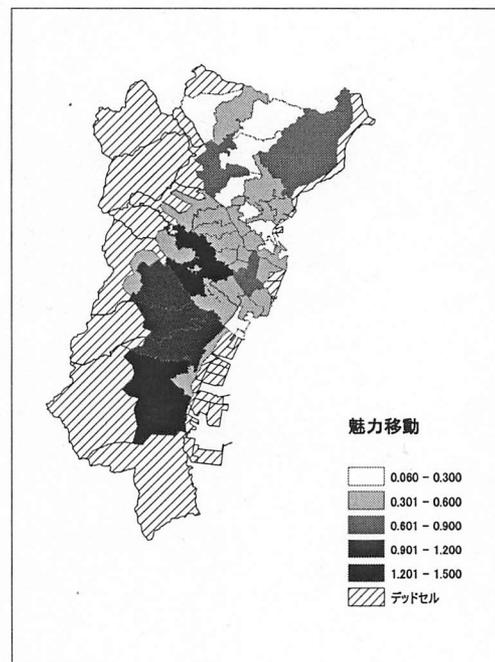


図5.1.11 評価値等級分類 (pn.636 適用時)

表5.1.3

パラメータ 種別	番号	随伴移動と併用するパラメータ			複合試行で用いるパラメータの値				
		pn.636	pn.864	pn.1111	36	1675	1990	0~4	40~44
開発地区	15	36	36	36	36				
開発期間 (年)	16	1675	1675	1675	1975				
	17	1990	1990	1990	1990				
	18	0~4	0~4	0~4	0~4				
年齢層 (歳)	19	40~44	40~44	40~44	40~44				
	20	0~4	0~4	0~4	0~4				
	21	40~44	40~44	40~44	40~44				
集中	22	1.0	3.0	6.0	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0
距離	23	0.0	0.5	1.0	0.0	0.5	1.0	1.5	

5.1.2.2 随伴移動

併用する近接移動・魅力移動・遠距離のパラメータを表5.1.4に記す。

表5.1.4

近傍規則	パラメータ		随伴移動と併用するパラメータ			
	種別	番号	pn.114	pn.121	pn.128	pn.133
近接移動 1次試行	年齢層 (歳)	1	20~24	0~4	0~4	0~4
		2	40~44	40~44	60~64	80~84
		3	20~24	0~4	0~4	0~4
		4	40~44	40~44	60~64	80~84
	人口比	5	0.7	0.7	0.7	0.7
		6	0.7	0.7	0.7	0.7

近傍規則	パラメータ		随伴移動と併用するパラメータ		
	種別	番号	pn.636	pn.864	pn.1111
魅力移動 1次試行	開発地区	15	36	36	36
	開発期間 (年)	16	1675	1675	1675
		17	1990	1990	1990
		18	0~4	0~4	0~4
	年齢層 (歳)	19	40~44	40~44	40~44
		20	0~4	0~4	0~4
		21	40~44	40~44	40~44
	集中	22	1.0	3.0	6.0
	距離	23	0.0	0.5	1.0

■家族移動

家族移動の試行するにあたり、移動年齢層の組み合わせを15通り、移動率パラメータの組み合わせを5通り、併用する近傍規則を7通り、合計525通り(pn.1197~pn.1721)を用いる(p41 図3.5.2)。

(1) 近接移動+家族移動

図5.1.12は、近接移動(pn.121)に随伴させた家族移動の総評価値を示したものである。近接移動を単独試行したときの評価値を基準としてみると、移動数パラメータが上がるにつれて評価値が悪くなっている。

近接移動pn.114、pn.121との併用においては、それぞれの近接移動を単独で試行したときの評価値より良くなる傾向を示したが、pn.128、pn.133との併用では、近接単独の評価と等しいか、または悪くなる傾向を示した。

年齢層で比較すると、年齢層の幅が狭い方が評価がよくなっている。

(2) 魅力移動+家族移動

図5.1.14は、魅力移動(pn.636)に随伴させた家族移動の総評価値を示したものである。

魅力移動を単独試行したときの評価値を基準としてみると、魅力移動pn.636、pn.1111との組み合わせにおいては、魅力移動単独時試行のときより値がよくなっている。特に、魅力pn.636との併用において、家族移動の効果が表れている。しかし、

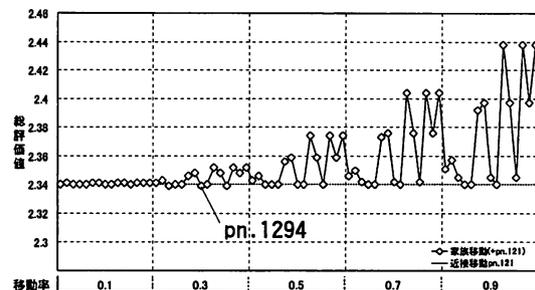


図5.1.12 家族移動(随伴1次試行)の総評価値 (近接随伴)

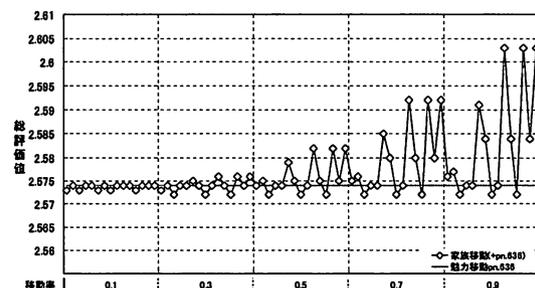


図5.1.15 家族移動(随伴1次試行)の総評価値 (魅力随伴)

pn.864 では評価値が魅力単独試行時の表価値を下回る事がなく、魅力移動との組み合わせによる家族移動の効果をここでは確認することができなかった。この傾向は1次試行でもみられ、一時移動において全体の移動量が少ない魅力移動との組み合わせでは、効果が総評価値に反映されにくいと思われる。

年齢層の幅に関しては、40歳から0歳幅、10歳幅、20歳幅で適用すると評価が良くなっている。

図5.1.13に最も評価の良いパラメータパターン(pn.1294)適用時の時系列の評価値を示す。自律規則及び、併用した近接移動を単独試行したときの評価値を重ねて表示する。自律規則との比較では明らかに家族移動の効果がみられるが、併用した近接移動を単独試行したときの評価値とほとんど変わりがなく、近似していることから家族移動の効果は小さいといえる。

各セルの評価値の平均は0.468となり、近接移動単独試行時の値と等しくなった。

ここで組み合わせた近接移動は評価値が高いため、単独試行においてある程度の人口変動を再現していると考えられる。家族移動は1次移動に連動する形で人口が移動するため、近接移動では再現しきれない箇所を補う役目を持っており、これが近接移動の評価値と比べても大きく評価がよくなることがない理由だと思われる。

以上の結果より、複合試行に用いるパラメータの値を表5.1.5に示す。

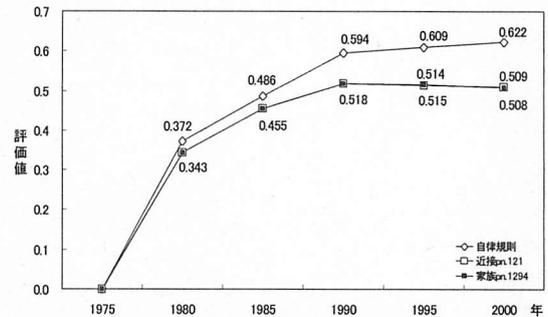


図5.1.13 時系列評価値推移 (pn.1294, pn.121 適用時)

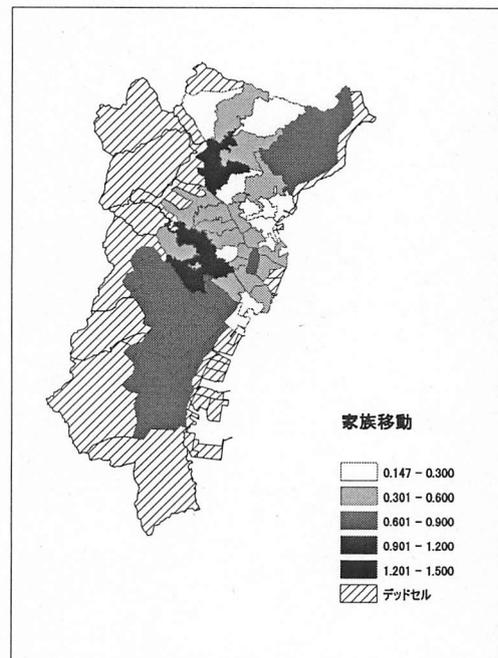


図5.1.14 評価値等級分類(pn.1294 適用時)

表5.1.5

パラメータ 種別	番号	複合試行で用いるパラメータの値			
年齢層 (歳)	24	40~44			
	25	40~44	50~54	60~64	
	26	40~44			
	27	40~44	50~54	60~64	
	28	60~64			
	29	60~64	70~74	80~84	
	30	20~24			
	31	20~24	30~34	40~44	
	32	0.2	0.3	0.4	
	移動率 (%)	33	0.2	0.3	0.4
34		0.2	0.3	0.4	

■結婚移動

結婚移動を試行するにあたり、移動年齢層の組み合わせを10通り、移動率パラメータの組み合わせを5通り、併用する近傍規則を各4通り、合計400通り(pn.1722～pn.2121)を用いる(p41図3.5.2)。

(1) 近接移動+結婚移動

図5.1.16は、近接移動(pn.128)に随伴させた結婚移動の総評価値を示したものである。集中パラメータが上がるにつれて評価が悪くなっており、家族移動と同じような傾向を示している。年齢層で比較すると、[25歳～30歳]を対象とした場合の評価が良くなっている。

最も評価の良いパラメータパターン(pn2198)適用時の時系列の評価値を図5.1.17に示す。併用した近接移動のグラフと重なっており、ルールの効果を確認することができない。

(2) 魅力移動+結婚移動

図5.1.18に魅力移動(pn.636)に随伴させた結婚移動の総評価値を示す。併用した魅力移動を基準としてみると、結婚移動の評価値が部分的に良くなっていることが分かる。年齢層では、[25～30歳]、[45～50歳]で評価が良くなる傾向がみられる。

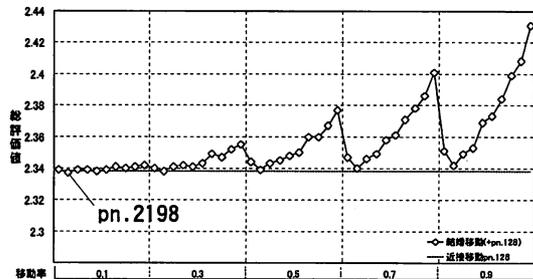


図5.1.16 結婚移動(随伴1次試行)の総評価値 (近接随伴)

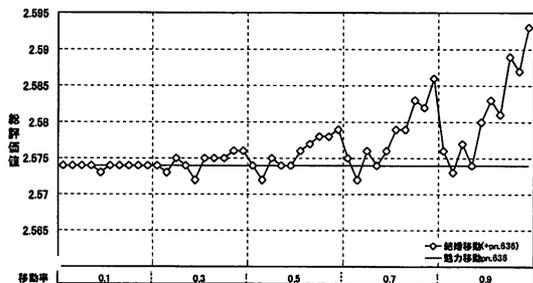


図5.1.18 結婚移動(随伴1次試行)の総評価値 (魅力随伴)

図5.1.17に最も評価の良いパラメータパターン(pn.2198)適用時の時系列の評価値を示す。自律規則及び、併用した近接移動を単独試行したときの評価値を重ねて表示する。自律規則との比較では明らかに家族移動の効果がみられるが、併用した近接移動を単独試行したときの評価値とほとんど変わりがなく、近似していることから家族移動の効果は小さいといえる。

各セルの評価値の平均は0.508となり、近接移動単独試行時の値と等しくなった。

ここで組み合わせた近接移動は評価値が高いため、単独試行においてある程度の人口変動を再現していると考えられる。家族移動は1次移動に連動する形で人口が移動するため、近接移動では再現しきれない箇所を補う役目を持っており、これが近接移動の評価値と比べても大きく評価がよくなることのない理由だと思われる。

以上の結果より、複合試行に用いるパラメータの値を表5.1.5に示す。

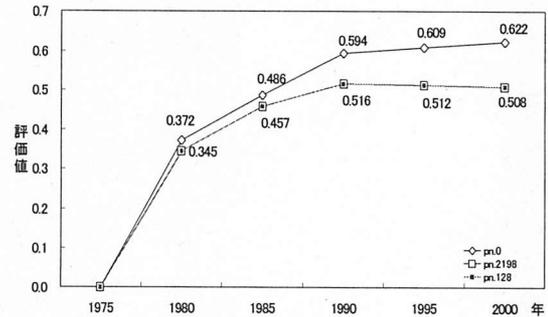


図5.1.17 時系列評価値推移 (pn.2198適用時, pn.128に随伴)

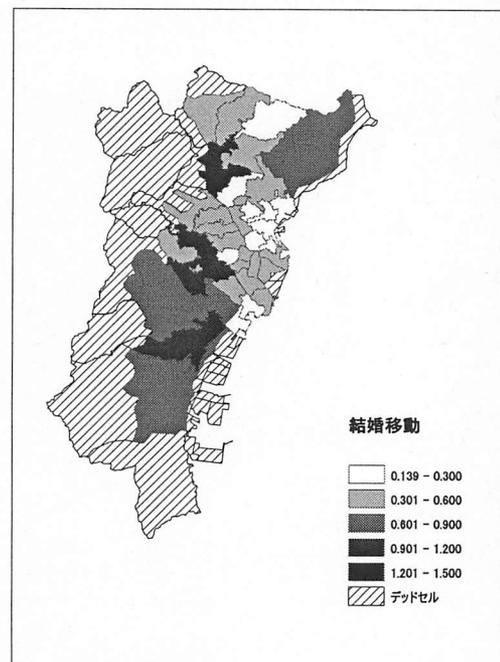


図5.1.19 評価値等級分類(pn.2198適用時)

表5.1.6

パラメータ 種別	複合試行で用いるパラメータの値			
	番号	15~19	25~29	
年齢層 (歳)	35	15~19	25~29	
	36	25~29		
	37	15~19	25~29	
移動率(%)	38	25~29		
	39	0.1	0.1	0.2

5.1.3 複合試行

表 5.1.7

近傍規則	パラメータ		代入する値				総評価値上位十傑													
	種別	番号					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
近接移動	年齢層 (歳)	1	0~4					0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4
		2	40~44	60~64					60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64
		3	0~4						0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4
	人口比	4	40~44	60~64					60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64
		5	0.6	0.7	0.8				0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
		6	0.6	0.7	0.8				0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
遠距離移動	年齢層 (歳)	7	30~34					30~34	30~34	30~34	30~34	30~34	30~34	30~34	30~34	30~34	30~34	30~34	30~34	
		8	30~34	70~74					30~34	30~34	30~34	70~74	30~34	30~34	70~74	30~34	30~34	30~34	30~34	
		9	30~34						30~34	30~34	30~34	30~34	30~34	30~34	30~34	30~34	30~34	30~34	30~34	
		10	30~34	70~74					30~34	30~34	30~34	70~74	30~34	30~34	70~74	30~34	30~34	30~34	30~34	
		11	1.0	2.0					1.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0		
	距離	12	4.0	5.0	6.0				4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	
		13	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
		14	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
		15	36						36	36	36	36	36	36	36	36	36	36		
		16	1975						1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975		
魅力移動	開発期間 (年)	17	1990					1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990		
		18	0~4						0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4			
		19	40~44						40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44			
	年齢層 (歳)	20	0~4						0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4			
		21	40~44						40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44			
		22	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
	集団	23	0.0	0.5	1.0	1.5			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
		24	40~44						40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44				
		25	40~44	50~54	60~64				50~54	50~54	50~54	50~54	50~54	50~54	50~54					
		26	40~44						40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44					
家族移動	年齢層 (歳)	27	40~44	50~54	60~64				50~54	50~54	50~54	50~54	50~54	50~54	50~54					
		28	60~64						60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64						
		29	60~64	70~74	80~84				70~74	70~74	70~74	70~74	70~74	70~74						
		30	20~24						20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24						
		31	20~24	30~34	40~44				30~34	30~34	30~34	30~34	30~34	30~34						
	移動率 (%)	32	0.2	0.3	0.4				0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2						
		33	0.2	0.3	0.4				0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2						
		34	0.2	0.3	0.4				0.2	0.3	0.3	0.2	0.2							
		35	15~19	25~29					15~19	15~19	15~19	15~19	15~19	15~19						
		36	25~29						25~29	25~29	25~29	25~29	25~29							
結婚移動	年齢層 (歳)	37	15~19	25~29				15~19	15~19	15~19	15~19	15~19	15~19							
		38	25~29						25~29	25~29	25~29	25~29	25~29							
		39	0.05	0.10	0.15				0.2	0.2	0.2	0.2	0.2							
パターン番号							22,434	22,452	68,892	71,052	72,114	73,212	75,372	76,434	77,532					
総評価値							2,239	2,239	2,239	2,239	2,239	2,239	2,239	2,239	2,239					

単独試行の結果の評価によりそれぞれの移動規則が持つパラメータの挙動性や発現強度、有効なパラメータ範囲を探ることができた。次に、各移動規則の有効なパラメータ範囲における離散的な値に対するすべての組み合わせで試行を行う。組み合わせのパラメータ数は133,663通りである。

各パラメータに代入する値の一覧と結果から得られた総評価値の良いパラメータの上位十傑を表5.1.7に示す。評価の最も良いパラメータのパターン(最良解)が複数得られた。

5つの近傍規則を組み合わせた複合試行を実行するにあたり、ルール挙動とパラメータ挙動を考察する。

図5.1.20に最良解における評価値の推移を示す。複合試行の評価値が近接移動や魅力移動の評価値を下回っていることが分かる。しかし、評価値が低下するまでは至っていない。

図5.1.21は最良解におけるセルの評価値を地図上のセル領域に関連付け、数値分類によって等級別に表示したものである。

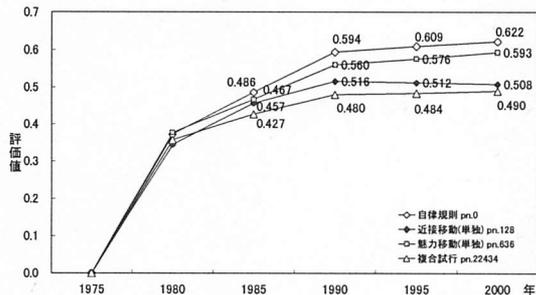


図 5.1.20 時系列評価値推移 (複合試行 pn. 22434 適用時)

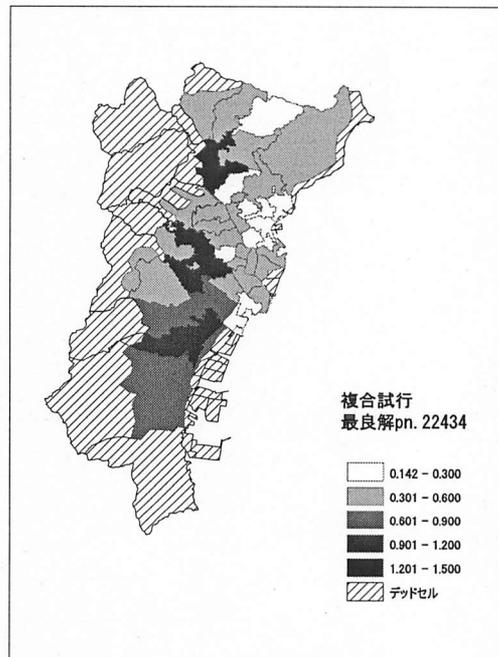


図 5.1.21 評価値等級分類 (複合試行 pn. 22434 適用時)

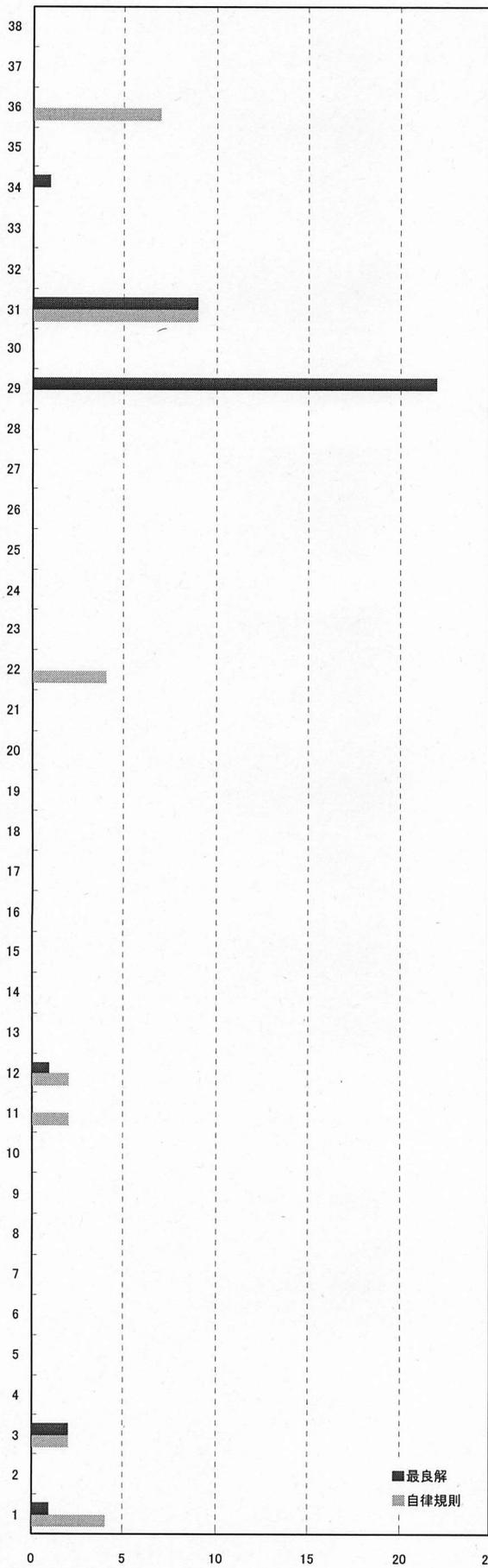


図5.1.22 2000年のペナルティ数
(複合試行 pn.22434 適用時)

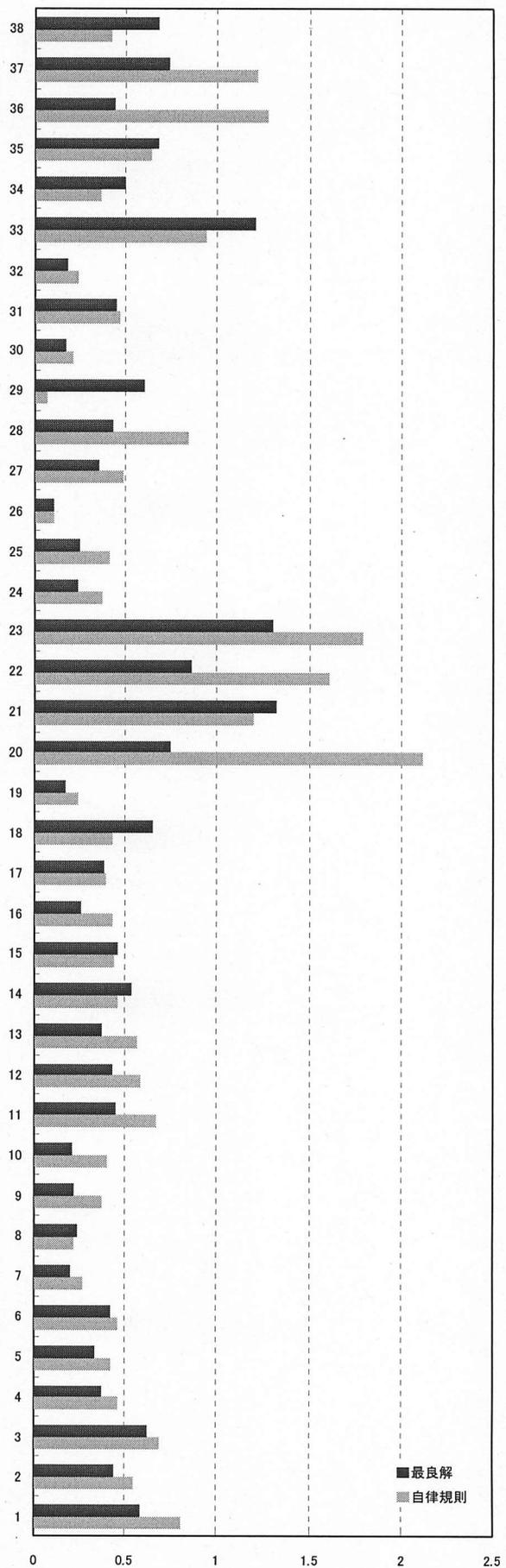


図5.1.23 2000年のセル評価値
(複合試行 pn.22434 適用時)

5.2 長崎市モデルB (65セル)

5.2.1 自律規則 (自然動態)

解析対象セル65セルで、自律規則(自然動態)のみでシミュレーションを実行した場合のセルおよびステップ毎の評価を行う。

自律規則適用時の評価値の時系列推移を図5.2.1に示す。モデルAとモデルBを比較すると、モデルBの評価が良いことが顕著に表れている。

各セルの評価値を地図上のセル領域に関連づけ、数値分類によって等級別に表示したものを図5.2.2に示す。ただし、評価値はステップ5(2000年)の値を用いている。図を見ると、セル番号14、34、59で評価が悪い。特にセル59は顕著である。このセルでは、実際には1975年から2000年の間に開発事業が行われた地域を含んでいる。他にも開発事業が行われたセルは、セル59番ほどではないが評価が悪くなっている。

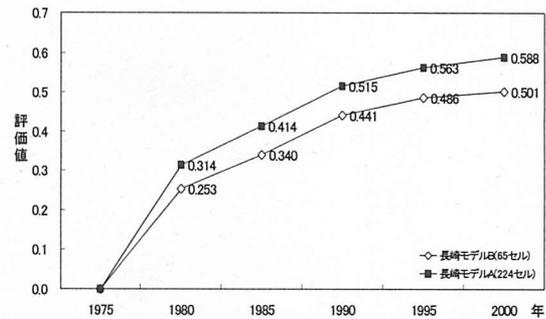


図5.2.1 時系列評価値推移 (セルモデル比較)

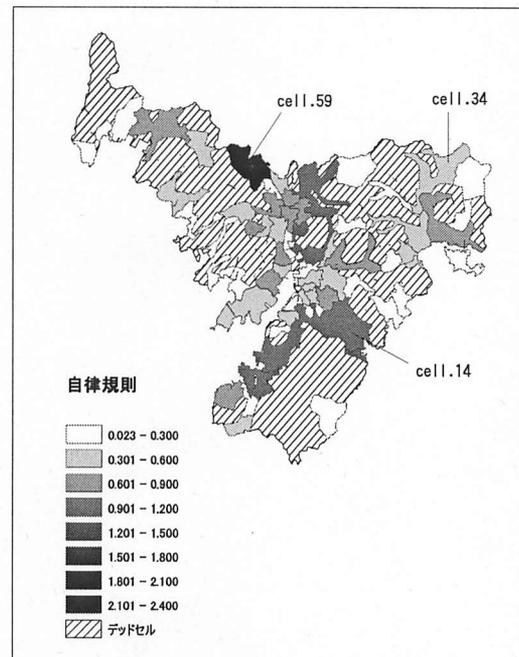


図5.2.2 評価値等級分類(自律規則のみ適用時)

5.2.2 単独試行

5.2.2.1 一次移動

■近接移動

近接移動の単独試行を実行するにあたり、移動させる男女の年齢層を変え34通り、人口比パラメータを5種類用意し、合計170通り(pn.1~pn.170)のパラメータパターンを試行する。人口比パラメータの範囲を変え2回の試行を行った(p41 図3.5.2)。

図5.2.3に2次試行の近接移動全パラメータパターンにおける総評価値の動向を示す。

1次試行では、人口比パラメータ0.5において、極わずかながら評価値がよくなる傾向がみられる。2次試行では、人口比パラメータを0.4から0.6に絞り、0.5刻みで値を変化させた。人口比パラメータ0.4から0.45、年齢層[20~60歳]、[20~40歳]、[30~50歳]で評価が良くなっている。その中で最も評価が良いのは、人口比パラメータ0.4、年齢層[20~60歳]である。

近接移動2次試行、最も評価の良いパラメータパターン(pn.21)の時系列評価値を図5.2.4に示す。2000年の評価値が自律規則のみの評価値をわずかに下回っている。

図5.2.5にpn.21適用時の各セルの評価値を地図上のセル領域に関連づけ、数値分類によって等級別に表示したものである。図より、自然増減のみ適用時の評価値とほぼ等しい結果となった。全セルの評価値の平均値は0.401となり、自律規則のみ適用時0.404に対して全体的に評価が良くなっている。しかし、ルールの効果は小さいと言える。

以上の結果より、随伴移動の単独試行に併用するパラメータおよび、複合試行で用いるパラメータの値を表5.2.1に示す。

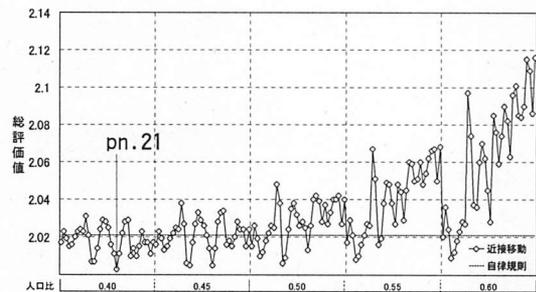


図5.2.3 近接移動(単独2次試行)の総評価値

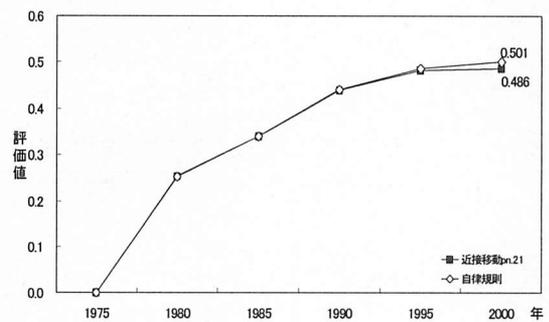


図5.2.4 時系列評価値推移 (pn.21 適用時)

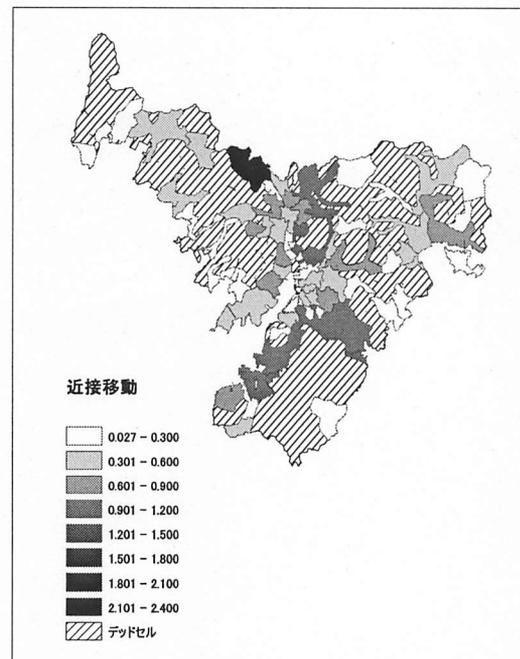


図5.2.5 評価値等級分類 (pn.21 適用時)

表5.2.1

パラメータ 種別	番号	随伴移動と併用するパラメータ				複合試行で用いるパラメータの値		
		pn.21	pn.46	pn.47	pn.55	20~24	60~64	
年齢層 (歳)	1	20~24	20~24	30~34	20~24	20~24		
	2	60~64	40~44	50~54	60~64	40~44	60~64	
	3	20~24	20~24	30~34	20~24	20~24		
	4	60~64	40~44	50~54	60~64	40~44	60~64	
人口比	5	0.40	0.50	0.50	0.50	0.4	0.5	0.5
	6	0.40	0.50	0.50	0.50	0.4	0.5	0.5

■遠距離移動

遠距離移動を試行するにあたり、男女の移動年齢層の組み合わせを19通り、集中セルの組み合わせを6通り、距離パラメータと人口比パラメータの組み合わせを4通り用意し、19×6×4の合計456通り(pn.171~pn.626)を試行する(p41 図3.5.2)。さらに、集中セル・距離パラメータ・人口比パラメータの組み合わせを変えて2次試行まで行った。

図5.2.6に1次試行の総評価値の動向を示す。図は、年齢層パラメータを最も評価が良くなる傾向にある値に限定し、グラフ化したものである。1次試行では、移動先となる集中セルの設定を低く設定すると評価がよくなっている。しかし、全パラメータパターンで遠距離移動の効果は見られず、自律規則適用時評価値2.021と等しいか悪くなっている。2次試行では、集中パラメータを大きくすると、評価が下がり、距離パラメータを小さくすると評価が下がっている。しかし、2次試行においても自律規則適用時評価値より評価が良くなることはなかった。

遠距離移動1次試行、最も評価の良いパラメータ pn.230 適用時の時系列評価値を図5.2.7に示す。

結果は、各セルの評価値、ペナルティ数をみても自律規則のみ適用時と等しいことが確認されたため、長崎市モデルB(65セル)においても、遠距離移動の効果は期待できない。

以上の結果より、複合試行で用いるパラメータの値を表5.2.2に示す。評価の良くなる傾向がみられなかったことから、随伴移動の単独試行との併用は行わない。

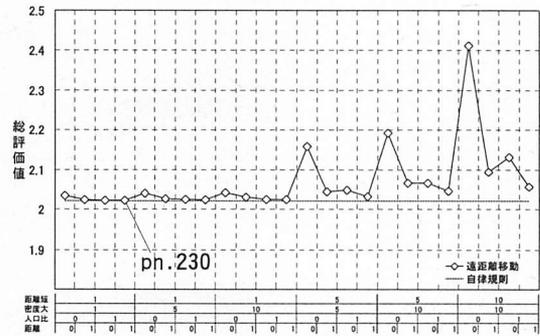


図5.2.6 遠距離移動(単独1次試行)の総評価値

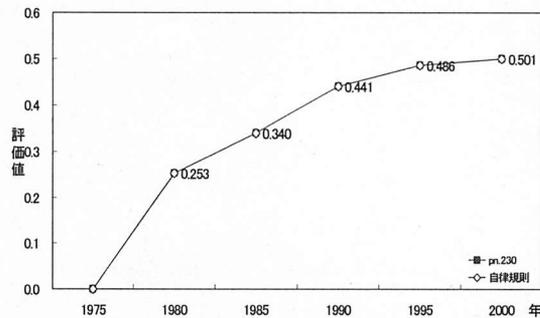


図5.2.7 時系列評価値推移 (pn.230 適用時)

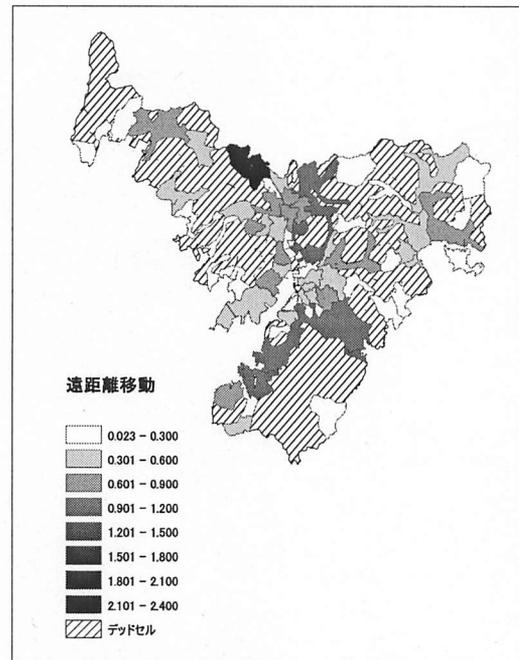


図5.2.8 評価値等級分類 (pn.230 適用時)

表5.2.2

パラメータ 種別	番号	随伴移動と併用するパラメータ		複合試行で用いるパラメータの値		
		番号	値	値	値	値
年齢層 (歳)	7			10~14		
	8			50~54	90~94	
	9			10~14		
	10			50~54	90~94	
距離	11			1.0	2.0	
人口比	12			1.0	2.0	3.0
密度順位	13			1		
距離順位	14			1		

■魅力移動

魅力移動を試行するにあたり、男女の移動年齢層の組み合わせを19通り、集中パラメータと距離パラメータの組み合わせを30通り用意し、19×30の合計570通り(pn.627～pn.1196)を試行する(p41図3.5.2)。

図5.2.9に1次試行(最終試行)の総評価値の動向を示す。図は、年齢層パラメータを最も評価が良くなる傾向にある値に限定し、グラフ化したものである。図より、距離パラメータを高く、集中パラメータを低く設定するほど良い評価となっている。しかし、自律規則適用時評価値より値がよくなることは少なくルールの効果は小さい。

パラメータにより傾向が異なり、年齢層の違いによる変化は捉えにくい、[0～40歳]や[0～80歳]で評価がよくなる傾向がある。

魅力移動1次試行、最も評価の良いパラメータパターン(pn.1023)の時系列評価値を図5.2.10に示す。1995年から僅かに自律規則のみの評価値を下回っており、ルールの効果がみられる。

魅力セルとして設定したセルの評価値は、自律規則のみ適用時の評価値0.847であったのに対して魅力移動の効果により0.711となった。

各セルの評価値でもルールの効果はみられ、自律規則適用時の評価値0.404に対して、評価値0.399となり、わずかながらルール効果がみられた。

以上の結果より、随伴移動の単独試行に併用するパラメータおよび、複合試行で用いるパラメータの値を表5.2.3に示す。

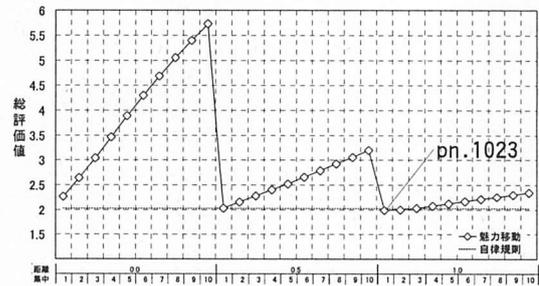


図5.2.9 魅力移動(単独1次試行)の総評価値

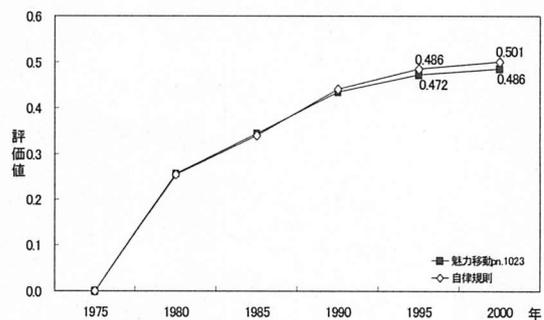


図5.2.10 時系列評価値推移 (pn.1023適用時)

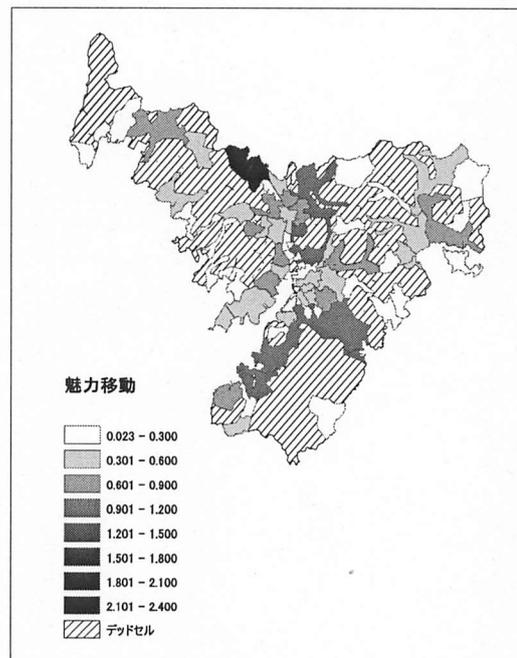


図5.2.11 評価値等級分類 (pn.1023適用時)

表5.2.3

パラメータ 種別	番号	随伴移動と併用するパラメータ				複合試行で用いるパラメータの値		
		pn.1016	pn.1023	pn.1024	pn.1035			
開発地区	15	30	30	30	30			
開発期間 (年)	16	1975	1975	1975	1975			
	17	1990	1990	1990	1990			
	18	0~4	0~4	10~14	0~4			
年齢層 (歳)	19	40~44	80~84	90~94	40~44	80~84		
	20	0~4	0~4	10~14	0~4			
	21	40~44	80~84	90~94	40~44	80~84		
集中	22	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	5.0	9.0
距離	23	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	2.0

5.2.2.2 随伴移動

併用する近傍規則では、1次移動においてルールの効果が得られなかった遠距離移動を除く、近接移動、魅力移動を用いる。併用する近接移動・魅力移動のパラメータをそれぞれ表5.2.4に記す。

表5.2.4

近傍規則	パラメータ		随伴移動と併用するパラメータ			
	種別	番号	pn.21	pn.46	pn.47	pn.55
近接移動 2次試行	年齢層 (歳)	1	20~24	20~24	30~34	20~24
		2	60~64	40~44	50~54	60~64
		3	20~24	20~24	30~34	20~24
		4	60~64	40~44	50~54	60~64
	人口比	5	0.40	0.50	0.50	0.50
		6	0.40	0.50	0.50	0.50

近傍規則	パラメータ		随伴移動と併用するパラメータ			
	種別	番号	pn.1016	pn.1023	pn.1024	pn.1035
魅力移動 1次試行	開発地区	15	30	30	30	30
	開発期間 (年)	16	1975	1975	1975	1975
		17	1990	1990	1990	1990
		18	0~4	0~4	10~14	0~4
	年齢層 (歳)	19	40~44	80~84	90~94	40~44
		20	0~4	0~4	10~14	0~4
		21	40~44	80~84	90~94	40~44
		22	1.0	1.0	1.0	2.0
	集中 距離	23	1.0	1.0	1.0	1.0

■家族移動

家族移動の試行するにあたり、移動年齢層の組み合わせを15通り、移動率パラメータの組み合わせを5通り、併用する近傍規則を各4通り、合計600通り(pn.1197~pn.1796)を用いる(p41図3.5.2)。

(1) 近接移動+家族移動

図5.2.12は、近接移動(pn.21)に随伴させた家族移動の総評価値を示したものである。近接移動を単独試行したときの評価値を基準としてみると、移動率パラメータが上がるにつれて評価値が悪くなっている。

近接移動pn.21、pn.46、pn.47との併用においては、それぞれの近接移動を単独で試行したときの評価値より良くなる傾向を示したが、pn.55との併用では、近接単独の評価と等しいか、または悪くなる傾向を示した。

年齢層については、併用する近接移動によって傾向が異なるため、挙動を把握することができなかった。

(2) 魅力移動+家族移動

図5.2.15は、魅力移動に随伴させた家族移動の総評価値を示したものである。

魅力移動を単独試行したときの評価値を基準としてみると、魅力移動pn.1016、pn.1024との組み合わせにおいては、魅力移動単独試行時評価値より値がよくなっている。一方、pn.1023、pn.1035では評価値が魅力単独試行時の表評価値を下回ることがなく、魅力移動との組み合わせによる家族移動の

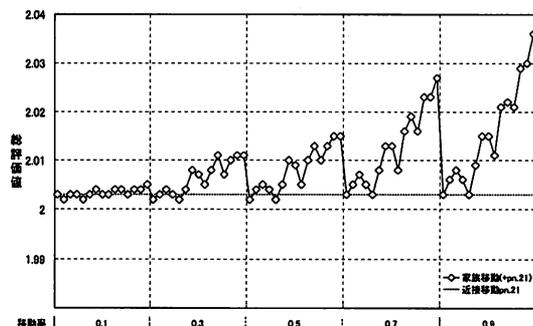


図5.2.12 家族移動(随伴1次移動)の総評価値(近接随伴)

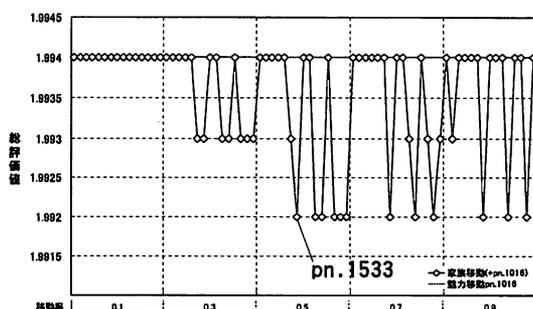


図5.2.13 家族移動(随伴1次移動)の総評価値(魅力随伴)

効果をここでは確認することができなかった。家族移動は、併用する魅力移動によって評価値の傾向が異なり、その傾向を把握するのは困難である。

図 5.2.13 は最も評価の良いパラメータパターン (pn.1533) 適用時の時系列の評価値を示す。pn.1533 は、魅力移動 pn.1016 に連動させたものである。自律規則との比較では家族移動の効果が多少はみられるが、併用した近接移動を単独試行したときの評価値とほとんど変わりがないことから家族移動の効果は小さいといえる。

各セルの評価値の平均は 0.398 となり、魅力移動単独試行時の値 0.399 とほぼ等しい。

以上の結果より、複合試行に用いる結婚移動のパラメータの値を表 5.2.5 に示す。

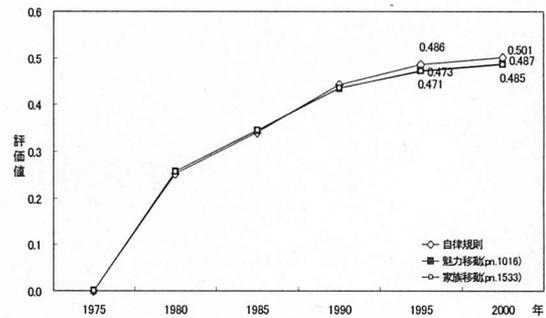


図 5.2.14 時系列評価値推移 (pn.1533, pn.1016 適用時)

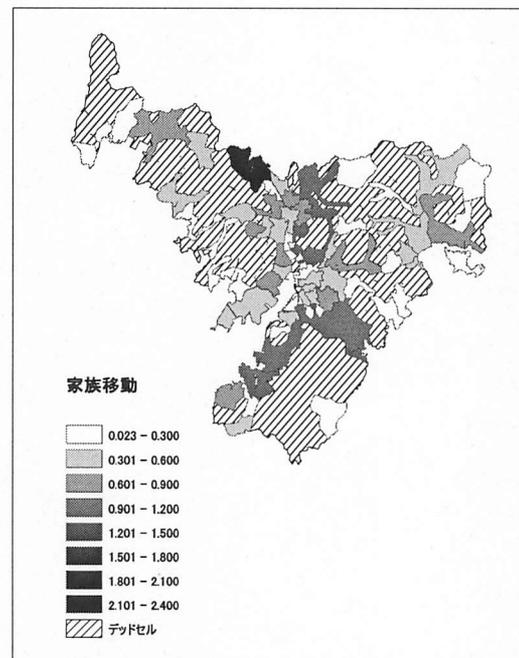


図 5.2.15 評価値等級分類 (pn.1533 適用時)

表 5.2.5

パラメータ 種別	番号	複合試行で用いるパラメータの値			
		20~24	30~34	60~64	
年齢層 (歳)	24	20~24	30~34		
	25	30~34	60~64		
	26	20~24	30~34		
	27	30~34	60~64		
	28	40~44	50~54		
	29	50~54	80~84		
	30	0~4	10~14		
移動率 (%)	31	10~14	40~44		
	32	0.5	0.5	0.6	0.6
	33	0.5	0.5	0.6	0.6
	34	0.5	0.5	0.6	0.6

■結婚移動

結婚移動を試行するにあたり、移動年齢層の組み合わせを10通り、移動率パラメータの組み合わせを5通り、併用する近傍規則を各4通り、合計400通り(pn.1797～pn.2196)を用いる(p41図3.5.2)。

(1) 近接移動+結婚移動

図5.2.16は、近接移動(pn.21)に随伴させた結婚移動の総評価値を示したものである。集中パラメータが上がるにつれて評価値が悪くなる傾向がみられる。年齢層については、併用する近接移動によって評価値の傾向が異なり、その傾向を把握するのは困難である。近接移動を単独試行したときの評価値を基準としてみると、評価値が魅力単独試行時の表価値をほとんど下回らず、近接移動との組み合わせによる家族移動の効果は小さいといえる。

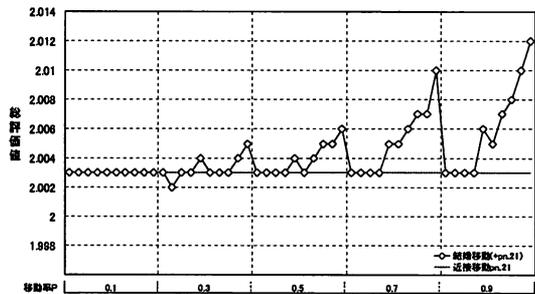


図5.2.16 結婚移動(随伴1次試行)の総評価値(近接随伴)

(2) 魅力移動+結婚移動

図5.2.17に魅力移動に随伴させた結婚移動の総評価値を示す。併用した各魅力移動を単独で試行した場合の評価値を基準としてみると、評価値が魅力単独試行時の表価値をよりよくなることはほとんどなく、魅力移動との組み合わせによる家族移動の効果をここでは確認することができなかった。全体的にルールの効果の表れは小さいといえる。年齢層についても、併用する魅力移動によってその傾向がことなるため、ここでは特徴を把握することができなかった。

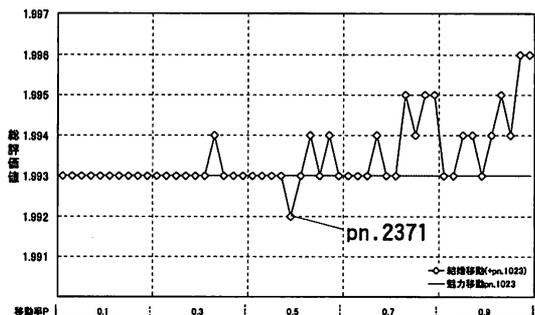


図5.2.17 結婚移動(随伴1次試行)の総評価値(魅力随伴)

最も評価の良いパラメータパターン(pn.2371)適用時の時系列評価値を図5.2.18に示す。pn.2371は、近接移動pn.1023に随伴させたものである。自律規則のみ適用時の評価値よりは、良くなる傾向ではあるが、併用した魅力移動を単独で試行したときの評価値のグラフと近似している。また、各セルの評価値の平均0.938となった。魅力移動単独試行の結果と同じことから、魅力移動との組み合わせによる結婚移動の効果はないといえる。

以上の結果より、複合試行に用いる結婚移動のパラメータの値を表5.2.6に示す。

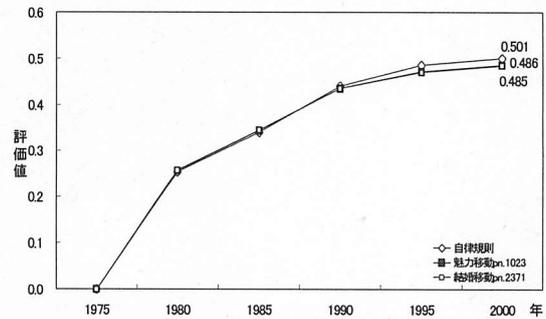


図5.2.18 時系列評価値推移 (pn.2371, pn.1023 適用時)

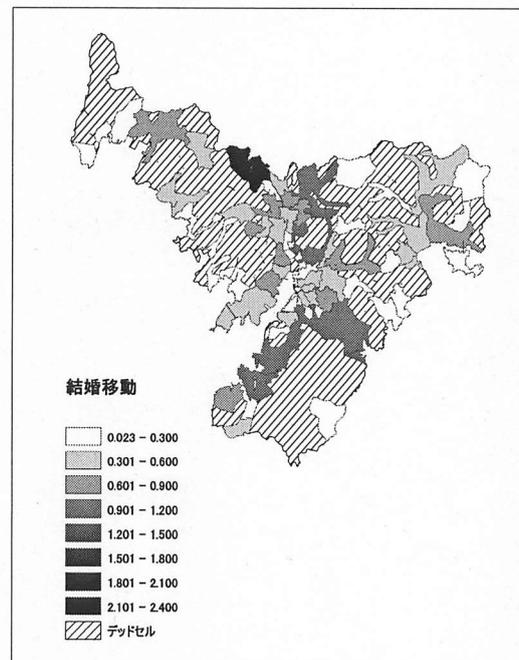


図5.2.19 評価値等級分類 (pn.2371 適用時)

表5.2.6

パラメータ 種別	番号	複合試行で用いるパラメータの値			
		25~29	15~19		
年齢層 (歳)	35	25~29	15~19		
	36	25~29			
	37	25~29	15~19		
	38	25~29			
移動率(%)	39	0.5	0.5	0.6	

5.2.3 複合試行

表 5.2.7

近傍規則	パラメータ		代入する値	総評価値上位十傑											
	種別	番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
近接移動	年齢層(歳)	1	20~24												
		2	40~44	60~64											
		3	20~24		20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24	20~24
		4	40~44	60~64											
	人口比	5	0.4	0.5	0.5										
		6	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
遠距離移動	年齢層(歳)	7	10~14												
		8	50~54	90~94											
		9	10~14												
		10	50~54	90~94											
	距離	11	1.0	2.0											
	人口比	12	1.0	2.0	3.0										
	密度順位	13	1												
魅力移動	開発地区	15	30												
		16	1975		30	30	30	30	30	30	30	30	30		
	開発期間(年)	17	1990		1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975		
		18	1990		1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990		
	年齢層(歳)	19	0~4		0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4		
		20	0~4		40~44	80~84	40~44	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	40~44	80~84	
		21	40~44	80~84											
	集中	22	1.0	5.0	9.0										
		23	1.0	1.5	2.0	5.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	9.0	8.0	
	家族移動	年齢層(歳)	24	20~24	30~34										
25			30~34	60~64											
26			20~24	30~34											
27			30~34	60~64											
28			40~44	50~54											
29			50~54	80~84											
30			0~4	10~14											
移動率(%)		31	10~14	40~44											
		32	0.45	0.50	0.55	0.60									
		33	0.45	0.50	0.55	0.60									
結婚移動	年齢層(歳)	34	0.45	0.50	0.55	0.60									
		35	25~29	15~19											
	移動率(%)	36	25~29		15~19										
		37	25~29	15~19											
パターン番号	38	25~29		25~29											
総評価値	39	0.45	0.50	0.55	0.60	15.887	16.064	15.859	15.860	16.063	16.065	16.066	16.067	15.875	15.876

単独試行の結果の評価により、長崎モデルB(65セル)におけるそれぞれのルールが持つパラメータの挙動性や発現強度、最良パラメータ範囲を探ることができた。そこで、これらの単独試行の結果を用いて複数のルールを組み合わせた複合試行を行う。

5つの近傍規則を組み合わせた複合試行を実行するにあたり、ルールの挙動とパラメータの挙動を考察する。

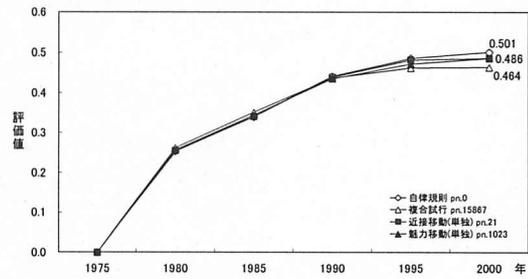


図 5.2.20 時系列評価値推移 (複合試行 pn.22434 適用時)

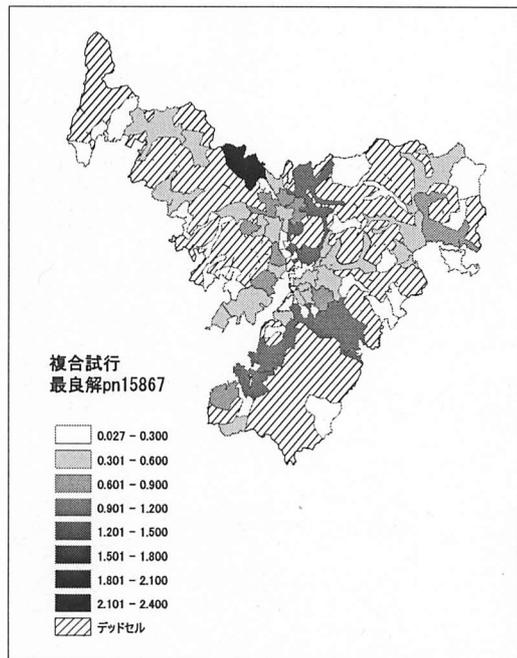


図 5.2.21 評価値等級分類 (複合試行 pn.22434 適用時)

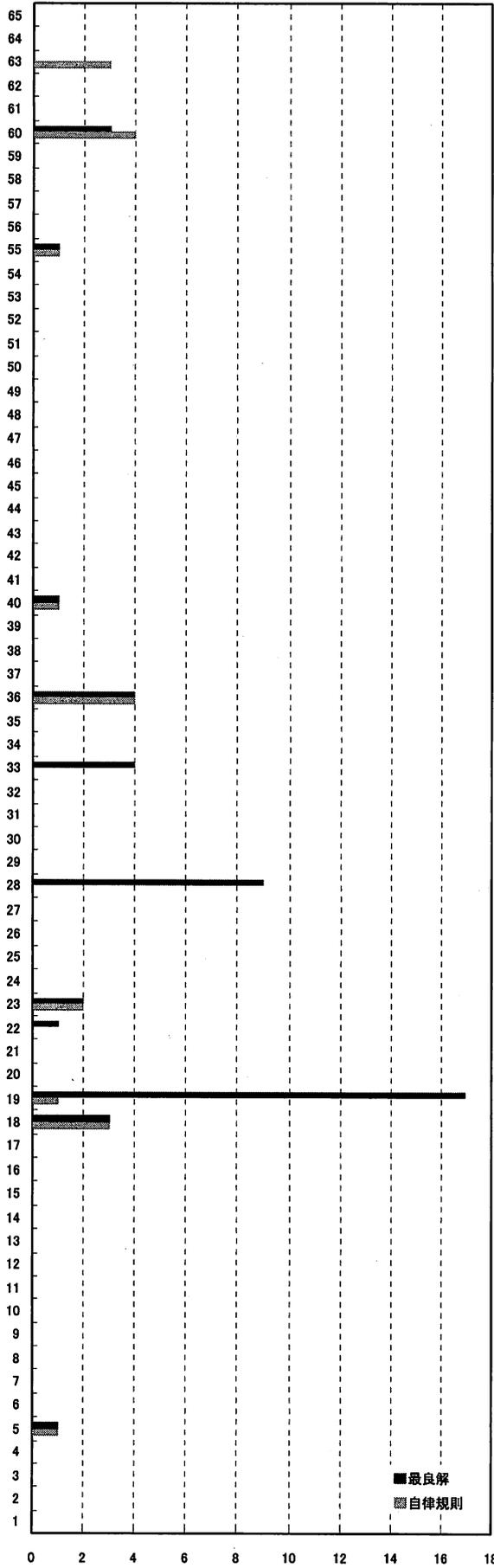


図5.2.22 2000年のペナルティ数
(複合試行 pn.15867 適用時)

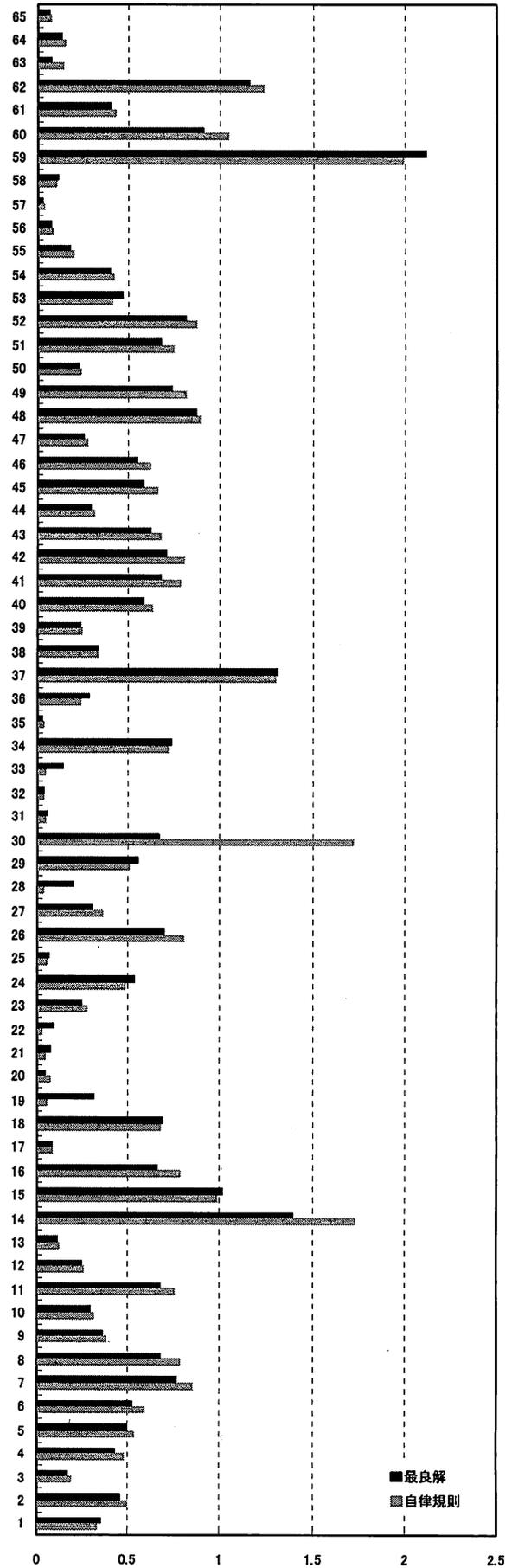


図5.2.23 2000年セル評価値
(複合試行 pn.15867 適用時)

5.3 大分市モデルB (42セル)

5.3.1 自律規則(自然動態)

解析対象セル42セルで、自律規則(自然動態)のみでシミュレーションを実行した場合のセルおよびステップ毎の評価を行う。

自律規則適用時の評価値の時系列推移を図5.3.1に示す。自律規則のみでは人口変動は再現できないことからシミュレート年が進むにつれて、実データとの一致度を表す評価が悪くなっている。

図5.3.2は、セルの評価値を地図上のセル領域に関連付け、数値分類によって等級別に表示したものである。ただし、評価値はステップ5(2000年)の値を用いている。開発事業が行われた地域を含む cell.33 などのセルで評価が悪く、それらが不規則に分布している。総評価値は2.814、全セルの平均評価値(2000年次)は0.581である。

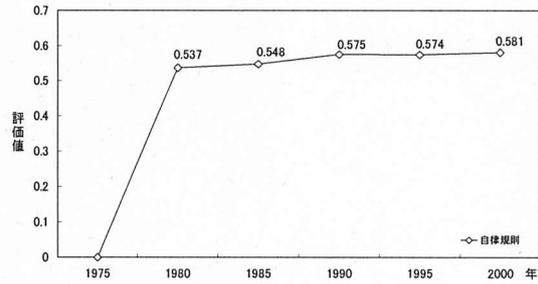


図5.3.1 時系列評価値推移 (自律規則のみ適用時)

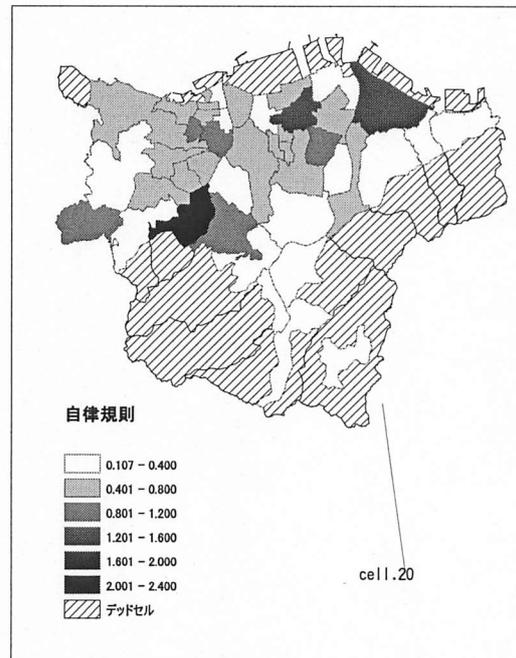


図5.3.2 評価値等級分類 (自律規則のみ適用時)

5.3.2 単独試行

5.3.2.1 一次移動

■近接移動

近接移動の単独試行を実行するにあたり、移動させる男女の年齢層を変えて34通り、人口比パラメータを5種類用意し、合計170通り(pn.1~pn.170)のパラメータパターンを試行する(p41 図3.5.2)。

図5.3.3に近接移動全パラメータパターンにおける総評価値の動向を示す。図より、人口比パラメータ0.3付近で評価値がよくなっていることが分かる。年齢層は[0~60歳]、[0~70歳]、[0~80歳]での試行が最も良い評価となっている。一方、人口比パラメータ0.7以上では極端に評価が悪くなっている。

最も評価の良い組み合わせ(pn.60)の時系列の評価値を図5.3.4に示す。1995年以降、ルールの効果によりは自律規則と比べて評価が良くなっている。これより、大分市では1995年以降に人口の分散が始まったと考えることができる。

図5.3.5は、各セルの評価値を地図上のセル領域に関連づけ、数値分類によって等級別に表示したものである。図からは自律規則のみ適用時との大きな差は見られない。全セルの評価値の平均値は0.561となり、自律規則のみ適用時0.581に対して全体的に評価が良くなっている。

近接移動適用により評価値は良くなり、人口変動の再現性は高まった。

以上の結果より、随伴移動の単独試行に併用するパラメータおよび、複合試行で用いるパラメータの値を表5.3.1に示す。

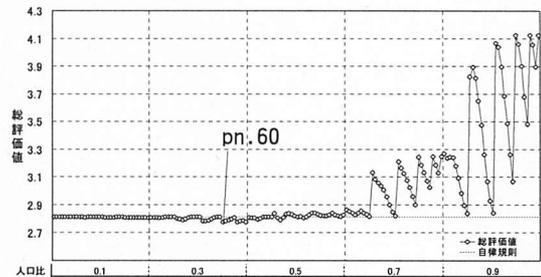


図5.3.3 近接移動(単独1次試行)の総評価値

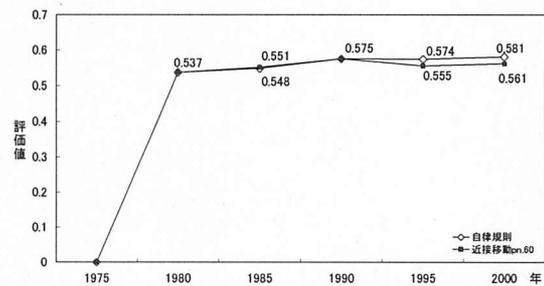


図5.3.4 時系列評価値推移(pn.60適用時)

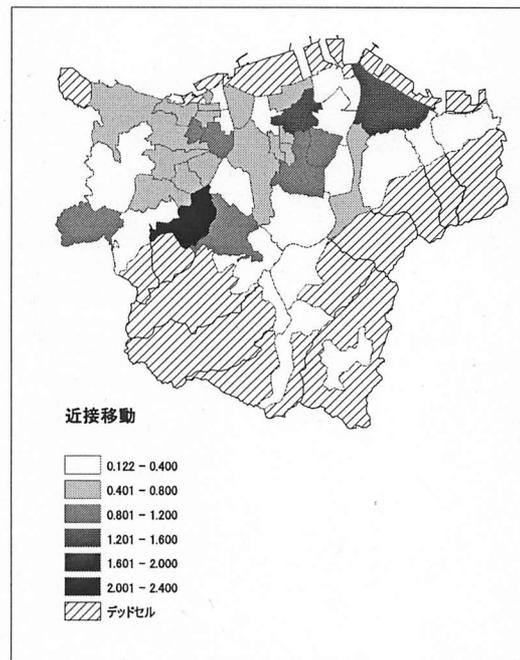


図5.3.5 評価値等級分類(pn.60適用時)

表5.3.1

パラメータ 種別	番号	随伴移動と併用するパラメータ				複合試行で用いるパラメータの値		
		pn.60	pn.61	pn.65	pn.66			
年齢層 (歳)	1	0~4	10~14	0~4	10~14	0~4	10~14	0~4
	2	60~64	70~74	80~84	90~94	60~64	70~74	80~84
	3	0~4	10~14	0~4	10~14	0~4	10~14	0~4
	4	60~64	70~74	80~84	90~94	60~64	70~74	80~84
人口比	5	0.30	0.30	0.30	0.30	0.20	0.30	0.40
	6	0.30	0.30	0.30	0.30	0.20	0.30	0.40

■ 遠距離移動

遠距離移動を試行するにあたり、男女の移動年齢層の組み合わせを19通り、集中セルの組み合わせを6通り、距離パラメータと人口比パラメータの組み合わせを4通り用意し、 $19 \times 6 \times 4$ の合計456通り(pn.171~pn.626)を試行する(p41 図3.5.2)。

図5.3.6に1次試行の総評価値の動向を示す。図は、年齢層パラメータを最も評価が良くなる傾向にある値に限定し、グラフ化したものである。全パラメータパターンで遠距離移動の効果は見られず、自律規則適用時の総評価値2.814と等しいか悪くなっている。

遠距離移動1次試行で最も評価の良いパラメータパターン(pn.313)適用時の時系列の評価値を図5.3.7に示す。評価値は自律規則のみ適用時とほとんど同じである。各セルの評価値をみても自律規則のみ適用時と等しいことが確認されたため、大分市42セルにおいても、遠距離移動は効果を表さないこといえる。

以上の結果より、複合試行で用いるパラメータの値を表5.3.2に示す。評価の良くなる傾向がみられなかったことから、随伴移動の単独試行との併用は行わない。

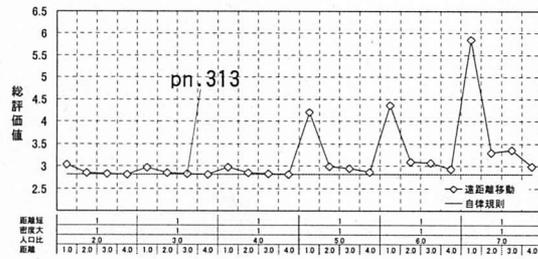


図5.3.6 遠距離移動(単独1次試行)の総評価値

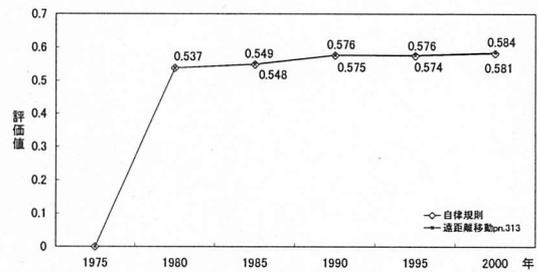


図5.3.7 時系列評価値推移(pn.313)

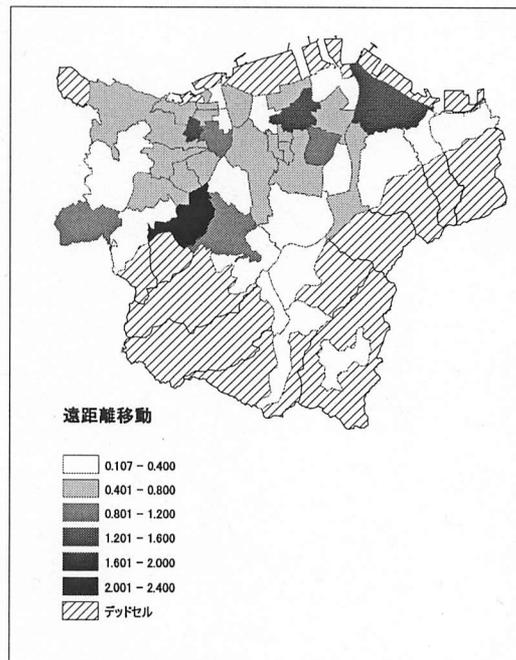


図5.3.8 評価値等級分類(pn.313適用時)

表5.3.2

パラメータ 種別	番号	随伴移動と併用するパラメータ	複合試行で用いるパラメータの値			
年齢層	7		0~4	50~54	0~4	
(歳)	8		40~44	90~94	80~84	
	9		0~4	50~54	0~4	
	10		40~44	90~94	80~84	
距離	11		1.0			
人口比	12		1.0			
密度順位	13		4	5	6	
距離順位	14		1			

■魅力移動

遠距離移動を試行するにあたり、男女の移動年齢層の組み合わせを19通り、集中パラメータと距離パラメータの組み合わせを30通り用意し、19×30の合計570通り(pn.627～pn.1196)を試行する(p41図3.5.2)。

図5.3.9に1次試行(最終試行)の魅力移動における総評価値の動向を示す。図は、年齢層パラメータを最も評価が良くなる傾向にある値に限定し、グラフ化したものである。距離パラメータが低い場合は集中パラメータも低い値を組み合わせると評価が良く、逆に集中パラメータが高い場合は距離パラメータも高い値を組み合わせると評価が良くなっている。年齢層でみると[0～80歳]で試行した場合に評価が良くなっている。

魅力移動1次試行で最も評価の良いパラメータパターン(pn.1080)適用時の時系列の評価値を図5.3.10に示す。1985年に自律規則との差が最大になるが、それ以降は徐々に差が縮まっている。

各セルの評価値を地図上のセル領域に関連づけ、数値分類によって等級別に表示したものを図5.3.11に示す。魅力セルとして設定したcell.33は、自律規則のみ適用時の評価値1.076であったのに対して魅力移動の効果により0.77となり評価が良くなっている。

全セルの評価値の平均は自律規則適用時の0.581に対して0.564となり、評価が良い。開発事業を行われた地域への人口集中をある程度再現できたといえる。

以上の結果より、随伴移動の単独試行に併用するパラメータおよび、複合試行で用いるパラメータの値を表5.3.3に示す。

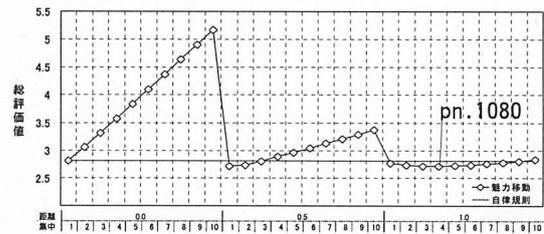


図5.3.9 魅力移動(単独1次試行)の総評価値

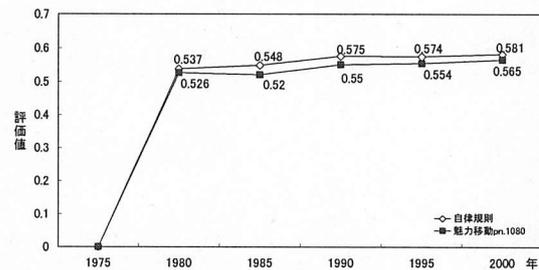


図5.3.10 時系列評価値推移(pn.1080)

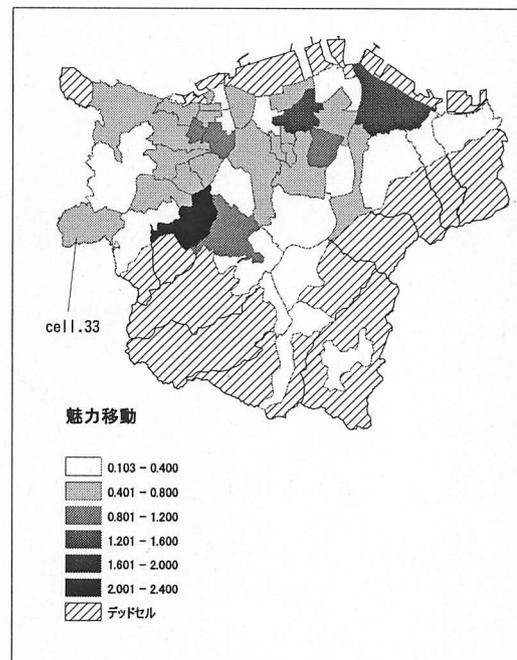


図5.3.11 評価値等級分類(pn.1080適用時)

表5.3.3

パラメータ 種別	番号	随伴移動と併用するパラメータ				複合試行で用いるパラメータの値	
		pn.1054	pn.1061	pn.1073	pn.1080		
開発地区	33	33	33	33			
開発期間 (年)	16	1975	1975	1975	1975		
	17	1990	1990	1990	1990		
	18	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	
年齢層 (歳)	19	40~44	80~84	40~44	80~84	40~44	80~84
	20	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4
	21	40~44	80~84	40~44	80~84	40~44	80~84
	22	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0	4.0
集中	23	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5
距離							

5.3.2.2 随伴移動

併用する近接移動・魅力移動・遠距離のパラメータを表5.3.4に記す。

表5.3.4

近傍規則	パラメータ		随伴移動と併用するパラメータ			
	種別	番号	pn.60	pn.61	pn.65	pn.66
近接移動 1次試行	年齢層 (歳)	1	0~4	10~14	0~4	10~14
		2	60~64	70~74	80~84	90~94
		3	0~4	10~14	0~4	10~14
		4	60~64	70~74	80~84	90~94
	人口比	5	0.30	0.30	0.30	0.30
		6	0.30	0.30	0.30	0.30

近傍規則	パラメータ		随伴移動と併用するパラメータ			
	種別	番号	pn.1054	pn.1061	pn.1073	pn.1080
魅力移動 1次試行	開発地区	15	33	33	33	33
	開発期間 (年)	16	1975	1975	1975	1975
		17	1980	1990	1990	1990
		18	0~4	0~4	0~4	0~4
	年齢層 (歳)	19	40~44	80~84	40~44	80~84
		20	0~4	0~4	0~4	0~4
		21	40~44	80~84	40~44	80~84
	集中	22	3.0	3.0	4.0	4.0
	距離	23	1.0	1.0	1.0	1.0

■家族移動

家族移動の試行するにあたり、移動年齢層の組み合わせを15通り、移動率パラメータの組み合わせを5通り、併用する各近傍規則を4通り、合計600通り(pn.1197～pn.1796)を用いる(p41図3.5.2)。

(1) 近接移動+家族移動

図5.3.12は、近接移動(pn.60)に随伴させた家族移動の総評価値を示したものである。近接移動を単独試行したときの評価値を基準としてみると、移動率パラメータが上がるにつれて評価が良くなっている。年齢層をみると、「夫」が移動する年齢層に[20～24歳]を含む場合に評価が良くなっている。

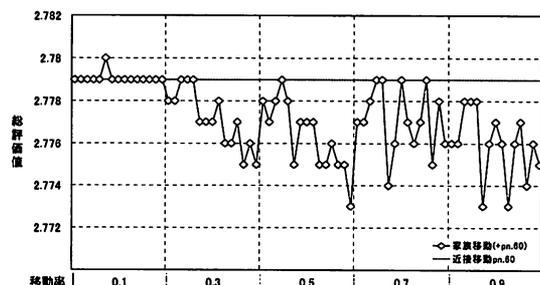


図5.3.12 家族移動(随伴1次試行)の総評価値(近接随伴)

(2) 魅力移動+家族移動

図5.1.13は、魅力移動(pn.1061)に随伴させた家族移動の総評価値を示したものである。pn.1061の移動年齢層が[20～24歳]であることから、「夫」の年齢層が[20～24歳]の場合に評価が最も良くなっている。

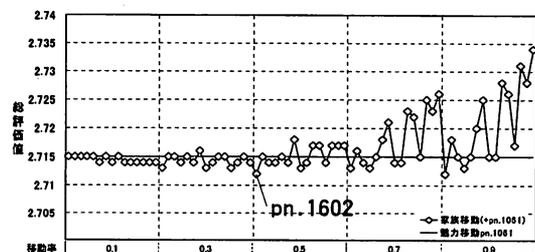


図5.3.13 家族移動(随伴1次試行)の総評価値(魅力随伴)

図 5.1.14 に最も評価の良いパラメータパターン (pn.1602) 適用時の時系列の評価値を示す。自律規則との比較では明らかに家族移動の効果がみられるが、併用した魅力移動を単独試行したときの評価値とほとんど変わりがなく、近似していることから家族移動の効果は小さいといえる。

図 5.3.15 は各セルの評価値を地図上のセル領域に関連付け、数値分類によって等級別に表示したものである。図を見ると魅力移動とほとんど同じ結果である。2000 年次における各セルの評価値の平均は 0.562 となり、魅力移動単独試行時の平均値 0.564 を僅かに下回っている。

以上の結果より、複合試行に用いる家族移動のパラメータの値を表 5.3.5 に示す。

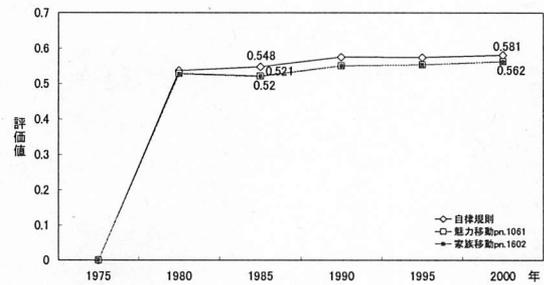


図 5.3.14 時系列評価値推移 (pn.1061, pn.1602 適用時)

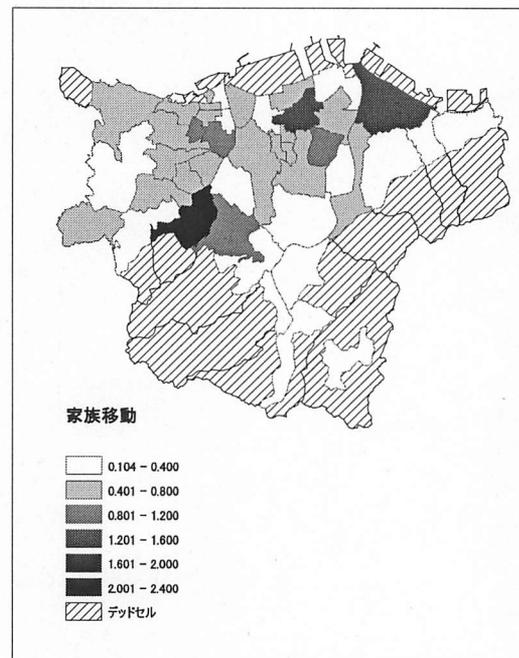


図 5.3.15 評価値等級分類(pn.1602 適用時)

表 5.3.5

パラメータ 種別	番号	複合試行で用いるパラメータの値			
		50~54	20~24	40~44	
年齢層 (歳)	24	50~54	20~24	40~44	
	25	60~64	20~24	50~54	
	26	50~54	20~24	40~44	
	27	60~64	20~24	50~54	
	28	70~74	40~44	60~64	
	29	80~84	40~44	70~74	
	30	30~34	0~4	20~24	
	31	40~44	0~4	30~34	
移動率 (%)	32	0.5	0.3		
	33	0.5	0.3		
	34	0.5	0.3		

■結婚移動

結婚移動を試行するにあたり、移動年齢層の組み合わせを10通り、移動率パラメータの組み合わせを5通り、併用する近傍規則を各4通り、合計400通り(pn.1797～pn.2196)を用いる(p41図3.5.2)。

(1) 近接移動+結婚移動

図5.3.16は、近接移動(pn.60)に随伴させた結婚移動の総評価値を示したものである。集中パラメータが上がるにつれて評価が良くなっており、家族移動と同じような傾向を示している。年齢層で比較すると、[25歳～30歳]を開始年齢とし、そこからの年齢幅が広い方が、より評価が良くなっている。

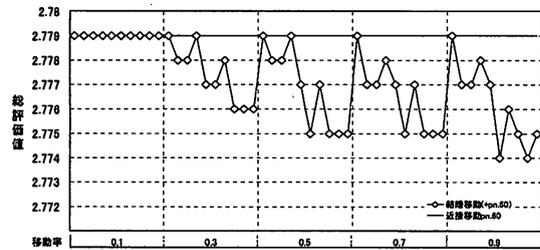


図5.3.16 結婚移動(随伴1次試行)の総評価値(近接随伴)

(2) 魅力移動+結婚移動

図5.3.17に魅力移動(pn.1061)に随伴させた結婚移動の総評価値を示す。併用した魅力移動を基準としてみると、結婚移動の評価値が良くなっていることが分かる。年齢層では、[25～29歳]を開始年齢層とする場合が良く、その中で[35～39歳]を終了年齢層とする場合が最も評価が良くなっている。

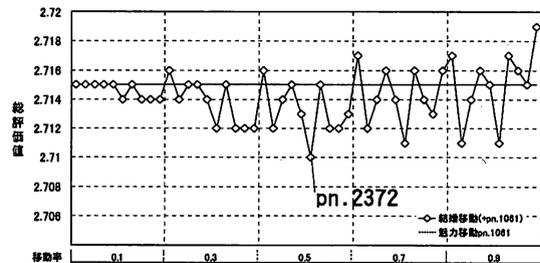


図5.3.17 結婚移動(随伴1次試行)の総評価値(魅力随伴)

最も評価の良いパラメータパターン(pn.2372)適用時の時系列の評価値を図5.3.18に示す。併用した魅力移動のグラフとほぼ重なっており、ルールの効果を確認できない。

図5.3.19は各セルの評価値を地図上のセル領域に関連付け、数値分類によって等級別に表示したものである。図を見ると魅力移動とほとんど同じ結果である。2000年次における各セルの評価値の平均は0.561となり、魅力移動単独試行時の平均値0.564を下回っている。

以上の結果より、複合試行に用いる結婚移動のパラメータの値を表5.3.6に示す。

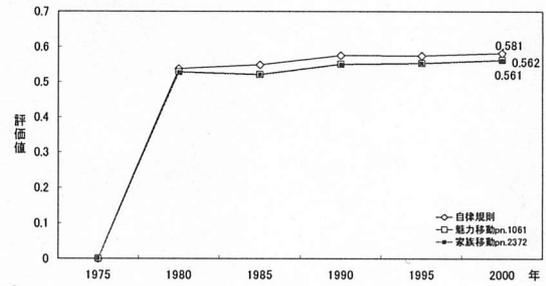


図5.3.18 時系列評価値推移 (pn.2372適用時, pn.1061に随伴)

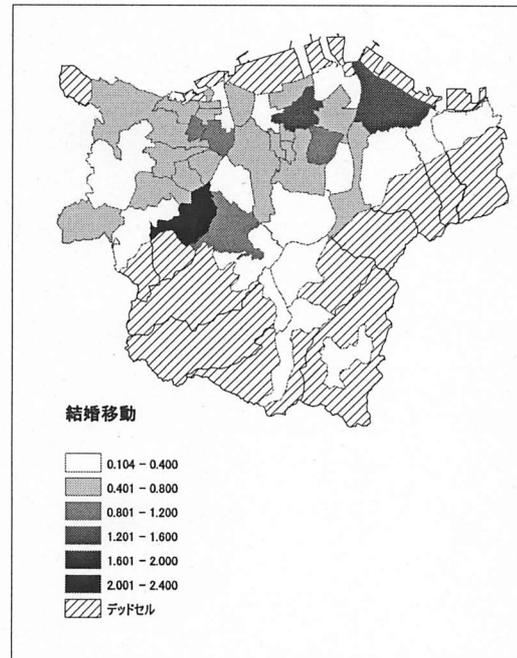


図5.3.19 評価値等級分類(pn.2372適用時)

表5.3.6

パラメータ 種別	番号	複合試行で用いるパラメータの値			
		25~29	25~29	25~29	25~29
年齢層 (歳)	35	25~29	25~29	25~29	
	36	45~49	35~39	25~29	
	37	25~29	15~19	25~29	
	38	45~49	35~39	25~29	
移動率(%)	39	0.5	0.7	0.9	

5.3.3 複合試行

表 5.3.7

近傍規則	パラメータ		代入する値				総評価値上位十傑														
	種別	番号					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
近接移動	年齢層 (歳)	1	0~4	10~14	0~4		0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4
		2	60~64	70~74	80~84		60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64
		3	0~4	10~14	0~4		0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4
	4	60~64	70~74	80~84		60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64
	5	0.2	0.3	0.4		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
遠距離移動	年齢層 (歳)	7	0~4	50~54	0~4																
		8	40~44	90~94	80~84																
		9	0~4	50~54	0~4																
		10	40~44	90~94	80~84																
	11	1.0																			
	12	1.0																			
	13	4	5	6																	
魅力移動	開発地区 開発期間 (年)	14	1																		
		15	33				33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	
		16	1975				1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	
	17	1990				1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990		
	18	0~4				0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	
	年齢層 (歳)	19	40~44	80~84			80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	
		20	0~4				0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	
		21	40~44	80~84			80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	80~84	
	兼中 距離	22	3.0	4.0			4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
		23	1.0	1.5			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
24		50~54	20~24	40~44																	
家族移動	年齢層 (歳)	25	60~64	20~24	50~54																
		26	50~54	20~24	40~44																
		27	60~64	20~24	50~54																
		28	70~74	40~44	60~64																
		29	80~84	40~44	70~74																
		30	30~34	0~4	20~24																
		31	40~44	0~4	30~34																
	移動率 (%)	32	0.50	0.30																	
		33	0.50	0.30																	
		34	0.50	0.30																	
結婚移動	年齢層 (歳)	35	25~29	25~29	25~29		25~29	25~29	25~29	25~29	25~29	25~29	25~29	25~29	25~29	25~29	25~29	25~29	25~29		
		36	45~49	35~39	25~29		25~29	25~29	35~39	25~29	25~29	25~29	25~29	35~39	25~29	25~29	25~29	35~39			
	37	25~29	15~19	25~29		25~29	25~29	15~19	25~29	25~29	25~29	15~19	25~29	25~29	15~19	25~29	25~29				
	38	45~49	35~39	25~29		25~29	25~29	35~39	25~29	25~29	25~29	35~39	25~29	25~29	25~29	35~39	25~29				
39	0.50	0.70	0.90		0.7	0.9	0.5	0.5	0.7	0.9	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.5					
パターン番号					5.831	5.832	5.827	5.830	8.342	8.343	18.463	18.466	18.467	18.517							
総評価値					2.663	2.663	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664				

単独試行の結果の評価により、大分モデルB(42セル)におけるそれぞれのルールが持つパラメータの挙動性や発現強度、最適パラメータ範囲を探ることができた。そこで、これらの単独試行の結果を用いて複数のルールを組み合わせた複合試行を行う。

5つの近傍規則を組み合わせた複合試行を実行するにあたり、ルールの挙動とパラメータの挙動を考察する。

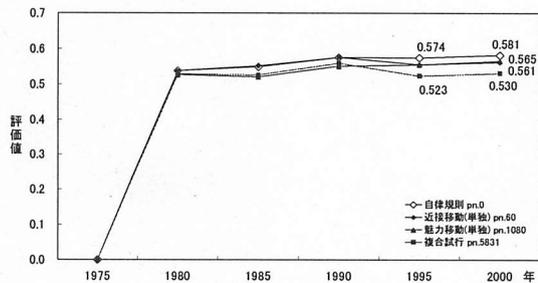


図 5.3.21 評価値等級分類 (複合試行 pn.22434 適用時)

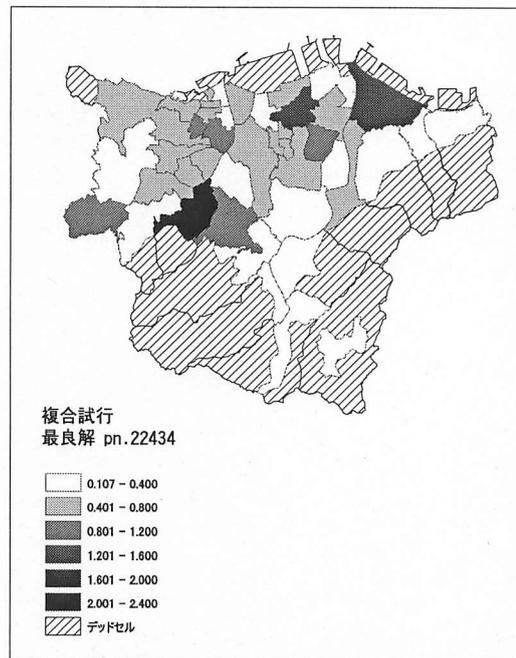
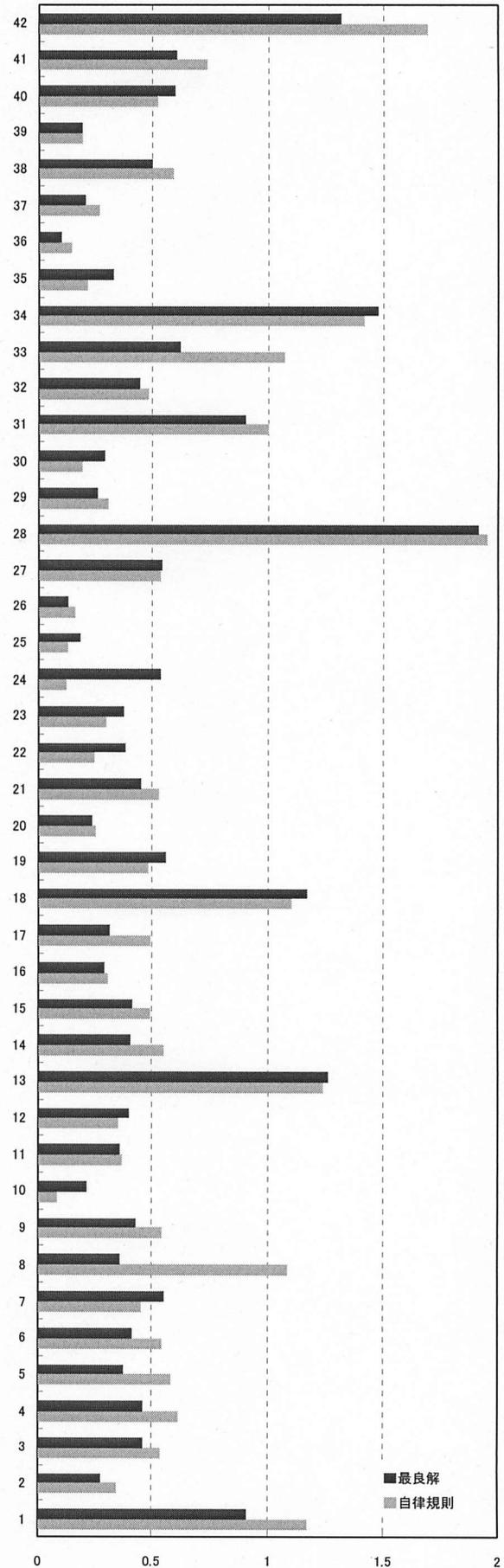
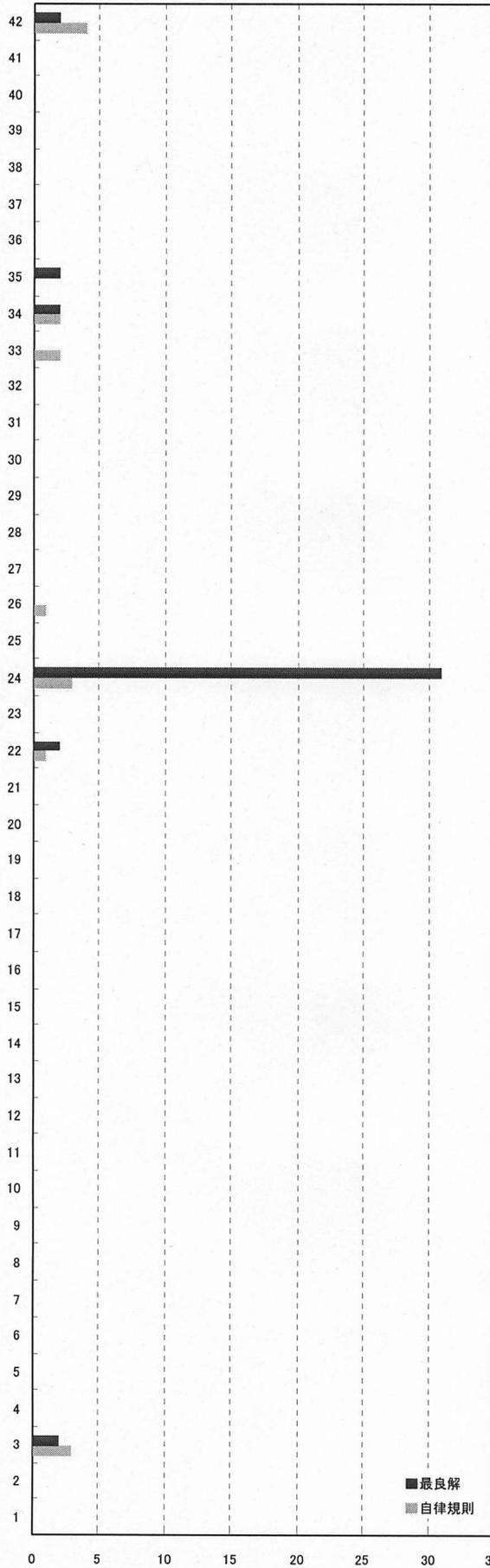


図 5.3.20 時系列評価値推移 (複合試行 pn.22434 適用時)



第6章 解析結果の比較・考察

6.1 はじめに

本章では、複層化CAモデルによる人口変動予測の5つのセル分割モデルにおける結果を比較し、考察する。比較は都市毎とセル分割モデル毎の二つの方法で行う。

都市の比較を行うことで、それぞれの都市の実情が反映された結果になっているか、都市の特徴が捉えられているかを確認する。また、セル分割モデルの比較を行うことで、二つのセル分割が結果に与える影響および特徴を確認する。

表6.1.1は各セル分割モデルの最良解と総評価値を示したものである。モデルAの二つのモデルはともにそれぞれ一つずつの最良解が得られた。モデルBは、長崎と大分でそれぞれ2通りずつ、鹿児島は10通り以上の最良解が得られたが、その中から最も重要な二つのパターンを示している。

表6.1.1 各セル分割モデルの最良解と総評価値

近傍規則	パラメータ		モデルA		モデルB						
	種別	番号	鹿児島	長崎	鹿児島		長崎		大分		
近接移動	年齢層(歳)	男	1	0~4	0~4	0~4	0~4	20~24	20~24	0~4	0~4
		女	2	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64
		男	3	0~4	0~4	0~4	0~4	20~24	20~24	0~4	0~4
		女	4	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64	60~64
	人口比	男	5	0.6	0.4	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4
		女	6	0.6	0.4	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4
遠距離移動	年齢層(歳)	男	7		10~14						
		女	8		90~94						
		男	9		10~14						
		女	10		90~94						
	距離パラメータ	11		1.0							
	人口比パラメータ	12		12.0							
	密度順位	13		1							
魅力移動	開発地区	開発期間(年)	15	105	2	36	36	30	30	33	33
		16	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975
	年齢層(歳)	男	17	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
		女	18	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4
		男	19	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	80~84	80~84	80~84
		女	20	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4	0~4
	集中パラメータ	21	40~44	40~44	40~44	40~44	40~44	80~84	80~84	80~84	80~84
		22	1.5	2.0	1.0	1.0	5.0	1.0	4.0	4.0	
	距離パラメータ	23	1.7	2.1	0.0	0.0	1.5	1.0	1.0	1.0	
	家族移動	年齢層(歳)	夫	24		20~24	40~44	40~44			
妻			25		20~24	50~54	50~54				
親			26		20~24	40~44	40~44				
子			27		20~24	50~54	50~54				
親			28		40~44	60~64	60~64				
子			29		40~44	70~74	70~74				
移動率(%)		妻	30		0~4	20~24	20~24				
		親	31		0~4	30~34	30~34				
		子	32		0.2	0.2	0.3				
		子	33		0.2	0.2	0.3				
結婚移動	年齢層(歳)	夫	34		35~39	15~19	15~19		15~19	25~29	25~29
		妻	35		45~49	25~29	25~29		25~29	25~29	25~29
		妻	36		45~49	25~29	25~29		25~29	25~29	25~29
	移動率(%)	夫	37		35~39	15~19	15~19		15~19	25~29	25~29
		妻	38		45~49	25~29	25~29		25~29	25~29	25~29
妻	39		0.3	0.2	0.2		0.5	0.7	0.9		
パターン番号				19,487	104,647	22,434	22,452	15,867	16,064	5,831	5,832
総評価値				2.566	2.216	2.239	2.239	1.975	1.975	2.663	2.663

6.2 都市の比較

都市の比較は3都市のセル分割モデルが揃っているモデルBを用いて行う。

まず、最良解における近傍規則の適用・不適用を比較する。表6.1.1より、3都市全てに共通している点が2点ある。一つ目は最良解に近接移動、魅力移動、結婚移動が含まれていることである。その中でも、近接移動と魅力移動は全てのパターンで適用されており、それらが実際の人口移動に与える影響が大きいことを表している。二つ目の共通点は遠距離移動が適用されていない点である。単独試行でも起きた現象であるが、複合試行でも評価値に与える遠距離移動の効果がほとんどないことが分かった。遠距離移動は人口の集中化を表現しているが、逆に3都市ともに都心部での人口の空洞化が進んできているのが実情である。遠距離移動が最良解に含まれないことは、この現象を表している。

随伴移動(家族・結婚移動)をみると、結婚移動は最良解6パターン中5パターンで適用されているのに対し、家族移動は2パターンでしか適用されていない。これは昨今の核家族化を表す結果と考えられる。

次に、各移動規則のパラメータの値を比較する。

①近接移動

人口比パラメータを比較すると、長崎と大分が[0.4]であるのに対し、鹿児島は[0.6]と高い値を示している(表6.1.1)。近接移動で定義する良好な居住環境は、「人口が集中しておらず、地価の安い近隣の地区」である。その中で人口比パラメータは移動者の目的地選択に対する地価の安さへの意識の高さの程度を表している。鹿児島の人口比パラメータが高いということは、鹿児島市の住民が居住環境(地価の安さ)への意識が高いことを表している。その理由は、鹿児島市の地価の高さにあると考えられる。鹿児島市の平均地価は、長崎市、大分市の平均地価と比べて非常に高い価格で、九州では福岡市に次ぐ2番目の高値である。このことが、より地価の安い場所への移住を意識させる要因と考えられる。鹿児島市は、市街地が小平野部に位置し、その周囲を丘陵地や山が囲んでいる。このような地理条件の下で、都市の拡大とともに市の総人口は増加してきた。一方、平野部に位置する市街地中心部の人口は減少していることを統計データより確認している。これを、鹿児島市における人口の分散化と捉えることができる。この結果は近接移動が、実際に起こった人口分散化をある程度再現した結果だといえる。

逆に、長崎・大分における近接移動の効果が低い理由について考察する。

まず、長崎市は市街地の7割が斜面地という地理的条件にある。このことを踏まえると、人口密度が低いセルが近隣に存在したとしても、そのセルが斜面地であれば、居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、防災上の完全性について問題になっている。すなわち、斜面地から非斜面地への移動の方が現実的に居住環境の改善に繋がる可能性が高い。つまり、長崎市では近傍地域への人口の分散化が広い範囲では起こりにくく、近接移動で実際の人口変動を捉えることが困難であるといえる。

大分市の場合は、セル分割モデルに関係している。鹿児島と長崎の平均セル面積が 3.15km^2 および 1.72km^2 であるのに対し、大分の平均セル面積は 4.84km^2 と非常に大きい。これによって、狭い領域での近接移動が、自律規則に吸収されてしまったのではないかと考えられる。

②魅力移動

魅力移動については集中パラメータと距離パラメータを中心に考察する。まず、鹿児島は集中パラメータ[1.0]、距離パラメータ[0.0]となっている。この値が表すのは市の広い範囲から平均的に人口が集まっているということである。魅力移動の移動先である皇徳寺ニュータウンは、地価が鹿児島市の平均程度と決して安価ではなく、台地あるいは斜面地にあることもあり交通の便が悪いことなどからそれほど人々が惹きつけられず、集中パラメータが[1.0]と低い値になったものと推測できる。

長崎の魅力セルに設定されている矢上団地は周囲を山に囲まれ、海に面した平地である。環境や景観が良いという住民の評価からも魅力の高いセルであると思われる。このことが、集中パラメータが[5.0]という高い値となって示されている。また、距離パラメータの値は[1.5]と比較的高い値である。この値が高いということは、比較的近い地域からの移動が多いことを意味している。先にも述べた通り、長崎は土地の大部分が斜面地である。目的地に向かうには坂道を蛇行し、山を越えて行かなければならない。それによって実際の直線距離と住民の感じる距離に非常に大きな誤差が生じることは容易に考え得ることである。

大分の魅力セルに設定されているのは富士見が丘ニュータウンと緑ヶ丘ニュータウンを含む地区である。この地区の住民に対するアンケート調査によると、市平均と比べて現状への満足度が高い傾向にあり、特に居住環境の快適さや安全性、自然の豊かさに対する満足度が高い。こうした現状が、集中パラメータが[4.0]という高い値で示されたと考えられる。また、中心市街地から離れた場所にあることから距離パラメータも[1.0]、と鹿児島市よりも高い値となっている。

③家族移動

家族移動は鹿児島市のみで適用されている。夫(男)の移動年齢層が[40～44歳]から[50～54歳]までとなっている。つまり、一次移動(近接、遠距離、魅力)の[40～44歳]から[50～54歳]まで男の移動に妻、親、子が随伴して移動することになる。したがって、家族移動が主に随伴しているのは近接移動であると考えられる。近接移動の人口比パラメータが高いことからそのことは明らかである。これを現実に置き換えると、40～54歳の夫婦とその家族が良好な居住環境を求めて移動していることになる。

④結婚移動

結婚移動は3都市ともに含まれているが、長崎は1つのパターンでしか適用されていない。これは、魅力移動の集中セルが低く、移動が十分でないものを補っていると考えられる。ただし、評価値が同じであっても同じ移動が行われているわけではないので二つのパターンは全く別の解であると考えなければならない。

移動率パラメータをみると、大分の[0.7]や[0.9]という値が目につく。この値は、家族移動を含めた随伴移動の移動率のなかでも非常に高い値である。この結果は若い夫婦のみで移動する割合が高いことを意味している。

6.3 セル分割モデルの比較

鹿児島に対して設定した2つのセル分割モデルの試行結果の特徴を比較し、考察する(図6.1.1)。

モデルAの最良解は1つしか得られなかったのに対し、モデルBには複数の最良解が得られた。これは、比較的セルの大きいモデルBのセルが複数の要素を含む可能性が高いからである。つまり、大きなセルは必然的に多くの人間が存在し、地域性も複数存在する可能性があるということである。

近接移動は、全く同じパラメータを示しているが、セル分割が異なるために若干意味合いが異なる。モデルBでは、そのセル面積が大きいため、近接移動の発生が広い範囲で起きている。

魅力移動は、年齢層は同じであるが、集中パラメータ、距離パラメータが異なり、モデルAが共に高い。これは、近くのセルから多く人口が流入することを表している。これに対してモデルBで値が低いのは、セルが大きくなり、モデルAでは流出する側だったセルがモデルBになって魅力セルに統合されてしまったということと、家族移動と結婚移動に移動量が分散したためだと考えられる。

図6.3.1から図6.3.3に2都市の自律規則のみ適用時の評価値推移を示している。これらの図より、同じ都市のモデルAとモデルBの時系列評価値推移が1980年以降は酷似し、モデルBが低い値にあることが分かる。図6.3.4から図6.3.6に最良解適用時の評価値推移を示しているが、自律規則と同様にモデルAとモデルBにはある一定の差がある。同じ都市であれば同じような傾向で実人口との誤差が生じ、デッドセルを厳密に設定するほど誤差も小さくなる。最良解でもモデルAとモデルBの差があまり縮まらないのは、最初のセルの設定における段階にすでに生じていた差だからである。具体的にはデッドセルを厳密に設定することで、より現実に近い人口密度を得られ、近傍規則全体に大きく影響する。

最良解適用時のセル評価値による比較では、山間部のセルにおいてモデルBの方が格段に評価が良い。これがモデルAとモデルBの総評価値の差にも繋

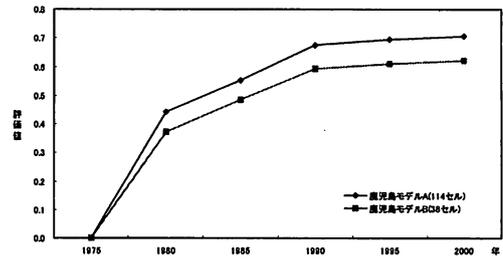


図6.3.1 自律規則評価値推移(鹿児島)

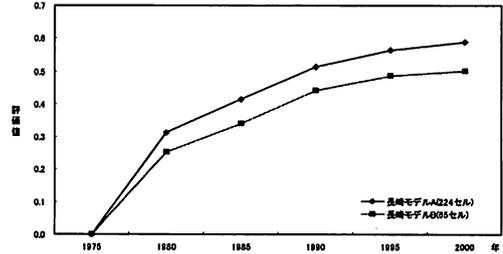


図6.3.2 自律規則評価値推移(長崎)

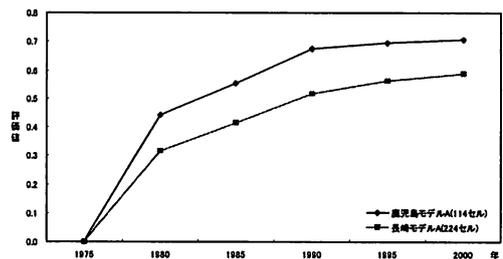


図6.3.3 自律規則評価値推移(2都市モデルA)

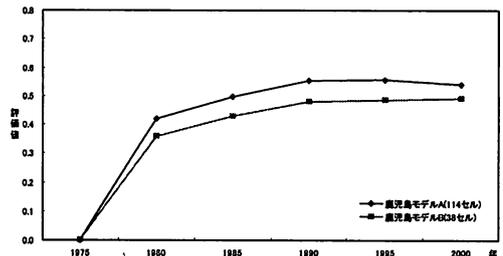


図6.3.4 最良解評価値推移(鹿児島)

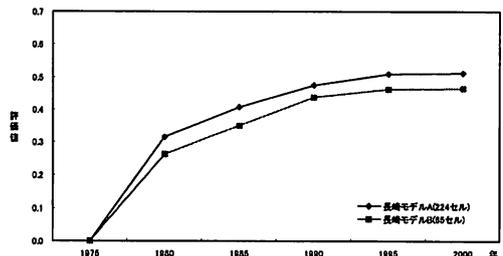


図6.3.5 最良解評価値推移(長崎)

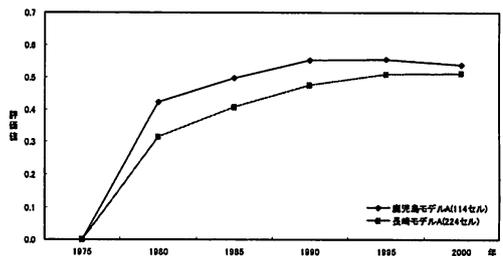


図6.3.6 最良解評価値推移(2都市モデルA)

がっている。逆に郊外部を除いた市街地では、両モデル共にセル評価値が1.0以下のセルが多く、あまり変わらない。この傾向は自律規則のみ適用時にも確認できる。

これまでの考察から以下に示す2点が考えられる。

- (1) モデルBはモデルAよりもデッドセルの設定を厳密にしていることを踏まえると、デッドセルを厳密に設定することで人口の再現性が高まることが予想される。
- (2) 郊外を除いた市街地に限定してみた場合、モデルAとモデルBの人口再現性に大きな差はない。

この2点を総合すると、市街地は郊外に比べ人口変動を捉えやすいということである。本来、郊外の転入出は都市における人口移動にさほど影響を与えない。さらに、都市計画は市街地を中心に行われ、郊外は計画対象になることは少ない。すなわち、解析対象域を市街地に限定することで、大きな支障もなく都市の人口変動を捉えることができると考えられる。ただし、郊外の人口変動として大規模住宅開発が考えられる、急激な人口の転入出が予想される。このような特殊なケースにおいては、解析対象域を市街地のような人口が集中する地区に限定したモデルが良いと考えられる。また、開発が行われる場合は、対象となるセルをモデルに付加する。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かつ適切に対処できるであろう。

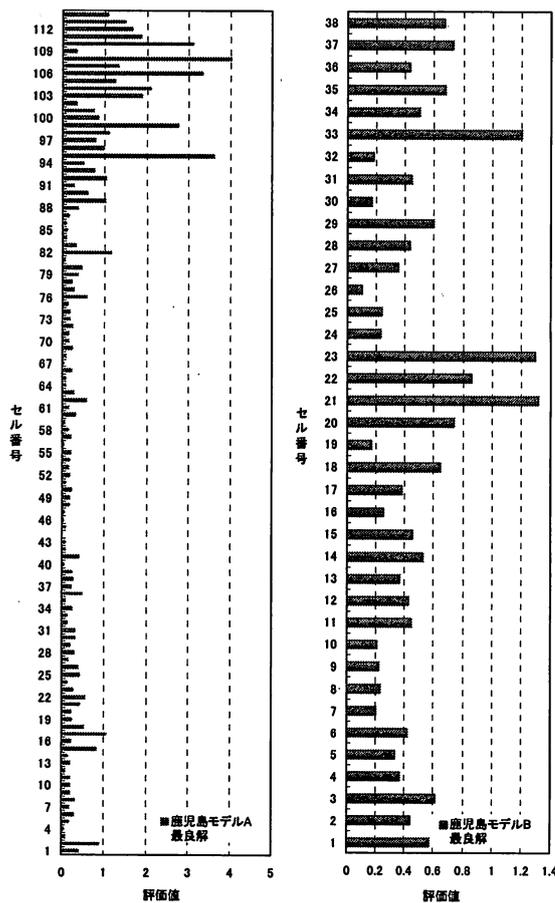


図6.3.7 最良解のセル評価値(鹿児島)

6.4 結論

解析結果を比較・分析したことで気づいた点を以下にまとめる。

実際の都市に対して2つのセル分割モデルを設定し、解析することで、結果がセル設定の影響をうけることを確認した。セル評価値の結果から、モデルAの評価が悪いのはセルの大きさではなく、デッドセルの設定が要因である。モデルAとモデルBはデッドセルの設定を同じにすれば、ほぼ同じ評価値が得られると予測できる。しかし、各移動規則のルールの適用効果は表れやすく、一方モデルBではモデルAよりルールの適用効果が表れにくいという傾向を確認した。また、モデルBの最良解が複数得られ、セルの大きなモデルでは人口変動を大雑把に捉えていることがわかる。このことから、人口変動の特徴を把握するのであれば、セルの設定が詳細なほうがよく、人口分布・人口構造の把握に用いるのであれば、セルの大きさを中規模にしたほうが良い。

本来、人口予測には前提として目的が存在する。セルの設定はその人口予測の目的や利用形態によって決まるが、今後、実務利用を踏まえて、様々なセル分割モデルでの試行を行い、その妥当性について検討する必要がある。

地理条件の異なる3つの都市に対してその都市特有の地理情報などは考慮せずに解析を行った結果、都市の特性が移動規則の適用効果の違いとして大きく現れた。これは、地理的条件や風土の異なる複数の都市に対応できる汎用性の高い予測モデルを用いたためである。本予測モデルに地域性を考慮した規則を導入することは容易だが、一方でその都市毎の人口変動の特徴を一般的な視点で捉えることが難しくなる。これも実際の利用形態に関わってくる問題ではあるが、今後、都市を構成する共通要素をどの程度まで規則として導入するか検討が必要である。

鹿児島市と長崎市を比較すると、長崎市の方が本モデルを用いた解析では評価がよくなり、人口変動の再現性が高いという結果を得た。これは、都市内外の人口転出入の影響があると考えている。鹿児島市は、解析開始年である1975年から2000年までの間に10万に程度の人口増加であるのに対し、長崎市は3万人程度の人口減少となっている。両都市とも都市内外への転出入の影響をうけ、評価が多少下がっていると考えられるが、その増加量からみると鹿児島市のほうが評価に与える影響が大きいとはずである。したがって、今後、都市内外における人口転出入を表現する移動規則の導入を検討する必要がある。

その他、設定した移動規則や・パラメータの妥当性・ペナルティの与え方や大きさについても、今後実務的な利用を踏まえた様々な解析を行い、検討していく必要がある。

第7章 結論

7.1 まとめ

本研究は、複層化CAモデルとGISを用いて汎用性の高いシステムを開発し、複層化CAによる人口変動予測モデルの構築を目的として行われた。

複層化CAとGISとが融合したシステムを開発したことで、既往の人口変動の予測モデルでは不可能であった都市全域、あるいは複数の都市での人口変動予測が可能となった。複層化CAとGISのシステム化を図り、汎用性を有した人口予測システムを開発したことは、本研究における有意義な成果といえる。さらに、開発したシステムを用いて実際に鹿児島市・長崎市・大分市を対象に2種類のセル分割モデル設定し、人口変動予測を試みた結果から、次の知見が得られた。

- 1) 従来の都市全体を対象とした人口推計ではなく、設定した詳細な区域ごとの人口変動の予測が可能である。
- 2) 状態遷移規則の有効性が確認された。
- 3) システム化によりシステム自身の正確性や加工性、ユーザーの汎用性や利便性の高いシステムが構築できた。
- 4) 本システムを用いることで、地図と人口のデータさえあれば対象地域の変更や広域圏・狭域圏を含む複数のセル分割モデルに柔軟に対応できる。
- 5) 近傍規則におけるパラメータの組み合わせの中から最良解を導くことで、1次近似として近未来の都市内人口変動をある程度再現できる。
- 6) 最良解のパラメータの値からセル分割モデル毎の人口変動や人口移動の特徴を捉えられる。
- 7) 都市活性化の目的に応じた人口変動予測モデルの利用により、近未来における都市の問題を的確に把握し、早期に柔軟な対処が可能になることが期待される。

以上のことより、複層化CAによる人口変動予測モデルの都市レベルでの有効性が示された。ただし、今後検討しなければならない問題点も幾つかある。

- 1) 近傍規則の見直しと、都市内外の転入出などの新しい規則導入の検討を行う。
- 2) 人口変動予測システムとGISのさらなる統合による利便性の向上を図る。
- 3) セル分割やデッドセルの設定を変えて解析をさらに行い、セル分割モデルがパラメータや評価値に与える影響や特徴の分析を行う。

これらについては、実際に本モデルを用いてどのような都市計画・施設配置計画、あるいはまちづくりを行うかというシステムの利用形態によって決まることであり、今後、様々な利用形態を想定したシミュレーションを行い、その妥当性について検討する必要がある。

今回、上述した内容について、検討するには至っていない。しかし、本研究において、複層化CAとGISをリンクし汎用性を有したシステムを開発し、実際の都市においてモデルの有効性を確認したことで、後の様々な利用形態に対して応用可能な人口予測モデルの基礎を構築したことこそが最大の成果であり、また、後の研究を進めるにあたっての最大のメリットといえる。今後、挙げられた課題に対して検討し、より都市の現実に近いモデルを構築することが可能となり、今回得られた解析の結果そのものや、分析より得られた幾つかの問題点や知見は、モデル構築に対して有効なデータとして価値あるものだと考える。今後これらの結果に対してさらなる分析を行うことも重要である。

7.2 今後の展望

複層化CAとGISを統合したシステムを開発したことで都市全域に対しての人口変動シミュレーションが可能となった。また、幾つかのシミュレーションを実行したことで、モデルの有効性を確認した。これらのモデルは、従来の都市全体を対象とした人口推計ではなく、設定した詳細な区域ごとの人口予測が可能であり、さらに、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把握することが可能である。人口減少に直面している現況において都市の需要の正確な把握が不可欠である。本予測モデルはそれに対する有効なデータを導くことができることから、その将来性は高いと考える。また、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点からみても多岐にわたる利用が期待できる。

今後、結果のさらなる解析やより都市の現実に近いモデルを構築するための工夫、実際の利用形態を想定したシミュレーションを行い、結果の信頼性を確立してゆくことが最優先課題である。しかし、最も重要なことは有効性が示された本システムを実際に存在する都市の問題解決を目的として適用することである。そのなかで我々が着目している問題は現在の少子高齢社会で起きる人口減少と縮小経済である。この問題に対しては質の高い住民生活を守ってゆくための社会資本の整備と新しい社会概念の確立は必要不可欠である。具体的には、生活サービスを担ってきた既存のインフラの再構築、新しい地域福祉サービスの確立、見えざる社会資本や市民社会資本と訳されているソーシャルキャピタルの確立、などである。これらは、町丁字単位といったきわめて狭小な範囲まで落とし込むべき問題であり、本システムのような汎用性を有していなければ適用は困難である。また、広域な視点で解析することも可能であるので、視野が狭くなることはない。

補注

注 1) ArcView8.1.2 は ESRI ジャパン株式会社の登録商標

注 2) Visual Basic6.0 は Microsoft の登録商標

注 3) Excel2000 は Microsoft の登録商標

参考文献

- 1) 石川晃, 市町村人口推計マニュアル, 古今書院
- 2) 石川義孝, 人口移動の計量地理学, 古今書院
- 3) 伊藤達也, 生活の中の人口学, 古今書院
- 4) 中村和郎, 寄藤昂、村山裕司, 地理情報システムを学ぶ, 古今書院
- 5) 高阪宏行, 村山裕司, GIS - 地理学への貢献 -, 古今書院
- 6) 加藤達也, 生活の中の人口学, 古今書院
- 7) 高阪宏行, 岡部篤行 GIS ソースブッケーデータ・ソフトウェア・応用事例 -, 古今書院
- 8) 高阪宏行, 行政とビジネスのための地理情報システム, 古今書院
- 9) 河野勉, 川口輝久, かんたんプログラミング Visual Basic6 基礎編, 技術評論社
- 10) 河野勉, 川口輝久, かんたんプログラミング Visual Basic6 応用編, 技術評論社
- 11) 河野勉, 川口輝久, かんたんプログラミング Visual Basic6 コントロール・関数編, 技術評論社
- 12) ESRI ジャパン株式会社 (URL, <http://zeta.gis.pasco.co.jp/index.shtml>)
- 13) ESRI ジャパン株式会社, ArcGIS Desktop 入門 II 演習
- 14) アーミーア・H・ラザビ (ESRI ジャパン), VBA による ArcGIS プログラミングガイド
- 15) 大場亨, ArcGIS8 で地域分析入門, 成文堂
- 16) 古川順平, 仕事に役立つ Excel データベース有効活用テクニック, 出版ソフトバンクパブリッシング株式会社
- 17) 加藤恭義, 光成友孝, セルオートマトン法, 森北出版
- 18) 山賀弘, Excel2002VBA マグナム辞典, 技術評論社
- 19) 松谷明彦, 藤正巖, 人口減少社会の設計 - 幸福な未来への経済学 -, 中公新書
- 20) 日本都市計画学会, CITY PLANNING REVIEW/都市計画 NO.1989 社団法人
- 21) 柏谷増男 (愛媛大学土木工学科), 大都市中心部における年齢階級別人口推定, pp.33-36
- 22) 数値地図 2500 (空間データ基盤) 佐賀及び長崎 CD-ROM 版, 国土地理院
- 23) 瀧澤重志, 河村廣, 谷明勲, 適応的マルチエージェントシステムによる都市の土地利用パターンの形成, 日本建築学会計画系論文集, 第 528 号 pp.267-274
- 25) 鹿児島市統計一覧, (URL, <http://www.city.kagoshima.kagoshima.jp/tokeihp.nsf/>)
- 26) 大分市ホームページ, (URL, http://www.city.oita.oita.jp/cgi-bin/odb-get.exe?WIT_template=AM040000)
- 27) Nagasaki Web City, (URL, <http://www1.city.nagasaki.nagasaki.jp/>)
- 28) オリエス総合研究所, 用語解説 (URL, <http://www.ories.co.jp/ssd/japanese/introw.thm>)
- 29) 将来推計人口データベース, 厚生省管轄国立社会保障・人口問題研究所 (URL, <http://www.ipss.go.jp/>)
- 30) Michael Minami, ArcMap ユーザーズガイド
- 31) 住居表示実施年月日及び新町名, 旧町名, 鹿児島市役所土地利用調整課
- 32) 鹿児島市の都市計画 2000, 鹿児島市
- 33) 鹿児島市住宅地図(76,79,80,81,85,86,87,89), MBC開発
- 34) 鹿児島市地図 1:12000(1971), 和楽路屋
- 35) 数値地図 (1/2500) 佐賀及び長崎, 国土地理院, 平成 12 年 8 月 1 日
- 36) 数値地図 (1/2500) 大分及び宮崎, 国土地理院, 平成 12 年 8 月 1 日
- 37) yahoo! 地方情報 - 日本の地方 -, (URL, <http://local.yahoo.co.jp/>)