

公共サービス水準維持の観点からみた
集約型都市の実現可能性に関する研究
ー都市集約プロセスを考慮してー

令和 2年 9月

菊 池 浩 紀

博 士 論 文

公共サービス水準維持の観点からみた集約型都市の実現可能性に関する研究
ー都市集約プロセスを考慮してー

令和2年9月

菊 池 浩 紀

主査：福田 敦 教授

副査：小早川 悟 教授

副査：藤井 敬宏 教授

副査：石田 東生 特任教授

論文要旨

我が国の多くの都市では、人口減少により財源が縮小する中で、これまで拡大してきた市街地を集約し、よりコンパクトで効率的な市街地に転換することを目指している。この政策を推進する観点から政府は、2014年にコンパクト・プラス・ネットワークのコンセプトに基づく立地適正化計画制度を創設し、既に多くの都市がその制度に従って集約型都市の実現を目指している。しかし、この目標の達成には、集約型都市の実現プロセスにおける費用負担や公共サービス水準の維持、集約型都市の効率性などの課題がある。

以上のような課題に対して答えを得るためには、市街地を集約するプロセスにおける財政状態と公共サービス水準を分析することが必要となる。そこで、本論文では、動学的かつ空間的な土地利用・交通モデルを用いて、集約型都市の実現に向けた政策のシミュレーションを実施し、都市が現状から集約に至るまでのプロセス全体における公共サービス水準や政策実施費用、都市環境を分析した。その分析結果から、人口減少によって縮小する都市における集約型都市の実現可能性を明らかにした。

本論文は7章から構成されており、各章の内容は以下のとおりである。

「第1章 序論」では、本論文の背景と目的を述べた。

「第2章 既存文献の整理と本論文の位置づけ」では、国内外の文献を用いて、集約型都市の実現に向けた政策の実施効果や動学的および空間的な土地利用・交通モデルの動向を整理し、これらに関する既存文献における課題を整理した。その結果、多くの文献では、集約型都市の実現は正の効果をもたらす、今後縮小する都市において有効な解決策の一つであると述べられていることを示した。一方で、将来の目標とする集約型都市に至るまでのプロセスにおける公共サービス水準および財政状態の分析や、それらの分析に基づいた集約型都市の実現可能性の評価はなされていないことを示した。また、実用的な動学的または空間的な土地利用・交通モデルはこれまでも多く開発され適用されているが、動学的かつ空間的に表現され、相互にフィードバックされる土地利用・交通モデルは、本論文で用いる MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) のみであることを示した。これらを受けて本論文の位置づけを示した。

「第3章 動学的かつ空間的な土地利用・交通モデルの構築と対象都市への適用」では、本論文で用いる土地利用・交通モデルである MARS の特徴を示したうえで、都市の集約プロセスにおける政策評価を可能とするために、MARS モデルの改良を行い新たなモデルを構築した。具体的には、新たなモデルの構築では、居住者推計モデルのコーホート化や財政サブモデル、公共施設サブモデル、公共サービス水準モデルの追加を行い、これまで評価されていない集約型都市の実現に向けた政策を評価することを可能とした。さらに、50年間(2010年から2060年)のシミュレーションの実行結果からモデルの精度を検証した。そして、千葉県千葉市を対象として選定し、本モデルを適用した。モデルの適用度合の判断として、モデルのシミュレーションを実行し、内生的に算出された変数(ゾーン別居住者数および交通手段割合)を用いて、2010年から2020年までの統計データと比較した。その結果、ゾーン別居住者数は決定係数が0.9965、交通手段割合は平均誤差が1.3%となり、対象都市においても本モデルが適用可能であることを示した。

「第4章 集約型都市の実現に向けた政策の整理とシナリオの定義」では、整理した集約型都市の実現に向けた政策に基づいて、対象都市における政策シナリオを定義した。本論文では、集約型都市の実現に関する政策および公共施設に関する政策に着目した。目指す都市構造を想定した上で、政策の組み合わせにより5種類の政策シナリオ(IからV)を定義した。具体的には、シナリオI(趨勢型都市)では、政策を実施しない場合を想定した。シナリオII(公共施設削減型都市)では、居住者の集約は実施せずに公共施設の利用者数が半減した施設は除却し、維持管理費用を削減することを想定した。シナリオIII(一極集約型都市)では、都心ゾーンへ居住者および公共施設を一極集中させ、都市全体の移動量および公共施設数を最小限にすることを想定した。シナリオIV(多極集約型都市)では、都市内に存在する各地域拠点ゾーンに居住者および公共施設を集約することを想定した。シナリオV(IT技術発展型都市)では、ICT技術の発展によって在宅ワークの増加および公共施設における申請書類や書籍の電子化により小規模な公共施設が除却されることを想定した。

「第5章 政策シナリオ別のモデルシミュレーション結果の比較分析」では、第4章で定義した政策シナリオ別にモデルシミュレーションを実行し、その結果からゾーン別居住者密度および交通手段割合を指標とし、政策実施効果を分析した。その結果、ゾーン別居住者密度は、シナリオIIでは、集約型都市に繋がる居住者の郊外ゾーンから都心部ゾーンへの移住は発生しないことを明らかにした。シナリオIIIおよびシナリオIVの集約型都市シナリオでは、経年的に都心部ゾーンへ居住者が集約されるが、千葉市が立地適正化計画で目標とする2040年までの集約型都市の実現は一極集約型都市および多極集約型都市ともに実現が困難であることを示した。シナリオVは、在宅ワークの促進により、通勤目的の移動量が減少するため、郊外ゾーンから都心部ゾーンへの移住は少ないことを明らかにした。また、交通手段割合は、集約型都市シナリオでは都心部ゾーンへの居住者および公共施設を集約や公共施設の除却により鉄道および徒歩の割合が増加するため、自動車から公共交通や徒歩への転換が可能であることを明らかにした。一方、シナリオVでは、在宅ワークの促進によって通勤トリップ量が減少したため、通勤目的の利用が多い公共交通の割合が大きく減少したことを示した。

「第6章 集約型都市の実現可能性の分析方法とその結果」では、集約型都市の実現可能性について公共サービス水準、政策実施による税収入・支出および都市環境を分析指標として定義し、政策シナリオ別に分析した。その分析結果に基づいて、住民・行政・環境の視点における集約型都市の実現可能性を明らかにし、集約型都市の実現条件を示した。具体的には、公共サービス水準は公共サービス量および公共施設までの移動コストにより分析した。また、政策実施による税収入・支出は、収入として個人住民税、固定資産税、支出として公共施設維持管理費用、公共施設大改修・更新費用、公共施設除却費用、人工造林化費用、都心部移住補助金、郊外部撤退費用補助金を対象に分析した。そして、都市環境は交通分野における二酸化炭素排出量により分析した。各シナリオ別に比較分析をした結果、公共サービス水準に関しては、公共サービス量は、集約型都市シナリオにおいて郊外ゾーンの公共施設が経年的に除却されることにより、サービス量が著しく低下するが、都心部ゾーンへ居住者を集約することにより長期に渡って現状と同程度のサービス量を維持することが可能であることを明らかにした。また、移動コストに関しては、都市全体で大きく変化しない傾向であるが、シナリオIIや集約型都市シナリオでは公共施設を除却することにより郊外ゾーンを中心に移動コストが増加することを明らかにした。また、政策実施による税収入および支出に関

しては、収入は都心部ゾーンへ居住者を集約することにより、世帯あたりの土地および家屋の面積が減少するが都心部ゾーンの固定資産評価額が高くなるため、固定資産税の歳入額が一時的に増加することを示した。この結果から、集約型都市の実現により都心部ゾーンの居住者は固定資産税の負担が大きくなることを明らかにした。また、支出は公共施設の除却により、長期的に施設の維持管理費用や大改修・更新費用を削減することが可能となるが、集約型都市の実現のための費用が最大で収入総額の約 70%を占めるため、行政に対して大きな負担となることを明らかにした。そして、都市環境では、最も二酸化炭素排出量を削減することが可能なシナリオは、各地域拠点ゾーンに居住者を集約させる多極集約型のシナリオ IV であり、シナリオ I と比較して最大で 12.2%の排出量が削減可能であることを明らかにした。シナリオ別の分析結果より、理想的な集約型都市は、各地域拠点へ集約することによる効果が最も大きい多極集約型都市であることを示した。一方、公共サービス水準の維持の視点における理想的な都市像は、住民および行政の負担が少ない IT 技術発展型都市であることを示した。

「第 7 章 結論」では、本論文の成果と今後の展望について整理し、本論文の結論とした。分析結果に基づいた結論として、集約型都市の実現によって、住民は現状と同様の公共サービス水準を維持することは可能であるが、固定資産税の負担が増加し、行政は公共施設の維持管理費用を削減することは可能であるが、政策実施費用の負担は増加することを述べた。本論文で主張する点として、集約型都市を実現するためには都心部ゾーンへの移住促進に向けた政策の早急な立案の必要性を指摘した。特に、行政が莫大な移住に対する補助金を負担し、住民に都心部へ移住するインセンティブを与えることが必要である。しかし、補助金の費用を拠出するためには、個人住民税や固定資産税の税率を上げて住民の負担も増やす必要がある一方、集約型都市の実現が難しい場合は、ICT 技術発展による公共施設の IT 化を促進することで、行政は公共施設の維持管理費用の削減が可能となり、住民に対する公共サービス水準の維持が可能であると結論付けた。

目次

第1章	序論	1
1.1	本論文の背景と目的	1
1.2	本論文の構成	2
	参考文献	4
第2章	既存文献の整理と本論文の位置づけ	5
2.1	集約型都市の実現に向けた政策評価に関する研究の整理	5
2.1.1	集約型都市の概要	5
2.1.2	集約型都市の実現に向けた政策評価に関する研究の整理	9
2.2	動学的および空間的な土地利用・交通モデルに関する研究の整理	12
2.2.1	土地利用・交通モデルの整理	12
2.2.2	動学的なモデルを用いた政策の導入効果に関する研究の整理	13
2.2.3	動学的かつ空間的な土地利用・交通モデルを用いた政策評価に関する研究の整理	16
2.3	集約型都市の実現に向けた政策評価に関する課題と本論文の位置づけ	17
	参考文献	19
第3章	動学的かつ空間的な土地利用・交通モデルの構築と対象都市への適用	23
3.1	動学的かつ空間的な土地利用・交通モデル MARS の概要	23
3.1.1	システムダイナミクスの概要	23
3.1.2	MARS モデルの概要	25
3.1.3	MARS モデルの構造	26
3.2	政策評価に向けたモデルの構築	43
3.2.1	居住者推計モデルのコーホート化	43
3.2.2	公共施設サブモデルの構築	45
3.2.3	公共サービスサブモデルの構築	46
3.2.4	税金歳出入推計モデルの構築	47
3.3	対象都市の選定とモデル適用のためのデータ整理	51
3.3.1	対象都市の選定	51
3.3.2	対象都市域のゾーン分割と集約型都市の定義	54
3.3.3	モデル適用に向けたデータの整理	55
3.4	シミュレーションの実行およびモデル精度の検証	59
3.4.1	MARS の計算方法およびシミュレーションの実行	59
3.4.2	モデル精度の検証と適用可能性	60
	参考文献	61
第4章	集約型都市の実現に向けた政策の整理とシナリオの定義	63
4.1	対象都市における集約型都市の実現に向けた政策の整理	63
4.2	政策シナリオの定義	67

4.3 対象の公共施設.....	70
4.4 政策実施のタイミング.....	74
参考文献.....	75
第5章 政策シナリオ別のモデルシミュレーション結果の比較分析.....	77
5.1 政策実施タイミングの違いによる効果の分析.....	77
5.2 シミュレーション結果の比較分析.....	79
5.2.1 ゾーン別居住者密度の比較分析.....	79
5.2.2 ゾーン別交通手段割合の比較分析.....	85
5.3 5章のまとめ.....	89
参考文献.....	90
第6章 集約型都市の実現可能性の分析方法とその結果.....	91
6.1 集約型都市の実現可能性の分析指標とその手法の整理.....	91
6.1.1 住民視点における分析指標.....	91
6.1.2 行政視点における分析指標.....	92
6.1.3 都市環境における分析指標.....	95
6.2 シナリオ別の集約型都市の実現可能性の分析.....	96
6.2.1 公共施設数の変化.....	96
6.2.2 公共サービス量の増減率.....	97
6.2.3 移動コストの変化.....	101
6.2.4 税金の収入額の変化.....	105
6.2.5 税金の支出額の変化.....	108
6.2.6 税金の収入額における支出額の占める割合.....	111
6.2.7 交通分野における二酸化炭素排出量.....	115
6.3 集約型都市の実現可能性の評価.....	116
6.4 6章のまとめ.....	118
参考文献.....	120
第7章 結論.....	121
7.1 本論文の成果.....	121
7.2 本論文における主張する点.....	123
7.3 今後の展望.....	124
謝辞.....	125

図表目次

図 1-1	本論文の構成	3
図 2-1	富山市が目指す都市構造概念図	7
表 2-1	富山市における居住誘導施策	7
図 2-2	立地適正化計画の作成状況	8
表 2-2	土地利用・交通モデルの整理	12
図 3-1	人口増減数の関係性を示した因果ループ図	24
図 3-2	ストックフロー図	24
図 3-3	MARS が適用された都市	25
図 3-4	MARS の構造（概略図）	26
図 3-5	MARS の因果ループ図	27
図 3-6	MARS モデルにおける交通需要推計	27
図 3-7	交通モデルの因果ループ図	28
図 3-8	公共交通トリップの構成要素	30
図 3-9	自家用車トリップの構成要素	30
図 3-10	Vensim で構築された交通サブモデル（Vehicle Availability）	32
図 3-11	Vensim で構築された交通サブモデル（Travel Demand）	33
図 3-12	Vensim で構築された交通サブモデル（Destination and Mode Choice）	33
図 3-13	Vensim で構築された交通サブモデル（Speed Flow）	34
図 3-14	Vensim で構築された交通サブモデル（Attractiveness by Purpose）	34
図 3-15	Vensim で構築された交通サブモデル（Trip Time by Mode）	35
図 3-16	Vensim で構築された交通サブモデル（Occupancy Calculations）	35
図 3-17	土地利用モデルの因果ループ図	36
図 3-18	Vensim で構築された土地利用サブモデル（Land Consumption per Unit）	38
図 3-19	Vensim で構築された土地利用サブモデル（Land Development）	39
図 3-20	Vensim で構築された土地利用サブモデル（Housing Units）	40
図 3-21	Vensim で構築された土地利用サブモデル（Residents）	40
図 3-22	Vensim で構築された土地利用サブモデル（Workplaces）	41
図 3-23	Vensim で構築された土地利用サブモデル（Accessibility）	41
図 3-24	Vensim で構築された土地利用サブモデル（Household Income）	42
図 3-25	本論文で改良した点	43
図 3-26	居住者のコーホートモデル	45
図 3-27	公共施設サブモデル	46
図 3-28	公共サービス水準サブモデル（移動コスト）	47
図 3-29	公共サービス水準サブモデル（公共サービス量）	47
図 3-30	税金歳出入推計モデル（個人住民税および固定資産税，公共施設維持管理費用）	48

図 3-31	税金歳出入推計モデル（固定資産税）	49
図 3-32	税金歳出入推計モデル（公共施設除却費用）	49
図 3-33	税金歳出入推計モデル（人工造林化費用）	49
図 3-34	税金歳出入推計モデル（補助金）	50
図 3-35	千葉市全体とその 6 区	51
図 3-36	千葉市における土地利用の変遷	51
図 3-37	千葉市における公共施設の更新費用の見通し	52
図 3-38	千葉市における目指すべき都市構造	53
図 3-39	一極集約型都市（上）と多極集約型都市（下）	54
図 3-40	入力データの入手からモデル入力までの手順	55
表 3-1	成長率に関する必要データ一覧	56
表 3-2	都市単位（スカラーデータ）で必要となるデータ一覧	56
表 3-3	ゾーン単位（ベクトルデータ）で必要となるデータ一覧（1）	57
表 3-4	ゾーン単位（ベクトルデータ）で必要となるデータ一覧（2）	58
図 3-41	MARS の計算構造	59
図 3-42	モデル精度の検証結果	60
図 4-1	千葉市における立地適正化計画の策定スケジュール	63
図 4-2	千葉市における居住促進区域および都市機能誘導区域	65
表 4-1	千葉市が実施する居住促進のための施策（一部抜粋）	66
表 4-2	千葉市が実施する都市機能誘導のための施策（一部抜粋）	66
表 4-3	政策シナリオの一覧	69
表 4-4	行政施設に関する情報一覧	70
表 4-5	図書館に関する情報一覧	71
表 4-6	集会施設に関する情報一覧	71
表 4-7	公民館に関する情報一覧	72
表 4-8	公民館に関する情報一覧（表 4-7 からの続き）	73
図 4-3	公共施設の配置状況	73
図 4-4	政策実施のタイミング	74
図 5-1	全人口に占める郊外ゾーン居住者数の割合（シナリオ III）	77
図 5-3	シナリオ II における 2010 年から 2060 年までの居住者密度の変化（5 年おき）	81
図 5-4	シナリオ III における 2010 年から 2060 年までの居住者密度の変化（5 年おき）	82
図 5-5	シナリオ IV における 2010 年から 2060 年までの居住者密度の変化（5 年おき）	83
図 5-6	シナリオ V における 2010 年から 2060 年までの居住者密度の変化（5 年おき）	84
図 5-7	シナリオ I における交通手段割合の変化（2010 年から 2060 年）	86
図 5-8	シナリオ II における交通手段割合の変化（2010 年から 2060 年）	86
図 5-9	シナリオ III における交通手段割合の変化（2010 年から 2060 年）	87
図 5-10	シナリオ IV における交通手段割合の変化（2010 年から 2060 年）	87
図 5-11	シナリオ V における交通手段割合の変化（2010 年から 2060 年）	88

表 6-1	各工事費用原単位一覧	94
表 6-2	交通手段別排出係数一覧	95
表 6-3	各シナリオにおける公共施設数の変化（5年おき）	96
図 6-1	シナリオ別の公共施設数の変化.....	96
図 6-2	公共サービス量の増減率（シナリオⅠ）	98
図 6-3	公共サービス量の増減率（シナリオⅡ）	98
図 6-4	公共サービス量の増減率（シナリオⅢ）	99
図 6-5	公共サービス量の増減率（シナリオⅣ）	99
図 6-6	公共サービス量の増減率（シナリオⅤ）	100
図 6-7	ゾーン別における1人あたりの最小移動コスト（シナリオⅠ）	102
図 6-8	ゾーン別における1人あたりの最小移動コスト（シナリオⅡ）	102
図 6-9	ゾーン別における1人あたりの最小移動コスト（シナリオⅢ）	103
図 6-10	ゾーン別における1人あたりの最小移動コスト（シナリオⅣ）	103
図 6-11	ゾーン別における1人あたりの最小移動コスト（シナリオⅤ）	104
図 6-12	税金の収入額（シナリオⅠ）	105
図 6-13	税金の収入額（シナリオⅡ）	106
図 6-14	税金の収入額（シナリオⅢ）	106
図 6-15	税金の収入額（シナリオⅣ）	107
図 6-16	税金の収入額（シナリオⅤ）	107
図 6-17	税金の支出額（シナリオⅠ）	108
図 6-18	税金の支出額（シナリオⅡ）	109
図 6-19	税金の支出額（シナリオⅢ）	109
図 6-20	税金の支出額（シナリオⅣ）	110
図 6-21	税金の支出額（シナリオⅤ）	110
図 6-22	税金の収入額に占める支出額の割合（シナリオⅠ）	112
図 6-23	税金の収入額に占める支出額の割合（シナリオⅡ）	112
図 6-24	税金の収入額に占める支出額の割合（シナリオⅢ）	113
図 6-25	税金の収入額に占める支出額の割合（シナリオⅣ）	113
図 6-26	税金の収入額に占める支出額の割合（シナリオⅤ）	114
図 6-27	交通分野におけるシナリオ別の二酸化炭素排出量	115
表 6-4	各シナリオにおける集約型都市の実現可能性の評価.....	117

第1章 序論

1.1 本論文の背景と目的

我が国の多くの都市では、人口減少による財源の縮小と高齢化に対応した医療福祉サービスの充実を両立させるため、これまで拡大してきた市街地を集約し、よりコンパクトで効率的な市街地に転換することを目指している。この政策を推進する観点から政府は、2014年に都市再生特別措置法¹⁾によって立地適正化計画制度を創設し、既に多くの都市（令和2年3月31日時点で326都市²⁾）が、「コンパクト・プラス・ネットワーク」³⁾のコンセプトに基づいて集約型都市を目指す立地適正化計画を立案している。この立地適正化計画においては、スプロールしている郊外部の市街地を縮小して、公共交通ネットワークを軸とする地区へ市街地だけではなく、公共施設も集約し、限られた財源の中で、より良い公共サービスを提供しようという取り組みである。具体的な取り組み事例として、富山県富山市⁴⁾は、立地適正化計画に基づいて、公共交通駅を中心とした徒歩圏内に居住誘導区域を定めて人口密度を維持することで、都市のコンパクト化を促進して都市機能を計画的に誘導している。この計画により、市街地の空洞化の抑制より地価が維持され、公共交通の利用が増加し、経済面および環境面の双方にプラスの効果を与えている。

上記のように地方中核市において、立地適正化計画の都市集約化政策の立案・実施により多様な効果を得られているが、集約型都市を目指す立地適正化計画の実現には、以下のようないくつかの課題がある。

- ① 集約される市街地において集約が完了するまでの間、行政サービスを現状のまま維持することが可能なのか。また、財政的にも実現可能なのか。例え集約後は財政的に効率的であっても、集約途中で財政的に破綻することはないのか。
- ② 集約に係る費用、例えば都心への移転費用や公共施設を除却する費用は、誰が負担するのか。都心へ移転するインセンティブをどのように与えるのか。
- ③ コンパクトな市街地とは、高密度な市街地を意味するが、新たな日常が議論される中で本当にそのような市街地を形成することが都市において効率的なのか。

以上のような課題に対して答えを得るためには、市街地を集約化する過程での財政状態と行政サービス水準を分析することが必要となる。

そこで、本論文では、動学的かつ空間的な土地利用・交通モデルを用いて、縮小する可能性のある都市にそのモデルを適用する。さらに、既存文献より集約型都市の実現に向けた政策を整理し、シナリオを定義した上で、モデルのシミュレーションを実施する。その結果から、都市が現状から集約するまでのプロセス全体における公共サービス水準、財政状態、都市環境を分析し、人口および財政が縮小する都市における集約型都市の実現可能性を明らかにする。

1.2 本論文の構成

本論文の構成は、図 1-1 および以下の通りである。

まず、第 1 章では本論文の背景と目的を述べる。

第 2 章では、国内外の文献を用いて、集約型都市の実現に向けた政策の実施効果やその効果を評価する手法を整理し、これらに関する既存文献における課題を明示する。これを受けて本論文の位置づけを示す。

第 3 章では、既存文献から代表的な土地利用・交通モデルを整理し、本論文で用いる土地利用・交通モデル MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator)⁵⁾の特徴を明示する。また、本論文では、千葉県千葉市を対象都市として選定する。さらに、MARS を対象都市に適用するために改良する。その改良したモデルのシミュレーションの実行結果と統計データとの誤差を算出し、モデルの精度を検証することで、対象都市に適用可能か検証する。

第 4 章では、第 2 章で整理した集約型都市の実現に向けた政策に基づいて、対象都市における政策シナリオを定義する。本論文では、都市構造の実現に関する政策および公共施設に関する政策を対象とし、目指す都市構造を想定した上で、これらの政策の組み合わせにより 5 種類のシナリオ (I から V) を定義する。

第 5 章では、第 4 章で定義した政策シナリオ別にモデルシミュレーションを実行し、その結果からゾーン別居住者密度および交通手段割合を指標とし、政策実施効果を比較分析する。

第 6 章では、集約型都市の実現可能性について公共サービス水準、財政状態および交通分野の二酸化炭素排出量を評価指標として、シナリオ別に評価する。なお、評価に関しては最も政策効果の大きいシナリオ (政策実施年) を対象とする。さらに、その評価結果より、評価指標に対して政策の効果が最も大きいシナリオおよびその政策を明らかにし、集約型都市の実現可能性を評価する。

第 7 章では、本論文の成果と今後の展望について述べる。

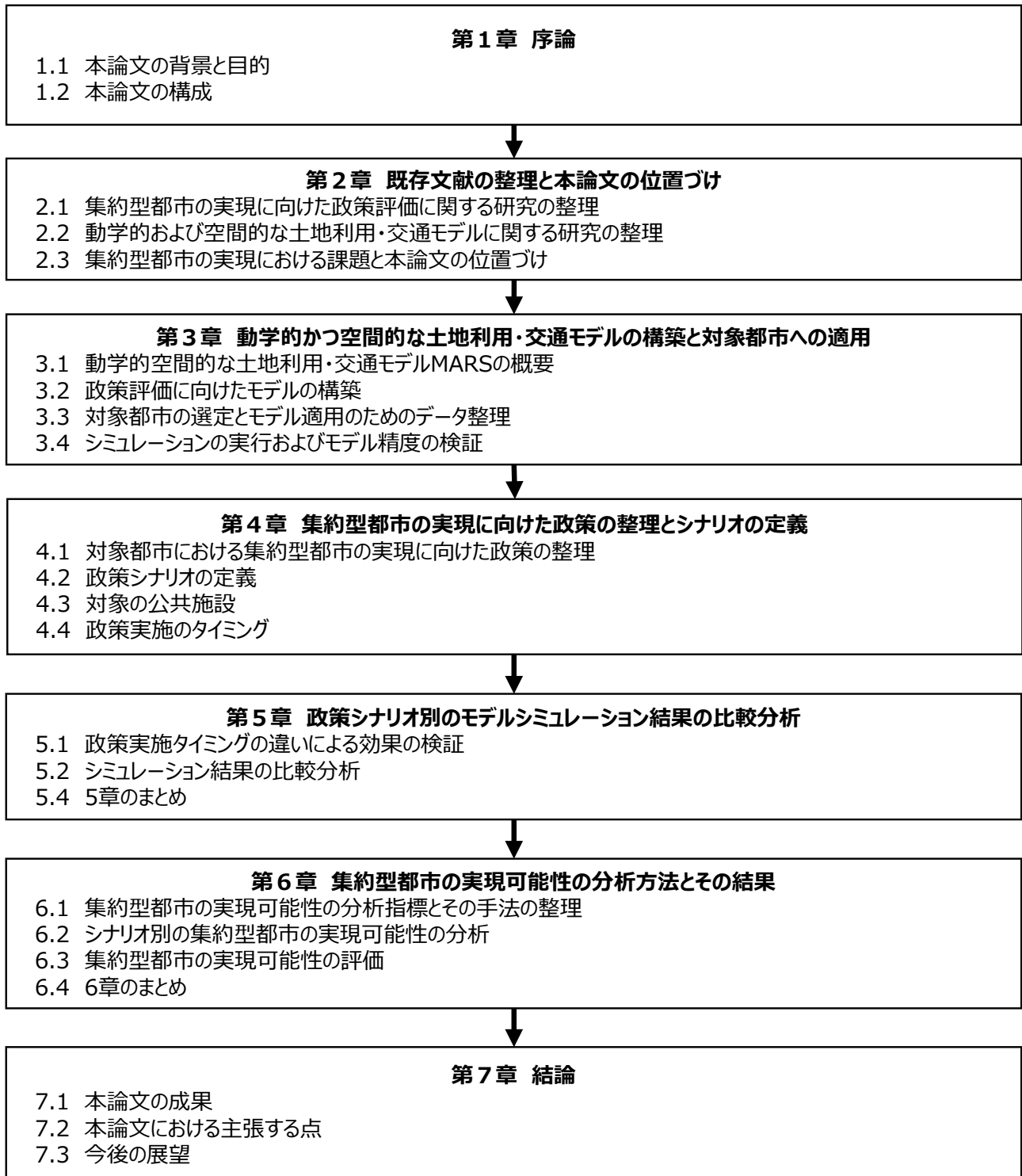


図 1-1 本論文の構成

参考文献

- 1) 電子政府の総合窓口 e-Gov : 都市再生特別措置法,
https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=414AC0000000022 ,
最終閲覧 2020 年 9 月.
- 2) 国土交通省 : 立地適正化計画の作成状況, <https://www.mlit.go.jp/common/001342642.pdf>, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 3) 国土交通省 : 重点的施策 コンパクト・プラス・ネットワーク,
https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_ccpn_000016.html#:~:text=%E4%BA%BA%E5%8F%A3%E6%B8%9B%E5%B0%91%E3%83%BB%E9%AB%98%E9%BD%A2%E5%8C%96%E3%81%8C,%E3%81%A7%E3%81%99%EF%BC%88%E3%82%B3%E3%83%B3%E3%83%91%E3%82%AF%E3%83%88%EF%BC%8B%E3%83%8D%E3%83%83%E3%83%88%E3%83%AF%E3%83%BC%E3%82%AF%EF%BC%89%E3%80%8, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 4) 富山市 : 富山市立地適正化計画,
<https://www.city.toyama.toyama.jp/katsuryokutoshisouzoubu/toshikeikakuka/tosikeikaku/rittitekiseikak-eikaku.html>, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 5) Forschungsbereich für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, Vienna University of Technology: MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator), <https://www.fvv.tuwien.ac.at/forschung/mars-metropolitan-activity-relocation-simulator/overview/>, Last Accessed on September, 2020.

第2章 既存文献の整理と本論文の位置づけ

本章では、国内外の文献を用いて、集約型都市の実現に向けた政策の実施効果や動学的および空間的土地利用・交通モデルの動向を整理し、これらに関する既存文献における課題を整理する。多くの文献では、集約型都市の実現は正の効果をもたらす、今後衰退する都市において有効な解決策の一つであると述べられていることを示している一方で、既存文献においては将来の目標とする集約型都市に至るまでのプロセスにおいて、公共サービス水準や財政状態の変化による影響度合いは明示されていないことや都市集約化のプロセスにおいて都心部と郊外部による政策の効果の違いに関する検証はなされていないことが述べられている。また、動学的または空間的土地利用・交通モデルはこれまでも多く開発され適用されているが、動学的かつ空間的に土地利用と交通の相互関係をシミュレーションすることが可能な土地利用・交通モデルは、本論文で用いる MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) のみであることを示す。以上のことから、本論文の位置づけを示す。

2.1 集約型都市の実現に向けた政策評価に関する研究の整理

2.1.1 集約型都市の概要

本論文において集約型都市の実現に向けた政策評価を行うにあたり、はじめに集約型都市の定義を含めた概要を整理する。集約型都市は、「コンパクトシティ」と表記される場合が多い。これは、多くの場合においてコンパクトシティは都市中心部に都市機能を集約させるからである。国土交通省によるコンパクトシティの概念は「*都市中心部にさまざまな機能を集めることによって、相乗的な経済交流活動を活発化させ、持続可能な暮らしやすい街をつくっていきこうとする、考え方である。*」と定義されている。一般的には、郊外部の居住者を都市中心部に集約することで、都市中心部の居住者密度を高度化させることで、持続可能な都市の発展を目指すことを意味している。

コンパクトシティの原点は、1972年のローマクラブの提言から始まり、EU諸国では地球環境問題への対策となる持続可能な開発として注目され、欧米では市街地の再生を目指して1970年代から検討されてきた。特に、スラムの拡大、コミュニティの崩壊などの都市問題に対しての都市計画として着目された。

国外の事例としては、ストラスプール市（フランス）²⁾が環境改善のためにLRT整備による公共交通指向型開発（TOD）を行ってきた。1960年代の経済成長期に都市の公共空間を自動車に譲り、都市内の歴史的建造物に囲まれた中心広場に車が進入するなど、自動車社会による騒音や景観悪化などの弊害を受けたため、1980年代にLRT（Light Rail Transit）の復活が提案され、まちと一体化した都市交通のトータルデザインが行われた。土地利用と連動させた公共交通の再編強化は、歴史的市中心街地のにぎわいを取り戻すことに成功しており、市中心街地活性化のシンボルとなっている。

ポートランド市（アメリカ合衆国オレゴン州）³⁾では、1960年代にモータリゼーションの進展により、郊外の開発が進められ都市が拡大し、車優先の土地利用形態が広がった。これにより都心部から郊外へ人口が流出し、歴史的建造物が次々破壊され空き地や駐車場に変わる荒廃と開発が行われてきた。このような背景から、1970年代に都市成長境界線を定め、都市中心部と農地森林地帯を明確に区分けし、開発の制限や景観美保存といった都市の成長管理を目的とする土地利用計画を展

開した。また、Metropolitan Area Express (MAX) Light Rail や Portland Streetcar などの軌道網を整備し、徒歩や自転車利用を重視した都市形態への転換を目指した。特に、MAX は中心部と郊外の 15 マイルを連続して走り、都心部では運賃無料区間制度を導入することによって、自動車利用の抑制をしている。

我が国においても市街地の空洞化や、高齢化社会への対策、財政の効率化といった点から、コンパクトシティが着目されてきた。今日では、実際にコンパクトシティ政策を導入した都市の他にも、都市計画マスタープランの中に、今後コンパクトなまちづくりへの再編成を提言している都市も多く存在する。このように我が国でコンパクトシティ計画の先駆けとなった法律が 1998 年に制定された「中心市街地における市街地の整備改善及び商業等の活性化の一体的な推進に関する法律」⁴⁾ である。この法律は、当時郊外部に人や商業施設の流出し中心市街地の衰退が顕著になったため、中心市街地再生のための解決策の一つとして策定され、これが一般にコンパクトシティ政策と呼ばれるようになった。

その策定された法律を基にコンパクトシティ政策を導入した事例としては、青森市および富山市が代表として挙げられる。青森市⁵⁾は、都市計画中でコンパクトな都市づくりを明確に提言し、日本で初のコンパクトシティ形成を打ち上げた。青森駅再開発事業によって、公共施設と商業施設の複合化や、高齢者対応型分譲マンションの建設、人口と商業の再編成を目標とする施策を行った。この事例は多くの研究⁶⁾⁷⁾⁸⁾においても、青森市のコンパクトシティ政策の導入による効果の実証分析がなされており、この政策の導入は成功すると結論付けられている。しかし、青森市における政策は一定の効果はあったものの、公共施設と商業施設の複合施設の破綻により、コンパクトシティ政策の失敗事例として挙げられる場合が多い。

一方、富山市⁹⁾¹⁰⁾は、公共交通を軸とした生活拠点の連結によって、自動車に依存せずに歩いて暮らせるコンパクトな街づくりを目指している。2006 年 4 月に全国初の本格的 LRT である「富山ライトレール」が開業し、2009 年 12 月に市内電車環状線が開業している。富山市が目指す都市構造として特徴的なのは、図 2-1¹¹⁾に示すように LRT や既存の鉄道などの一定水準以上のサービスレベルの公共交通軸を串、駅周辺に形成した市街地された徒歩圏を団子に見立てた「お団子と串」の都市形成である。この都市形成により、現状では日常生活に必要な機能が揃っておらず、車を利用しないと生活しづらい都市構造であるが、鉄軌道やバスなどの公共交通の活性化を図り、徒歩圏(お団子)を公共交通(串)でつなぐことにより、徒歩圏内で日常生活に必要な機能を享受できる都市を目指すことが可能となっている。また、公共交通の活性化に併せて、お団子となる対象のエリアを高密度化するために居住者を誘導する施策を実施している。山下¹²⁾が整理した富山市における居住者誘導施策を表 2-1 に示す。これらの施策における補助金の対象者は、事業者および市民となっている。特に事業者に対する施策が多く、中心市街地において積極的に開発していくことを促進している。一方、市民に対しても住宅取得のための補助金による支援施策も設けられており、公共交通軸沿線を中心に対象エリアへの居住を促進している。更に市民に対する補助金は条件付きで、補助金額を上乗せしている。このように、事業者や市民に対してインセンティブを設けた政策を全国に先駆けて実施したことも富山市のコンパクトシティ政策の特徴である。ゆえに、上記の青森市と同様に富山市のコンパクトシティ政策の実施効果を検証した研究¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾も多くある。特にコンパクトシティ政策が公共交通の利用にどのような影響を与えるのかを中心に検証している。

富山市が目指すお団子と串の都市構造

串 : 一定水準以上のサービスレベルの公共交通

お団子 : 串で結ばれた徒歩圏



図 2-1 富山市が目指す都市構造概念図

表 2-1 富山市における居住誘導施策

施策	開始年	支援対象	支援内容	支援金額
業 ま ち な か 居 住 推 進 事	2005	事業者	共同住宅の建設費への助成	100万円/戸
			優良賃貸住宅の建設費への助成	50万円/戸
			業務・商業ビルから共同住宅への改修費助成	100万円/戸
			共同住宅に設置する店舗、医療、福祉施設等の整備費用への助成	2万円/㎡
			ディスプレイ排水処理システムの整備費用への助成	5万円/戸
		市民	戸建て住宅または共同住宅の購入費等の借入金に対する助成	50万円/戸
			都心地区への転居に対する家賃助成	1万円/月(3年間)
居 公 住 推 進 事 沿 業 線	2007	事業者	共同住宅の建設費への助成	70万円/戸
			地域優良賃貸住宅供給事業の対象地域の拡大	-
		市民	戸建て住宅・共同住宅の建設・取得に対する補助	30万円/戸
			世帯住宅の場合は上乗せ補助	10万円/戸
			区域外からの転入の場合は上乗せ補助	10万円/戸

このように、青森市と富山市が全国に先駆けてコンパクトシティ政策を立案、実施したことにより、全国の自治体においてコンパクトシティに関する政策の立案および実施が本格化した。両市の政策が成功したのか、失敗したのかの一概に判断は難しいが、我が国のコンパクトシティ政策の発

展に大きく影響を与えたのは事実である。

コンパクトシティ政策の導入に失敗する地方自治体も出てきたこともあり、2000年代後半はコンパクトシティ政策に取り組む自治体が減少した。しかしながら、地方都市から徐々に人口減少や市街地中心部の衰退の問題が明確化してきたこともあり、2014年には都市再生特別措置法が制定され、新たに立地適正化計画制度¹⁸⁾が創設された。これは、我が国における最初のコンパクトシティの実現に対する土地利用計画制度であり、国土交通省は「コンパクト・プラス・ネットワーク」という概念を掲げ、各地方自治体に立地適正化計画の策定を促進している。立地適正化計画制度¹⁹⁾²⁰⁾とは、人口の急激な減少と高齢化を背景として、高齢者や子育て世代にとって安心できる健康で快適な生活環境を実現すること、財政面及び経済面において持続可能な都市経営を可能とすることを目的とし、医療・福祉施設、商業施設や住居等がまとまって立地し住民が公共交通によりこれらの生活利便施設等にアクセスできるなど、福祉や交通なども含めて都市全体の構造を見直すために設けられた制度であり、その中で、行政、市民、民間事業者が一体となり「コンパクト・プラス・ネットワーク」という考えに基づいて進めていくことが重要であると述べられている。「コンパクト・プラス・ネットワーク」²¹⁾とは、2014年に策定された「国土のグランドデザイン2050」²²⁾では、複数の拠点で都市サービス機能を有する施設を分担し、交通ネットワークで拠点間を結ぶことで施設を補完し、公共交通を活用して誰でもが都市機能にアクセスできる環境を構築するために集住を目指すことである。

国の積極的な主導およびコンパクトシティの実現に対する具体的な政策の策定により、542都市が立地適正化計画に対して具体的な取り組みを行っており、そのうちの339都市が計画の作成および公表をしている。立地適正化計画の作成状況を図2-2²³⁾に示す。

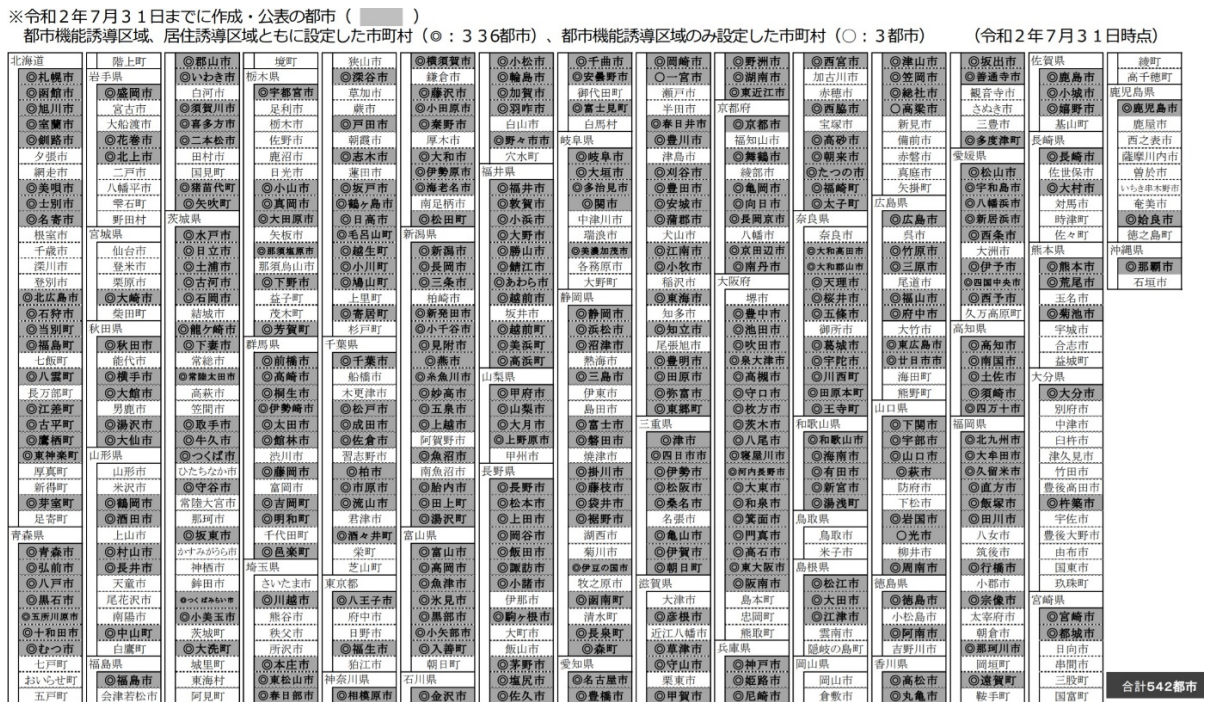


図 2-2 立地適正化計画の作成状況

2.1.2 集約型都市の実現に向けた政策評価に関する研究の整理

近年、集約型都市に関する研究は、数多くが行われており、政策導入により期待される効果について分析を行っている研究が多い。中でも、政策導入前と導入後のCO₂排出量に関する研究や、集約による公共施設や都市基盤施設の削減といった点に着目した研究が行われている。本節では、集約型都市に関する研究について、政策評価の手法や評価対象別に整理する。

まず、コンパクトシティの定義については、渡部ら²⁴⁾は、コンパクトシティの定義を既存研究から統計的に整理し、日本の中小都市を対象に都市のコンパクト性の分析を行った。分析結果より、日本においてコンパクトシティは、「交通と土地利用のアプローチによって機能と人口を集約させ、環境・経済・社会の3つの軸によって測られる都市形態」ととらえられていることを明らかにした。その上で、環境・経済の2軸について代替指標を用いて、時間変化に着目し評価を行った。その結果、人口規模の小さな都市は、人口規模の大きな都市に比べてコンパクト性が安定しないため、コンパクトシティ政策の効果が表れないことを明らかにしている。

コンパクト化に関連した都市のマネジメント費用の研究としては、森本ら²⁵⁾が人口の集約パターンのシナリオをネットワーク型都市構造と都心居住型都市構造の2種類を構築し、コンパクト化の住み替え率による公共施設の維持管理費用の推移を全国各市の公共施設の利用者数と年間維持管理費用から構築した推計式を用いて、「小学校・中学校・公民館」といった生活拠点施設の推計と、全国各市の都市基盤施設の排水管延長や道路庁といった固有の要因と維持管理費用から構築した推計式を用いて「上下水道・道路・橋梁」といった都市基盤施設毎に推計した。その一方で、都市のコンパクト化によるCO₂排出削減量を公共交通の場合は、CO₂排出原単位にトリップ数とトリップ長を乗じて推計し、自動車はマクロ交通流シミュレータを用いて推計した。その結果、コンパクト化は公共施設の維持管理費用を削減する効果があることを示し、特に都心居住型都市構造がネットワーク構造よりも市財政に有利である一方、従来から効果が期待されていた環境面に関しては効果が発言されないことを示した。また、土屋ら²⁶⁾は、日本全国を対象として、都市のコンパクト化を人口密度の高度化として捉え、3次メッシュ単位での将来人口推計を試み、メッシュ単位での将来人口推計の可能性を実証的に検証した。そして、将来的な視点から我が国の人口分布に関する概観を把握した。その結果、都市全体の人口減少に伴い、人口の拡散した地域における人口が減少しているために、将来的に、低密度の地域が広がっていくことを明らかにした。さらに、将来推計結果、および都市のコンパクト化を図るケースの推計結果から、都市のコンパクト化による道路の雪寒費、および維持管理費用の削減効果について、最大で690億円程度、トレンドと比較して、最大で620億円程度年間維持管理費用が削減されることを明らかにした。

根市ら²⁷⁾はコンパクト化政策の導入を人口密度の高度化と捉え、3次メッシュ単位による都市のコンパクト化施策の有無別全国将来人口分布予測結果を前提として都市施設のマネジメント費用の変化を上下水道、道路、ガス管路、除雪工事の費用削減から評価した。また、都市のコンパクト化のデメリットとして震災リスクの変化も併せて検討した。その結果、コンパクトシティ政策を行わない場合とコンパクトシティ政策を行った場合では、上水道管路では270億円、下水道管路では10億円、ガス管路で10億円、道路で420億円程度の年間維持管理費用が削減されるが、震災リスクは増大する可能性が高いことを示した。

高橋ら²⁸⁾は持続可能な都市としてコンパクトシティに着目し、コンパクト化の効果は都市のイン

フラコスト削減が重要な効果であるとして、コンパクトシティ形成の効果を貨幣単位で定量化する都市形成会計システムを構築し、構築したシステムを用いて福岡市をケーススタディとする費用便益分析を行なった。その結果、福岡市におけるケーススタディでは、コンパクトシティの形成費用が便益を上回る結果となったが、緑地効果や中心市街地の活性化による効果を含める必要があると述べている。

都市の集約化における政策実施コストに関する研究として、例えば、和田ら²⁹⁾は、都市のコンパクト化のシナリオを単心シナリオと多心シナリオの2つ構築し、コンパクト化の費用効果を、再編成時にかかる費用を含めた都市経営と、CO₂排出量削減の観点から評価した。その結果、単心シナリオは多心シナリオと比較すると、CO₂排出削減量や、公共施設の維持管理費用の除却が可能であるが、集約による居住地移転者の補償を行政が行う場合を考慮すると、単心シナリオよりも多心シナリオが現実的であるという結果を示した。また両シナリオ共に再編成課程における工事費用を回収するには、数十年先までの検討を動的に行う必要があることを示した。村中ら³⁰⁾は、コンパクトシティ政策が周辺地域に与える影響を分析している。政策の実施の効果を評価するために、1km²の地域における人口と土地利用率からなる散布図を用いて、人口の移動および土地利用の変化をシミュレートした上で、行政コストを算出した。その結果、ハブエリアが大きくなり、ハブの人口密度が高くなると、行政コストが高くなることを明らかにした。また、市内中心部から地理的に遠い農業コミュニティの孤立度は基本的に高く、ハブエリアの人口密度が上昇するにつれて、郊外のコミュニティの孤立度が増加することを明らかにした。ゆえに、ハブに定住する人口規模が小さいことは、行政コストと周辺地域の孤立の度合いとの関係に影響を与え、コンパクトな都市政策が周辺地域の孤立に影響を与えていることを示した。

また、都市集約化政策と環境負荷に関して述べられている研究も多くある。例えば、牧野ら³¹⁾は、福井市を対象とし、コンパクトシティ政策が都市構造と交通環境負荷にどの程度及ぼすか、いくつかのシナリオを設定し、シミュレーションを行った。はじめに、鉄道の駅やネットワーク、運行頻度、車両の混雑や道路の混雑といった各交通手段の特性を考慮した都市構造モデルを構築した。その構築したモデルを用いて、郊外店舗立地の有無のシナリオを設定し、シミュレーションを行った。その結果、どちらのシナリオとも1人あたりのエネルギー消費量が高くなったことや鉄道事業者の収支が赤字に転落することとなった。これらの結果を踏まえ、上記のシナリオに鉄道サービスの向上、中心市街地・駅周辺の容積率規制緩和、パークアンドライドの項目を追加し、再度シミュレーションを行った。その結果、1人あたりのエネルギー消費量が減少し、鉄道事業者の収支が黒字に転じた。このことから、鉄道サービス向上施策と容積率規制緩和施策については都市面積の縮小やエネルギー消費の削減などコンパクトシティ施策に効果があるとしている。また、コンパクトシティ施策の実施により、鉄道事業者の収益が赤字から黒字に転じており、コンパクトシティ施策の実施は都市における公共交通事業者の収益改善をもたらす可能性があることを明らかとした。また、松橋³²⁾は、大阪都市圏パーソントリップデータ(PT)から算出された248ゾーンのトリップ・エネルギーを考慮したコンパクトシティのあり方について考察している。その結果、(1)人口の多いゾーンは比較的低いトリップ・エネルギーを消費する、(2)オフィスは市内中心部に集中する必要がある、(3)徒歩と自転車の比率が高いため、市内中心部のすぐ近くのゾーンのトリップ・エネルギーの消費は低いということが明らかとなった。森本ら³³⁾は、昭和62年から平成11にかけての道路

施設整備と交通施設による交通エネルギー消費の変化と、都市構造の違いによる交通エネルギー消費の変化と、道路整備とコンパクト性の両方からみたエネルギー消費の変化について年代別に分析を行った。対象都市は、PT 調査をもとに日本全国の人口 100 万人以上の都市すべてと、全国から偏らないように選ばれた都市が調査対象となっている。はじめに、交通施設とエネルギー消費量の関係性は、公共交通指向型と自動車指向型に分類し、都市のコンパクト性とエネルギー消費量の関係性は、都市機能の集積域と集積密度からみて両方共コンパクト性の高い都市を高、両方共低い都市を低、どちらかが高い都市を中とし3つに分類した。分析結果より、公共交通指向型都市のほうが自動車指向型都市よりもエネルギー消費量は低い値になり、コンパクト性の高い都市では経年的にエネルギー消費量の最大・最小値・平均値とも低いが、コンパクト性が低くなるに連れこれらの値は増加する傾向になることを明らかにし、道路整備とコンパクト性の両方からみたエネルギー消費量に関しては、公共交通指向型ではコンパクト性が高いほど、エネルギー消費量の抑制につながっており、自動車指向型ではコンパクト性にあまり関係がないことを明らかにした。

中道ら³⁴⁾は、豊田市を対象とし、SLIM CITY (Smart Layout Indicators to Materialize Compact City) モデルを用いて、都市のコンパクト化政策を実施した際にそのモデルが適用できるように調整を行った。さらに、そのモデルが簡易にどの都市においても活用できるように実用性を確立している。具体的には、2050 年を想定年次とし、人口シナリオ (2 万人増加または減少シナリオ) と都市構造シナリオ (非コンパクト化シナリオ、コンパクト化シナリオ、コンパクト化+公共交通改善シナリオ) を組み合わせたシナリオを設定し、居住状況、居住者特性、交通負荷、交通行動、居住者意識の項目について分析している。その結果、現状を 1.00 とすると、コンパクト化政策の導入により、例えば平均自動車燃料消費量や自動車利用トリップ数の割合が人口増加のシナリオを設定したとしても、減少したと論じている。また、公共交通の改善を行うと、更に減少し、都市のコンパクト化政策が有効であることを明らかにしている。一方、SLIM CITY の実用性の確立に関しては、様々なシナリオを適用し感度分析した結果、挙動の安定性を確立できたと述べており、他の都市においても適用できるとして結論づけている。

都市の集約化は、その都市に居住する人々や行政に大きな影響を与えることが明らかになっている。特に、集約化に関する施策が実施されると、都市中心部には都市機能が集約されるため都市のサービス水準が向上されるが、撤退対象となる郊外部は都市機能の低下が危惧されている。そこで、多くの研究では、都市の集約化による居住者の都市機能施設までの移動コストやアクセシビリティの変化を分析している研究も多い。例えば、若松ら³⁵⁾が公共施設における財政需要の実証分析と題して、公共施設利用者が費やす施設の移動コストは、施設数が増えれば減少し、施設数が減れば増加するが、一方公共施設に費やす総費用は施設数が増えれば増加し、施設数が減れば減少するといったトレード・オフの関係にあると仮定し、滋賀県湖南市の2つの公立図書館を対象に実証分析を行なった。その結果、図書館を1つ除却した場合、移動費用は増大するがそれ以上に公共施設に費やす総費用の削減が図れることを示した。秋元³⁶⁾は、青森市を対象に都心部の代表施設である中央駅へのアクセシビリティを分析し、青森市における都市政策への適用可能性を分析している。その結果、青森市の多くの居住者が施設に到達できることが明らかとなった。この結果を踏まえ、コンパクトシティ政策の実施過程で郊外部の拠点が孤立すると考えられるため、市政府は郊外部の拠点を都市構造に含めたマスタープランを作成の必要性を述べている。

2.2 動学的および空間的な土地利用・交通モデルに関する研究の整理

2.2.1 土地利用・交通モデルの整理

これまで、土地利用と交通の相互関係を表現するための土地利用・交通モデルが開発されてきた。開発された多数の土地利用・交通モデルについて、Acheampong ら³⁷⁾は、土地利用と交通に関する相互作用のモデリングについて既存研究のレビューから表にまとめて整理している。整理された土地利用・交通モデルを表 2-2 に示す。

表 2-2 土地利用・交通モデルの整理

Utility Maximization-based models	Micro-Simulation models	Other
Atlanta ARC (PB, Bowman and Bradley 2006)	ALBATROSS (Arentze et al. 2000, Arentze and Timmermans 2004)	HAPP (Recker 1995)— based on operations research approach
CEMDAP (Bhat et al. 2004)	AMOS (Pendyala et al. 1997)	
CEMUS (Eluru et al. 2008)	CARLA (Clarke, 1986)	
Columbus MORPC (PB Consult 2005)	HATS (Jones et al. 1983)	
FAMOS (Pendyala et al. 2005)	LUTDMM (Xu, Taylor and Hamnett, 2005)	
New York NYMTC (Vovsha and Chiao 2008)	MATSIM (Balmer, Meister and Nagel, 2008)	
Portland METRO (Bowman 1998)	STARCHILD (Recker, McNally and Root 1986)	
SACSIM (Bradley, Bowman and Griesenbeck 2009)	SCHEDULER (Gärting et al. 1989)	
SFCTA (Outwater and Charlton 2008)	SMASH (Ettema, Borgers and Timmermans, 1996)	
Sacramento SACOG- DaySim (Bowman and Bradley 2005)	TASHA (Miller & Roorda, 2003)	
	TRANSIMS (Smith et al. 1995, Nagel and Rickert 2001)	

これまで、土地利用および交通の統合 (LUTI) モデルは、欧州の都市を中心に多く適用されているが、アジアの都市において適用されているモデルは少ない。各モデルは、モデル構造、サブモデルのタイプのそれぞれにおいて、共通部分または異なる部分があるため、ここではいくつかの代表的なモデルについて整理する。CUFM (California Urban Futures Model)³⁸⁾³⁹⁾は、土地利用、就業、住宅、雇用、人口などの個別のコンポーネントをランダム効用理論に基づいて構築している。また、UrbanSim は、世帯、企業、土地所有者、開発者の選択に基づいて、都市の不動産市場で相互作用している。UrbanSim⁴⁰⁾は、高度な LUTI モデルの 1 つであり、交通シミュレーションに接続する可能である。多くの既存研究では、ケーススタディとして UrbanSim を適用している。さらに、LUTI モデルは近年で大幅に進化しており、IRPUD⁴¹⁾、MUSSA⁴²⁾、MARS⁴³⁾などが代表的なモデルである。しかしながら、大部分の既存モデルは動学的および空間的に計算可能なメカニズムとなっていない。特に、ITLUP⁴⁴⁾や UrbanSim は動学化されているモデルであるが、に 2 時点の年次データを用いた疑

似動学化であり、課題が残る。そこで、本論文では、集約型都市の実現に向けて、土地利用と交通の相互作用の動的な変化を空間的に考慮するために、システムダイナミクス理論に基づいて構築され、空間的な表現が可能な MARS を適用した。

2.2.2 動学的なモデルを用いた政策の導入効果に関する研究の整理

Anas ら⁴⁵⁾は、近年経済成長による大気汚染の深刻化が懸念されている中国・北京市を研究対象都市とし、Core-Periphery モデルを用いて、道路拡張や公共交通改善による CO₂ 排出量の削減効果を推計している。具体的には、まず初めに北京市を土地利用、住宅や人口密度のデータを参考とし、中心部と郊外部の 2 ゾーンに分割している。そして、2005 年を基準年とし、3 つのシナリオ (①郊外道路の拡張のみ、②中心部の公共交通改善のみ、③①と②を組合せたシナリオ) を設定している。次に Core-Periphery モデルを用いて、上記のシナリオの CO₂ 排出量の削減効果を推計している。このモデルを用いると、住宅のストック量、交通手段別のトリップ数、VKT、燃料消費、CO₂ 排出量、賃料、所得別の消費者余剰集計値をアウトプットとして推計することができる。その結果、トリップ数、旅行時間、VKT、燃料消費、CO₂ 排出量は、①と③シナリオでは増加し、②シナリオでは減少した。また、中心部の賃料は①シナリオのみ減少し、②と③シナリオでは増加する結果となった。推計結果から、②シナリオが中心部に人を引き付ける効果があり、結果的には中心部の人口密度が高くなり、CO₂ 排出量と燃費消費が低くなることがわかった。この論文では、CO₂ 排出量の削減をするために 3 つのシナリオを設定しているが、推計結果から道路拡張などの郊外開発を行うよりも中心部の公共交通改善を行う方が CO₂ 排出量の削減に効果があることを明らかにしている。また、CO₂ 排出量の削減効果が高いのは中心部の公共交通改善であるが、CO₂ 排出量削減効果の低い郊外部の道路拡張においても、CO₂ 排出量の削減効果以外の直接効果と間接効果があることを明らかにしている。直接効果として、郊外部の渋滞減少、車両の速度増加、郊外部にある勤務地までの移動時間減少、間接効果として、郊外部の居住地や勤務地の魅力が増加し、郊外部に居住地や勤務地を設けることに影響することを挙げている。

Wang⁴⁶⁾は、中国・大連市を対象として、都市開発、人口、GDP、環境において自動車所有政策を導入の効果推計をしている。具体的には、Vensim モデルを利用し、大連市のデータからシステムダイナミクス理論に基づいてモデル構築し、推計をしている。そのモデルには、人口、経済発展、自動車台数、環境影響、交通需要と供給、交通渋滞を含めている。また、構築したモデルのアウトプット値 (人口、GDP、自動車台数) の誤差は、5%以内となり、妥当性が高いモデルという結果となった。さらに、シミュレーションを行う上で 5 つのシナリオ (①促進強化シナリオ、②促進シナリオ、③厳しい制限シナリオ、④制限シナリオ、⑤介入なしシナリオ) を設定している。その結果、GDP と人口に大きな変化がみられた。政策によって厳しい制限を設けることで、将来の GDP、人口が大きく増加することがわかった。これらの結果から、柔軟な制限を設けた政策を導入することが望ましいと述べられている。最後に推計結果から政策 (①自動車の所有・利用の制限、②自動車の制限と同時に公共交通のサービス向上、③制限政策の実施と同時に CO₂ 排出量削減技術の研究・開発) の提案をしている。

Han ら⁴⁷⁾は、中国の都市間交通 (鉄道・高速道路・水上交通) を対象として、交通開発におけるエネルギー利用と CO₂ 排出量の推移についてシステムダイナミクスモデルを用いて推計してい

る。まず初めに、2000年の都市間交通データを基に2020年を目標とし、推計結果の検証として、2004年のデータを用いている。次にモデルネットワーク上に交通政策オプション（交通ネットワークの拡張と燃料税率）を追加構築し、CO₂排出量や燃料消費などの環境効果を推計している。具体的には、前提条件として2011年から2015年までと2016年から2020年までの交通成長率をそれぞれ10%、11%に仮定し、過去の政策と既存研究を基に3つのシナリオ（①BAUシナリオ、②Middle Controlシナリオ、③High Controlシナリオ）を設定している。その結果、BAUシナリオでは2000年次と比較して、約7倍燃料消費量が増加し、CO₂排出量に関しても増加した。また、②シナリオや③シナリオにおいても、燃料消費とCO₂排出量が2000年次よりも増加する結果となったが、高速道路ネットワークの拡張速度を遅くし、燃料税の導入により、BAUシナリオと比較して、それぞれ26%、32%の削減に繋がった。この論文は、3つのシナリオを設定しているが、推計結果から鉄道や水上交通の整備を優先的に行い、高速道路ネットワークの拡張を遅らせることや燃料税率の導入と引き上げは、燃料消費量とCO₂排出量の軽減に有効であることを明らかにしている。また、モーダルシェアについても上記と同じシナリオで推計をしている。その結果、水上交通はどのシナリオにおいても割合は変わらないが、③シナリオでは他のシナリオで60%以上を占めていた高速道路シェアを鉄道シェアが超えることがわかった。このことから高速道路ネットワークの拡張を遅らせることや燃料税率の導入と引き上げは、燃料消費量やCO₂排出量だけではなく、モーダルシェアにも影響することを明らかにしている。

Fengら⁴⁸⁾は、人口増加や経済成長が進んでいる中国・北京市を対象として、2005年から2030年までの北京市内のエネルギー消費量とCO₂排出量の傾向についてSTELLAを用いてモデル化し、推計している。この研究は、急速に成長する都市のエネルギー消費量とCO₂排出量の推移を推計することを目的としている。システムダイナミクスモデル（STELLA）を用いているが、このモデルは経済、農業、工業、サービス、住宅、交通の6部門に分かれている。また、実際にモデルに入力する値は、主に政府機関の調査データを用いている。特に推計結果に大きな影響をもたらすGDPと流動人口のデータに関して、GDPデータは2011年から2020年までは成長率8%、2021年から2030年までは成長率6%とし、流動人口は1987年から2005年までのデータに基づいて1500万人を超えないと、それぞれ仮定した。さらに、人口とGDP増加率が増減するシナリオを設定し、比較分析を行った。その結果、2030年時点でのエネルギー消費量はGDP増加率25%のシナリオが2005年と比較して13.65%増加し、最も増加率が高かった。エネルギー消費量とCO₂排出量の結果から、北京市では経済成長と人口が大きく影響してくることを明らかにしている。この論文で明らかにしたことは、以下の通りである。初めに、エネルギー消費量は、全体で2.90%増加したことが分かった。部門別のエネルギー消費量を見てみると、2005年には産業部門が半数を占めているが、2030年には、サービス部門が42%を占めることが明らかとなった。次に、エネルギー消費量の構造変化として、石油・石炭が減少し、NGなどの代替エネルギーの利用が急速に成長していくことが分かった。一方、CO₂排出量としては、2011年から2015年の間はわずかに減少するが、増加傾向にあることが明らかとなった。数年間CO₂排出量が減少する要因として、エネルギー効率の改善が影響していることが述べられている。部門別のCO₂排出量を見てみると、交通部門の成長率が大きいことがわかった。全ての結果から、北京市では経済成長と人口が大きく影響していることが明らかとなった。

Pfaffenbichler ら⁴⁹⁾は、長期的な都市計画戦略を評価するためのフレームワークを提案することを目的とし、土地利用と交通の相互関連の一般的な評価と SPM の開発を行っている。このモデルのフレームワークは、4つのモジュール（政策手段、土地利用と交通モデル、目的関数、最適化手法）から形成されている。また、土地利用と交通モデルの SPM は政策評価のフレームワークの中核である。交通モデルは簡略化された道路や公共交通ネットワークが用いられていて、歩行者や自転車も表現できる。一方、土地利用モデルは住宅と勤務地モデルで構成されている。この研究はオーストリア・ウィーンをケーススタディとしている。政策手段として、公共交通の運賃、運行頻度と駐車料金設定されている。様々な政策手段を組み合わせ、結果の最適化を行っている。推計結果から、徒歩や自転車などの速度の遅いモードのシェアは施行後5年までは増加していて、その後はシェア率が減少している。また、市内中心部周辺のゾーンの駐車料金拡張は、ゾーン人口の増加につながるということがわかった。この論文で明らかにしたことは、30年間の交通手段別のシェア率の推移を推計した結果、歩行者などの速度が遅い交通モードのシェア率は、政策を施行した最初の5年間増加していて、その後減少傾向である。また、市内中心部周辺のゾーンに駐車料金の拡張を行うと、ゾーン人口の増加につながるということが明らかとなった。さらに、CO₂排出量については、自動車に関しては減少傾向であることがわかった。全ての結果から、この研究の目的にあった長期的な都市計画戦略を評価するためのフレームワークの提案は、SPM を用いて政策手段のモデルを構築すると可能であることであるが明らかになった。また、政策評価は、ウィーンをケーススタディとして、導入効果が出ていることがわかった。

Wang ら⁵⁰⁾は、経済発展によってCO₂排出量が増加している中国を対象として、2020年における自動車産業に関連する環境政策シナリオを検討し、戦略が異なる際のCO₂排出量の推計を行っている。具体的には、排出量削減するための効果的方法を指摘し、道路輸送部門におけるCO₂排出量削減を目指した3つのシナリオを設定している。それらのシナリオは、①ベースラインのシナリオ（2000年）、②近年の政策シナリオ（2000-2005年）、③新削減政策シナリオとしている。シナリオ②は環境問題を考慮し、シナリオ③は持続可能な開発かつ気候変動問題を重点に置いている。各シナリオには車両関連、道路関連、燃料関連のオプションが含まれている。また、CO₂排出量の推計には、燃料密度、燃料中の炭素割合、VKT、自動車所有人口、燃料効率、ガソリン密度、ディーゼル密度のデータを用いている。推計結果から、2000年と比較して2020年のCO₂排出量は増加していることがわかった。しかし、ベースラインシナリオと近年の政策シナリオと比較して、新削減政策シナリオは排出量を大幅に削減出来ることがわかった。これらの結果から、中国では車両技術の改善でCO₂排出量の削減を行えると述べられている。この論文では、持続可能な開発かつ気候変動問題に重点をおいた政策シナリオを設定すると、大幅にCO₂排出量が削減されることを明らかにしている。具体的には、中国では車両関連技術の改善を行うことで、CO₂排出量の削減に繋がることを明らかにしている。また、推計結果から以下のような問題点が挙げられている。CO₂排出量の削減を障害していることは、気候変動問題への意識や公共性の欠如が考えられている。これは、中国の法律は様々な規制緩和のための法律が設けられていないためであると述べられている。もう一つの障害は車両関連技術の改善のためのコストであることを明らかにしている。

2.2.3 動学的かつ空間的な土地利用・交通モデルを用いた政策評価に関する研究の整理

Pfaffenbichler ら⁵¹⁾は、動学的かつ空間的に土地利用と交通が相互関係したモデルである MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) 用いて、30年間のモーダルシェアの推計を行っている。MARS は交通と土地利用政策が事前に定義されていて、歩行者、道路容量、道路料金などは公共交通の政策内で構成されている。このモデルの特徴として、異なる政策手段などを様々な異なる組み合わせで推定が可能であることである。この研究のケーススタディとして、ベトナム・ハノイ市における交通手段別のモーダルシェアについて MARS モデルを用いて推計している。具体的には、2つのシナリオ (①政策なし、②公共交通を5年間で20%、20年間で50%増加) を設定している。その結果、長期的には公共交通のシェア率は10%増加する推計となった。このような結果となった要因として、公共交通のトリップの大半はオートバイクから公共交通へトリップが転換したからである。また、自動車、オートバイク、公共交通、徒歩の4つの交通手段の中で最もオートバイクのシェア率が高い推計結果となった。この論文では、MARS モデルと MARS フライトモデルの検証とケーススタディの推計を行っている。最初にモデルの妥当性を検証しているが、 R^2 値=0.88 (徒歩:0.92, 公共交通:0.81, 自動車:0.76) となり、妥当性の高いモデルであることを証明している。また、ケーススタディとして、ベトナム・ハノイ市の交通手段別のシェア率を推計しているが、推計期間を30年とした場合に、公共交通のシェア率は10%増加する結果を示した。

López ら⁵²⁾は、ヨーロッパで用いられている複数のモデル用いて、持続可能性の観点から交通とエネルギーのシナリオを多基準分析で評価することを提案している。具体的には、評価する前には2つの手順がある。1つ目は主にヨーロッパ地域で用いられているモデルを設定し、評価されるシナリオを定義する。次に評価基準を設定する。シナリオは2030年を基準年とし、8種類のシナリオを定義している。シナリオはエネルギーの利用可能性の観点から、シナリオ A (原油価格の平均年率が2%増加した場合に想定されるエネルギー供給予測に基づいたシナリオ) とシナリオ B (エネルギーが不足したと仮定して、原油価格の平均年率が7%増加した場合のシナリオ) の2つのグループに分けている。さらに細かく4つのシナリオ (①政策なし、②Business As Usual, ③技術投資への集中、④オンデマンドに焦点) に分けられている。最後に各シナリオを評価するための基準となる指標は、ヨーロッパの交通やエネルギー政策の公文書に基づいて定義されている。その結果、シナリオ A ではエネルギー基準への影響に関して一貫していることがわかった。また、シナリオ B では、エネルギー、環境、社会基準、競争力がマイナスとなる結果となった。この論文では、原油価格の平均年率が増加するにつれ、エネルギー、環境性、社会性、競争力が減少していくことが明らかとなった。このような結果になった要因は、原油価格が高騰すると燃料消費量が減少し、それに伴って、エネルギー、環境性、社会性、競争力が減少したと述べられている。また、複数の異なるモデルを用いても、推計結果には大きく影響しないことがわかった。さらに、推計結果の評価をする際に感度分析を行うことで、評価の一貫性を検証することが出来ることを明らかにした。

2.3 集約型都市の実現に向けた政策評価に関する課題と本論文の位置づけ

本章では、まず集約型都市が我が国で活発に議論され始めた経緯やコンパクトシティ政策実施の先駆けの都市である青森市および富山市における事例や数多ある集約型都市の政策評価の研究を中心に整理した。さらに、動学的または空間的モデルを用いた政策評価に関する研究を整理し、本論文で用いる動学的かつ空間的な土地利用・交通モデルによる政策評価の必要性を示した。これらを踏まえると、集約型都市の実現に向けた政策評価において、以下の検討課題が挙げられる。

- ① 都市コンパクト化政策は都市全体でプラスの効果とされているが、集約のプロセスにおいては都心部と郊外部によって政策の効果が大きく異なると考えられる

既存文献では都市全体における評価が中心であるため、集約型都市に関する政策はプラスの効果を得られる場合が多い。しかし、一般的に集約型都市では、都市部に都市機能を集約するため、集約化のプロセスにおいては都市部と郊外部において、公共サービス水準が異なると考えられる。ゆえに、ゾーン単位で政策の効果を検証する必要がある。

- ② 多くの場合、目標とする集約型都市は実現するという前提であるが、そのプロセスを考慮した場合、実現しない可能性も考えられる

一般的に多くの都市の立地適正化計画では、将来の目標年において集約型都市が実現する前提で計画されているが、その都市の財政状況などを考慮すると実現しない可能性も想定される。また、政策評価に関する既存文献においても、集約に至るプロセスを考慮せずに実現するという前提でシナリオ分析が行われている場合が多い。将来の集約化のプロセスを考慮し、集約型都市が実現しない場合を想定した分析も必要である。

- ③ 多くの土地利用・交通モデルが開発されているが、土地利用と交通の両モデルを動学的かつ空間的に表現しているモデルは MARS のみであり、集約型都市の実現に向けた政策によって経年的に変化する都市内行動をフィードバックし、動学的かつ空間的にシミュレーションする必要がある

世界中で、多くの土地利用・交通モデルが開発されており、土地利用・交通相互作用モデル、いわゆる LUTI モデルの中で動学化されているモデルは ITLUP モデルと UrbanSim のみである。さらにこのモデルは、疑似動学モデルであるため、土地利用モデルと交通モデルのそれぞれの結果がフィードバックされない課題が残る。また、グリット単位で計算が可能な空間的な土地利用・交通モデルも多く存在するが、動学化されている空間的なモデルは存在しない。そこで、集約型都市が実現に関する政策の評価するためには、動学的かつ空間的に計算が必要であるため、MARS は本論文における政策評価に適している。

このように、多くの既存文献では、集約型都市の実現は正の効果をもたらす、今後縮小する都市において有効な解決策の一つであると述べられていることが示されている。一方で、既存文献においては将来の目標とする集約型都市に至るまでのプロセスにおいて、公共サービス水準や財政状態の変化による影響度合いは明示されていないことや都市集約化のプロセスにおいて都心部と郊外

部による政策の効果の違いに関する検証はなされていないことがわかる。また、動学的または空間的土地利用・交通モデルはこれまでも多く開発され適用されているが、動学的かつ空間的にフィードバックされる土地利用・交通モデルは、本論文で用いる MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) のみである。

そこで、本論文では、集約型都市の実現に関する政策評価をするために、動学的かつ空間的な土地利用・交通モデル MARS を拡張し、新たなモデルを構築した上で集約型都市に至るプロセスをシミュレーションする。シミュレーションの実行後、ゾーン別の政策実施効果の分析から、政策効果の差を明らかにし、何がその要因であるのか考察をする。さらに、その要因が集約型都市の実現に対してどのような影響を及ぼすのか考察し、政策の効果を明らかにする。

参考文献

- 1) 国土交通省：魅力ある都市づくり「コンパクトシティの推進」,
http://www.thr.mlit.go.jp/syourai/pdf/03_02_06.pdf, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 2) 諫山正：中心市街地の活性化に関する法律，ヨーロッパにおける都市交通戦略への視点—ストラスブール，チューリヒの事例，新潟青陵大学短期大学部研究報告，No.36，pp.1-19，2006.
- 3) 吉田恭：海外事例から考えるコンパクトシティ実現のための政策的示唆，計画行政，Vol.36，No.4，pp.15-20，2013.
- 4) 電子政府の総合窓口 e-Gov：中心市街地の活性化に関する法律，https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=410AC0000000092，最終閲覧 2020 年 9 月.
- 5) 青森市：青森市が進めているコンパクトシティについて，<http://www.thr.mlit.go.jp/compact-city/contents/study/200704/03.pdf>，2007，最終閲覧 2020 年 9 月.
- 6) 神谷和彦，中村隆司：都市のマスタープランにおける都市将来像としてのコンパクトシティ，土木計画学研究・講演集，Vol.25，No.113，2002.
- 7) 樋口秀，北原啓司，中出文平：地方都市における住み替えによるコンパクトシティ実現への課題に関する研究：長岡市と青森市の比較分析，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.491-494，2008.
- 8) 大橋佳子，石坂公一：コンパクトシティ政策の実証分析—青森市を例として—，日本建築学会計画系論文集，Vol.74，No.635，pp.177-183，2009.
- 9) 京田憲明：コンパクトシティ戦略による富山型都市経営の構築，サービソロジー，Vol.2，No.1，pp.26-33，2015.
- 10) 實清隆：富山における公共交通によるまちづくり，奈良大学紀要，No.43，pp.125-134，2015.
- 11) 富山市：富山市都市計画マスタープラン，
<https://www.city.toyama.toyama.jp/katsuryokutoshisouzoubu/toshikeikakuka/tosikeikaku/toshimasutapur.html>，最終閲覧 2020 年 9 月.
- 12) 山下慶：富山市のコンパクトシティ政策における高密度化に関する研究—公共交通沿線居住推進地区を対象として—，東京大学学術機関リポジトリ，https://repository.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=5787&item_no=1&page_id=28&block_id=31，2012，最終閲覧 2020 年 9 月.
- 13) 望月明彦，中川大，笠原勤：富山市における都市軸形成を目的とした公共交通サービス水準向上策に対する効果分析，日本都市計画学会都市計画論文集，No.43-3，pp.805-810，2008.
- 14) 唐渡広志：富山市の公共交通政策とコンパクトシティ，日本不動産学会誌，Vol.26，No.4，pp.77-82，2012.
- 15) 福岡裕介，宮本和明，北詰恵一，鈴木温：富山市における住宅立地と交通に関する実態分析，土木計画学研究・講演集（CD-ROM），Vol.47，8pp.，2013.
- 16) 秋元菜摘：富山市のクラスター型コンパクトシティ政策と郊外のアクセシビリティ—婦中地域におけるシミュレーション—，地理学評論 Series A，Vol.87，No.4，pp.314-327，2014.
- 17) 三橋浩志：コンパクトシティ政策と産業政策の関係に関する考察—富山市を事例として—，地

域政策研究, Vol.16, No.2, pp.83-102, 2014.

- 18) 国土交通省：立地適正化計画の意義と役割～コンパクトシティ・プラス・ネットワークの推進～, https://www.mlit.go.jp/en/toshi/city_plan/compactcity_network2.html, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 19) 中井検裕：立地適正化計画制度のこれまでとこれから, 日本不動産学会誌, Vol.31, No.2, pp.31-36, 2017.
- 20) 野中健志郎：コンパクトシティ・プラス・ネットワークの視点から見た都市構造の類型化に関する研究－九州内の都市を対象として－, 低平地研究, No.26, pp.32-39, 2017.
- 21) 国土交通省：コンパクト・プラス・ネットワークの推進について－生活利便性の維持・向上のための居住の誘導－, <https://www.mlit.go.jp/common/001170865.pdf>, 2017 (最終閲覧 2020 年 9 月).
- 22) 国土交通省：「国土のグランドデザイン 2050 ～対流促進型国土の形成～」, https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku_tk3_000043.html, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 23) 国土交通省：立地適正化計画の作成状況, https://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/content/001361829.pdf, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 24) 渡部美香, 森本章倫：コンパクトシティの定義と中都市のコンパクト性に関する研究, 第 54 回土木計画学研究発表会・講演集 (CD-ROM), 2016.
- 25) 森本章倫：都市のコンパクト化が財政及び環境に与える影響に関する研究, 日本都市計画学会都市計画論文集, Vol.46, No.3, pp.739-744, 2011.
- 26) 土屋貴佳, 室町泰徳：都市のコンパクト化による道路維持管理費用削減に関する研究, 日本都市計画学会都市計画論文集, No.41-3, pp.845-850, 2006.
- 27) 根市正明, 土屋貴佳, 室町泰憲：都市のコンパクト化による都市施設マネジメント費用の変化に関する研究, 土木計画学・論文集, Vol.24, No.1, pp.217-222, 2007.
- 28) 高橋美保子, 出口敦：コンパクトシティ形成効果の費用便益評価システムに関する研究, 日本都市計画学会都市計画論文集, No.42-3, pp.487-492, 2007.
- 29) 和田夏子, 大野秀敏：都市のコンパクト化の費用評価－長岡市を事例とした都市のコンパクト化の評価に関する研究 その 2－, 日本建築学会環境系論文集, Vol.78, No.687, pp.419-425, 2013.
- 30) 村中博紀, 山下良平, 新井健, 森本英嗣：コンパクトシティ政策による政策実行コストと都市周辺地域への影響評価, 地域学研究, Vol.44, No.2, pp.241-253, 2014.
- 31) 牧野夏樹, 中川大, 松中亮治, 大庭哲治：コンパクトシティ施策が都市構造・交通環境負荷に及ぼす影響に関するシミュレーション分析, 日本都市計画学会都市計画論文集, No. 44-3, pp. 739-744, 2009.
- 32) 松橋啓介：大都市圏の地域別トリップ・エネルギーから見たコンパクト・シティに関する考察, 日本都市計画学会都市計画論文集, Vol.35, pp.469-474, 2000.
- 33) 森本章倫, 古池弘隆：交通エネルギー消費の推移と都市構造に関する研究, 土木計画学研究発表会・講演集 (CD-ROM), 2002.
- 34) 中道久美子, 谷口守, 松中亮治：都市コンパクト化政策に対する簡易な評価システムの実用化に関する研究－豊田市を対象にした SLIM CITY モデルの応用－, 日本都市計画学会都市計画

論文集, No. 39-3, pp.67-72, 2004.

- 35) 若松泰之: 公共施設における財政需要の実証分析: 自治体図書館のケース, 産研論集, No.40, pp.109-115, 2013.
- 36) 秋元菜摘: 一極集中型コンパクトシティ政策の有効性に関するアクセシビリティのシミュレーション分析—青森市における人口の集約化と公共交通の多頻度化—, 地学雑誌, Vol.125, No.4, pp.523-544, 2016.
- 37) Ransford A. ACHEAMPONG, Elisabete A. SILVA: Land Use-Transport Interaction Modeling: A Review of the Literature and Future Research Directions, The Journal of Transport and Land Use, Vol.8, No.3, pp.11-38, 2015.
- 38) John H. LANDIS: The California Urban Futures Model: A New Generation of Metropolitan Simulation Models, Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, Vol.21, pp.399-420, 1994.
- 39) John H. LANDIS, Ming Zhang: The Second Generation of the California Urban Futures Model. Part 1: Model Logic and Theory, Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, Vol.25, pp.657-666, 1998.
- 40) Paul WADDELL: UrbanSim: Modeling Urban Development for Land Use, Transportation and Environmental Planning, Journal of the American Planning Association, Vol.68, pp.297-314, 2002.
- 41) Michael WEGENER: The IRPUD Model, Spiekermann & Wegener Urban and Regional Research, pp.56, 2011.
- 42) Francisco MARTINEZ: MUSSA: A Land Use Model for Santiago City, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol.1552, pp.126-134, 1996.
- 43) Paul PFAFFENBICHLER, Guenter EMBERGER, Simon SHEPHERD: A System Dynamics Approach to Land Use Transport Interaction Modelling: The Strategic Model MARS and Its Application, System Dynamics Review, Vol.26, No.3, pp.262-282, 2010.
- 44) Stephen H. PUTMAN: Integrated Urban Models, New Research and Applications of Optimization and Dynamics, pp.240, 1991.
- 45) Alex ANAS, Govinda R. TIMILSINA: Lock-in Effects of Road Expansion on CO₂ Emissions Results from a Core-Periphery Model of Beijing, World Bank Policy Research Working Paper, No.5017, 24pp., 2009.
- 46) Jifeng WANG, Huapu LU, Peng HU: System Dynamics Model of Urban Transportation System and Its Application, Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, Vol.8, pp.83-89, 2008.
- 47) Ji HAN, Yoshitsugu HAYASHI: A System Dynamics Model of CO₂ Mitigation in China's Inter-City Passenger Transport, Transportation Research Part D, Vol. 13, pp. 298-305, 2008.
- 48) Yang Yu FENG, Shaoqing CHEN, Lipeng ZHANG: System Dynamics Modeling for Urban Energy Consumption and CO₂ Emissions: A Case Study of Beijing, China, Ecological Modelling, No.252, pp.44-52, 2013.
- 49) Paul PFAFFENBICHLER, Simon P. SHEPHERD: A Dynamic Model to Appraise Strategic Land-Use and Transport Policies, European Journal of Transport and Infrastructure Research, No.2, pp.255-283, 2002.
- 50) Can WANG, Wenjia CAI, Xuedu LU, Jining CHEN: CO₂ Mitigation Scenarios in China's Road Transport

Sector, Energy Conversion and Management, Vol.22, No.4, pp.2110-2118, 2007.

- 51) Paul PFAFFENBICHLER, Günter EMBERGER, Simon P. SHEPHERD: The Integrated Dynamic Land Use and Transport Model MARS, Networks and Spatial Economics, No. 8, pp.183-200, 2008.
- 52) Elena LÓPEZ, Andrés MONZÓN, Paul PFAFFENBICHLER: Assessment of Energy Efficiency and Sustainability Scenarios in the Transport System, European Transport Research Review, Vol.4, pp.47-56, 2012.

第3章 動学的かつ空間的な土地利用・交通モデルの構築と対象都市への適用

本章では、本論文で用いる土地利用・交通モデル MARS の特徴を明示する。そのモデルを対象都市に適用し、都市の集約プロセスの政策評価をするために新たなモデルを構築した上で、50 年間（2010 年から 2060 年）のシミュレーションの実行結果からモデルの精度を検証する。MARS はシステムダイナミクス理論に基づいて都市および地域における立地と交通行動の関係を動学的かつ空間的に構築したモデルであり、国外の約 20 都市に適用され政策評価を行っている特徴がある。それを踏まえ、新たなモデルの構築では、居住者推計モデルのコーホート化、財政サブモデル、公共施設サブモデルおよび公共サービス水準モデルを追加し、これまで評価されていない集約型都市の実現に向けた政策を評価する。また、本論文の対象都市として、千葉県千葉市を選定し、モデルの適用に向けた入力データを整理する。また、モデルの適用度合の判断として、モデルのシミュレーションを実行し、内生的に算出された変数（ゾーン別居住者数および交通手段割合）を用いて、2010 年から 2020 年までの統計データと比較する。

3.1 動学的かつ空間的な土地利用・交通モデル MARS の概要

3.1.1 システムダイナミクスの概要

システムダイナミクス (SD) ¹⁾ は、複雑なシステムを動的に容易に理解するための方法論であり、コンピューターシミュレーションモデリング手法である。1961 年に Jay W. Forrester²⁾ が方法論を確立し、マネジメントや工学を中心に普及していったが、やがて社会、経済、物理、化学、生物学、そして生態学システムなどの他分野にも拡大した。

システムダイナミクスは、システム全体の動作に影響を与える内部フィードバックループと時間遅延に関連している。フィードバックループは、システムの基本的な構造要素である。したがって、すべてのアクションおよび性質の変更は、フィードバックループ内で設定され、フィードバックループはすべて変化する構造である。さらに、そのフィードバックループは、システムの相互作用する因果関係の連鎖を反映する動的なシステムの構成要素であり、ループは相互にリンクされるため、多くの場合は非線形の関係を示す³⁾。

まず、システムダイナミクスのモデリングでは、因果ループ図 (Causal Loop Diagram : CLD) を用いて、正および負のフィードバックプロセスを記述する。図 3-1 に、例として人口 (Population) の因果ループを示す。この因果ループは、出生 (Births) および死亡 (Deaths) から人口の増減数の関係性を示している。因果ループ図は、ループを形成する個々のシステム変数間の因果関係を示しているため、フィードバックループは正または負を示す。よって、フィードバックループの全体的な極性は、ループの中央に + (プラス) または - (マイナス) 記号で示される。一方、矢印は変数間の因果関係の方向を示している。矢印の端にある極性マークは、矢印の両端にある変数が同じ方向 (+) に変化するか、反対方向 (-) に変化するかを示している。したがって、変数の増加が遅延後に同じ変数のさらなる増加につながる場合、左側のフィードバックループは正のループ (プラス記号)、右側のフィードバックループは負のループ (マイナス記号) となる。ゆえに、負のフィードバックループはシステムにおいて振動動作をもたらす。このように、因果ループ図はシステムダイナミクスモデリングの分野で重要なツールであるが、因果ループ図には限界がある。特に動的なシ

システム理論の中心的な概念であるシステムのレベル（ストック）およびレート（フロー）構造を表現できない⁴⁾。ゆえに、因果ループ図はシステムの動作を表現可能であるが、レートとレベルの間のあいまいで直接的な因果関係しか作成できない。

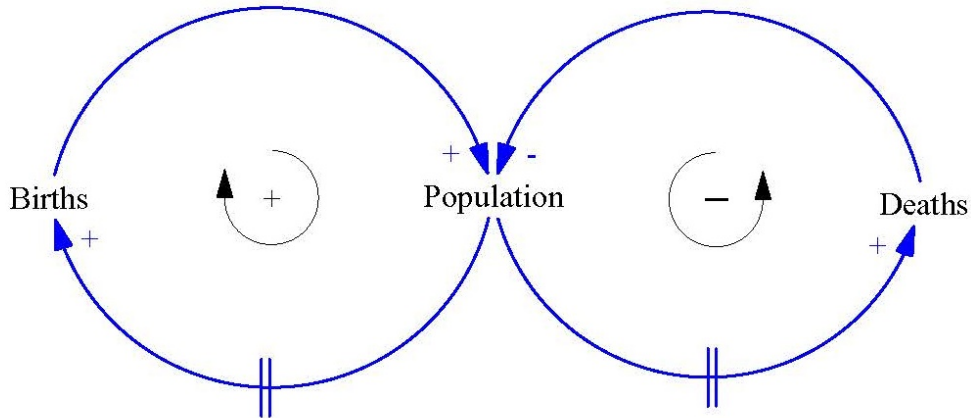


図 3-1 人口増減数の関係性を示した因果ループ図

また、システムダイナミクスでは、ストック（レベル）とフロー（レート）が時間の経過とともに変化する。図 3-2 は、変数間の関係をストックフロー図で示している。ストックフロー図は、因果ループ図とは異なりストックとフローは様々なタイプの変数間で区別され、因果ループ図よりも詳細な情報を提供する。単純なストックとフローの構造は、ストック、フロー、情報の 3 種類の要素で構成されている。ストック（Stock）は時間の経過とともに流入および流出することで蓄積または枯渇する。また、フロー（Flow）はストックの変化率を示している。フローは流入および流出する。また、情報リンクは変数名からフロー記号への青色の曲線矢印で示されている。図 3-2 に示すように、ストックとフローの構造は流入（Flow-in）および流出（Flow-out）の 2 つのフローと、1 つのストックがある。2 つのフロー（ストックへの流入とストックからの流出）により、システムの動的な動作が発生する。

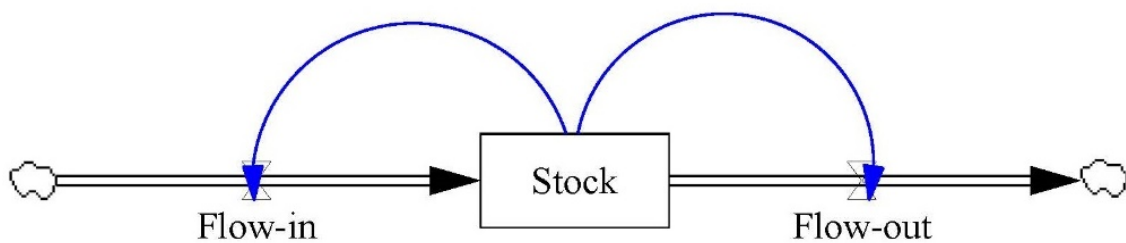


図 3-2 ストックフロー図

3.1.2 MARS モデルの概要

本論文では、Pfaffenbichler⁵⁾が開発した土地利用と交通モデルの 1 つである Metropolitan Activity Relocation Simulator (MARS) を使用して、都市の人の移動や交通などの都市活動をシミュレーションする。MARS は、システムダイナミクスと相乗効果の理論に基づいて、土地利用と交通の相互作用をよりよく理解するためのアプローチであり、土地利用と交通の統合モデル (LUTI) の 1 つである。MARS には、交通モデル、居住地開発モデル、居住地選択モデル、就業地開発モデル、就業地選択モデル、および燃料消費量と排出量モデルが含まれている。モデル自体は、システムダイナミクス理論に基づいたシミュレーションソフトである「Vensim」⁶⁾を用いて記述されている。

このモデルの特徴として、図 3-3⁷⁾に示すようにウィーン、ザルツブルグ、ストックホルム、マドリッドなどヨーロッパを中心に世界中の都市において適用例が多く信頼性が高いことや内挿的にパラメータの設定ができるため、土地利用と交通に関する施策を長期にわたり推計できることが上げられる。

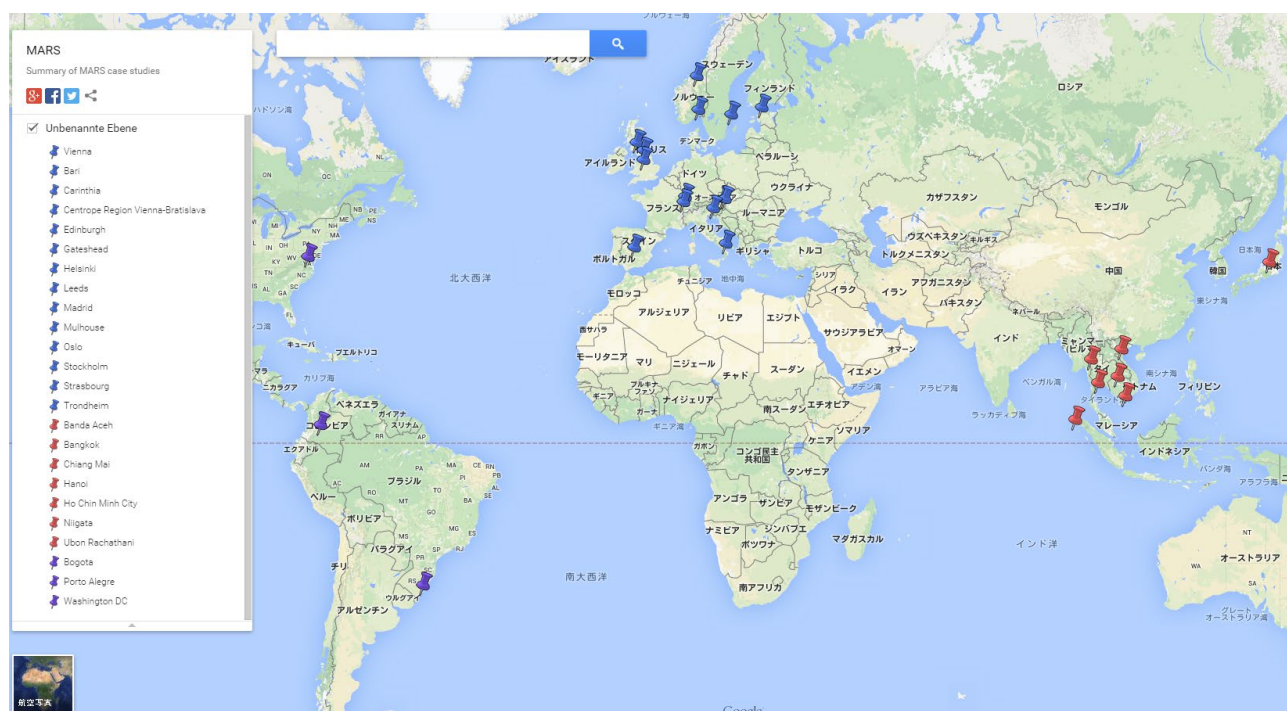


図 3-3 MARS が適用された都市

既存研究においても、このモデルを用いて政策評価が行われている。例えば、Guzman ら⁸⁾はマドリッドを対象として、ロードプライシングや公共交通機関のサービスレベル向上に関する政策を実施した場合のシナリオ分析から政策評価を行っている。その結果、土地利用・交通モデルを用いて政策評価することで、最適な交通政策の組み合わせや政策の相乗効果を明らかにした。また、Wang ら⁹⁾は、公共交通政策の実施効果をアクセシビリティの観点から評価している。その結果、公共交通のサービスレベルが向上すると、アクセシビリティにも変化が見受けられることを明らかにした。さらに近年では、Emberger ら¹⁰⁾がオーストリアにおける車両の自動化 (Automated Vehicles) に関する政策のモデリングを行い、シミュレーション分析を実施した。その結果、2050 年には自動運転車

は約 90%のシェアを占めることを明らかにした。

このように、MARS は土地利用と交通の相互の関係性を動的かつ空間的にシミュレーションし、政策評価が可能であることから、様々な既存研究において用いられてきており、政策評価において信頼性の高いモデルである。一方で、これまで MARS を用いて政策評価が実施されてきた都市は、成長する都市がほとんどであり、日本のような将来縮小するような都市における適用は、筆者の既存研究¹¹⁾¹²⁾において適用した地方都市の新潟市のみであることから、本論文では首都圏に位置している千葉市を対象にモデルを適用した。

3.1.3 MARS モデルの構造

MARS モデルの構造として、図 3-4⁵⁾に示すように「交通サブモデル (Transport Sub-model)」、「土地利用・居住地モデル (Land Use Residential Location Sub-model)」、「土地利用・就業地モデル (Land Use Workplace Location Sub-model)」の 3 つのサブモデルで構成されている。

各サブモデルは、居住地と就業地の空間分布、アクセシビリティ、地価および利用可能な土地によって相互に結ばれている。特に交通サブモデルから土地利用サブモデルへリンクをしている「アクセシビリティ」が重要となる。

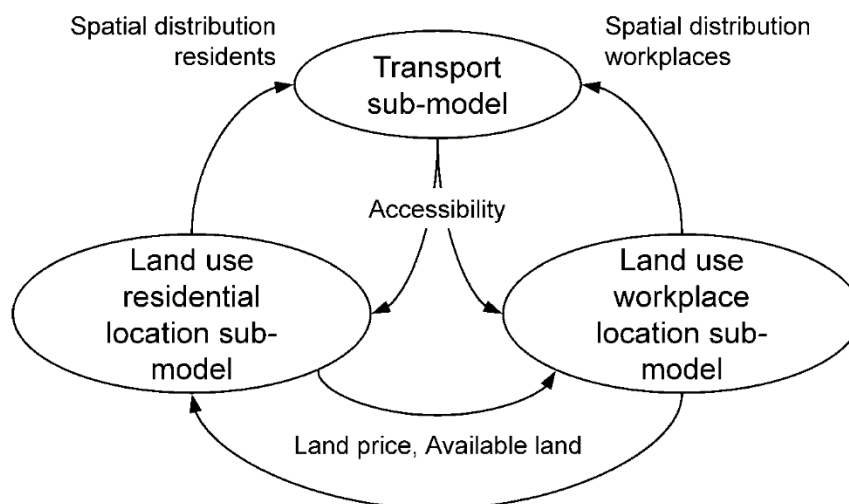


図 3-4 MARS の構造 (概略図)

さらに、MARS の関係性を因果ループ図で表現すると図 3-5 のように示すことが可能である。これらの関係性は、一般的な土地利用・交通モデルと同様であり、土地利用はアクセシビリティからその土地の魅力度が決定し、居住地や就業地として開発され、都市の人々が移住することを表現している。居住者や就業者が存在することにより、トリップが発生し、人々は目的地の選択や交通手段の選択を行い、旅行時間や旅行距離、旅行費用からアクセシビリティが決定する。これらの相互関係をモデルで設定したタイムステップで計算されており、システムダイナミクスを用いて動的かつ空間的にシミュレーションの実施が可能である。

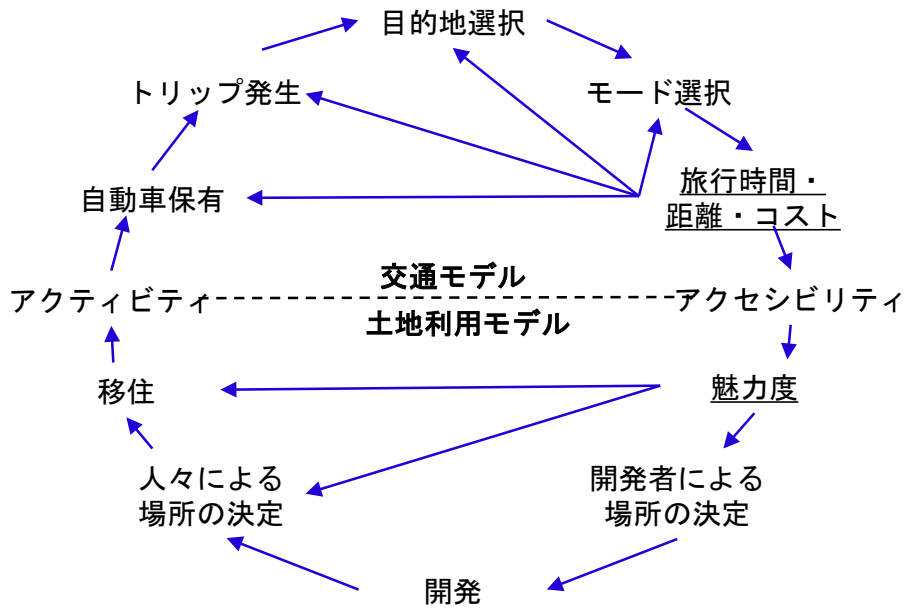


図 3-5 MARS の因果ループ図

(1) 交通サブモデルの構造

本節では、交通サブモデルの構造について説明する。なお、モデルの構造式は代表的な式のみを本節で述べる。

はじめに、図 3-6⁵⁾にあるように MARS モデルにて交通需要推計をする際に 4 段階推計法を用いて推計をしている。しかし、MARS モデル内では発生・集中 (Demand)、分布 (Distribution)、機関分担 (Modal Split) のみとなり、配分 (Assignment) は行わない構造となっている。

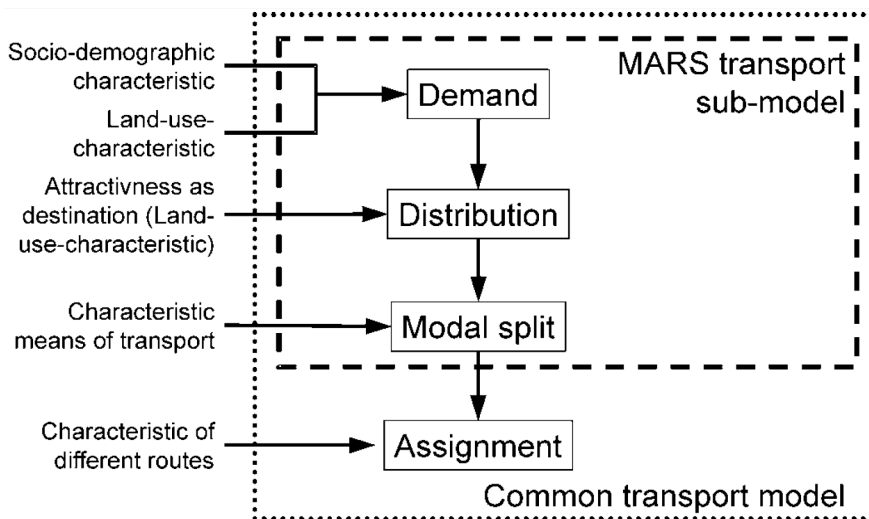


図 3-6 MARS モデルにおける交通需要推計

MARS の交通サブモデルは、乗客のトリップをシミュレーションし、重力発生モデルに基づいて計算されたトリップ生成、トリップ分布、モード選択から構成される。MARS の対象となる交通モ

ードでは、低速モード（歩行者と自転車）、車、二輪車、公共交通機関（バスと鉄道）が考慮される。この研究は、低速モード、自動車、二輪車、公共交通機関の4つのモードが対象である。さらに、ウォーキングやサイクリングなどのすべての非電動モードは、低速モードに割り当てられる。

あるゾーンから他のゾーンへの通勤に影響するすべての要因を考慮したサブモデルを図3-7⁵⁾に示す。図3-7では、バランスフィードバックループB1から始まり、車による通勤トリップが車による魅力度が增加するにつれて増加する。これにより、駐車場の検索時間が長くなり、自家用車を使用する魅力が減少する。このシーケンスは、ループのバランスをとる性質である。一方、ループB2は、渋滞の影響、つまり移動速度と移動時間のバランスをとる。ループB3は、移動速度が燃料消費に及ぼす影響を説明している。つまり、速度が増加すると、燃料消費は減少することを示している。最後に、ループB4は、車による速度が他のモードによる移動時間に影響することを説明している。したがって、このループは、移動時間の増加によって移動コストが増加するという、自動車ごとの魅力の相対的な変化を表している。

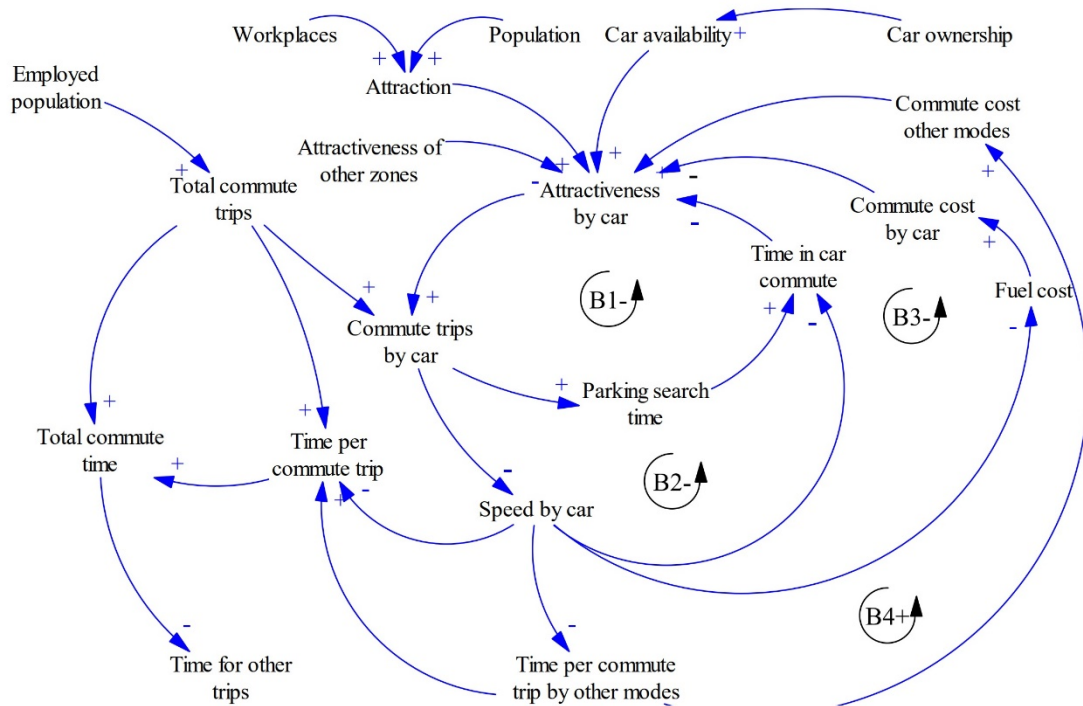


図 3-7 交通モデルの因果ループ図

交通サブモデルに含まれるトリップ発生モデルでは、交通行動が大きく異なる仕事目的とその他目的のトリップ別に推計できるように自宅-仕事-自宅（以下、HWH）と自宅-その他目的-自宅（以下、HOH）の2種類に分けてトリップを推計する。

HWHトリップに対するトリップ発生モデルは式3-1で示される。また、HOHトリップの場合も同様の式で示される。

$$P_i |_{HWH(HOH)} = r |_{HWH(HOH)} * E_i \tag{3-1}$$

ここで、

- $P_i |_{HWH}$: ゾーン i における HWH (HOH) トリップの生成
- $r |_{HWH}$: HWH (HOH) のトリップ発生率
- E_i : ゾーン i における就業人口

次に仕事目的トリップにおける総旅行時間は式 3-2 で示される.

$$t_i |_{HWH} = \left[\sum_{ijm} T_{ij}^m * t_{ij}^m \right]_{HWH} \quad (3-2)$$

ここで、

- $t_i |_{HWH}$: HWH トリップにおける総旅行時間
- T_{ij}^m : HWH における手段 m によるゾーン i からゾーン j までのトリップ
- t_{ij}^m : HWH における手段 m によるゾーン i からゾーン j までの旅行時間

次にその他目的トリップにおける総旅行時間は式 3-3 で示される.

$$t_B |_{HOH} = \frac{(t_B * N - t_{HWH})}{N} \quad (3-3)$$

ここで、

- $t_B |_{HOH}$: HOH における 1 人あたりが消費する旅行時間 (分)
- t_B : 1 人あたりが消費する旅行時間 (分)
- N : ゾーン i における居住者数

また、交通手段選択モデルは式 3-4 に示される.

$$T_{ij}^m = \left[P_i * \frac{A_j / f(t_{ij}^m, c_{ij}^m)}{\sum_{mj} A_j / f(t_{ij}^m, c_{ij}^m)} \right]_{HWH} + \left[P_i * \frac{A_j / f(t_{ij}^m, c_{ij}^m)}{\sum_{mj} A_j / f(t_{ij}^m, c_{ij}^m)} \right]_{HOH} \quad (3-4)$$

ここで、

- T_{ij}^m : 手段 m によるゾーン i からゾーン j までのトリップ数
- P_i : ゾーン i におけるトリップの生成
- A_j : 目的地ゾーン j の魅力度
- t_{ij}^m : 手段 m によるゾーン i からゾーン j までの旅行時間
- c_{ij}^m : 手段 m によるゾーン i からゾーン j までのトリップあたりの旅行費用

$f(t_{ij}^m, c_{ij}^m)$: 手段 m によるゾーン i からゾーン j までのトリップの摩擦係数

さらに、MARS モデルの中で発地 i から着地 j までの公共交通と自家用車トリップの構成要素を 図 3-8⁵⁾、図 3-9⁵⁾に示す。

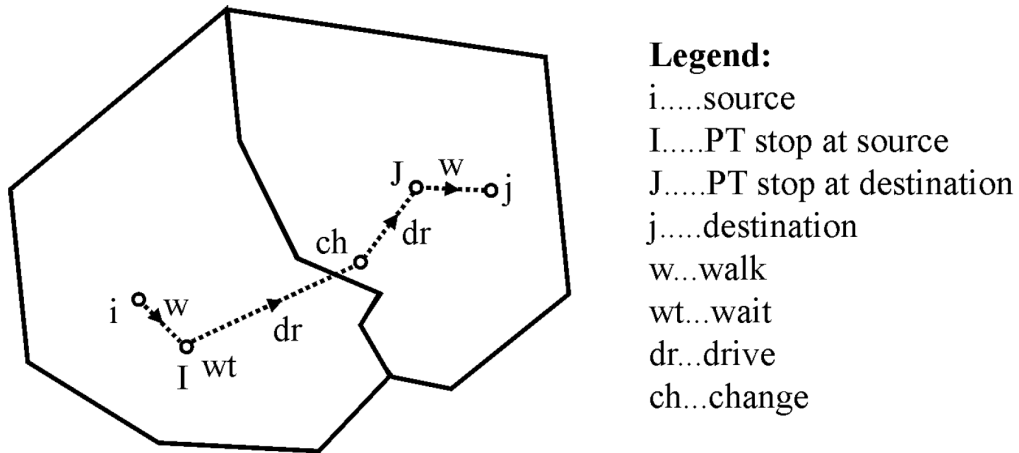


図 3-8 公共交通トリップの構成要素

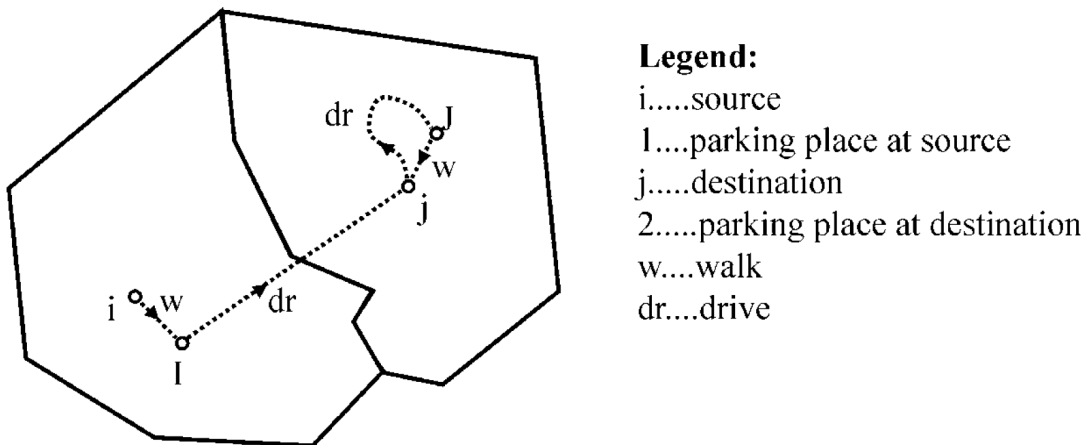


図 3-9 自家用車トリップの構成要素

図 3-8 と図 3-9 における、公共交通と自家用車の摩擦係数は、それぞれ式 3-5、式 3-6 で示される。

$$f(t_{ij}^{PT}, c_{ij}^{PT}) = t_{iI}^{PT,w} * SV_{iI}^{PT,w} + t_I^{PT,wt} * SV_I^{PT,wt} + \sum t_{IJ}^{PT,dr} + \sum t_{IJ}^{PT,ch} * SV_{IJ}^{PT,ch} + t_{Jj}^{PT,w} * SV_{Jj}^{PT,w} + Z_{ij}^{PT} \quad (3-5)$$

ここで、

- $t_{iI}^{PT,w}$: 発地 i から公共交通の駅 I までの歩行時間 (分)
- $SV_{iI}^{PT,w}$: 発地 i から公共交通の駅 I までの歩行時間の主観的評価係数

$t_I^{PT,wt}$: 公共交通の駅 I における待ち時間 (分)
$SV_I^{PT,wt}$: 公共交通の駅 I における待ち時間の主観的評価係数
$t_{IJ}^{PT,dr}$: 公共交通の駅 I から着地 J までの乗車時間 (分)
$t_{IJ}^{PT,ch}$: 公共交通の駅 I から着地 J までの乗換時間
$SV_{IJ}^{PT,ch}$: 乗換時間の主観的評価係数
$t_{jj}^{PT,w}$: 公共交通の駅 J から着地 j までの歩行時間 (分)
$SV_{jj}^{PT,w}$: 公共交通の駅 J から着地 j までの歩行時間の主観的評価係数
Z_{ij}^{PT}	: 公共交通による発地 i から着地 j までの旅行費用インピーダンス (分)

$$f(t_{ij}^{PC}, c_{ij}^{PC}) = (t_{il}^{PC,w} * SV_{il}^{PC,w} + t_{lj}^{PC,dr} + t_{jj}^{PC,ps} * SV_{jj}^{PC,ps} + t_{jj}^{PC,w} * SV_{jj}^{PC,w}) * SV_{ij}^{PC} + {}^k Z_{ij}^{PC} \quad (3-6)$$

ここで,

$t_{il}^{PC,w}$: 発地 i から駐車場 I までの歩行時間 (分)
$SV_{il}^{PC,w}$: 発地 i から駐車場 I までの歩行時間の主観的評価係数
$t_{IJ}^{PC,dr}$: 駐車場 I から着地 J までの乗車時間 (分)
$t_{jj}^{PT,ps}$: 着地 j における駐車場 J を探索する時間
$SV_{jj}^{PC,ps}$: 着地 j における駐車場 J を探索する時間の主観的評価係数
$t_{jj}^{PC,w}$: 駐車場 J から着地 j までの歩行時間 (分)
$SV_{jj}^{PC,w}$: 駐車場 J から着地 j までの歩行時間の主観的評価係数
SV_{ij}^{PC}	: OD ペア ij の自家用車の主観的評価係数の集合
${}^k Z_{ij}^{PC}$: 構成費用 k を発生させる発地 i から着地 j までの自家用車による旅行インピーダンス

最後に交通サブモデルから土地利用サブモデルへのアウトプットとなるアクセシビリティ (就業地および店舗へのアクセシビリティ) は式 3-7, 式 3-8 で示される。

$${}^{WT} Acc_i^m(t) = \sum_j N_j^{wp}(t) * \left[10^{-4} * (t_{ij}^m(t))^2 - 0.0183 * t_{ij}^m(t) + 0.75 \right] \quad (3-7)$$

$${}^C Acc_i^m(t) = \sum_j N_j^R(t) * \left[10^{-4} * (t_{ij}^m(t))^2 - 0.0183 * t_{ij}^m(t) + 0.75 \right] \quad (3-8)$$

ここで,

$Acc_{m,i,t}^C$: t 年における手段 m によるゾーン i からの消費者のアクセシビリティ
$t_{op,m,i,j,t}$: t 年における手段 m によるゾーン i からゾーン j までのオフ・ピークの旅行時間
$N_j^R(t)$: t 年におけるゾーン j の居住者数

これらの代表的な構造式を含めた全ての交通サブモデルの構造式を Vensim で構築されたものが、
 図 3-10 から図 3-16 に示す。

図 3-10 に交通サブモデル (Vehicle Availability) を示す。このモデルは、自動車と二輪車の所有率
 と免許保有率から、自動車と二輪車の利用可能性と合計台数を計算している。所有率と免許保有率
 が計算される際、初期値として、基準年から 2032 年までそれぞれの変数の成長率によって計算さ
 れる。

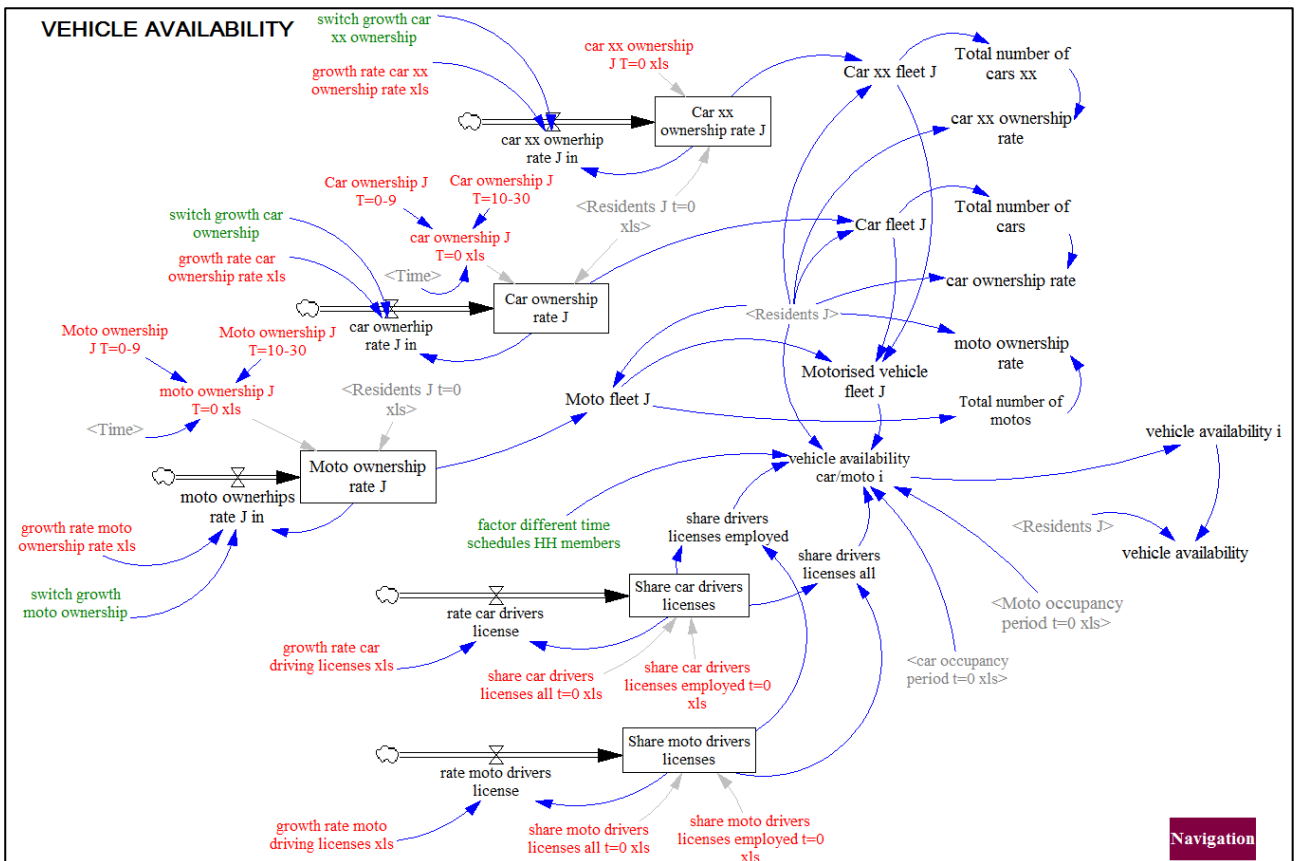


図 3-10 Vensim で構築された交通サブモデル (Vehicle Availability)

図 3-11 に交通サブモデル (Travel Demand) を示す。このモデルは、人口と旅行時間の変数から
 一人あたりの旅行時間や総旅行時間が計算される。

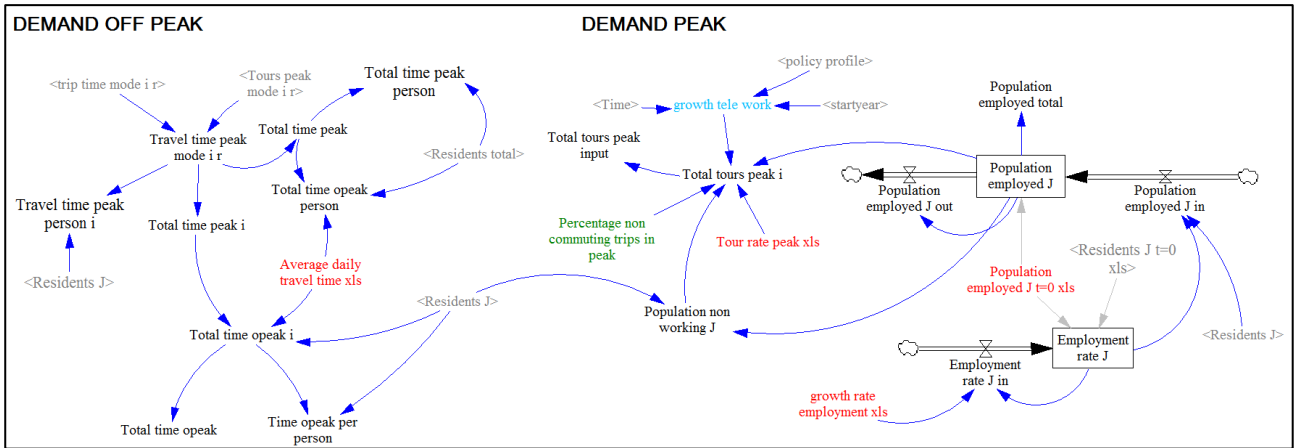


図 3-11 Vensim で構築された交通サブモデル (Travel Demand)

図 3-12 に交通サブモデル (Destination and Mode Choice) を示す. このモデルは, ピーク時間帯とオフ・ピーク時間帯のトリップを発生させる.

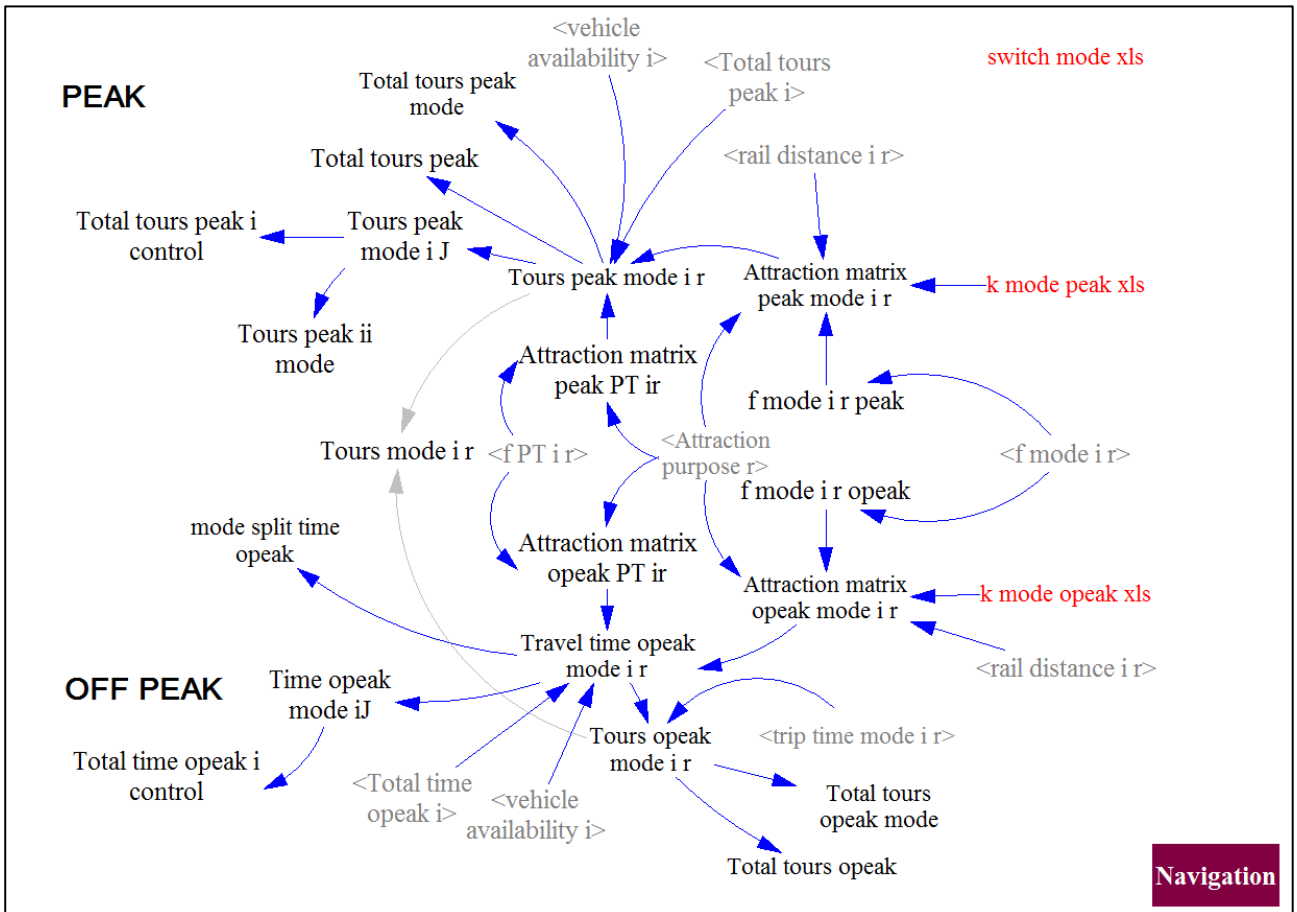


図 3-12 Vensim で構築された交通サブモデル (Destination and Mode Choice)

図 3-13 に交通サブモデル (Speed Flow) を示す. このモデルは, 各ゾーンの交通手段別における自由速度から道路キャパシティーに影響する.

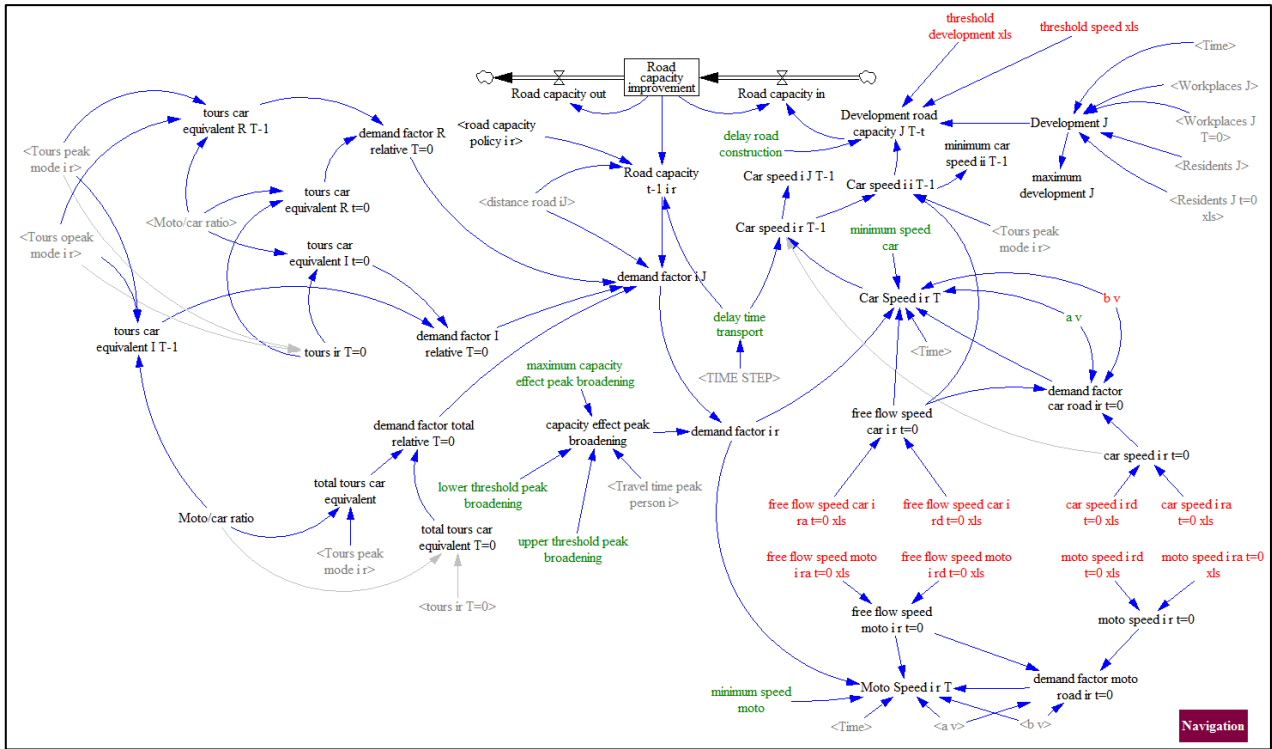


図 3-13 Vensim で構築された交通サブモデル (Speed Flow)

図 3-14 に目的別の魅力度を示す. これは, 各ゾーンから居住地および職場までの距離クラスにより, 各ゾーンの魅力度が決定することを表している.

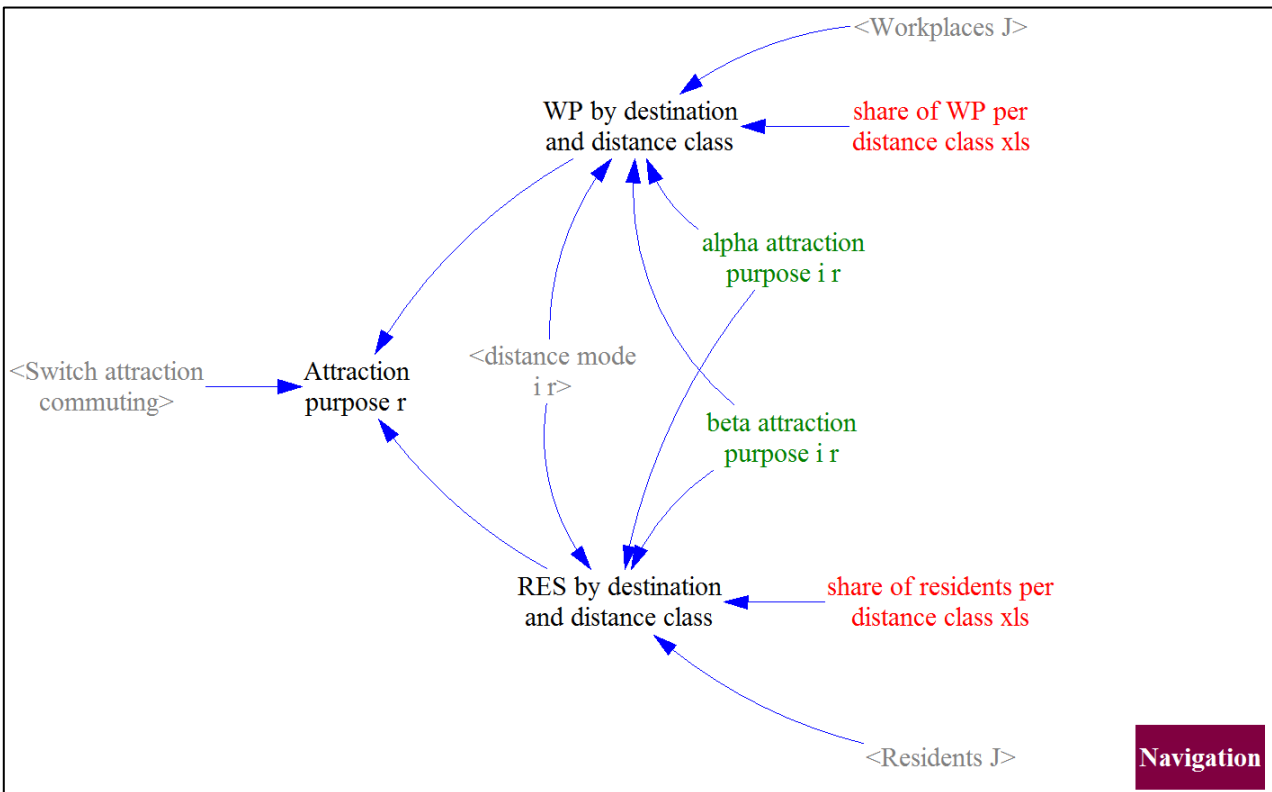


図 3-14 Vensim で構築された交通サブモデル (Attractiveness by Purpose)

図 3-15 に交通サブモデル (Trip Time by Mode) を示す。このモデルは、交通手段別のトリップあたりの旅行時間である。

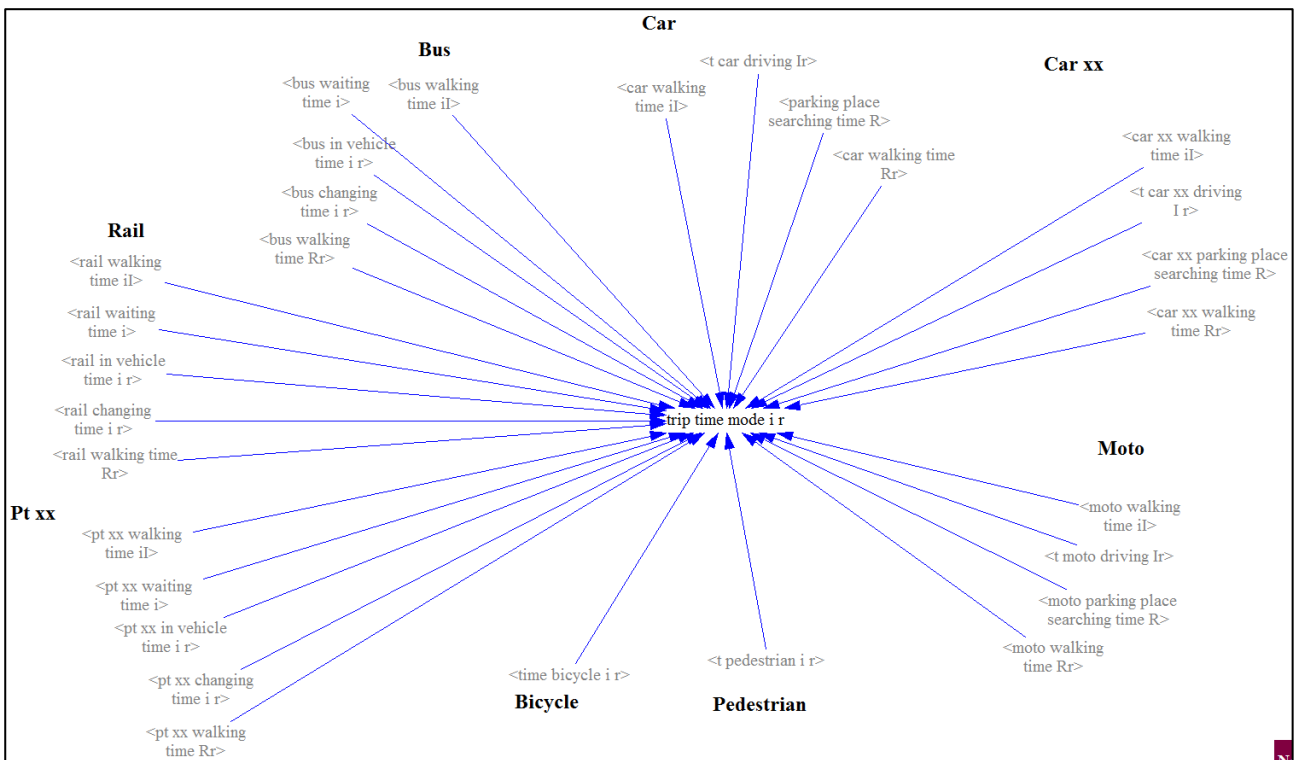


図 3-15 Vensim で構築された交通サブモデル (Trip Time by Mode)

図 3-16 に交通サブモデル (Occupancy Calculations) を示す。このモデルは各交通手段別の容量を計算するモデルである。

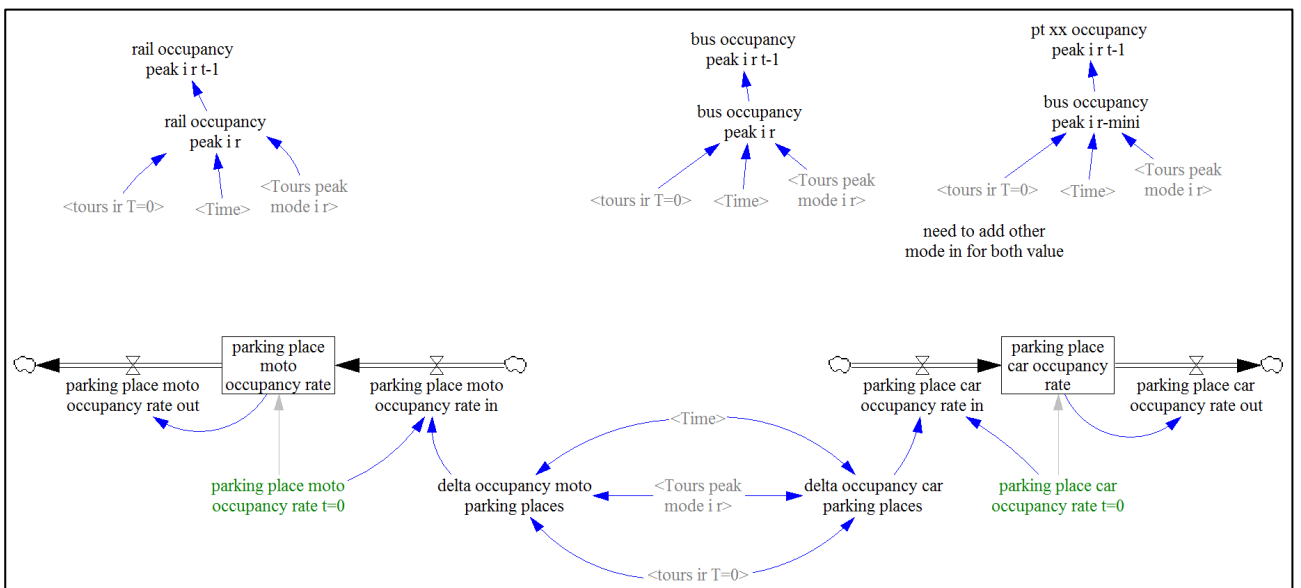


図 3-16 Vensim で構築された交通サブモデル (Occupancy Calculations)

(2) 土地利用サブモデルの構造

本節では、土地利用サブモデルの構造について説明する。なお、交通サブと同様にモデルの構造式は代表的な式のみを本節で述べる。

土地利用サブモデルはさらに5つのモデル(住居開発モデル、住居供給モデル、住居需要モデル、職場における床面積供給モデル、職場における床面積需要・開発モデル)に分かれている。このサブモデルは、異なるゾーン内の新しい住宅と職場の開発のシミュレーションを実行する。住宅開発モデルは、供給側と需要側の2つのサブモデルに分かれおり、職場モデルは経済成長率など各地域の市場勢力に基づいている。住宅開発の因果ループ図を図3-14⁵⁾に示す。この因果ループ図は、バランスループH1から始まり、特定のゾーンに住宅を開発する土地開発者の魅力が、賃貸料によって決まることを示している。賃貸料のレベルは需要に基づいており、需要地点までの住宅開発の増加につながることで、フィードバックループのバランスが取れていることを意味している。一方、バランスループH2は、新しい住宅の需要が減少した後も地価と住宅の家賃を引き下げる。したがって、これは開発者にとって新しい住宅を開発する魅力であることを意味する。ループH1とH2により、土地の利用可能性が低下し、ループH3の開発者の魅力が低下する。ループH4は、H3を拡張し、土地の可用性が地価に与える影響を表している。よって、人口、緑地面積、およびそのゾーンからのアクティビティへのアクセスのしやすさが、住宅需要を推進する。

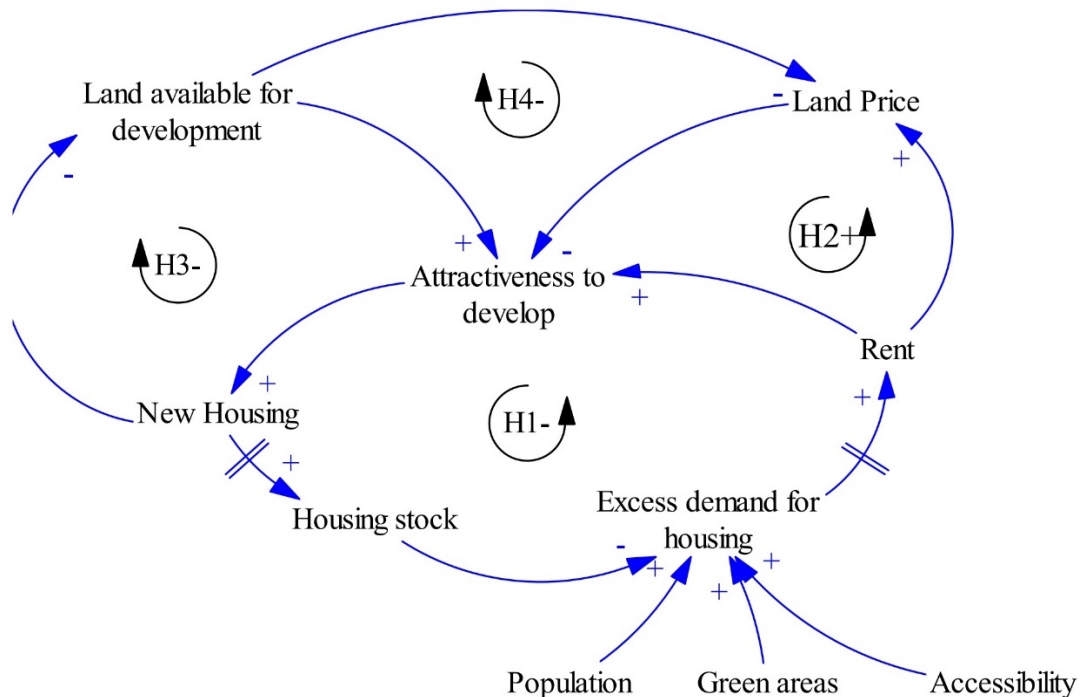


図 3-17 土地利用モデルの因果ループ図

各モデルの式を式3-9から式3-13に示す。

まず、住居開発モデルを式3-9に示す。住宅開発は、前年の賃貸料または住宅ローンと土地価格によって決定する。

$$\Delta D_j(t) = P^D(t-T) * \frac{a^D * \frac{R_j^D(t-T)}{LP_j(t-T)} + b^D}{\sum_j a^D * \frac{R_j^D(t-T)}{LP_j(t-T)} + b^D} \quad (3-9)$$

ここで、

- $P^D(t-T)$: $t-T$ 年における新しく建設された住居の需要量
- T : 住居の計画と建設のタイムラグ
- $R_j^D(t-T)$: $t-T$ 年におけるゾーン j での賃料または住宅ローン (円)
- $LP_j(t-T)$: $t-T$ 年におけるゾーン j での土地価格 (千円/㎡)
- a^D, b^D : パラメータ

住居供給モデルを式 3-10 に示す。

$$N_j^{mv}(t) = P^{mv}(t) * \frac{a^{mv} * e^{b^{mv} * WP Acc_j^{PC}(t) + c^{mv} * ShGr_j(t) + d^{mv} * R_j^D(t)}}{\sum_j a^{mv} * e^{b^{mv} * WP Acc_j^{PC}(t) + c^{mv} * ShGr_j(t) + d^{mv} * R_j^D(t)}} \quad (3-10)$$

ここで、

- $N_j^{mv}(t)$: t 年におけるゾーン j からの移住者数
- $P^{mv}(t)$: t 年における移住可能性
- $WP Acc_j^{PC}(t)$: t 年におけるゾーン j からの自家用車による職場へのアクセシビリティ
- $ShGr_j(t)$: t 年におけるゾーン j の緑地の割合
- $R_j^D(t)$: t 年におけるゾーン j での賃料または住宅ローン (円)
- $a^{mv}, b^{mv}, c^{mv}, d^{mv}$: パラメータ

住居需要モデルを式 3-11 に示す。

$$N_j^{in}(t) = P^{in}(t) * \frac{a^{in} * e^{b^{in} * WP Acc_j^{PC,PT}(t) + ShGr_j(t) * (c^{in} * ShGr_j(t) + d^{in}) + e^{in} * R_j^D(t)}}{\sum_j a^{in} * e^{b^{in} * WP Acc_j^{PC,PT}(t) + ShGr_j(t) * (c^{in} * ShGr_j(t) + d^{in}) + e^{in} * R_j^D(t)}} \quad (3-11)$$

ここで、

- $N_j^{in}(t)$: t 年におけるゾーン j に住居を求める居住者数
- $WP Acc_j^{PC,PT}(t)$: t 年におけるゾーン j から職場へのアクセシビリティの集合
- $a^{in}, b^{in}, c^{in}, d^{in}$: パラメータ

職場における床面積供給モデルを式 3-12 に示す。

$$\Delta N_j^{s,mv}(t) = N_j^s(t-1) * P_{mv}^s \quad (3-12)$$

ここで、

$\Delta N_j^{s,mv}(t)$: t 年におけるゾーン j から移転する経済部門 s の職場数

$N_j^s(t-1)$: $t-1$ 年におけるゾーン j の経済部門 s の職場数

職場における床面積需要・開発モデルを式 3-13 に示す。

$$\Delta N_j^{s,in}(t) = P^s(t) * \frac{e^{(a^s + b^s * AvLd_j(t) + c^s * WP Acc_j^{PC}(t) + d^s * LP_j(t))} - 1}{\sum_j e^{(a^s + b^s * AvLd_j(t) + c^s * WP Acc_j^{PC}(t) + d^s * LP_j(t))} - 1} \quad (3-13)$$

ここで、

$AvLd_j(t)$: t 年におけるゾーン j の利用可能な土地

$LP_j(t)$: t 年におけるゾーン j の土地の価格

a^s, b^s, c^s, d^s : パラメータ

これらの代表的な構造式を含めた全ての土地利用サブモデルの構造式を図 3-18 から図 3-18 に示す。

図 3-18 に土地利用サブモデル (Land Consumption per Unit) を示す。このモデルでは家庭と職場の面積を計算する。

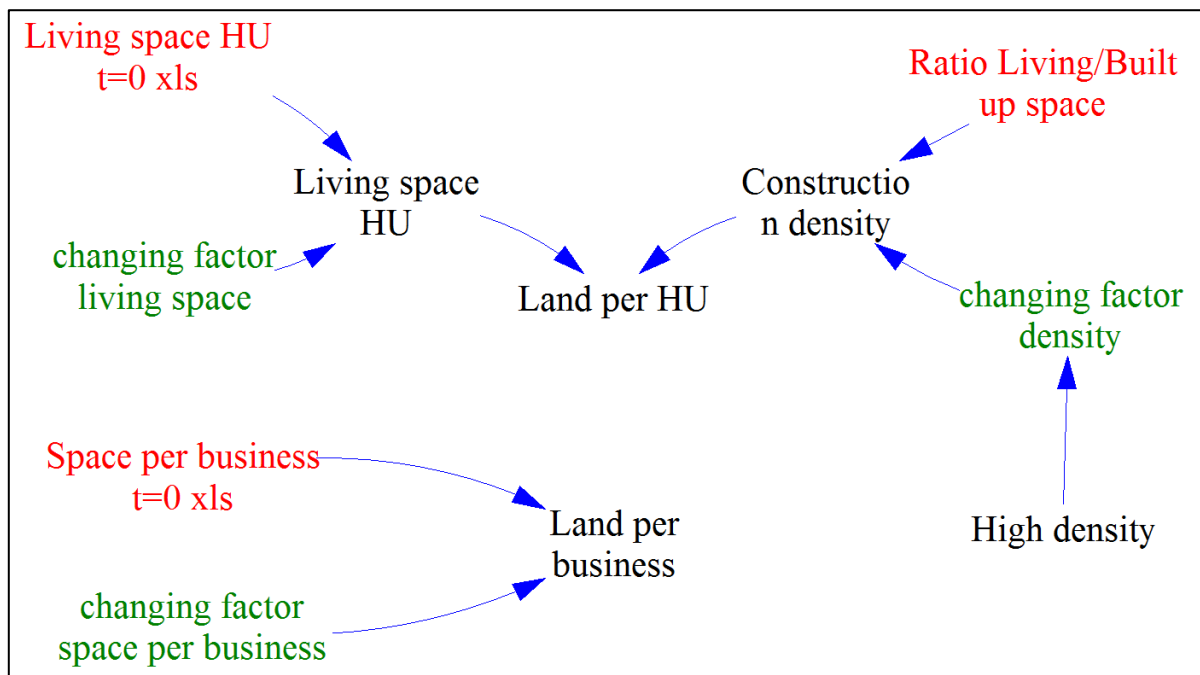


図 3-18 Vensim で構築された土地利用サブモデル (Land Consumption per Unit)

図 3-19 に土地利用サブモデル (Land Development) を示す。このモデルは、未開発の土地や既に開発された土地、保護されている土地の割合データから開発可能な土地を計算する。

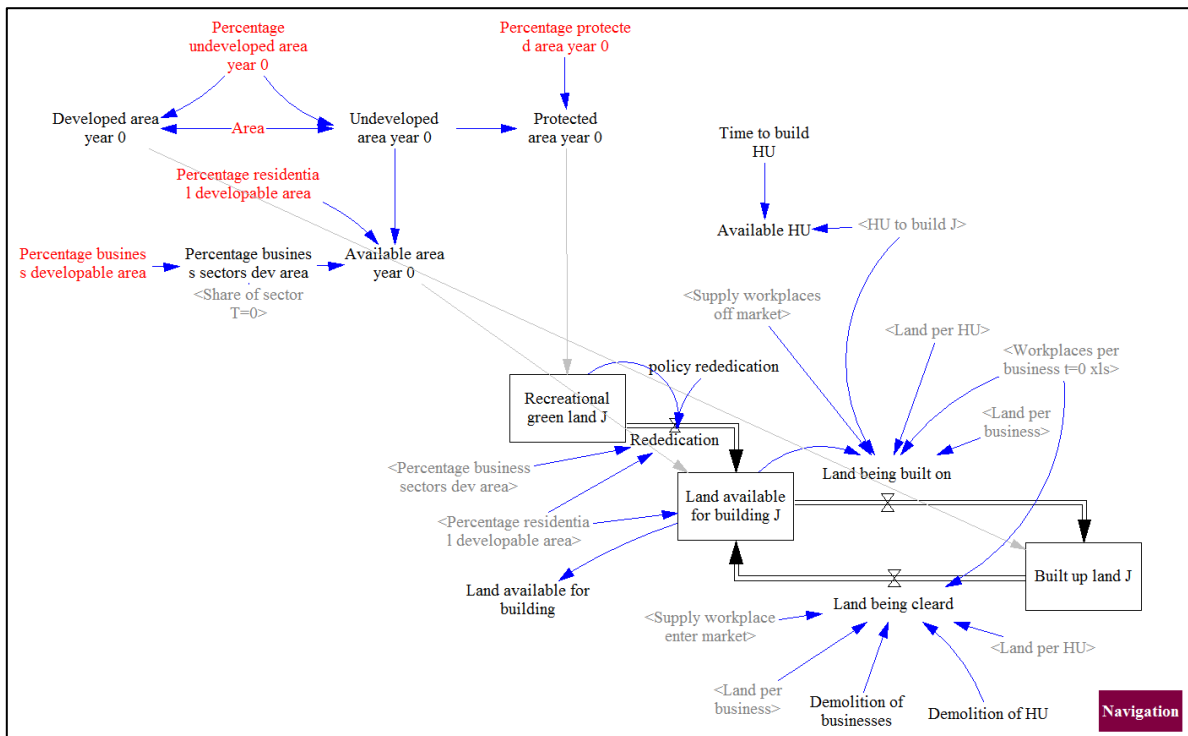


図 3-19 Vensim で構築された土地利用サブモデル (Land Development)

図 3-20 に土地利用サブモデル (Housing Units) を示す。このモデルは土地価格と住宅コストから住宅の需要を計算する。

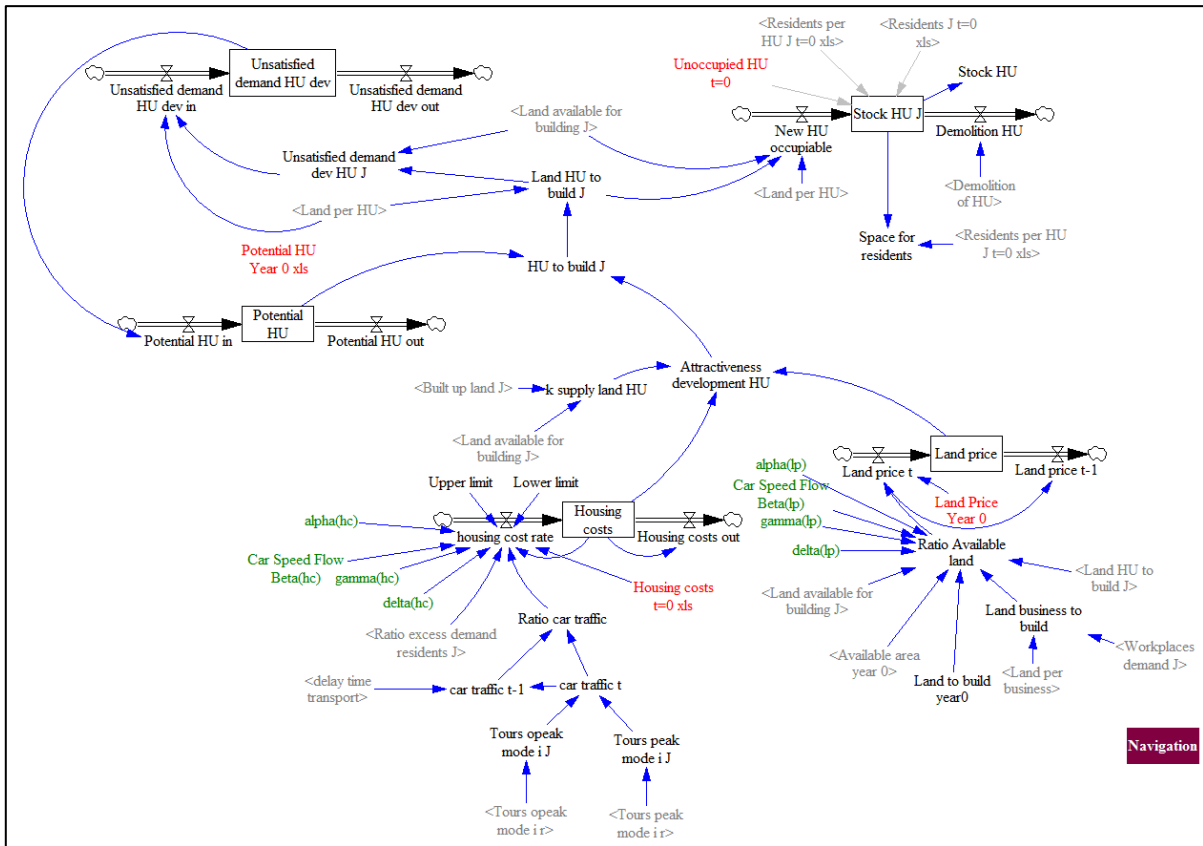


図 3-20 Vensim で構築された土地利用サブモデル (Housing Units)

図 3-21 に土地利用サブモデル (Residents) を示す. このモデルは居住者の移住から各ゾーンの居住者数を計算している.

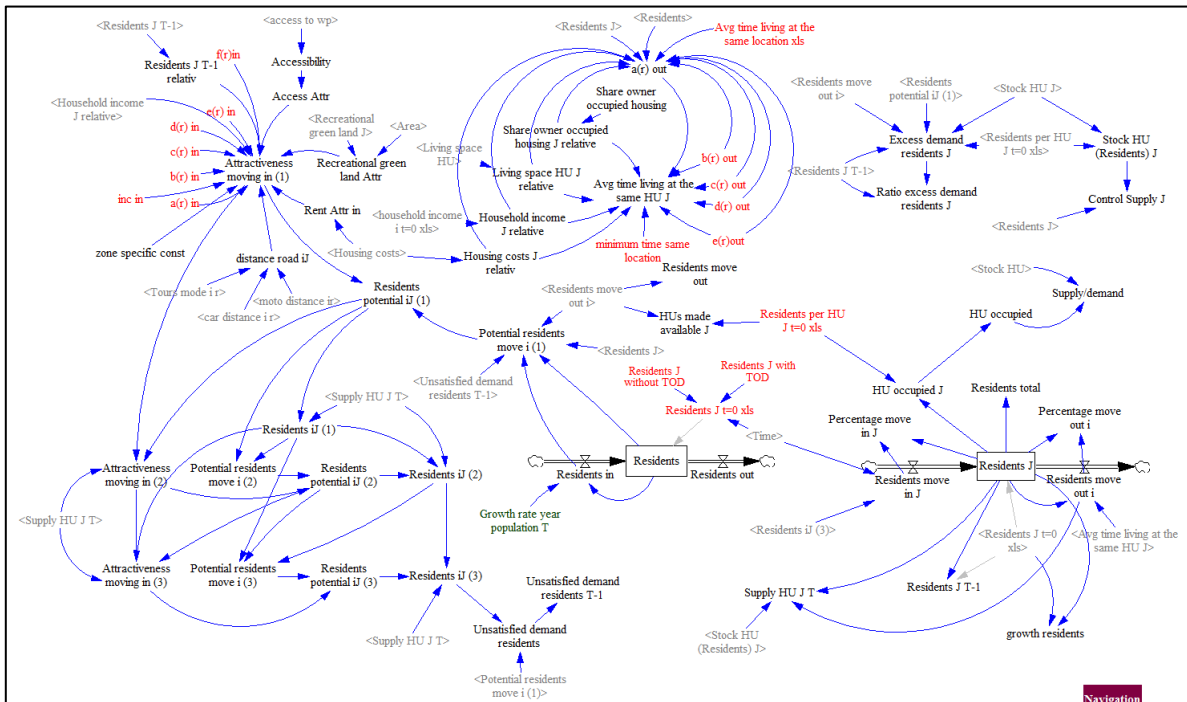


図 3-21 Vensim で構築された土地利用サブモデル (Residents)

図 3-24 に土地利用サブモデル (Household Income) を示す。このモデルは家庭の平均月収などから、トリップあたりの費用の計算をする。

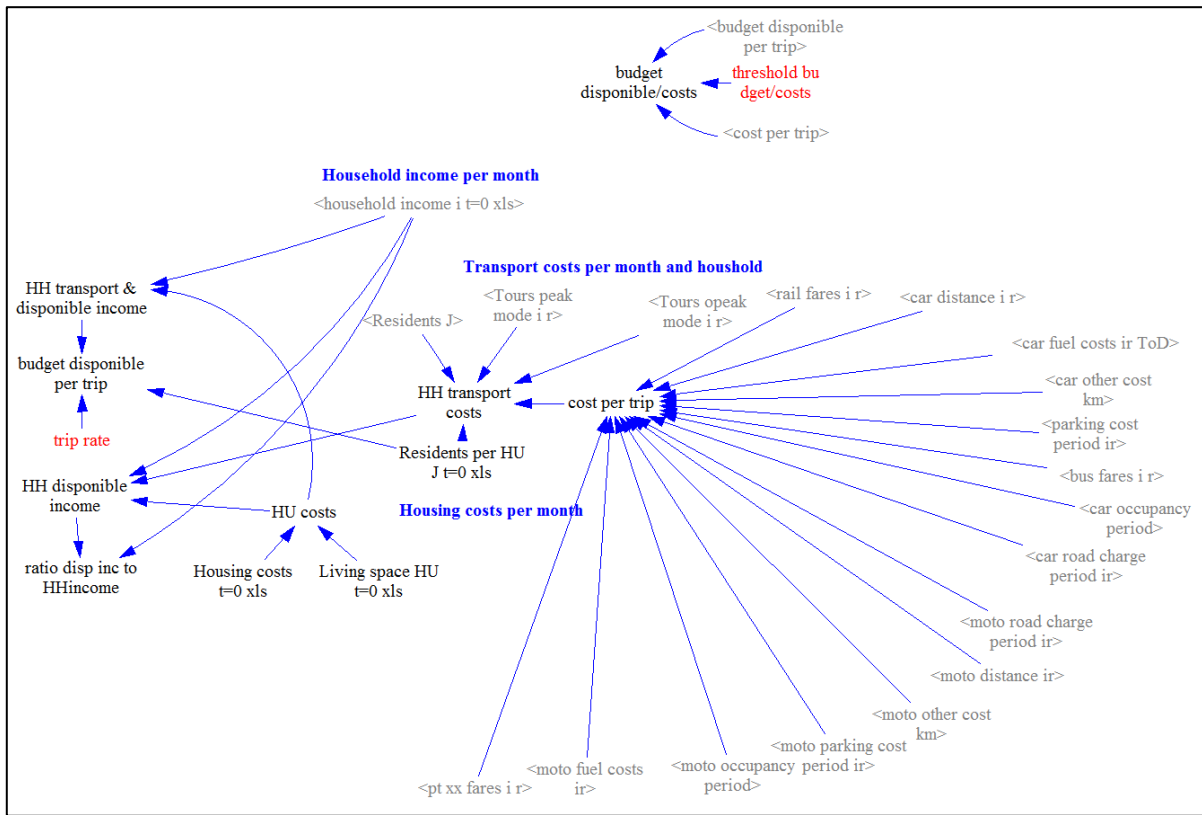


図 3-24 Vensim で構築された土地利用サブモデル (Household Income)

3.2 政策評価に向けたモデルの構築

「3.1 動学的かつ空間的な土地利用・交通モデル MARS の概要」においても述べたように、本論文で用いる MARS は欧州の都市を中心として、世界 20 ヶ国以上の都市に適用されており、短期的な政策から長期的かつ土地利用や交通に関する都市政策の評価がなされている。しかし、これまでの MARS の政策評価で対象とされている都市は、成長途中や今後も成長するであろうと想定される都市のみとなっており、本論文で対象とする衰退する都市では、これまでもモデルが適用されておらず、政策評価がなされていない。さらに、日本においては対象とする千葉市のような縮小する都市が多く、将来的には先進国の多くの都市においても縮小化が進行すると考えられるため、このような都市に対して MARS を適用するためには、既存のモデルを改良して、新たなモデルの構築が必要となる。ゆえに、本論文では図 3-25 に示すように既存の MARS を拡張し、新たなモデルを構築した。

本論文において構築したモデルは、「居住者推計モデルのコーホート化」、「公共施設サブモデル」、「公共サービス水準サブモデル」、「税金歳出入推計モデル」である。主に、土地利用モデルに組み込まれるモデルを構築し、集約型都市の実現可能性のシミュレーション分析を行った。それぞれのモデルの詳細は次項以降で述べる。

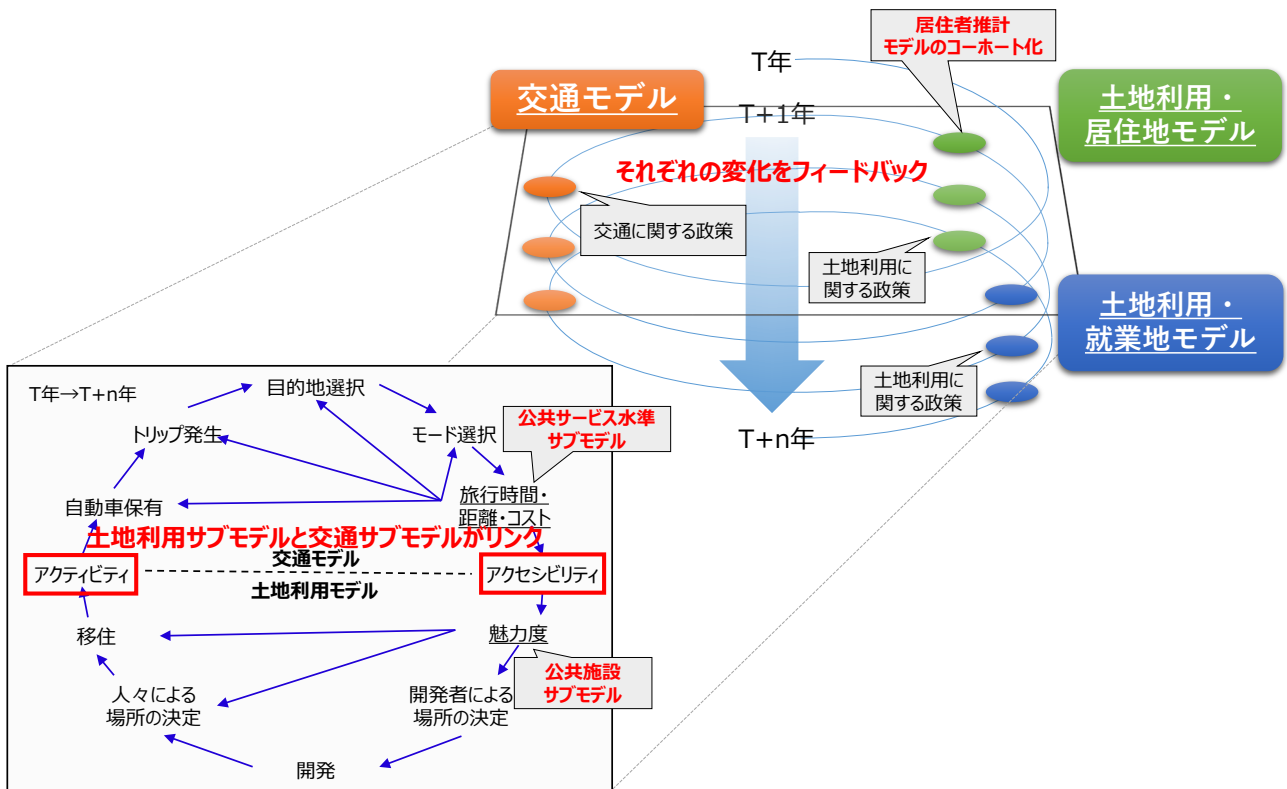


図 3-25 本論文で改良した点

3.2.1 居住者推計モデルのコーホート化

MARS の土地利用モデルに組み込まれている Residents モデル（図 3-21 参照）における居住者推計モデルを図 3-26 に示すようにコーホートモデルを構築した。既存のモデルでは、シミュレーシ

ョン期間の居住者は成長率を外挿することにより推計される。しかし、我が国のような少子高齢化社会においては、現時点で予測されている成長率は全年齢の平均した値であるため、不確定要素が多い上に、青年期・壮年期及び高齢期によって死亡率が異なるため、将来の予測される成長率が異なってくる可能性が考えられる。そこで、本論文ではそれらを考慮するために居住者推計モデルのコーホート化を行った。このコーホート化により、都市全体で年代別に居住者の推計が可能である。

本論文のコーホートモデルは、Oh ら¹³⁾の研究で構築されたコーホートモデルを参考にモデルを構築した。Oh らの研究では5歳別のコーホートモデルを構築しているが、本論文では、まず「0歳から14歳」、「15歳から44歳」、「45歳から64歳」、「65歳以上」に分類した。このように分類することで、少子高齢化によって生産年齢人口や年少人口の減少を考慮した長期的に評価することができる。図3-26では、まず、加齢により居住者がある年齢グループのストックから次のストックに移動する加齢連鎖モデルとして示される。そして、それぞれの下位のコーホートに影響を与える。その下位コーホート間の転送率は、次の式3-14に示すことが可能である。

$$\frac{P_n^t}{LT} \quad (3-14)$$

ここで、

P_n^t : t 年における n 番目のコーホートの居住者数 (人)
 LT : リードタイム

また、各コーホートの死亡率は、厚生労働省から公表されている生命表¹⁴⁾を用いて算出した。しかし、千葉市における生命表は公表されていないため、本論文では千葉県生命表を代用して、各コーホートの死亡率を算出した。

最初の「0歳から14歳」のコーホートを除く下位コーホートの母集団は、式3-15で推計される。

$$P_t^n = \int_{t_0}^t (TR_t^{n-1} - TR_t^n - DR_t^n) dt + P_0^n \quad (n \geq 2 \text{ and } t \geq t_0) \quad (3-15)$$

ここで、

P_0^n : i 番目のコーホートの居住者数の初期値 (人)
 TR_t^{n-1} : t 年における $n-1$ 番目のコーホートから n 番目のコーホートへの流入率
 TR_t^n : t 年における n 番目のコーホートから $n+1$ 番目のコーホートへの流出率
 DR_t^n : t 年における n 番目のコーホートの死亡率

一方、「0歳から14歳」のコーホートは式3-16で推計される。式3-16では、最初のコーホートであるため、 TR_t^{i-1} の代わりに BR_t を用いる。

$$P^1 = \int_{t_0}^t (BR_t - TR_t^1 - DR_t^1) dt + P_0^1 \quad (3-16)$$

ここで、

BR_t : t 年における出生率

また、「65歳以上」のコーホートは式 3-17 で推計される。さらに、式 3-17 に式 3-15 を代入すると式 3-18 が導出される。

$$P_t^{65+} = \sum_{n=4}^4 P_t^n \quad (3-17)$$

$$P_t^{65+} = \sum_{n=4}^4 \left(\int_{t_0}^t (TR_t^{n-1} - TR_t^n - DR_t^n) dt + P_0^n \right) \quad (3-18)$$

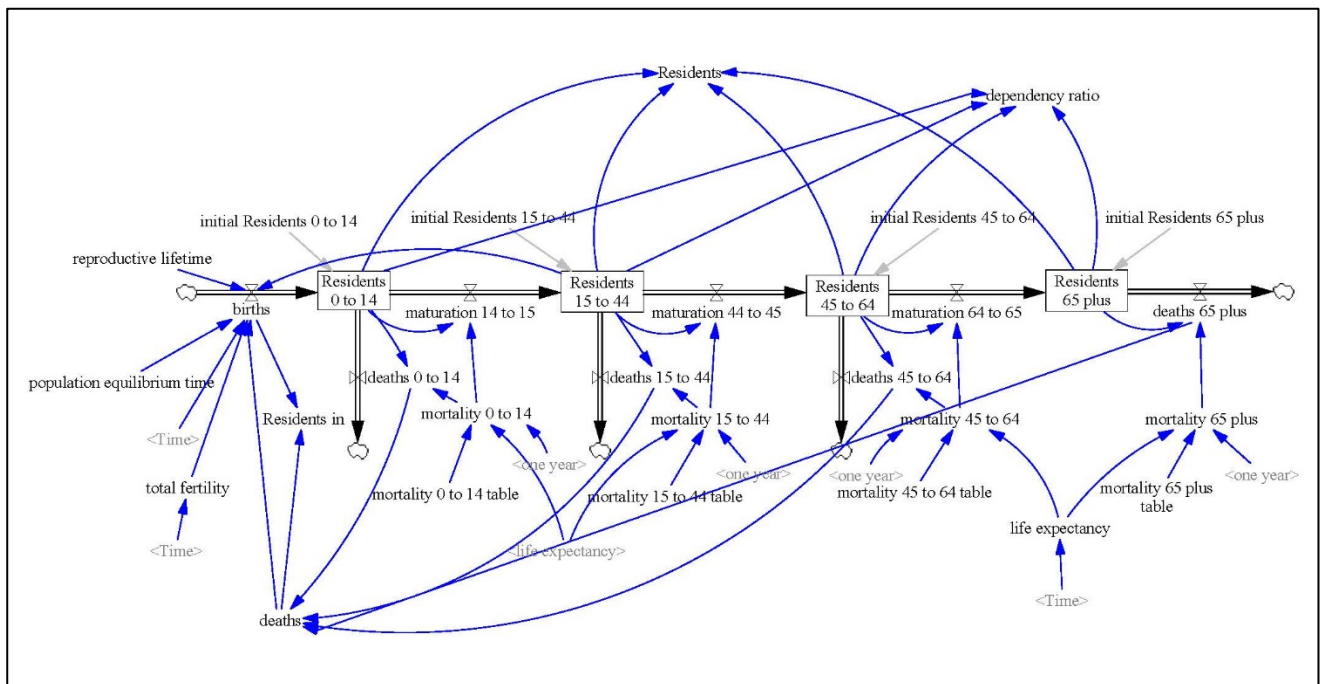


図 3-26 居住者のコーホートモデル

3.2.2 公共施設サブモデルの構築

本論文で構築した公共施設サブモデルを図 3-27 に示す。このモデルは、各ゾーンの人口重心から各公共施設までの距離と公共施設の容量から各ゾーンからの各公共施設の利用確率が算出される。利用確率と各ゾーンの居住者より、各公共施設の利用者数が算出される。各公共施設のサービス圏を設定することによって、各ゾーンのサービス圏内の利用可能な公共施設数が算出される。ここで算出された各ゾーンのサービス圏内の公共施設数は各ゾーンの魅力度へフィードバックされ、居住者が移住する際に公共施設数が場所選択に与える影響の1つとなる。

移動コストは、内生的に推定された各交通モードの速度および各ゾーンの人口重心から公共施設までの距離から最短旅行時間を算出し、各公共施設の利用率および時間価値から算出した。

公共サービス量は、公共施設サブモデルで算出されたサービス圏内の利用可能な公共施設数の延床面積の合計を各サービス圏内ゾーンの居住者数の合計の商である。

これらの算出式の詳細は「6.1.1 住民視点における分析指標」で述べる。

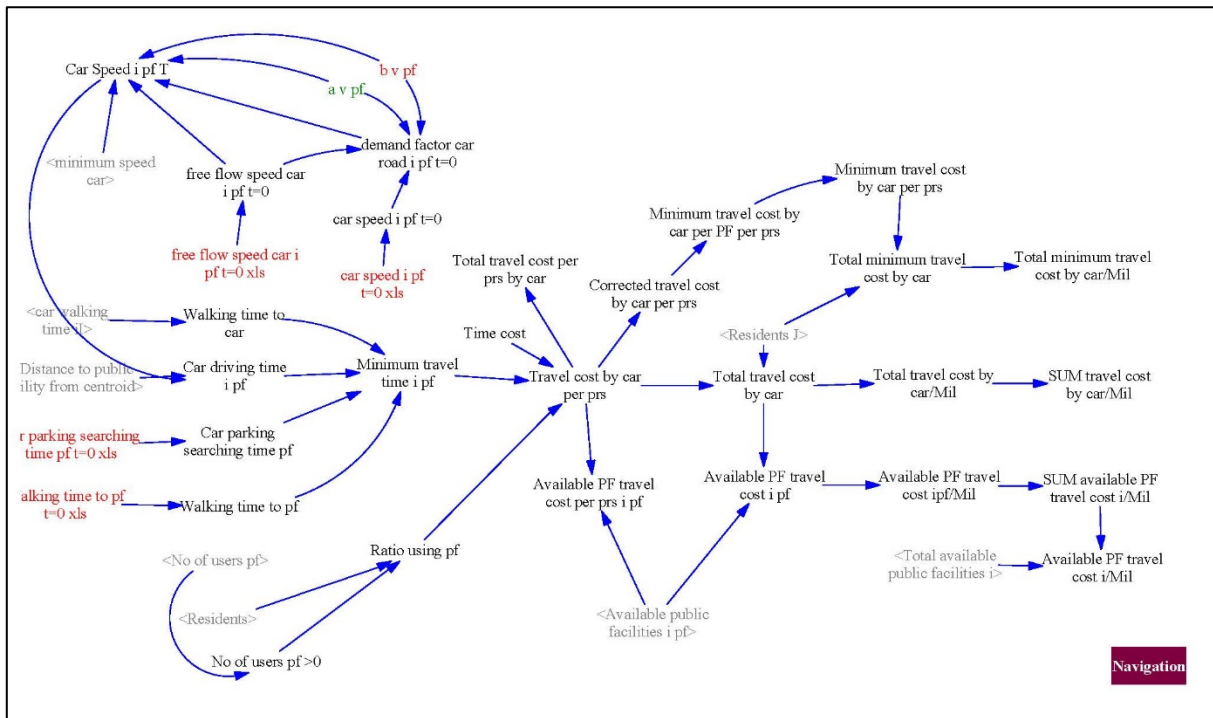


図 3-28 公共サービス水準サブモデル (移動コスト)

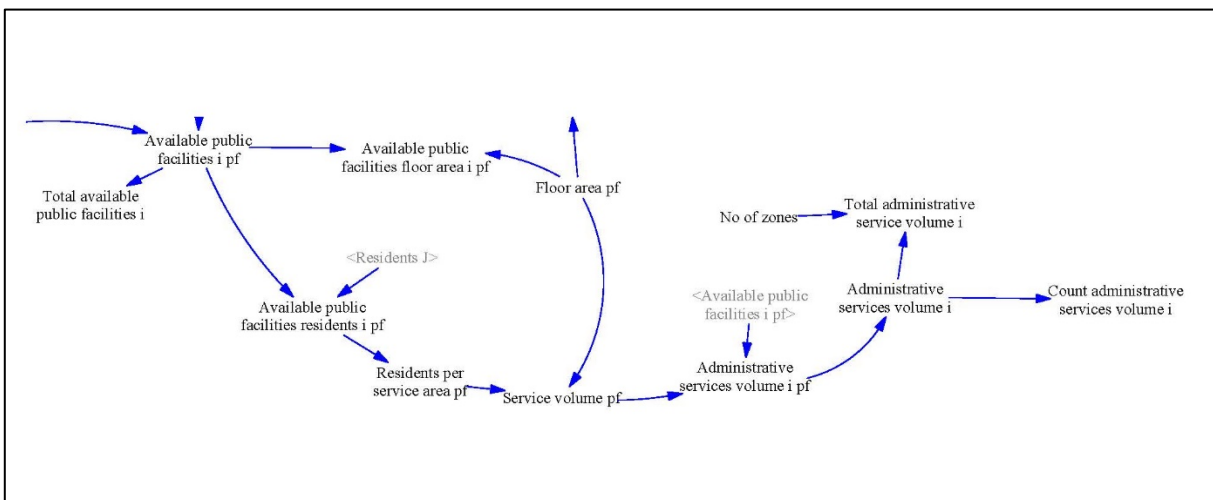


図 3-29 公共サービス水準サブモデル (公共サービス量)

3.2.4 税金歳出入推計モデルの構築

行政における税金の収入および支出を推計するために税金歳出入推計モデルを構築した。このモ

デルは、内生的に推定された年代別就業者数、戸数、公共施設数から税金の収入および支出を推計することが可能である。既存の MARS は都市の財政をモデル化しておらず、集約型都市の実現可能性を分析するために本論文では都市財政に関するモデルも構築した。

まず、このモデルで定義した収入および支出である。都市財政は様々な種類の税金からの収入があるが、本論文では集約型都市の影響を受けることが想定される個人住民税および固定資産税（土地および家屋）を対象とした。支出も一般的に総務費や民生費、社会福祉費など多種類に渡る。そこで、本論文では集約型都市の実現可能性の分析のために集約化において必要な費用（公共施設維持管理費用、公共施設除却費用、人工造林化費用、都心部移住補助金、郊外部撤退費用補助金）を支出と定義した。収入および支出の各項目の算出式は「6.1.2 行政視点における分析指標」で述べる。

また、税金歳出入推計モデルを図 3-30 から図 3-34 に示す。

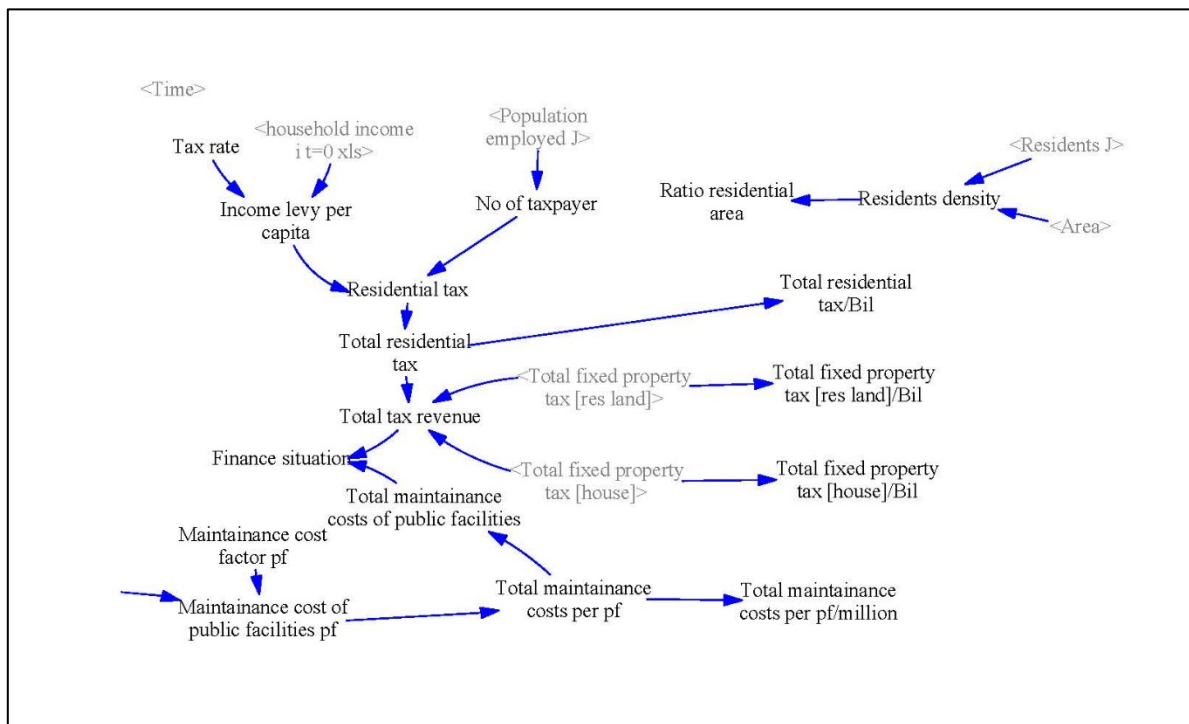


図 3-30 税金歳出入推計モデル（個人住民税および固定資産税，公共施設維持管理費用）

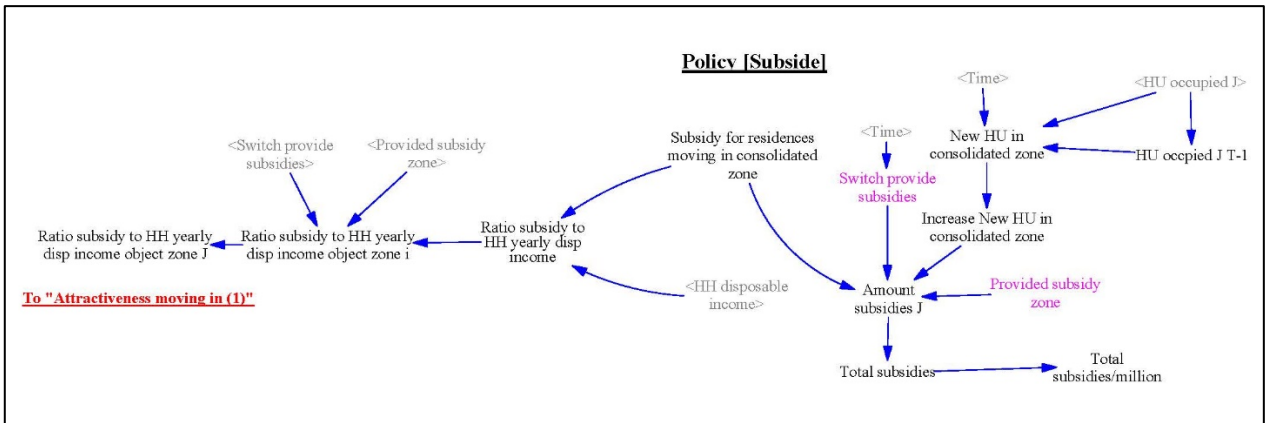


図 3-34 税金歳出入推計モデル (補助金)

3.3 対象都市の選定とモデル適用のためのデータ整理

3.3.1 対象都市の選定

本論文では、千葉県千葉市を対象都市として選定した。図 3-35 に示すように、千葉市は千葉県の県庁所在地であり、中央区、花見川区、稲毛区、若葉区、緑区、美浜区の 6 区で成り立つ政令指定都市である。面積は 272.08km²、人口は 2015 年 12 月 1 日現在で 968,883 人であり、2020 年までは増加傾向であるが、その後は減少傾向に転じると予測されている。

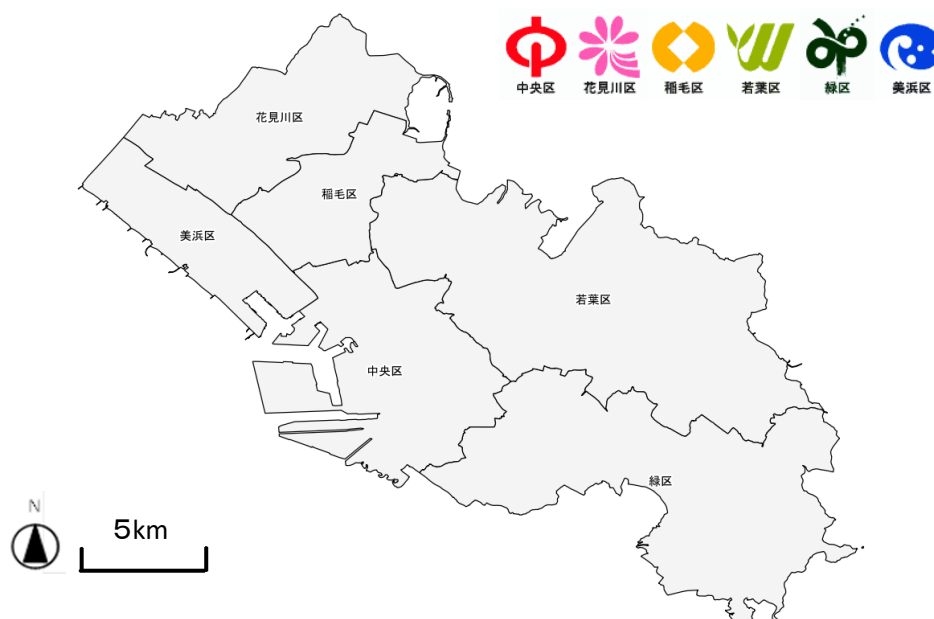


図 3-35 千葉市全体とその 6 区

また、千葉市の土地利用状況を図 3-36¹⁷⁾に示す。千葉市は、住宅用地、山林、畑の利用が多くなっている。千葉市では、住宅用地は公共交通軸を中心に都市域全体に分布しており、山林や畑は郊外部を中心に分布している。経年的に比較すると、年々山林および畑の利用が減少傾向であり、住宅用地が増加傾向にあることがわかる。このことから、山林から住宅用地に転換していることがわかり、郊外部において住宅用地開発の進行に伴い、都市域の拡大が懸念されている。

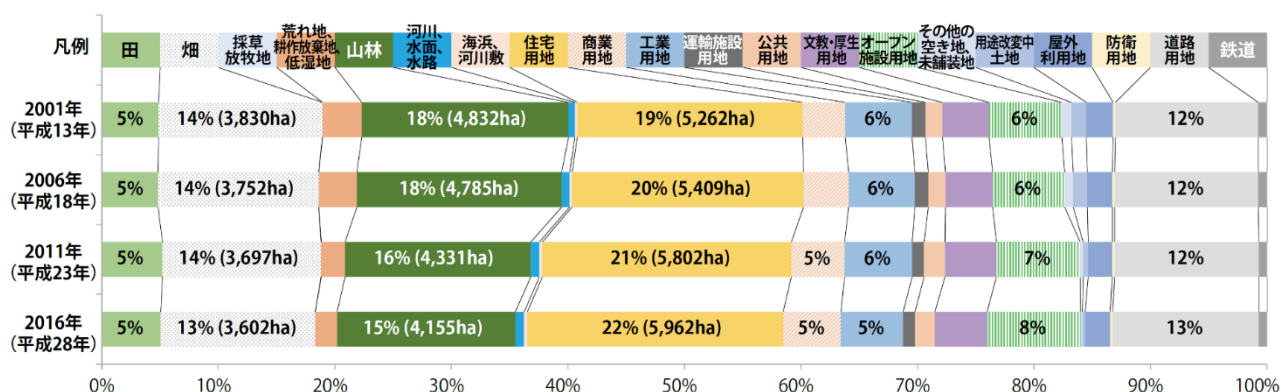


図 3-36 千葉市における土地利用の変遷

一方、千葉市は 1992 年に政令都市となり、各区かつ都市全域に公共施設（インフラストラクチャーおよび公共建築物）が整備されてきた。その結果、**図 3-37**¹⁷⁾に示すように、今後、公共施設の老朽化が進み、その維持管理費用（大改修や更新費用）の負担が大きくなっている。特に、将来は現行の投資額と必要投資額の収支ギャップが大きくなり、千葉市における行政負担の増加傾向が明らかである。そこで、千葉市は 2015 年に「千葉市公共施設等総合管理計画」¹⁸⁾を公表し、今後、公共施設の配置数の削減を目標としている。この計画では、現行の公共サービス水準を維持しつつ、維持管理費の削減に向けて、公共施設の適切な量と配置を目指している。

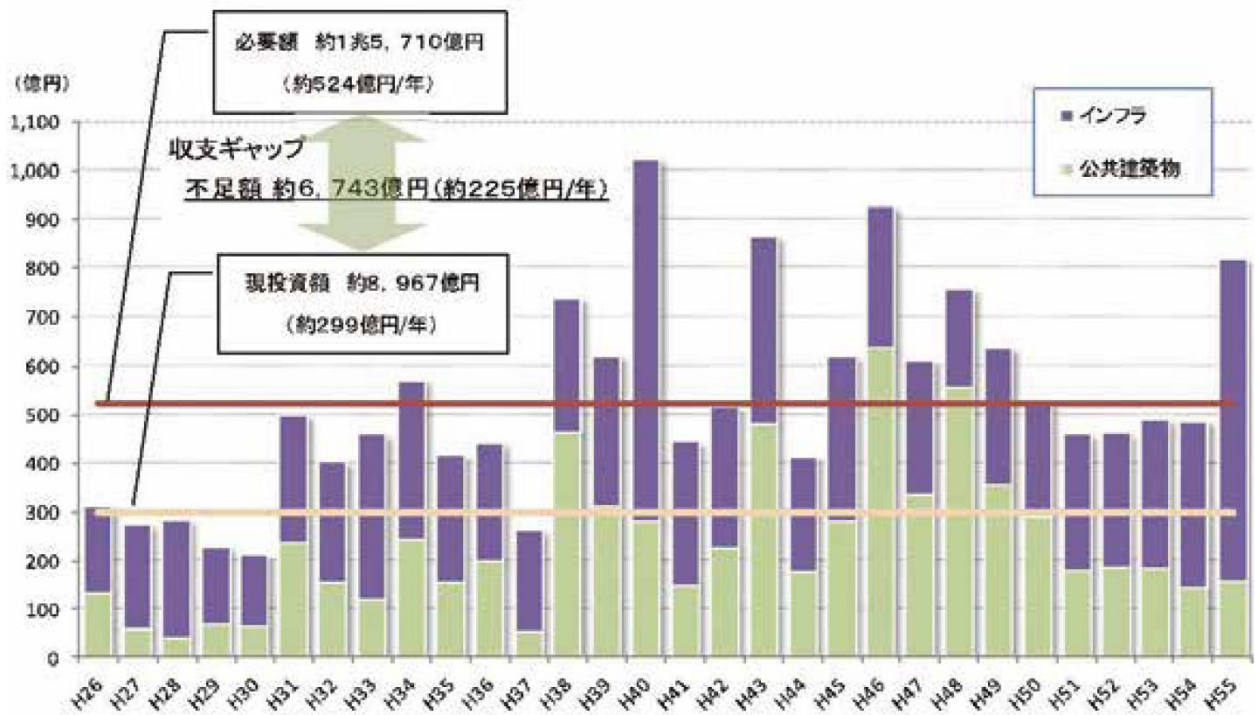


図 3-37 千葉市における公共施設の更新費用の見通し

上記に示したように、都市域拡大の進行や公共施設の維持管理費用の増大によって、行政の費用負担の増大や、現状の公共サービス水準の維持の困難であると懸念されることから、千葉市は 2019 年に策定された千葉市立地適正化計画¹⁷⁾では、**図 3-38**¹⁷⁾に示すような公共交通軸と連携したコンパクトな市街地への再編成を提言している。この都市構造は、公共交通軸沿線に都心、重要地域拠点、地域拠点、産業拠点を設けて、各拠点を中心に都市機能を集約することを計画している。特に、既存の JR 線、京成線、千葉都市モノレールの沿線に多くの拠点を設けており、既存の公共交通ネットワークを活用して、コンパクトな都市構造の形成を目指していることが特徴である。しかしながら、既に上記に示す計画は策定されているが、その計画遂行においての実施手法やその実現可能性は明示されておらず、課題となっている。



図 3-38 千葉市における目指すべき都市構造

3.3.2 対象都市域のゾーン分割と集約型都市の定義

本論文では、東京都市圏パーソントリップ調査¹⁹⁾で用いる計画基本ゾーンに基づいて、千葉市全域を24ゾーンに分割した。MARSでは、24ゾーンに基づいて推計がされている。

また、集約型都市の定義として、図3-38に示す千葉市の目指す都市構造に基づいて、都心ゾーン、地域拠点ゾーン、郊外ゾーンを設定した。市が都心と定義する地区とその都心に隣接する一部の重要地域拠点に集約する都市を一極集約型都市と定義した。一方、市が重要地域拠点と定義する地区とその重要地域拠点に近隣する地域拠点に集約した都市構造を多極集約型都市と定義した。図3-39に一極集約型都市および多極集約型都市の対象となるゾーンを示す。

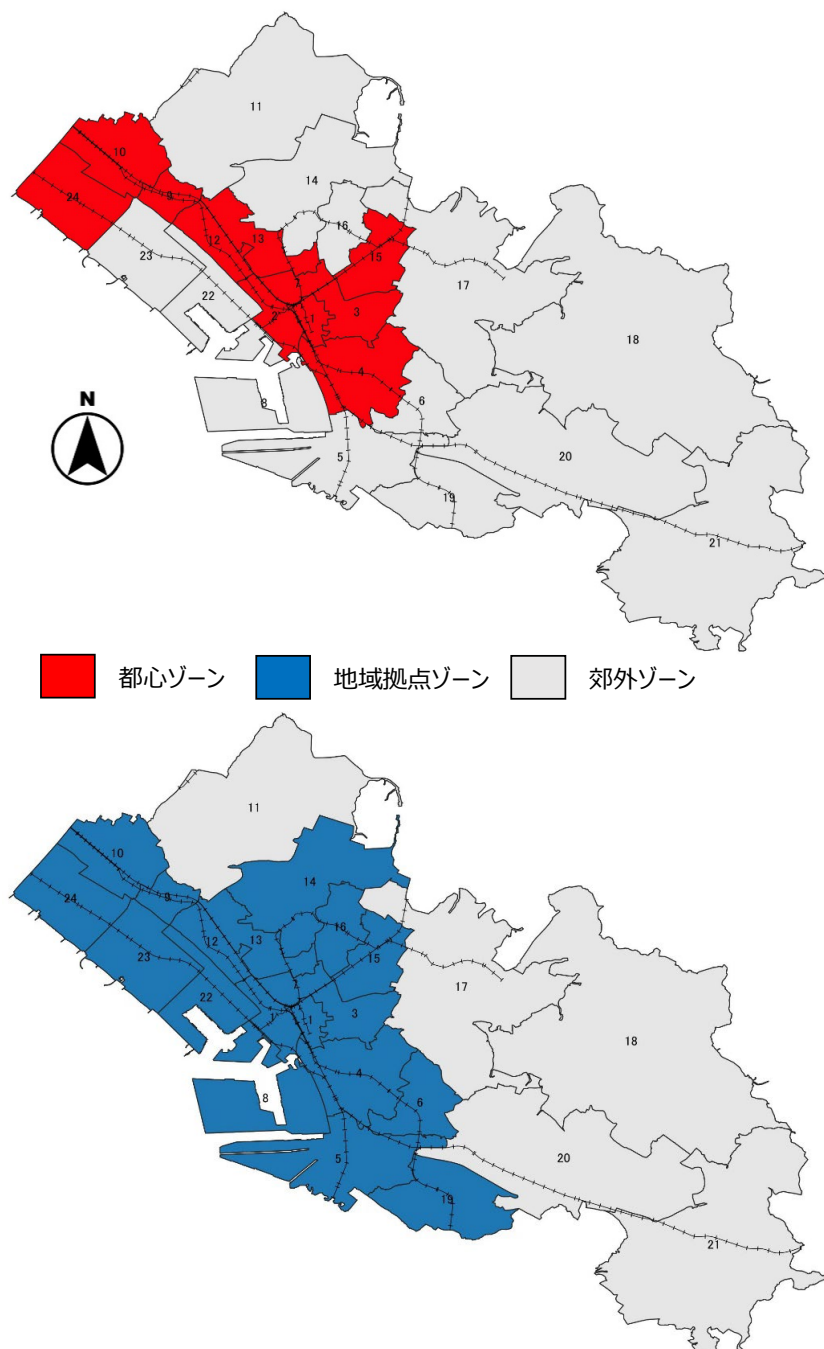


図 3-39 一極集約型都市（上）と多極集約型都市（下）

3.3.3 モデル適用に向けたデータの整理

MARS を対象都市である千葉市に適用するために、モデルへ入力するためのデータを整理した。図 3-40 に示すように、これらのデータの入手方法としては、主に総務省、千葉県、千葉市のホームページの統計情報から入力データを収集した。また、それらのホームページから入手できないデータは、東京都市圏パーソントリップ調査の結果データから入手した。しかし、全ての調査について、本論文が設定する基準年（2010 年）に調査が行われているとは限らず、その際は基準年に近い前後のデータを入手し、そのデータから予測し、基準年のデータとした。さらに、各交通手段別にゾーン間距離、速度などのデータも必要となるため、地理情報システム（以下、GIS）データを作成した。

特に、必要となるデータの中には、主に日本全国で 5 年おきに実施されている国勢調査や多くの都市圏で行われているパーソントリップ調査（以下、PT 調査）の結果や自治体の統計データに基づいて、人口、就業者数、起終点トリップ数、車両登録台数、住宅数等の社会経済指標に関するデータや、発着地から駅または駐車場までの平均歩行時間などアクセスやイグレスに関するデータなどがある。

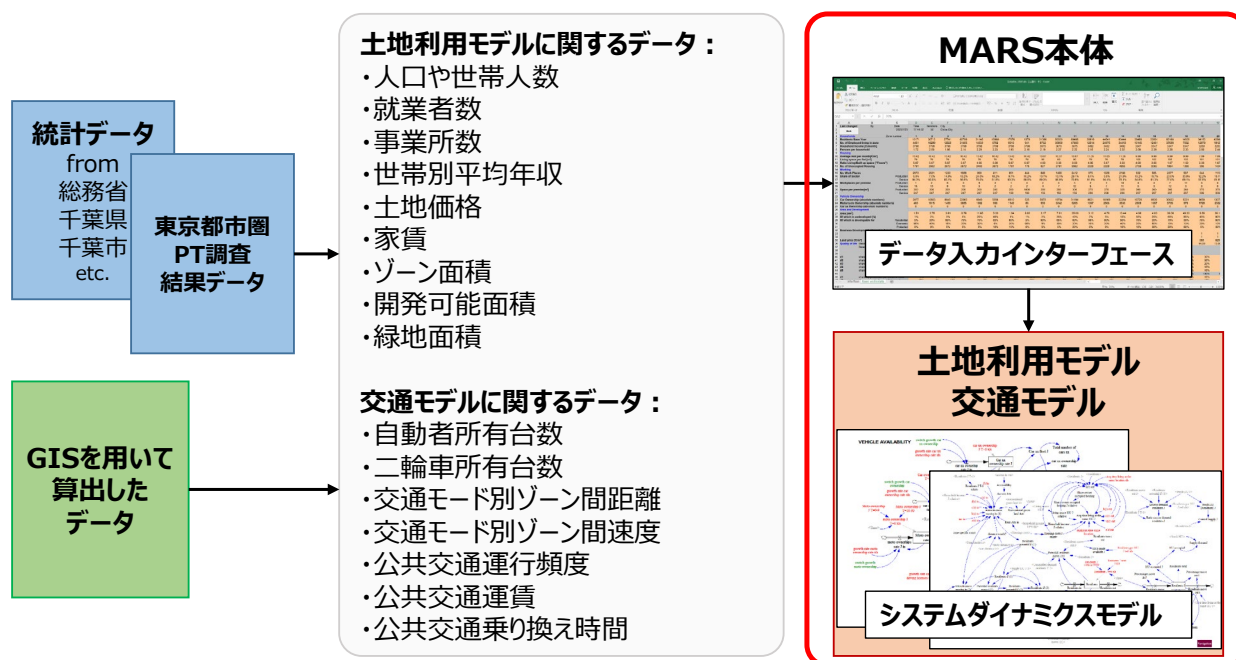


図 3-40 入力データの入手からモデル入力までの手順

初期設定の段階で必要となるデータ一覧に関しては、成長率に関する必要データ一覧表は表 3-1、都市単位（スカラーデータ）で必要となるデータ一覧表は表 3-2、ゾーン単位（ベクトルデータ）で必要となるデータ一覧表は表 3-3、表 3-4 にそれぞれ示す。モデルの適用にあたり、2010 年を基準年として、それぞれのデータを収集した。収集したデータは、Microsoft 社の Excel で作成されたデータ入力インターフェースに各データを入力することで、システムダイナミクスで構築された MARS の初期値として入力される。

表 3-1 成長率に関する必要データ一覧

No.	変数 Variables	単位 Unit
1	居住者数 (The number of residents)	persons
2	サービス部門の職場数 (The number of workplace in the service sector)	workplaces
3	1000人あたりの自動車の所有 (The car ownership)	veh./1000 persons
4	1000人あたりの二輪車の所有 (The motorcycle ownership)	veh./1000 persons

表 3-2 都市単位 (スカラーデータ) で必要となるデータ一覧

No.	変数 Variables	単位 Unit
1	就業日における各ゾーンに住んでいる就業者あたりの平均通勤トリップ数 (The average number of commuting trips per employed residents living in each zone and workday)	trips/person and workday
2	一人当たりの平均日旅行時間 (The average daily travel time budget per person)	h/person
3	世帯が引っ越すまでの期間 (The average time span until a household moves out of a domicile)	years
4	基準年に建設を開始する住宅数 (The number of housing units which the developers start to construct in the base year)	flats
5	ピーク時における平均歩行速度 (The average walking speed of pedestrians in the peak period)	km/h
6	オフピーク時における平均歩行速度 (The average walking speed of pedestrians in the off peak period)	km/h
7	新しい開発の割合 (the percentage in new developments)	%
8	最小自動車速度 (a minimum car speed)	km/h
9	通勤・非通勤トリップにおける自動車と二輪車の稼働率 (平均乗車人員) (The occupancy rates of cars and motorcycles for commuting and non working trips)	persons/veh.
10	就業者と居住者における自動車と二輪車の免許保有率 (The percentage of employed and residents owning a driving licence for cars and motorcycles)	%
11	自動車と二輪車の燃料消費 (The fuel consumption of cars and motorcycles)	JPY/km
12	燃料消費における速度依存性の方程式パラメータ (The parameters for the equation of the speed dependency of the fuel consumption)	L/km
13	自動車と二輪車利用の距離依存コスト (The other distance dependent costs of car and motorcycle use)	JPY/km

表 3-3 ゾーン単位（ベクトルデータ）で必要となるデータ一覧（1）

No.	変数 Variables	単位 Unit
1	居住者数 (The number of residents)	persons
2	雇用者数 (The number of employed)	persons
3	平均世帯収入 (The average household income)	JPY/month
4	一世帯における居住者数 (The average number of persons living in a household)	person/flat
5	一か月あたりの平均住宅費用 (The average monthly costs for housing)	JPY/m ² /month
6	世帯当たりの平均居住面積 (The average living space per housing unit)	m ²
7	面積を増大するため居住面積の割合（全体の割合） (The ratio of living space to build up space)	dmnl
8	基準年における空き家の数 (The number of un-occupied housing units in the base year)	flats
9	職場の数 (The number of workplaces)	workplaces
10	生産部門とサービス部門の割合 (The share of the production sector and the share of the service sector)	%
11	生産部門とサービス部門における平均職場数 (The average number of workplaces in a production and service sector business)	workplaces
12	生産部門とサービス部門が占める平均面積 (The average space occupied by a production and service sector business)	m ²
13	自動車と二輪車の1000人当たりの所有数 (Car and motorcycle ownership)	veh./1000 persons
14	各ゾーンの面積 (The area covered by each zone)	m ²
15	未開発地の割合 (The percentage of land which is undeveloped)	%
16	住居や商業を目的とした開発が可能な土地の割合 (The percentage of the developable land for residential purposes, commercial purposes and protected)	%
17	ゾーン内において生産部門とサービス部門の開発が許可されているかどうか (Whether production sector and service sector development is allowed in a zone)	Yes/No
18	土地の価格 (The price of land)	JPY/m ²
19	自動車の距離行列 (The distance matrix car)	km
20	発地から駐車場までの平均歩行時間 (The average walking time from origin to the parking place)	分
21	目的地において駐車場を探すために必要となる平均時間 (The average time needed to find a parking place at the destination)	分
22	駐車場から目的地までの平均歩行時間 (The average walking time from parking place to the destination)	分
23	長期駐車料金 (The long term parking fee)	JPY/stay
24	ゾーン内の長期駐車場の割合 (The ratio of long term parking places in the zone which is charged)	%
25	短期駐車料金 (The short term parking fee)	JPY/stay
26	ゾーン内の短期駐車場の割合 (The ratio of short term parking places in the zone which is charged)	%
27	長期間駐車が必要なトリップの割合 (The ratio of trips which require long term parking)	%

表 3-4 ゾーン単位（ベクトルデータ）で必要となるデータ一覧（2）

No.	変数 Variables	単位 Unit
1	自動車の自由流における速度（Matrix free flow speed Car）平均	km/h
2	オフピーク時における自動車の実速度（Matrix actual speed Car during off peak）	km/h
3	ピーク時における自動車の実速度（Matrix actual speed Car during peak）	km/h
4	オフピーク時における自動車道路料金 （Matrix actual road charge Car during off peak）	JPY/trip
5	ピーク時における自動車道路料金 （Matrix actual road charge Car during peak）	JPY/trip
6	公共交通の距離行列（The distance matrix PT）	km
7	公共交通の1目的における発地と着地の平均距離（トリップ長） （Matrix average distance origin and destination to the next PT stop）	min.
8	オフピーク時の公共交通の運行頻度（Matrix PT headway times off peak）	min.
9	ピーク時の公共交通の運行頻度（Matrix PT headway times peak）	min.
10	オフピーク時における公共交通の乗換時間（Matrix PT Changing time off peak）	min.
11	ピーク時における公共交通の乗換時間（Matrix PT Changing time peak）	min.
12	オフピーク時における1トリップあたりの公共交通の運賃 （Matrix PT fare per trip during off peak）	JPY
13	ピーク時における1トリップあたりの公共交通の運賃 （Matrix PT fare per trip during peak）	JPY
14	オフピーク時におけるバスのシェア（Matrix PT share bus off peak）	%
15	ピーク時におけるバスのシェア（Matrix PT share bus peak）	%
16	オフピーク時におけるバスの速度（Matrix PT speed bus off peak）	km/h
17	ピーク時におけるバスの速度（Matrix PT speed bus peak）	km/h

*筆者が Guidance to Data Collection Using the MARS Data User Interface²⁾を基に作成

3.4 シミュレーションの実行およびモデル精度の検証

3.4.1 MARS の計算方法およびシミュレーションの実行

前項で説明した統計やパーソントリップ調査の結果から収集した膨大な入力データを、Excel をベースに作成されている MARS のデータ入力アプリケーション「Interface」に全て入力する。このアプリケーションに入力したデータは、MARS の初期値となり、Vensim で記述されたモデル本体に自動的に読み込まれる。MARS モデル本体に読み込まれたそれらのデータは、Vensim のシミュレーションの実行をすることで計算が実行され結果が出る。

また、MARS 本体の計算構造を図 3-41 に示す。t 年を基準年とし、「交通サブモデル」→「土地利用・住居サブモデル」→「土地利用・職場サブモデル」と計算が終了すると t+1 年の「交通サブモデル」から繰り返し計算が t+29 年まで行われる。また、MARS モデルの適応速度は「交通サブモデル」が 1/4 年、「土地利用サブモデル」が 5 年またはそれ以上である。モデルによって計算速度が異なるため、「土地利用・住居サブモデル」から「交通サブモデル」や「アクセシビリティ」へと繰り返し計算が始まる。

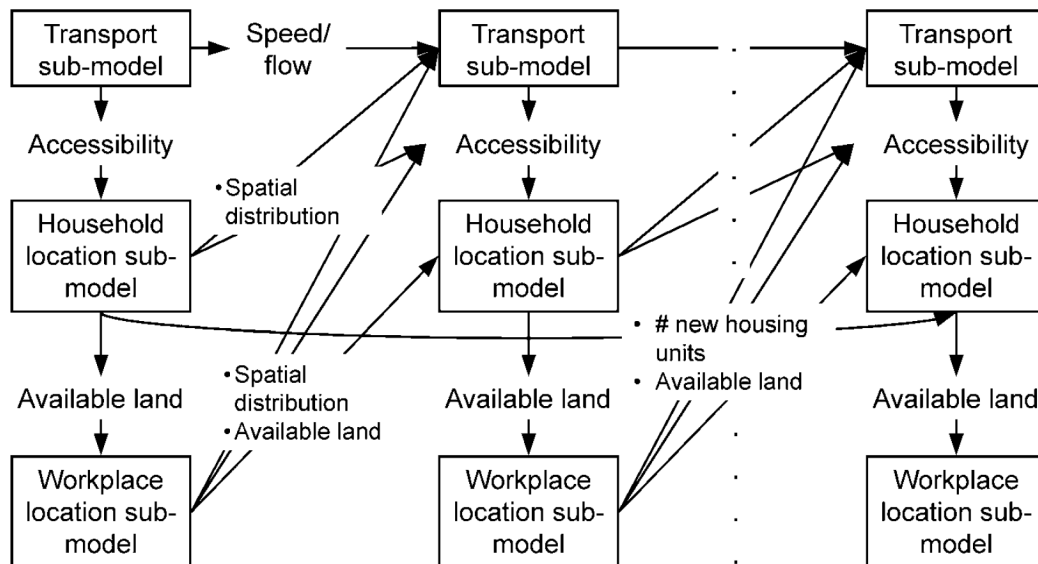
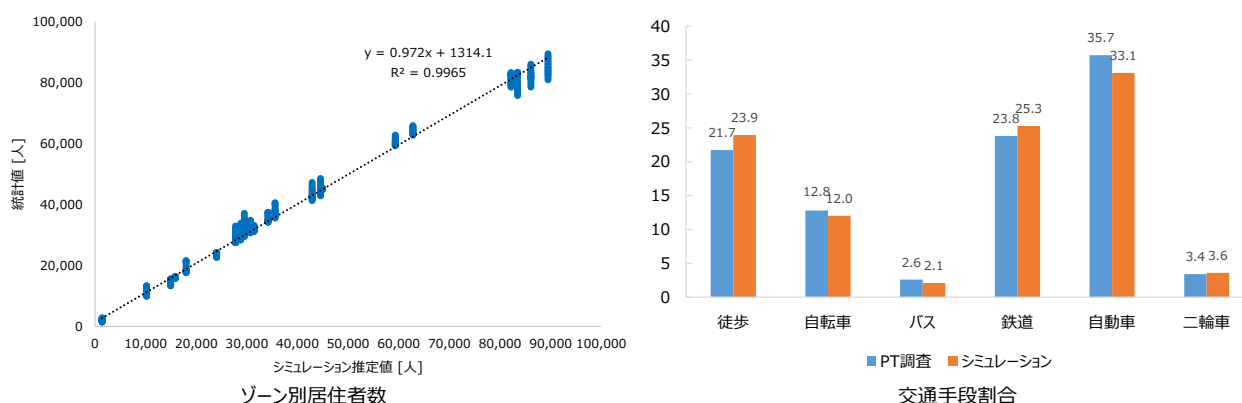


図 3-41 MARS の計算構造

本論文におけるシミュレーションの実行期間は 2010 年から 2060 年までの 50 年間である。千葉市は 2020 年より人口減少が始まると予想されており、今後人口減少傾向が大きくなると予想されるため、上記期間を対象とした。最初の 10 年間（2010 年から 2020 年まで）は、モデルの適用精度の検証のための期間であり、この 10 年間に政策は実施しない。モデルの精度の検証結果は「3.4.2 モデル精度の検証と適用可能性」に示す。

3.4.2 モデル精度の検証と適用可能性

モデル精度の検証のために、本論文ではモデルシミュレーションで内生的に算出される変数を土地利用モデルおよび交通モデルのそれぞれから選択した。土地利用モデルはゾーン別居住者数を選択した。ゾーン別居住者数の精度の検証期間は2010年から2020年までとし、検証データは千葉市人口統計である。人口統計は月単位で千葉市のホームページで公表されている。MARSでは年単位における推計のため、本論文では流出入の変動が少ない1月の人口統計データを用いた。町丁目別のデータであるため、各ゾーンに該当する町丁目の人口を合計し、精度の検証に用いた。一方、交通モデルは交通手段割合を選択し、検証データは2018年の第6回東京都市圏パーソントリップ調査結果を用いた。2010年から2020年の10年間で実施されたパーソントリップ調査は2018年のみであり、その1時点の調査結果のデータを用いてモデル精度の検証を実施した。モデル精度の検証結果を図3-42に示す。



検証期間	2010年–2020年	2018年
検証データ (データソース)	千葉市人口統計 (千葉市HP : https://www.city.chiba.jp/index.html)	第6回パーソントリップ調査結果 (東京都市圏交通計画協議会HP : https://www.tokyo-pt.jp/)
精度の根拠	決定係数 $R^2=0.9965$	全体平均誤差 : 1.3%

図 3-42 モデル精度の検証結果

土地利用モデルの精度検証の結果として、ゾーン別居住者数の決定係数 R^2 は 0.9965 となった。これは、決定係数が 1 に近い値となったため、本土地利用モデルは精度が高いといえる。また、交通手段割合の全体平均誤差は 1.3% となった。最大で 2.6% の誤差はあるが、割合が大きい順に自動車 > 鉄道 > 徒歩 > 自転車 > 二輪車という傾向を示すことができているため、交通モデルも精度が高いといえる。ゆえに、本論文で構築したモデルは千葉市においても適用可能であることを示している。

参考文献

- 1) System Dynamics Society: WHAT IS SYSTEM DYNAMICS?, <https://systemdynamics.org/what-is-system-dynamics/>, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 2) Jay W. FORRESTER: Industrial dynamics, Cambridge, Mass, MIT Press, 1961.
- 3) Jay W. FORRESTER: System Dynamics and K-12 Teachers. Massachusetts Institute of Technology Cambridge, MA, USA, 1996.
- 4) John D. STERMAN: Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World, NY, USA, 2000.
- 5) Paul PFAFFENBICHLER: The Strategic, Dynamic and Integrated Urban Land Use and Transport Model MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator)-Development, Testing and Application-, Doctoral Thesis, Institute of Transportation, Vienna University of Technology, 2003.
- 6) Ventana Systems: Vensim, <https://vensim.com/>, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 7) Research Center of Transport Planning and Traffic Engineering, Vienna University of Technology: MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) -Introduction MARS-, <http://www.ivv.tuwien.ac.at/forschung/mars-metropolitan-activity-relocation-simulator/introduction-mars.html>, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 8) Luis A. GUZMAN, Daniel de la HOZ, Giovanni CIRCELLA: Evaluation of Synergies from Transportation Policy Packages using a Social Welfare Maximization Approach: A Case Study for Madrid, Spain, Case Studies on Transport Policy, Vol. 3, No. 1, pp.99-110, 2015.
- 9) Yang WANG, Andres MONZON, Floridea Di CIOMMO: Assessing the Accessibility Impact of Transport Policy by a Land-use and Transport Interaction Model – The Case of Madrid, Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 49, pp.126-135, 2015.
- 10) Guenter EMBERGER, Paul PFAFFENBICHLER: A Quantitative Analysis of Potential Impacts of Automated Vehicles in Austria using a Dynamic Integrated Land Use and Transport Interaction Model, Transport Policy, Vol. 98, pp.57-67, 2020.
- 11) 菊池浩紀, MALAITHAM Sathita, EMBERGER Guenter, 福田敦, 石坂哲宏: 都市再配置モデル (MARS) を用いた新潟都市圏における長期的交通政策の評価, システムダイナミクス, No.13・14, pp.37-48, 2015.
- 12) Hiroki KIKUCHI, Sathita MALAITHAM, Atsushi FUKUDA, Guenter EMBERGER, Paul PFAFFENBICHLER, Tetsuhiro ISHIZAKA: Study on Impact Evaluation of Introducing Policies to Realize Urban Consolidation by Using MARS: Case Study of Niigata, Japan, Proceeding of the 33rd International Conference of System Dynamics Society, 2015.
- 13) Deok-kyo OH: Comparison of Three Optimization Methods Using Korean Population Data, Korean System Dynamics Review, Vol.13, No.2, pp.47-71, 2012.
- 14) 厚生労働省: 生命表 (加工統計), <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/list54-57.html>, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 15) 安立光陽, 鈴木勉, 谷口守: コンパクトシティ形成過程における都市構造リスクに関する予見, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.68, No.2, pp.70-83, 2012.

- 16) 川口和英：集客施設の利用者数予測に関する研究－入場数予測モデルの構築－，日本建築学会計画系論文集，Vol.79，No.700，pp.1293-1300，2014.
- 17) 千葉県：千葉県立地適正化計画，<https://www.city.chiba.jp/toshi/somu/compactcity.html>，最終閲覧2020年9月.
- 18) 千葉県：千葉県公共施設等総合管理計画，
https://www.city.chiba.jp/zaiseikyoku/shisan/shisan/kokyosisetu_to_sogokanrikeikaku.html，最終閲覧2020年9月.
- 19) 東京都市圏交通計画協議会：パーソントリップ調査，<https://www.tokyo-pt.jp/person/01>，最終閲覧2020年9月.

第4章 集約型都市の実現に向けた政策の整理とシナリオの定義

本章では、第2章で整理した集約型都市の実現に向けた政策および対象都市における集約型都市の実現に向けた政策の整理に基づいて、政策シナリオを定義する。具体的には、集約型都市の実現に向けて、居住者の集約や公共施設の集約および除却、IT技術の活用を主な政策として定義する。さらに、目指す都市構造を想定した上で、これらの政策の組み合わせにより5種類のシナリオ（IからV）を定義する。また、対象となる千葉市が管理する公共施設を整理し、それらの施設の配置状況を示す。

4.1 対象都市における集約型都市の実現に向けた政策の整理

対象とする千葉市においても、集約型都市の実現に向けた政策が立地適正化計画の中で示されている。千葉市の立地適正化計画は、図4-1に示すスケジュール¹⁾で策定された。特に、平成30(2018)年8月に立地適正化計画骨子が策定され、その骨子では「居住誘導区域」や「都市機能誘導区域」および具体的な誘導施策が検討された。その後、立地適正化計画（案）が策定され、パブリックコメントおよび都市計画審議会を経て、平成31(2019)年3月に立地適正化計画が策定されている。

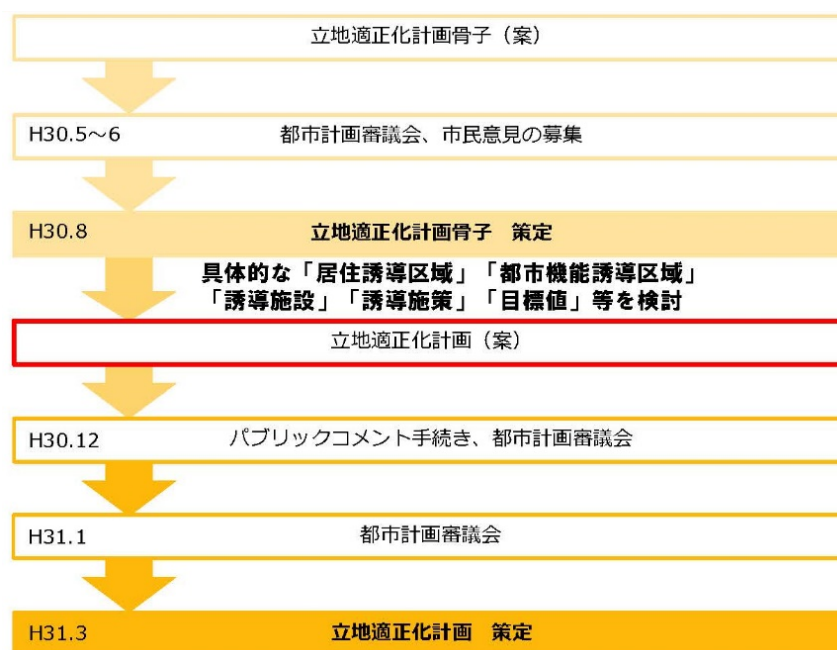


図 4-1 千葉市における立地適正化計画の策定スケジュール

集約型都市の実現に向けて、千葉市の立地適正化計画においては、図4-2²⁾に示す「居住誘導区域（策定された立地適正化計画では「居住促進区域」と称されるため、以下、居住促進区域）」および「都市機能誘導区域」を設定し、その区域に向けて居住者や都市機能を誘導している。

「居住促進区域」とは、都市再生特別措置法³⁾において、「人口減少下にあっても一定のエリアにおいて人口密度を維持することにより、生活サービス機能や地域コミュニティが持続的に確保されるよう、居住を誘導すべき区域」として居住促進区域を定めている。千葉市では、都市全域から居

住促進区域（災害の危険性のある区域や工業専用区域，大規模都市施設等がある区域）に含まない区域を除いた居住促進に適した区域（現状の公共交通サービス水準の高い区域や現状の人口集積が大きい区域）を設定している。抽出された居住促進に適した区域に基づいて，居住促進区域が定められている。図 4-2 の定められた居住促進区域をみると，既存の鉄道およびバスの公共交通路線を軸に区域が定められていることがわかる。特に，鉄道駅を中心に区域が定められているが，公共交通ネットワークの密度が低いおよび存在しない東部に位置する郊外部や東京湾沿岸の工業専用区域は居住促進区域に定められていないことがわかる。

一方，「都市機能誘導区域」は，居住促進区域と同様の都市再生特別措置法³⁾において，「医療・福祉・子育て・商業などの生活サービス機能を，都市拠点や地域の拠点に誘導・集積することにより，これらの機能の効率的で持続的な提供を図る区域」として都市機能誘導区域を定めている。千葉市では，千葉市都市計画マスタープラン⁴⁾に位置付けられている「都心」，「重要地域拠点」，「地域拠点」および立地適正化計画で位置付けられた「連携地域拠点」の各拠点を設定し，その拠点に基づいて都市機能誘導区域を設定している。立地適正化計画における各拠点の考え方⁵⁾は以下の通りである。

- 都心
高次都市機能や広域交通機能の集積を活かしながら経済・産業・コンベンションなどの広域的・中核的な役割を担う。
- 重要地位拠点
都心機能を補完し，市民生活に必要な幅広いサービスの提供を受けられる。
- 地位拠点
市民が日常生活を送る上で必要なサービスの提供を受けられる。
- 連携地域拠点
上記の拠点にアクセスしなくても日常生活サービスを楽しむことができる。

各拠点の周辺を検討対象とし，上位計画や商業系用途地域，地形地物を考慮して区域を設定している。さらに，各拠点に誘導する施設を設定している。各拠点の重要度に基づいて，誘導する施設を設定している。それらの施設は，広域的な拠点施設と地域的な施設に分類され，行政，高齢者福祉，子育て支援，商業のそれぞれの目的における施設を各拠点の誘導施設として設定している。誘導施設を指定することで，都市機能の増進や住民の利便性の向上，公共施設の再編による財政の負担軽減などの効果が得られると考えられる。

図 4-2 の定められた都市機能誘導区域をみると，上記の各拠点を考慮したことで，多くの区域は鉄道駅周辺に設定されている。特に，千葉都心，幕張新都心，蘇我副都心および重要地域拠点（拠点となる鉄道駅：幕張駅，稲毛駅，都賀駅，鎌取駅）の周辺は，他の拠点と比較して都市機能（特に，商業系用途地域）が集積しているため，区域面積が広く設定されている。一方で，地域拠点は駅から徒歩圏内の商業系用途地域を区域として設定しているため，区域面積が狭い。なお，鉄道駅周辺以外の一部の区域は，連携地域拠点に基づいて設定されている。さらに，千葉市東部の郊外部を含む各拠点以外の区域は，都市機能を誘導しないため，今後人口減少や財政の逼迫が懸念されて

いる千葉市では、これらの区域において都市機能を維持することは困難であり、非効率的な都市経営になると想定される。

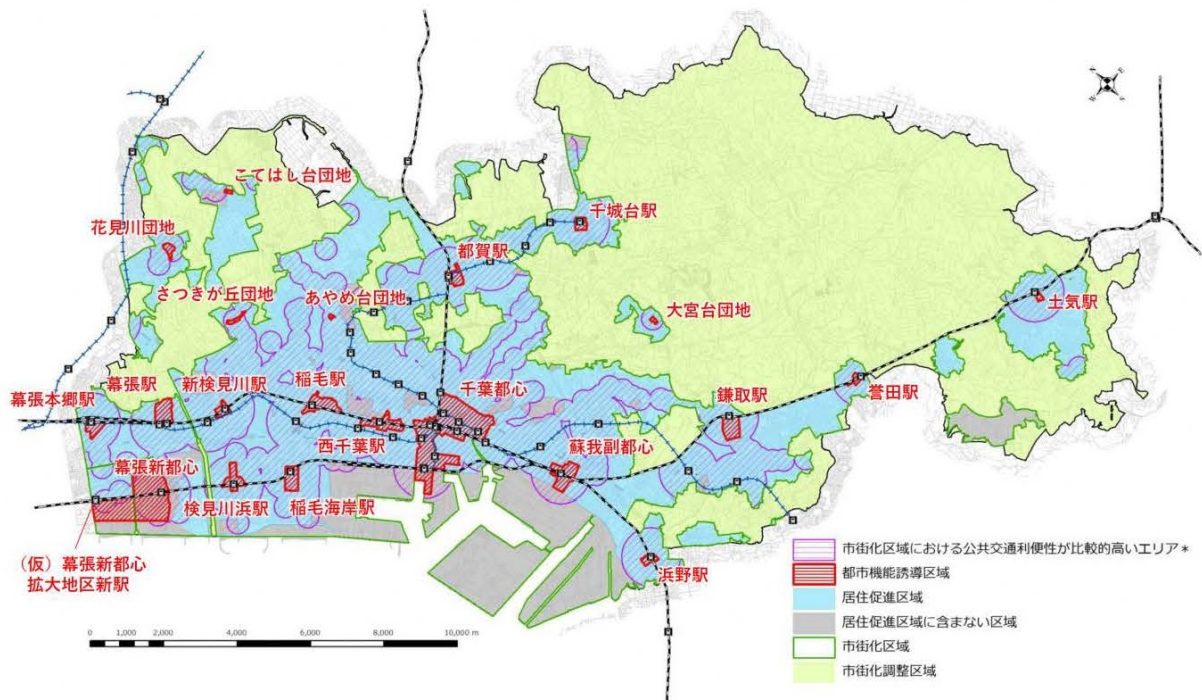


図 4-2 千葉市における居住促進区域および都市機能誘導区域

それぞれの区域に誘導するにあたり、千葉市では独自に居住および都市機能の誘導の促進に向けた施策を講じている。立地適正化計画から抜粋した一部の施策⁶⁾を表 4-1 および表 4-2 に示す。これらの施策は既に実施されているものもあるが、検討段階の施策もある。

居住促進における施策は、人口減少や少子高齢社会に対する施策が多く、居住地の活性化や住みよい居住環境の形成を目指した施策が挙げられる。また、居住地におけるコミュニティが減少することが想定されるため、居住促進区域に居住者を集中させることにより、コミュニティの形成の効果が期待される。

都市機能の誘導促進における施策は、都心や重要地域拠点などの各地域拠点の中心となる駅前の再開発や官民一体となったまちづくりの促進に向けた施策が策定されている。これらの施策により、都市中心部における都市機能の利便性を向上させることで、この区域への居住促進に対しても効果があると考えられる。

しかしながら、これらの施策は新型コロナウイルス (COVID-19) の感染が拡大する以前に検討および策定されたため、新たな日常における生活様式が変化する中で、今後もこれらの施策は議論および検討する必要がある。

表 4-1 千葉市が実施する居住促進のための施策（一部抜粋）

事業名	概要
住宅団地の活性化	戸建て住宅地区や中層集合住宅の地区など地域特性に応じて、それぞれの地域において住民との協働によるまちづくりを検討する。まずはモデル施策として住宅団地を選定し、活性化に資する方策の検討を行う。
三世代家族同居・近居の支援	少子化対策として、子育て世代が出産・子育てしやすい社会経済環境を実現するとともに、多世代交流を進め、高齢者の孤立防止と家族の絆の再生を目的とする「千葉市三世代同居等支援事業」について、居住促進区域内におけるインセンティブの付与についての可能性を検討する。
空き家等対策の推進	今後、人口減少・世帯数減少や少子高齢社会の一層の進行など、住宅を取り巻く環境の変化により、空き家のさらなる発生による様々な問題が懸念されており、居住促進区域を中心に既存住宅市場の活性化方策など取組みを検討する。
検見川・稲毛土地区画整理、寒川第一土地区画整理、東幕張土地区画整理	良好な居住環境の形成を図るため、建物移転等により宅地や公共施設の整備、改善を進める。
市営住宅の整備	老朽化した市営住宅の住宅・住環境の改善や、市営住宅の長寿命化や居住性の向上、高齢者等への対応を図るため、「千葉市営住宅長寿命化・再整備計画」に基づき、改善等を行う。

表 4-2 千葉市が実施する都市機能誘導のための施策（一部抜粋）

事業名	概要
千葉駅周辺における官民連携によるまちづくり	千葉駅周辺において、エリアマネジメント組織（エリアマネジメント団体、都市再生推進法人など）等の育成支援、並びに、官民連携によるエリアリノベーションを推進する。空き地・空き家等の民間の空間資源だけでなく、道路・公園等の公共の空間資源も活用を検討する。
千葉駅東口地区市街地再開発事業、千葉駅西口地区第二種市街地再開発事業	千葉都心の土地の高度利用や、施設の機能更新により、駅前のにぎわいを向上させ、医療などの機能を駅前に導入することで、新たな賑わいを創出する再開発を促進する。
幕張新都心拡大地区の新駅整備	幕張新都心における都市機能の強化や交通機能の分散化を図るため、新駅整備の実現を目指す。
蘇我駅東口駅前地区のまちづくり	駅前広場と駅前商業地の再編を一体的に行い、蘇我副都心の玄関口に相応しい都市基盤の強化を図るため、市街地再開発事業を促進する。
企業立地促進事業補助金	地域経済の活性化や市民の雇用創出を図るため、市内において事務所や工場等を操業した企業などに対し、企業の新規立地などに対して助成を行う。2018年度より、3都心地区に立地する特定業種の企業に対し、補助内容をより拡充した。

4.2 政策シナリオの定義

前節では、千葉市における集約型都市の実現に向けた政策の整理を行った上で、千葉市が立地適正化計画において促進する政策を把握した。さらに本節では、政策シナリオの定義に向けて、まず我が国における集約型都市（コンパクトシティ）の実現に向けて以下の通り整理した。

国土交通省が提示するコンパクトシティの提起⁷⁾は、以下の通りである。

① 多極型の都市構造

中心的な拠点だけではなく、旧町村の役場周辺などの生活拠点も含めた、多極ネットワーク型のコンパクト化を目指す。

② 全人口の集約を図らない

農業従事者は農村部に居住するとし、一定エリアの人口密度を維持する。

③ 誘導による集約

補助金などのインセンティブを講じつつ、時間をかけながら居住の集約化を推進する。

この提起では、コンパクトシティの実現に向けて行政が強制的なアクションを行わないことや全人口を集約せずに、補助金などのインセンティブを用いて長期的に都市の集約化を実現することを目標としている。そこで、本論文における政策シナリオは、住民に対して強制的なアクション（政策）を実施しないこととし、郊外ゾーンから都心部ゾーンへの移住による住民の完全撤退を目標とせずに政策シナリオを定義することを前提条件とした。また、これまでの集約型都市の議論においては、新型コロナウイルス（COVID-19）の感染拡大による新たな生活様式に対応した政策が考慮されていないため、本論文では新たな生活様式における集約型都市の実現可能性を評価するための政策も定義することとした。

以上の前提条件を踏まえ、本論文では集約型都市を目指した政策や新たな生活様式における政策を組み合わせた政策シナリオを以下の通りに定義した。政策シナリオは、全部で5種類である。表4-3は各政策シナリオにおける目標とする都市形態、目標、政策およびその政策の具体的なアクションを示している。

● シナリオⅠ

目指す都市構造は「趨勢型都市」である。これは現状と同様の都市形態が今後も続くと想定している。そのため、シミュレーション期間では政策が未実施であり、居住者の集約や公共施設の集約および除却は実施しない。

● シナリオⅡ

目指す都市構造は「公共施設削減型都市」である。シナリオの目的は、居住者の集約は実施せずに公共施設の利用者数が半減した施設は除却し、維持管理費用を削減することを想定している。目的に向けた具体的なアクションとしては、各公共施設の過去5年間（t-5年）の利用者数と比較し、それに比べt年の利用者数が50%減少した施設は除却する。なお、除却する施設は都心ゾーン、地域拠点ゾーン、郊外ゾーンの配置場所は考慮されず、利用者数のみを対象とする。

- シナリオ III
目指す都市構造は「一極集約型都市」である。シナリオの目的は、都心ゾーン（図 3-39 の赤色で示すゾーン）へ居住者および公共施設を一極集中させ、都市全体の移動量および公共施設数を最小限にするで、過密都市を目指すことを想定した。その目的に対する具体的なアクションとしては、まず、郊外ゾーンにおける居住者の完全撤退を目標とし、移住補助金を用いて郊外ゾーンから都心ゾーンへ居住者を集約させる。さらに、郊外ゾーンに公共施設をすべて除却し、都心ゾーンに公共施設を集約させる。
- シナリオ IV
目指す都市構造は「多極集約型都市」である。このシナリオの目的は、都市内に存在する各地域拠点ゾーン（図 3-39 の青色で示すゾーン）に加えて、鉄道ネットワーク沿線のゾーンに居住者および公共施設を集約するため、コンパクト・プラス・ネットワークを目指す都市を想定している。具体的なアクションは、シナリオ III と同様に移住補助金を用いて郊外ゾーンから地域拠点ゾーンへ居住者を集約させる。さらに、地域拠点ゾーン以外の郊外ゾーンに配置されている公共施設はすべて除却する。
- シナリオ V
「IT 技術発展型都市」を目指している。シナリオの目的は、将来 ICT 技術の発展によって在宅ワークの増加および公共施設における申請書類や書籍の電子化により、都市を集約させずに公共サービス水準を維持することを想定する。具体的なアクションは、在宅ワークの促進により 2060 年までに通勤トリップ量を現状と比較し半減させる。また、公共施設は電子化により行政施設および図書館の小規模施設を都心部ゾーンおよび郊外ゾーンに関わらず、すべて除却する。

表 4-3 政策シナリオの一覧

シナリオ	目標とする都市形態	目標	具体的な政策アクション
I	趨勢型都市	—	<ul style="list-style-type: none"> 政策は実施しないため、住民の集約や公共施設の集約および除却はなし
II	公共施設削減型都市	公共施設の維持管理費を削減し、財政の維持を目指す	<ul style="list-style-type: none"> 過去 5 年の公共施設利用者数と比較し、その利用者数が半減した場合は配置ゾーンに関係なく除却
III	一極集約型都市	都心ゾーンへの居住者の集約と公共施設の集約および除却による維持管理費の削減から公共サービス水準および財政の維持を目指す	<ul style="list-style-type: none"> 移住インセンティブ（補助金等）を用いて都心ゾーンへの居住者を集約 都心ゾーンへの公共施設の集約および除却
IV	多極集約型都市	地域拠点ゾーンへの居住者の集約と公共施設の集約および除却による維持管理費の削減から公共サービス水準および財政の維持を目指す	<ul style="list-style-type: none"> 移住インセンティブ（補助金等）を用いて地域拠点ゾーンへの居住者を集約 地域拠点ゾーンへの公共施設の集約および除却
V	IT 技術発展型都市	IT 技術を用いて公共施設の集約および除却と公共サービス水準を維持することで、市街地を集約せずに新たな日常への対応を目指す	<ul style="list-style-type: none"> 2060 年までに通勤目的のトリップ量を段階的に半減させる 公共施設の内、小規模施設（行政施設の連絡所および図書館分室が対象）は IT 技術の発展により電子化し、施設はすべて除却

4.3 対象の公共施設

公共施設は、一般的に公共建築物およびインフラ施設に分類される。特に、公共建築物は都市内に多く存在しており、対象となる千葉市では 945 施設⁸⁾を管理している(平成 31 年 4 月 1 日現在)。そこで、本論文では、住民が日常的に利用する生活拠点施設かつ都市全域に複数点在する施設を対象とした。ここで対象となるのは、区役所、市民センター、連絡所などの行政関連施設 24 か所(以下、行政施設)、図書館施設 14 か所(以下、図書館)、コミュニティセンター、勤労市民プラザなどの集会関連施設 16 か所(以下、集会施設)、そして公民館施設 47 か所(以下、公民館)の 4 種類の合計 101 か所の公共施設である。各公共施設の詳細情報(施設名、延床面積、住所、その施設が位置するゾーン)は、以下の表 4-4～表 4-8 に、都市全域における配置状況を以下の図 4-3 に示す。

表 4-4 行政施設に関する情報一覧

施設名	延床面積 [m ²]	住所	配置ゾーン
中央区役所	9,571	中央区中央 3-10-8	1
千葉駅連絡所	23.8	中央区新千葉 1-1-1	2
蘇我駅前連絡所	39.7	中央区今井 1-14-35	4
市役所前市民センター	5,285	中央区千葉港 2-1	2
生浜市民センター	34	中央区生実町 67-1	5
松ヶ丘市民センター	19.8	中央区松ヶ丘町 257-2	4
花見川区役所	5,729	花見川区瑞穂 1-1	10
こてはし台連絡所	5,303	花見川区こてはし台 1-22-19	11
長作連絡所	33.3	花見川区長作町 1722-1	11
幕張本郷市民センター	5,134	花見川区幕張本郷 2-19-33	10
犢橋市民センター	5,387	花見川区犢橋町 178-8	11
花見川市民センター	325	花見川区花見川 3-31-102	11
さつきが丘市民センター	106	花見川区さつきが丘 1-32	11
稲毛区役所	103	稲毛区穴川 4-12-1	13
山王市民センター	98	稲毛区六方町 55-29	14
若葉区役所	232	若葉区桜木北 2-1-1	17
大宮台連絡所	195	若葉区大宮台 4-1-1	17
泉市民センター	105	若葉区高根町 963-4	18
千城台市民センター	137	若葉区千城台西 2-1-1	17
緑区役所	345	緑区おゆみ野 3-15-3	20
椎名市民センター	150	緑区富岡町 318	19
誉田市民センター	166	緑区誉田町 1-789-49	20
土気市民センター	101	緑区土気町 1634	21
美浜区役所	391	美浜区真砂 5-15-1	23

表 4-5 図書館に関する情報一覧

施設名	延床面積 [m ²]	住所	配置ゾーン
中央図書館	1,753	中央区弁天 3-7-7	7
みやこ図書館	548	中央区都町 3-11-3	3
みやこ図書館白旗分館	10,275	中央区白旗 1-3-16	4
稲毛図書館	1,200	稲毛区小仲台 5-1-1	13
若葉図書館	1,230	若葉区千城台西 2-1-1	17
若葉図書館西都賀分館	2,799	若葉区西都賀 2-8-8	15
泉分館	1,146	若葉区野呂町 622-10	18
花見川図書館	762	花見川区こてはし台 5-9-7	11
花見川図書館花見川団地分館	1,940	花見川区花見川 3-31-101	11
緑図書館	512	緑区おゆみ野 3-15-2	20
緑図書館土気図書室	196	緑区土気町 1634	21
緑図書館あすみが丘分館	879	緑区あすみが丘 7-2-4	21
美浜図書館	717	美浜区高洲 3-12-1	23
美浜図書館打瀬分館	499	美浜区打瀬 2-13	24

表 4-6 集会施設に関する情報一覧

施設名	延床面積 [m ²]	住所	配置ゾーン
中央区蘇我コミュニティセンター	2,502	中央区今井-14-25	4
中央コミュニティセンター松波分室	361	中央区松波 2-14-8	7
中央コミュニティセンター	7,415	中央区千葉港 2-1	2
蘇我勤労市民プラザ	5,546	中央区今井 1-14-43	4
花見川区畑コミュニティセンター	2,494	花見川区畑町 1336-2	11
花見川区幕張コミュニティセンター	3,112	花見川区幕張町 3-7730-4	10
花見川区花島コミュニティセンター	1,994	花見川区花島町 308	11
稲毛区穴川コミュニティセンター	2,649	稲毛区穴川 4-12-3	13
稲毛区長沼コミュニティセンター	2,653	稲毛区長沼町 461-8	14
長沼原勤労市民プラザ	2,808	稲毛区長沼原町 304-1	14
若葉区都賀コミュニティセンター	3,140	若葉区都賀 4-20-1	15
緑区鎌取コミュニティセンター	2,745	緑区おゆみ野 3-15-2	20
土気あすみが丘プラザ	4,074	緑区あすみが丘 7-2-4	21
美浜区高洲コミュニティセンター	2,580	美浜区高洲 3-12-1	23
美浜区真砂コミュニティセンター	2,211	美浜区真砂 4-1-7	23
幕張勤労市民プラザ	2,851	美浜区若葉 3-1-8	24

表 4-7 公民館に関する情報一覧

施設名	延床面積 [m ²]	住所	配置ゾーン
葛城公民館	415	中央区葛城 2-9-2	4
宮崎公民館	1,173	中央区宮崎 2-5-22	4
松ヶ丘公民館	1,044	中央区松ヶ丘町 257-2	4
新宿公民館	1,201	中央区新宿 2-16-14	2
星久喜公民館	405	中央区星久喜町 615-7	4
生浜公民館	2,017	中央区生実町 67-1	5
川戸公民館	403	中央区川戸町 403-1	6
椿森公民館	403	中央区椿森 6-1-11	7
末広公民館	410	中央区末広 3-2-2	4
さつきが丘公民館	504	花見川区さつきが丘 1-32-4	11
こてはし台公民館	503	花見川区横戸町 861-4	11
花園公民館	914	花見川区花園 3-12-8	9
検見川公民館	576	花見川区検見川町 3-322-25	9
朝日ヶ丘公民館	540	花見川区朝日ヶ丘 1-1-30	11
長作公民館	507	花見川区長作町 1722-1	11
花見川公民館	604	花見川区柏井町 1590-8	11
幕張公民館	1,213	花見川区幕張町 4-602	10
幕張本郷公民館	636	花見川区幕張本郷 2-19-33	10
犢橋公民館	426	花見川区犢橋町 162-1	11
稲毛公民館	556	稲毛区稲毛 1-10-17	12
草野公民館	505	稲毛区園生町 384-93	14
緑が丘公民館	540	稲毛区宮野木町 1807-3	14
轟公民館	773	稲毛区轟町 1-12-3	13
黒砂公民館	767	稲毛区黒砂 2-4-18	12
都賀公民館	948	稲毛区作草部 2-8-53	13
小中台公民館	505	稲毛区小仲台 5-7-1	13
千草台公民館	518	稲毛区天台 3-16-5	14
山王公民館	606	稲毛区六方町 55-29	14
みつわ台公民館	405	若葉区みつわ台 3-12-17	16
加曾利公民館	501	若葉区加曾利町 892-6	17
更科公民館	798	若葉区更科町 2254-1	18
桜木公民館	507	若葉区桜木 3-7-29	17
若松公民館	1,033	若葉区若松町 2117-2	17
千城台公民館	503	若葉区千城台西 2-1-1	17

表 4-8 公民館に関する情報一覧（表 4-7 からの続き）

施設名	延床面積 [m ²]	住所	配置ゾーン
大宮公民館	749	若葉区大宮町 3221-2	17
白井公民館	1,098	緑区野呂町 622-10	18
おゆみ野公民館	625	緑区おゆみ野中央 2-7-6	19
越智公民館	501	緑区越智町 822-7	21
土気公民館	419	緑区土気町 1631-7	21
椎名公民館	1,609	緑区富岡町 290-1	19
誉田公民館	518	緑区誉田町 1-789-49	20
磯辺公民館	1,184	美浜区磯辺 1-48-1	23
稲浜公民館	1,062	美浜区稲毛海岸 3-4-1	22
幸町公民館	584	美浜区幸町 2-12-14	22
高浜公民館	1,167	美浜区高浜 1-8-3	23
打瀬公民館	578	美浜区打瀬 2-13	24
幕張西公民館	749	美浜区幕張西 2-6-2	24

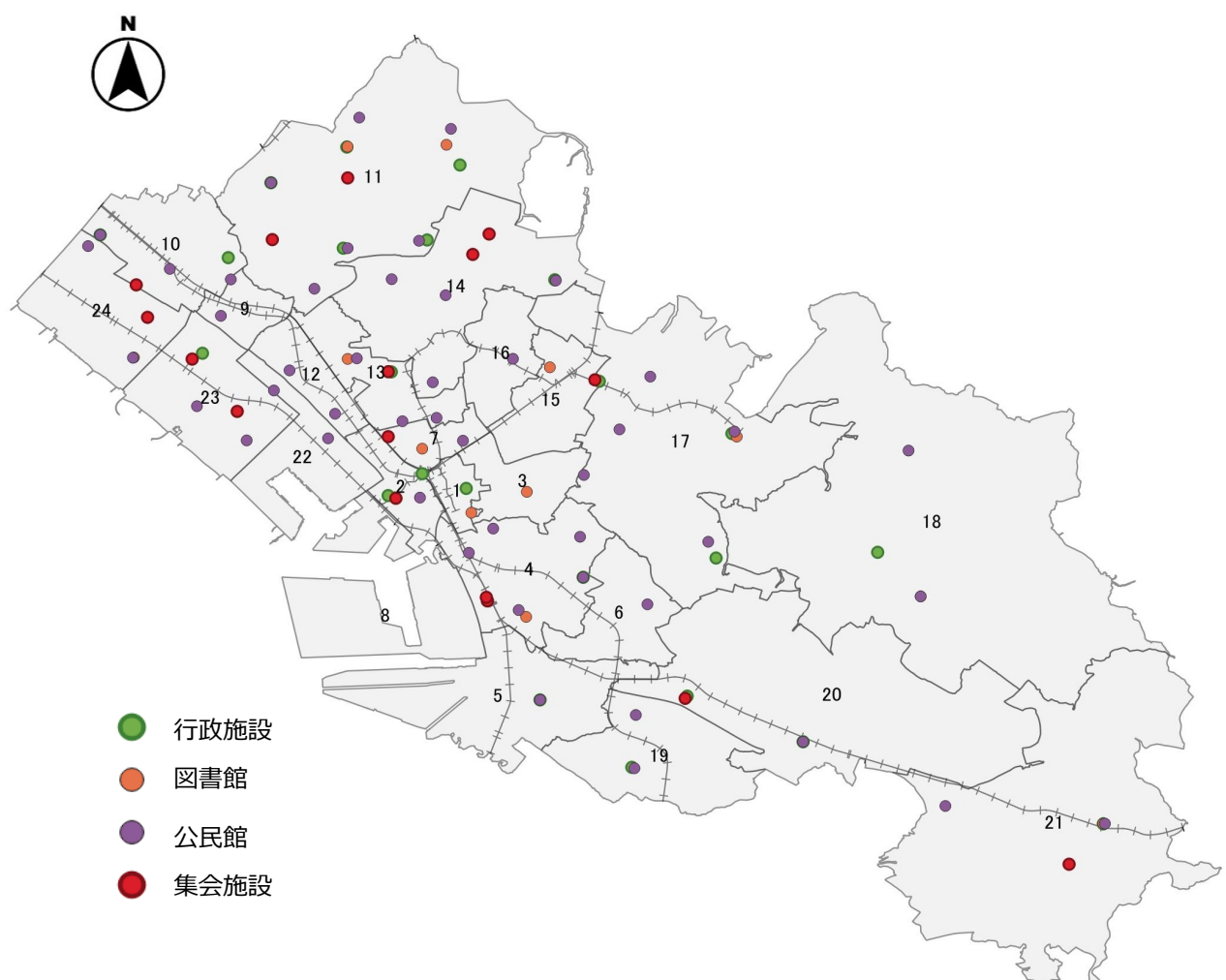


図 4-3 公共施設の配置状況

4.4 政策実施のタイミング

「4.2 政策シナリオの定義」で定義した政策シナリオに関して、各シナリオ別の異なる政策実施タイミングでどの程度の政策効果に変化するか分析する。シミュレーションを実行する期間は2010年から2060年である。図4-4に示すように、政策は最も早い実施で2020年と定義する。これは、2010年から2020年までの10年間はモデルの検証期間だからである。その後、2030年、2040年、2050年の10年おきに政策を実施することを定義する。これは、シナリオ別の効果だけではなく、実施タイミングの違いによる政策の効果を明らかにすることを目的としており、政策実施タイミングの違いによって最も効果のある実施年における集約型都市の実現可能性を明らかにする。なお、シナリオⅠは政策を実施しないため、政策実施タイミングの違いによる分析の対象は、シナリオⅡからシナリオⅤの4シナリオのみである。

2040年は千葉市立地適正化計画における目標年であるため、集約型都市の実現の目標は2040年までとするが、その後の政策効果と集約型都市の実現可能性を明らかにするため、2060年まで分析を実施する。

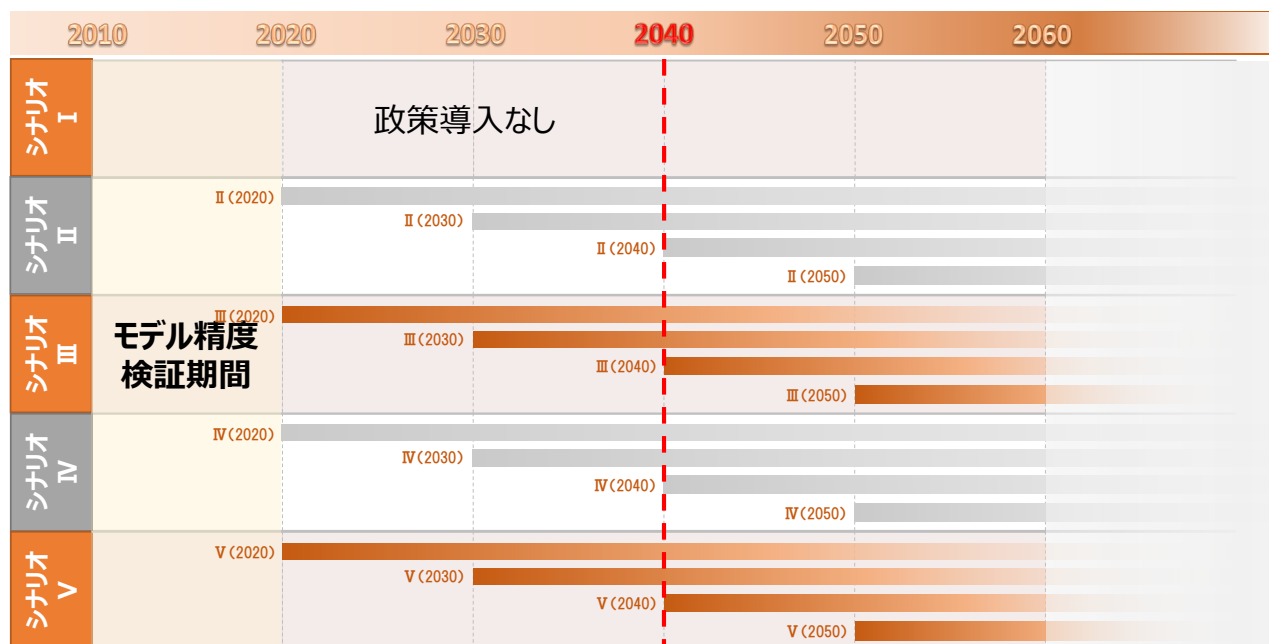


図4-4 政策実施のタイミング

参考文献

- 1) 千葉県：立地適正化計画 骨子, <https://www.city.chiba.jp/toshi/somu/documents/kosshi-honpen.pdf>, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 2) 千葉県：立地適正化計画 第 4 章 居住促進区域, https://www.city.chiba.jp/toshi/somu/documents/02_honpen4.pdf, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 3) 電子政府の総合窓口 e-Gov：都市再生特別措置法, <https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=414AC0000000022>, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 4) 千葉県：千葉県都市計画マスタープラン 全体構想, https://www.city.chiba.jp/toshi/somu/documents/honpen_all.pdf, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 5) 千葉県：立地適正化計画 第 5 章 都市機能誘導区域, https://www.city.chiba.jp/toshi/somu/documents/02_honpen5.pdf, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 6) 千葉県：立地適正化計画 第 6 証 持続可能な都市構造の実現に向けた取組み, <https://www.city.chiba.jp/toshi/somu/documents/honpen6-20190329.pdf>, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 7) 国土交通省：コンパクト・プラス・ネットワーク, https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_ccpn_000016.html, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 8) 千葉県：千葉県公共施設等総合管理計画の概要, https://www.city.chiba.jp/zaiseikyoku/shisan/shisan/documents/sogokanrikeikaku-gaiyou_2020-03.pdf, 最終閲覧 2020 年 9 月.

第5章 政策シナリオ別のモデルシミュレーション結果の比較分析

本章では、第4章で定義した政策シナリオに基づいて、本論文で構築したモデルのシミュレーションを実行する。シミュレーション実行の結果から、政策実施開始のタイミングの違いによる政策効果を全人口に占める郊外ゾーン居住者数の割合から比較検証し、最も政策効果が大きい政策の実施タイミングを明らかにする。また、シナリオ別のモデルシミュレーションの結果から、ゾーン別居住者密度および交通手段割合を指標とし、政策の実施効果による変化を分析する。各シナリオの結果を比較分析することで、集約型都市の実現に向けた政策実施の効果を明らかにする。

5.1 政策実施タイミングの違いによる効果の分析

本論文では、政策実施タイミングの違いによる効果を検証するために、シナリオIからシナリオVまでの推計に合わせて、シナリオIを除く各シナリオの政策の実施タイミングが異なるシナリオも想定した。図4-4に示すように、2010年から2020年までの10年間はモデルの検証期間ため、最も早く政策が実施されるのは2020年である。その後、2030年、2040年、2050年の10年おきに政策の実施が開始されると定義し、シミュレーションを実行した。

その結果を図5-1に示す。本論文では、政策実施タイミングの違いによる効果の比較のために、集約型都市の実現に向けた政策が実施されるシナリオIIIにおける全人口に占める郊外ゾーンの居住者数の割合を示す。シナリオIIIにおける

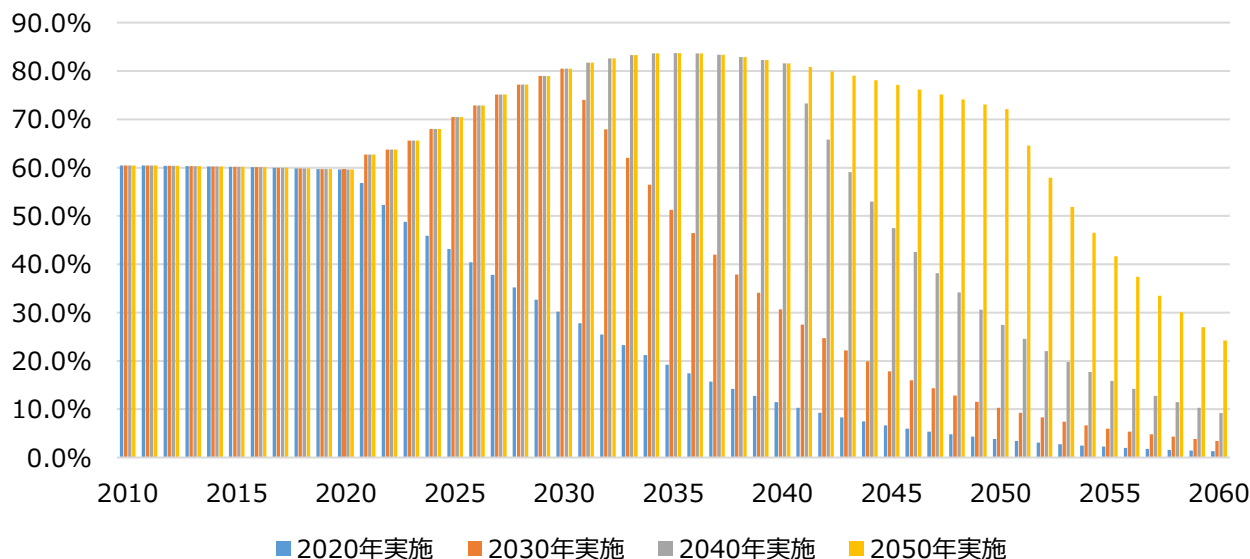


図5-1 全人口に占める郊外ゾーン居住者数の割合（シナリオIII）

その結果、政策の実施開始のタイミングが遅れることにより、全人口に占める郊外ゾーンの居住者数が増加していることがわかる。最大で全体の85%が郊外ゾーンに居住者することになり、集約型都市の実現を目指すことに反して、現状よりも都市のスプロール化による郊外化が進行することが明らかとなった。なお、2035年以降に割合が減少傾向である理由は、郊外ゾーンの人口減少が加

速するためであると考えられる。

また、2060年においては、2020年に政策実施を開始した場合の割合と2030年、2040年、2050年に政策実施を開始した場合の割合を比較すると、それぞれ2.2%、7.9%、22.9%の差がある。2030年および2040年に政策を実施した場合は大きな差はないが、2050年に政策を実施した場合は20%以上の差があり、2040年から2050年の10年間で政策の効果が大きく異なることが明らかとなった。郊外ゾーンから都心部ゾーンへ居住者を集約するための政策を実施するには、遅くとも2040年までには実施する必要があると言える。

以上のことから、政策実施の開始が遅くなることによって、郊外ゾーンへ移住する居住者が増加することに加えて、郊外ゾーンの居住者を都心部ゾーンへ集約することが困難になることが明らかとなった。ゆえに、集約型都市の実現に向けた政策は早期にその実施効果が表れないことから、政策の実施効果を最大限にするためには、行政は可能な限り早急に政策の実施が必要であることが示された。

本論文の本節以降の分析は、政策実施の最大限の効果から集約型都市の実現可能性を明らかにするために2020年に政策実施を開始した場合を対象とする。

5.2 シミュレーション結果の比較分析

本節では、ゾーン別居住者密度および交通手段別割合を指標として、各シナリオのシミュレーション結果の比較分析を行った。さらに、比較分析の結果から政策の実施効果を明らかにした。

5.2.1 ゾーン別居住者密度の比較分析

各シナリオのゾーン別居住者密度のシミュレーション結果を図 5-2～図 5-6 に示す。シミュレーションでは、各年で推計されているが、本項では結果を明示的にするために5年おきのゾーン別居住者密度を Arc GIS¹⁾を用いて視覚化した。

シナリオ I は、シミュレーション実施期間に政策を実施しないため、集約型都市の実現に向けた政策を実施しない場合に将来都市内の居住者密度はどのように変化するかを経年的に示している。郊外ゾーンと比較して都心部ゾーンの居住者密度は高いが、郊外ゾーンにおいても一定の居住者密度を維持していることがわかる。これは、千葉市が都市全体である程度の居住者が分布していることを示しており、この傾向は経年的に変化しない。しかし、後期になるにつれて人口減少が進行するために、郊外ゾーンを中心に徐々に居住者密度が低くなることが明らかになった。

シナリオ II は、基本的に経年的な傾向はシナリオ I と同様である。政策として、公共施設の利用者の減少により、2040 年以降は郊外部の公共施設を中心に除却されるが、この政策により集約型都市の実現に繋がるための居住者の郊外ゾーンから都心部ゾーンへの移住するアクションに対しては大きな効果が得られないことが明らかとなった。ゆえに、公共施設の除却によって公共サービス水準が低下しただけでは、利便性の高い都心部ゾーンへの移住に対するインセンティブとはならないと考えられる。

シナリオ III は、政策の実施により、徐々に都心ゾーンへ居住者が集約されて密度が高くなっていることがわかる。特に、都心ゾーンへの移住のための補助金の効果が大きく、郊外ゾーンのなかでも都心ゾーンに隣接しているゾーンからの移住が多くなり、その隣接しているゾーンの居住者密度が大きく低下していることが明らかとなった。しかしながら、郊外ゾーンから完全に居住者が移住することは、本論文で設定した政策では困難であることがわかった。

シナリオ IV もシナリオ III と同様に、集約型都市の実現に向けた政策により郊外ゾーンから地域拠点ゾーンへ経年的に居住者が集約されていることがわかる。特に、一極集約型都市では、都心ゾーンのみ密度が高くなっていることがわかる。特に、地域拠点ゾーンに隣接する郊外ゾーンからの移住が多いことがわかった。

シナリオ V は、在宅ワークの促進により、都心部に多く分布する就業地まで通勤する必要がなくなるため、住宅費用が安く、住宅面積の広い郊外ゾーンに居住する傾向であることがわかった。一部（南部）の郊外ゾーンでは、シナリオ I と比較して密度が高くなったことが明らかとなった。

上記のシナリオ別の結果から、都心部ゾーンへの移住に対する補助金が居住者の集約化には一定の効果があることがわかった。一方で、そのような政策を実施しても千葉市が目標とする 2040 年までの集約型都市の実現は一極集約型都市（シナリオ III）および多極集約型都市（シナリオ IV）ともに困難であることが明らかとなった。また、IT 技術が促進されることで、居住者は都心部に移住するメリットが少ないため、集約型都市の実現には効果的な政策ではないことを明示した。

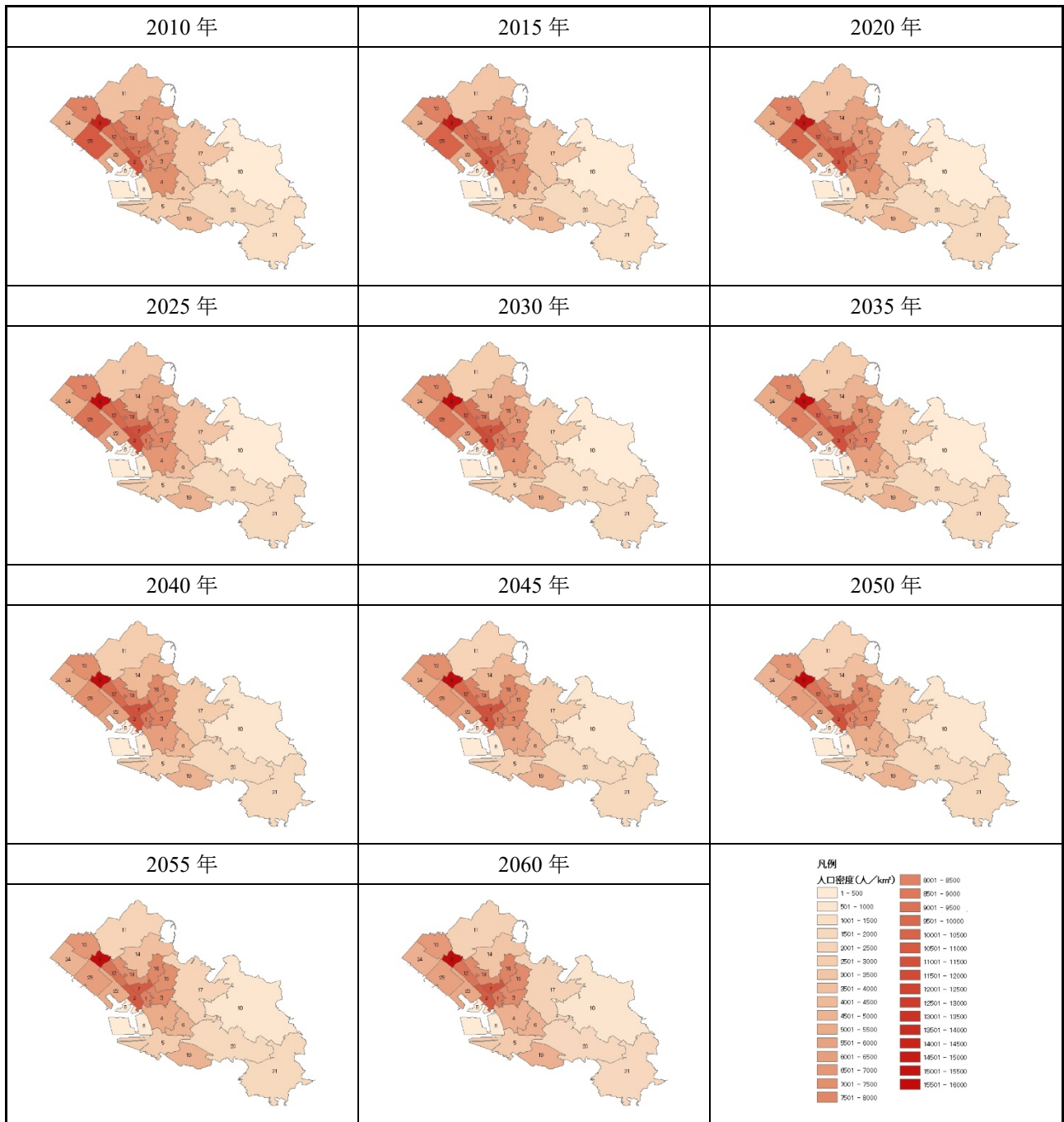


図 5-2 シナリオ I における 2010 年から 2060 年までの居住者密度の変化 (5 年おき)

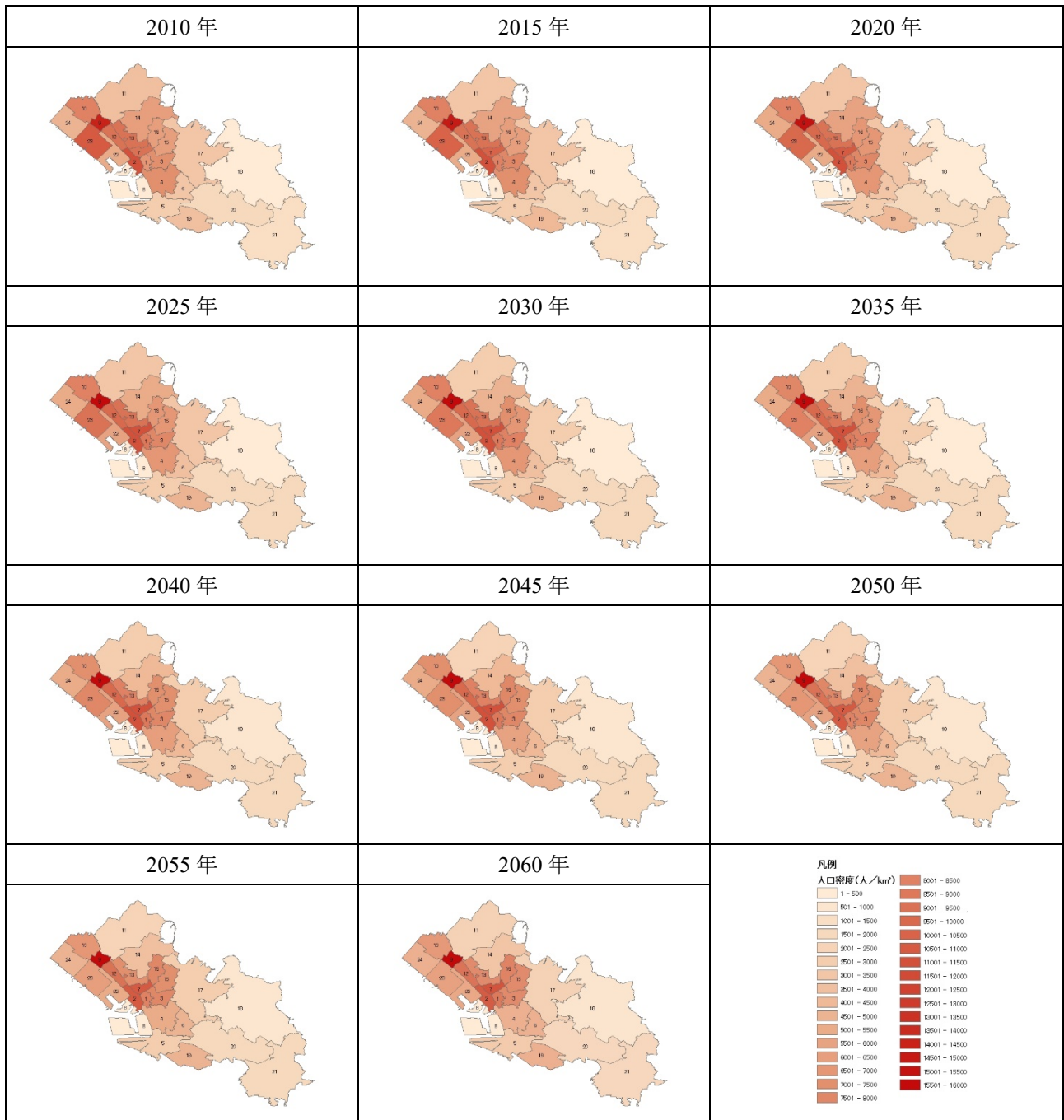


図 5-3 シナリオ II における 2010 年から 2060 年までの居住者密度の変化 (5 年おき)

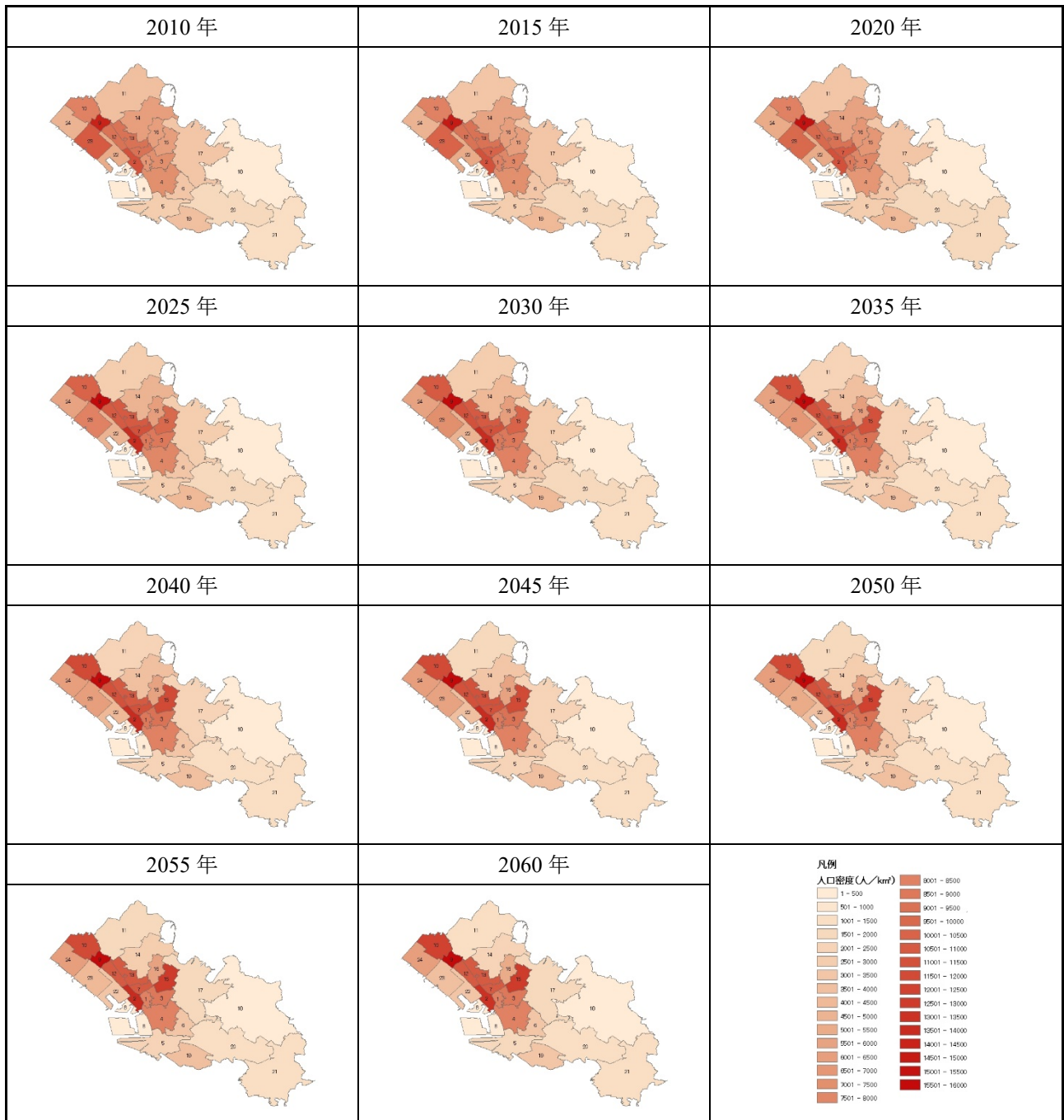


図 5-4 シナリオ III における 2010 年から 2060 年までの居住者密度の変化 (5 年おき)

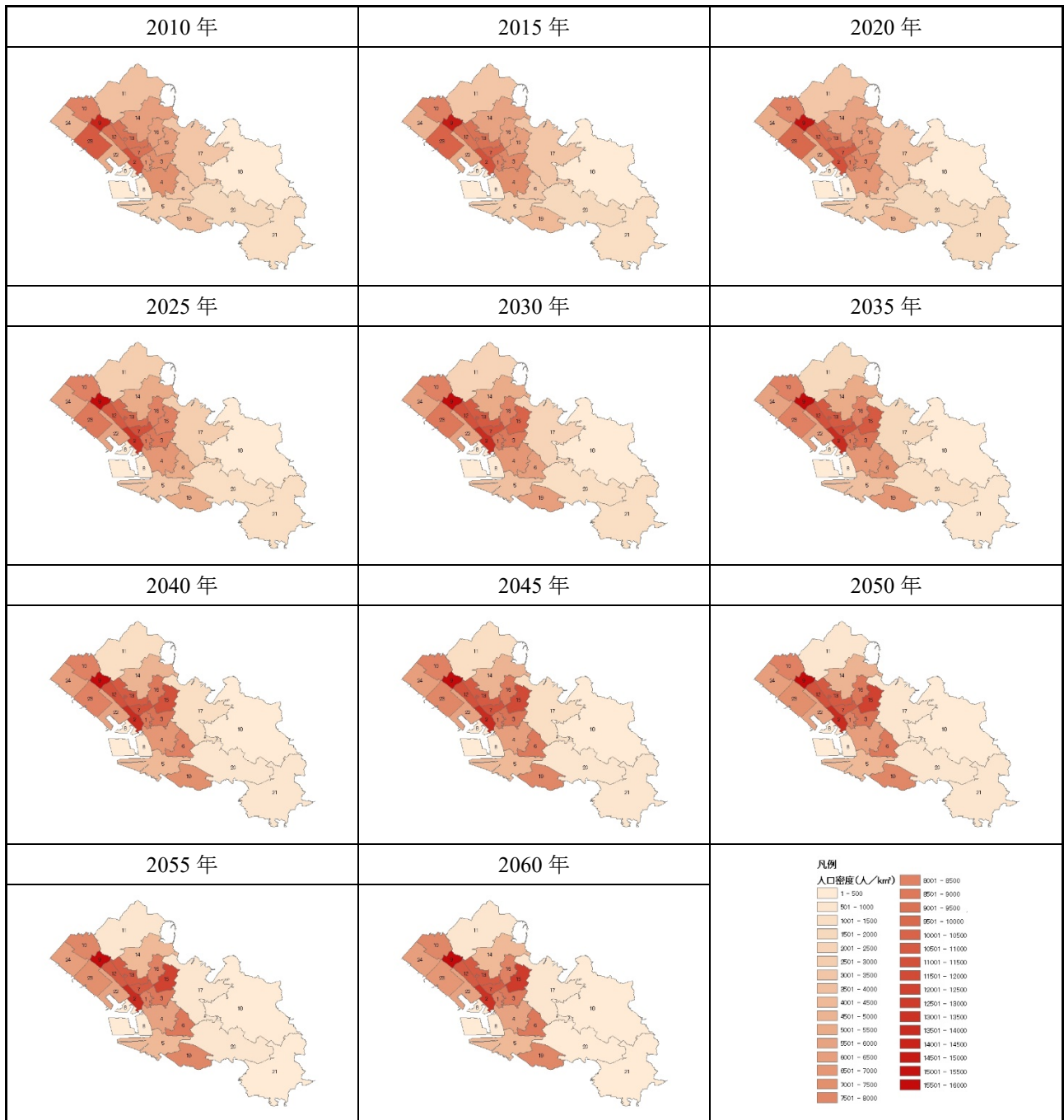


図 5-5 シナリオ IV における 2010 年から 2060 年までの居住者密度の変化 (5 年おき)

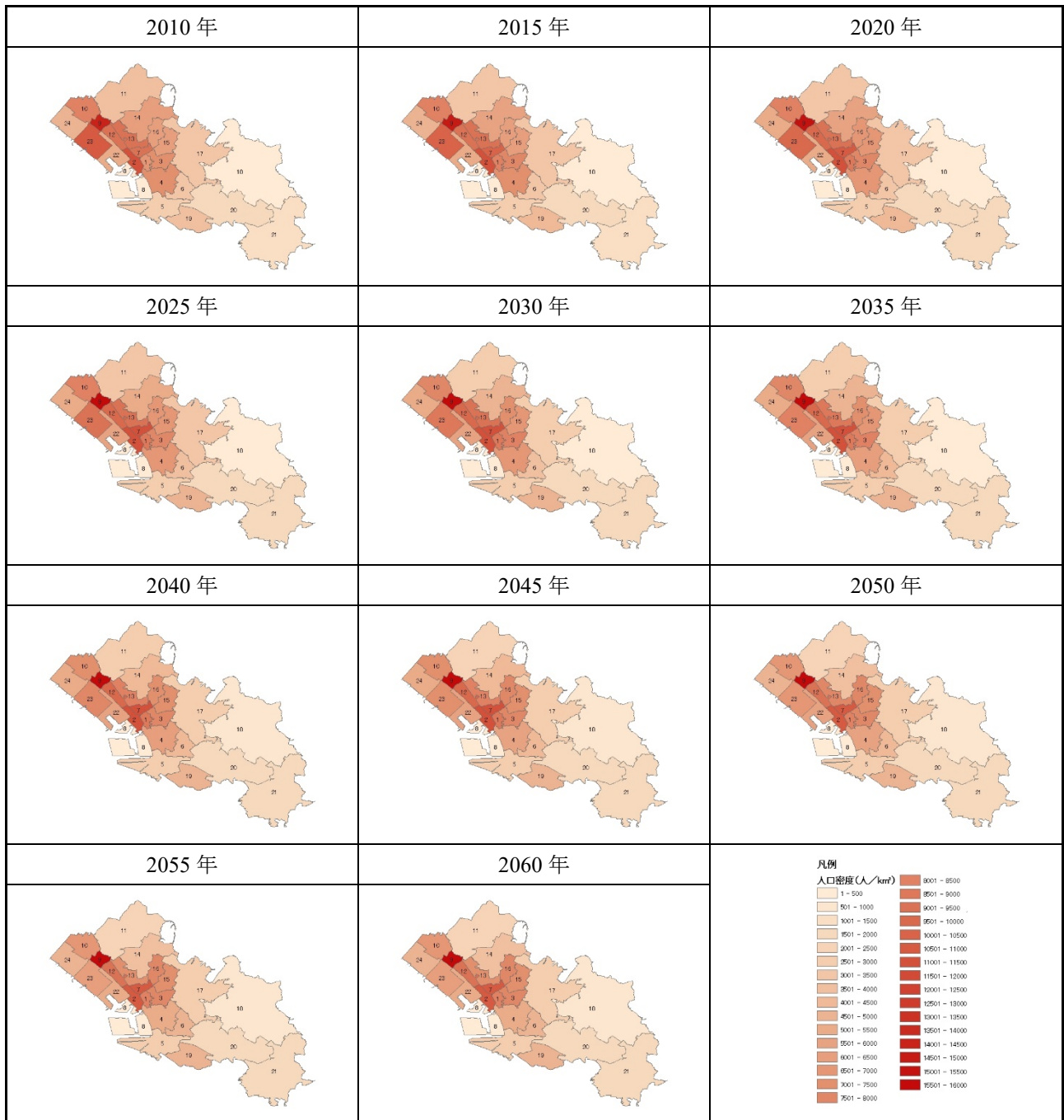


図 5-6 シナリオ V における 2010 年から 2060 年までの居住者密度の変化 (5 年おき)

5.2.2 ゾーン別交通手段割合の比較分析

本論文では、交通サブモデルで内生的に推計される交通手段割合を指標として、シナリオ別に比較分析を行った。その結果を図 5-7～図 5-11 に示す。なお、本論文では歩行者、自転車、バス、鉄道（モノレールも含む）、自動車、二輪車の 6 モードである。2010 年における千葉市の交通手段割合は、自動車、徒歩、鉄道（モノレールも含む）、自転車、二輪車、バスの順に割合が大きい。

シナリオ I は、政策を実施していない場合の交通手段割合である。2060 年までに割合に大きな変化は見られないが、都市全体に居住者が分布していることから、将来は公共交通（鉄道、バス）の割合は減少し、徐々に自動車や二輪車へ転換する傾向であることが明らかとなった。

シナリオ II は、シナリオ I と同様の傾向であることがわかった。利用者数が低下した公共施設を除却する政策では居住者密度が経年的に大きく変化しなかったことから、交通手段割合も大きく変化しなかったと考えられる。

シナリオ III は、集約型都市の実現に向けて、郊外ゾーンから都心ゾーンに居住者を集約することによって、交通手段割合が大きく変化した。特に、シナリオ III は一極集約型都市を目指しているため、居住地と就業地が鉄道ネットワークの沿線に一極に集約されることから、鉄道および徒歩の割合が経年的に増加することが明らかとなった。一方で、自動車やバス、自転車の割合が低下し、それらの交通モードから転換したと考えられる。

シナリオ IV は、複数の地域拠点ゾーンに居住者を多極的に集約させる政策を実施することにより、シナリオ III と同様に自動車やバス、自転車の割合が減少し、鉄道および徒歩の割合が増加する傾向となった。しかしながら、多極集約型都市の場合は一極集約型都市よりも鉄道および徒歩への転換割合が小さいことが明らかとなった。この理由は、多極的に複数の地域拠点ゾーンに集約することにより、地域拠点ゾーンへ鉄道や徒歩でアクセスするよりも自動車や二輪車でアクセスした方が利便性の高い居住者が比較的多いためであると考えられる。

シナリオ V は、在宅ワークの促進により通勤トリップが段階的に減少するため、公共交通の割合が大きく低下した。特に、千葉市の公共交通は、通勤目的のトリップが多いため、IT 技術が発展すると公共交通の手段割合が大きく減少することがわかった。さらに、郊外ゾーンに居住していたとしても一定の利便性が維持されているおり、公共交通ネットワークから離れた郊外ゾーンに居住しているため、自動車や二輪車の割合が増加する傾向であることが明らかとなった。

以上の結果から、公共交通ネットワークの利用割合を増加させ、環境的にも効果が大きいと想定可能なシナリオは、シナリオ III およびシナリオ IV であることがわかった。特に、居住者と都市規模を一極集約させると更に効果があることが明らかとなった。公共交通機関への転換を促すためには、一極集約型都市を目指すことで、実現可能性が高くなると考えられる。一方で、IT 技術の発展により、移動減少に繋がり利便性は高くなるが、自動車や二輪車の利用割合が増加する傾向である。このことから、IT 技術の発展政策は、公共交通機関の維持や環境面の観点では適した政策ではないことが明らかとなった。

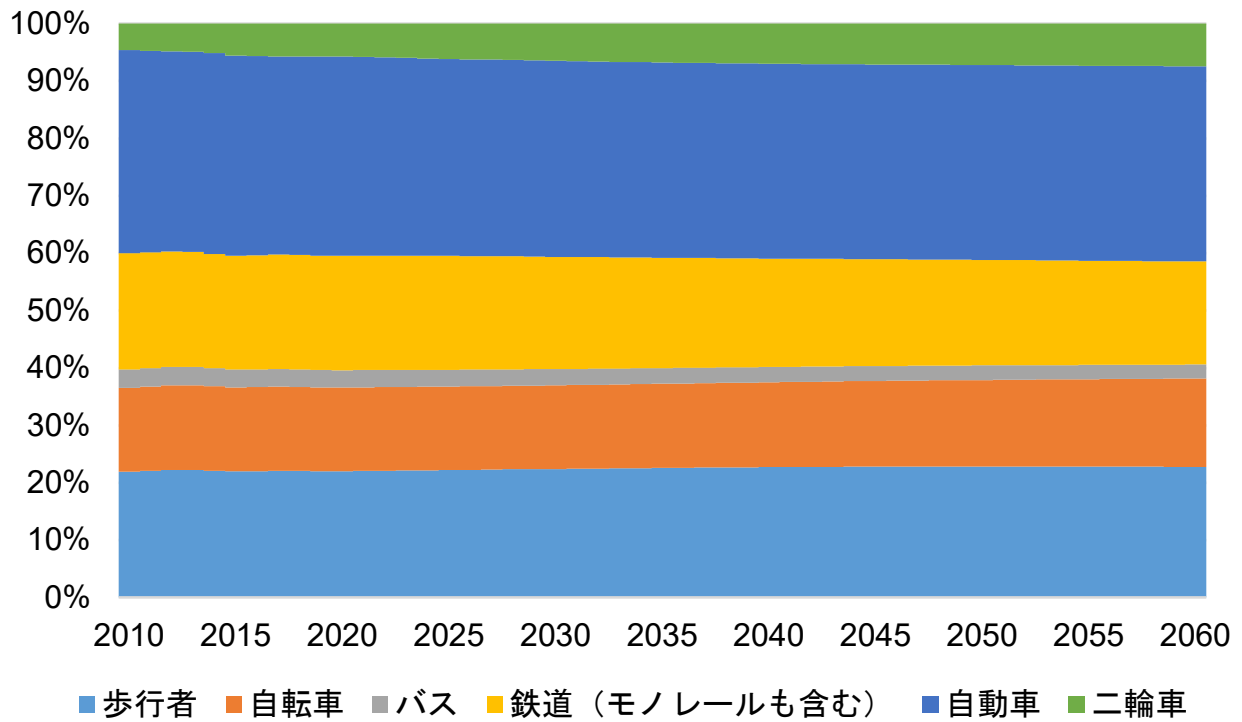


図 5-7 シナリオ I における交通手段割合の変化 (2010 年から 2060 年)

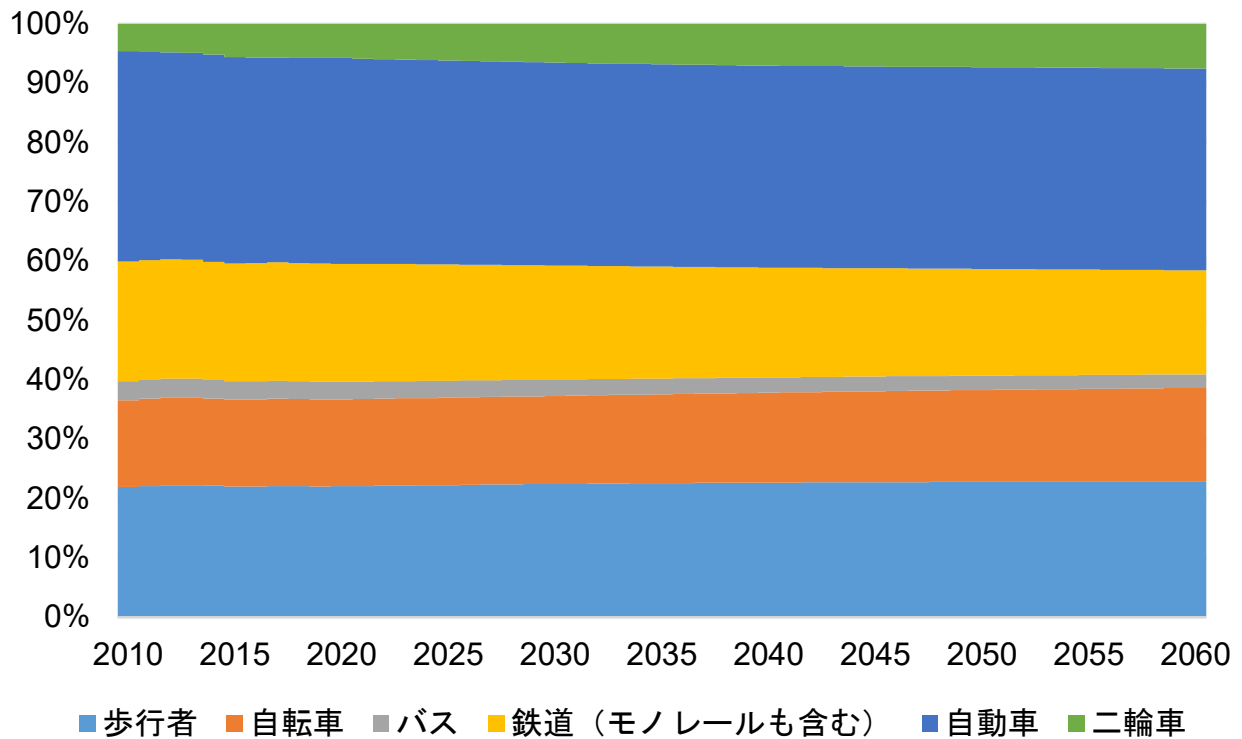


図 5-8 シナリオ II における交通手段割合の変化 (2010 年から 2060 年)

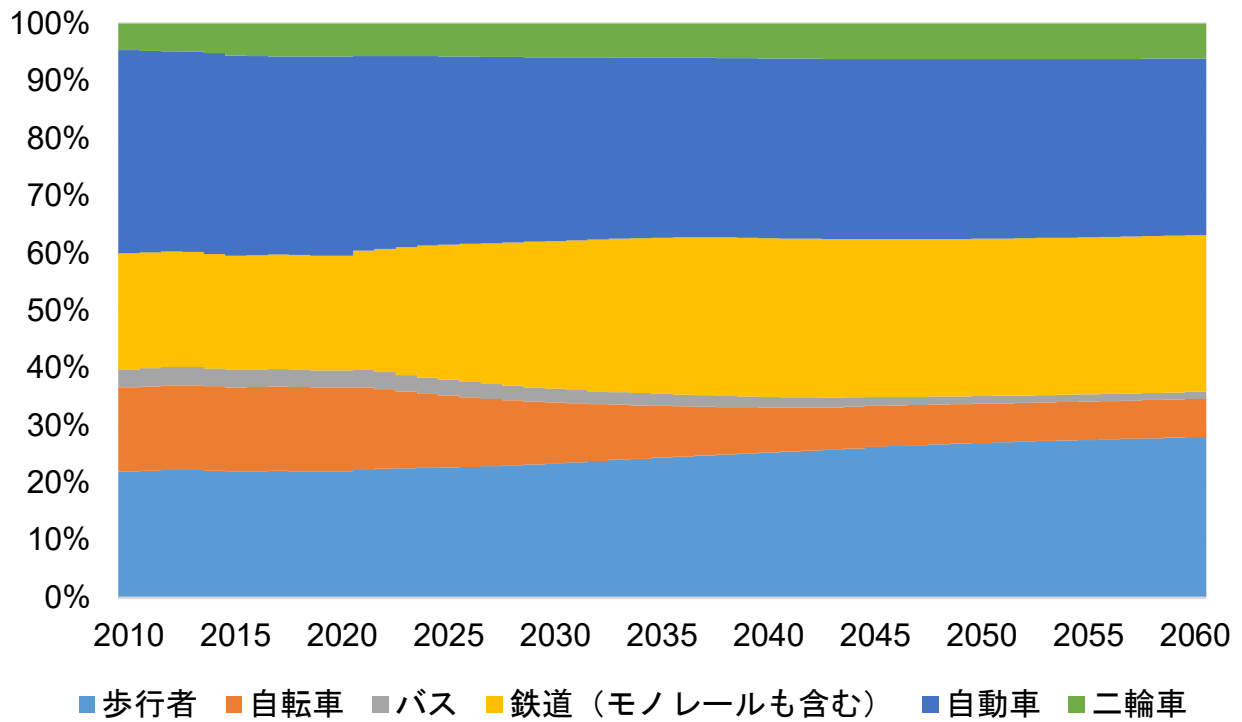


図 5-9 シナリオ III における交通手段割合の変化 (2010 年から 2060 年)

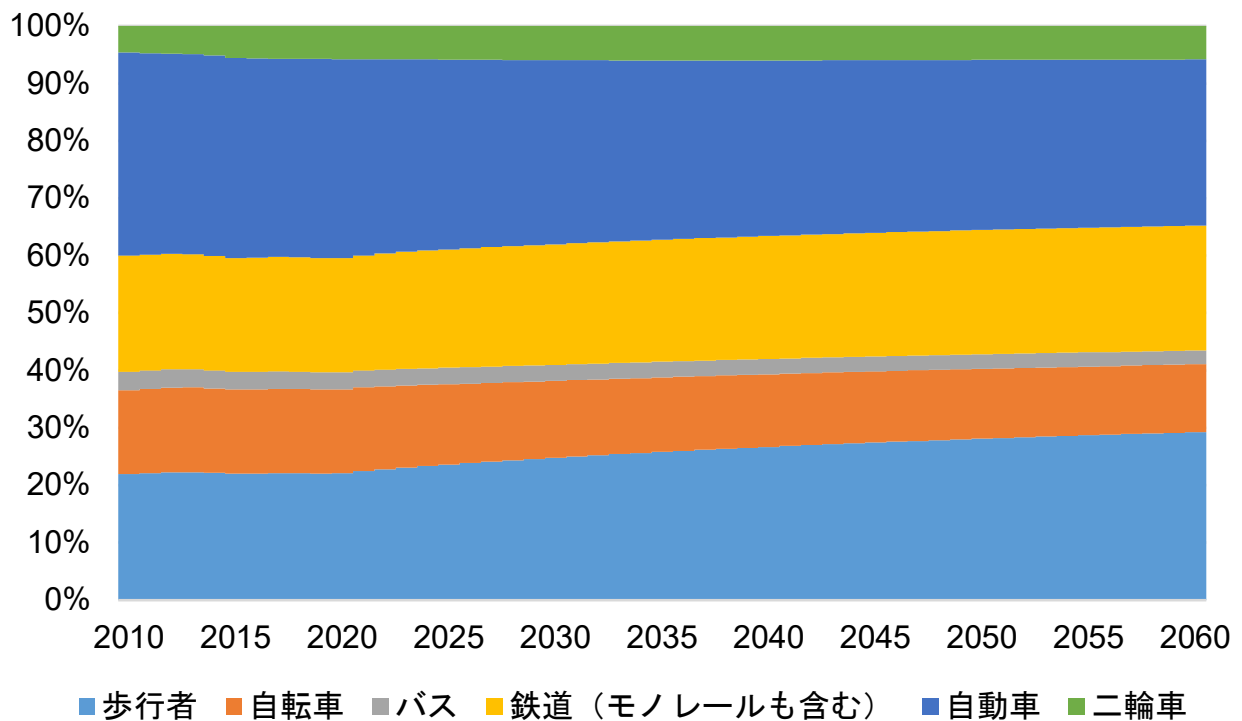


図 5-10 シナリオ IV における交通手段割合の変化 (2010 年から 2060 年)

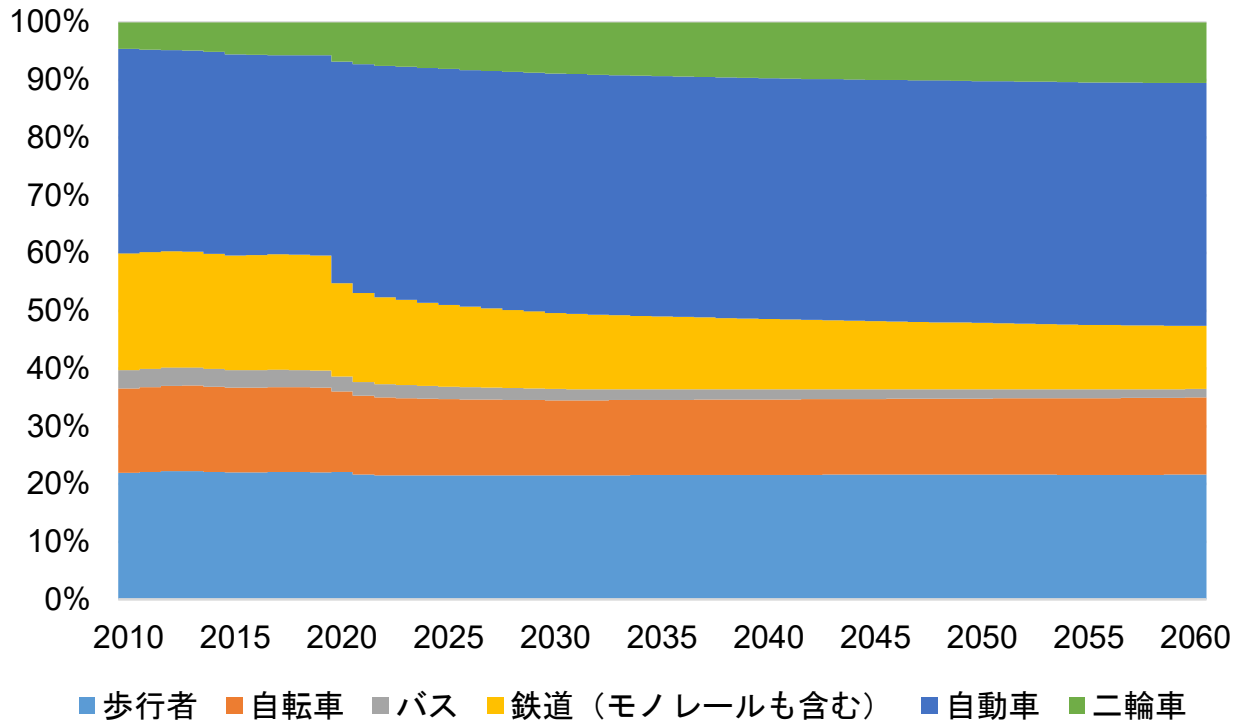


図 5-11 シナリオ V における交通手段割合の変化 (2010 年から 2060 年)

5.3 5章のまとめ

本章では、第4章で定義した各政策シナリオ別のシミュレーションを実施した上で、ゾーン別居住者密度および交通手段割合を指標とし、政策実施効果を明らかにした。

まず、一極集約型都市（シナリオⅢ）における全人口に占める郊外ゾーン居住者数の割合を用いて、政策の実施タイミングの違いによる効果の検証を行った。その結果、政策の実施タイミングを早期に設定することにより、政策の効果に違いが出ることが明らかとなった。特に、集約型都市の実現に向けた政策は、より早期の実施によって実現可能性が高くなるため、行政には早急な政策の実施が望まれることが示された。

また、各政策シナリオのシミュレーションの結果に基づいた政策実施効果の分析は、以下にまとめる。

・ ゾーン別居住者密度

- ① 利用者が低下した公共施設を削減する政策のみでは、集約型都市の実現に繋がるまでの移住は発生しない
- ② 都心部のゾーンへ居住者を集約させる政策は、一定の効果は挙げられるが、郊外ゾーンに居住者が残留しており、千葉市の立地適正化計画で目標とする2040年までの集約型都市の実現は一極集約型および多極集約型ともに難しい
- ③ 都心部ゾーンへ移住する多くの郊外ゾーン居住者は都心部ゾーンに隣接する郊外ゾーンに多いことから、集約による移住は近隣のゾーンへ移住する傾向が高い
- ④ IT技術発展政策は、移動の必要性（通勤など）が減少するため、就業地が多く分布する都心部ゾーンへの移住は発生しない

・ 交通手段割合

- ① シナリオⅠやシナリオⅡでは、居住者の都心部ゾーンへの移住が発生しないため、交通手段割合も大きな変化は発生しない
- ② シナリオⅢやシナリオⅣの集約型都市を目指すシナリオでは、主に自動車から鉄道および徒歩に転換する傾向が強い
- ③ IT技術の発展を促進する政策では、公共交通の割合が大きく低下し、自動車および二輪車の利用割合が増加する傾向が強い

千葉市における集約型都市の実現に向けた政策は、一定の効果があることが示され、早期に政策を実施することによって、より効果が大きいことも明らかとなった。しかしながら、千葉市の立地適正化計画で目標とする2040年における集約型都市の実現は、本章における分析結果から不可能であることが示された。

ゆえに、2040年に目標を達成するには、郊外ゾーンから都心部ゾーンへの移住に対して強制力を持たせることも一つの手段である。または、移住の補助金に対して更なるインセンティブを与える必要があるが、現状の千葉市の財政状態では負担が大きいだらう。

参考文献

- 1) esri ジャパン : Arc GIS, <https://www.esri.com/products/arcgis/>, 最終閲覧 2020 年 9 月.

第6章 集約型都市の実現可能性の分析方法とその結果

第5章の結論を踏まえ、本章ではシナリオ別に集約型都市の実現に向けた住民視点および行政視点における分析を行っている。具体的には、集約型都市の実現可能性について公共サービス水準、政策実施費用および交通分野の二酸化炭素排出量を分析指標として、シナリオ別に評価する。その結果より、分析指標に対して政策の効果が最も大きいシナリオおよび政策を明示し、集約型都市の実現可能性を明らかにする。

6.1 集約型都市の実現可能性の分析指標とその手法の整理

集約型都市の実現可能性を評価するために、住民側および行政側からの視点における分析と都市環境における分析を実施する。以下に、それぞれの分析に用いる指標およびその指標の推計式を示す。

6.1.1 住民視点における分析指標

住民側の視点における分析として、住民の公共サービス水準に着目した。本論文では、住民の公共サービス水準を公共施設サービス量および公共施設までの移動コストと定義する。

①公共施設サービス量：

中村ら¹⁾の研究に基づいて、各ゾーンにおける1人あたりのアクセス圏内の公共施設の延床面積の合計を示している。また、本論文における各施設のアクセス圏内は3 km（行政施設）、5 km（図書館）、10 km（集会施設）、1.5 km（公民館）と定義した。式6-1で算出される。

$$\text{公共施設サービス量} = \sum (\text{延床面積} / \text{サービス圏内ゾーン人口}) \quad (6-1)$$

②公共施設までの移動コスト：

本論文では「住民が最寄り公共施設へ移動するために費やす時間」と定義し、各ゾーンの人口重心から最短で移動可能な公共施設への移動コストである。若松²⁾の研究に基づいて、以下の式6-2を定義する。なお、最短移動時間は、ゾーン人口重心から各公共施設間の距離を本論文で対象とする各交通モードのゾーン人口重心から各公共施設間の速度を平均した値で割ることで算出している。

$$TC = \sum_{i=1}^n \sum_j tDist_{ij} * P_i * Ur * ck \quad (6-2)$$

ここで、 i ：ゾーンの人口重心（中心）、 j ：最寄公共施設、 $tDist_{ij}$ ：ゾーンの人口重心から施設への最短移動時間、 P_i ：ゾーン人口、 Ur ：施設利用率（年間利用者数／総人口）、 ck ：時間費用（千葉県民

の1時間所得の平均)

6.1.2 行政視点における分析指標

行政側の視点における分析として、財政状態に着目した。本論文における財政状態は、税金の収入および支出と定義しており、以下の通りに示す。

①税金の収入：

本論文で対象とする税金の収入は、個人住民税および固定資産税である。なお、固定資産税は土地および家屋のみを対象とする。それぞれの算出式を式 6-3 から式 6-8 に示す。

- 個人住民税

$$\text{個人住民税} = \text{所得割税額} * \text{就業者数} \quad (6-3)$$

- 固定資産税（土地）

$$\text{固定資産税（土地）} = \text{土地評価額} * \text{標準税率} \quad (6-4)$$

$$\text{土地評価額} = \text{宅地評価額} * \text{宅地面積} \quad (6-5)$$

$$\text{宅地評価額} = 314.77 * \text{EXP}(0.0001 * \text{宅地面積あたりの人口密度}) \quad (6-6)$$

- 固定資産税（家屋）

$$\text{固定資産税（家屋）} = \text{住居評価額} * \text{標準税率} \quad (6-7)$$

$$\text{住居評価額} = \text{住宅床面積あたりの評価額} * \text{1世帯あたりの床面積} \quad (6-8)$$

②税金の支出：

本論文で対象とする税金の支出は、本論文で定義した政策の実施に係る費用を対象とした。具体的には、公共施設維持管理費用、公共施設除却費用、人工造林化費用、都心部移住補助金、郊外部撤退費用補助金であり、これらの算出式を式 6-9 から式 6-14 に示す。

- 公共施設維持管理費用：公共施設維持管理費用は、各施設の延床面積と表 6-1 に示す公共施設維持管理工事原単位の積である。各公共施設の維持管理費用の合計値が都市全体の1年間における公共施設維持管理費用となる。

$$\text{公共施設維持管理費用} = \sum_j \text{各施設の延床面積} * \text{公共施設維持管理工事原単位} \quad (6-9)$$

- 公共施設除却費用：公共施設除却費用は、各シナリオにおいて、除却対象となる公共施設がある場合に発生する費用である。除却費用は、除却対象施設の延床面積と表 6-1 に示す公共施設除却工事原単位の積である。これらの各公共施設の除却費用の合計値が都市全体の 1 年間における公共施設除却費用となる。

$$\text{公共施設維持管理費用} = \sum_j \text{除却対象施設の延床面積} * \text{公共施設除却工事原単位} \quad (6-10)$$

- 公共施設大改修および更新費用：公共施設大改修および更新費用は、すべてのシナリオにおいて発生する費用である。各公共施設の築年数によって、大改修を実施するか、更新（建替え）を実施するかを判断する。なお、本論文における判断基準は、総務省が発行する公共施設更新費用試算ソフトで用いられている基準³⁾を使用した。大改修および更新の判断基準は、大改修は築年数 30 年を経過した 31 年目に、更新は築年数 60 年を経過した 61 年目とした。

また、大改修および更新の対象となる施設の費用に関しては、式 6-11 を用いて算出する。なお、本論文では更新における延床面積に関しては、更新前と同等の面積であると仮定した。

$$\text{公共施設大改修・更新費用} = \sum_j \text{大改修・更新対象施設の延床面積} * \text{公共施設大改修・更新工事原単位} \quad (6-11)$$

- 人工造林化費用：人工造林化費用は、シナリオ III およびシナリオ IV において発生する費用である。政策実施により、郊外ゾーンにおいて撤退した住宅や事業所の跡地を地拵えし、人工造林化し、それを維持していくことを想定した。「千葉県緑と水辺のまちづくりプラン」⁴⁾では、都市の緑地を保全していくことで、住みやすく環境に優しいまちづくりを目指しているため、撤退後の跡地の人工造林化は緑化および都市環境の向上に貢献することを目的としている。想定する人工造林の条件は、広葉樹を 1ha あたり 2,000 本～2,500 本植樹する。なお、式 6-12 および式 6-13 で用いる各費用の原単位は千葉県森林整備事業における事業標準単価表⁵⁾の値を用いた。

$$\text{人工造林化費用} = \text{人工造林開発費用} + \text{人工造林維持管理費用} \quad (6-11)$$

$$\text{人工造林開発費用} = \text{人工造林開発面積} * \text{人工造林化費用原単位} \quad (6-12)$$

$$\text{人工造林維持管理費用} = \text{人工造林面積} * (\text{除伐費用原単位} + \text{間伐費用原単位}) \quad (6-13)$$

- 都心部移住補助金：都心部移住補助金は、富山市が実施している富山市公共交通沿線住宅取得支援事業を参考に補助金額を設定した。富山市公共交通沿線住宅取得支援事業⁶⁾では、30万円が基本金額であり、条件を満たした場合、最高70万円が補助される仕組みである。本論文では、条件は考慮せずに移住する世帯に一律70万円支給すると想定した。

郊外ゾーンから都心部ゾーンに移住した際に1世帯あたり70万円

- 郊外部撤退費用補助金：郊外部撤退費用補助金は、集約型都市の実現に向けた政策の実施により、郊外ゾーンから都心部ゾーンへ移動する施設に対して、郊外部の撤退費用を補助するものである。これは、撤退施設の延床面積と表6-1に示す施設除却工事原単位の積である。

$$\text{郊外部撤退費用} = \text{撤退施設面積} * \text{除却費用原単位} \quad (6-14)$$

式6-9および式6-10で用いる維持管理工事原単位および除却工事原単位は和田ら⁷⁾の研究で用いられている値に補正係数をかけ合わせることで算出した。なお、補正係数は和田らの研究の対象都市の平均時給と千葉市の平均時給の比である。算出した各工事原単位を表6-1に示す。なお、千葉市が所有する公共施設はRC構造が特徴である。

表 6-1 各工事費用原単位一覧

		維持管理工事原単位 [円/m ²]	除却工事原単位 [円/m ²]
住宅	木造	26,441	36,056
	SRC造	9,453	25,996
	RC造	9,266	25,481
	S造	8,769	24,115
	CB造	7,984	21,954
事務所	木造	7,336	20,173
	SRC造	16,177	44,487
	RC造	12,695	34,913
	S造	7,626	20,972

6.1.3 都市環境における分析指標

MARS の計算結果から二酸化炭素排出量を推計するために、松橋ら⁸⁾が構築した二酸化炭素排出量推計式を用いた。自動車と二輪車の推計式を式 6-15、鉄道とバスの推計式を式 6-16 に示す。なお、千葉市にはモノレールがあるが、本論文では鉄道に含むものとして定義した。

$$E_m = N_m \times V_m \times e_m \quad (6-15)$$

$$E_m = \sum (P_m \times e_m) \quad (6-16)$$

ここで、

m : 交通手段, E_m : 二酸化炭素排出量, N_m : 保有台数, V_m : 総走行台キロ, e_m : 排出係数, P_m : 旅客人キロ

また、二酸化炭素排出量の推計の際に用いた環境省⁹⁾発表の交通手段別の排出係数は表 6-2 の通りである。なお、モノレールの排出係数は鉄道と同様と定義した。各交通手段の排出係数は、一般的に技術発展などにより経年的に変化するが、本論文では固定値とした。

表 6-2 交通手段別排出係数一覧

交通手段	自動車	二輪車	鉄道	バス
排出係数 [kg-CO ₂ /人・km]	0.175	0.104	0.053	0.019

6.2 シナリオ別の集約型都市の実現可能性の分析

6.2.1 公共施設数の変化

シナリオ別の公共施設数の変化を表 6-3 および図 6-1 に示す。

公共施設数は、政策の実施によりシナリオ II からシナリオ V において経年的に減少していることがわかる。特に、シナリオ III において一極的に集約することで、都市内の 40.6%の多数の公共施設を除却することが可能であることが明らかとなった。さらに、シナリオ IV において多極的に集約することで都市内の 19.8%の公共施設を除却することが可能であることがわかった。このことから、集約型都市の実現によって、多数の公共施設を除却することが可能であることを示した。一方で、シナリオ II やシナリオ V は約 10%程度の公共施設しか除却されないため、行政における施設の維持管理費用の削減には繋がらず、政策の実施効果は見込まれないことが明らかとなった。

表 6-3 各シナリオにおける公共施設数の変化（5年おき）

シナリオ	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
I	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101
II	101	101	101	101	101	101	100	99	96	96	90
III	101	101	101	98	84	69	68	64	61	60	60
IV	101	101	101	100	97	93	90	87	84	82	81
V	101	101	101	100	99	98	98	98	97	96	96

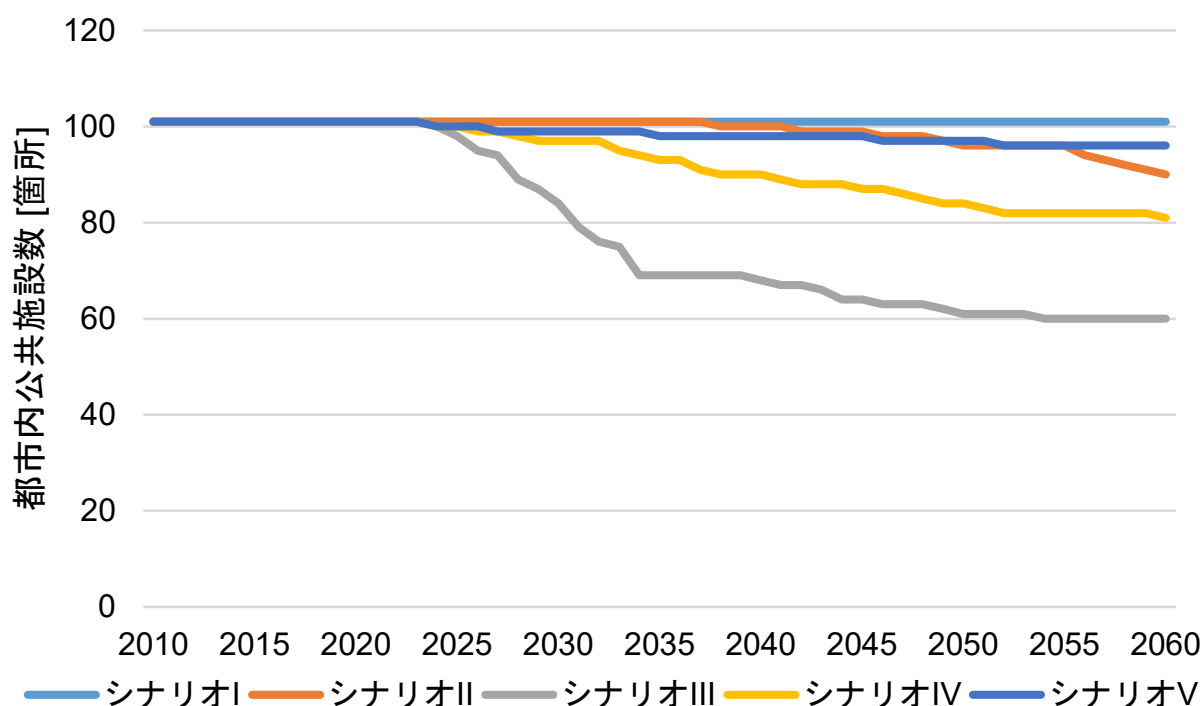


図 6-1 シナリオ別の公共施設数の変化

6.2.2 公共サービス量の増減率

図 6-2～図 6-6 に各シナリオの公共サービス量の増減率を示す。この増減率は、式(6-1)を用いて算出した各年の公共サービス量に対して、前年の公共サービス量と比較してどの程度増減したかを示している。各図は、各シナリオにおけるゾーン別の公共サービス量の増減率の変化である。

シナリオ I は、各ゾーンともに公共サービス量の増減率は大きく変化しないが、後期になるにつれて公共サービス量が増加する傾向のゾーンが多くなることがわかった。これは、分子となる延床面積は変化しないが、分母となるサービス圏内の居住者が減少することによって、公共サービス量が増加したと考えられる。

シナリオ II は、2040 年頃まではシナリオ I と同様の傾向であるが、2040 年以降は居住者数の減少によって利用者が低下し公共施設が除却されたため、一部のゾーンにおいて公共サービス量が大きく減少した。特に、18 ゾーンをはじめとする一部の郊外ゾーンは 50%以上減少しており、公共施設の除却により、公共サービス量が低下していることが明らかとなった。

シナリオ III は、一極型の集約により、郊外ゾーンにおいて大きく公共サービス量が低下していることがわかる。一部の郊外ゾーンでは 100%減少しており、この場合はサービス圏内に対象となる施設が除却により存在していないことを意味している。また、その他の郊外ゾーンにおいても公共サービス量が経年的に 50%以上減少している。

シナリオ IV は、多極型の集約によりシナリオ III と同様に一部の郊外ゾーンにおいて大きく公共サービス量が低下した。しかしながら、50%を超える減少率のゾーンも存在するが、シナリオ III と異なり減少率が 100%となるゾーンは存在しない。これは、各ゾーンともにサービス圏内に最低 1 施設が存在することを意味している。

シナリオ V は、多くのゾーンにおいて公共サービス量が増加傾向であることがわかる。特に 18 ゾーンは他のゾーンと比較して公共サービス量が大きく減少しているが、IT 技術の発展を促進しているため、公共施設を IT 化することで延床面積が減少したとしても公共サービス水準は維持できると考えられる。

以上の結果から、公共サービス量は、集約型シナリオにおいて郊外ゾーンが著しく低下することにより、都心部ゾーンと郊外ゾーンではサービス量の格差が大きくなることが明らかとなった。特に、シナリオ III の一極集約型都市では多くのゾーンで公共サービス量がシナリオ I の趨勢型都市と比較して 50%以上減少していることがわかる。一部の郊外ゾーンでは 100%減少している。これは、公共施設が除却され、そのゾーンのサービス圏内に存在しなくなったことを示している。

しかし、集約による都心部ゾーンの居住により、多くのゾーンでは長期に渡って現状と同程度の公共サービス水準を維持することが可能であることが明らかとなった。

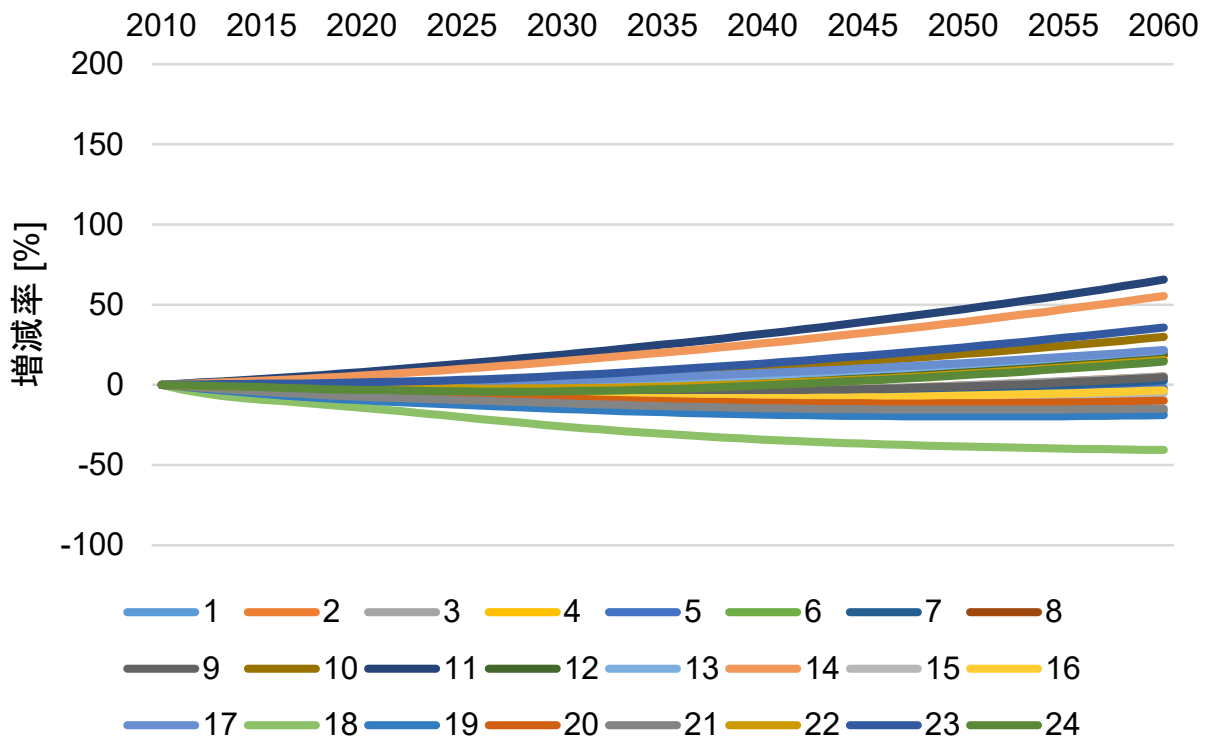


図 6-2 公共サービス量の増減率（シナリオ I）

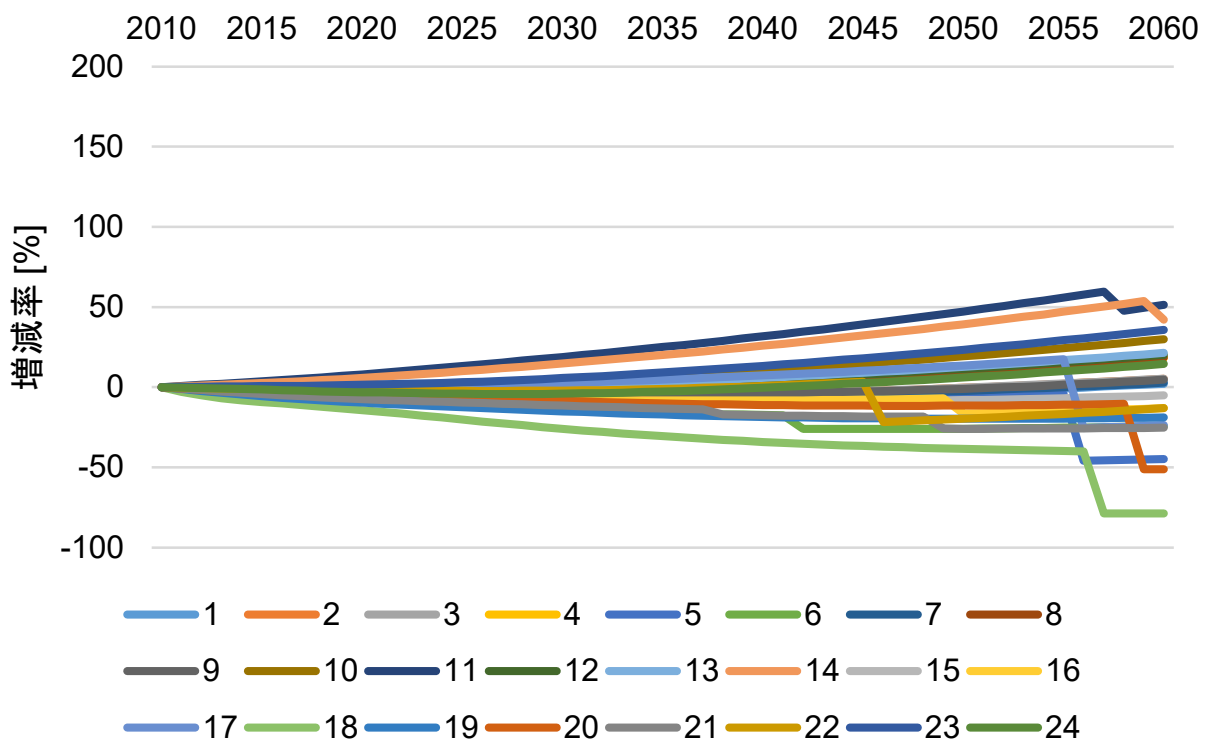


図 6-3 公共サービス量の増減率（シナリオ II）

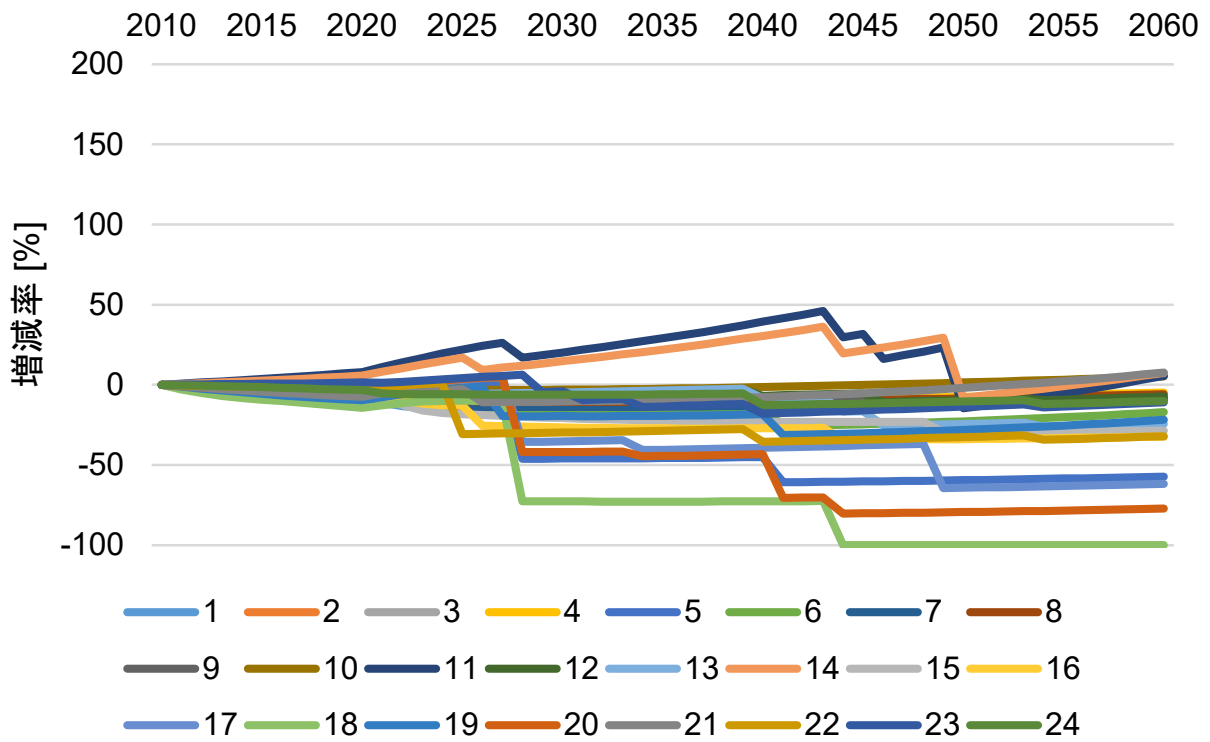


図 6-4 公共サービス量の増減率（シナリオ III）

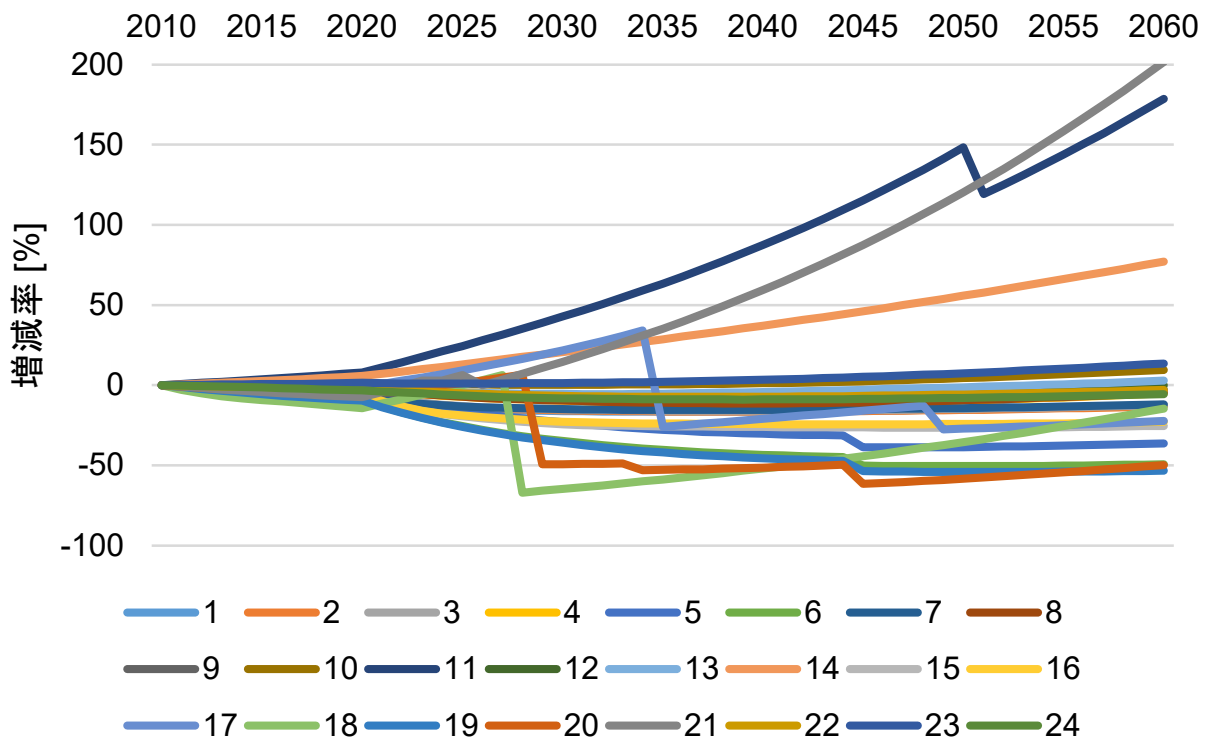


図 6-5 公共サービス量の増減率（シナリオ IV）

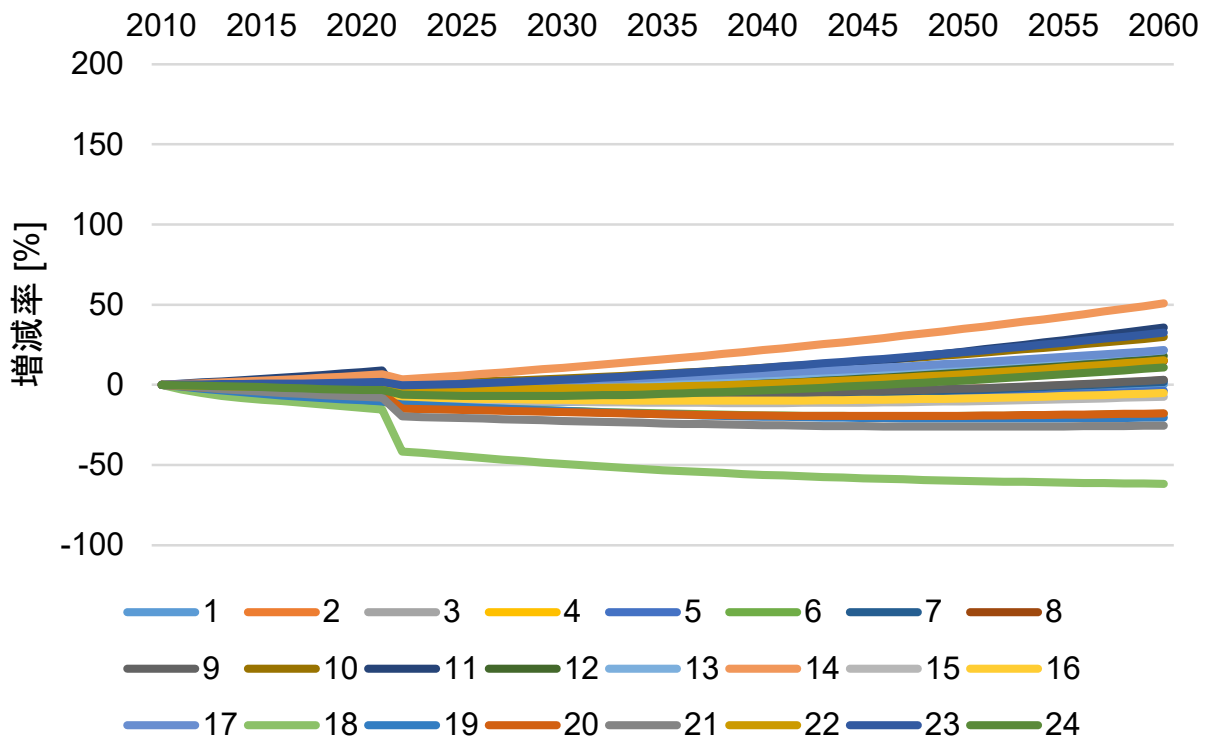


図 6-6 公共サービス量の増減率（シナリオ V）

6.2.3 移動コストの変化

本論文では式 6-2 から算出した移動コストを 1 人あたりの移動コストに換算し、グラフ化した。各シナリオにおける 1 人あたりの各ゾーンから最寄りの公共施設までの移動コストを図 6-7～図 6-11 に示す。

シナリオ I は、政策を実施しないシナリオであるため、各ゾーンの移動コストは大きく変化しない。経年的に公共施設数は変化しないため、最寄りの公共施設は変化しないためである。

シナリオ II は、2040 年頃までは各ゾーンともに大きな変化は見受けられないが、2040 年以降は居住者の減少によって利用者数が低下した施設が除却されるため、一部のゾーンでは移動コスト大幅に増加することがわかった。これは、公共施設の除却によって、これまで利用可能であった最寄りの公共施設が変わり、移動距離および所要時間が増加したためである。

シナリオ III は、2020 年の政策実施以降に郊外ゾーンを中心に大幅に移動コストが上昇していることが明らかとなった。特に、郊外ゾーンに存在する公共施設のすべてが除却の対象であり、利用者数が低下した施設から段階的に除却するため、段階的に移動コストが上昇していることがわかる。最も移動コストが上昇したゾーンでは、現状よりも 3 倍以上上昇していることが明らかとなった。一極集約することで、郊外ゾーンの公共施設が一気に除却されるため、このような移動コストの大幅な上昇となったと考えられる。

シナリオ IV は、シナリオ III と同様に 2020 年以降に一部の郊外ゾーンで移動コストの上昇が見受けられるが、一極集約するよりも上昇幅は大きくないことがわかった。これは、多極的に集約することで、各地域拠点に施設が集約され、郊外ゾーンの公共施設が除却されたとしてもアクセス圏内に各地域拠点の公共施設が存在するためであると考えられる。

シナリオ V は、行政施設および図書館の IT 化により、行政施設および図書館の小規模施設を対象に除却を行うが、各ゾーンの移動コストに大きな変化は見受けられない。このことから、IT 化を促進することによって、小規模施設はさらに除却できる可能性が考えられる。

以上のことから、集約型都市の実現によって郊外ゾーンを中心に移動コストが上昇することがわかった。特に、一極に都心ゾーンへ集約することにより、郊外ゾーンの居住者は最寄りの公共施設までアクセスするために現状と比較して最大 3 倍以上の移動コストを負担する必要があることが明らかとなった。一方で、各地域拠点ゾーンに多極的に集約することで、移動コストが上昇するゾーン数が抑えられ、最大で 2 倍程度の移動コストの負担となることが明らかとなった。また、IT 化による小規模な公共施設の除却は、移動コストに大きな変化が見受けられないため、小規模施設の更なる除却のポテンシャルがあると考えられる。ゆえに、安易に維持管理費用の削減のために公共施設を除却ことで、居住者の負担が大幅に上昇するため、今後は適切な公共施設の配置および IT 化などの施設除却による代替手段も併せて検討が必要となる。

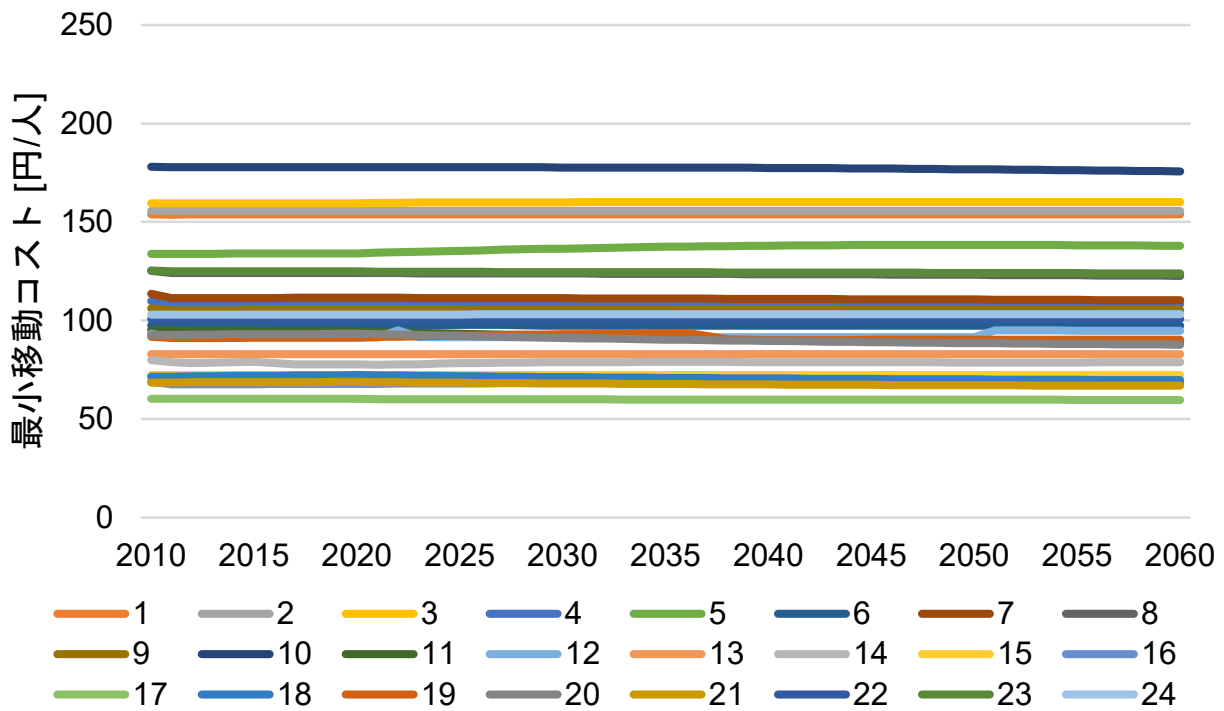


図 6-7 ゾーン別における 1 人あたりの最小移動コスト (シナリオ I)

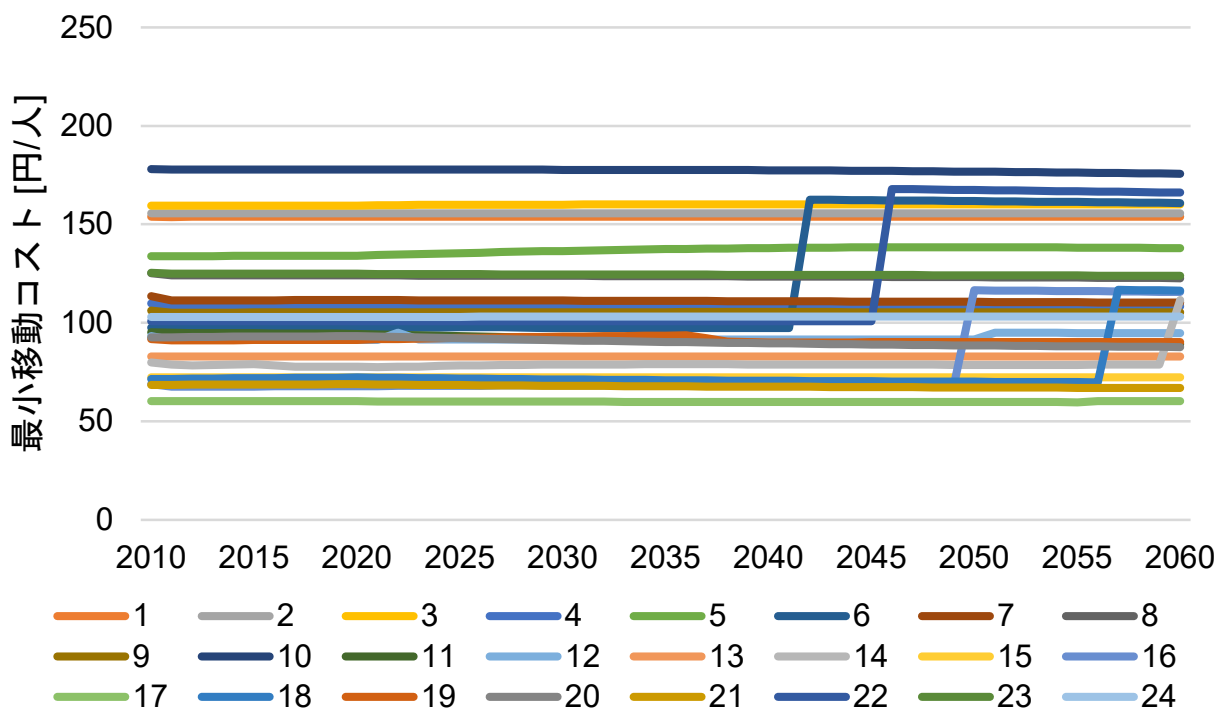


図 6-8 ゾーン別における 1 人あたりの最小移動コスト (シナリオ II)

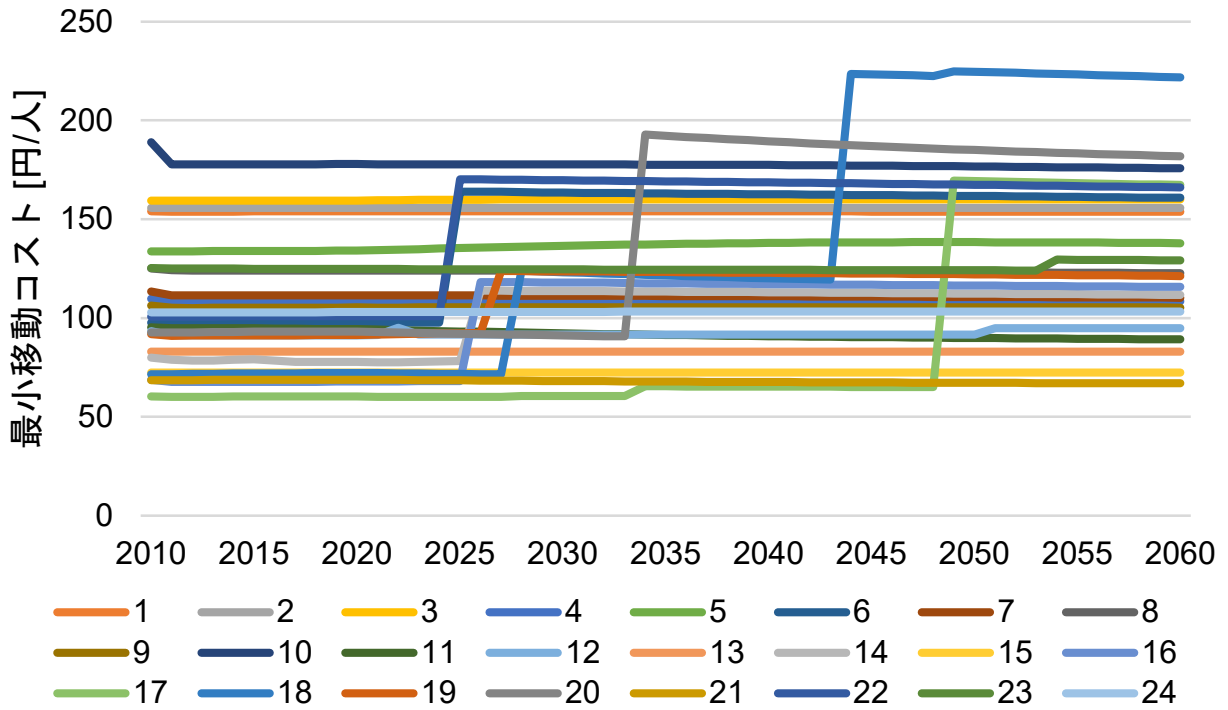


図 6-9 ゾーン別における 1 人あたりの最小移動コスト (シナリオ III)

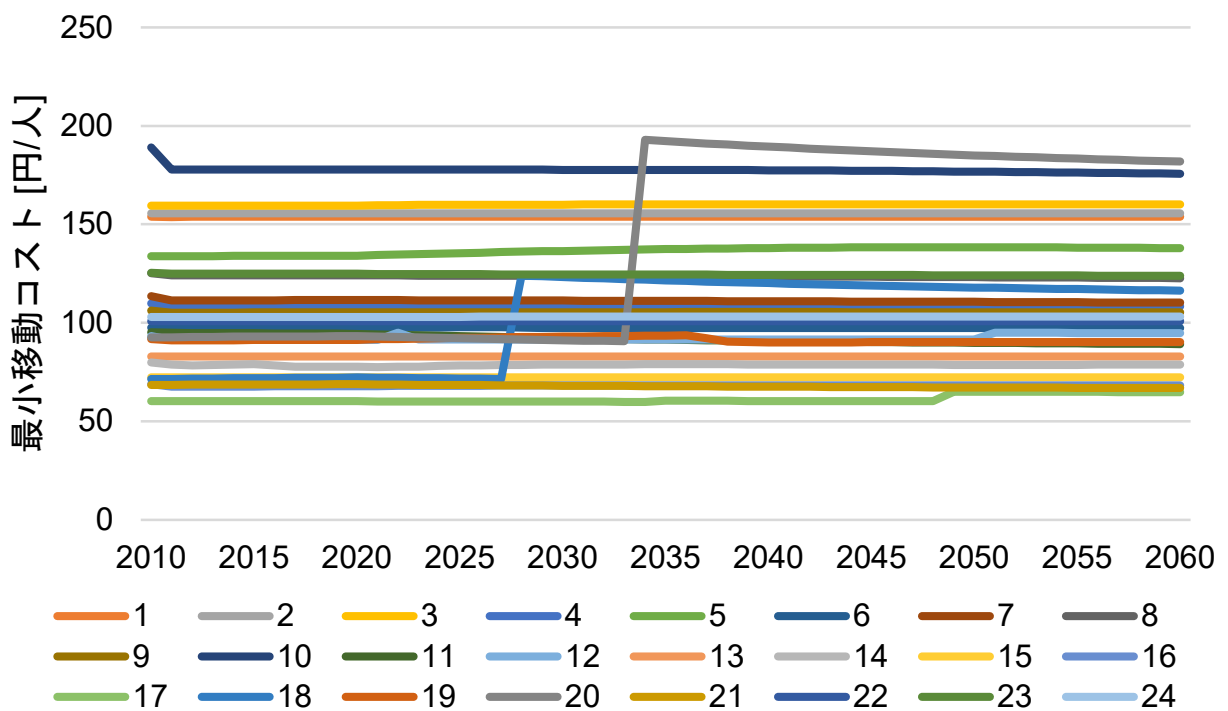


図 6-10 ゾーン別における 1 人あたりの最小移動コスト (シナリオ IV)

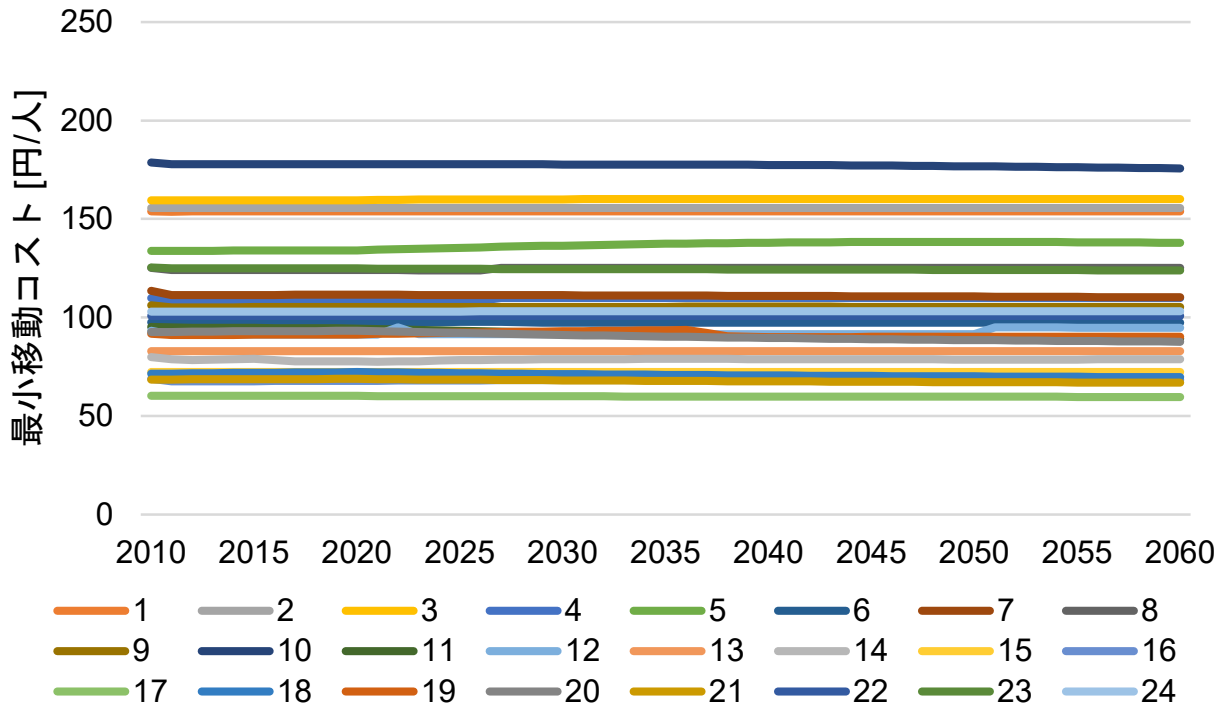


図 6-11 ゾーン別における 1 人あたりの最小移動コスト (シナリオ V)

6.2.4 税金の収入額の変化

シナリオ別の税金の収入額の結果を図 6-12～図 6-16 に示す。

各シナリオにおけるシミュレーションの結果、シナリオ II、シナリオ V では、シナリオ I と比較して大きく変化しないことがわかった。特に、2020 年以降は居住者が経年的に減少していくため、徐々に収入額も減少する傾向であることが明らかとなった。2060 年時点では、2010 年と比較して約 100 億円程度減少する結果となった。

一方、シナリオ III およびシナリオ IV では、都心部ゾーンに集約することで収入額が一時的に増加する傾向であることがわかった。これは、郊外ゾーンから都心部ゾーンに移住する居住者の増加により、1 世帯あたりの住宅面積は小さくなったが、土地および家屋の固定資産税に用いる評価額が郊外ゾーンよりも都心部ゾーンの方が高いためである。しかしながら、居住者の減少により、収入額の増加は期待できるものの、将来的には収入額は減少する傾向であることが明らかとなった。

以上のことから、千葉市では今後居住者の減少が想定されているため、将来的に個人市民税、固定資産税（土地・家屋）の収入額が減少する傾向であることが明らかとなった。2010 年時点の収入額と比較して、2060 年時点では約 100 億円減少することがわかり、2010 年の個人市民税、固定資産税（土地・家屋）の収入額総額の約 17%にあたることが明らかとなった。一方、都心部ゾーンに居住者を集約することによって、政策実施時に一時的に収入額が増加する傾向であり、その後の減少の傾きも集約しないシナリオと比較して緩やかであることがわかった。さらに、2060 年時点の収入総額は 2010 年の収入総額は最大で約 50 億円程度に留まり、減少額を半減できることが明らかとなった。このことから、集約型都市の実現によって居住者の減少が懸念される中で収入額の増加が期待できると言える。

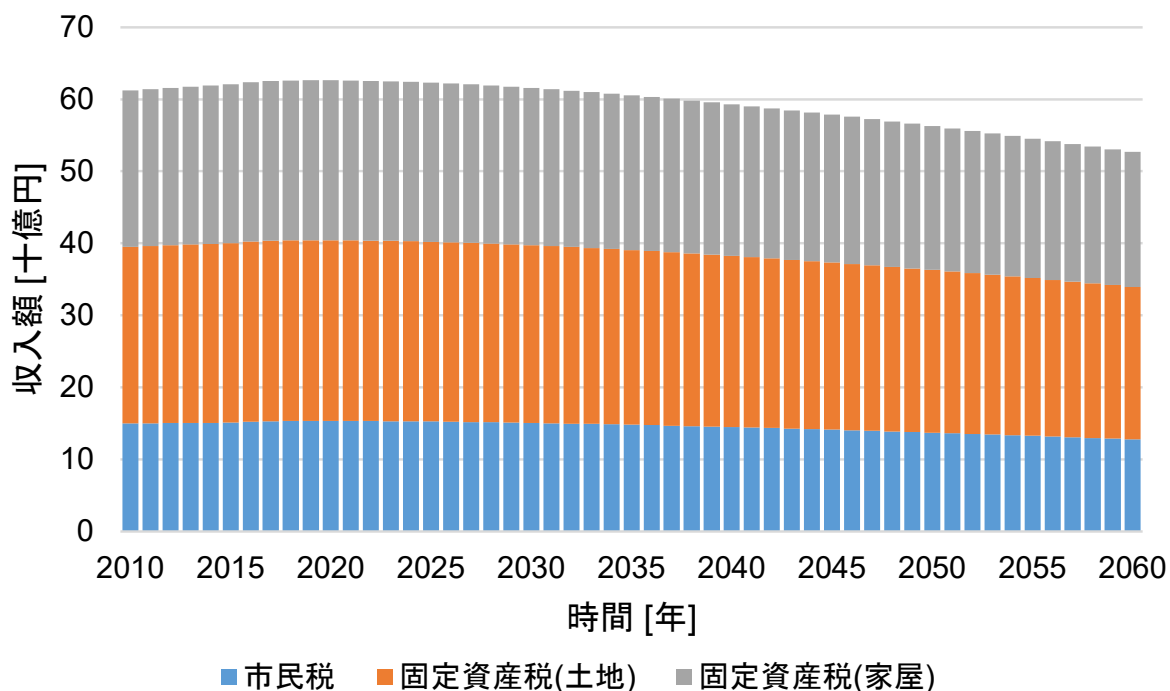


図 6-12 税金の収入額（シナリオ I）

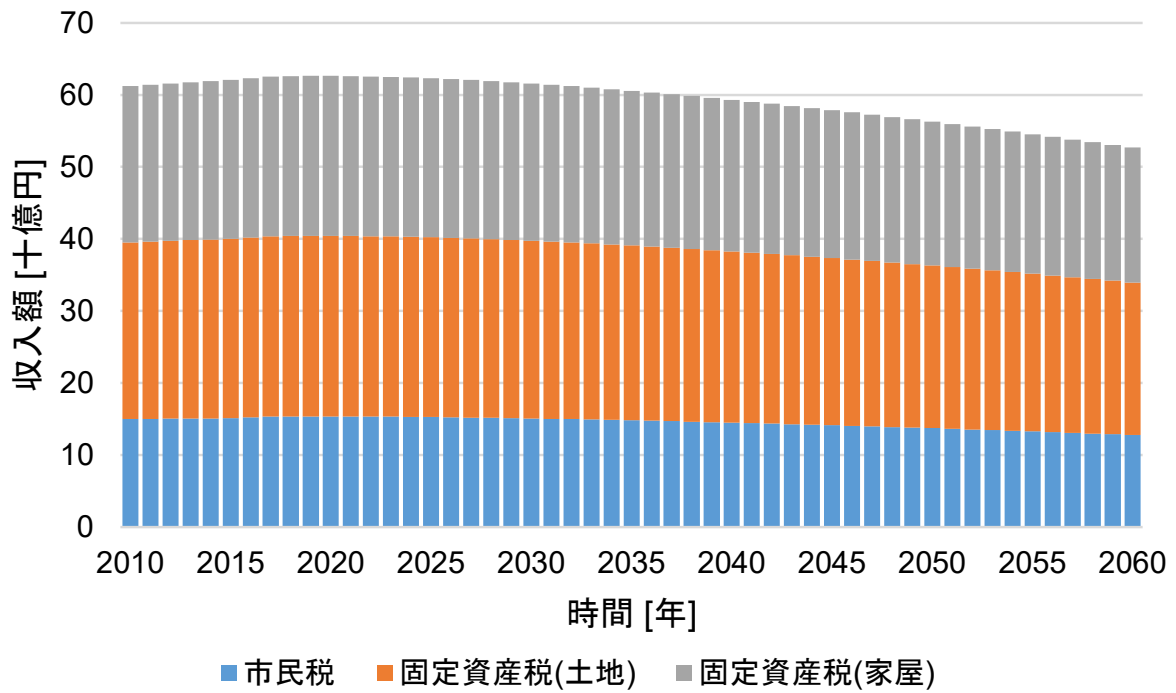


図 6-13 税金の収入額（シナリオ II）

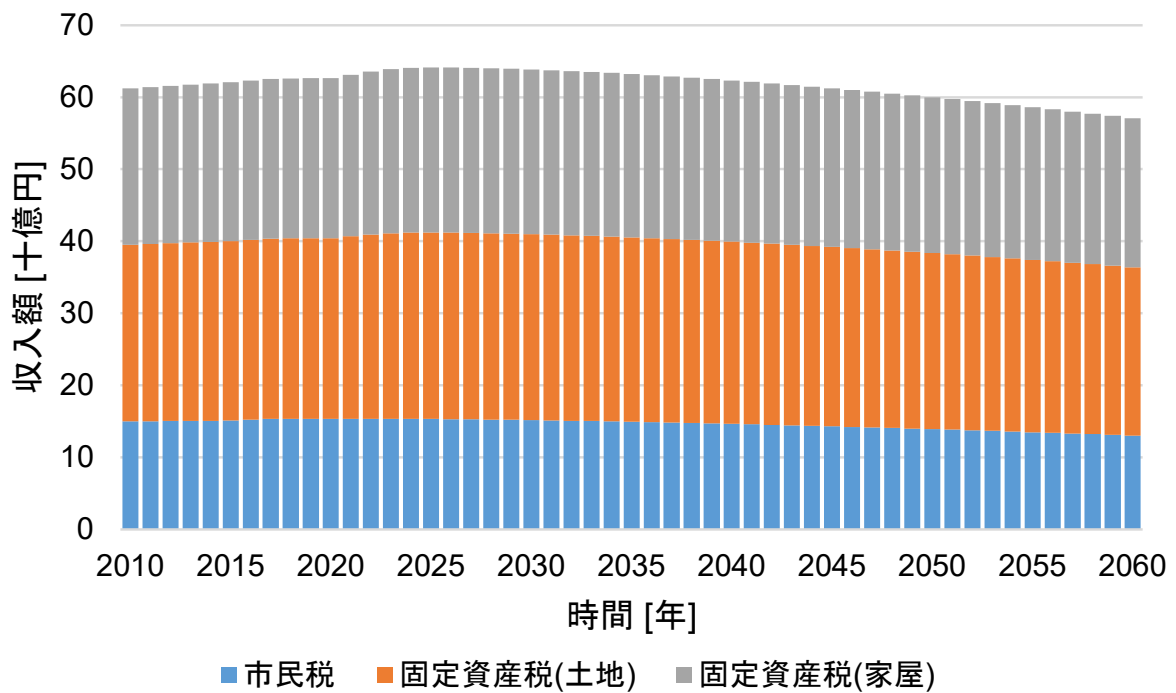


図 6-14 税金の収入額（シナリオ III）

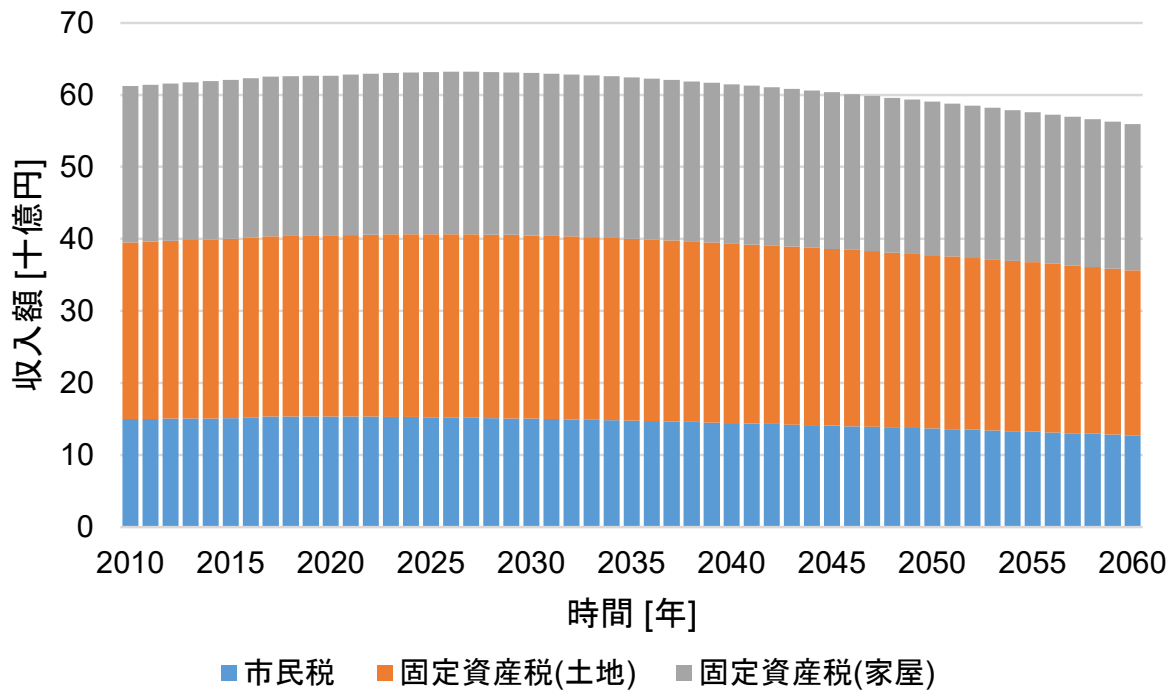


図 6-15 税金の収入額（シナリオ IV）

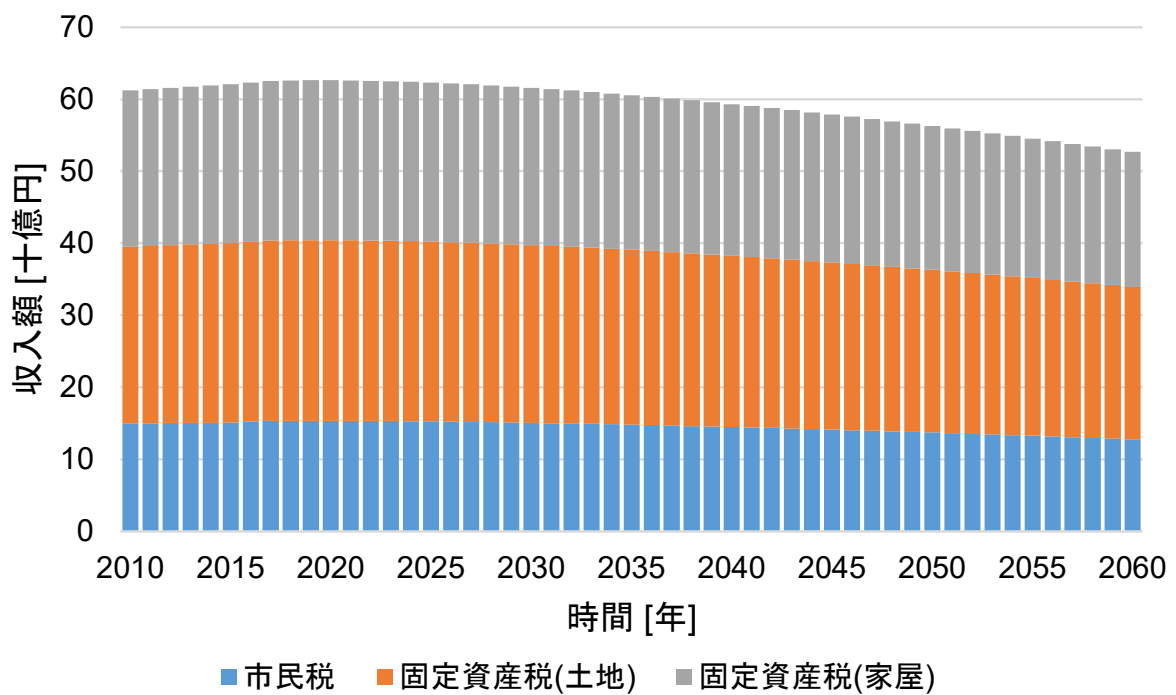


図 6-16 税金の収入額（シナリオ V）

6.2.5 税金の支出額の変化

シナリオ別の税金の支出額の結果を図 6-17～図 6-21 に示す。

各シナリオにおける支出額のシミュレーションの結果、シナリオ II、シナリオ V では、シナリオ I と比較して同様の傾向であることがわかった。特徴的なのは、既存の公共施設の維持管理費の総額よりも公共施設の大改修および更新費用の総額が上回っていることである。特に、後期は施設の老朽化が進行することで費用金額が大きくなっており、公共施設の維持のために経年的に多額の費用が必要であることが明らかとなった。

一方、シナリオ III およびシナリオ IV では、上記のシナリオと同様に公共施設の維持管理費用や大改修および更新費用は経年的に発生するが、都心部ゾーンに居住者を集約させるための費用が莫大な金額であることがわかる。特に、都心部移住補助金額よりも郊外ゾーンにおける施設の除却に対する補助金額が莫大であることが明らかとなった。その他にも撤退後の跡地を人工造林するための費用が現状の公共施設の維持管理費用よりも数倍の金額である。ゆえに、行政にとって、集約型都市の実現するためには大きな負担であると考えられる。

以上のことから、今後千葉市では公共施設の老朽化に伴って、現状の公共施設の維持管理費用に加えて、公共施設の大改修および更新費用が経年的に発生する。これらの費用を削減するためには、公共施設の除却が必要となるが、一部の施設の削減のみでは大きな効果が得られないことが明らかとなった。一方で、集約型都市の実現に向けた政策の実施により、郊外ゾーンの多くの公共施設を除却することが可能となり、それにあわせて維持管理費用や大改修および更新費用を削減することが可能であることがわかった。しかしながら、これらの費用を削減できるが、一方で居住者を都心部ゾーンへ集約するための補助金に対する負担が維持管理費用や大改修および更新費用よりも大きくなり、集約型都市の実現には行政がこれらの費用を負担する必要があることが明らかとなった。

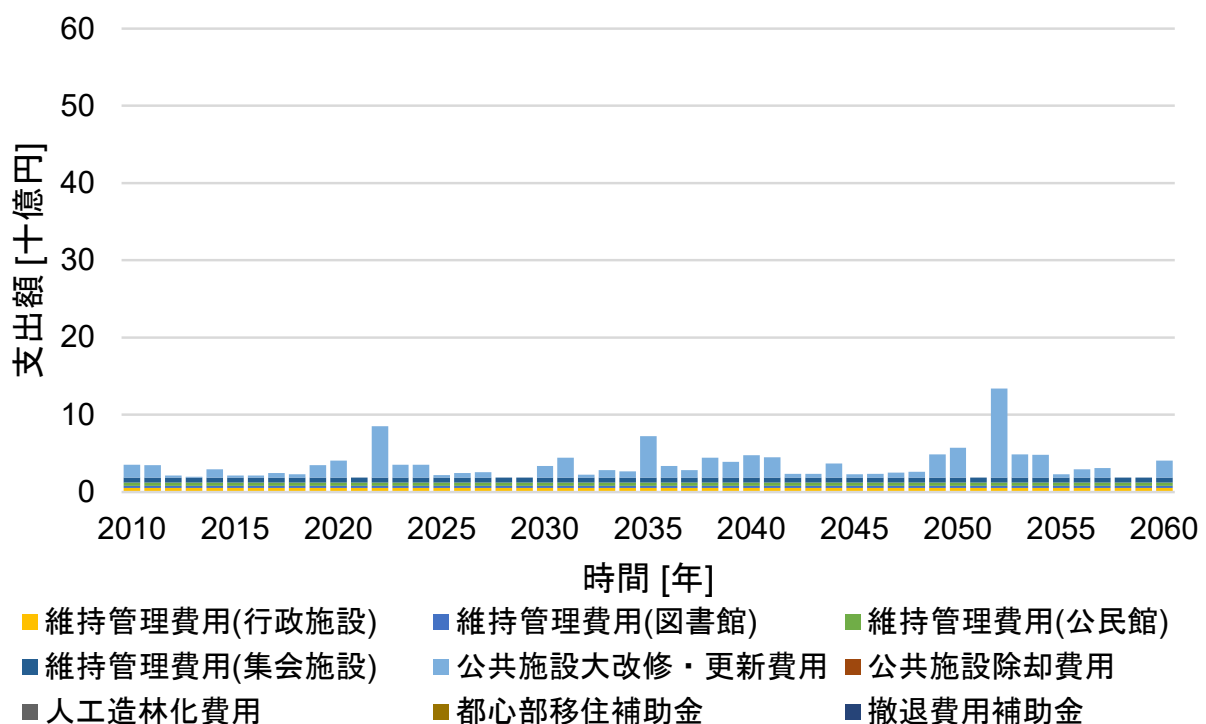


図 6-17 税金の支出額 (シナリオ I)

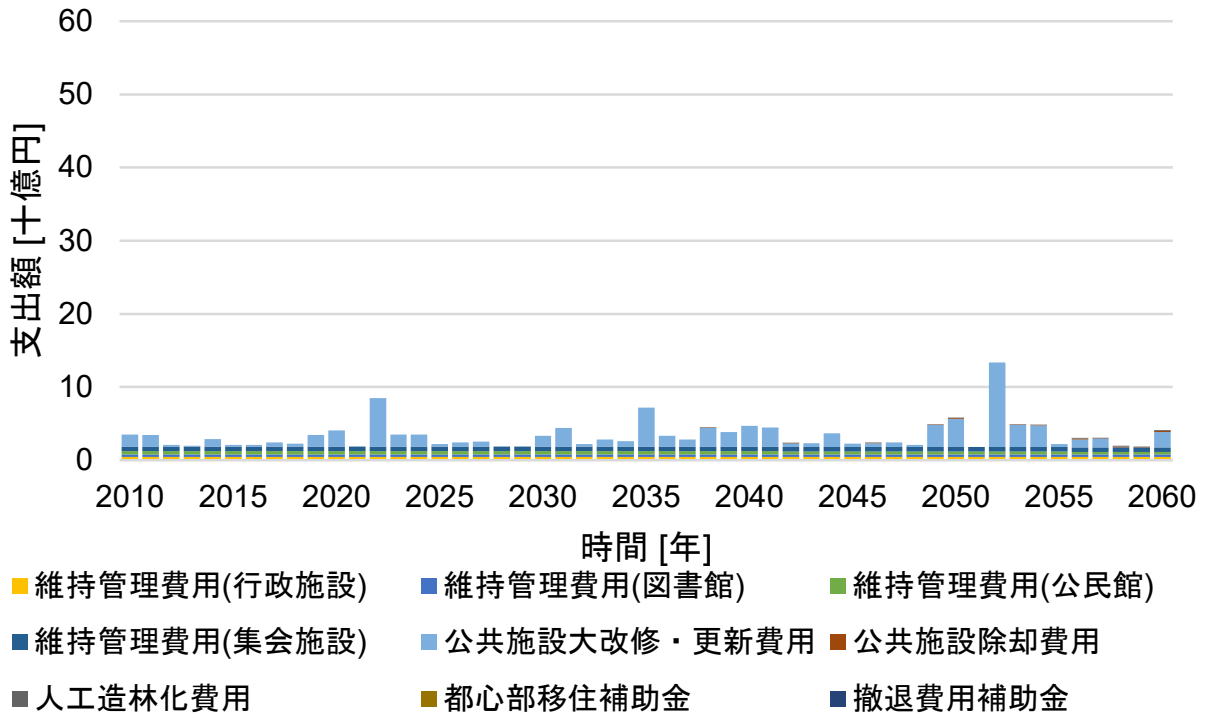


図 6-18 税金の支出額 (シナリオ II)

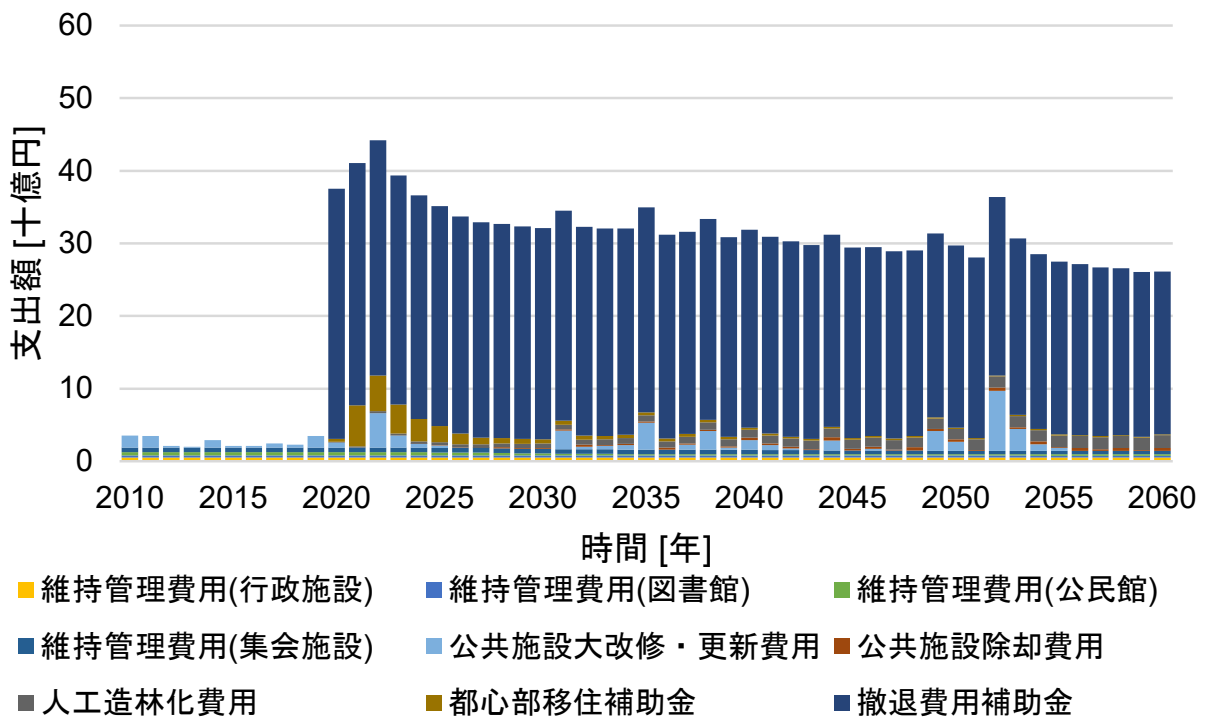


図 6-19 税金の支出額 (シナリオ III)

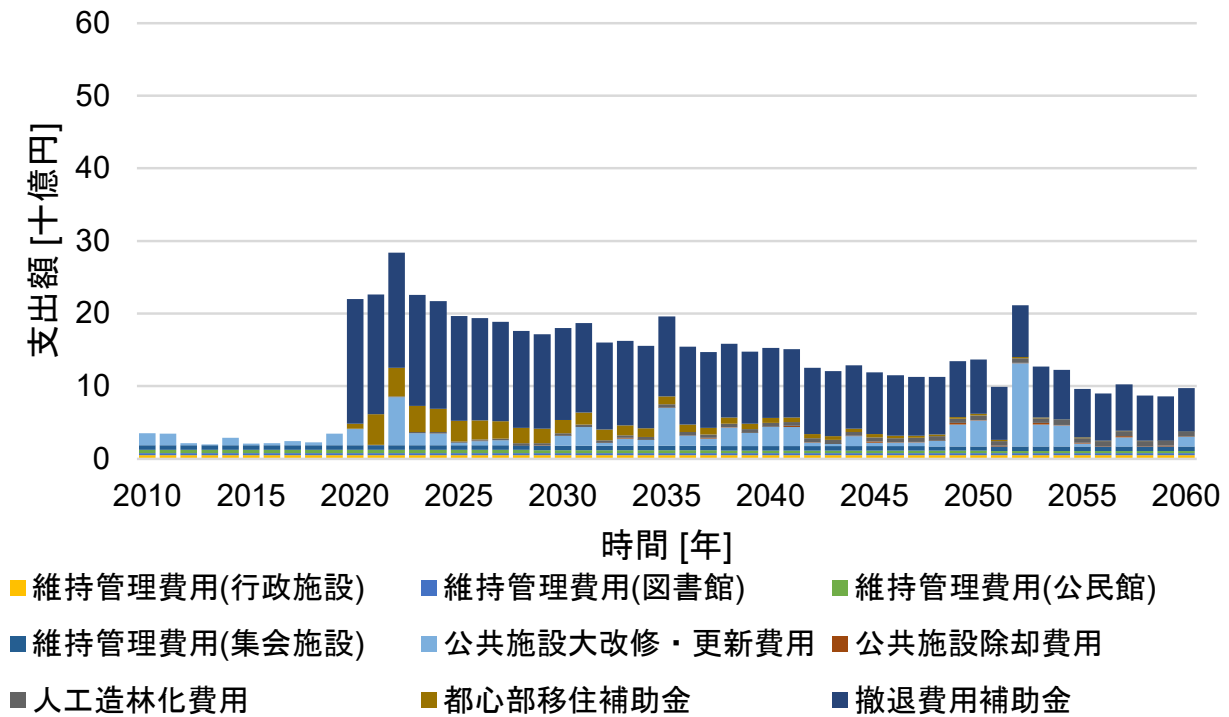


図 6-20 税金の支出額 (シナリオ IV)

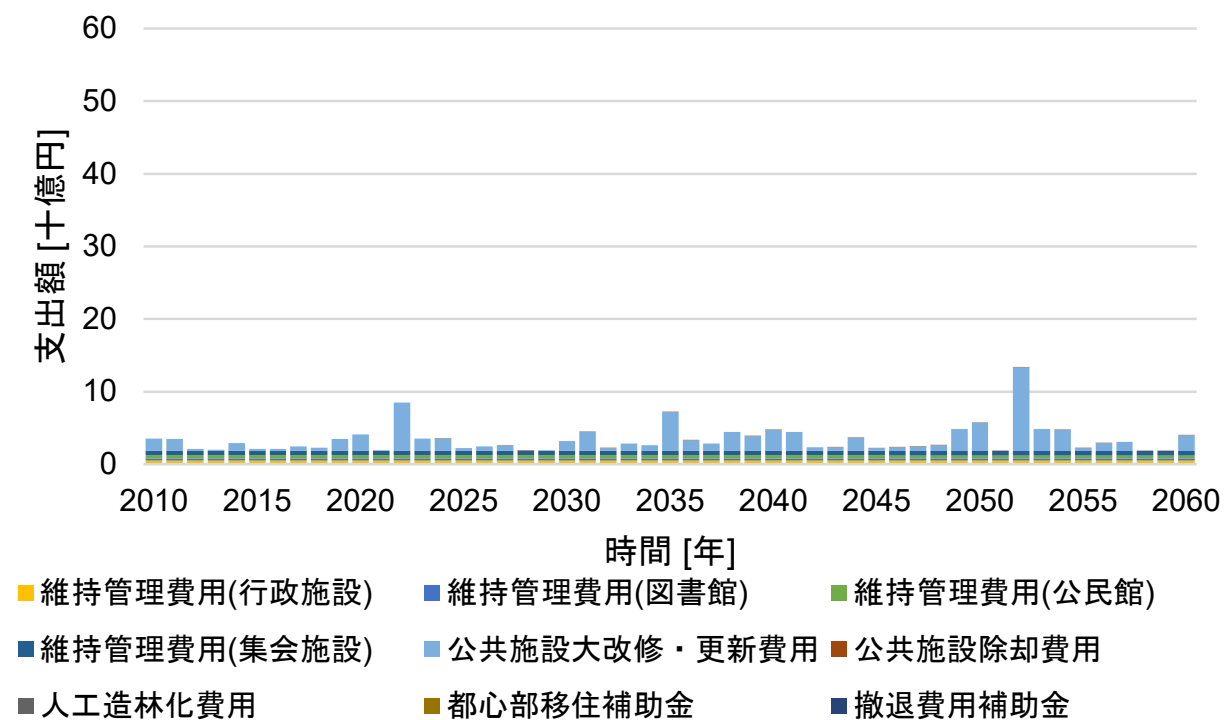


図 6-21 税金の支出額 (シナリオ V)

6.2.6 税金の収入額における支出額の占める割合

シナリオ別の税金の収入額に占める支出額の割合の結果を図 6-22～図 6-26 に示す。これは、集約型都市の実現に関する政策の実施に向けて、その政策実施費用は収入額に対して支出額が占める割合を明らかにすることで、集約型都市の実現によって行政がどの程度負担をしなければならないのか定量的に明らかにする。本論文では、中心の 0 を基準として、上段が収入額、下段が支出額とし、赤色の折れ線グラフが各年の税金の収入額に占める支出額の割合を示しており、この割合が集約型都市の実現に向けた政策の実施に対する費用の程度を表している。

シナリオ I、シナリオ II、シナリオ V は、それぞれのシナリオにおいて同様の傾向であることが明らかとなった。特に、後期になるにつれて収入額が減少しているにもかかわらず、支出額が増加していることにより、支出額の占める割合が高くなっていることがわかった。しかしながら、占める割合は最大 23%程度であり、本論文で対象とした公共施設のみは、行政においても負担することが容易であると考えられる。

シナリオ III は、一極集約型都市の実現に向けた政策を実施することによる支出額の占める割合を示している。郊外ゾーンの居住者に対する都心部ゾーンへの移住のための補助金の支出金額が莫大であることから、割合が大きく増加している。その中でも政策実施直後の割合が大きく、最大で約 70%となる。また、政策実施期間における割合の平均は約 50%程度であり、これは集約型都市の実現に向けた政策の実施費用が個人住民税および固定資産税の総額の半分程度の負担であること意味している。このことから、今後縮小する傾向の行政にとって、一極集約型都市の実現は大きな負担となりうることが想定される。

シナリオ IV は、多極集約型都市の実現に向けた政策を実施することによる支出額の占める割合を示している。シナリオ III と比較して支出額の占める割合は小さいが、最大で約 43%占めることが明らかとなった。しかしながら、その後は減少傾向であり、一時的に大改修および更新費用の負担も重なり割合が大きくなるが、徐々に支出額の占める割合が小さくなっていることが明らかとなった。これは、地域拠点ゾーンを設けて多極的に集約することにより、郊外ゾーンからの集約が一極集約するよりも早期に完了すると考えられる。また、一時的には支出額の占める割合が大きくなるが、シナリオ III と比較して占める割合が低いことから、縮小傾向の行政にとっては、多極集約型都市の実現が可能性として高いと考えられる。

以上のことから、本論文で対象とした公共施設数は全体の一部分であるため、政策を実施しない場合の方が支出額の占める割合が低い結果となったが、集約型都市の実現を目指す場合は多極集約型の政策を実施することで、支出額の負担を抑えることが可能であると言える。

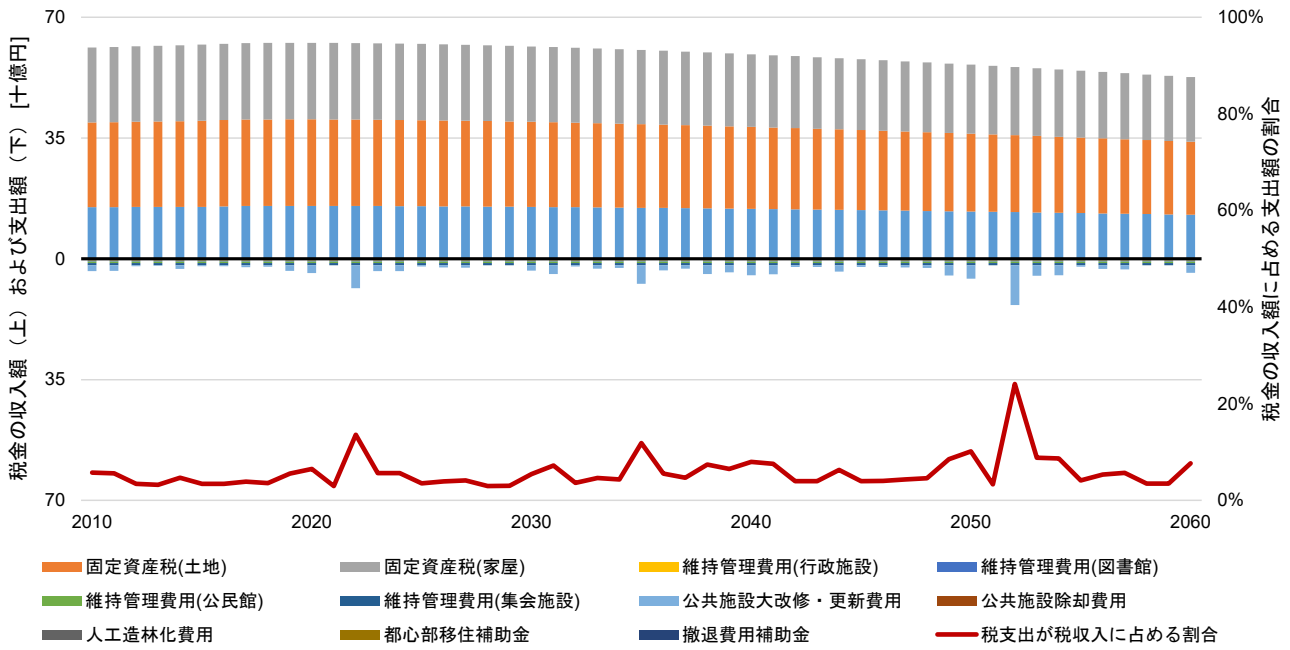


図 6-22 税金の収入額に占める支出額の割合 (シナリオ I)

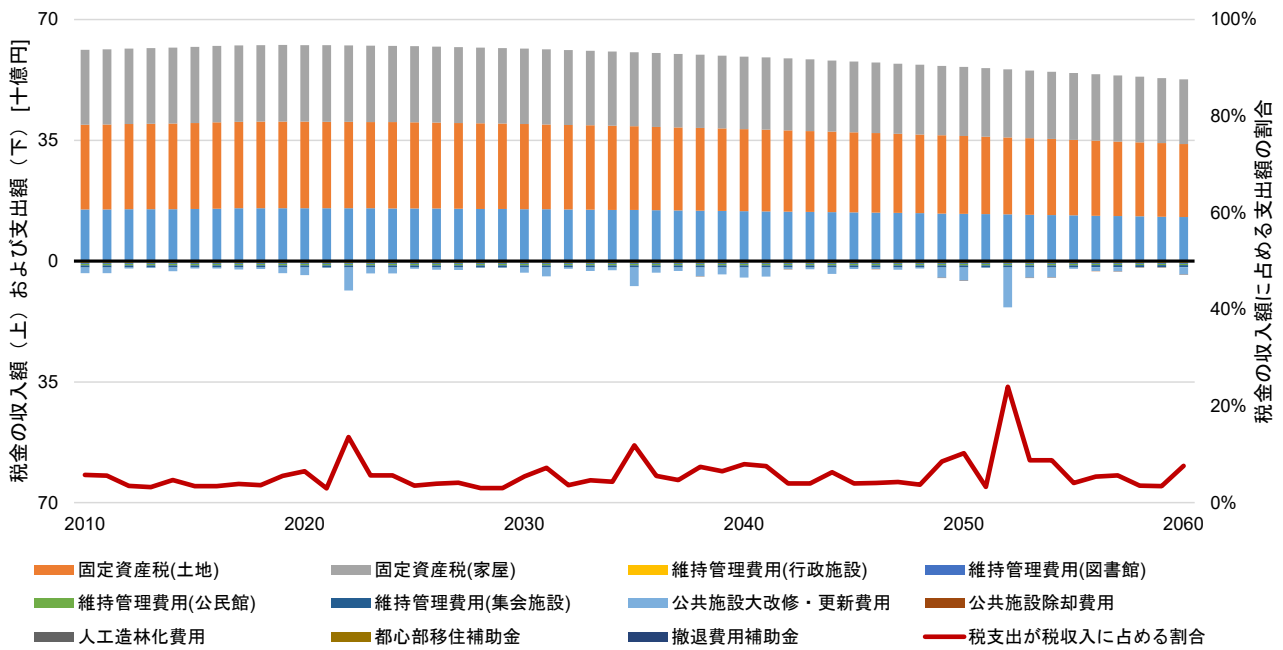


図 6-23 税金の収入額に占める支出額の割合 (シナリオ II)

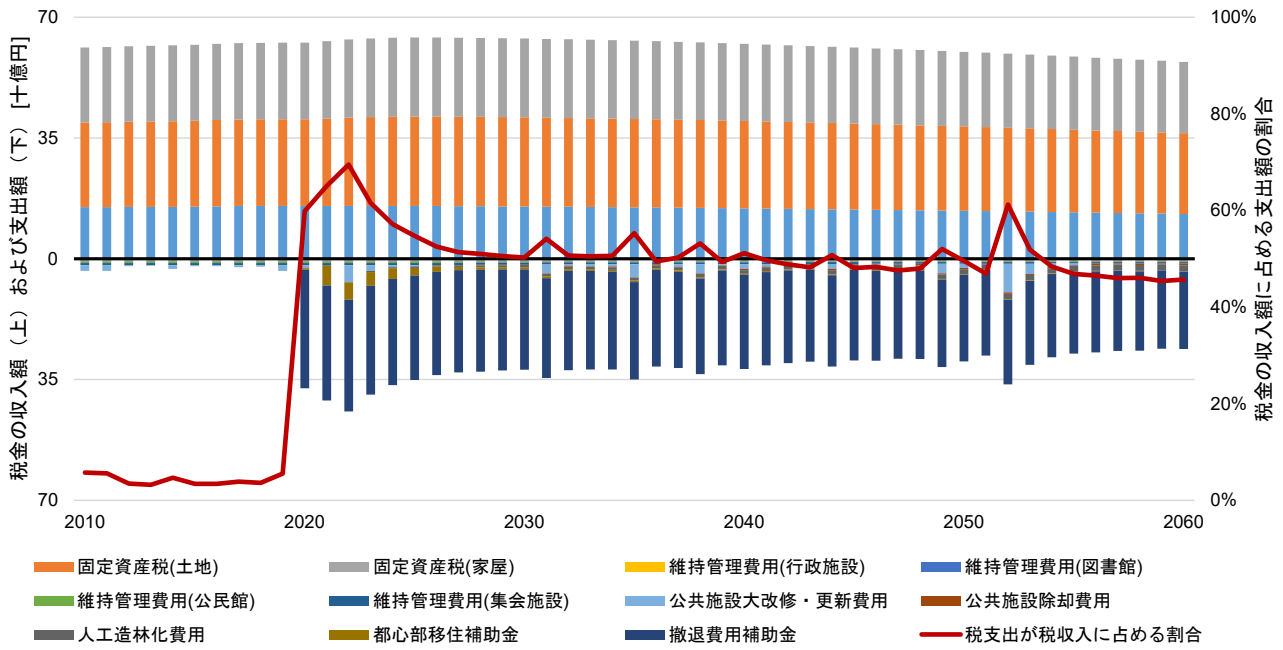


図 6-24 税金の収入額に占める支出額の割合 (シナリオ III)

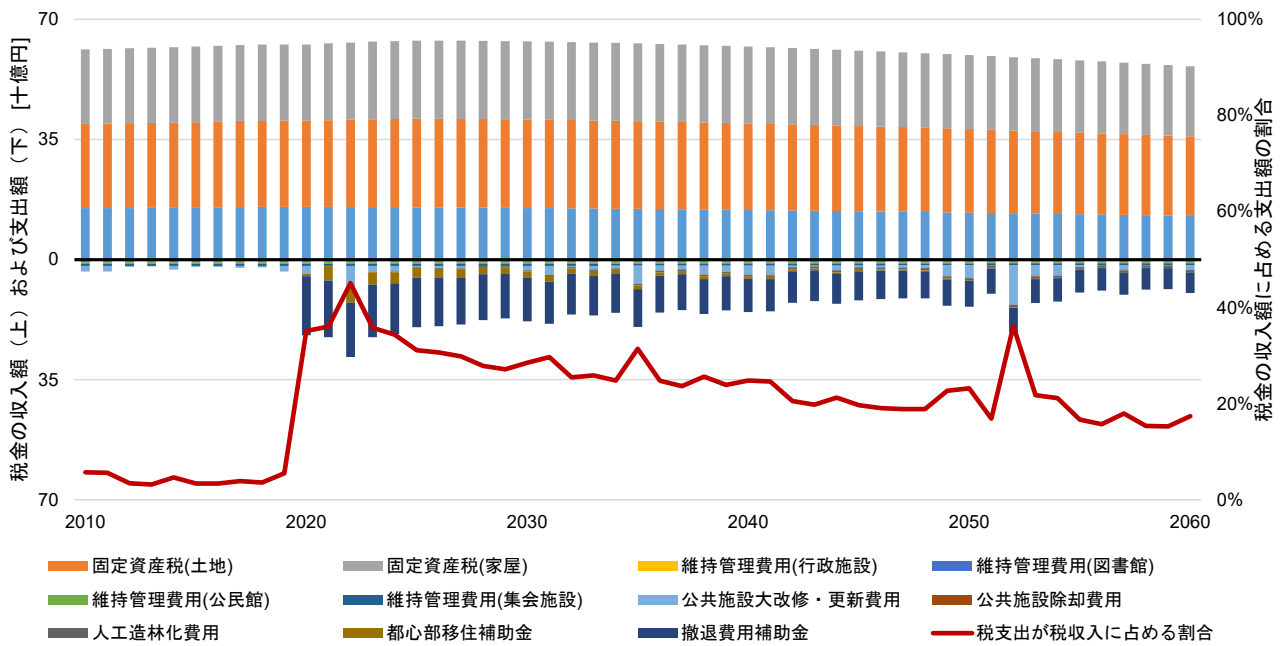


図 6-25 税金の収入額に占める支出額の割合 (シナリオ IV)

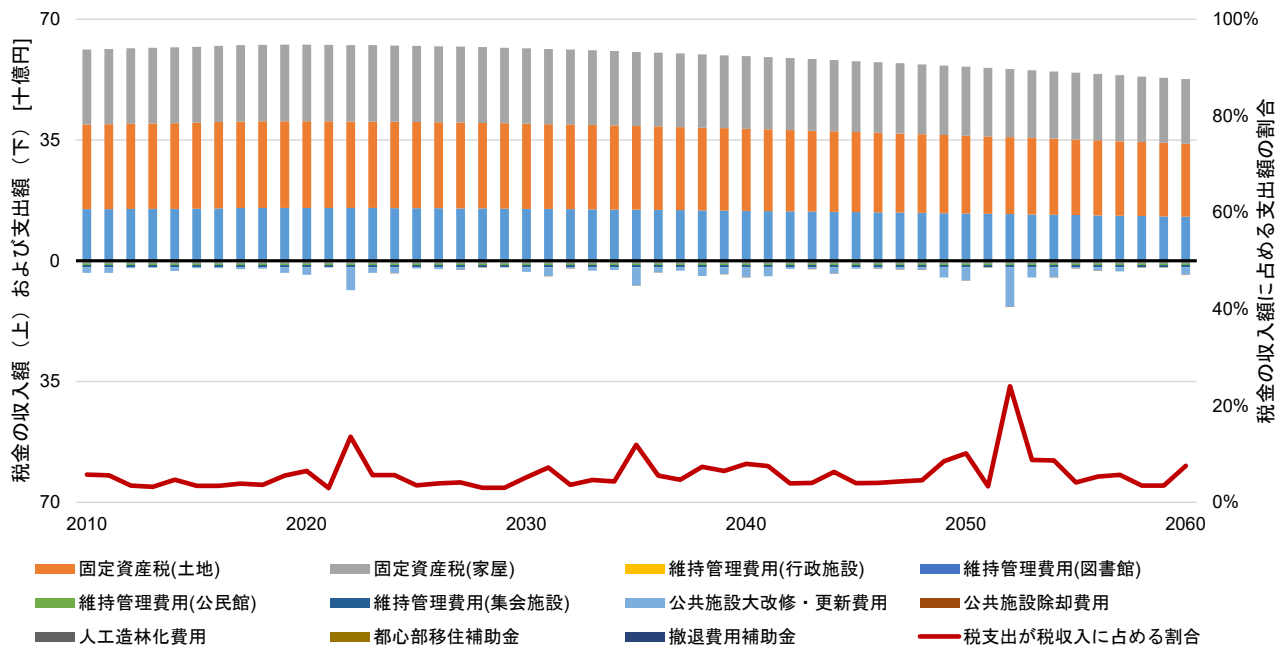


図 6-26 税金の収入額に占める支出額の割合 (シナリオ V)

6.2.7 交通分野における二酸化炭素排出量

シナリオ別の交通分野における二酸化炭素排出量を図 6-27 に示す。

シナリオ I やシナリオ II, シナリオ V は、経年的に同様の傾向であり、公共施設削減や在宅ワークの促進では二酸化炭素排出量の削減は難しいことがいえる。これは、交通手段割合との関連性が高く、「5.2.2 ゾーン別交通手段割合の比較分析」における交通手段割合のシミュレーション結果より、居住者を集約しないシナリオは交通手段割合が大きく変化しないため、二酸化炭素排出量の削減に繋がらないことが明らかとなった。これは、郊外部の居住者が一定数いるため、自家用車や二輪車での移動が中心となる上に、郊外ゾーンから都心部ゾーンへの移動距離が長いからであると考えられる。

一方、シナリオ III およびシナリオ IV は、居住者および公共施設を集約したことにより移動距離が減少したため、二酸化炭素排出量も減少することがわかった。シナリオ III は 6.6%, シナリオ IV は 12.2%, それぞれ最大で削減されることが明らかとなった。特に、多極集約型のシナリオ IV は集約拠点ゾーンの範囲が広いため郊外部の居住者の移動距離が短くなることにより、最も削減効果が得られるということが明らかとなった。

ゆえに、交通分野における二酸化炭素排出量を削減には、多極集約型都市が最も効果のある政策といえる。

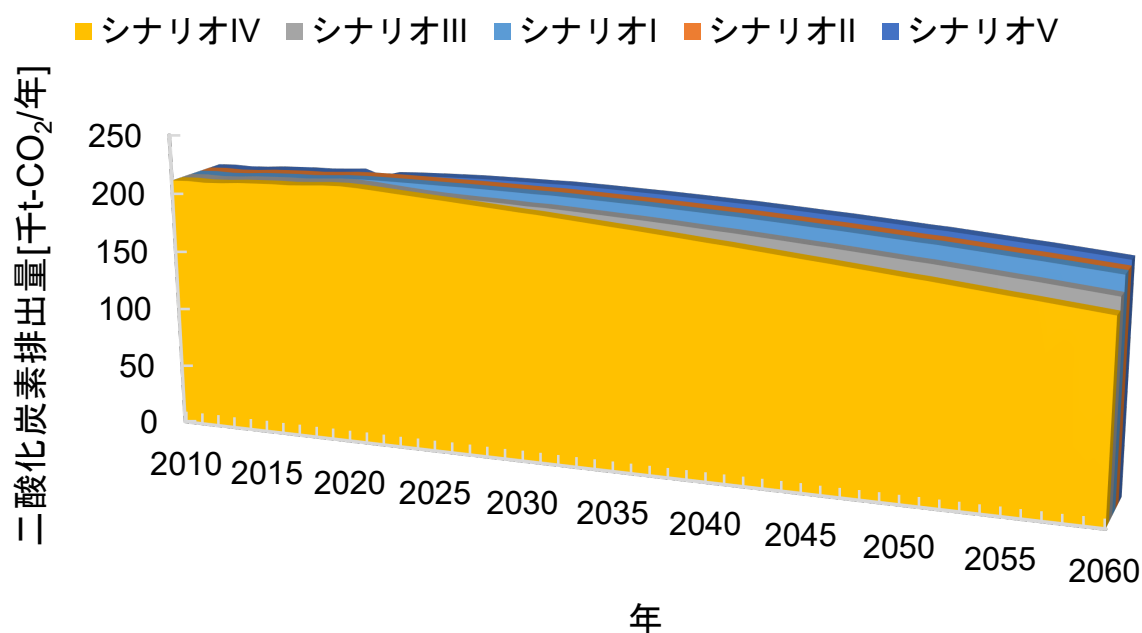


図 6-27 交通分野におけるシナリオ別の二酸化炭素排出量

6.3 集約型都市の実現可能性の評価

住民、行政、環境の観点から、公共サービス水準、税金の収入および支出、二酸化炭素排出量の項目より、集約型都市の実現可能性を評価する。なお、実現可能性の評価は、表 6-4 に整理した政策の実施効果に基づいて行い、その結果から各シナリオにおける集約型都市の実現可能性を明らかにする。

表 6-4 は、各分析指標における政策のプラスおよびマイナスの効果をシナリオ別に整理し、政策実施の効果から住民、行政、環境のそれぞれの視点から評価したものである。表中の「+」は政策によるプラスの効果、「-」は政策によるマイナスの効果、「0」は政策による変化なしをそれぞれ示している。また、「+」または「-」の色が濃いほど、プラスまたはマイナスの効果が大きいことを示している。

シナリオ I は政策の実施をしていないため、すべての項目においてマイナスの効果または変化なしという分析結果となっており、もちろんのこと各視点においても政策の効果は見受けられない。

シナリオ II は、公共施設の維持管理費用や大改修および更新費用、除却費用の項目においてプラスの効果となっている。ゆえに、行政視点において政策の実施効果はあるが、住民および環境の視点においては政策の実施効果は見受けられない。

シナリオ III およびシナリオ IV は、集約型都市の実現に関する政策の実施によって、公共サービス量および移動コストは、住民が居住するゾーンによって、政策の効果が大きく異なる。都心部ゾーンはプラスの効果である一方で、郊外ゾーンはマイナスの効果である。また、公共施設に関する費用はプラスの効果が他のシナリオよりも大きい一方で、人工造林化費用や移住に対する補助金のマイナスの効果も大きい。また、都市を集約することによって、二酸化炭素排出量に関してはプラスの効果となっている。ゆえに、これらのシナリオは、行政および環境の視点においては、政策の実施効果はあるが、住民視点では居住するゾーンによって実施効果が全く異なるため、「△」である。

シナリオ V は、都市の IT 化を促進する政策を実施することで、公共サービス量および移動コストはプラスの政策効果が大きく、公共施設の維持管理費用などに関しても同様にプラスの政策効果が大きい。一方で、都心部ゾーンへ居住者を集約しないため、郊外ゾーンに居住する住民も多くいると考えられるため、マイナスの政策効果である。

以上の政策効果の整理から、集約型都市の実現可能性が最も高いシナリオはシナリオ IV である。住民視点では郊外ゾーンはマイナスの効果が大きいですが、都心部ゾーンへ行政が負担する補助金を利用して移住することによって、公共サービス水準が大きく向上する。また、行政視点では、居住者を都心部ゾーンへ集約させるための負担は大きいですが、公共施設の持続可能性の観点からでは、多くの施設を除却することが可能であり、維持管理費用などの負担を軽減し、居住者を集約するための費用へ転換することが可能である。さらに、環境視点では、都心部ゾーンへ集約されることにより、1 人当たりの移動距離の減少が可能であるため、二酸化炭素排出量の削減に大きく貢献できる。ゆえに、集約型都市の実現には、多極集約型都市を目指すことにより、実現可能性が高くなると考えられる。

表 6-4 各シナリオにおける集約型都市の実現可能性の評価

分析指標			+：政策によるプラス効果 -：政策によるマイナス効果 0：変化なし				
			シナリオ I	シナリオ II	シナリオ III	シナリオ IV	シナリオ V
住民	公共サービス量	都心部ゾーン	0	-	+	+	+
		郊外ゾーン	0		-	-	
	公共施設までの移動コスト	都心部ゾーン	0	-	+	+	+
		郊外ゾーン	0		-	-	
行政	個人住民税・固定資産税の収入	個人住民税	0	0	0	0	0
		固定資産税	0	0	-	-	0
	政策実施費用	公共施設維持管理費用	-	+	+	+	+
		公共施設大改修・更新費用	-	+	+	+	+
		公共施設除却費用	-	+	+	+	+
		人工造林化費用	n/a	n/a	-	-	n/a
		都心部移住補助金	n/a	n/a	-	-	n/a
郊外部撤退費用補助金	n/a	n/a	-	-	n/a		
環境	二酸化炭素排出量		-	-	+	+	-
政策実施効果		住民視点	×	×	△	△	○
		行政視点	×	○	○	○	○
		環境視点	×	×	○	○	×

6.4 6章のまとめ

本論文では、集約型都市の実現に向けて、公共サービス水準、税金の収入額および支出額、交通分野における二酸化炭素排出量の指標を用いて分析し、その分析結果から集約型都市の実現可能性を評価した。まず、分析結果をまとめると以下の通りである。

● 住民視点における公共サービス水準の分析

- ① 公共サービス量は、集約型都市を目指すシナリオにおいて郊外ゾーンが著しく低下することにより都心部ゾーンと郊外ゾーンではサービス量の格差が大きくなるが、集約による都心部ゾーンの居住により、長期に渡って現状と同程度の水準を維持することが可能である。
- ② 移動コストは、公共施設を除却することにより、段階的に増加するが、郊外ゾーンの居住者を都心部ゾーンへ集約させることにより、現状の水準を維持することが可能である。

● 行政視点における政策実施費用の分析

- ① 集約型都市を目指すシナリオでは、都心部ゾーンに居住者が集約されるため世帯あたりの土地および家屋の面積が減少するが、都心部ゾーンにおける評価額が高いことから税金の収入額が増加する。
- ② 公共施設の除却により、長期的に維持管理費用を削減することが可能となるが、集約型シナリオでは集約による移住および撤退費用の補助金総額が公共施設の維持管理費の総額を超えるため大きな負担となりえる。

● 交通分野における二酸化炭素排出量の分析

- ① 集約型都市を目指すシナリオでは、都心部ゾーンに居住者および公共施設を集約することにより、トリップあたりの移動距離が減少するため二酸化炭素排出量も減少する。特に、多極集約型の都市形態が、交通分野において最も二酸化炭素排出量の削減が可能である。
- ② 公共施設の除却やIT化する政策のみでは、郊外ゾーンに居住する住民が一定数存在するため、自家用車や二輪車から公共交通へ転換することが不可能であるため、二酸化炭素排出量の削減に繋がらない。

- 集約型都市の実現には、行政の一時的に費用負担が大きくなるが、政策実施効果としては、住民の公共サービス水準の維持や行政の経年的な公共施設維持管理費用削減、交通分野における二酸化炭素排出量の削減に繋がる

- 集約型都市の政策は、住民に対して公共サービス水準を向上することが可能であるが、行政の負担は大きく、その費用を賄うことが可能であるか検討が必要

● 集約型都市の実現可能性に関する評価

集約型都市の実現可能性が高いシナリオは、多極集約型都市を目指すシナリオ IV である。住民、行政、環境の視点における集約型都市の実現可能性に対する効果を以下に示す。

- ① 住民視点では郊外ゾーンはマイナスの効果が大きいですが、都心部ゾーンへ行政が負担する補助金を利用して移住することによって、公共サービス水準の維持が可能である。
- ② 行政視点では、居住者を都心部ゾーンへ集約させるための負担は大きいですが、多くの公共施設を除却することが可能である。また、維持管理費用などの負担を軽減し、居住者を集約するための費用へ転換することが可能である。
- ③ 環境視点では、1人当たりの移動距離の減少が可能であるため、二酸化炭素排出量の削減が可能である。

以上のまとめから、縮小する都市では人口減少による収入減少で財政状態が不安定であるため、行政の長期的かつ莫大な費用負担が発生する政策は避ける必要がある。特に、一極集約型都市を目指すには行政が莫大な費用負担が長期的に必要となるため、政策実施時にその費用を負担できたとしても、莫大な費用負担が長期に継続されると公共サービス水準がさらに低下する可能性あると考えられる。ゆえに、各地域拠点を有効に活用し、財政状況を考慮した上で、都心部ゾーンへ住民を誘導することが可能な政策の実施が必要である。

参考文献

- 1) 中村圭吾, 村木美貴: 行政サービス維持の観点から見た公共施設削減の在り方に関する研究—小学校と市民文化系施設に着目して—, 日本都市計画学会都市計画論文集, Vol.50, No.3, pp.1004-1009, 2015.
- 2) 若松泰之: 公共施設における財政需要の実証分析: 自治体図書館のケース, 産研論集, No.40, pp.109-115, 2013.
- 3) 総務省: 公共施設更新費用試算ソフト仕様書, <http://management.furusato-ppp.jp/?article=%E5%85%AC%E5%85%B1%E6%96%BD%E8%A8%AD%E7%AD%89%E6%9B%B4%E6%96%B0%E8%B2%BB%E7%94%A8%E8%A9%A6%E7%AE%97%E3%82%BD%E3%83%95%E3%83%88%EF%BC%88ver-2-10%EF%BC%89%EF%BC%88%E6%9C%AC%E3%82%BD%E3%83%95%E3%83%88&dest=info&menuname=%E8%A9%A6%E7%AE%97%E3%82%BD%E3%83%95%E3%83%88&catname=%E5%85%AC%E5%85%B1%E6%96%BD%E8%A8%AD%E6%9B%B4%E6%96%B0%E8%B2%BB%E7%94%A8%E8%A9%A6%E7%AE%97%E3%82%BD%E3%83%95%E3%83%88>, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 4) 千葉市: 千葉市緑と水辺のまちづくりプラン, <https://www.city.chiba.jp/toshi/koenryokuchi/ryokusei/midorinokihonkeikaku.html>, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 5) 千葉県: 令和 2 年度森林整備事業標準単価表 (資材費・労務費 税込), https://www.pref.chiba.lg.jp/shinrin/documents/seibi_tanka3.pdf, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 6) 富山市: 公共交通沿線住宅取得支援事業, <https://www.city.toyama.toyama.jp/katsuryokutoshisouzoubu/kyojutaisakuka/kyujyuu-yuudou/koukyoukoutuu-kyojyuu/ensenjutakushutoku.html>, 最終閲覧 2020 年 9 月.
- 7) 和田夏子, 大野秀敏: 都市のコンパクト化の費用評価—長岡市を事例とした都市のコンパクト化の評価に関する研究 その 2—, 日本建築学会環境系論文集, Vol.78, No.687, pp.419-425, 2013.
- 8) 松橋啓介, 工藤祐揮, 上岡直見, 森口祐一: 市町村の運輸部門 CO₂ 排出量の推計手法に関する比較研究, 環境システム論文集, Vol.32, pp.235-242, 2004.
- 9) 環境省: 輸送機関別輸送量あたり二酸化炭素排出原単位 (旅客), http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/youin_2.pdf, 最終閲覧 2020 年 9 月.

第7章 結論

7.1 本論文の成果

本論文では、動学的かつ空間的土地利用・交通モデルを用いて、集約型都市の実現に向けた政策のシミュレーションを実施し、都市が現状から集約するまでのプロセス全体で公共サービス水準、政策実施費用、都市環境を分析した。その分析結果から、集約型都市の実現可能性を明らかにした。本論文を通して得られた成果は以下のとおりである。

① 集約型都市の実現に向けた都市への土地利用・交通モデルの適用

- 世界の多くの都市に適用されている MARS を拡張することにより、衰退する可能性の高い都市においてもモデルの適用が可能である。
- 拡張したモデルに集約型都市の実現に向けた政策評価のための新たなモデルを構築することにより、集約型都市に至るプロセスのシミュレーションが可能である。

② 政策の整理とシナリオの定義

- 集約型都市の実現に向けた政策の整理に基づいて、政策シナリオを定義した。
- 対象都市の政策も反映することで、都市の実態を考慮し評価が可能である。

③ シナリオ別のモデルシミュレーションの実行

- シナリオ別にシミュレーションを実行することで、各シナリオの政策実施効果を検証した。
- 集約型シナリオの政策実施効果が最も大きいことが明らかとなったが、対象都市の集約型都市実現の目標年には達成が困難であることを解明した。

④ 集約型都市の実現可能性に向けた分析

- 住民視点では、集約型都市の実現によって都心部ゾーンの公共サービス水準は現状維持または水準が向上する。
- 行政視点では、集約させるための費用の負担が大きいですが、住民の総移動コストの水準維持や公共施設の維持管理費用も削減可能である。
- 環境視点では、集約により1人あたりの移動距離が減少することや自動車および二輪車から鉄道や徒歩に転換することから二酸化炭素排出量の削減が可能である。

以上のことから、集約型都市の実現に至るまでのプロセスに着目し、既存の動学的かつ空間的な土地利用・交通モデルから新たなモデルを構築した上で、政策シナリオ別にシミュレーションした結果から、政策実施に至る実現可能性の評価を行い得る方法論を構築した点が本論文の独創的といえる。

具体的には、動学的かつ空間的な土地利用・交通モデルを用いることで、集約化のプロセスにおける動的な変化を考慮した経年的な政策評価を可能とした。また、経年的な政策評価をすることで、集約化に至るまでの公共サービス水準の変化、都市の財政状態を定量的かつ経年的に示すことを可

能とし、政策実施に対する費用やその効果から集約型都市の実現可能性を明らかにした。これにより、集約型都市の実現に向けたプロセスでは、プラス効果に加え、マイナス効果があることも示し、マイナス効果の削減を図る追加政策の検討も必要であることを明らかにした。

ゆえに、我が国の多くの都市が集約型都市の実現を目指す中、本論文の実践的な政策判断に活用し得る成果は、政策評価のアプローチを具体化する方法論として十分貢献すると期待できるといえる。

7.2 本論文における主張する点

本論文の成果から主張する点として、縮小する都市において集約型都市を実現するには、以下のアクションが必要となる。

● 集約型都市を実現する場合

- ① 集約型都市の早期実現には都心部ゾーンへの移住促進に対する早急な対策が必要である。
- ② 行政の負担が大きくなる場合においても、都心部ゾーンへの移住に対する補助金を増額することで、移住が促進され集約型都市の実現が可能である。
- ③ 都市集約による公共施設除却により、郊外ゾーンの公共サービス水準は低下するが、削減できた維持管理費用によって、都心部ゾーンへの移住に対する補助金などの還元が必要である。

よって、早期に集約型都市を実現するために、行政は住民の都心部への移住に対するインセンティブを早急に高める必要がある。しかし、補助金等のインセンティブの費用を拠出するためには、既存の公共施設を削減するだけでは十分に賄えないため、都市の個人住民税や固定資産税の税率を上げるなどして、公共サービス水準の維持に向けて住民の負担も増やさなければならないと考えられる。

● 集約型都市が実現不可能な場合

- ① 各都市の財政状態によって、都心部ゾーンへの移住補助金等のインセンティブを高めることが不可能な場合は、既存の公共施設の除却を前提に都市内の全住民の公共サービス水準を維持することが可能な政策の検討が必要である。
- ② 本論文の成果より集約型都市を実現するためには行政の負担が大きいため、ICT 技術発展を活用し、公共施設の IT 化を促進する。そのことで公共施設の除却が可能となり、維持管理費用等の削減を可能にさせる。

よって、都市の財政状況により、集約型都市の実現が困難と想定される場合は、集約型都市の実現は不要である。その代替として、ICT 技術を活用し、公共施設の IT 化を実施することで、住民の公共サービス水準を維持する必要がある。

以上から、集約型都市の実現に至るプロセスでは、都市部と郊外部において公共サービス水準の格差が広がることや政策実施により行政の費用負担が大きくなることを明らかにした。さらに、集約型都市の早期実現には、住民の居住誘導を図るインセンティブとして機能する補助金や優遇制度等の更なる行政施策の展開が必要であることを明らかにした。

さらに、COVID-19 の感染拡大に伴って、密を避けた生活様式が当たり前となりつつあるが、本論文で示した ICT 技術を活用した公共施設の IT 化の実施は新たな生活様式において重要となり得る。財政に過度な負担をしてまでも集約型都市の実現を目指すのではなく、ICT を活用した都市構造の構築も持続可能な都市の実現に向けた解決策の一つと言える。

7.3 今後の展望

本論文の成果および主張する点から、今後の展望として以下の事項が挙げられる。

- **税率を変更した場合の集約型都市の実現可能性の分析が必要**

集約型都市の実現には莫大な補助金が必要となるため、その補助金による税金の歳出を賄うために、個人住民税や固定資産税の税率を上げることを考慮した分析が必要である。その場合は住民の負担が増加するのではないかと懸念される。

- **適正な補助金額とその効果の検証が必要**

本論文では移住補助金により都心部への集約が可能であることが明らかとなったが、行政に対する負担が大きいため、集約効果を最大限にする最適な補助金額を設定が必要である。

- **他の公共施設を考慮した分析が必要**

- ① 公共施設には本論文で対象とした施設以外に、学校や病院、道路ネットワークや上下水道などの施設もあるため、それらを対象とした分析・評価も必要である。
- ② 公共施設の耐用年数も考慮し、適切な公共施設配置などの分析および評価が必要である。

最後に、我が国の多くの都市では立地適正化計画を策定し、人口や財政の縮小に備えるために集約型都市を目指している。しかしながら、本論文の集約化に向けたプロセスを考慮して定量的に分析した成果から、現状の政策では集約型都市の実現は困難となる都市が多く発生すると考えられる。

ゆえに、今後の展望も踏まえ、集約型都市の実現に至るまでの計画論を早急に確立する必要がある。その計画を策定するにあたり、本論文で得られた成果が集約型都市の実現に至るまでのプロセスにおける政策効果を示す一つの手段となることを願う。

謝辞

本論文は、非常に多くの方々にご指導、ご支援、ご協力をいただき完成させることができました。ここに深く感謝の意を表します。

主査である福田敦教授（日本大学理工学部交通システム工学科）には、学部3年次より10年間に渡り、大変熱心なご指導を賜りました。また、とても興味深く、時宜にかなったテーマに導いてくださいました。さらに、恵まれた研究環境を整えていただき、たくさんの貴重な経験をさせていただいたおかげでとても有意義な研究生生活を送ることができました。今こうして本論文をまとめてあげて謝辞を書けるのも、先生のご指導のおかげです。深く感謝申し上げます。

副査の石田東生特任教授（日本大学理工学部、筑波大学名誉教授）には、我が国の都市計画の第一線でご活躍されている経験などから、様々なご助言をいただきました。「博士号は足の裏についた飯粒である。とって食べないがとらないと気持ちが悪い。」というお言葉は、とても印象深く残っております。研究者として精進してまいります。同じく副査の藤井敬宏教授（日本大学理工学部交通システム工学科）には、地方自治体などでご活躍されている経験から、立地適正化計画に関する様々なご助言やご指導をいただきました。同じく副査の小早川悟教授（日本大学理工学部交通システム工学科）には、博士論文の取りまとめ方などのご助言をいただきました。また、先生は助手として着任して交通計画研究室に配属されてから、右も左もわからない私に大学教員のあり方など様々なことを学ばせていただきました。主査および副査を引き受けていただいた先生方に深く感謝申し上げます。

交通システム研究室の歴代の准教授・助教である伊東英幸准教授、石坂哲宏准教授には、学部時代より、様々なご指導ありがとうございました。厚く御礼申し上げます。

峯岸邦夫教授・前教室主任をはじめとする日本大学理工学部交通システム工学科の諸先生方には、学生時代の審査会などにおいて多くのご意見、ご助言をいただきました。心より感謝申し上げます。また、助手に着任した際も、学位の取得がしやすい職場づくりにご配慮いただき厚く御礼申し上げます。

交通システム研究室の川口亮子秘書には、学生時代より様々な研究活動のサポートをいただきました。また、博士後期課程1年の積田典泰氏をはじめとする交通システム研究室および交通計画研究室の学生の皆様には、教員としてまだ至らないところがあつたと思いますが、ご協力に感謝申し上げます。

本論文で使用したMARSモデルは、Vienna University of TechnologyのGuenter EMBERGER教授、Paul PFAFFENBICHLER博士をはじめとする皆さまのご協力をいただきました。また、私のウィーン工科大学滞在時には、研究のサポートをしていただき心より感謝申し上げます。

最後に、学位取得までに時間を要しましたが精神面、金銭面、健康面など全ての面で支えてくださった家族に深く感謝を申し上げます。ここに記しきれない程の国内外の多くの方々のご支援により本論文が完成したことを記し、結びとさせていただきます。

令和2年9月
菊池 浩紀